

Trakya Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü

GENEL ENTOMOLOJİ

(Ders Kitabı)

Prof. Dr. Nihat AKTAÇ

EDİRNE - 2003

ÖNSÖZ

Böcekler hayvanlar aleminde en çok tür ve birey içeren gruptur. Günümüze değin başarılı bir şekilde gelmeleri, değişik vücut yapıları ve çevreye uyum yetenekleri ile mümkün olmuştur. Bu denli başarılı bir grubun insan yaşamında da yer alması ve insanlarla yakın ilişkide bulunması doğaldır. İlişki özellikle insan sağlığı ve insan ekonomisi bakımından olduğu için en çok bu yönleri ile araştırılmışlardır. Nitekim ülkemizde de böcekler tıbbi, zirai ve ormancılık açısından detaylı olarak incelenmiş; morfoloji, fizyoloji ve gelişmelerine ise Türkçe başvuru kaynaklarında sınırlı yer verilmiştir.

Böceklerin çevreleri ile olan her türlü ilişkilerinin değerlendirilebilmesi için temel yapılarının da iyi bilinmesi gerektiği inancıyla Biyoloji lisans öğrencilerine hazırlanan bu ders notlarında dış vücut morfolojileri, anatomileri, fizyolojileri ve gelişmeleri esas alınmıştır. Ders notlarına ayrıca insan-böcek ilişkilerini fayda ve zarar yönünden değerlendiren bir bölüm ve böcek filogenisi ile ilgili görüşleri yansıtan bir bölüm eklenmiştir. Sınıflandırmaya ise girilmemiştir.

Olanakların elverdiği ölçüde hazırlamağa çalıştığım bu ders notlarında olası hataların hoşgörü ile karşılanacağını ümit eder, eleştirileri büyük bir dikkatle değerlendireceğimi belirtmek isterim.

Ders notlarının hazırlanmasında beni teşvik eden değerli öğrencilerime, şekillerin düzenlenmesi ve metnin bilgisayar ortamına aktarılmasında özen gösteren ve emek harcayan Dr. **Nurten HACET** ve Araş. Gör. **Kadri KIRAN**'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Böceklerin Tanımı	1
Böceklerin Sınıflandırılması	4
İntegüment	9
Segmentasyon ve Vücut Bölümleri	17
Baş ve Boyun	18
Toraks	27
Abdomen	40
İç İskelet	44
Kas Sistemi	46
Sinir Sistemi	52
Böceklerde Duygu Organları ve Algılama	60
Ses ve Işık Organları	78
Sindirim Sistemi	84
Solunum Sistemi	91
Dolaşım Sistemi	100
Boşaltım Organları, Yağ Cismi ve Diğer Hemosölik Dokular	104
Salgı Bezleri veya Salgı Organları	110
Üreme Sistemi	119
Embriyolojik Gelişme	132
Postembriyonik Gelişme	145
Böcek-İnsan İlişkileri	160
Kaynaklar	167

BÖCEKLERİN TANIMI

Böcekler trakeli arthropodlar olup vücutları **baş**, **toraks** ve **abdomen** olmak üzere 3 kısma ayrılır. Başta bir çift **anten**, bir çift **mandibül** ve iki çift **maxil** taşır. II. maxil çifti **labium** (alt dudak)'u oluşturmak üzere birleşmiştir. Toraks **3 çift bacak** ve genellikle **bir** veya **iki çift kanat** taşır. Abdomen de yürüme bacakları bulunmaz ve genital açıklıkları vücudun posterior ucunda yer alır. Postembrionik gelişmede genellikle metamorfoz görülür. Doğrudan gelişme çok enderdir.

DİĞER ARTHROPODLARLA AKRABALIKLARI

Arthropodlar yapısal olarak büyük farklılıklar gösteren hayvanlardır. Ancak belirli temel karakterler bakımından benzerdirler. Bu temel karakterler şunlardır: Vücutları çok sayıda segmentlidir ve kitinden ibaret bir dış iskeletle örtülüdür. Segmentler değişken sayıdadır ve çift haldeki eklentileri taşır. Bu eklentilerin vücudun farklı bölgelerinde farklı görevleri vardır. Kalp dorsaldedir. Kalp çift ostiumlar içerir ve perikardla çevrilidir.

Vücut boşluğu hemosöl'dür. Merkezi sinir sistemi supraözofageal merkezden veya ganglionlu ventral sinir şeridi ile bağlantılı olan beyinden ibarettir. Kaslar daima çizgili lifler taşır. Vücutlarında silli epitel bulunmaz.

Arthropodlar dışında yukarıdaki karakterleri bir arada taşıyan başka bir hayvan grubu yoktur. Böcekler dışındaki büyük Arthropod grupları şunlardır: ***Trilobita***, ***Chelicerata***, ***Crustacea***, ***Onycophora*** ve ***Myriapoda***.

Çeşitli arthropod gruplarının filogenetik akrabalığı defalarca tartışılmış ve böceklerin orijini hakkında çok sayıda farklı teoriler geliştirilmiştir. Ancak fosil kayıtlar yeterli olmadığı için bu teorileri paleontolojik olarak kanıtlamak mümkün olmamıştır. Dolayısıyla teoriler esas olarak günümüzdeki formların morfolojilerine dayanmaktadır. Yine de arthropod'ların birbirinden bağımsız birden çok filetik yolla geliştikleri kabul edilmektedir. Bu görüş günümüzde karşılaştırmalı ve fonksiyonel morfoloji ile desteklenmektedir.

BÖCEKLERİN GENEL ORGANİZASYONU

Kanatlı böcekler farklı takımlarda çeşitli segonder karakterler gösterirler. Bunlar arasında en önemli olanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

Baş: altı embrionik segmentin kaynaşmasıyla oluşmuştur. Bu segmentlerden 2.4.5.6.sı erginlerde eklentiler taşır. Bu eklentiler antenler, mandibüller, maxiller ve labium (II. maxil)'dur. Baş aynı zamanda bir çift bileşik göz ile üç dorsal osellus taşır. İki kanat çifti genelde benzerdir. Kanat çiftlerinin her biri uzunlamasına sıralı kutikular kaburgalar veya damarlar ile desteklenmiştir. Gerçek anlamda enine damarlar yoktur, ancak kanat membranının kalınlaşması ile oluşmuş düzensiz bir ağ vardır. Abdomen, uç bölgesi veya telson ile birlikte 11 segmentlidir. 11. segment serkus adı verilen bir çift segmentli eklenti içerir.

Sindirim sistemi: Ön barsak (stomodeum), basit kese şeklindeki orta barsak (mesodeum) ile arka barsak (proktodeum)'a ayrılır. Ön barsağın yan tarafları boyunca bir çift tükürük bezi uzanır. Bu bezin kanalları birleşmek üzere ileri doğru uzanır ve hipofarinx'in arkasına açılan esas tükürük kanalını oluşturur. Genellikle 6 Malpighi tüpleri vardır ve orta barsak ile arka barsağın birleşme yerinden hemosöl'e uzanırlar.

Merkezi Sinir sistemi: Ganglionlu ventral sinir şeridi ile birleşmiş iki temel sefalik merkezden ibarettir. Supraözofageal merkez veya beyin 3 preoral sefalik ganglion'un birleşmesiyle oluşmuştur ve bir çift paraözofageal konnektif aracılığıyla subözofageal merkezle birleşir. Subözofageal merkez de 3 posterosefalik ganglion'un birleşmesiyle oluşmuştur. Ventral sinir şeridi çift haldeki longitudinal konnektif ile birleştirilmiş 3 torasik ve 9 abdominal ganglion içerir. Sonuç olarak postsefalik segmentlerin ilk 12'sinin her birinde bir ganglion vardır.

Dorsal Kan Damarı: Kalbin abdomendeki kısmı ile aorta'nın toraks'taki kısmından ibarettir. Kalp metamerik olarak odacıklara bölünmüştür. Bu odacıkların her biri çift haldeki lateral ostium'ları içerir. Kalbin altında transvers septum veya perikardial diyafram yer alır. Aorta, kalbin birinci odacığınan uzanan dar tüp şeklinde bir yapı olup toraks'tan başa doğru uzanır ve hemen beyinin arkasında sonlanır.

Solunum Sistemi: Segmental olarak tekrarlanan trake grupları içerir. Bu gruplar longitudinal ve transvers köklerle bağlantılı olup 10 çift spirakulum aracılığıyla dışarıyla temastadırlar. Spirakulumlar son iki torasik segment ile ilk sekiz abdominal segmentte sırasıyla yer alırlar.

Üreme Organları: Her iki cinsiyette de benzerdir. Erkekte testis az sayıda lob benzeri foliküller içerir. Folikül boşlukları vas deferens ile ilişkidir. Vas deferens'ler posteriorde birleşir ve ortak bir fişkirtma kanalı olarak devam ederek aedeagus'a açılır. Vesikula seminalis'ler, vas deferens'in basit bir kese şeklinde genişlemiş kısımları halinde yer alırlar. Vas deferensin proksimal kısmına bir çift yardımcı bez de açılır. Dişide her ovaryum çeşitli sayıda panoistik ovariol içerir. Lateral ovidukt'lar müşterek ovidukt'u oluşturmak üzere birleşirler. Müşterek ovidukt posterioire doğru vagina olarak devam eder. Medianda yer alan spermateka vaginanın dorsal duvarına açılır. Ayrıca çift haldeki kollateral veya yardımcı bez de vardır. Metamorfoz holometabol veya hemimetabol tiptedir.

BÖCEKLERİN SAYILARI VE BOYLARI

Böcekler, bilinen tüm hayvanların % 70'ini oluştururlar. Bir milyonun üzerinde böcek türü tanımlanmıştır. Fakat bu sayının günümüzde mevcut böceklerin ancak dörtte birini oluşturduğu da şüphelidir. Coleoptera takımı 350.000 tür ile böceklerin en büyük takımıdır. Bu takımda sadece Curculionidae gibi tek familyada 60.000 tür yer alır.

Yaşayan böcekler arasında en büyük olanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

Coleoptera'da *Megasoma elephas* 120mm boya ve *Macrodonia cervicornis* mandibülleri ile birlikte 150mm boya ulaşır. Phasmid'ler arasında *Pharnacia serratipes* 260mm uzunluğa, Hemipter'lerden *Belastoma grande* 115mm boya ulaşır. Lepidopter boyalarını ölçmek için kanat açıklıklarını dikkate alırsak maximum uzunluk *Erebus agrippina* 'da 280mm'ye, *Attacus atlas*'ta da 240mm'ye ulaşır. Bu boyutların hiç biri bir Odonat olan *Meganeura monyi* ile kıyaslanamaz. Çünkü bu böcekte kanat açıklığı uçtan uca 700mm'ye ulaşır. En küçük böcekler ise, Örneğin Coleoptera'nın Ptiniidae familyasında görülür ve bu böceklerin boyları 0.25mm'ye ulaşmazken Hymenoptera'nın Mymaridae familyasına dahil yumurta parazitlerinde boy daha da kısadır. Denilebilir ki bazı böcekler en büyük Protozoa'dan daha küçük, bazıları da en küçük omurgalıdan daha büyüktür.

BÖCEKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Böceklerin sınıflandırılması bilgi birikimi arttıkça değişikliğe uğramış ve böcek takımı sayısı da sürekli artmıştır.

Son zamanlarda böcek sistematigi BEIER (1969), HENNING (1953,1969) ve MACKERRAS (1970) tarafından yeniden düzenlenmiştir.

Böceklerle ilgili yapılan sınıflandırma, çoğu kez sınıflandırmayı yapan araştırmacının, evrimsel akrabalık ile ilgili görüşlerini yansıtır. Paleontolojik kayıtlar böcek filogenisinin hangi temele oturtulacağı konusunda henüz yeterli bir baz sağlamamıştır ve filogeninin oluşturulmasında, aktüel formların karşılaştırmalı morfolojisi de henüz yeterli değildir. Ancak yine de böcek filogenisi ile ilgili kapsamlı bir fikir birliği bulunduğundan, böcekleri formal hiyerarşik sisteme sokmadan 30 ordo altında toplamak mümkündür (Tablo 1). Bu ordoların daha sonraki paleontolojik veriler ve filogenetik çalışmalarla çeşitli alternatifler halinde yeniden düzenlenmesi de söz konusu olabilir.

İlk 4 ordo **Apterygot** böceklerdir :

- a-Primitif olarak kanatsızdırlar.
- b-Metamorfozları çok zayıftır.
- c-Eşeyssel olgunluğa eriştikten sonra bir kaç kez deri değişimi yaparlar.
- d-Erginlerde 1 veya 2 çift pregenital eklenti vardır.
- e-Mandibüller daima baş kapsülü ile bir tek noktadan eklenir.

1. Ordo: **Protura** (Telson kuyruklular)
2. Ordo: **Diplura** (Çift kuyruklular, çatal kuyruklular)
3. Ordo: **Collembola** (Sıçrar kuyruklular)
4. Ordo: **Thysanura** (Kıl kuyruklular)

Geri kalan 26 ordo kanatlı (**Pterygot**) böceklerdir:

- a-Erginleri kanatlıdır veya segonder olarak kanatlarını kaybetmişlerdir.
- b-Metamorfozları çeşitli şekillerdedir.
- c-Erginleri deri değiştirmez
- d-Pregenital eklentileri yoktur.
- e-Mandibüller baş kapsülü ile iki noktadan eklenir.

Pterygotlar kanatlarının gelişme şekline göre 2 gruba ayrılırlar.

5-21 arasındaki ordolar **Exopterygot** tur:

-Genç safhalarında kanat gelişmeleri dıştan görülebilir.

-Genç safhaları **nymf** olarak adlandırılır. Nymfler erginlere benzer ve nymften ergine geçiş esnasındaki metamorfoz nispeten zayıftır.

-Genelde pupa safhaları yoktur.

Bu gruba giren böcekler aynı zamanda **Hemimetabol** böcekler olarak ta sınıflandırılırlar.

Geriye kalan 9 ordo **Endopterygot'** tur:

-Gelişmeleri esnasında **larva** ve **pupa** evrelerinden geçerler.

-Kanatları larval safhada içten gelişir ve bu safhada dıştan görülmezler.

-Larvaları davranış ve yapı olarak büyük farklılıklar gösterir.

-Tam bir metamorfoz geçirirler.

Bu gruba giren böcekler aynı zamanda **Holometabol** böcekler olarak ta sınıflandırılırlar.

5. Ordo : **Ephemeroptera** (Bir gün sinekleri)

6. Ordo : **Odonata** (Yusufçuklar, Su bakireleri, Tayyare böcekleri)

7. Ordo : **Plecoptera** (Taş sinekleri)

8. Ordo : **Grylloblattodea**

9. Ordo : **Orthoptera** (Düz kanatlılar)

10.Ordo: **Phasmida** (Değnek çekirgeleri)

11.Ordo:**Dermaptera** (Kulağakaçanlar)

12.Ordo:**Embioptera**

13.Ordo:**Dictyoptera** (Hamam böcekleri, Peygamber develeri)

14.Ordo:**Isoptera** (Termitler, Beyaz karıncalar)

15.Ordo:**Zoraptera**

16.Ordo:**Psocoptera** (Kitap bitleri)

17.Ordo:**Mallophaga** (Kuş bitleri)

18.Ordo:**Siphunculata** (Emici bitler)

19.Ordo:**Hemiptera** (Yarım kanatlılar)

20.Ordo:**Homoptera** (Benzer kanatlılar)

21.Ordo:**Thysanoptera** (Saçak kanatlılar)

22.Ordo:**Neuroptera** (Sinir kanatlılar)

23.Ordo:**Coleoptera** (Kın kanatlılar)

24.Ordo:**Strepsiptera** (Yelpaze kanatlılar)

- 25.Ordo:**Mecoptera** (Akrep sinekleri)
- 26.Ordo:**Siphonaptera** (Pireler)
- 27.Ordo:**Diptera** (İki kanatlılar)
- 28.Ordo:**Lepidoptera** (Kelebekler,Güveler)
- 29.Ordo:**Trichoptera** (Evcikli böcekler)
- 30.Ordo:**Hymenoptera** (Zar kanatlılar)

Diplura, Protura ve Collembola'da ağız ekstremiteleri **endognath** tiptedir. Yani ağız ekstremiteleri içte cepler veya keseler içinde bulunurlar ve beslenme anında dışarı çıkarılırlar. Dolayısıyla bu 3 ordo **Endognatha** olarak da sınıflandırılırlar. Thysanura ve Pterygotlarda ise ağız ekstremiteleri **ectognath**' tır yani dışa doğru uzamışlardır ve iyi gelişmişlerdir, **Ectognatha** olarak ta adlandırılırlar.

Ephemeroptera ve Odonata takımına ait böcekler diğer kanatlı böceklerde olduğu gibi kanatlarını abdomenin üzerinde yatırma pozisyonuna getiremezler. Bunların aynı zamanda atıcık kanat eklem şekli vardır. Kanatlarında anterior median bir damar bulunur. Konveks ve konkav damarlar da primitif olarak birbirini izler ya da biri diğerinin yerini alır. Bu özellikler dikkate alınarak Ephemeroptera ve Odonata aynı taksonomik birlik içine alınmışlardır ve **Palaeoptera** (eski kanatlı) olarak tanımlanırlar. Diğer tüm günümüz Pterygot ordoları da ikinci büyük taksonomik birlik olarak kabul edilirler ve bunlar da **Neoptera** (yeni kanatlı) olarak tanımlanırlar. Bu gruptaki böcekler kanatlarını katlayabilirler.

Neopter böceklerden günümüzde yaşayan Plecoptera, Grylloblattodea, Orthoptera, Pasmida, Dermaptera, Embioptera, Dictyoptera, Isoptera ve Zoraptera ordoları morfolojik özellikleriyle diğer ordolardan ayrılırlar ve **Orthopteroid (Polyneoptera)** ordolar olarak da sınıflandırılırlar. Orthopteroid ordoların ortak özellikleri:

- 1-Değişikliğe uğramış mandibular ağız aletleri vardır.
- 2- Arka kanatlarında büyük anal lop bulunur.
- 3- Serkus'ları vardır.
- 4- Malpighi tüpleri çok sayıdadır.
- 5- Ventral sinir şeridinde çeşitli sayıda ayrı ganglionları bulunur.

Orthopteroid ordolar büyük bir olasılıkla monofiletik bir grup oluştururlar.

Geri kalan ve günümüzde yaşayan Exopterygot Neopter ordolar (Psocoptera, Mallophaga, Siphunculata, Hemiptera, Homoptera, Thysanoptera) anatomik temele

dayanılarak **Hemipteroid** grup olarak adlandırılırlar. Bu grup aynı zamanda **Paraneoptera** olarak ta bilinir. Bu grubun ortak özellikleri:

1. Özelleşmiş mandibular tipte ya da emici tipte ağız ekstremiteleri vardır.
2. Arka kanatlarda anal lop bulunmaz.
3. Serkusları bulunmaz.
4. Malpighi tüpleri birkaç tanedir
5. Ventral sinir sisteminde ganglionlar az çok bir araya gelerek grup oluştururlar.

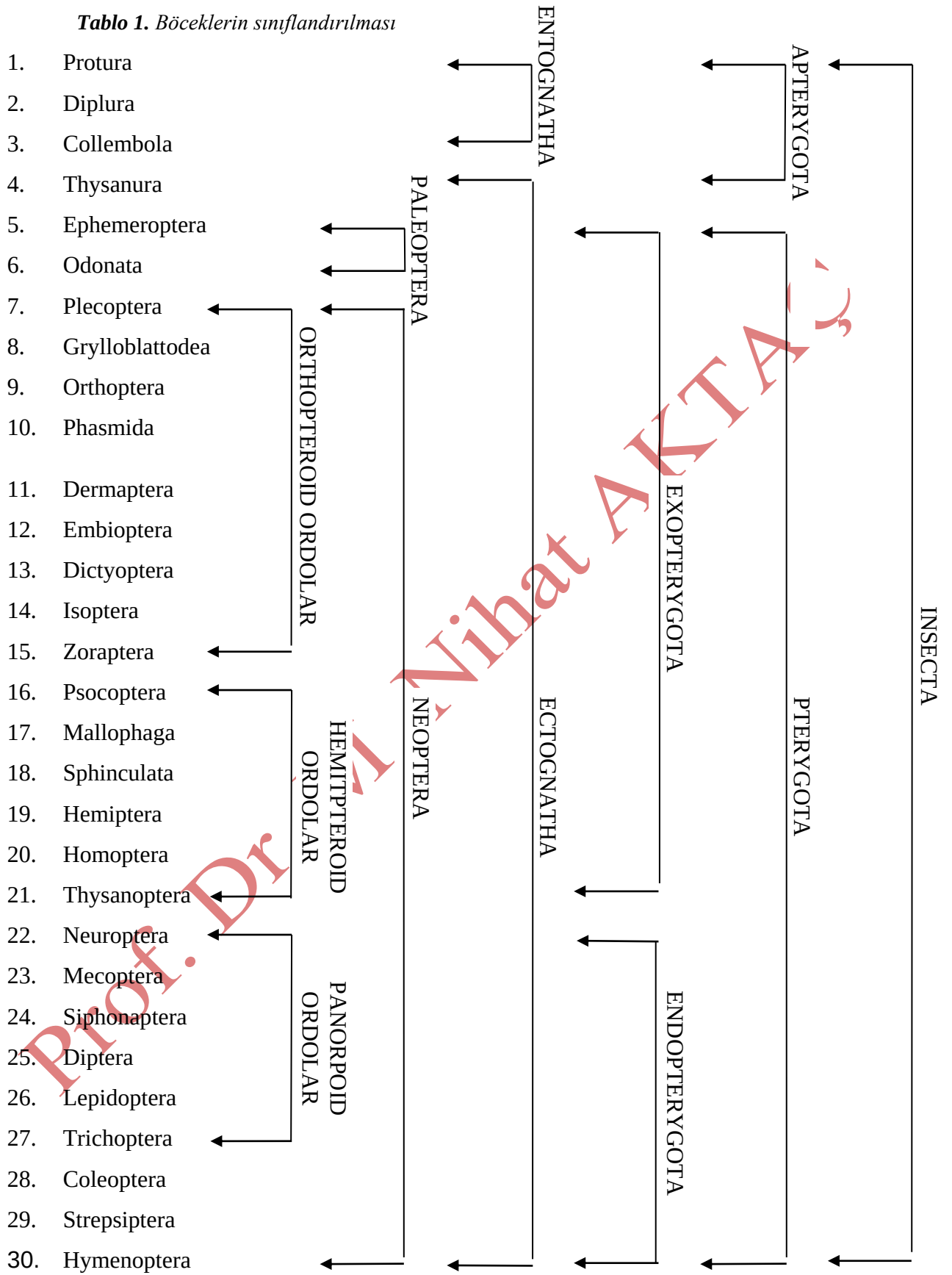
Hemipteroid ve Orthopteroid gruplar arasındaki fark çok belirgin değildir. Örneğin Zoraptera'da kanat damarları azalmıştır. Malpighi tüpleri azdır ve sinir sistemi bir dereceye kadar toplanmış ganglionlar içerir. Dolayısıyla Zoraptera, primitif Hemipteroid ordo olarak kabul edilmekle beraber yukarıda belirtilen özellikler, iki grubu yaklaşıtııcı (convergent) özellikler olarak değerlendirilmektedir.

Neopter Endopterygot böceklerden Coleoptera, Strepsiptera ve Hymenoptera'nın izole bir grup olarak düşünülmesine rağmen diğer Endopterygot böceklerin monofiletik olabilecekleri konusunda küçük te olsa bir şüphe vardır, çünkü orijinleri bilinmemektedir.

Yukarıda belirtilen üç ordonun dışında kalan Endopterygotlar (Neuroptera, Mecoptera, Siphonaptera, Diptera, Lepidoptera, Trichoptera) TILLYARD (1918, 1920, 1935) ın klasik çalışmalarından beri **Panorpoid** veya **Oligoneopter** ordo kompleksini oluşturdukları kabul edilmektedir. Bununla beraber Neuropter'lerin Mecopter'lerle birlikte bir dereceye kadar belirgin bir dal oluşturduğu ve Panorpoid ordolardan ayrı tutulabileceği de ileri sürülmektedir.

Panorpoid stoktan büyük bir olasılıkla bir taraftan Diptera ve Siphonoptera, diğer taraftan da Trichoptera ve Lepidoptera ayrılmıştır. Siphonapter'ler ergin yapılarıyla çok belirgindirler. Fakat larvaları bazı Nematocer Dipter (Mycetophilidae)' lere benzerler ve eğer Dipter orijinli değilseler bile hiç olmazsa Panorpoid kompleksten orjinlenmişlerdir denebilir.

Coleoptera, Strepsiptera ve Hymenoptera söz konusu edildiğinde çözümlenmemiş filogenetik problemlerle karşı karşıyayız. Çünkü bu ordolara paleontolojinin katkısı çok azdır.

Tablo 1. Böceklerin sınıflandırılması

İNTEGÜMENT

İntegüment veya vücut örtüsü dıştan içe doğru aşağıdaki tabakaları içerir:

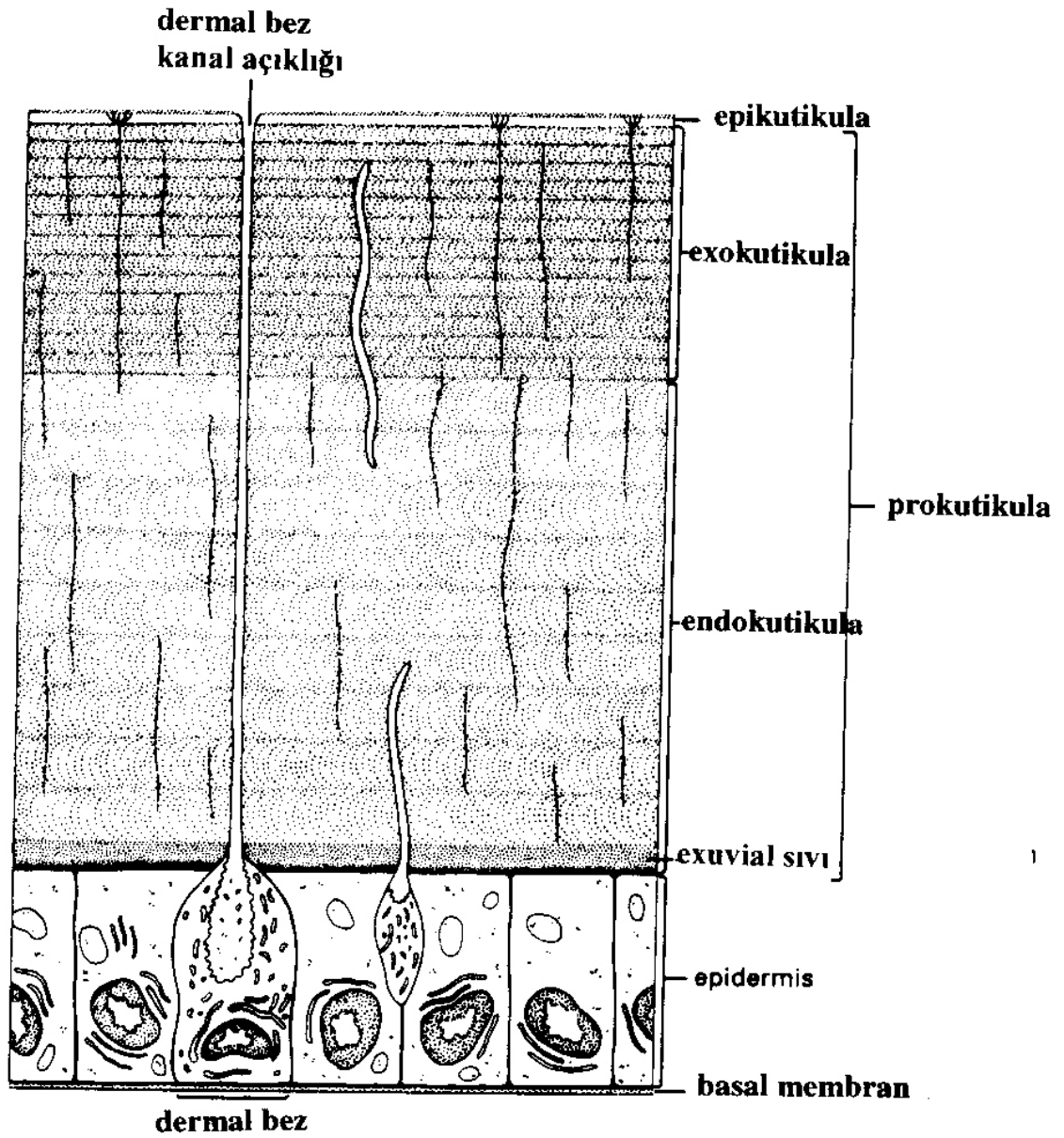
a- Kutikula, b- Epidermis, c- Basal membran

Kutikula: Kompleks, hücresiz tabaka olup büyük ölçüde epidermis tarafından salgılanır. Kutikula, enzim kontrolü altında meydana gelen kompleks biyokimyasal değişiklikler sonucu oluşur. Vücudun ve eklentilerin en dış örtüsünü yapar ve lokal olarak ta iç iskeleti oluşturmak üzere bir kılıf şeklinde içeri doğru girer. Aynı zamanda trake sistemini, bazı bezleri ve sindirim kanalı ile üreme kanalının bir kısmını astarlar. Yeni oluştuğunda elastiktir ve bükülebilir bir yapıdadır, çoğu larvada vücudun üzerinde bu halini korur. Böceklerin çoğunda ise kutikulanın büyük bir kısmı sklerotize olur ve böylece daha sert ve koyu renkteki skleritleri oluşturur. Skleritler arasında zarsı bir bölge veya değişikliğe uğramamış yumuşak bir kutikula zonu kalır. Bu yapıdaki bir düzende, sert kısım ile bükülebilir yumuşak kısım bir arada yer alır ve böylece kutikula koruma görevi yanında böceğin dış görünüşünü de şekillendirir. Suya karşı geçirgen olmadığı için kurumayı azaltır. Aynı zamanda kasların tutunması için de sert yüzeyler oluşturur.

Böcek kutikulasının iki büyük bileşenlerinden biri karbonhidrat **kitin**, diğeri ise bir seri **protein**'dir. Kitin; asetik asit ve glukozamin içerir. Kitin suda, alkalilerde, sulu asitlerde ve organik çözücülerde çözünmez, fakat yoğun mineral asitlerle (HCl, H₂SO₄ gibi) ve sodyum hipokloritte erir. Yapısal proteinlerin başlıcaları Arthropodin'lerdir. Arthropodin'lerin aminoasit analizleri, elektroforez ve serolojik teknikler ile bazı böceklerde bir düzine kadar bileşik içeren kompleks karışım halinde oldukları saptanmıştır. En belirgin protein resilin'dir. Kitin protein kompleksi gerçekte polydisperse **glikoprotein**'dir. Çomak şeklindeki kitin lifleri 2,5-6,5 nm çapta olup protein matriks içine gömülmüştür.

Kutikulada iki temel tabaka ayırt edilebilir; en dışta **epikutikula** ve en içte **prokutikula**. Her ikisi de bileşik yapılar içerir.

Epikutikula: Çok ince bir tabakadır. Kitin ve kitinin kompleks kimyasal ve ultrastrüktürel yapılarını içermez. 10 nm kalınlıkta yoğun bir **kutikulin** tabakasıdır. Asitlere ve organik çözücülere karşı çok dayanıklı olup muhtemelen ileri derecede polimerize olmuş lipid içerir. Ekdisisten önce epikutikula katlanmaya başlar, fakat şekli böceğin tüm görünümünü yansıtır.



Şekil 1. Böcek integümentinin şematik görünümü (Hepburn, 1985).

Prokutikula: Epidermis hücreleri tarafından salgılanır ve integümentin büyük bir kısmını oluşturur. Trakeollerde bulunmayabilir. Prokutikula çeşitli sayıdaki prokutikular bileşikler (esas olarak kitin ve çeşitli proteinler) içerir. Bu bileşikler çarpmalara karşı büyük ölçüde dirençli olma, ileri derecede gerilebilme, bükülebilme, ağırlığa karşı dayanabilme ve hafif olma gibi özelliklere sahiptirler. Böylece prokutikulanın iskelet olarak fonksiyon görmesini sağlarlar.

Prokutikula dışta **eksokutikula**'yı içerir. Eksokutikula homojen bir matriks içerir ve sklerotizasyonla sert, dayanıklı ve elastik olmayan bir karakter kazanır. Bu yapı tabakalanma sonucudur. Böcek deri değiştirdiği zaman tamamen atılır.

Eksokutikulanın altında daha yumuşak **endokutikula** vardır. Endokutikula ultrastruktürel olarak çeşitli şekilde konumlanmış protein ve kitin lifleri içerir. Bu lifler 0,1µm'den 1µm'ye kadar kalınlığı olan tabakalar halindedir.

Prokutikula yüzeye doğru dikey olarak uzanan çok sayıdaki por kanallarıyla delinmiştir. Bu kanallar prokutikula ve epikutikula materyal taşırlar (Şekil 1).

Epidermis: Tek sıra hücreli bir tabaka halindedir. Normal epidermal hücreler arasında, özelleşmiş bez hücreleri ve kutikular duyu hücreleri de içerir. Epidermis, kutikulanın büyük bir kısmını salgıladığı gibi deri değiştirme sıvısını da salgılar. Bu sıvı, ergin olmayan böceğin deri değiştirmeden önceki eski endokutikulasını eritir. Eski kutikulanın sindirim artıklarını absorbe eder, yaraları onarır ve böceğin tanınmasını sağlayan yüzey yapısını oluşturur (Şekil 1).

Basal membran: İnce yapısı amorf olan 0,5µm kalınlığında devamlı bir tabaka halindedir. Nötral mukopolisakkarit'ler içerir. Hemositler tarafından salgılanır. İçinden kordotonal organlar, trakeoller ve sinirler geçer (Şekil 1).

VÜCUT ÖRTÜSÜNDEKİ YAPILAR

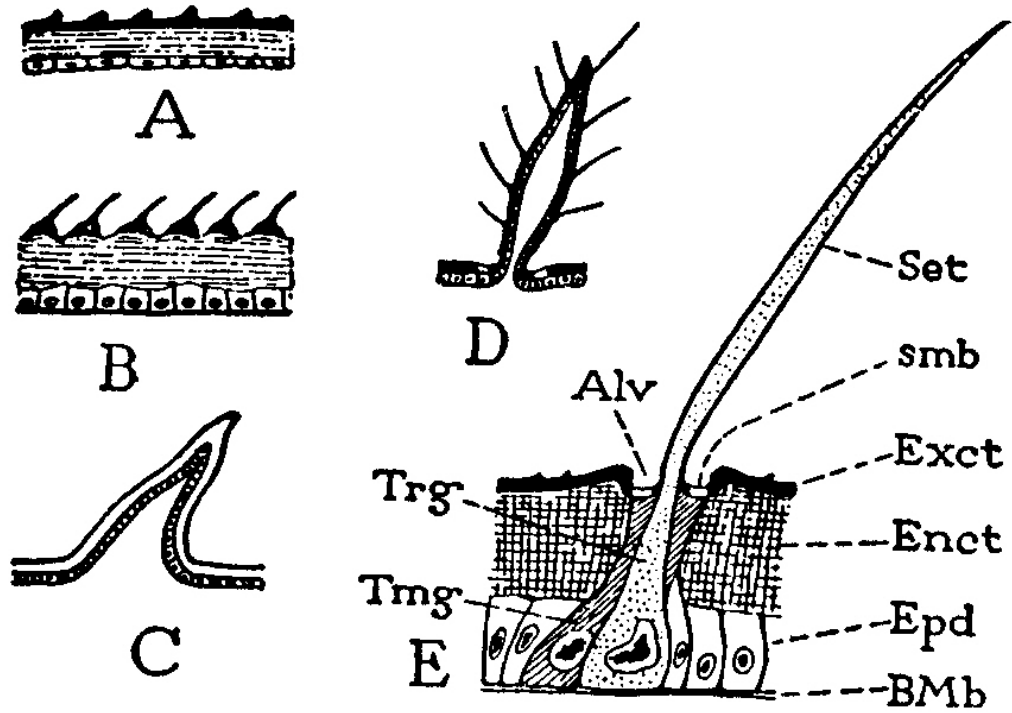
Kitinsel levha veya zar şeklinde olabilen vücut örtüsü dıştan bir takım eklenti ve çıkıntılara sahiptir

Kutikular eklentiler: Bu yapılar kutikula ile bir membran aracılığıyla eklenmiş tüm kutikular yapılarıdır. Epidermis hücrelerinin değişikliğe uğraması ile meydana gelirler. Setalar ve mahmuzlar olarak sınıflandırılabilirler.

A- Seta (Macrotrichia): Genelde kıl olarak bilinirler. Her biri kadeh şeklindeki bir çukur ve alveol'den çıkar. Seta kaide kısmında kutikula yüzük şeklindeki eklem zarı ile eklenir. Setalar oyuk yapılar olup exokutikulanın çıkıntıları halinde gelişirler ve her bir seta genişlemiş tek bir **trikojen** hücre tarafından oluşturulur. Eklem zarı ise ayrı bir **tormojen** hücre tarafından meydana getirilir (Şekil 2). Setaların sabit bir şekilde belirli düzende sıralanışı **Chaetotaxy** olarak adlandırılır. Chaetotaxy, Diplura, Thysanoptera, Diptera'nın Cyclorrhapa alt takımı ve Lepidoptera'nın larvaları gibi bazı böcek gruplarının sistematğinde önemlidir.

Setaların temel tipleri şunlardır:

1.Örtü kılları: Vücut yüzeyi ve eklentilerinin üzerini örterler ve değişik şekiller gösterirler (Şekil 1). Örneğin Apoidae de olduğu gibi iplik şeklinde ince dallı bir yapı (tüy kılları) veya Tachinidae familyası türlerindeki gibi sert ve sağlam dikenimsi bir yapı halindedirler.



Şekil 2. İntegümentin dış uzantıları. Şematik (Snodgrass'dan).

A-B; Hücresiz kutikular çıkıntılar, C-D; Çok hücreli çıkıntılar, E; Tipik tek hücreli uzantı veya seta. **Set.** seta, **Smb.** seta membranı, **Exct.** eksokutikula, **Enct.** endokutikula, **Epd.** epidermis, **BMb.** basal membran, **Trg.** trikojen hücre, **Tmg.** tormojen hücre, **Alv.** Seta kını veya alveol. (Snodgrass'dan).

2-Pullar: İleri düzeyde değişikliğe uğramış örtü kıllarıdır. Thysanura, Coleoptera, Diptera ve Lepidoptera takımları için karakteristiktirler. Normal örtü kılları ile pullar arasında geçit kabul edilebilecek safhaları vardır.

3-Bez kılları: Bu gruba girenler epidermal bez salgılarının dışarı çıkışını sağlayan kıllardır. Bazı Lepidoptera larvalarının kaşındırıcı ve incitici kılları gibi sert ve sağlam olanları bez dikenleri olarak ta adlandırılırlar.

4-Duyu kılları: Vücudun belirli yerlerindeki özellikle eklentilerdeki (antenler ve bacaklar) özelleşmiş ve duysal karakterli kıllardır. hepsi sinir sistemi ile ilişkilidirler.

B – Mahmuz : Çoğu böceğin bacağında yer alır ve çok hücreden orijinlenmesiyle kıllardan ayrılır.

Kutikular çıkıntılar: Kutikulanın dış yüzeyi çeşitli şekil ve desendeki yapılanmalar yanında çok sayıda çıkıntılar da içerir. Bu yapılar güçlü bir şekilde kutikula ile bağlantılıdır, ancak membranlı eklentileri yoktur. Bu nedenle de kutikular eklentilerden kolaylıkla ayırt edilirler.

Kutikular çıkıntılarının temel tipleri:

1. Microtrichia (sabit kıllar): Küçük, kıl benzeri yapılar halindedirler. Örneğin Mecoptera ve bazı Diptera kanatları. Çok küçük örtü kıllarına benzerler, fakat kaideye eklentileri bulunmayışı ile ayırt edilirler.

2. Spin : Az çok diken şeklinde kutikular çıkıntılardır. Spinlerin, kıllardan farkı farklılaşmamış epidermal hücreler tarafından oluşturulmaları ve çoğunlukla çok hücreli bir orijine sahip olmalarıyla ayırt edilirler.

Yukarıda belirtilenler dışında daha birçok kutikular çıkıntı vardır. Bunlar ya az çok konik nodüller ve tüberküllerdir ya da bazı Coleoptera erkeklerinin karakteristiği olan ve boynuz olarak adlandırılan büyük çıkıntılardır.

RENKLENME

Ergin ve ergin olmayan böcek renkleri üç sınıf halinde gruplandırılabilir:

1. Pigment renkleri(Kimyasal Renkler): Bu renkler kimyasal maddelerin, üzerine düşen bazı ışık dalgalarını emip bazılarını yansıtmaları sonucu oluşur. Bu maddeler kutikula, epidermis veya subepidermal dokuda (genellikle yağ cismi veya kanda) bulunabilirler. Kutikular pigmentasyonun sürekli bulunduğu yerlerde oluşan bu pigment renkleri epidermal ve subepidermal renkten ibaret olup ölümden sonra hemen solarlar.

Böceklerde görülen pigmentler biyokimyasal olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilirler:

a-Melanin'ler: Koyu kahverengi veya siyah kutikular pigmentlerdir. Amorf turlar ve granül içermezler. Kolay çözünmezler, ancak okside edici ajanlarla çabucak renklerini kaybederler.

b-Karotenoid'ler: Yağ çözücülerde kolayca çözülebilirler ve bitkiler tarafından sentezlenmeleriyle karakteristiktirler. Hayvanlar tarafından alındıklarında kanda ve

dokularda toplanırlar. Örneğin β -karoten patates bitkisinin dokusundan orijinlenir ve Kolorado patates böceği *Leptinotarsa decemlineata*'nın kanında bulunur. Bu böceğin larvalarıyla avlanan Pentatomidae'den *Perillus bioculatus*'un kırmızı ve sarı renkte olmasını sağlar. *Coccinella* (uğur böceği)'nin kırmızı rengi, bitki karotenoid'leri likopen ve α - ve β -karoten nedeniyledir. Çekirgelerin integümentlerinde Astaxantin ve β -karoten bulunur. Çoğu böceklerin yeşil kromoprotein pigmentleri insektoverdin olarak bilinen bir komplekstir. Sarı-oranj bileşimler ise; örneğin *Corausius* (Phasmida) ta β -karoten'in prostetik grubu, *Sphinx* (Lepidoptera) ve *Tettigonia* (Tettigonidae) da ise lutein ve astaxantin nedeniyle oluşur.

c-Pteridin'ler: Bu pigmentler heterosiklik pyrimidin-pyrazin halka yapısından oluşurlar. Büyük bir kısmı pterinlerdir. Doğal pigmentler çoğu kez bu bileşiklerin iki veya daha fazlasının karışımıdır. Heteropterlerin, örneğin *Dystorcus*, *Pyrrhocoris*, *Oncopellus* ve *Phonocatanus*'daki renkler, kırmızı ve sarı pteriler olan eritropterin ve xantopterin'in beyaz leukopterin ile birlikte bulunuşu nedeniyledir. Xantopterin ve leukopterin Vespidae'nin integümentinde de bulunur. Çoğu Pieridae'ye dahil keleklerin vücut ve kanat pulları leukopterin, xantopterin isoxantopterin ve eritropterin içerir. Bazı pterinler aynı zamanda tipik göz pigmentleridirler. Örneğin drosoterinler olarak adlandırılan grup, *Drosophila melanogaster*'in yabani tipinin göz rengini verir.

d-Ommokrom'lar: Göz pigmentleri olarak bilinirler. İki grup madde içerirler. Düşük molekül ağırlığı olan ve serbest sülfür bulundurmayan ommatin'ler ile yüksek molekül ağırlığı olan ve sülfür içeren pigmentlerden ibarettirler. *Drosophila*'nın göz pigmenti xantoommatin'dir. Diğer ommokrom'lar gibi redox pigmenti olup, oksitlendiğinde sarı ve redüklendiğinde kırmızıdırılar.

İntegüment ommokromları Nymphalidae keleklerinin kanatlarına ve *Schistocerca* (Acrididae) da bulundukları gibi Odonat'lardan *Sympetrum striolatum*'un kırmızı renkteki erkekleri ommatinler içerir, sarı renkteki dişileri de redüklenmiş ommatin içerir.

e-Antroquinon'lar: Bu pigmentler Coccoidea'ya özgüdürler ve en iyi bilineni karminik asittir. Kırmızı böcek *Dactylopius coccus*'ta dişide yumurtalarda ve yağ cisminde kırmızı boya maddesi bulunmuştur ve bu boyanın böcek vücudunun yarısı kadar olduğu görülmüştür. *Kermococcus ilicis*'den elde edilen kermesik asit karmen boyası pigmentidir. Coccoidea tarafından salgılanan Lak'ın suda çözünen kırmızı pigmenti de lukkoik asit'tir.

f-Afin'ler: Polysiklik kinonlar olup böceğin ölümünden sonra hemen ayrışırlar. *Apis fabae*, *Eriosoma lanigerum* ve diğer Aphid'lerin eritroafin'ini oluştururlar.

g-Karışık pigmentler: Homogloblin'in klorofil türevleri antoxantin, antosiyanin'ler, riboflavin ve pürin gibi maddeler de böcek pigmentleri olarak küçük rol oynarlar.

2-Strüktürel renkler (Yapısal renkler): Bu renklerin pigmentler nedeniyle oluşan renklerden farkları, kutikuladaki fiziksel değişikliklerden dolayı değişime uğramaları ve ya bozulmalarıdır. Bu değişim veya bozukluklar kutikula'nın kuruma ve çekilmesi, şişmesi, eğrilip bükülmesi veya kutikula ile aynı kırılma indisine sahip sıvıların geçirgenlik derecesine bağlı olarak ortaya çıkar. Strüktürel renklemenin 4 tipi görülür:

a-Strüktürel beyaz: Mikroskobik partiküller aracılığıyla ışığın saçılması, yansıtılması veya kırılması sonucu oluşur. Bu partiküllerin dalga boyları ışığından daha büyüktür. Muhtemelen böceklerde görülen tüm beyaz renkler strüktürel temele dayanır.

b-Tyndal mavisi: Çok yaygın olmamakla beraber bazı Odonat'larda görülür. Bu renk ışığın dalga boyuyla aynı dalga boyuna sahip partiküller tarafından, daha kısa dalga boylu ışık saçılması sonucu oluşur.

c-Girişim renkler: Bu renkler bir seri lamel veya kaburganın üst üste bulunması sonucu yansıyan ışıklar arasında optik girişimin meydana gelmesi ile belirir. Fiziksel renklemenin en yaygın tipidir ve gökkuşağı gibi renkler iyi görülür. Örneğin *Morpho* cinsine ait kelebeklerin kanat pullarında, Elmas kın kanatlısı *Entimus*'da ve Chrysididae'den *Cyphus*'da belirgindir.

d-Kırılma renkleri: 0,5-3µm aralık gibi sık aralıklı çizgilenmenin bulunması sonucu oluşur. Mutillidae, Carabidae ve Gyrinidae çeşitli böcek familyalarında görülür.

Değişik renklerden yansıtılan ışık şiddetinin, predatör böceğe avlayacağı böceğin büyüklüğünü ve uzaklığını net olarak algılamasına olanak vermediği sanılmaktadır.

Dynastes hercules (kınkanatlı)'nın rengi sarıdan siyaha kolayca değişebilir. Bu işlemin yapısal bir temeli vardır. Elitra'nın şeffaf epikutikulası altında çok ince bir süngerimsi tabaka vardır. Bu iki tabaka aralıklı olduğunda hava ile dolar ve sarı renkte bir görünüm sağlar fakat su ile dolduğunda alttaki siyah renkli kutikula belirgin hale geçer.

3-Karışım renkler: Bu renkler yapısal modifikasyonların pigment tabakası ile birleşmesi sonucu oluşur ve strüktürel renklemenin çok yaygındır. Kelebeklerden *Teracolus phlegyas*'ta pul'daki kırmızı pigment, yapısal menekşe ile karışarak mecanta (morumsu kırmızı) rengini yapar. Yine *Ornithoptera poseidon* kelebeğinin zümrüt yeşili rengi, yapısal mavi renk ile puldaki sarı pigment renginin karışması sonucu oluşur. Birçok böcekte örneğin Lycaenidae kelebeklerinde renk herhangi bir kategoriye dahil değildir.

Chrysomelidae'nin *Cassida* türlerindeki altın parıltısı renk, yüzey kutikulası altında bir nem tabakası oluşturulması sonucudur. Bu böcekler kurudukları zaman renklerini çabucak kaybederler, fakat suya batırıldıkları zaman tekrar bu renge dönerler (ancak kuruma süresinin çok uzun olmaması gerekir).

Böceklerde türlere özgü desenler de bulunur. Desenlerin şekli kalıtsal olmakla beraber büyüklükleri çevre koşulları ve vücudun kendi iç koşulları ile kontrol edilmektedir. Kalıtsal desen ve şekiller her zaman simetrikler. Renk ve desen oluşumuna beslenmenin, sıcaklığın, eşeysel hormonların ve parazitlerin de etkili olduğu söylenebilir.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAÇ

SEGMENTASYON VE VÜCUT BÖLÜMLERİ

Böceklerde kutikula az çok sertleşmiş bir dış iskelet oluşturur. Bu örtü tüm vücudun üzerinde bulunmakla beraber belirli yerlerde eğilip bükülebilir bir halde kalır. Bu yerlerde kutikula membran özelliği gösterir ve katlanabilir. Böylece böcek vücudu segmentli veya eklemlili bir yapı gösterir. Bu yapıda peş peşe gelen bir seri halkanın her biri **segment**, **somit** veya **metamer** olarak adlandırılır. Kutikulanın peş peşe gelen iki segmenti arasında bükülebilir ve üst üste katlanabilir kısmı ise **intersegmental membran** adını alır. İntersegmental membran sayesinde vücudun serbestçe hareketi sağlanmış olur. Segmentasyon sadece vücudun dıştan bölümlere ayrılması şeklinde kalmayıp aynı zamanda çoğu iç organlarda da görülür. Ancak ileri derecede gelişme gösteren böceklerde içteki segmentasyon; merkezi sinir sisteminde, kalpte, trake sisteminde ve vücut kaslarında Annelida ve Onychophora'da olduğu kadar benzer değildir.

Kutikula, segmentlerde daha sert ve güçlü, özelleşmiş bazı sahalar ya da plaklar içerir. Bunlara **sklerit** adı verilir. Skleritler muayyen düzlemler boyunca birbirleriyle kaynaşabilirler. Birleşme ve kaynaşma yerlerine **sütur** adı verilir. İleri böcek ordolarında birbirine yakın skleritler tamamen birbirleriyle kaynaşmış ve birleşme yerlerindeki süturların izleri kaybolmuş olabilir.

Ergin böceklerin büyük bir kısmında ve çoğu larvasında tipik bir segmentin vücut duvarı oldukça sertleşmiş ve belirgin dört bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelerden dorsaldeki **tergum**, ventraldeki **sternum**, yanlardaki ise **pleuron** adını alır. Bölgelerin her biri de tekrar daha küçük skleritlere farklılaşmış olabilir. Bu durumda tergumu oluşturan skleritler **tergit**, sternumu oluşturanlar **sternit**, her bir yandaki pleuronu oluşturan skleritler de **pleurit** adını alır. Birbirini takip eden iki segment arasında da küçük plaklar bulunabilir. Bunlara da **intersegmentalia** denir. Bu plaklar kısmen öndeki kısmen arkadaki segmente ait olabilirler ve pozisyonlarına göre, yani bulundukları yere göre **intertergit**, **intersternit**, **interpleurit** olarak adlandırılırlar.

Embriyoda her vücut segmenti bir çift **eklenti** ya da **çıkıntı** taşır. Bu yapılar postembriyonik dönemde kalır veya kalmayabilirler.

Ergin böceklerde eklenti (ekstremité)'ler: **Antenler**, **bacaklar** ve **genital eklentiler**'dir. normal olarak bulundukları segmentin pleuron ve sternumu arasından eklemlenirler.

Tipik eklentiler segmentli t p halinde yapılardır ve yoğun kutikula ile  rt l d rl r. Bitişik iki segment arasında kutikula zar şeklinde kalır ve eklem zarını oluşturmak üzere katlanır. Ekleml  yapı dikkate alındığında eklentinin tümü veya bir kısmı kendi kasları aracılığıyla hareket edebilir.

Birçok böcekte gerçek segmentli eklentilere ek olarak vücut duvarından uzanan çeşitli çıkıntılar da vardır. Bu yapılar segmental olabilir veya olmayabilirler. Orijinal halde tek veya çift olabilirler hatta bir segmentte bir çiftten fazla da bulunabilirler. Kutikular çıkıntılardan farkları vücut boşluğunun belirli uzantısı halinde olmalarıdır. Bu durumda bazen bu tür çıkıntılar ile gerçek eklentileri ayırt etmek zordur.  ıkıntılar'ın temel tipler şunlardır:

1-Pseudopod'lar: Çoğu Dipter larvası için karakteristiktirler.

2-Scoli veya dikensi çıkıntı'lar: Nymphalidae ve Saturniidae larvaları için tipiktirler. Sphingid larvalarının anal boynuzu da benzer özelliktir.

3-Solungaç'lar : Çoğu aquatik böcek larvasında g r l rl r.

4-Kanat'lar: Daima mesotoraks ve metatoraksta bulunurlar ve tam gelişmeleri ergin böceklerde ulaşırlar.

Böceklerde vücut segmentleri    belirgin bölge oluşturmak üzere bir araya gelerek farklılaşmışlardır. Bu bölgeler, **Baş, toraks ve abdomen**dir. Her bölgede organizmanın belirli temel fonksiyonları yoğunlaşmıştır.

Baş, beslenmeyle ilgili ağız organları ve özel duygu organlarını taşır. Toraks, hareket ile ilgili organları örneğin ayakları ve kanatları taşır. Abdomen,  reme fonksiyonu ile ilgilidir, genital eklentileri taşır ve vücuttaki çoğu metabolik olayın cereyan ettiği yerdir.

Çoğu böcek gruplarında baş ile toraksı birbirine bağlayan bir intersegmental bölge (**Cervix-Boyun**) vardır. Boyun aynı zamanda labial segmentin skleritleşmemiş kısmı ile protoraksın anterior kısmını da içerir.

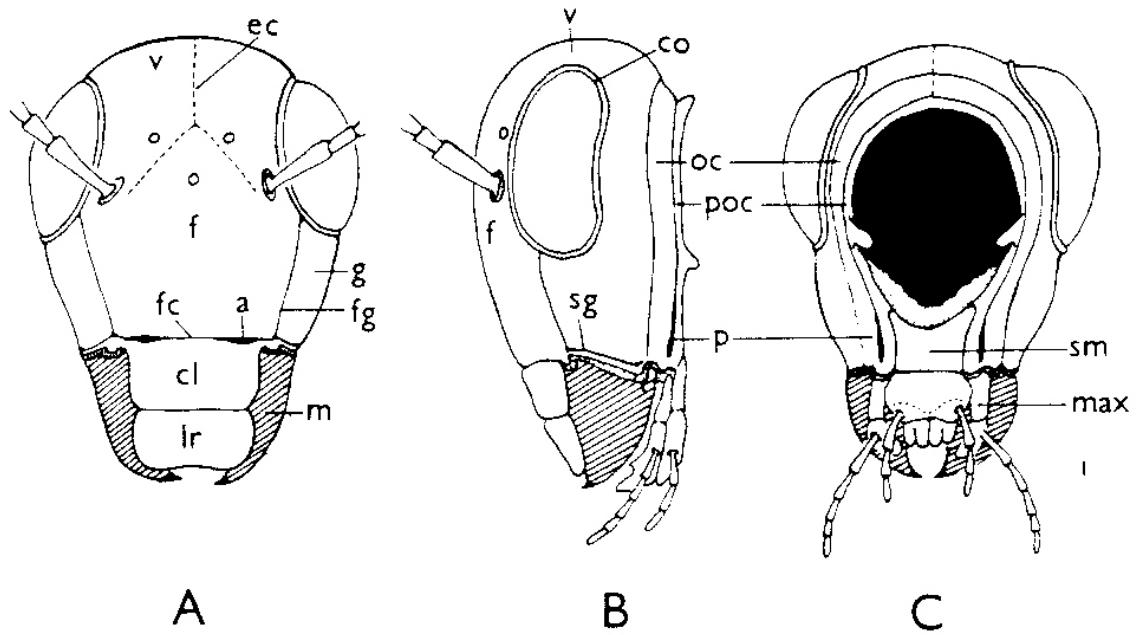
BAş VE BOYUN

Başın dış iskeleti birkaç skleritten ibarettir. Skleritler az çok birbirleriyle bağlanarak sert ve tıkız yapıdaki baş kapsülünü oluştururlar. Genelleştirilmiş bir yapıda baş kapsülünün duvarları sabit konumda olan ve **sulcus (sulci)** olarak adlandırılan bir takım ince oluklar içerir. Bu oluklar aynı zamanda baş duvarının bölünebileceği morfolojik sahaları da bir dereceye kadar sınırlar. Ayrıca ergin olmayan böcekte, başın dorsalinde ve yüz bölgesinde

ters dönmüş Y harfi şeklinde **ekdisial yarılma çizgisi** vardır. Bu bölgede sertleşmiş eksokutikula yoktur.

Yukarıda belirtilen sulkuslar ve ekdisial yarılma çizgisi dikkate alındığında baş kapsülü aşağıdaki bölgeler halinde tanımlanabilir:

Frons (Alın): Ekdisial yarılma çizgisinin yan kolları arasında uzanan tek parça halindeki üst yüz bölgesidir. Median osellus'u taşır. Yanlarda **frontogenal sulkus**, distalde ise **epistomal** ve **frontoklipeal sulkus** ile sınırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Baş kapsülünün genel şeması (Snodgrass'dan).

A- Anteriörden görünüşü, B- Lateralden görünüşü, C- Posterioründen görünüşü.

a. anterior tentorial pit, cl. klipeus, ec. ekdisial yarılma çizgisi, f. frons, fc. fronto-clypeal sulkus, fg. fronto-genal sulkus, g. gena, lr. labrum, m. mandibul, max. maxilla, oc. occiput, p. posterior tentorial pit, poc. post-oksiput, sg. subgenal sulkus, sm. submentum, v. vertex.

Clypeus (Dudak Kalkanı): Alının anterioründe uzanır. Bazı böceklerde (Psocoidea) klipeus, transvers bir sütun aracılığıyla kısmen veya tamamen iki sklerite bölünür; postklipeus ve anteklipeus (Şekil 3). Postklipeus her bir yanda mandibüllerin eklemlenmesi için konveks çıkıntılar içerir.

Labrum (Üst Dudak): Tek parça halinde bir sklerit olup klipeusa klipeolabral sütun aracılığıyla eklemlenir ve bu eklem boyunca hareket eder.

Epikranium: Başın alından boyuna kadar olan üst bölgesidir. Alının hemen arkasında ve petek gözler arasında yer alan kısmı **vertex** (tepe) olarak adlandırılır. Bazen çift haldeki osellusları taşır, fakat ayrı bir sklerit halinde farklılaşmamıştır. Epikranium'un arka kısmı ise

oksiput (art kafa) dır. Vertex ile boyun arasında yer alır ve belirgin bir sklerit halinde ender olarak görülür.

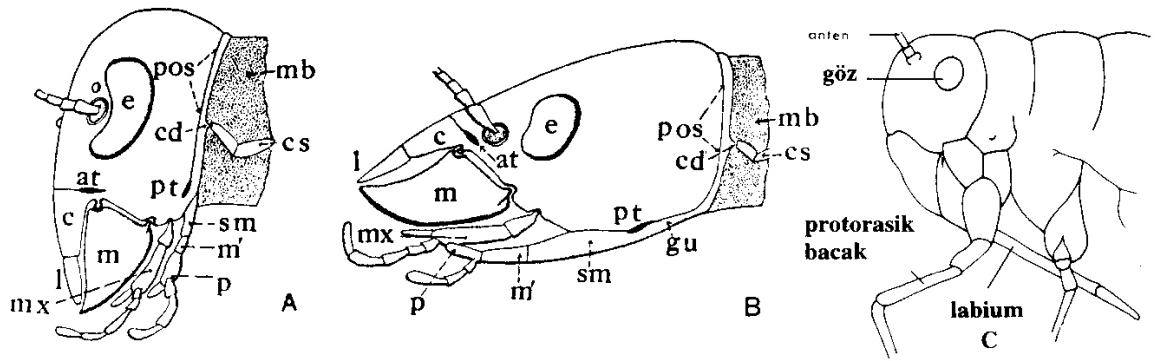
Gena (Yanak): Başın alt yanlarında ve gözlerin posteriöründeki kısımları oluşturur (Şekil 3). Gena'nın klipeusla birleşme yerinde mandibüller için bir eklem yüzeyi taşır.

Baş, uzun ekseninin eğimine ve ağız parçalarının pozisyonuna göre üç tipe ayrılır (Şekil 4).

a-Hypognat: Başın uzun ekseni vertikaldir. Ağız parçaları ventral konumludur (Orthoptera).

b-Prognat: Başın uzun ekseni horizontaldir. Ağız parçaları anteriör konumludur (Coleoptera).

c-Opistognat: Baş arkaya doğru yöneliktir. Böylece özelleşmiş haldeki ağız parçaları ön bacakların arasından geriye doğru uzanır (Hemiptera, Homoptera).



Şekil 4. A- Hypognat baş, B- Prognat baş, C- Opistognat baş.

p. prementum, m'. mentum, gu. gula. (Diğer sembollerin açıklaması Şekil 3'teki ile aynıdır). (Snodgrass'dan Imms tarafından adapte edilmiştir).

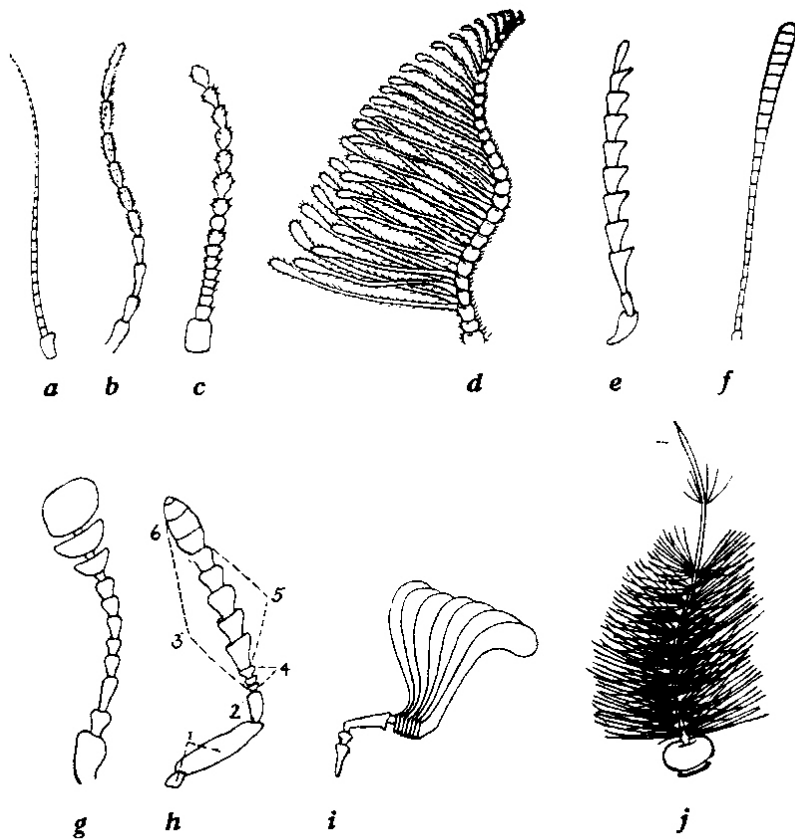
ANTENLER

Antenler gözlerin önünde veya arkasında başla eklemellenmiş bir çift çok hareketli segmentli eklentilerdir. İki temel tip ayırt edilebilir: Collembola ve Diplura'da son segment hariç tüm segmentler intrinsik kaslar içerir. Jonston organı içermez. Diğer böceklerde ise sadece basal segment intrinsik kas içerir. Jonston organı vardır. Çok genel olarak antenler iplik şeklinde ve çok segmentli yapıdadırlar. Segmentler boyca eşit olabilir veya olmayabilir. Yüksek organizasyonlu takımlarda çeşitli şekillerde olmakla beraber birbirini izleyen bazı segmentlerde çoğu kez diğerlerinden farklılaşmışlardır.

Çok genelleştirilecek olursa anten, **scapus**, **pedicel** ve **flagellum**'a ayrılır (Şekil 5). Skapus, antenin birinci veya kaide segmenti olup kendinden sonra gelen segmentlerden belirgin bir şekilde daha uzundur. Pedisel, skapus'tan sonra gelen segmenttir. Flagellum

(kamçı), antenin geri kalan kısmıdır. Flagellum farklı familyalarda çevreye adaptasyona bağlı olarak ve türün davranışı ile ilgili olarak çok değişik şekiller gösterir (Şekil 5). Bazı böceklerde örneğin Chalcidoidea (Hymenoptera) da flagellum'un uç segmentleri genişleyerek anten topuzu oluştururlar.

Bazı Lepidopter erkeklerinin tek ve çift taraklı antenleri, bazı Culicidae (Diptera) erkeklerinin fırça şeklindeki antenleri ile yine Dipter'lerden Chironomidae familyası türlerinin antenleri segonder cinsiyet karakterleri de gösterirler. Fonksiyon olarak antenler özel duyu organlarıdır fakat başka amaçlar için de değişikliğe uğramışlardır. Örneğin *Chaoborus* (Diptera) türlerinin larvalarında avı yakalamak üzere özelleşmişken *Meloe* (Coleoptera) erkeklerinde ve bazı diğer böceklerde dişiye kaldırmak üzere kullanılırlar. Apocrita (Hymenoptera) larvalarında ve yüksek organizasyonlu Dipter'lerde antenler çoğu kez küçük tüberküllere indirgenmiş ve atrofiye olmuşlardır. Protura takımında ise bulunmazlar.



Şekil 5. Anten tipleri.

a. kıl şeklinde (*Blatta*), b. iplik şeklinde (*Carabus*), c. tesbih tanesi şeklinde (*Kaloterme*), d. tarak şeklinde (*Siphingidae*), e. testere dişli (*Elateridae*), f. çomak şeklinde (*Lepidoptera*), g. topuzlu (*Necrobia*) h. dirsekli (*Chalcidae*), i. lamelli (*Melolontha*), j. fırça şeklinde (*Culex*) 1-skapus, 2. pedisel, 3. flagellum, 4. halka segmentler, 5. funikulus, 6. anten topuzu.

AĞIZ ORGANLARI

Temelde bu organlar üç çift eklemli çene ile bunların ilgili yapıları içerir. Eklemli çeneler anteriör'de çift haldeki **mandibül**'ler ile bunları takip eden yine çift haldeki **I. Maxil** ve **II. maxil**'dir. II. maxil, embriyonik gelişme esnasında **labium** (alt dudak)'u oluşturmak üzere median'da birleşir.

Eklemli çenelerle sıkı bir şekilde ilişkili olan diğer yapılar tek parça halindeki **labrum** ile median'da dil benzeri **hipofariks**'tir. Her ikisi de eklemsizdir. Ağız organları başka bir organla kıyaslanamayacak derecede değişiklik gösterirler. Bu değişiklik böceğin beslenme şekli ve diğer kullanım amacı ile ilişkilidir. Bu nedenle ağız organ yapısı, çoğu kez böceğin beslenme mekanizması ile besinin çeşidi hakkında fikir verir. Bu organların gösterdikleri değişiklikler dikkate değer ölçüde taksonomik öneme sahiptir. Böceklerin ağız organları, beslenme şekillerine göre 3 temel tipe ayrılır: **Çiğneyici-Isırıcı** (Plecoptera, Orthoptera, Dermaptera, Embioptera, Isoptera, Coleoptera), **Delici-Emici** (Hemiptera, Siphunculata, Siphonaptera, bazı Diptera) ve **Emici** (Lepidoptera, bazı Dipter ve Hymenoptera) ağız organ tipi. Ephemeroptera, bazı Lepidoptera ve Diptera'da ağız organları büyük ölçüde indirgenmiş ve fonksiyonel değildirler.

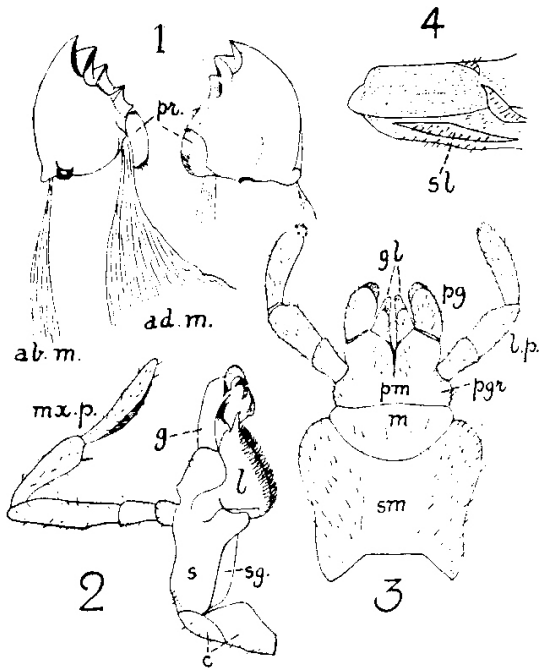
Labrum : Klipeus'a eklemellenmiş basit bir levha halinde yapı olup sınırlı da olsa aşağı-yukarı doğru hareket etme yeteneği gösterir (Şekil 3). Mandibüllerin kaide kısmını örter ve preoral besin boşluğu tavanının bir kısmını oluşturur. Morfolojik olarak başın en ön bölgesini temsil eder. İç yüzeyi kemoreseptörlerle kaplıdır. Hymenopter'lerde küçük lob benzeri **epifariks** ile Siphonoptera'da uzun **epifaringeal stilet**'i yapar.

Mandibül'ler : Çiğneyici oldukları gibi uç kısımları ile ısırıcı özelliktedirler. Genelde besini kesme ve koparmada kullanılmakla beraber çoğu zaman savunmada da kullanılırlar. Çok seyrek olarak ta orak şeklinde veya hançer şeklinde delme organına dönüşmüşlerdir. Isoptera askerlerinde kaba iri yapıdadırlar. *Lucanus* ve *Chiasognathus* gibi Coleopter'lerde ise eşeysel dimorfizm gösterirler ve erkekte dişye oranla çok büyüktürler.

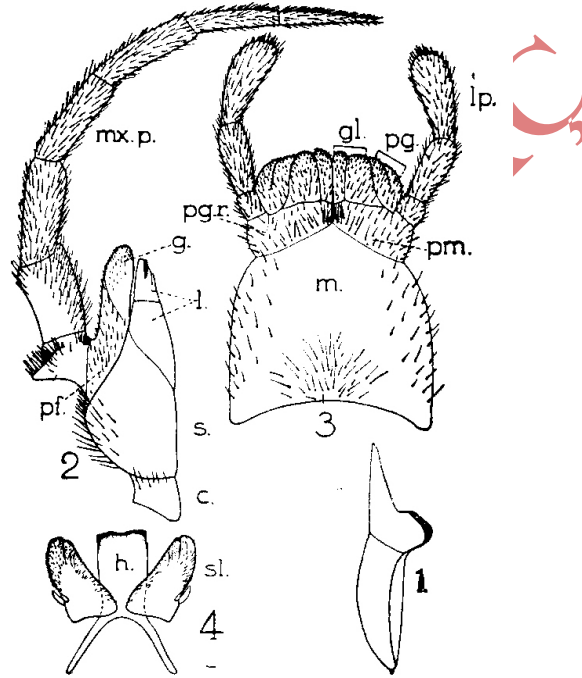
Pterygota'da mandibüller tek parça halindedirler ve iki eklemle kafaya bağlanırlar. Her mandibül yatay olarak güçlü adduktor ve abduktor kaslarla hareket eder. Fitofag böceklerde mandibüllerdeki dişler körelmişlerdir ve ısırma kenarının kaidesinde molar veya ezme yüzeyine sahiptirler. Karnivorlarda ise dişler keskin kenarlıdırlar, yakalamaya ve kesmeye adapte olmuşlardır, molar yüzeyleri yoktur.

Trichoptera ve Diptera'nın çoğunda mandibüller gelişmemiştir. Tüm Lepidoptera'da ise ya bulunmaz ya da bulunsa bile körelmiştir.

Apterygot böceklerde mandibüller birkaç farklı mekanizmaya sahiptir. *Petrobius* ve diğer Machilidae (Thysanura) de mandibüllerin tek bir posterior eklem yüzeyi vardır. Lepismatidae de ilave bir anteriör eklem yüzeyi kazanmıştır ve enine hareket edebilir. Collembola, Diplura ve Protura'a mandibüller dışarı doğru uzatılabilen ve dönebilen yapılar halindedirler ve başın içine çekilebilirler.



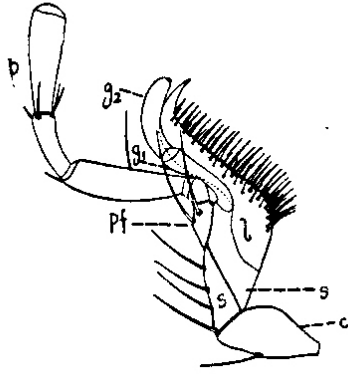
Şekil 6. Ağız organları (*Blatta*).



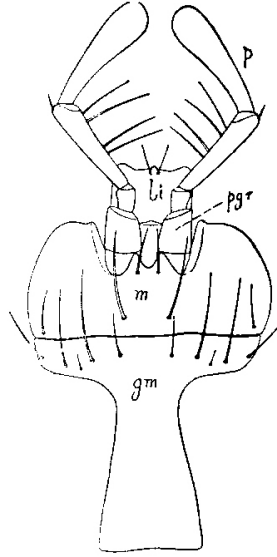
Şekil 7. Ağız organları (*Petrobius maritimus*)

1- Mandibüller- ab.m. abduktör kas, ad.m. addüktör kas, pr. prosteka, 2- Maxilla- c. kardo, g. galea, l. lasinia, mx.p. maxillar palp, s. stipes, sg. subgalea, 3- Labium- gl. glossa, l. p. labial palp, m. mentum, pg. paraglossa, pgr. palpiger, pm. prementum, sm. submentum, pf. palpifer, 4- Hipofarinks - sl, tutunma cihazı, h. dil, m. post mentum.(Imms'den).

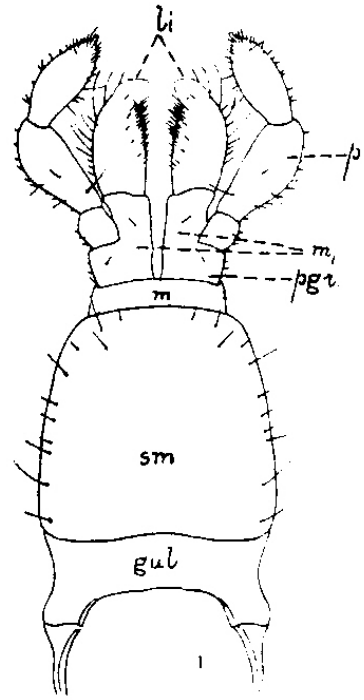
I. Maxil: Birbirini izleyen birkaç skleritten oluşmuştur (Şekil 6-8): **Kardo:** Proximal parça olup çoğu böcekte başa doğrudan eklemlenen ilk eklem parçasıdır. **Stipes;** kardo'nun distal kenarı ile eklemlenen ikinci eklem parçasıdır. **Lateral palpifer**'i içerir. Palpifer, **maxiller palpleri** taşır. Maxiller palp'ler maxilin en belirgin eklentileridir. 1-7 segmentlidir ve duysal özellikleri vardır. Maxil distalde iki lobludur; dışta **galea** ve içte **lacinia**. Galea çoğunlukla 2 segmentlidir ve lasinia'yı bir başlık gibi sarar. Lasinia yaygın olarak iç yüzeyinde dikenli veya dişlidir. Lasinia'lar mandibüllere besinin tutulmasında yardımcı oldukları gibi çiğnemeye de yardım ederler. I. Maxiller, fonksiyon olarak bir çift yardımcı çenelerdir. Yüksek organizasyonlu böceklerin çoğunda maxil değişikliğe uğramıştır ve primitif yapısını göstermez. Delici böceklerde hançer şeklindedir ve palpleri atrofiye olmuştur.



Şekil 8. Sağ maxilla
(Coleoptera *Nebria*
brevicollis-) ventral'den



Şekil 9. Labium—ventral'
den (*Nebria brevicollis*)



Şekil 10. Labium(ventral
görünüş (*Forficula*)

c. kardo, g₁, g₂, galeanın proximal ve distal uçları, l. lasinia, p. palp, pf. palpifer, s. stipes, gm. gulamentum, li. ligula, m. mentum, pgr. palpiger, m₁. prementum, sm. submentum, gul. Gula.

Labium: I. Maxil ile homolog bir çift eklentinin birleşmesi ile oluşmuştur (Şekil 6, 7, 8, 9, 10). Bu birleşme değişik böcek gruplarında farklılık gösterir ve çift oldukları da aşağı organizasyonlu böcek takımlarında belirgin bir şekilde görülür. Labium iki temel bölgeye ayrılır; Proximalde *postmentum* ve distalde *prementum*. Bu ikisi arasındaki sınırı labial sütür oluşturur. Postmentum; Thysanura, Isoptera ve bazı daha yüksek organizasyonlu ordolarda bölünmeden kalır, fakat çoğu Orthopteroid ordo'da yatay olarak distal *mentum* ve proximal *submentum*'a ayrılır. Promentumun kaide kısmına yakın yerde her bir yanda *palpiger*'ler yer alır. Palpigerler *labial palpler*'i taşırlar. Labial palpler 1-4 segmentten oluşur ve duysal organlardır. Prementum'un distal kenarından da iki çift lob çıkar. Dıştaki çift *paraglossa*, içteki çift ise *glossa*'dır. Prementum tek bir median lob taşıyabilir ve bu lob da genellikle *ligula* adını alır.

Hipofarinks: Ağızın arkasında median konumlu bir yapı halinde uzanır (Şekil 6, 7). Hipofarinks dil benzeri bir yapı olup buraya tükürük bezinin kanalları açılır. Diplura,

Collembola, Machilidae ve Ephemeroptera nimflerinde hipofarinsk 3 lobludur. Lepismatidae ve Pterygota'da hipofarinks tipik olarak tek lopludur. Diptera'da hançer şeklinde yapı olup tükürük kanalı tarafından delinmiştir ve bazı hallerde delme organı olarak ta kullanılır.

BAŞ SEGMENTASYONU

Böcek yumurtadan çıktıktan sonra, başın çift haldeki eklentiler taşıması dışında segmental orijine sahip olduğuna dair bazı belirtiler de vardır. Böcek başının bir seri vücut segmenti ile anteriörde yer alan ve segmentli olmayan *acron*'dan oluştuğuna dair deliller vardır. Akron, Annelid'lerin *prostomium*'u ile homologtur. Görüş farklılığı olmakla beraber baş segmentasyonu ile ilgili geçerli teori embriyolojik delillere dayandırılmaktadır. Bu teoriye göre böcek başı akron ile birlikte 6 segmentten ibarettir. Segmentler embriyolojik olarak:

Böcek başının segmentasyonu				
	Segment	Neuromere	Sölm Kesesi	Eklentiler
Beyin	Acron			
	1- Preantennal	Protocerebrum	Bazen var	Yok
	2- Antennal	Deutocerebrum	Var	Antenler
	3- Premandibular	Tritocerebrum	Yok	Embriyonik
Subözofageal Ganglion	4- Mandibular	Mandibular Ganglion	Var	Mandibüller
	5- Maxillar	Maxillar Ganglion	Var	I. Maxil
	6- Labial	Labial Ganglion	Var	Labium (II. Maxil)

- a-çift haldeki oyuk mezodermal somitlerin bulunuşu,
- b-çift haldeki neuromerler (embriyonik ganglionlar),
- c-çift haldeki eklentiler ile tanımlanabilir.

Bu teoriye göre böcek başının kompozisyonu aşağıdaki şekilde tablo halinde gösterilebilir:

BOYUN BÖLGESİ VEYA CERVIX

Boyun, baş ile protoraks arasındaki bükülebilen bölgedir. Baş membranına değişik sayıda servikal sklerit gömülüdür. Skleritler hemen hemen tüm böcek takımlarında vardır fakat primitif gruplarda (Odonata, Orthoptera, Dermaptera, Isoptera) iyi gelişmiş, ileri gruplarda ise az çok azalmışlardır. Değişikliğe uğramış halde, servikal skleritler bir çift dorsal, bir çift lateral ve bir çift ventral skleritleri taşırlar. Levha şeklindeki skleritlerden lateralde olanları her bir yanda çift halde plaklar içerirler. Bu plaklar baş ve protoraks arasında bir destek oluşturmak üzere menteşe şeklini alırlar. Boyunun morfolojik yapısı oldukça problemlidir. Servikal skleritlerden uzanan kasların kısmen protoraks, kısmen başın labial segmentinden orijinlendiği ileri sürülmektedir.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAÇ

TORAKS

Toraks üç segmentin birleşmesiyle oluşmuştur. Bu segmentler **protoraks**, **mesotoraks** ve **metatoraks**'dır. Böceklerin hepsinde her toraks segmenti bir çift **bacak** taşır, Ergin böceklerin çoğunda da mesotoraks ve metatoraks birer çift **kanat** taşır. Bacakların bulunmaması segonder olarak meydana gelen ve ergin böceklerde çok seyrek görülen bir olaydır. Fakat Diptera ve Coleoptera'nın bazı familyalarına ait larvalarda kural olarak bacaklar bulunmaz. Symphyta alt takımının büyük bir kısmı hariç tüm Hymenopter larvaları da bacadan yoksundurlar. Kanatların bulunmayışı ise Apterygota'da olduğu gibi primer karakter olabilir, fakat Pterygotlar'da daima segonder bir özelliktir yani sonradan kazanılmıştır.

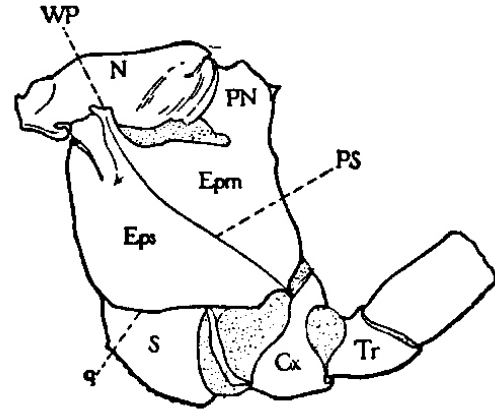
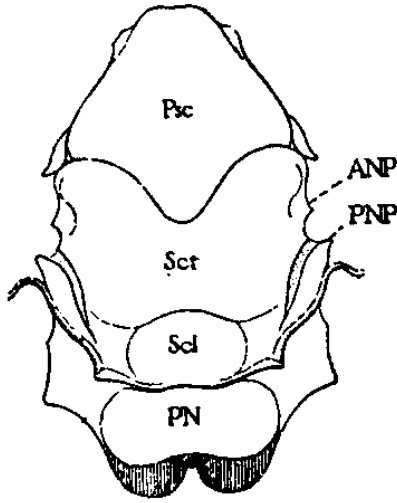
Toraks; Thysanura, bazı Pterygot erginlerinde ve çoğu ordonun larvalarında basit bir şekildedir. Segmentler birbirine yakın büyüklüktedir, fakat kanatların kazanılmasıyla toraksta segmentler bazı yapısal özellikler gösterir ve aralarında oransal farklılıklar görülmeye başlar. Kanatların eşit olması halinde kanat taşıyan iki toraks segmenti de birbirine eşittir (Isoptera, Embioptera, Odonata). Ön kanat çiftinin arka kanat çiftinden daha büyük olması halinde mesotoraks daha büyüktür (Hymenoptera ve Diptera'da arka kanatın boyca küçüldüğü ve uçmada kullanılmadığı haller). Ön kanat çiftinin küçük olduğu veya uçmada kullanılmadığı hallerde mesotoraks daha küçüktür (Coleoptera). Protoraks hiçbir zaman kanat taşımaz ve türlere göre değişik boydadır. Dorsal yüzeyi Orthoptera, Dictyoptera, Coleoptera ve Heteroptera'da olduğu gibi bir kalkan oluşturmak üzere genişlemiş olabilir. Diğer ordoların çoğunda da halka şeklinde bir segmenttir.

Toraks Segmentlerinin Skleritleri

Tergitler: Torasik tergum, primitif olarak 3 basit segmental levha (**notum**) içerir ve aralarında küçük, intersegmental skleritler yer alır. Tüm böceklerde segonder olarak bir segmentasyon meydana gelir. Böylece intersegmental skleritler notuma önde ve arkada yakın ilişkide olur. Notumun ön tarafında intersegmental skleritler, **acrotergit** denilen dar bir bant oluştururlar. Notumun arka tarafında ise intersegmental skleritler bariz bir levha halindeki **postnotum**'u yaparlar. Apterygot'ların çoğu, Blattid'ler, Isoptera ve çoğu ergin olmayan formlarında mesotoraks ve metatoraks akrotergite sahipken postnotum içermezler. Diğer bir çok ordoda da postnotum hem mesotoraks hem de metatoraksta vardır. Orthoptera ve Coleoptera'da metatoraks her iki intersegmental sklerit (akrotergit ve postnotum)'i içerirken

mesotoraks'ta postnotum yoktur. Notum da tipik olarak 3 sklerite ayrılır; **prescutum**, **scutum** ve **scutellum** (Şekil 11). Pronotumun yan tarafları çoğu Lepidoptera'da lop şeklindedir ve **patagia** olarak adlandırılır.

Pleurit'ler: Her bir toraks segmenti bacağın toraksa bağlandığı yerin üzerinde bacakların hareketine destek sağlayan pleuritleri taşır (Şekil 12). Her bir pleurit pleural süturla iki sklerite ayrılmıştır; anteriörde **episternum**, posteriörde **epimeron**'dur. Çoğu böcekte pleuritlerin tekrar bölünmesi veya bulundukları toraks segmentinin diğer bölgeleri ile birleşmeleri sonucu bu basit yapıdan sapmalar görülür. Episternum'un ön tarafı **preepisternum** olarak ayrı bir plak halinde ayrılırken çoğu böcekte (*Chrysopa*, *Corydalis*, *Tipula*, *Tabanus*) episternum üstte **anepisternum** altta **katepisternum**'a ayrılır. Katepisternum Diptera'da olduğu gibi sternumla birleşir ve tıkkız bir levha halinde **sternopleurit** veya **sternopleura**'yı yapar. Epimeron da yatay bir sütur aracılığıyla iki sklerite ayrılarak **anepimeron** ve **katepimeron**'u verir. Pleuron, bütünüyle sternum ile birleşirse bu durumda oluşan sklerit **pektus** adını alır. Yüksek organizasyonlu böceklerin çoğunda pleuron prescutum'un ve postnotum'un aşağıya doğru uzaması sonucu tergumla birleşmiş ve kaynaşmış haldedir.



Şekil 11. *Tipulidae* mesotergumunda notumun bölümleri (Psc, Sct ve Scl) ve arkasında postnotum (PN).

ANP. anterior notal kanat çıkıntısı, PN. postnotum, PNP. posterior notal kanat çıkıntısı, Psc. Prescutum, Scl.scutellum, Sct.scutum (Snodgrass'dan).

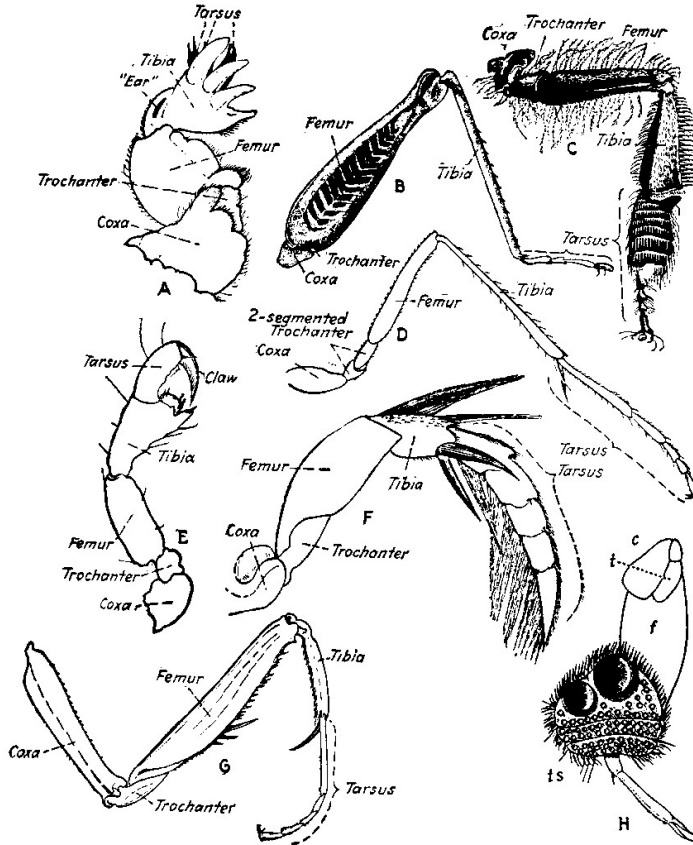
Şekil 12. Taş sineğinin metatoraksı.

Epm. epimeron, Eps. episternum, N. notum, PN. postnotum, PS. pleural sulcus, q. sternopleural stur, Cx. coxa, Tr. trochanter, S. sternum, WP. pleural kanat çıkıntısı (Snodgrass).

Sternitler: Tergum bölgesinde olduğu gibi her segmentin sternum bölgesi de tipik bir segmental levha ile intersegmental skleritler içerir. İntersegmental skleritler önlerinde bulunan segmental bölge ile ilişkidirler. Segmental levha veya **eusternum** üç sklerite ayrılır; **presternum**, **basisternum** ve **sternellum**. İntersegmental sklerit **spinasternum** veya **poststernellum** adını alır ve içte ventral longitudinal kasların eklenmesi için iç yüzey oluşturur.

BACAKLAR

Bacaklar yürümede ve koşmada kullanılan temel organlar olup tipik yapıları hamamböceklerinde ve kın kanatlıların Carabidae familyası türlerinde görülür. Farklı familyalarda büyük ölçüde adaptif modifikasyon gösterirler. Örneğin Gryllotalpidae, Scarabaeidae ve diğer bazılarında ön bacaklar oymaya, Mantidae (Mantoidea), Phymatidae (Hemiptera) ve Mantispidae (Neuroptera) de avı yakalamaya adapte olmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Farklı görevler için değişikliğe uğramış böcek bacakları.

A-Kazıcı bacak (Danaburnu), B-Sıçrayıcı bacak (Çekirge), C-Toplayıcı bacak (Balarısı), D-Yürüyücü bacak (Ichneumonidae), E- Tutunucu bacak (Bit), F- Yüzücü bacak (Dalıcı kın kanatlı), G-Yakalayıcı bacak (Peygamber devesi), H- Tutunucu bacak (*Dytiscus fasciventris*), c. coxa, f. femur, t. trochanter, tb. tibia, ts. tarsus (Metcalf'den).

Kelebeklerin bazı familyalarında fonksiyonel olarak sadece iki çift bacak vardır ve ön bacaklar çok küçülmüştür. Sıçrayıcı çekirgelerde ve kınkanatlıların Halticinae ve Sagrinae altfamilyalarında sıçramada kullanılan

kaslardan dolayı arka femurlar oldukça genişlemiştir. Odonat'larda tüm bacaklar avı yakalamaya ve tutmaya uyum sağlamıştır ve hareket amacıyla pek kullanılmazlar. Bombyliidae (Diptera) de zayıf olan bacaklar yürümeden öte konmada kullanılırlar. Aquatik böceklerde özellikle yüzme organı olarak adapte olmuşlardır.

Her bacak coxa, trochanter, femur, tibia ve tarsus parçalarından ibarettir (Şekil 14).

Coxa (Kalça): Coxa veya proksimal segment, vücut ile eklemlenen bacağın kaide parçasıdır. Genel olarak kısa ve kalındır.

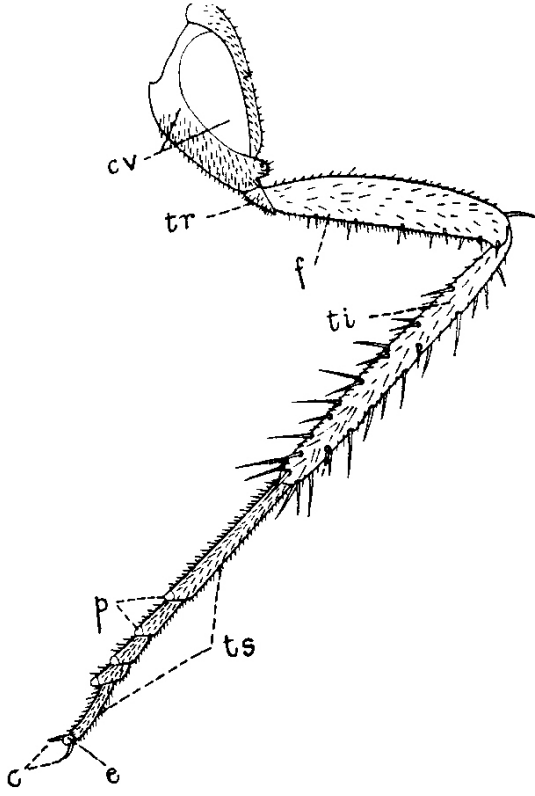
Trochanter (Baldır bileziği): Bacağın ikinci segmentidir, coxa ile eklemlenir aynı zamanda femura da sıkı bir şekilde bağlanmıştır. Odonata'da iki segmente bölünmüştür. Parazitik Hymenoptera'da femurun kaide kısmından çıkan ikinci bir trochanter vardır (Şekil 13D).

Femur (Baldır): Bacağın en büyük segmentidir ve özellikle sıçrayıcı böceklerde çok belirgindir.

Tibia (Uyluk): Bacağın dördüncü segmentidir. Genelde yassıdır ve çoğunlukla femurla hemen hemen aynı boyda veya femurdan biraz uzundur. Distal ucunda bir veya birden çok tibial mahmuzu taşır. Hymenoptera'nın Apocrita alt takımında anterior tibia mahmuzu, I. tarsal segmentin taraklı yarım ay şeklideki çukuruna karşılık gelir ve böylece antenler bu iki organ arasından geçirilerek temizlenir (Şekil 13 I).

Tarsus: Primitif olarak tek segmentten ibarettir. Bu durum Protura, Diplura ve bazı larvalarda görülür. Çoğunlukla 5 segmente bölünmüştür ancak bu segmentlerin hiçbirinin kası yoktur ve tarsusun hareketi tibianın tepe kısmındaki levator ve depressör kaslarla sağlanır. Tarsusun uç kısmı **pretarsus** adını alır ve bir grup yapılar içerir. Pretarsus bacağın terminal segmentidir. En basit yapıyı Collembola, Protura ve çoğu larvada gösterir. Bu gruplarda tek bir tırnak halinde uzamıştır. Çoğu böcekte ise tırnaklar çifttir ve ventral tarafta pretarsus, tırnaklar arasında yer alan median **unguitractor levha** ile desteklenmiştir. Bu levhanın önünde ve üzerinde pretarsus median bir lop olan **arolium**'u içerir (Şekil 15). Dipter'lerde tırnakların altında iki lop vardır ve **pulvillus** adını alırlar. Çoğu kez pulvillusların arasında arolium yer alır. Bu türlerde aroliumun yerinde median bir kıl **empodium** uzanmıştır (Şekil 15). Tarsus segmentlerinin diğer tarafında **plantula** adını alan pulvillus benzeri yapılar bulunur (Şekil 14). Arolium ve empodium yastık şeklinde organlar olup böceğin düz ve kaygan yüzeylere tırmanmasını sağlarlar. Plantulanın da benzer fonksiyonu vardır.

Böcek bacakları üç tipteki hareket için kullanılırlar. **Yürüme** (veya **kazma**), **sıçrama** ve **yüzme**. Yürüme karasal hareketin en yaygın şeklidir. Ön bacaklar esas olarak öne doğru çekme, orta bacaklar destek, arka bacaklar ise itme organı halindedirler. Bacakların hareketi ile bir zig zag modeli oluşturulur. Bu harekette bacaklar iki grup halinde ve birbirlerine alternatif olarak çalışırlar. Bu modelde bir tarafın ön ve arka bacağı ile diğer tarafın orta bacağı birlikte **“tripod”** oluştururken diğer üç bacak tarafından oluşturulan destekle denge sağlanır.



Şekil 14. Tipik bir böcek bacağı (*Blatta*'nın sol arka bacağı).

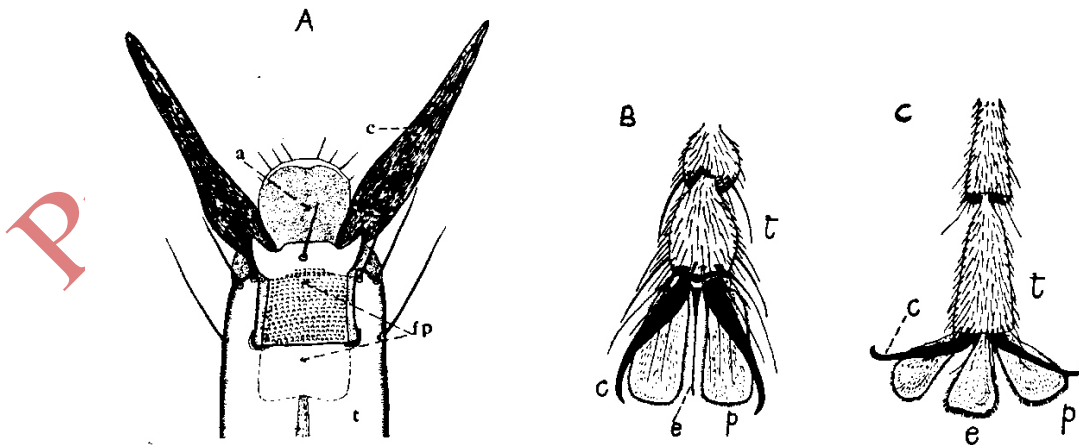
cv. coxa, tr. trochanter, f. femur, ti . tibia, ts. tarsus, c. tırnak, e. areolium, p. plantula (Imms'den).

bacaklarının hareketleri ile desteklenmiştir.

Sıçrama mekanizması böcek grupları arasında dikkate değer derecede farklılık gösterir. Sıçrayıcı böcekler için örnek olarak Machilidae, Orthoptera (Saltatoria, Homoptera (Cicadidae, Cercopidae, Jassidae) pireler gösterilebilir.

Yüzme bacakları aquatik böceklerin çeşitli gruplarında görülür (özellikle Heteroptera ve Coleoptera'da). Tipik olarak arka bacaklar veya arka bacaklarla orta bacaklar yassılaştırmış veya yatay kıl demetleri ile örtülmüştür. Böylece normal bir bacağı oranla etki yüzeyi birkaç kez arttırılmış olur.

Eklentilerin körelmiş olduğu veya bulunmadığı böcek larvalarında hareket farklı fiziksel mekanizmalarla olur. Vücut duvarı kasları harekette önemli bir rol oynar ve hemosöl hidrostatik iskelet olarak görev yapar. Lepidopter larvalarında benzer mekanizmalar toraks ve abdomen

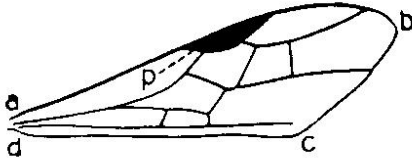


Şekil 15. Pretarsus. A- Orthoptera (Ventrals), B- *Asilus crabroniformis* %, (Asilidae-Diptera), C- *Rhagio notata* %, (Rhagionidae-Diptera).

a. arolium, c. tırnak, e. empodium, p. pulvillus, t. son tarsus segmenti (Imms'den).

KANATLAR

Kanatların bulunuşu böceklerin en karakteristik özelliklerinden biridir ve böceklerin dominant oluşlarına bu özellikleri gerekçe olarak gösterilebilir. Kanatlar, böcekler arasında çok büyük farklılıklar gösterdiği için sınıflandırmada kullanılabilecek uygun bir karakterdir. Az çok üç köşeli olması nedeniyle böcek kanatları üç kenarlı yapı gösterir (Şekil 16). Anteriör kenar ya da **costa** (a-b); dış kenar ya da **apikal kenar** (b-c); iç kenar ya da **anal kenar** (c-d). Böcek kanatlarındaki üç köşe ise costa'nın kaidesinde **humeral köşe** (a), costal ve dış kenar arasında **apex** (b), dış kenar ve iç kenar arasında **anal köşe** veya **tornus**.



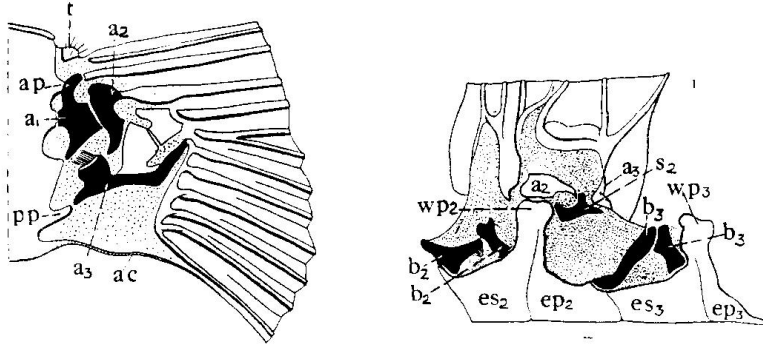
Şekil 16. Bir Hymenopter kanadı (Açıklamalar metin içinde verilmiştir).
p. pterostigma (Imms'den).

Böceklerin büyük bir kısmında kanatlar çıplak görülmekle beraber mikroskopik incelemeler kanatlarda ince kılların varlığını gösterir. Diğer taraftan bazı gruplarda kanatlar belirgin bir şekilde örtülüdürler. Örneğin Trichopter'lerde ve Dipter'lerin Psychodidae (Kelebek sivrisinekleri) familyası türlerinde sık kıllarla örtülü iken, Lepidopter'lerde üst üste gelen pullarla örtülüdürler. Bazı böceklerde kanadın costal kenarına yakın bir yerde çok belirgin ve opak benek vardır. Bu benek **stigma** ya da **pterostigma** adını alır (Şekil 16). Örneğin Psocoptera (bitki ve cansız materyal bitleri) veya çoğu Hymenopter'lerin ön kanatlarında, Odonata'nın ön ve arka kanadında bulunurlar. Stigmanın kanat hareketlerini düzenlemede, böylece uçuşta kanadın aerodinamik yeteneğini arttırmada etkin olduğu ileri sürülmektedir.

Her kanat ait olduğu segmentin notumundaki iki çıkıntıya tutunmuştur. Bunlar **anterior notal çıkıntı** ile **posterior notal çıkıntı**lardır (Şekil 17). Kanatlar aynı zamanda **pleural** kanat çıkıntıları ile de eklemelenir. Kanadın posterior kenarının zarsı kısmı çoğunda iplik şeklinde bir yapı ile güçlendirilmiştir. Bu yapı **axillaria (Pteralia)** adını alır ve her bir yanda notumun postero-lateral köşelerinde oluşur (Şekil 17). Her kanadın kaidesi etrafında değişik sayıda eklem skleritleri yer alır. Bu skleritler, **tegula**, **humeral levha** ve **axillaria**'dır (Şekil 17).

Tegula (Paraptera)' lar bir çift pul şeklinde skleritler olup her bir ön kanatta costa'nın en uç kaidesinde yer alırlar. Tegula'lar Lepidoptera, Hymenoptera ve Diptera'da iyi gelişmiştir ve Lepidopter'lerde son derece genişirler. Axillaria'lar kanatların toraksa eklemelenmesini sağlayan kompleks eklentilerin oluşumuna katılırlar. Tüm kanatlı böceklerde bulunurlar fakat Ephemeroptera ve Odonata'da çok değişiklik gösterirler, çünkü bu

böceklerde istirahat halinde kanatlar abdomenin üzerinde katlanmaz. Genelde bu skleritler 3 tanedir fakat Orthoptera ve Hymenoptera'da 4. bir skleritte bulunur. 1. axillaria anterior notal çıkıntı ile eklemlenir ve subcostal damarın kaidesi ile bağlantılıdır. 2. axillaria kısmen önündeki skleritle ve kısmen radius'un kaidesiyle eklemlenir. 3. axillaria, posterior notal çıkıntı ile ve bir grup anal damarla eklemlenir. 4. axillaria'nın bulunması halinde çift eklem vardır. Proksimalde posterior notal çıkıntı, distalde 3. axillaria ile eklemlenir. Bazı böceklerde küçük **epipleural** skleritler de vardır. Bunlar kanat çıkış yerlerinin hemen altında bulunurlar. Bu skleritler, pleural kanat çıkıntısı tarafından iki seriye ayrılmışlardır. I. seri anterior veya **basalar** skleritler olup sayıları 2'dir ve episternumun hemen üzerinde uzanır. II. seri posterior veya subalar sklerit'dir. Tektir ve pleural kanat çıkıntısının arkasında ve epimeron'un üzerinde yer alır.



Şekil 17. Kanatların kaide eklentileri.

a₁-a₃. axillar skleritler, ac. axillar şerit, ap. anterior notal kanat çıkıntısı, b₂. mesotoraksın basalar skleritleri, b₃. metatoraksın basalar skleritleri, ep₂. mesotoraksın epimeronu, ep₃. metatoraksın episternumu, es₂. mesotoraksın episternumu, es₃. metatoraksın episternumu, pp. posterior notal kanat çıkıntısı, s₂. mesotoraksın subalar skleriti, t. tegula, wp₂. mesotoraksa ait pleural kanat çıkıntısı, wp₃. metatoraksa ait pleural kanat çıkıntısı (Snodgrass'dan Imm's tarafından uyarılmıştır).

Kanat Modifikasyonları

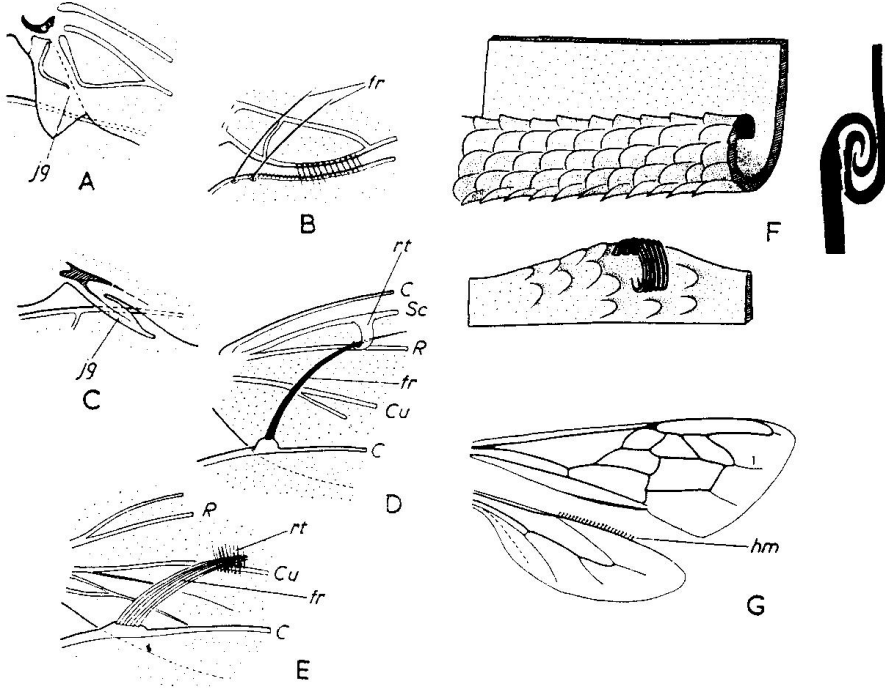
Kanatlar ergin böceklerde her zaman bulunmalarına rağmen sayıca dikkate değer bir grup böcek kanatsızdır. Bu koşul Apterygot'ların sabit bir özelliğidir yani primitif bir karakterdir. Fakat bazı Pterygot'larda kanat kaybı segonder olarak yani sonradan kazanılmış bir karakterdir. Parazitik takımlardan Sphinculata (bitler), Siphonoptera (pireler) ve Mallophaga bariz bir şekilde kanatsızdırlar ve aynı durum Isoptera ve Hymenoptera (Formicidae)'nın steril sınıflarında da görülür. ayrıca Hemiptera (Coccoidea-Kabuklu bitler), Strepsiptera ve Embioptera'nın dişileri de kanatsızdır. Diğer Pterygot'larda kanatsızlık rastlantısaldir ve çoğunlukla tek bir cinsiyete ya da türe özgü olarak ortaya çıkar. Örneğin gece kelebeklerinde (*Erannis defoliaria*) ve çoğu Embiidae de yalnız dişiler kanatsızken parazit Hymenopter'lerden Blastophaga (Chalcidae) da kanatsız olan erkektir. Kanatsız ve

kanatlı durum arasında geçit oluşturan formlar da vardır. Gece kelebeği *Diurnea flagella*'da dişinin kanatları mızrak şeklinde eklentiler olup uzunlukları erkeklerin kanat uzunluğundan biraz daha fazladır ve uçmada kullanılamazlar. Kış güvelerinde (Operophtera) ve Dipter'lerden *Clunio mariuns*'da dişide sarkık artıklar halinde görülür. Kanatların redüksiyona uğraması ve kaybı torakstaki skleritler ve kaslardaki çeşitli değişikliklerle ilişkilidir. Dipter'lerde ve Coccoidea (Hemiptera) nin erkeklerinde arka kanatlar **halter** adı verilen yassı bir çift çıkıntı ile temsil edilir. Coleopter'lerde ön kanatlar sert kitinimsi bir yapıdadır, **elytra** adını alır, arka kanatlar yatık haldeyken onları korur. *Atractocerus* (Coleoptera) da ve Strepsiptera erkeklerinde elytra küçük, pul şeklinde eklentiler halini almıştır. Diğer taraftan bazı Coleoptera (Carabidae ve Curculionidae)'da arka kanatlar atrofiye olmuşlardır ve uçuş fonksiyonlarını kaybetmişlerdir. Heteroptera'da ön kanatlar kaide kısımlarında elytra'lar gibi kalınlaşmışlardır ve bu nedenle de **hemelytra** adını alırlar. Orthopter'ler Dictyoptera ve Phasmida'da ön kanatlar sertleşmiş ve derimsi yapıdadır ve **tegmina** olarak adlandırılırlar.

Kanatların Birbirleriyle Bağlanması:

Primitif Pterygot'larda Isoptera ve Odonata'da olduğu gibi ön ve arka kanat çiftlerinin birbirinden bağımsız olarak hareket ettiği bilinmektedir. Kanatların birlikte hareket etmesi ise kanat bağlanma cihazlarının gelişmesiyle sonradan kazanılmış bir karakterdir (Şekil 18). Panorpid takımlarda bağlanma kanat kaidelerinde meydana gelen değişikliklere bağlıdır. Ön kanat posteriyör kenarında küçük bir **jugal** lopa sahipken, arka kanadın anterior kenarı küçük bir **humeral** lop oluşturur.

Mecoptera'da her iki lop ta birkaç uzun diken taşır. Jugal dikenler uçuş esnasında arka kanadın üstüne doğru uzanırken, humeral dikenler **frenulum** oluştururlar ve ön kanadın alt tarafına karşı bir baskı yaparlar. Trichoptera ve Lepidoptera'nın Monotrysia alt takımına ait bazı kelebeklerde jugal saha lop şeklinde bir **fibula** oluşturur veya uçuş esnasında arka kanadın üstüne doğru uzanan **jugum**'a dönüşür. Bu yapılar istirahat halinde ön kanatların altına doğru katlanabilirler. Bu böceklerin arka kanatlarında frenulum dikenleri bulunmaz veya bulunsun bile küçüktürler, fakat çoğu kez daha distale doğru konumlanmış bir seri kostal diken (**Pseudofrenulum**) içerirler. Bu dikenler ön kanatların anal sahalarına karşı bir baskı oluşturacak şekilde jugumdan bağımsız olarak hareket ederler (*Sabatinca*-Lepidoptera) veya hatta ön kanatların arka kenarının kaidesi ile arka kanatların ön kenarlarında bir seri kilitleyici kıllar vardır (*Mnesarchaea*-Lepidoptera). Daha ileri organizasyonlu Lepidopter'lerde sadece birkaç familyada görülür. Jugum her zaman kaybolur ve frenulum daima büyük



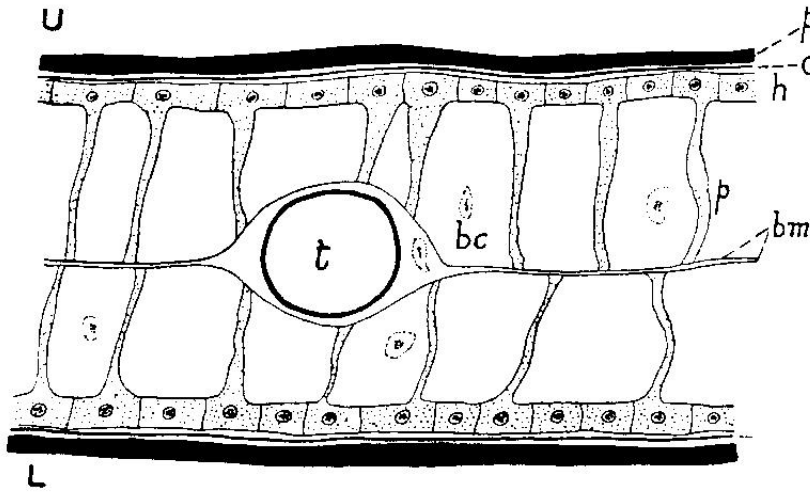
Şekil 18. Kanat bağlanma şekilleri.

A., . Rhyacophila (Comstock'dan), B. Panorpa, C. Hepialid güve (comstock'dan), D. Frenat Lepidoptera (%), E. Frenat Lepidoptera (&), F. Drepanosiphon -Aphid- (Weber'den), j. jugal jg. jugum, fr. frenulum, hm. hamuli, r. retinaculum,.

öneme sahiptir. Frenulum, dişilerde ön kanadın altında uzanan bir grup güçlü dikenden ibarettir ve cubitusa yakın yerde bir demet kıldan oluşan **retinaculum** ile içiçe geçer. Erkeklerde frenulum kılları tek bir sağlam yapı halinde birleşir ve bu yapı normalde ön kanadın subcostal damarından uzanan çengel şeklindeki çıkıntı ile tutulur. Papilionoidea ve Bombycoidea (Lepidoptera) nin çoğunda kanatlar basalde basit bir şekilde üst üste çakışarak bağlanırlar. Bu bağlanma **amplexiform** tip olarak adlandırılır. Hymenoptera'da kanca tipi bağlanma görülür. Bu tipte arka kanadın kostal kenarının bir kısmındaki bir sıra küçük kanca (**hamuli**) ön kanadın arka kenarı boyunca oluşan sklerize olmuş bir yapı tarafından tutulur. Hemipter'lerin çoğunda uçuş esnasında kanatlar ya çeşitli küçük çengeller aracılığıyla veya kanat kenarları boyunca oluşan katlanmalar sayesinde birlikte hareket ederler. Psocoptera'da arka kanadın costa'sı, ön kanadın ikinci cubital damarının en uca ulaştığı yerdeki nod'tan uzanan dikensi veya çengel şeklindeki bir çıkıntı tarafından tutulur ve böylece kanatlar kenetlenir.

Kanatların Yapısı ve Gelişmesi

Kanatlar, integümentin ince levha şeklinde uzantıları olup damar olarak bilinen sklerize olmuş tüp şeklindeki yapılarla desteklenmiştir. Damarlar kanatlarda ince bir çatı oluştururlar. Kanat, pupadan hemen çıkmış böcekte kolaylıkla ayırt edilebilen bir üst tabaka ile bir alt tabakadan ibarettir. Damarlar kanat zarlarına oranla çok daha güçlü bir şekilde sklerize olmuşlar ve daima küçük merkezi bir trakeyi çevrelerler (Şekil 19). Böcek erginleşince damarlar hemolenf içerirler, hatta tam gelişmiş kanatlarda bile hemolenf sirkülasyonu çoğunlukla devam eder.



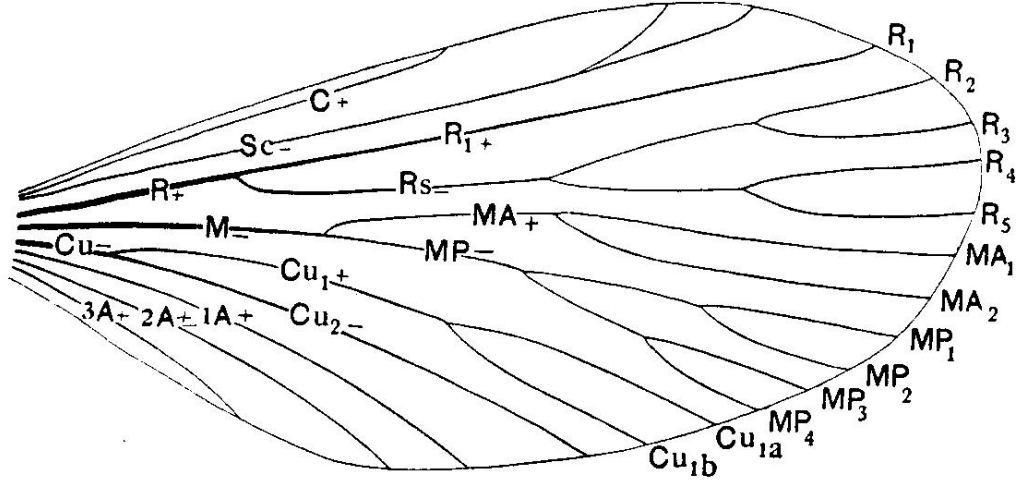
Şekil 19. Pupa safhasında bir böcek kanadından enine kesit.

U. üst yüzey, L. alt yüzey, pc. pupal kutikula, c. gelişmekte olan kanat kutikulası, h. kanat epidermisi, p. epidermal hücre uzantısı, t. gelişen damar boşluğundaki trake, bc. kan korpüskülü, bm. basal membran (Imms'den).

Damarlanma:

Kanattaki damar sistemi venasyon adını alır. Damarlanma, sistematikte önemli karakter olarak rol oynar.

Nomenklatürde damarlanma için çeşitli sistemlerin kullanılması şaşırtıcı olmakla beraber tüm bu sistemlerin orijini olabilecek bir sistem de geliştirilmiştir. Varsayılan primitif damarlanma modeli (Şekil 20) ve bu sistemde kullanılan damar isimleri ve kısaltmalar aşağıda verilmiştir. Kanatlara daha sağlam bir yapı oluşturmak için damarlar konveks ve konkav olarak alması bir şekilde uzanırlar ve böylece mekanik bir adaptasyon da gösterirler.



Şekil 20. Hipotetik primitif damarlanma (semboller için metine bakınız). (Konvex damarlar +, konkav damarlar -). (Imms'den).

Costa (C) dallanmış konveks damardır. **Subcosta (Sc)** seyrek dallanmış ve konkav damardır. **Radius (R)** tipik olarak 5 dallıdır. Ana dal konvekstir ve ikiye ayrılır. I. dal (**R₁**) kanat kenarına doğrudan doğruya uzanır. II. dal veya **Radial sector (R_s)** konkavdır ve 4 dala ayrılır (**R₁, R₂, R₃, R₄**). **Media (M)** konveks **anterior media (MA)** ile konkav olan **posterior media (MP)** ya ayrılır. Anterior media iki dala (**MA₁, MA₂**), posterior media dört dala (**MP₁ – MP₄**) ayrılır. **Cubitus (Cu)** iki ana dala ayrılır. I. cubitus (**Cu₁**) konvekstir, II. cubitus (**Cu₂**) konkavdır. I. cubitus anterior (**Cu_{1a}**) ve posterior (**Cu_{1b}**) alt dallarına da ayrılabilir. Bunları takip eden 3 **anal** damar (**1A-3A**) konvekstir veya 2A konkav olabilir.

Böceklerin çoğunda çok konveks olan iki damar vardır (**R₁** ve **Cu₁**). Bunlar aracılığıyla diğer damarların tanınması kolaylaşır. Tam bir media çoğu paleozoik fosil böcekler ile günümüz Ephemeroptera formlarında görülür. Çoğu böcekte MA atrofiye olur, dolayısıyla günümüz böceklerinde sadece MP vardır, fakat genellikle M olarak kısaltılır. Odonata ve Plecoptera'da MP yerine MA'nın bulunması ise normal bir durum değildir.

Anal damarlar son derece değişkenlik gösterirler ve anal sahası küçülmüş kanatlarda, bir ya da daha çoğu atrofiye olmuştur. Diğer taraftan anal lopu iyi gelişmiş böceklerde anal damarlar serbestçe dallanabilirler.

Primitif dallanma tipinden sapmalar iki yolla meydana gelmiştir. Çoğu böcekte damar sayısı hipotetik tipten daha azdır. Azalma ya damarın dejenere olması ya damarın tümünün veya birkaçının körelmesi veyahut ta komşu damar ile birleşmesi sonucudur.

Fosil Paleodictyoptera'daki bazı böceklerde temel boyuna damarların arasında düzensiz bir enine damarlanma görülmüştür, fakat belirgin değildir. Bu primitif damar ağına

Archedictyon denmiştir. Bu yapı Endopterygot'larda redüksiyona uğramasına rağmen Odonata gibi bazı Exopterygot ordo'larında görülür. Belirli enine damarların evrimindeki geçiş safhaları günümüz Orthoptera türleri ile çok özelleşmiş Paleodicyoptera'da görülür. Çünkü aynı kanatta hem düzensiz hem de düzenli ve belirgin enine damarları içerirler. Ancak gerçek enine damarların daha sonra geliştikleri ileri sürülmektedir. Muhtemelen çoğu böcek takımında enine damarlar homolog değildir, fakat konumları çoğu kez sabit olduğu için homolojileri olmasa bile analogileri izlenebilmiştir ve bu damarlara benzer isimler verilmiştir.

En önemli enine damarlar ve sembolleri aşağıda verilmiştir (Şekil 21, 22).

humeral (h): Kanatın humeral köşesine yakın yerde subcosta'dan costa'ya uzanan enine damar.

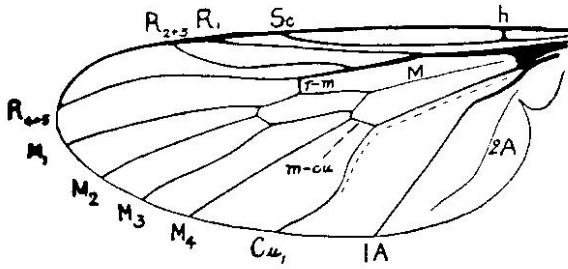
radial (r): R_1 'den radial sector (R_s) e uzanan damar.

sectorial (s): R_{2+3} dalından R_{4+5} 'e veya R_3 'ten R_4 'e uzanan enine damar.

radio-medial (r-m): Kanatın ortasına yakın yerde radius'tan media'ya uzanan enine damar.

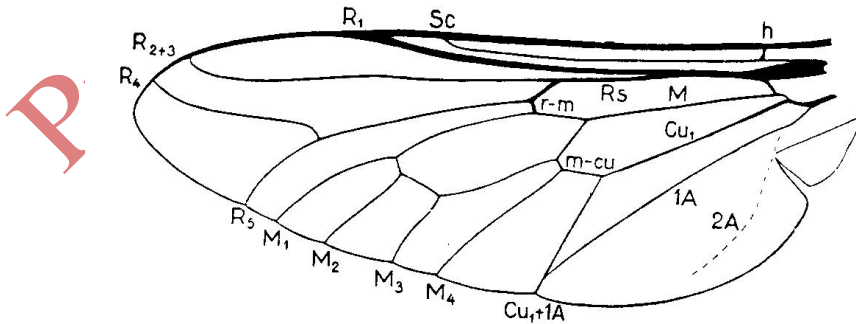
medial (m): M_2 ve M_3 arasında uzanan enine damar.

medio-cubital (m-cu): Media'dan cubitus'a uzanan enine damar.



Şekil 21. *Anisopus punctatus* kanadı (Semboller için sayfa 36'ya bakınız). (Imms'den).

Damarlar kanatları belirli odacıklara veya hücrelere böler. Hücreler iki gruba ayrılır: Basal hücreler ve distal hücreler. Basal hücreler temel damarların ana kökleri ile çevrilmiştir. Distal hücreler ise çatallanmış damarların dalları ile sınırlıdır.



Şekil 22. *Tabanus* kanadı (Semboller için sayfa 36-37'ye bakınız).

BÖCEKLERDE UÇUŞ

Böcek uçuşları ile ilgili aerodinamik teori karmaşık olup tam olarak geliştirilememiştir. Basit şekilde izah edilmek istenirse, normal uçuş kanatların pervane benzeri bir etkiyle böceğin önünde ve üzerinde alçak basınç, böceğin arkasında ve altında yüksek basınç oluşturularak gerçekleştirilir. Bu hareket, böcek tarafından oluşturulan itme gücü, yerçekimi ve hayvanın direnç gücü doğrultusunda gelişir. Uçuş başlamadan önce torasik uçuş kaslarının yeterli sıcaklığa ulaşması gerekir. Bunun için bazı böcekler uçuştan önce kanat çırpma hareketleri yaparlar. Böylece kas sıcaklığı 30°C'a çıkarılır (örneğin *Bombus* ve baz Lepidopter'ler).

Uçuş esnasında kanatlar kural olarak yukarı aşağıya doğru çırpılır ve kanatlar havada yatay 8 (∞) rakamı çizerler.

Bazı böcekler kanatlarının titreşim düzlemini değiştirerek geriye doğru uçuş yeteneğindedirler.

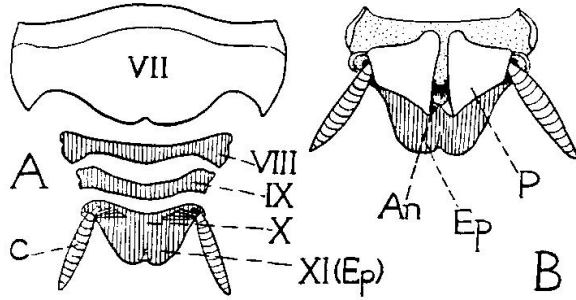
Uçuş esnasında türlerin uçuş hızları arasında dikkate değer farklılıklar vardır. Örneğin *Panorpa communis* saniyede 0,5m uçarken *Aeshna mixta* saniyede 7m uçabilir.

Böceklerin uçuş esnasında metabolik aktiviteleri yüksek olduğu için büyük ölçüde oksijen tüketimi söz konusudur. Bazı türlerde olduğu gibi uçuşun sürekli bir şekilde birkaç saat sürmesi için okside olabilecek stok materyale gereksinim vardır. Bu materyal Lepidoptera ve Orthoptera'da yağdır. Bazı böcekler hem yağ hem de karbonhidrat kullanırken, *Glossina* enerji deposu olarak proline aminoasidini kullanır. Çok uzun süreli uçuş için ise hava akımını algılamaya gereksinim vardır. Örneğin *Schistocerca*'da baştaki setalar, *Muscina*'da antenler hava akımını algırlar.

ABDOMEN

Abdomen, vücudun diğer bölgelerine oranla birbirine daha çok benzer şekilde gelişme gösteren bir seri segmentten ibarettir. Büyük bir kısmında segmentler basit halka şeklindedir. Tergumlar ile sternumlar genellikle bölünmemiş levha halinde olmakla beraber pleura zarsı yapıdadır ve sklerit içermez. Abdomenin anterior ve posterior uçlarındaki belirli segmentlerde azalma veya özel değişiklikler görülür. Bu değişiklikler özellikle posterior bölgede daha belirgindir. Bu tür özelleşmeler aynı zamanda aşağı organizasyonlu takımlardan yukarı doğru gidildikçe artar. Abdomen primitif olarak 11 segmentlidir. Abdomen ayrıca uç kısımda segment olarak kabul edilmeyen bir bölge içerir ki burası da telson'dur. Telson bazı böceklerin embriyolarında bulunur, fakat ayrı bir bölge olarak görüldüğü durumlar enderdir. Protura'da ayırt edilirken diğer böceklerde ancak izi görülebilir.

Aşağı organizasyonlu takımların ergin böceklerinde görülen 11. segmentin tergumu anüsün üzerinde **epiproct** ile temsil edilir (çoğunlukla 10. tergum ile birleşmiştir). 11. segmentin sternum artıkları ise anüsün yan taraflarında bulunur ve **paraproct** olarak adlandırılır (Şekil 23). 10. segment belirgindir ve ileri ordolarda terminal segmenti oluşturur.



Şekil 23. *Blatta*'nın son abdominal segmenti.
A-Dorsalden, B-Ventralden görünüş (Snodgrass'dan)
An. anüs, c. serkus, Ep. epiproct, P. paraproct, VII-XI. tergitler

Protura'da postembriyonik gelişme esnasında abdomendeki segment sayısı artar. Bu özellik Protura'yı tüm diğer hemimetabol böceklerden farklı kılar. En genç evrede sadece 8 segment ve telsonları vardır.

Collembola, gerek embriyo gerekse ergin halde 6 abdomen segmenti içermesiyle istisna oluşturur. Çoğu

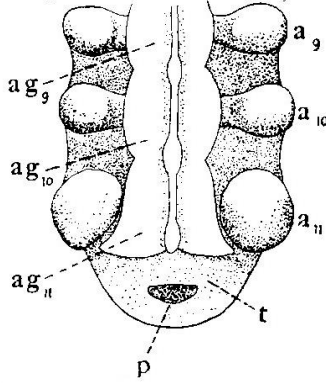
böcekte 1. abdomen segmenti, özellikle bu segmentin sternumu küçülmüş veya körelmiştir. Hymenoptera'nın Apocrita alt takımında, larval safhadan pupaya geçildiği zaman bu segment metatoraksla birleşir ve bu yapı artık **propodeum**, **epinotum** veya **median segment** olarak adlandırılır.

Çoğu endopterygot böcekte, özellikle yumurtaları bitki dokularında depo edilenlerde distal abdominal segmentler incelik ve teleskop parçaları gibi iç içe girerek, ovipozitör gibi kullanılan ve retraktıl olan bir tüp halini alır. Bu değişiklik özellikle Cerambycidae, (Coleoptera), Cecidomyiidae, Trypetidae, Muscidae (Diptera) gibi familyalarda görülür.

Gerçek ovipozitör ise abdomenin eklentisi olarak kabul edilir ve bundan sonraki bölümde izah edilecektir.

Abdomenin Eklenti ve Çıkıntıları

Çoğu böceğin embriyosunda gelişmenin bazı safhalarında çift haldeki abdomen eklentileri kalıntılar halinde görülür. Fazla özelleşmemiş exopterygotlarda, abdomendeki 11 segmentin hepsinde de bulunurlar, ancak telsonda bulunmazlar (Şekil 24).

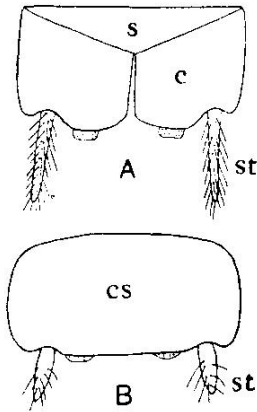


Şekil 24. *Gryllotalpa*'nın genç embriyosunun son abdominal segmentlerinin ventralden görünüşü (Heymons). a₉-a₁₁ 9-11. segmentlerin eklentileri, ag₉-ag₁₁ bu segmentlerin neuromerleri, p. proctodeum, t. telson

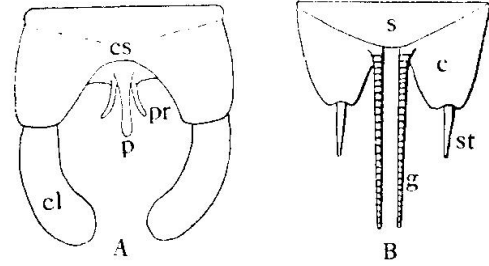
Bu eklentilerin bir kısmı postembriyonik yaşam süresince fonksiyonel olan organlara dönüşürken bir kısmı kaybolur. Kalıcı eklentilerin

en çarpıcı olanları 11. segmentteki Serkus'lardır. Şekil bakımından çok farklılıklar gösterirler. Örneğin Kulağakaçanlarda ve Japygidae (Diplura)'da kısaca dönüşebilirler. Apterygota'da abdomende bazı eklentilerin kalması genel bir özelliktir. Bu eklentiler Machilidae'de gayet iyi görülürler. 2-9 segmentlerde küçülmüş halde, 11. segmentte de serkus halinde bulunurlar. Küçülmüş haldeki eklentilerin her birinin bir kaide kısmı **coxit** vardır. Coxit, distal bir **stylus** taşır. Stylus tipik haldeki yürüme bacağının yürümede kullanılan kısmının körelmiş hali olarak kabul edilir. Diplura'da coxitler sternumlarla birleşir ve styluslar doğrudan doğruya bu birleşme sonucu oluşan levhadan uzanırlar (Şekil 25). Çoğu böcekte styluslar kaybolur, böylece bu böceklerin tipik abdominal sternumu muhtemelen levha şeklinde birleşmiştir ve **coxosternum** olarak adlandırılan bir orijine sahiptir. Ergin Pterygota'da serkuslar Palaeopter ve Orthopteroid ordolarda görülürler. Bunların dışındaki diğer eklentiler ise gonopod'lar olup genital organların veya dış üreme organlarının yapısına katıldıkları tahmin edilmektedir. Bu yapılar dişide 8. ve 9. segmentte, erkekte ise 9. segmentte yer alırlar. Tam gelişmiş bir gonopod distalde stylus taşıyan coxitten ibarettir. Coxitin orta kenarı dışa doğru tüp şeklinde bir çıkıntı oluşturur. Bu yapı **gonopophysis** adını alır (Şekil 26). Genital açıklık ise hemen 8. ve 9. segmentin arkasındaki membranda yer alır.

Pterygot böcekler arasında birgün sineklerine ait nymflerin solungaçları, Lepidopterlerin ve Symphyta larvalarının abdominal bacakları, Trichopter larvalarının terminal eklentileri, Sialioidea (Neuroptera) larvalarının solungaçları gerçek abdominal



Şekil 25. Abdominal sternumlar ve eklentileri.
A-Machilis, B-Campodea (Imms'den)



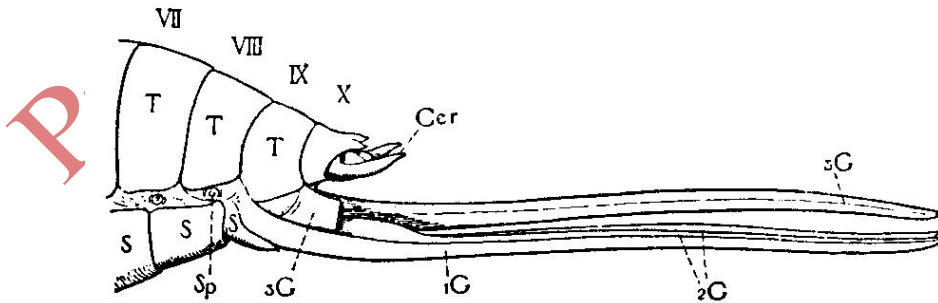
Şekil 26. A- Tipik erkek genital organ diagramı. B- primitif gonopod çifti (Imms).
c. coxit, cl. clasper, cs. coxosternum, g. gonopophysis, p. penis, pr. paramer, s. sternum, st. stylus.

eklentiler olarak kabul edilirler. Trichoptera ve çoğu Plecoptera solungaçları ile bazı Diptera larvalarında bulunan sürünme bantları ve erkek Odonatların 2. abdominal segmentlerinin ventralindeki kopulasyon organları belirli abdominal çıkıntılardır.

Dış Genital Organlar

Dış genital organlar çoğu dişi böceğin karakteristik ovipositorü ile erkeklerin farklı şekillerdeki kopulasyon organlarını içerir.

Dişi Genital Organlar: Tipik olarak, ovipositor ya da yumurta bırakma organını oluşturan 3 çift kapaktan ibarettir. Bu kapakların gelişme dereceleri ve birbirine uyumları organın kullanıldığı yere göre değişiktir. Örneğin Mallophaga ve Siphunculata'da ovipositor körelmiştir veya bulunmaz. Dictyoptera'da kapaklar küçük ve serbest haldedirler.

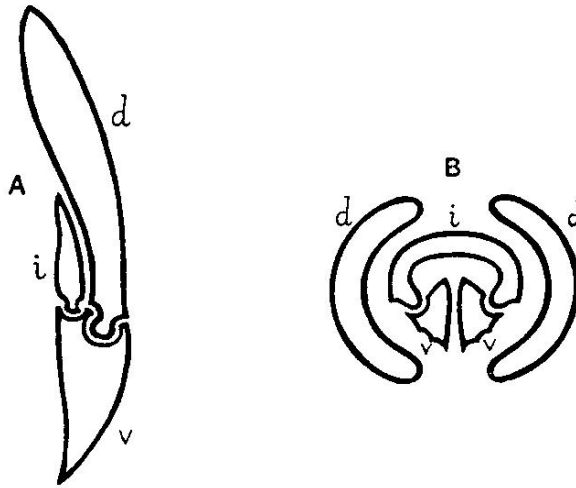


Şekil 27. Conocephalus (uzun boynuzlu çekirge) ovipositorü (Snodgrass'dan).

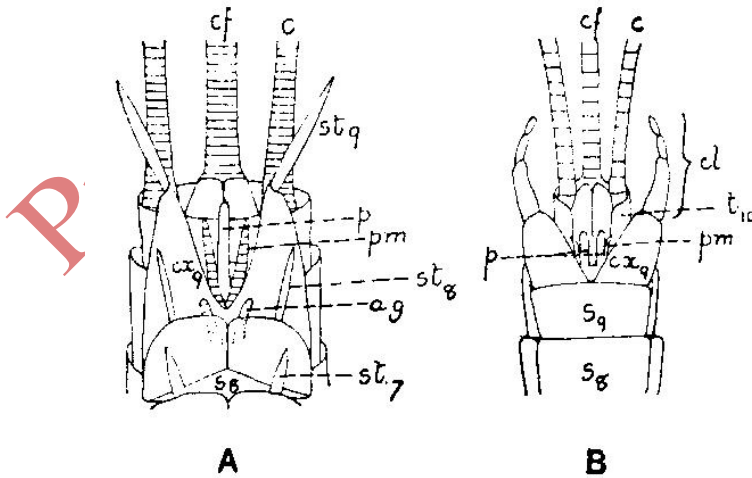
T. VII-X. tergumlar, S. sternum, Cer. serkus, IG. ventral valva, 2G. iç valvler, 3G. dorsal valvler, (soldaki kaideden kesik), sp. stigma.

Tettigoniidae'de (Şekil 27, 28) her bir taraftaki kapaklar bir dil aracılığıyla bir arada tutularak bir eklemli çukur yaparlar ve karşı taraftakiler karşılıklı gelerek uzun ve sağlam yapıdaki yumurta bırakma cihazını oluştururlar. Hymenopter'lerin çoğunda (Şekil 28) ovipositor oldukça zayıflamış olup ısırma veya sokmayı sağlayacak şekilde değişikliğe uğramıştır.

Erkek Genital Organlar: Çok büyük varyasyon gösterirler. Bu varyasyon özellikle çeşitli böcek gruplarının cins ve türlerini ayırmada büyük öneme sahiptir. Tam geliştiklerinde (Şekil 26, 29) kopulasyon esnasında dişiye yakalamaya yarayan bir çift yan kısıkaç ile aralarında bulunan **aedeagus**'dan ibarettirler. Aedeagus tek haldeki bir **penis** ile yanlarda bir çift **paramer** (Ephemeroptera ve Dermaptera'da olduğu gibi) içerir. Kısıkaçlar muhtemelen 9. segmentin coxite ve styluslarını temsil eder.



Şekil 28. Ovipositor enine kesitleri. A- Orthoptera (Tettigonia), B- Hymenoptera (Sirex). Valvlerin kilitlenme mekanizması gösterilmiştir (Imms'den). d. dorsal valv, i. iç valv, v. ventral valv.



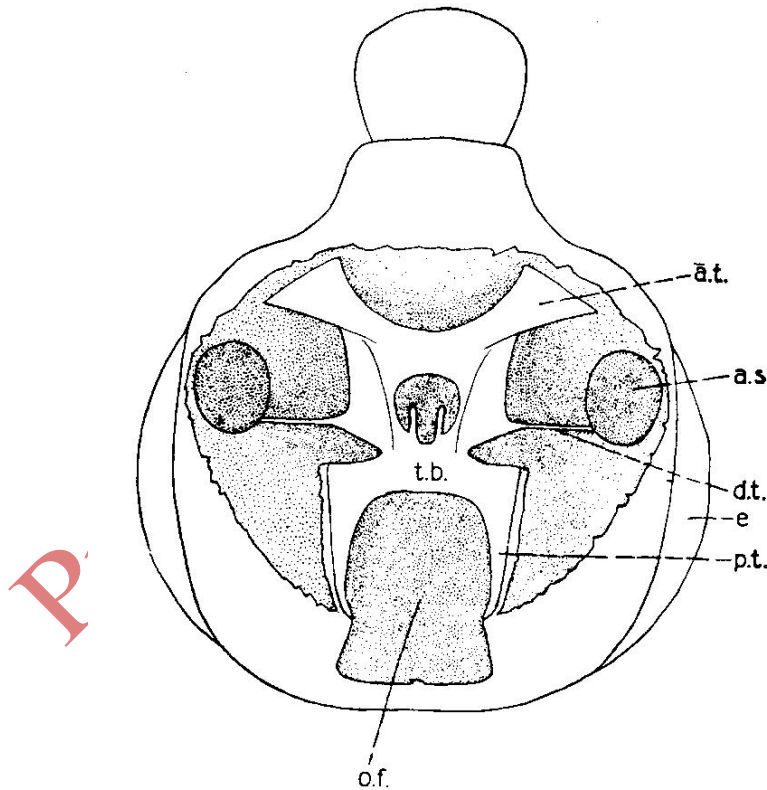
Şekil 29. Abdomenin uç kısmının ventralden görünüşü. A- Machilis, B- Ephemerid erkek genital organları (Walker'den). ag. 8. Segmentin gonopophysis'i, c. serkus, cf. median kaudal filament, cl. clasper, cx₉. 9. sternum coxiti, p. penis, (B'de çift halde), pm. paramer, s₈, s₉. 8. ve 9. sternit, st₇-st₉. 7-9. stylus, t₁₀. 10. tergum.

İÇ İSKELET

İntegüment, vücudun belirli bölgelerinde, içeri doğru çökerek ve oldukça sertleşerek kasların bağlanmasına yarayan ve belirli bazı organları destekleyen çıkıntılar oluşturur. İçte oluşan bu çıkıntılı yapılar **iç iskelet** adını alır ve bu iskeletteki her parça da **apodeme** veya **phragmata** olarak adlandırılır. İç iskeletin en önemli iki kısmı **tentorium** ve **endotoraks**'tır. Ancak iç iskelete ait yapılar vücutta kasların eklemlendiği herhangi bir kısımda da gelişebilirler.

İç iskelet; **tentorium**, **endotoraks** ve **abdominal iç iskelet** olmak üzere üç kısımda incelenebilir.

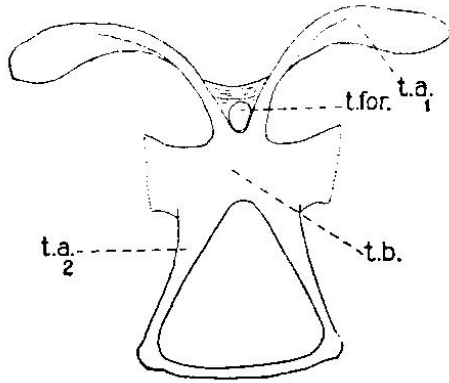
Tentorium : başın iç iskeletine verilen addır (Şekil 30, 31). Genelleştirilmiş Pterygot böceklerde kaide kısımlarından birleşmiş 2-3 çift apodemden oluşmuştur. Sefalik iç iskeletin yapısına katılan apodemler konumlarına göre tentoriumun anteriör, posteriör ve dorsal kollar olarak isimlendirilirler. Bu kolların iç kısımları birbiriyle kaynaşır ve böylece medianda oluşan iskelet tentoriumun gövdesi olarak adlandırılır.



Şekil 30. *Blatta*'da baş (Tentoriumun gösterilebilmesi için frontal duvarın büyük bir kısmı kesilip çıkarılmıştır) (Imms'den).

a.s. antennal cep, a.t., d.t., p.t. tentoriumun dorsal, anteriör ve posteriör kolları, e. petek göz, o.f. oksipital foramen, t.b. tentoriumun gövdesi.

Tentoriumun fonksiyonu: 1- Çoğu sefalik kasların bağlanmasına kaide oluşturmak ve aynı zamanda başa sertlik kazandırmak, 2- Beyin ve ön barsağa desteklik sağlamak, 3- bazı ağız ekstremitelerinin eklem uçlarını güçlendirmek.



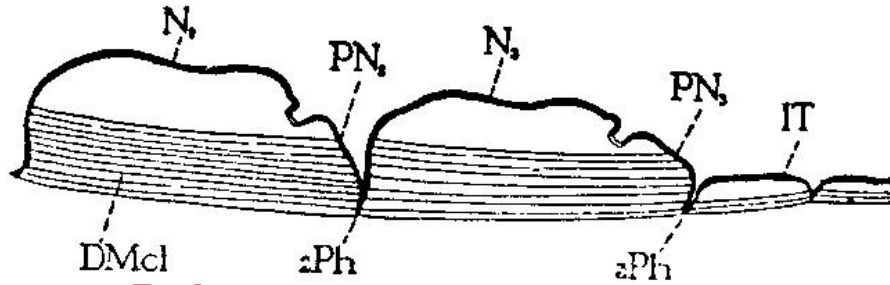
Şekil 31. Tentorium (Kanatlı Termitte).

t.a.₁, t.a.₂. anteriör ve posteriör kollar, tb. tentorium gövdesi, t.for. tentorial foramen (Imms'den).

çıkıntılar veya **phragmata** içerirler. Ayrıca ovipositor ve erkek kopulasyon organları ile ikiye ayrılmış apodemler gelişebilir.

Endotoraks: Toraksın iç iskeletine denir (Şekil 32). Her bir toraks segmentinin tergal, sternal ve pleural bölgelerinin invaginasyonu ile oluşur. Bu yapılar **endotergit**, **endosternit** ve **endopleurit** olarak adlandırılırlar. Vücut kaslarına ve kanat kaslarına bağlanma yeri oluştururlar.

Abdominal iç iskelet: Bazı önemli kaslara destek oluşturmak üzere gelişirler. Tergumların çoğu toraksta olduğu gibi temel longitudinal kaslara desteklik sağlamak üzere iç



Şekil 32. Mesotoraks, Metatoraks'ın dorsal kısmı ve abdomenin kaide kısmından longitudinal kesit (Plecoptera-Alloperla) (Snodgrass'dan).

DMcl. dorsal longitudinal kaslar, 1T. 1. abdominal tergum, N₂. mesonotum, N₃. metanotum, PN₂, PN₃. meso ve metatoraksın postnotumu, 2Ph, 3Ph. phragmata.

KAS SİSTEMİ

Böcek kasları, integümentin çeşitli bölgelerinde uzanan iskelet kasları ile iç organların etrafında bulunan visseral kaslardan ibarettir. Böceklerin vücudunda çok sayıda değişik konumlu kas vardır. Bu kaslar genellikle yarı saydam, renksiz veya gri renktedirler. Kanat kasları ise sarı, turuncu ve kahverengidir. İstemli ve istemsiz kasların lifleri enine çizgilidir ve bu çizgiler kolaylıkla görülebilirler. Kalp kaslarıyla periton kasları ise çizgisizdir.

Böcek kasları kendilerine en yakın grup olan Annelid kaslarından sadece histolojik bakımdan değil aynı zamanda deri-kas kılıfını oluşturmamaları ve vücut duvarının yapısına katılmamalarıyla da farklıdır.

İskelet kaslarının çoğunda, özellikle eklentilere ait kaslarda kasın bir ucu (orijinlendiği uç) iskelet bölgesine bağlıdır, diğer ucu ise (uzanan uç) hareketli kısma bağlıdır. Apodemlerin şerit şeklinde, band şeklinde veya levha şeklindeki kutikular invaginasyonları kaslara gerçek bir bağlantı yeri oluşturur ve böylece kasların etki gösterdikleri temel yapılar ile kaslar arasında bir çeşit aracılık yapar.

Böcek kasları oldukça güçlüdürler ve ağırlıklarının 20 misli kadar yük kaldırabilirler. Kaslar aynı zamanda segmentlerin birbirine bağlanmasını sağlarlar. Segmental dizilmişlerdir ve bulundukları segmentteki örneğin ağız parçaları, bacaklar v.b. organların hareketini de sağlarlar.

Orthopteroid böcekler göre genelleştirilmiş temel iskelet kaslarını aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz:

A- Cephalic kaslar

Başa ait temel kaslar olup; a- Cervical kaslar, b- Ağız organları kasları, c- Anten kasları olmak üzere 3 kısımda incelenebilirler.

a. Cervical kaslar: Bu kaslar başın hareketini kontrol ederler ve fonksiyonlarına göre **levator**, **depressör**, **retractor** ve **rotator** kaslara ayrılırlar. Orijinlerini protoraks ve boyundan alırlar ve tentorium ile epicranium'a uzanırlar.

b.Ağız organları kasları: Labrum, mandibüller, maxiller ve labium ile ilişkili olmak üzere 4 gruba ayrılırlar.

Labrum ile ilişkili olan kaslar:

1.Labral compressor : Labrumun dorsal ve ventral yüzeyleri arasında yer alırlar.

2. Posteriör labral: Labrumun faringeal yüzeyinden baş duvarına uzanan kaslar.

3. Anteriör labral kaslar (retraktörler): Labrum kaidesinin anterior yüzeyinden baş duvarına uzanan kaslardır.

Mandibul ile ilişkili olan kaslar:

4. Dorsal abductor kaslar: Başın posterodorsalinden mandibüllerin dış kaidesine uzanırlar.

5. Dorsal adductor kaslar: Başın posterodorsalinden mandibüllerin iç kaidesine uzanırlar.

6. Ventral adductor kaslar: Sadece Apterygotlar'da ve bazı aşağı Pterygotlar'da bulunurlar

Maxilla ile ilişkili olan kaslar:

7. Dorsal basal kaslar: Cardo'nun anterior ve posterior rotator kasları ile lacinia'nın cranial flexor kaslarıdır.

8. Ventral basal kaslar: Tentoriumdan cardo ve stipes'e uzanırlar.

9. Stipital kaslar: Palplerin levator ve depressor kasları ile, galea'nın flexor, lacinia'nın stipital flexor kaslarıdır.

10. Intrinsic palp kasları.

Labrum ile ilişkili kaslar:

11. Extrinsic labial kaslar: Tentorium veya cranium'dan prementum'a uzanırlar.

12. Median labial kaslar: Prementum'un arkasından postmentum'a uzanırlar.

13. Labial tükürük kasları: Daima iki çifttirler. Prementum'dan çıkarlar ve tükürük kanalının açıldığı yere yakın yerde tükürük bezinin labial duvarı üzerinde birleşirler.

14. Palp kasları: Prementum'dan uzanan palp'lerin levator ve depressor kasları ile glossum ve paraglossum'ların flexor kaslarıdır.

15. Intrinsic palp kasları: Mandibullerin hypofaringeal adductorları ile iki çift frontal kas olup hypofarinkse uzanırlar.

c-Anten kasları:

1. Extrinsic antennal kaslar (hariçten gelen kaslar): Bir levator ve genellikle iki depressor kas olup scapus'un kaidesine uzanırlar. Ya tentoriumun dorsal ve anterior kollarından çıkarlar ya da yalnız tentoriumun dorsal kollarından çıkarlar veya baş duvarından uzanırlar.

2. **İntrinsic antennal kaslar:** Normal anten gelişimine sahip tüm böceklerde scapusdan orijinlenen ve pedicelin kaidesine uzanan bir çift kasdır. Collembola ve Diplura'da benzer kaslar anten kamçısının son segmenti hariç tüm diğer segmentlerde de tekrarlanırlar. Fakat Thysanura ve Pterygota'da flagelluma ait segmentler kas içermezler.

B- Torasik kaslar:

Kanat taşıyan segmentlerdeki kaslar benzer olmakla beraber, protorakstakiler uçuş kaslarının bulunmaması nedeniyle farklılık gösterir. Kanat taşıyan segmentlerdeki esas kaslar şunlardır:

a-Longitudinal kaslar: Abdomende olduğu gibi **tergal** ve **sternal** gruplara ayrılırlar. Tergal kaslar indirekt uçuş kasları olarak da görev yaparlar.

b-Dorsoventral kaslar: Bunlar iki ana grup halindedirler. I. grup: **Tergosternal** kaslar; Kanatları yukarı kaldıran temel kaslardır ve longitudinal tergal kaslarla antagonist çalışırlar. II. grup: **Tergocoxal** kaslar; Bacağın tergal promotor ve remotor kasları olarak etki ederler.

c-Pleural kaslar: Pleural kaslar 3 takım halinde ayırdedilebilirler. 1- **Tergopleural** kaslar: Gelişmelerinde çok değişiklik gösterirler ve axillar kasları içerirler. 2- **Pleurosternal** kaslar: Kısa liflerdir, pleural ve sternal apophysleri birbirine bağlarlar. 3- **Pleurocoxal** kaslar: coxanın abductor (dışarı çeken-uzatan) kaslarıdır.

d-Sternal kaslar: İki kas grubu içerir. 1- **Sternocoxal** kaslar: Bacağın sternal premotor ve remotor kaslarıdır. 2- **Lateral intersegmental kaslar:** Sternumdan bir sonraki segmentin pleuron veya tergumuna uzanırlar ve larval formlarda iyi gelişmişlerdir.

e-İntrinsic bacak kasları: Yukarıda sözü edilen ve fonksiyonları bütün bacağı hareket ettirmek olan extrinsic bacak kaslarına ilave olarak bacak segmentleri içinde uzanan kaslar da vardır. Bunlar trochanter, tibia ve tarsus'un levator ve depressor kasları ile pretarsusun levator kaslarıdır.

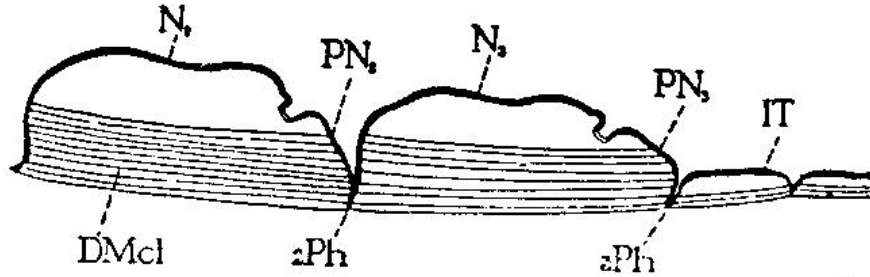
Bu kaslardan başka **spiracular** ve **epipleural** kaslar da vardır. Epipleural kaslar subalare ve basalore üzerinde uzanır.

C- Uçuş Kasları:

Böceklerde uçuş hareketi 3 çift kas aracılığıyla sağlanır; **indirekt**, **direkt** ve **yardımcı indirekt** uçuş kasları (Şekil 33, 34).

İndirekt kaslar: Daima vücudun en büyük kaslarıdır ve kanatların kaidesine eklemlenmeyip toraksa eklemlenirler. Çoğu böcekte iki grup halindedirler: 1- Bir çift **dorsoventral** kas; bunların kasılmasıyla toraksın tergal bölgesi içeri doğru çöker ve sonuçta

kanatlar yukarıya doğru kalkar. 2- Bir çift **longitudinal** kas; bunların kasılmasıyla da toraksın tergal bölgesi bir yay şeklinde yukarı doğru kalkar ve sonuçta kanatlar aşağıya doğru iner. Bu iki grup kasın çok seri bir şekilde birbirini takip ederek kasılıp toraksın dorsal duvarına etkileri sonucu kanatlar aşağı ve yukarı doğru hareket eder.



Şekil 33. Toraksın pleural kanat çıkıntısı (WP)'den geçen diagramatik enine kesit (Snodgrass'dan). A- Vertikal kasların (VM) kasılması sonucu Tergum (N) un içeri doğru çökmesi ve kanatların yukarı kalkması, B- Longitudinal kasların (LM) kasılması sonucu, tergum (N) 'un yukarı kalkması ve kanatların aşağı inmesi.

Direkt kaslar : Tipik olarak **epipleural** ve **axillar** kaslardır ve genellikle 4 çiftten ibarettirler (Şekil 34).

Yardımcı indirekt kaslar: **pleurosternal**, **tergopleural** ve **lateral intersegmental** kaslardır. Kutikular iskeleti kasarlar veya çeşitli yollarla esneme özelliğini değiştirirler.

D- Abdominal kaslar:

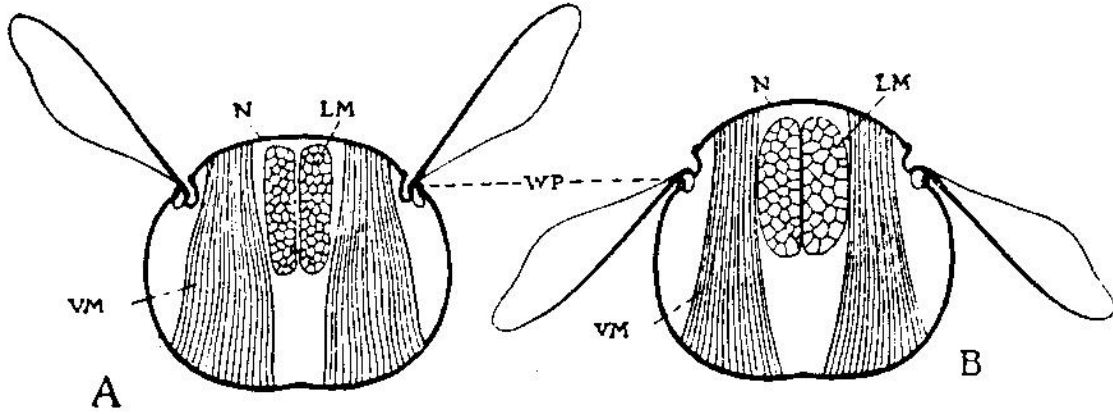
Temel abdominal kaslar aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

a-Longitudinal kaslar: Tergal ve sternal longitudinal kaslara ayrılabilirler. Her ikisi birlikte kasıldığında retraktor etki yaparlar ve abdomen segmentlerinin bir teleskop gibi iç içe girmesini sağlarlar. Aynı ayrı kasıldıklarında sternal kaslar abdomeni aşağı doğru bükerek, tergal kaslar ise içeri bükülmüş abdomeni düzeltir ve yukarı kaldırır.

b- Lateral kaslar: Tipik bir şekilde dorsoventral olarak uzanırlar ve hem intersegmental hem de intrasegmental konumda olabilirler. Genelde tergosternal kaslardır, fakat pleuritlerin bulunması halinde bu grupta tergopleural ve sternopleural kaslar da bulunabilir. Kasılmalarıyla segmentleri içeri doğru bastırırlar, bu nedenle de solunum hareketinde önemlidirler.

c-Transvers kaslar: Bu kaslar dorsal ve ventral tarafta longitudinal'lerin iç kısmında uzanırlar ve dorsal ve ventral diyafram kasları olarak bilinirler.

Bunlara ilave olarak genital organların, serkus ve stigma'ların da özel kasları vardır.



Şekil 34. Çekirge Mesotoraksında direkt kanat kasları (Snodgrass'dan).

$_2$ Ax. ikinci axillar sklerit, c. axillar skleritin ventral levhası, $_3$ Ax. üçüncü axillar sklerit, Ba. basalar skleritler, Cx. Coxa, D. flexor kas, E. birinci anterior extensor kas, M'. ikinci anterior extensor kas, M". posterior extensor kas, PLR. pleural kenar, Sa. subalar sklerit, tg. tegula. W₂. ön kanat yukarı dönük.

İskelet Kaslarının Düzeni (Miyoloji):

Kasların genel dizilişinde, iskelet kas sistemi vücut segmentasyonu ile uygunluk gösterir, ancak bazı Apterygot'larda ve aşağı Pterygot'larda ve çoğu larvada bu dizilişte modifikasyonlar görülür. Genellikle vücutta çok sayıda kas vardır (en aşağı 2000 kadar, hatta bazı Lepidopter larvalarında daha fazla) ve sistem bilateral simetridir. Çoğu böceklerde ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış olmalarına rağmen kaslara ait genel bir terminoloji vermek oldukça zordur.

Kas Dejenerasyonu:

Çoğu böcek türünde, özellikle karınca ve termit kraliçelerinde cinsel olgunluğa erişildikten sonra uçuş kaslarında dejenerasyon olur. Bu olay esnasında yumurta oluşumunda kullanılan amino asitlerin salgılanması artırılır ve üreme ilerletilmiş olur.

Dreicoryne brassicae, *Myzus persicae*, *Apis fabae* ve diğer Aphid'ler konak bitkiye yerleştikten sonra uçuş kaslarında histolis oluşur. Bu değişiklikler, bu olaya bağlı olarak yağ cisminde görülen hipertrofi ve embriyo gelişiminin devam etmesi, hormonal değişiklikler sonucudur.

Benzer olaylar kınkanatlı'lardan Scolytid'lerde de görülür. Bu türler yeni bir ağaca geçtikten sonra her iki cinsiyete ait bireyler de uçmaz ve uçuş kasları fonksiyon göremez çünkü kanatlar şerit halinde yapılara indirgenirler.

İndirekt uçma kaslarındaki dejenerasyon *Dysdercus* (Hemiptera)'un ergin dişilerinde de görülür. Bu olay oocyt büyümesi esnasında oluşur ve endokrin kontrol altındadır.

Rhodnius (Hemiptera)'da abdomenin segmental kaslarında da enteresan bir değişiklik görülür ve deri değiştirme siklusunu ile ilişkili olarak periyodik bir şekilde geriletici ve rejenere edici değişiklikler oluşur.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAÇ

SİNİR SİSTEMİ

Sinir sistemi, duyu organları ile efektör (tepkime) organları (kaslar, bezler, parlama organları) arasındaki bağlantıyı ve ilişkiyi sağlayan sistemdir. Ayrıca bazı sinir hücreleri (neurosekresyon hücreleri)'nin özel salgı rolü de vardır.

Sinir sistemi, esas olarak destekleme ve besleme fonksiyonu olan **neuroglia** hücreleri ile elektro kimyasal sinir uyarılarının oluşturulması ve iletilmesini sağlayan son derece özelleşmiş çok sayıdaki neurondan oluşmuştur. Her bir neuron diğer sinir hücreleri, duysal yapılar veyahut ta tepkime organları ile sinapslar yoluyla bağlantılıdır. Bu bağlantıyı sağlayan uzantıların bir veya birkaçı uzun iletim lifleri veya axonları oluşturur. Axonlar bir grup ince dallanmış fibrillerle son bulur. Akson sayısı sinir hücresinin unipolar, bipolar veya multipolar olarak sınıflandırılmasını sağlar.

Fonksiyonel olarak sinir hücreleri, **duysal (afferent) neuronlar** (uyaranları duyu organlarından alıp iç sisteme götürür), **motor (efferent) neuronlar** (uyaranları dışa yani tepkime organlarına götürür) ile bu iki tip neuronu bağlantılı kılan **ara neuronlar** halinde olabilir.

Sinir sisteminin büyük bir kısmı içinde neuronlar gruplar halinde bir araya gelerek **ganglion**'ları yaparlar. Çoğu neuronun aksonu ganglionlar içinde lifli bir sistem halinde veya dışarı açılarak ganglionlar dışında **periferel sinir**'ler olarak organize olmuştur (Periferel sinirler aynı zamanda afferent neuronların uyarıları getirici aksonlarını da içerirler).

Neuroglia hücreleri ganglionların ve sinirlerin içinde veya etrafında yer alırlar ve **perineurium** denilen dış tabakayı oluştururlar. Perineurium dışa doğru homojen kılıf şeklinde neural lamellayı salgılar. Bu kılıf neural mukopolisakkaridler ve kollajen lifler içerir. Perineurium esas olarak destekleyici bir yapı halinde iken kandaki iyon ve diğer bileşenler ile sinir dokusu arasında fizyolojik bir engel oluşturur.

Axonlar özelleşmiş neuroglia hücreleri (Schwann hücreleri) tarafından sarılmışlardır ve böylece axonların etrafında kalın bir myelin kılıf oluşur. Aksonların çapı değişkendir. En büyükleri dev aksonları oluşturur ve belli bir mesafeye hızlı sinirsel iletim sağlamak üzere adapte olmuşlardır. Neuronların çok sayıda oluşu (örneğin *Apis*'in beyinde bir milyon civarında) ve aralarında çok çeşitli bağlantıların bulunuşu ganglionlar içinde ve ganglionlar arasında sinirsel yolun oldukça karmaşık olduğunu göstermektedir.

Böceklerin sinir sistemi; **Merkezi Sinir Sistemi, Visceral Sinir Sistemi ve Periferal Sinir Sistemi** halinde incelenebilir ve her kısım birbiriyle bağlantılıdır.

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ

Sinir sisteminin temel kısmıdır. Boyuna ve enine bağlantılar (**konnektif** ve **komissür**)'la birbiriyle ilişkili olan çift haldeki ganglionlardan ibarettir (Şekil 35). (Konnektif; farklı segmentlerdeki ganglionları birbiriyle bağlantılı kılan sinir lifleri, komissür; aynı segmentteki ganglionları birbiriyle bağlantılı kılan sinir lifleri). Tipik olarak vücudun her segmentinde bir çift ganglion vardır fakat birbirlerine çok yakın olduklarından tekmiş gibi görünürler, dolayısıyla komissürler pek belirgin değildir, konnektifler ya *Machilis* (Thysanura) ve *Corydalis* (Neuroptera)' de olduğu gibi vücut boyunca ayırt edilebilirler ya da Orthoptera, Coleoptera ve çoğu Lepidopter larvasında olduğu gibi sadece toraksta ayırt edilirler. Fakat genellikle tek bir sinir şeridi görünümü verecek şekilde birbirlerine çok yakındırlar. Çoğu halde birbirini takip eden segmentlerdeki ganglionlar, ganglionik merkezler oluşturmak üzere birleşirler. Bu merkezlerden ikisi daima baştadır. Torasik ve abdominal ganglionlar farklı böcek ordolarında farklı birleşmeler gösterir.

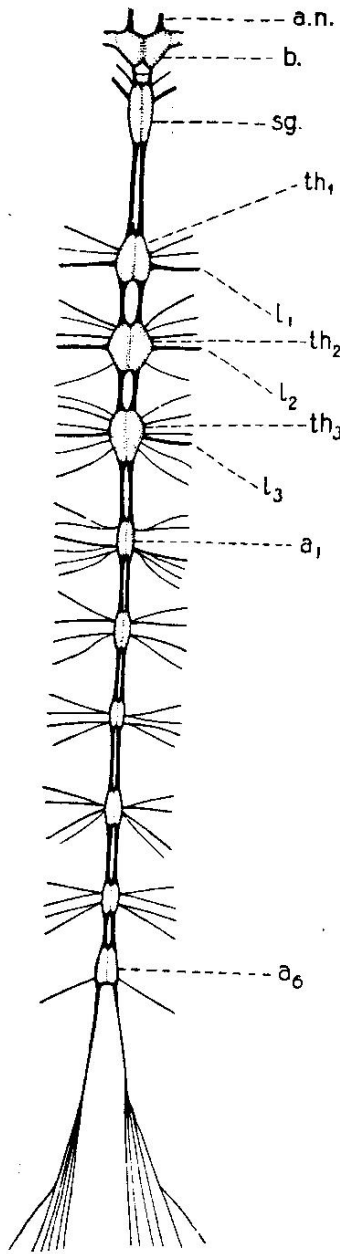
Merkezi sinir sistemi; **beyin (cerebral ganglion), subözofageal ganglion** ve **ventral sinir şeridi** halinde bölümlere ayrılabilir.

Beyin (Şekil 36, 37): Özofagusun hemen üzerinde ve tentoriumun apodemleri arasında yer alır. Bu nedenle de **supraözofageal ganglion** da denir. Başın dorsal ganglionlar merkezidir. Embriyodaki ilk 3 neuromerin birleşmesinden oluşmuştur ve 3 temel bölgeye ayrılır. Bu bölgeler sırasıyla **protocerebrum, deutocerebrum** ve **tritocerebrum**'dur. Ancak bu bölgeler her zaman dıştan ayırt edilemezler.

Protocerebrum: Acron ve preantennal segmente ait ganglionların birleşmesiyle oluşmuştur. Beyinin en büyük bölgesini yapar ve bileşik gözlerle oselluslara sinir gönderir. **Protocerebral** ve **optik lop**'lara ayrılır.

Deutocerebrum: Antennal segmente ait ganglionların birleşmesiyle oluşmuştur. Temel olarak çift haldeki **antennal** veya **olfaktorial lop**'lardan ibarettir. Beyinin anteroventral tarafında konumlanmıştır ve antenlere sinir gönderir.

Tritocerebrum: Başın üçüncü veya interkalar (premandibular) segmentine ait ganglionlar tarafından oluşturulur. Temelde sinir lifleri ile, beyin, subözofageal ganglion ve frontal ganglion konnektifleri arasındaki sinapslardan ibarettir. Birbirinden ayırt edilebilen



Şekil 35. Merkezi sinir sistemi (Forficula'da)

a.l. antennal sinir, b. beyin, sg. subözofageal ganglion, th₁-th₃. torasik ganglionlar, l₁-l₃. bacağı giden sinirler, a₁-a₆. birinci ve terminal abdominal ganglionlar.

iki küçük lop halinde olup deutocerebrum'un dorsal lobuyla birleşir ve deutocerebrum'dan sinir lifleri alır.

Tritocerebral loplar özofagusun hemen arkasından geçen postözofageal komissür'ler aracılığıyla birbirleriyle birleşirler. Bu loplar aynı zamanda beyini subözofageal ganglionlarla birleştiren para-özofageal konnektifler ile labro-frontal sinirlerin orijinlenmesini de sağlarlar. Labro-frontal sinirlerin her biri iki lif demeti içerir. Bunlardan biri labral sinir olarak labruma gider, diğeri ise frontal ganglionların kökünü oluşturur.

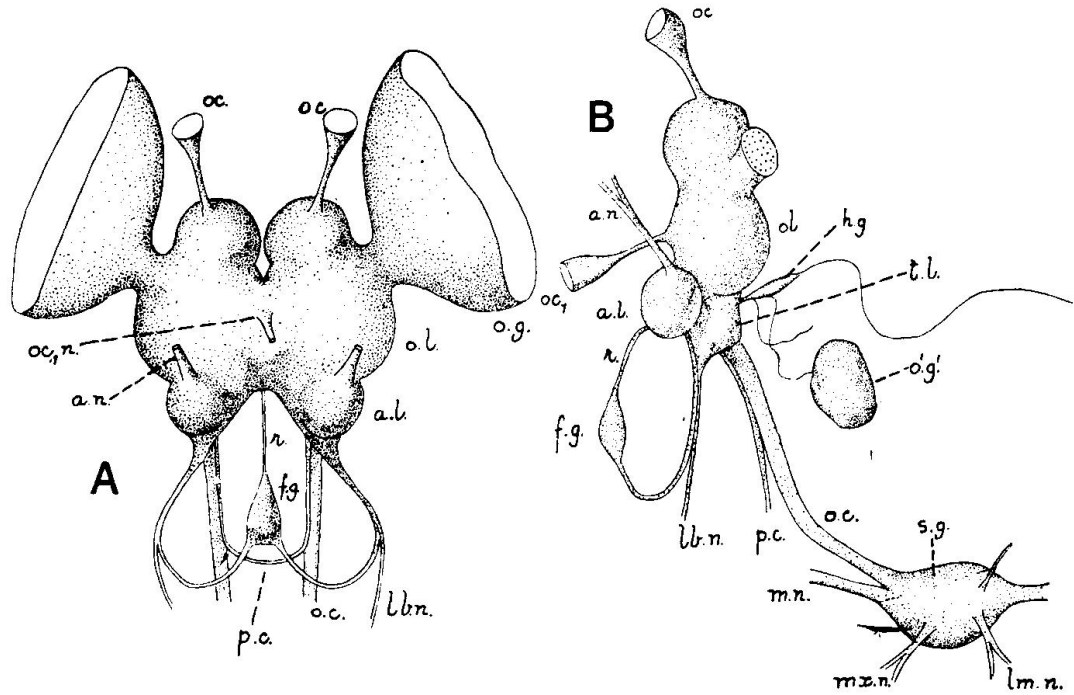
Subözofageal ganglion: Başın ventraldeki ganglion merkezidir ve mandibular, maksillar ve labial segmentlere ait ganglionların birleşmesi ile oluşmuştur. Bir çift büyük konnektif (**parözofageal**) ile beyine bağlanır. Mandibüller, maksiller ve labial ağız ekstremitelerine sinir gönderir. Aynı zamanda corpora allata ile bağlanıp labral sinire de katılır.

Ventral sinir şeridi: Toraks ve abdomenin tabanında uzanan bir seri gangliondan oluşmuştur. Subözofageal ganglionun posteriyör kenarından çıkan çift haldeki konnektiflerle birleştirilmiş uzunlamasına bir zincir halindedir.

İlk üç ganglion çifti, her bir torasik segmentte birer çift olmak üzere toraksta yer alır. Geri kalanlar abdomende yer alır ve bu bölgenin ganglionlarını oluştururlar. Torasik ganglionlar hareket organlarını kontrol eder. Her gangliondan iki temel sinir çıkar; biri segment kaslarını sinirlendirir, diğeri bacak kaslarını sinirlendirir. Meso ve Metatoraksda bunlara ek olarak

kanatları kontrol eden birer çift sinir de vardır. Abdominal ganglionlar değişik sayıdadır. Machilis'de (Thysanura) ve çoğu larvada 8 çifttir fakat kural olarak bu sayı azalmıştır.

I. abdominal ganglion çoğunlukla metatorakstaki

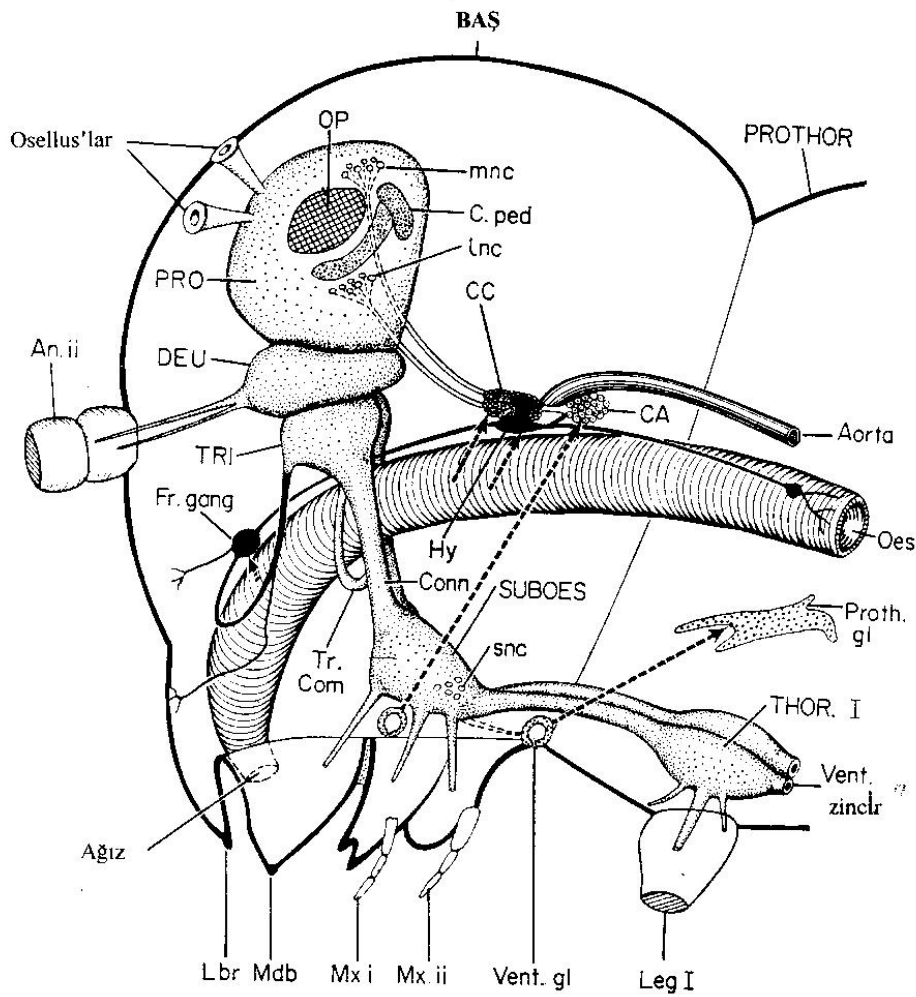


Şekil 36. Çekirgede beyin ve subözofageal ganglion

A- Frontalden görünüm; B- Yandan görünüm.

al. antennal lob, an. antennal sinir fg. frontal ganglion, hg. hypocerebral ganglion, lb.n. labral sinir, lm.n. labial sinir, m.n. mandibular sinir, mx.n. maxillar sinir, oc. lateral osellus, oc1. median osellus, oc.n. median osellusa giden sinirin kökü, .o.c. para-özofageal konnektif, o.g. optik ganglion, o'.g'. özofageal ganglion, o.l. optik lob, p.c. postözofageal kommissür, r. recurrent sinir, t.l. tritocerebral lob, s.g. subözofageal ganglion , t.l. tritocerebral lob.(Burgess'den).

ganglionla birleşmiştir, son üç segmente ait ganglion da birleşerek terminal ganglionu oluşturur. Dipter'lerin bazı familyalarında torasik ganglionlar tek büyük bir kütle oluşturmak üzere kaynaştıkları halde, abdominal ganglionlar küçülmüşlerdir ve ayırt edilmeleri güçtür. Her abdominal ganglion bulunduğu segmentlerdeki kaslara çift halde sinirler gönderirler.



Şekil 36.C Hemimetabol böceklerde merkezi sinir sistemi ve stomatogastrik sinir sistemi

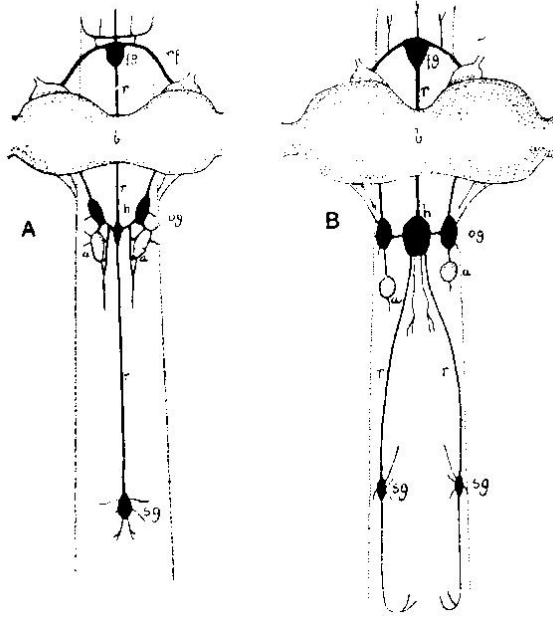
TRI. Tritocerebrum, Fr. gang. Median frontal ganglion, Lbr. Labrum, Hy. Hypocerebral ganglion, Oes. Özofagus, mnc. Median neurosekresyon hücreleri, lnc. Lateral neurosekresyon hücreleri, PRO. Protocerebrum, snc. Subözofageal neurosekresyon hücreleri, C. ped. Korpora pedunculata, CC. Korpora kardiaka, CA. Korpora allata, Mxi. I. Maxil, Vent. gl. Ventral bezler, Proth. gl. Protorasik bez, An ii. Anten, Conn. Paraözofageal konnektif, DEU. Deutocerebrum, Mdb. Mandibül, Mx ii. II. Maxil, OP. Optik loplara, SUBOES. Subözofageal ganglion, Thor I. I. Torasik ganglion, Tr. Com. Tritocerebral kommissür, Vent. z. Ventral sinir şeridi, PROTHOR. Protoraks (Weber 1949).

VİSCERAL SİNİR SİSTEMİ (SEMPATİK SİNİR SİSTEMİ) :

Visseral sinir sistemi ya da sempatik sinir sistemi 1- **Özofageal sempatik**, 2- **Ventral sempatik**, 3- **Kaudal sempatik** sistem olmak üzere ayrılır.

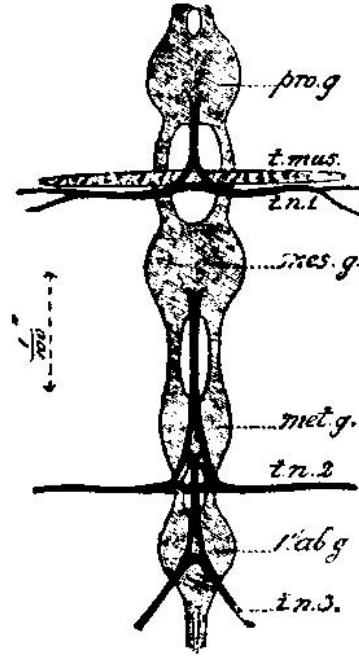
1. Özofageal sempatik (Stomatogastrik) sinir sistemi: Doğrudan doğruya beyinle bağlantılıdır. Ön ve orta barsağı, kalbi ve diğer bazı kısımları sinirlendirir. İstek dışı hareketleri kontrol eder. Sistem, dorsal konumlu olup, ön barsağın üzerinde beyine yakın

mesafelerde küçük üç köşeli **frontal ganglion** içerir. Frontal ganglion ön barsağın hareketlerini kontrol eder. Frontal gangliondan, ön tarafa doğru klypeus'a giden **frontal**



Şekil 37. Sempatik sinir sistemi tiplerinin şematik şekilleri.

- A- Tek rekurrent sinirli ve tek ventrikular ganglionlu.
B- Çift rekurrent sinirli ve çift ventrikular ganglionlu (İnce barsak noktalı çizgi halinde gösterilmiştir).
a,a. corpora allata, b. beyin, fg. frontal ganglion, h. hypocerebral ganglion, cg. Corpus cardiacum (sağ), r. rekurrent sinir, rf.. frontal ganglion kökü, sg. ventrikular ganglion (Imms'den).



Şekil 38. Torasik ganglionlar ve sempatik sinir sisteminin bir kısmı (Chironomus larvası), (Hammond ve Miall'den).

pro.g., mes.g., met.g. torasik ganglionlar, lab.g. birinci abdominal ganglion, t.mus. transvers kas, tn₁-tn₃. sempatik sinirler.

sinir ile frontal ganglionu tritoserebrumla bağlantılı kılan bir çift **lateral kök** çıkar. Arkaya doğru ise özofagusun orta hattı boyunca **recurrent sinir**'i verir. Rekurrent sinir, beyinin arkasından geçerek hafif bir şişkinlik halinde **hypocerebral ganglion**'a gelir. Rekurrent sinir buradan median veya çift haldeki **latera özofageal sinir** halinde ayrılır ve ön barsağın en arka bölgesine geçerek **ventricular ganglion**'da tek veya çift olarak sonlanır. Böylece buraya bitişik olan ön ve orta barsak kısımlarına sinir lifleri verir. Özofagusun üzerine doğru beyinin hemen arkasından bir çift **corpora cardiaca** uzanır. Her biri hyposerebral ganglionla birleşir. Korpora kardiaka'lar aynı zamanda protoserebrum ile bağlantılıdır ve hem sinirsel hem de endokrin yapıları içerirler. Korpora kardiaka ile sinirlerle bağlanan ve önemli endokrin fonksiyonu olan ancak sinirsel olmayan **corpora allata**'lar da bağlantılıdır.

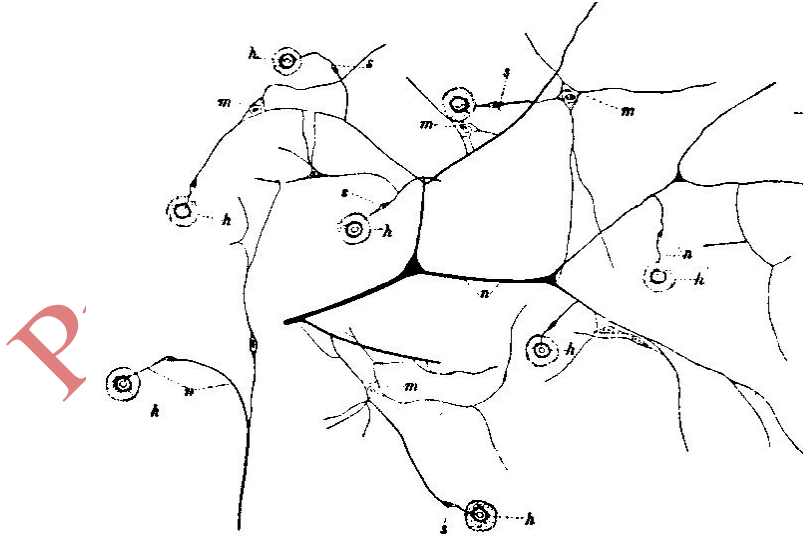
2.Ventral sempatik sinir sistemi (Şekil 38) : Tipik olarak gelişme gösterdiğinde ventral sinir şeridindeki her ganglionla bağlantılı olan bir çift **transvers sinir** içerir. Her sinir çifti kendinden önce gelen ganglionla, **median longitudinal sinir** aracılığıyla bağlantılıdır. Transvers sinirler bulundukları segmentlere ait stigmalara giderler.

Çoğu böcek ordosunda her bir transvers sinir, çeşitli yollarla parasempatik sistemle de bağlantılıdır. Bu sistem ventral ganglionlardaki neurosekresyon hücre ürünlerini salgılayan **neurohemal organ**'ları içerir. Böylece neurohemal organ olarak ta görev yapan ventral ganglionlardaki neurosekresyon ürünlerinin çevredeki iç organlara (kalp, barsak, kaslar, epidermis, spermateka ve hatta korpora allata ile protorasik bezler) taşınması sağlanmış olur.

3.Caudal sempatik sinir sistemi: Bu sistem ventral sinir şeridinin bir aradaki posteriyör ganglionlarından çıkar ve üreme sistemi ile barsağın posteriyör kısımlarını donatır. Ancak böyle bir sistem ile perihemal sinir sisteminin içteki kollarını birbirinden ayırmak oldukça güçtür.

PERİFERAL DUYSA SINIR SİSTEMİ (Şekil 39)

Dar anlamda bu sistem, merkezi sinir sistemi ile sempatik sinir sisteminden çıkan tüm sinirleri içerir. Periferal sinirlerin dağılımıyla ilgili mikro-anatomik veriler genellikle eksiktir ve sadece özel organların sinir donanımları ile ilgilidir.



Şekil 39. İpek böceğinde periferal duysal sinir sisteminden bir kısım.

h,h. duysal kılların kaideleri, s. bipolar sinir hücreleri, m. multipolar sinir hücreleri, n. sinirler (Hilton'dan).

Bu sistem aracılığıyla her bir vücut segmentindeki kaslar kısmen diğer segmentlere ait ganglionik sinirler tarafından donatılırlar. *Periplaneta*'nın tükürük bezleri gibi bazı iç organlar hem subözofageal ganglion, hem de özofageal sempatik sisteme ait sinirlerle donatılmıştır. Tükürük bezinin asinüsleri (salgı ünitesi)'ne ulaşan sinirler, asinüsün yüzeyinde bir ağ oluştururlar. Sinir hücrelerinin aksonları ise asinüs hücreleri arasına girerek özelleşmiş uçları aracılığıyla bez hücrelerinin membranları ile ilişki kurarlar.

Periferal sinirlerin sonlandıkları uçlar ile kasların birleşme yeri de aynı zamanda özelleşmiş bir bölgedir. Barsağın çeşitli bölgeleri de multipolar hücreler tarafından özenle donatılmıştır. Üreme sisteminde kopulasyon ve ovipozisyonla ilişkili olarak kompleks bir sinir donanımı vardır. İntegüment çok narin sinir lifleri ağı ve duysal neuronlarla donatılmıştır. İntegümente ait bu yapılar epidermal hücrelerden farklılaşırlar ve distalde kutikular sensiliumlar, proksimalde ise merkezi sinir sistemiyle bağlantılıdır.

Sinir sisteminde görülen farklılıklar : Böceklerde serebral gelişmenin çeşitli dereceleri vardır. Bu farklılıklar böcek davranışı ve duysal yapıların kompleksliği ile az çok ilişkilidir. *Apis*'de beyin hacmi vücut hacminin 1/174'ü, *Formica*'da 1/280'i *Melolontha*'da 1/3290'ı, *Dytiscus*'ta 1/4200'ü kadardır. Aynı şekilde optik loplar göz boyu ile oransal olarak gelişirken, antennal lop gelişimi anten gelişmesi ve antenler tarafından aktarılan duygu ile ilişkilidir. Bal arısı erkeği, işçisi ve kraliçesinin beyindeki yapısal farklılıklar, özel içgüdülerinin gelişme derecesi ile bu üç sınıfın her birinin aktivitesine bağlıdır.

Ventral sinir şeridinin en genel tipini Thysanura'da çoğu larva ve bazı aşağı Pterygotlar'da görüyoruz. Bu gruplarda subözofageal ganglion ile 3 toraks ganglionu ve 8 abdomen ganglionu ayrı ayrı görülebilir. En arkadakiler de birleşik ganglion halini almıştır.

Çoğu Orthopteroid böcek ile Mecoptera, Trichoptera ve Hymenoptera'da metatorasik ganglion genel olarak ilk 1-3 abdominal ganglionla birleşir. 7. ganglion ile bunu izleyen diğer ganglionlar da bileşik bir merkez oluştururlar. Diğer takımlar artan derecelerde birleşmeler gösterirler. Örneğin çoğu Heteropter'de subözofageal ve protorasik ganglionlar belirgin bir şekilde ayrı olmalarına karşın diğer ganglionların tümü birbiri ile birleşir. Homoptera'nın büyük bir kısmında ve yüksek organizasyonlu Dipter'lerde subözofageal ganglion ile birbiriyle birleşmiş haldeki torasik-abdominal ganglionlar ayırt edilebilirken Coccoidea, Aphidoidea ve bazı Coleopter larvalarında tüm ventral ganglionlar (subözofageal ganglion dahil) tek bir merkez halinde birleşmiştir.

BÖCEKLERDE DUYGU ORGANLARI ve ALGILAMA

Böceklerde duyu organları birkaç duyu hücresinden ya da birçok hücrenin oluşturduğu komplekslerden ve yardımcı yapılardan meydana gelmiştir. Ya hipodermisin içindedirler ya da hipodermis altına çökmüş durumdadırlar. Kural olarak belirli uyarılar için özelleşmişlerdir. Uyarıları alıp uzantılarıyla duysal sinir hücresine dolayısıyla bilginin merkezi sinir sistemine ulaşmasını sağlarlar.

Basit yapılu duyu organlarına ve bileşik bir duyu organını meydana getiren birimlere **sensillum** (çoğul-sensilla) adı verilir.

Böceklerdeki duyu organlarını 6 grup altında toplamak mümkündür:

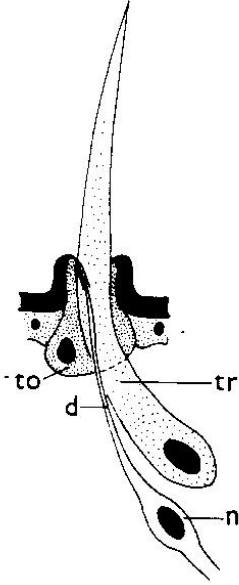
1. Mekanoreseptörler (mekanik algılayıcılar)
2. İşitme organları
3. Kemoreseptörler (kimyasal algılayıcılar)
4. Sıcaklık reseptörleri
5. Nem reseptörleri
6. Görme organları

Mekanoreseptörler: Bu gruba giren çeşitli yapıların ortak özelliği, reseptörlerin bazı kısımlarının, mekaniksel olarak değişikliğe uğraması sonucu harekete geçmeleridir. Dokunma duyusuna (katı cisimleri veya hava ve su akımını algılamaya) aracılık ederler. Aynı zamanda kutikulada oluşan mekaniksel baskılara cevap verirler ve bu durumda özelleşmiş denge organları olarak iş görürler. Bazı hallerde hava basınç değişikliklerine de cevap verirler dolayısıyla hava partiküllerinin yer değişikliklerine cevap vermiş olurlar böylece ses algılayıcısı olarak da rol oynarlar.

Mekanoreseptörlerin 4 ana tipi vardır:

a- Eklemlili duysal kıllar (Şekil 40): Her bir duysal kıl veya trikoid sensillum; kılı ve kıl oluşunu salgılayan trikojen ve tormojen hücre ile kıl kaidesiyle bağlantılı bipolar neuron yapısına sahiptir. Bu tür kıllar böcek vücudunda özellikle antenler, tarsuslar ve serkuslar üzerinde dağılım gösterirler ve dokunma organları halindedirler. Kılın hareketi ile sinirsel bir impuls (uyaran) meydana getirilir. Trikoid sensillumlar genellikle kıl levhaları ve dikensi sahalar oluşturmak üzere bir araya gelirler ve çoğu değişik biyolojik fonksiyonlara hizmet ederler. Örneğin *Locusta* (uzun antenli çekirge) ve *Shistocerca* (Afrika göçücü çekirgesi) cinslerinin vertekslerinde uçuşu düzenleyen sefalik hava akımı reseptörlerini

oluştururlar. *Gryllus* (kazıcı çekirge) erkeklerinde, her bir kanat üzerindeki duysal kıl yastığı ses çıkarma hareketlerini kontrol eder. Karıncalarda ve diğer Hymenopter'lerde dikensi sahalar; boyun, anten, petiol ve bacaklar üzerinde yer alır ve bu böceklerin kendilerini yerçekimine göre ayarlamalarını sağlarlar. Bal arılarında tarsus ve koksadaki trikoid sensillumlar yürüme ve durmanın sinirsel kontrolünde önemli rol oynarlar.



Şekil 40. Mekanoreseptör (trikoid sensilla)'ün histolojisi (*Calliphora prosterum*'den) (Richter'den).

d. dentrit, n. neuron, to. tormojen hücre, tr. trikojen hücre.

B-Campaniform sensilla: Her sensillum'

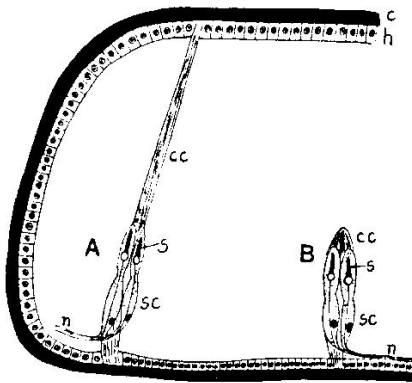
da iki özelleşmiş epidermal hücre ile bipolar neuron yer alır. Kampaniform sensillum temel olarak kubbe şeklindeki ince kutikular bölgeden ibarettir. Yüzeyden bakıldığında çoğunlukla oval görünümlüdür ve integümentin biraz altında veya biraz üzerinde konumlanmış haldedir. Etrafındaki kutikula kenar yapacak şekilde sertleşmiştir. Kampaniform sensillumlar vücutta serkuslarda, kanatlarda ve bacaklarda yer alır. *Periplaneta*'da bacaklardaki her bir büyük dokunum dikenini kaidesinde ve *Schistocerca*'da kanadın subkostal damarı kaidesindeki kampaniform sensilla, uçuş esnasında kanat bükme hareketlerinin

regülasyonunda rol oynarlar. Dipter'lerde kampaniform sensillumların büyük bir kısmı halter kaidesinin üzerinde paralel sıralar şeklinde dizilirler ve uçuş kontrolünde önemli rol oynarlar. Karıncalarda, *Atta cephalotes* türünde trokanter ve femurun birleşme yerindeki üç grup halindeki kampaniform sensillumlar, 0,05 ile 4 kHz arası sıklıkla cereyan eden titreşimleri algırlarlar.

c- Chordotonal organlar (Scoloparia): Bir seri özelleşmiş sensillum'dan (**scolophor** veya **scolopidia**) oluşmuş bileşik yapılardır. Bu yapıların her biri az çok belirgin olan duysal cisim (**scolops** veya **scolopale**) içerir.

Her bir kordotonal organ tipik bir şekilde, integümentin her iki tarafına eklemlenmiş mekik şeklindeki skolopor paketi veya yumağı içerir. Bazı hallerde bu yapılar distalde eklemlenmez ve bu organ vücut boşluğunda serbest olarak sonlanır. İki tip kordotonal organ ayırdedilebilir: 1- **Integümental (amphinematic)**, 2- **Subintegümental (mononematic)** kordotonal organ (Şekil 41). Ancak her ikisi arasında çok önemli bir fark yoktur.

Skoloporların ayrıntılı yapıları az çok değişkendir, fakat birçok ortak özellik gösterirler. *Gryllus assimilis*'in ön bacağındaki yapıyı örnek alırsak her sensillum 3 temel hücresel yapı gösterir : **Bipolar duysal neuron**, neuronun terminal dendritini çevreleyen **scolopale hücre** (veya **zarf hücresi**) ve distalde konumlanmış **interstitial hücre** veya **şapka hücresi**.



Şekil 41. İki tip skolopor'un diagramı. A- Integümental, B- Subintegümental (Imms'den).

c. kutikula, h. hipodermis, cc. başlık hücreleri, s. skolopale, sc. duysal hücre, fb. bağ dokusu, n. sinir.

Yumuşak vücutlu larvalarda, özellikle Dipter larvalarında kordotonal organlar segmental olarak dizilidirler ve *Drosophila*'da tanımlandıkları gibi transvers, obliq ve longitudinal olarak yer alırlar.

Ergin böceklerde, antenlerde, ağız ekstremitelerinde ve boyun bölgesinde yer alırlar ve başın hareketini kontrol ederler. *Gryllus* toraksında pleurotergal skolopidia yer titreşimlerini diğer Orthopterler'de torasik kordotonal organlar, kanat çırpma sıklığını kontrol ederler. Aquatik Corixidae'de yer alan

torasik yapılar (hagemann organları) kutikular çıkıntılarla eklentili olup hidrostatik basınç algılayıcıları olarak rol oynarlar. Kordotonal organların büyük bir kısmı çoğu böceğin bacak segmentleri arasındaki eklemlerle ilişkili yapılar olarak tanımlanmışlardır. *Periplaneta*'da orta tarsusların aşağı ve geriye doğru olan hareketi 14 skolopal ile ilişkili 26 bipolar neuron ile algılanırken *Schistocerca*, *Locusta* ve *Romalea*'nın arka bacaklarındaki femoral kordotonal organlar, tibianın pozisyonu, hızı ve yönü hakkında bilgi verir. Büyük bir olasılıkla *Notonecta*'da ön ve arka tarsuslarda yer alan kordotonal organlar su yüzeyindeki titreşimleri algılayarak avın lokalize edilmesini sağlar.

Böcek bacaklarında oldukça yaygın olarak bulunan ve **subgenual organ** olarak adlandırılan yapılar vardır. Tibianın proksimal kısmında yer alırlar ve epidermis ile trake arasında asılı duran kordotanal sensilla dizisi taşırlar. Bu organlar *Periplaneta*'da böceğin üzerinde bulunduğu yer titreşimlerine cevap verirler ve 1-5 kHz'e kadar duyarlıdırlar. Bazı Hemipter'ler, Coleopter'ler ve Dipter'lerde subgenual organlar bulunmaz dolayısıyla bu tür titreşimlere duyarlı değildirler.

Antenlerde yer alan ve ileri derecede özelleşmiş olan kordotonal organ tipi **Johnston organı** olarak bilinir. Pterygot'ların çoğunda ve *Lepisma* (Thysanura) da ikinci antennal

segmentte yer alan çok sayıda ışınsal olarak dizilmiş sensillumlar vardır. Bu sensillumlar bir uçlarıyla 2. ve 3. antennal segmentlerin arasındaki membrana, diğer uçlarıyla da 2. segmentin duvarına eklemlenmişlerdir ve aksonlar sensillumdan geriye doğru antennal sinire girerler. Bu organ farklı böcek gruplarında farklı şekilde gelişmiştir. En kompleks yapısını Chironomid ve Culicid'lerin erkeklerinde gösterir ve işitme organı olarak görev yapar. Baykuş kelebeği *Manduca sexta*'da johnston organı 650 skolopodial birim içerir.

İkinci antennal segment ile flegellum arasındaki eklem yerinde yer alan johnston organının temel fonksiyonu, hareketin algılanmasıdır ve sonuç olarak çeşitli uyarılara karşı cevap oluşturmada aracılık ettikleri söylenebilir. Johnston organı Antenleri yer çekimine karşı duyarlı kılabilirdiği gibi çeşitli türlerde uçuş esnasında hava hızının ölçülmesine de imkan sağlar.

Aquatik böceklerde johnston organının değişik fonksiyonları vardır. *Dytiscus*'da ve *Aeshna* larvalarında hız algılayıcısı olarak rol oynar. Kın kanatlılardan *Gyrinus*'ta, su yüzeyinde yüzen böceklerin yüzme anında oluşturdukları su hareketlerini algılar. *Notonecta*, *Ilyocoris*, *Plea* ve *Corixa*'da da denge organının bir kısmını oluştururlar.

d- Çok kutuplu mekanoreseptörler: Daha önce tanımlanmış iki kutuplu ve kutikula ile bağlantılı mekanoreseptörlerden farklı olarak çok kutuplu neuronlar içerirler ve bağ dokusu veya kasla ilişkilidirler. Bu tip reseptörler segmentler arası katlanmalarda, bu katlanmalar ile dorsal vücut duvarı arasında veyahutta dorsal vücut duvarı ile sinir arasında gergin tel şeklinde bir askı oluştururlar. Gerili halde iken bu organlar elektrofizyolojik cevapların aynı yönde sürekli artışı sağlarlar.

Çok yaygındırlar, segmental dizilerek benzer seriler oluştururlar.

İşitme organları: Sesin, sıvı ve katı ortamlardan geçmesine rağmen böcekler tarafından algılanması konusunda çok az şey bilinmektedir. Buradaki ses düşük yoğunluktaki hava karışımından ibarettir ve insanın işitme sınırları dışında kalır. Bu tür karışımlar hem lokal basıncı arttırırlar hem de hava partiküllerinin ses kaynağından uzaklaşmasını sağlarlar. Bazı böceklerin işitme organları ses kaynağından uzaklaşan hava partiküllerini algılamak üzere görev yaparken diğerleri basınç algılayıcıları olarak iş görürler.

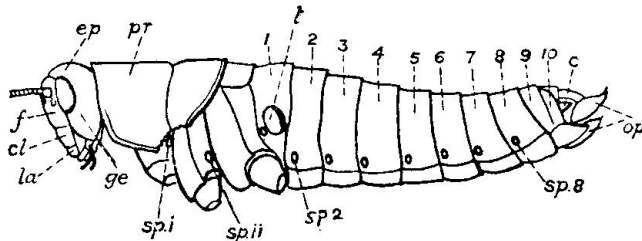
İşitme organları gerçekte mekanoreseptörler olmakla beraber dokunma duyusu organlarından, çok düşük yoğunluktaki karışımlara yanıt vermeleri ile ayrılırlar.

Bu benzerliğe rağmen 4 tip ses algılayıcısı ayırt edilebilir:

a- Tympanal organlar: Trakeal hava keseleri ve kordotonal sensillumlarla bağlantılı çift haldeki ince kutikular membran (**thypanum**) dan ibarettirler. Orthoptera (Acridioidea, Tettigonidae, Grylloidea), Cicadidae (Homoptera) ve bazı Lepidoptera (Geometridae, Uraniidae, Cymatoptheridae, Pyralidae)'da bulunurlar.

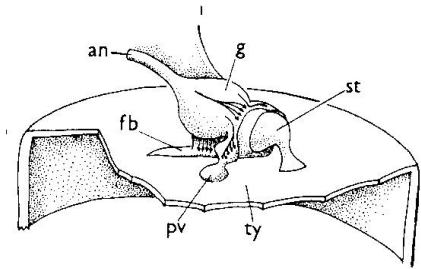
Tympanal organlar Acridioidea'da I. abdominal tergumun her bir yanında bulunurlar. Tympanumları dıştan görülebilir ve bir halka ile çevrilidir (Şekil 42, 43). İçten ise tympanumun iç yüzeyine tutunmuş bir grup skolopor içerirler. **Müller organı** olarak bilinen bu skolophor kümesi işitme sinirleri yoluyla metatorasik ganglionla bağlantılıdır. Müller organı ile, sklerize olmuş iki çıkıntı ve içi sıvı dolu armut şeklindeki bir vesikül de çok sıkı bir şekilde ilişkidir. Bu yapılar büyük bir olasılıkla tympanal titreşimleri sensillaya aktarırlar.

Tympanumun anteriör kenarına yakın olan I. abdominal stigma, tympanumun iç yüzeyine açılan bir hava kesesi oluşturur. II. abdominal segmentin her bir yanında da ventral Trake kökünden iki ilave hava kesesi çıkar. Bu keseler içte devam eder ve diğer keseye



Şekil 42. Çekirgede tympanum (Kanatlar ve bacaklar koparılmış) (Gray'den).

Sp.1-sp.ii. torasik stigmalar, sp.2-sp.8. abdominal stigmalar, ep. epikranium, f. frons, cl. klypeus, la. labrum, ge. gena, pr. protoraks, t. tympanum, c. cercus, op. ovipositor.

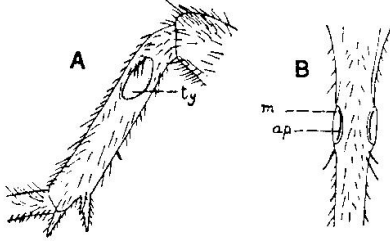


Şekil 43. *Locusta migratoria*'da işitme organının yapısı (Gray'den). Tympanum'un iç yüzeyinde Müller organı

an. işitme siniri, g. ganglion, fb. Katlı cisim, pv. pyriform vesikül, st. styliform cisim, ty. tympanik membran.

temas halindedirler. Acridioidea'da tympanal organlar sese doğrudan duyarlıdırlar ve türe bağlı olarak saniyede 90-300 arasındaki titreşimleri tanıyabilirler ve buna karşılık olarak geniş bir aralıkla 1,5 kHz'den 80 kHz'e kadar varan frekansla cevap oluştururlar.

Tettigonidae ve Grylloidea'da her bir ön tibianın kaide kısmında bir çift tympanal organ vardır (Şekil 44). Bazı türlerde kolayca görülürler fakat bazılarında kutikular katlanmalarla gizlenmişlerdir. Bu yapılar bir çukura yerleşmiş olup dışarıyla yarık şeklindeki bir yapı aracılığıyla ilişkidirler.



Şekil 44. A- *Acheta domesticus* (Tettigonidae)'un sol ön tibiasında tympanum'un dıştan görünüşü. B- *Tettigonia viridissima* (Tettigonidae)'da ön tibianın bir kısmının frontalden görünüşü (Imms'den).

ty. tympanum, m. tympanumu çevreleyen membran, ap. tympanal odacığa giriş deliği.

Lepidopter'lerin çoğu familyasında tympanal organlar metatoraksın her bir yanında veya abdomenin kaidesinde yer alırlar. Her bir organ kutikulanın invaginasyonu ile oluşan bir boşluk içinde yer alır ve dışarı açıklıkları integümente ait katlanmalarla koruma altına alınmıştır. Bir tympanum, trake, hava keseleri ve iki kordotonal sensillum içerir.

Tympanal organlar diğer böceklerde de bulunurlar fakat ayrıntılı olarak çalışılmamışlardır. Homoptera (Cicadidae)'nin her iki cinsiyetinde de bulunurlar ve abdomenin kaidesinde yer alırlar. Şeffaf bir tympanum ile çevrili işitme boşluğunda yaklaşık 1500 kadar kordotonal sensillum içerirler. Organ boşluğu trakeal hava kesesi yerine kanla (hemolenf) doludur. 13-120 kHz arasındaki ultrasonik titreşimleri algırlarlar.

Notonecta, *Nepa* ve *Corixa*'nın mesotoraksında yer alan kordotonal organlar havadan oluşan 100-10000 Hz'lik sese reaksiyon gösterirler.

a-İşitme kolları: Çoğu Lepidopter larvası düşük frekanstaki sese kıl sensillumların aracılığıyla cevap oluşturur. Bazı Orthopter'lerin serkuslarında yer alan kollar ses titreşim reseptörleri olarak rol oynarlar ve saniyede 3000 devirden az frekansı olan titreşimleri algırlarlar.

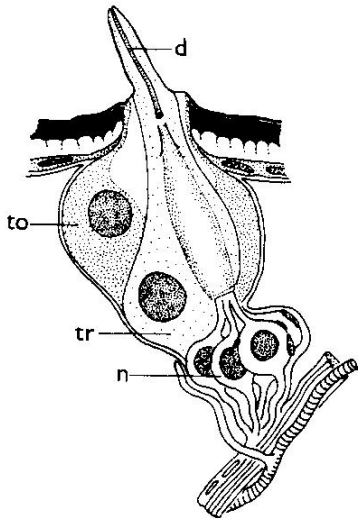
b-Johnston organı: *Aedes aegypti* (Culicidae) nin erkeklerinde ses dalgaları anten flagellumu üzerindeki kılların hareketi ile algılanır, kılların hareketi tüm flagellumun hareketine neden olur ve böylece Johnston organının sensillumları uyarılır. Bu ve diğer türlerde erkekler 150-550 Hz frekanstaki sesleri duyabilir. Maksimum duyarlılık 380 Hz'dir ve bu frekans dişinin uçma esnasında çıkardığı ses tonuna eşittir. Erkekler uçma esnasında kendi seslerini algılamazlar, dişi de bu sınırlar üstündeki sese cevap oluşturmaz. Dişinin daha az kıllı antenleri ise esasen kimyasal algılayıcıdır.

c-Sphingidae piliferleri: Ultrasonik frekanstaki sese duyarlı yegane işitme organıdır ve Sphingidae (Lepidoptera) familyasının Choerocampinae altfamilyasına ait türlerin başlarında bulunur. Bu böceklerde ses algılaması palpus labialisin ikinci segmentinin median duvarı ile piliferin distal lobu arasındaki temasa bağlıdır. Pilifer (epifarinks

çıkıntısı) labrumun ventral yüzeyinde duysal iletiler taşır. Pilifer lobu deneysel olarak 30-70 kHz'lik optimum frekansla uyarıldığında 0,02-0,1nm kadar kısa aralıkta cevap oluşturur.

Chemoreseptörler (Kimyasal algılayıcılar) : Değişik yapıda olanları vardır. Bununla birlikte böceklerin kemoreseptör sensillumları ortak yapısal özellikler taşırlar (Şekil 45). Belirgin bir şekilde özelleşmiş örtü kıllarından orijinlenirler. Kutikular kısımları trikojen ve tormojen hücre ile eşdeğer hücreler tarafından salgılanır. Bununla birlikte diğer epidermal hücreler de bu oluşuma katılırlar. Her bir sensillum bir grup bipolar neuron (bazen tek bir neuron, bazen 60 ve daha fazla) ile temastadır. Olfactorial sensillumları çevreleyen kutikula aynı zamanda bir çok kompleks por tarafından delinmiştir. Böylece kimyasal uyarın sinir uçlarına ulaşır. Bazı sensillumlarda bir tek neuron farklı kimyasal uyarılara karşı cevap oluşturabilmekte ve bazı hallerde bir tek duysal kıl da hem mekanoreseptör hem de kemoreseptör olarak etki gösterebilmektedir.

Kutikular kısımların yapısına göre kemoreseptör sensillumların birkaç tipini ayırt etmek mümkündür. Sensillumların şekline göre kemoreseptörler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:



Şekil 45. *Apis mellifera* hipofarinks'indeki basikonik sensillum' lardan kesit (Skliker, Sekhon ve Lees'den).

n. duysal neuron, d. dendrid, to. tormojen hücre, tr. trikojen hücre.

a-Sensilla trichoidea : Kıl benzeri yapılarıdır. Bunlar geniş dağılım gösteren kemoreseptör tipidirler. Vücudun çeşitli kısımlarında bulunurlar. Dipter'lerin labellum ve tarsus' larında (tat organı olarak), Acridid'lerin palpus maxillarisinde (bitkisel besin seçim organı), çoğu böceğin antenlerinde (koku alma organları) bulunurlar.

b-Sensilla basiconica ve Styloconica:

Koni veya çivi benzeri yapılar olup trikoid sensillumlardan uzanan kısımlarının daha kalın olmasıyla ayrılırlar. Lepidopter larvalarının palpus maxillarisinde şekerler,

alkoller, amino asitler ve diğer bitkisel bileşenlere cevap verirler. Dişi Culicid'lerin palpus maxillarisinde CO₂'e duyarlıdırlar ve çoğu böceğin anteninde koku alma organı olarak bulunurlar.

c-Sensilla coeloconica : Daha az yaygın olup ince duvarlı basikonik sensillumlardan kutikular uzantılarının kutikular yüzeyin altına çökmüş olmasıyla ayrılırlar. *Apis mellifera*

antenlerinde CO₂ reseptörleri halinde bulundukları gibi *Anopheles*, *Bombyx*, *Lasius* antenlerinde de bulunmuşlardır.

d-Sensilla placodea : İnce, uzamış, oval veya halka şeklindeki kutikular yapılarıdır. Kutikulanın üzerinde yassı ve hafif bir tümsek halinde görülürler. *Apis* antenlerinde çok sayıda olfaktorial reseptörler olarak bulunmuşlardır.

e-Atypical sensilla : Yapısal olarak yukarıda belirtilen diğer kemoreseptör sensillumlardan oldukça farklıdır. Bu tür yapılar *Nicrophorus* anten segmentlerinde, Cecidomyid antenlerinde, *Calliphora* larvalarının torakslarında görülür.

Kemoreseptör sensillumlar çok özelleştikleri ve neuronlarının özellikler nedeniyle ayrı ayrı çok sayıdaki duyulara aracılık ettikleri için bunları iki temel gruba (koku alma ve tat alma) ayırmak uygun olacaktır:

Koku alma duyuları : Böceklerde koku alma duyuları, normal sıcaklıklarda nispeten uçucu olan çok sayıdaki çeşitli maddenin düşük yoğunlukta gaz haline geçmesi ile uyarılırlar. Koku reseptörleri trikoid, basikonik, sölökonik ve plakoid sensillumlar olup çok sayıda kutikular porlarla donatılmışlardır. Koku uyaranları, cezbedici ve uzaklaştırıcı olmaları bakımından “Ekonomik Entomoloji”de oldukça araştırılmıştır. Fakat algılama ve aktarılmanın ayrıntılı mekanizması kimyasal yönden, davranış açısından hala büyük bir dikkatle araştırılmaktadır.

Çoğu basit kimyasal maddenin koku vermedeki eşik değeri arıda da insanda olduğu değerdedir. Çeşitli maddelerin farklı böcekler için eşik değer konsantrasyonları (1 cm³ havadaki molekül sayısı) ölçülmüştür. Bu değerler *Nicrophorus*’da skotol için $4,17 \times 10^{14}$, *Pieris napae*’de benzaldehit için $3,28 \times 10^{14}$, *Apis mellifera*’da nerol için $3,2 \times 10^9$ ’dur. Daha büyük duyarlılıklar örneğin *Bombyx mori*’nin dişi sex-cezbedici maddesi bombykol gibi oldukça özel biyolojik cezbedicilere karşı gösterilmiştir. Bu maddenin tek molekülü anten duyu hücrelerinden sinirsel bir cevap elde etmeye yeterlidir. Yaş, cinsiyet, beslenme durumu, sıcaklık, nem, hava akım hızı gibi faktörler koku alma eşik değerini etkilerler.

Koku yolu ile cevap oluşturulmasına neden olan maddelerin en dikkate değer özellikleri, özel cezbediciler olmaları veya böcek yaşamında haberleşme organı olarak rol oynamalarıdır. Bu tür maddenin çoğu için **feromon** terimi kullanılmıştır. Feromon bir türün bir bireyi tarafından dışarıya salgılanıp aynı türün diğer bireyleri tarafından alınan bir madde olarak tanımlanabilir. Bu maddeler alındığında bazı özel davranış modelleri gösterilir. Bu tür maddeler genelde koklama duyusu ile ilgili uyarıcılar olup biyolojik fonksiyonlarına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilirler :

- a. Koku izi bırakıcı feromonlar
- b. Sex cezbediciler
- c. Yüzey feromonları
- d. Toplanma ve bir araya gelme feromonları
- e. Alarm feromonları
- f. Morfogenetik feromonlar

Feromonlarla yakın akraba olan ve biyolojik olarak önemi bulunan diğer koku maddeleri kairomon'lardır. Bu maddeler "bir tür tarafından salgılanmakla beraber esas olarak diğer türler tarafından algılanır" ve bu türlere yarar sağlarlar. Örnek olarak yumurta bırakma cezbedicileri verilebilir.

Böcekleri, beslendikleri veya yumurtalarını bıraktıkları bitki, hayvan veyahut ta başka cisimlere çeken besin ve konak kokuları vardır.

Tat alma duyuları : Bu duyular reseptörlerle daima sulu ortamda temas haline geçerler ve uçucu olmayan uyarıcı maddelerin nispeten yüksek yoğunluklarına cevap oluştururlar. Bu nedenle tat alma sensillumları bazen kontak kemoreseptörleri olarak bilinirler ve beslenme esnasında hoşlanmadıkları maddeleri reddetmeyi sağlarlar. Bu reseptörler trikoid, basikonik ve stilo konik sensillumlar şeklinde oldukları gibi Dipter'lerin interseudotrekeal papillalarına benzer özel yapılar halinde de olabilirler. Kontak kemoreseptörler yaygın olarak tarsuslar, maksiller ve labial palpler (Dipter'lerin labellası dahil) üzerinde ve az da olsa antenlerde dağılmışlardır. Bu tür sensillumların büyük çoğunluğu ağız kısımlarında ve preoral besin boşluğunda yoğunlaşmışlardır.

Hemipter'lerde özel tat alma organında, kan emen Dipter'lerde ise **cibarium** (preoral boşluğun hipofarinks tarafından bölünmüş anterior veya dorsal kısmı) duvarlarında fonksiyonel olarak önemli bir grup oluştururlar. Böceklerin tat eşik değerlerinde maddenin tabiatına, böceğin türüne ve reseptöre göre büyük farklılıklar vardır. Genel olarak şekerler sevilerek alınırlar. Fruktoz, glukoz, sukroz ve maltoz düşük yoğunluklarda algılanırken galaktoz, mannoz, arabinoz sadece yüksek yoğunluklarda uyarıcıdır. Asitler, tuzlar, alkoller, esterler, aminoasitler, yağlar gibi maddeler yüksek yoğunluklarda reddedilirler fakat asitlerin ve tuzların sulu eriyikleri bazen suya veya sulandırılmış şekerli eriyiklere tercih edilirler.

Sıcaklık reseptörleri : Isının böceğe veya böcekten ortama aktarılması yayılma, taşınma, buharlaşma veya yoğunlaşma yoluyla olur. Kan emici böcekler memeli konaklarının ısısı tarafından cezbedilirler. Isı reseptörleri antenler, maksiller palpler ve

tarsuslarda yer alırlar. Birkaç türde soğuk algılama reseptörleri de bulunmuştur. Bu reseptörler *Periplaneta americana*'da aroliumlar ve tarsusa ait pulvilluslarda ve aynı zamanda antenlerde bulunurlar. Flagellum segmentlerinin ventral taraflarındaki birkaç küçük trikoid sensillumun hem belli bir zamandaki sıcaklığa hem de sıcaklık değişim oranlarına cevap verdiği anlaşılmıştır. Lepidopter larvalarının 3. anten segmentinin sıcaklık düşmelerine çok duyarlı olan stylokonik sensillumlar içerdiği sanılmaktadır. Yapılan deneylerde *Stomoxys calcitrans*'ın bir araya gelmek için tercih ettikleri sıcaklık dereceleri 24-32 °C arası bulunmuştur.

Nem reseptörleri : Bazı böcekler su buharını algılayarak su kaynağına doğru yönelirken bazıları düşük ve yüksek nemlerden sakınırlar. Bulundukları ortam nemi ,kendi vücut nemleriyle benzer olabilmekle beraber farklı da olabilir. Dolayısıyla böcek davranışı su dengesi yoluyla da etkilenmiş olabilir.

Stomoxys calcitrans'ta nispi nemdeki hızlı artışla başlatılan muhtemel cevaplar, normal beslenme davranışında, konak kokusuna oluşturulan herhangi bir cevaptan daha önemli olabilir.

Böceklerde nem reseptörlerinin antenlerde olduğu anlaşılmıştır. Basikonik, trikoid veya plakoid sensillumlar tipinde veya *Pediculus*'ta olduğu gibi özel püskül benzeri sensillumlar halinde olabilirler.

Nem reseptörlerinin etki mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir.

Görme organları : Böcekler ışığa karşı a- **Dermal reseptörler**, b- **Dorsal oselluslar**, c- **Lateral oselluslar** veya **stemmata**, d- **Bileşik gözler**le cevap verirler.

Tipik olarak bir böcek, bileşik gözler ve dorsal oselluslara sahiptir. Ancak dorsal osellusları bulunmayabilir. Lateral oselluslar sadece Endopterygot larvalarında vardır. Fotoreseptörlerin indirgenmesi veya kaybı, karanlık ortamlarda yaşayan böcek türleri arasında yaygındır (örneğin endoparazit ve kavernikol böceklerde, termit ve karınca yuvalarında, toprak oyuklarında veya bitki dokularında yaşayanlarda). Ayrıca çoğu ektoparazit böcek (Mallophaga, Siphunculata, Pupipar Dipter'de) te bulunmazlar.

a- Dermal reseptörler : Böceklerin bir çoğu (Lepidopter larvaları, *Periplaneta*, *Tenebrio* larvaları), gözleri ve osellusları çıkarılsa veya opak bir materyalle kapatılsa bile yine de ışığa tepki gösterirler. Böylece bütün vücut yüzeyinin ışığa karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Ancak burada bulunan reseptörler tanımlanmamıştır.

b- Dorsal oselluslar: Tipik olarak gelişme gösterdiklerinde başta alın ve tepe kısmında 3 dorsal osellus bulunmakla beraber ortadaki kaybolabilir. *Blattaria*'da

bulunmazlar veya bir çift ışığa duyarlı şeffaf nokta halindedirler. Siphonoptera'da muhtemelen bir çifttirler. Genel bir kural olarak kanatsız böceklerde bulunmazlar ve kanatlı böceklerle özgüdürler. Bununla beraber Siphingidae ve Tabanidae gibi hızlı uçucu böceklerde bulunmazlar.

Dorsal osellusların yapısında aşağıdaki kısımlar ayırt edilebilir :

a-Cornea : Merceği oluşturmak üzere, kutikulanın osellusu dıştan çevreleyen kalınlaşmış ve daha şeffaf olan bölgesidir. Ephemeropter'lerde kornea konvektir fakat kalınlaşmamıştır ve mercek korneagen tabaka altında uzanan çok köşeli hücre kümesi tarafından oluşturulmuştur.

b-Corneagen tabaka : Farklılaşmış epidermal hücrelerden ibarettir. Renksiz şeffaftırlar, merceği salgırlar. Bazen belirgin bir vitröz hücre tabakası oluştururlar ve çift kırıcı olarak görev yaparlar.

c-Retina : Yaklaşık 500-1000 arasında primer duyu hücresinden ibarettir ve bu hücreler yassı bir çomak oluştururlar. Bazen 2-5 hücrelik gruplar halinde dizilerek retinulayı yaparlar. Proksimalde retina hücrelerinin kısa aksonları vardır. Bu aksonların hücre gövdeleri beyin pars interserebralisinde yer alan neuronlarla sinaps yaparlar. Her bir retina hücresinin yüzeyinin bir kısmı ışığa duyarlı olarak rabdomeri yapmak üzere özelleşmiştir. Rabdomer sıkı paketler halinde yaklaşık 0,5 nm uzunlukta mikrovilluslardan ibarettir.

d-Pigment hücreleri : Tüm osellusu çevreleyebilirler veya irise benzer şekilde hücrelerden oluşmuş bir halka meydana getirirler. Birkaç türde pigmentlerin göç ettiği kaydedilmiştir. Temel fonksiyonları, ışığın osellusa mercek dışından girişini önlemektir. *Periplaneta*'da bulunmazlar ve diğer türlerde dikkate değer derecede değişiklik gösterirler.

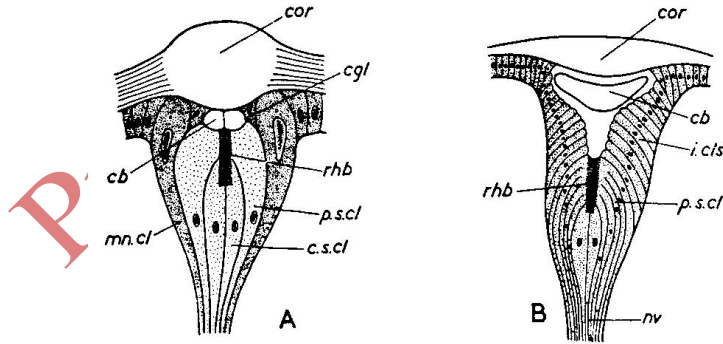
e-Merkezi sinir bağlantıları : Osellar sinirler retina hücrelerinin kısa aksonları ile protocerebral neuronların uzun aksonlarını içerirler. Kısmi çaprazlanma protoserebrumda olur ve çaprazlanan aksonlar korpora pedunculata (Protoserebral lobların birleşme merkezi),nın kaliksine uzanır.

Dorsal osellusların fonksiyonu tam olarak bilinmemektedir. Görme alanları bileşik gözlerinki ile çakışmaktadır. Bu bakımdan şeklin algılanmasına aracılık etmeleri olası değildir. Dorsal oselluslar muhtemelen polarize ışığı tanıyamazlar ve renkli görme veya "circadian ritm" ile de ilgili değildirler. Diğer taraftan elektrofizyolojik delillere göre ışık yoğunluğunu ve bu yoğunluk değişikliklerini bildirirler. Oselluslar kapatıldığında böcek özellikle parlak ışıktaki daha yavaş hareket eder. Bu durum aslında günümüzde genelde kabul edilmeyen, "dorsal osellusların stimulator organlar oldukları" görüşünü desteklemektedir .

Diğer bir görüşe göre oselluslar ve bileşik gözler böceğin fototaktik davranışına aracılık ederken karşılıklı etkileşim halindedirler. Örneğin *Locusta* ve *Gryllus*'ta birlikte etki yaparak oryantasyonu daha kesin bir şekilde sağlarlar. Zayıf ışıktaki dorsal oselluslar ve bileşik gözler birlikte etkileşim gösterdikleri halde parlak ışıktaki antagonistik davranış gösterirler.

c-Lateral oselluslar (Stemmata) : Birkaç böcek türü hariç lateral oselluslar böcek larvalarında görülen gözlerdir. İsimlerinden de anlaşıldığı gibi başın yanlarına yerleşmişlerdir ve böcek gözlerinin görüntüyü algılamadaki pozisyonunu almışlardır. Lateral gözlerin sayıları değişkendir. Bazı gruplarda her bir yanda tek bir osellus varken diğerlerinde 6,7 veya daha çok olabilirler. Dorsal oselluslardan farkları, beyinin optik loplari tarafından sinirlendirilmeleridir. Kornea'larının altında bazen göz billuru dediğimiz kristal kırıcı cisim gelişebilirken göz pigment granülleri de bazen bulunmaz (Şekil 46).

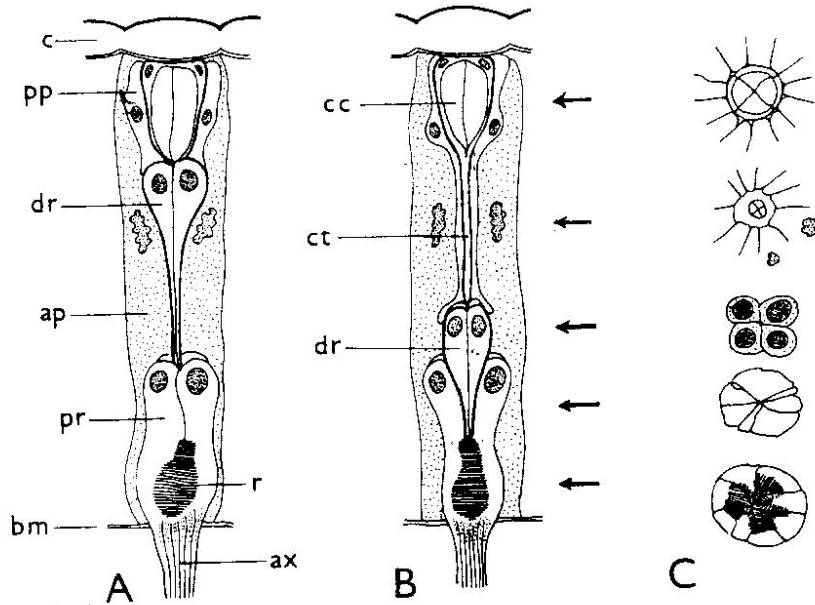
Lepidopter'lerde lateral osellusların korneası ve kristal cisim objenin bulunduğ u mesafeyi dikkate almaksızın objeye ait az çok belirgin ters bir görüntü oluşturabilir. 6 çift osellus birlikte hareket ederek ya çok az çakışmış ya da hiç çakışmamış halde 12 görüntü sahası oluşturabilirler ve böylece kaba bir görüntü mozay iği sağlanmış olur. Başın bir yandan diğ er bir yana hareket ettirilmesi ile larva büyük bir alanı inceleyebilir ve kendisini çevresindeki aydınlık ve karanlık sahalarda yönlendirebilir. Tırtılların besin arayışları ve pupalaştıkları yerler dikkate alındığında bazı renkli görme yetenekleri olduğ u görülmektedir. *Bombyx mori* larvalarında lateral osellusların renk spektrumuna duyarlık eğrilerinin ultraviole ve yeş il bölgede en üst noktaya geliş i renkli görmede 2 reseptör sistemleri olduğunu göstermektedir.



Şekil 46. A- *Lepidopter* larvasında lateral osellus tipi. B- *Dytiscus* larvasında lateral osellus tipi (Snodgrass'dan).

cb. kristal cisim, cgl. korneagen hücre, cor. korneal mercek, c.s.cl. merkezi retinal hücreler, i.cls. pigmentli iris hücreleri, mn.cl. örtü hücreleri nv. osellar sinir, p.s.cl. periferik retinal hücreler, rhb. rabdom.

Bileşik gözler : Bileşik gözü oselluslardan ayıran temel özellik bileşik gözlerde korneanın bir seri bağımsız faset (küçük göz) e ayrılmış olmasıdır. Oysa her bir osellusta tek bir faset vardır. Bileşik gözler, ommatidium olarak adlandırılan birbirinden ayrı görme elemanlarının biraraya gelmiş halidir. Ommatidiumların herbiri korneanın tek bir küçük faseti ile karşılıklı durur. Lateral oselluslar gibi beyinin optik lobundan sinirlenirler (Şekil 47).



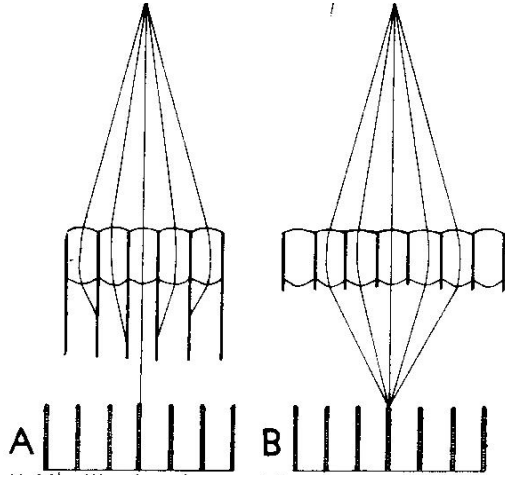
Şekil 47. *Archichauliodes guttiferus* (Neuroptera)'un bileşik gözünde ommatidyum'un histolojisi (Walcott ve Horridge, 1972).

A. Karanlığa uyum sağlamış gözün ommatidyumundan boyuna kesit. B. Aydınlığa uyum sağlamış gözün ommatidyumundan boyuna kesit, C. Aydınlığa uyum sağlamış gözden enine kesit (kesit yerleri okla gösterilmiştir). Ap. Yardımcı pigment hücresi, ax. her ommatidyumdan ayrılan 8 akson, bm. basal membran, c. kornea, cc. kristal koni, ct. kristal uzantı (aydınlık ve karanlığa uyuma göre uzunluğu değişken), dr. dört distal retinular hücre, pp. primer pigment hücreleri, pr. proximal retinal hücreler, r. rhabdom (sekiz retinal hücrenin katılımı ile oluşmuş), b

Bileşik gözdeki fasetlerin sayısı ve boyu çok değişiktir. Karıncalardan *Ponera punctatissima* türünde her göz tek fasetlidir. *Solenopsis fugax*'ta ise 6-9 faset vardır. Diğer karıncalarda ise işçilerde bu sayı 100-600, dişilerde 200-830, erkeklerde 400-1200 arasında değişir. *Musca*'da gözde 4000 faset vardır. Bazı Lepidopter'lerde faset sayısı 12.000-17.000, Odonat'larda ise 10.000-28.000 veya daha çoktur. Böceklerin çoğunda fasetler birbirlerine çok yakın paketlenmiş altıgen veya bal peteği görünümündedirler fakat az sayıda olduklarında ve daha gevşek paketlenmiş olduklarında yuvarlak şekildedirler. Faset gözün tüm alanı içinde eşit boyda değildirler. *Tabanus* erkeklerinde gözün anterior ve üst kısmında olanları çoğu kez daha büyüktür. Fakat büyüklü ve küçüklü bölge belli bir sınırla

ayrılmamıştır. Diğer Dipter'lerden *Bibio* ve *Simulium* erkeklerinde farklı boydaki fasetlerin oluşturduğu iki saha belirgin bir şekilde birbirinden ayırılabilir ve her göz çiftmiş gibi görülür. En ileri düzeydeki farklılık bazı Coleoptera'lerde (*Gyrinus*, birkaç Cerambycidae) ve Ephemeroptera (*Cleon*) da görülür. Bu böceklerde gözün iki kısmı öylesine ayrılır ki iki bileşik göz varmış gibi bir izlenim verir.

Her bir ommatidyumun temel yapısını oluşturan bileşenler şunlardır (Şekil 47,48):



Şekil 48. Apozisyon (A) ve superpozisyon (B) gözlerde hayal oluşumunun klasik izahı.

A'da rhabdomu uyaran yegane ışık, ışık kırıcı birimden rhabdomun üzerine doğrudan doğruya gelen ışıktır. Lateral ışınlar retinaya ulaşmadan önce pigmentler tarafından emilirler.

B'de pigmentler geri çekildiği için lateral ışınlar, ışık kaynağının karşısında yer alan retinaya ulaşır.

a-Cornea : Ommatidyumun merceğini oluşturan şeffaflaşmış en dış kutikular sahadır. İki tarafı az çok konvektir. Bütünüyle ışık kırıcıdır. Bazı böceklerde fasetler arasında kıllar vardır. Eğer bu kıllar, örneğin arıda deneysel olarak kopartılırsa arı güneş ışınları ve besin kaynağı arasındaki açıyı tam olarak ölçemez. Çoğu böcekte kornea dıştan oldukça yassıdır (örneğin Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera). Diptera ve Lepidoptera gibi böceklerde ise dış yüzey birçok ultramikroskopik koni şeklinde çıkıntılar içerir. Böylece ışığın yüzeydeki yansımaları azaltılıp, kornea yoluyla aktarımı artırılmış olur.

b-Corneagen tabaka : Korneanın altında uzanan epidermal kısım korneagen tabaka olarak bilinir. Normalde her bir ommatidium iki hücreden ibarettir fakat bazı erginlerde bu hücreler çok zorlukla görülebilir. Bazılarında ise korneagen hücrelerin bulunmadığı söylenebilir, bu takdirde kornea kristalin koni hücreleri tarafından salgılanır.

c-Kristal koni hücreleri : Korneagen tabaka veya kornea altında 4 hücre halinde yer alırlar. Bu hücreler ökon gözlerde kristal koni (şeffaf cisim) yi salgırlar. Kristal koni hücrelerine semperik hücreler de denir.

d-Primer pigment hücreleri (Primer iris hücreleri) : Bu hücreler yoğun pigment içeren ve genel olarak sayıları iki olan hücrelerdir. Kristalin koni ve korneagen hücreler etrafında halka şeklinde yerleşmişlerdir.

e-Retinula : Ommatidyumun kaide kısmını oluşturur. Bu grup az çok uzamış görme hücresi içerir. Bu hücrelerin her biri bir aksonla (**post retinal lif**) devam eder ve bu lifler aracılığıyla merkezi sinir sistemiyle temastadırlar. Genel olarak hücre sayısı 8'dir. Fakat *Ephestia*'da sayıları 9-12, *Erebus*'da 7'dir. Bazı böceklerde *Mastotermes*'de olduğu gibi benzerdirler ve ışınsal dizilidirler. Diğerlerinde ise Odonat'larda olduğu gibi kat kat dizilidirler veya *Aedes*'te olduğu gibi merkezi ve çevresel gruplar oluştururlar. Retinula hücreleri yaygın olarak pigment granülleri veya lipid damlaları, multivesiküler cisimler ve organeller (kaba ve düz endoplazmik retikulum, golgi elemanları, mitokondriler, serbest ribosomlar ve uzunlamasına sıralanmış mikrotübüller içerir. En çarpıcı özellikleri hücrelerin az çok geniş olan yüzeylerindeki fazla miktardaki mikrovillusların ortaklaşa olarak rabdomeri oluşturmasıdır. Bazı hücrelerin rabdomerleri ayrı ayrı bulunmakla beraber genellikle bitişik hücrelerin rabdomerleri birleşerek merkezi çomak şeklindeki rabdom'u oluştururlar. Rabdom, retinulanın merkezi eksenini oluşturur ve kristal koni ile temastadır.

f-Sekonder pigment hücreleri (sekonder iris hücreleri) : Genelde çok sayıda; çoğu kez uzamış, pigmentli hücrelerdir. Retinula ve primer pigment hücrelerini sararak, her bir ommatidyumu optik olarak kendisine komşu olandan izole eder. Bazı böcek türlerinde bu perdeleyici pigmentler ommatidyumun bir kısmının veya tamamının etrafında bulunmayabilir veya gelen ışığa bağlı olarak göç edebilirler.

Ommatidyumların proksimal uzantıları delikli basal membran üzerine dayanır. Basal membran, görme hücrelerinin aksonları ve ince trake kapillerleri (trakeol) ile delinmiştir. Bu nedenle buraya "**membrane fenestra**"da denir. İnce trakeoller göze girdiklerinde ommatidyumun uzun eksenine paralel olarak yer alırlar ve bazı gececi böceklerde yansıtıcı tabaka tapetum oluşturarak karanlığı aydınlatmaya yardım ederler.

Bileşik Göz Tipleri : Histolojik olarak kristal koninin bulunup bulunmamasına ve yapısına göre 4 temel göz tipi ayırt edilmiştir :

1. *Eucone gözler* : Her bir ommatidyumda kristal koni hücreleri tarafından salgılanan sert, ışık kırıcı konik cisim vardır ve bu cisim optik cihazın bir kısmını oluşturur. Bu tür gözler Thysanura, Odonata, Ephemeroptera, Orthoptera, bazı Hemipter'lerde, Chrysopidae (Neuroptera), Trichoptera, Lepidoptera, Hymenoptera ve bazı Coleoptera (Carabidae, Cicindellidae, Dytiscidae ve Scarabaeoidea)'lerde da bulunur.

2. *Pseudoeucone gözler* : Koni hücreleri şeffaf ve akışkan bir sıvı ile doludur. Diptera (Brachycera ve Cyclorrhapha) da bulunurlar.

3. *Acone gözler* : Uzun, şeffaf kristal koni hücreleri herhangi bir yansıtıcı madde

salgılamazlar. Dermaptera, bazı Hemiptera, bazı Diptera (Nematocera) ve bazı Coleoptera (Staphylinidae, Coccinellidae, Histeridae, Silphidae ve Curculionidae) da bulunurlar.

4. *Exocone gözler* : Kristal cismin yerini korneanın iç yüzeyinden gelişen koni şeklindeki uzantılar alır. Bu uzantılar distalde değişikliğe uğramamış kristal koni hücrelerine doğru uzanırlar. Coleoptera (Dermestidae, Elateridae, Byrrhidae ve Cantharidae) da bulunurlar.

Bileşik gözler fonksiyonları bakımından da yani hayalin oluşturulması şekline göre de aposizyon ve superpozisyon gözler olarak ayrılırlar. Yapısal olarak bu ayırım birbirine bitişik ommatidiumlar arasında görme pigmentlerinin yer alış şekline dayanmaktadır. Fakat günümüzde fonksiyonel superpozisyon gözler sadece atipik Hesperidae (Lepidoptera) de vardır. Böylece Exner'in bu ayırımı büyük ölçüde yapılmamaktadır. Bu ayırım yerine yapısal temele dayalı bir kaç tip göz tanımlanabilmekle beraber, bu tiplerin çoğunun fonksiyonel özellikleri henüz tam olarak aydınlığa kavuşmamıştır. Bazı hallerde karanlığa adapte olmuş ve aydınlığa adapte olmuş gözler histolojik olduğu kadar optik olarak ta farklıdır.

Tipik aposizyon gözlerde rabdom kristal koninin tepe kısmından basal membrana kadar uzanır (*Apis*'de ve diğer bir çok böcekte olduğu gibi). Kural olarak birbirine bitişik retinular hücrelerin rabdomerleri, rabdomu oluşturmak üzere boydan boya birbiriyle temastadır fakat Dipter'lerdeki açık-rabdom tipi gözde rabdomerler arasında merkezi bir eksen boşluğu vardır.

Rabdomerler *Photuris* ve *Dytiscus*'ta olduğu gibi iki farklı seviyede bulunabilir ve retina sonuç olarak katlı bir yapı gösterir. *Dytiscus*'un proksimal retinası ışığı toplamakla, distal retinası ise şekli algılamakla görevlidir. Kristal koninin, retinula hücreleri ve rabdomla ilişkisinin aynı zamanda büyük bir önemi vardır. Karanlığa uyum sağlamış *Archichauliodes* gözlerinde retinular hücrelerin dördü kristal koninin ucuna kadar ulaşır (rabdomerler daha proksimal konumlu olmasına rağmen). Oysa karanlığa uyum sağlamış gözlerde 100µm uzunluğundaki kristal iplikler veya teller kristal koniden retinulaya uzanırlar. Benzer kristal koni iplikli gözler Neuroptera, Coleoptera ve bazı Lepidopterler'de görülür. Birçok diğer böcekte ise kristal koni iplikleri ışığın koniden daha derindeki reseptör hücrelerine ulaşmasını sağlar. İpliklerin bulunmaması ve koni ile retinula arasında tipik bir şekilde pigmentasyonun olmaması halinde tek bir ommatidiuma ulaşan ışık birden çok faset içine kırılır.

Atipik gözler : Bazı böcekler, belirgin bir şekilde osellus tipinde yapısı olan ve filogenetik olarak bileşik gözler ve oselluslara yakınlığı şüpheli olan yan gözlere sahiptirler. Bu tür gözler, Mallophaga ve Siphunculata'da her bir yanda bir tek faset içerirken, Strepsiptera erkeklerinde grup halinde 50 kadar faset içerirler. Her iki halde de her bir fasetin korneası çok sayıdaki retinulayı çevreler. Diğer taraftan Collembola ve *Lepisma*'da her faset tek bir retinula ile ilişkilidir ve yapı olarak Lepidopter larvalarının oselluslarına benzer. Bazı Aphidoid ve Coccoid erkeklerinin osellusları da bu kategoriye dahil edilebilir.

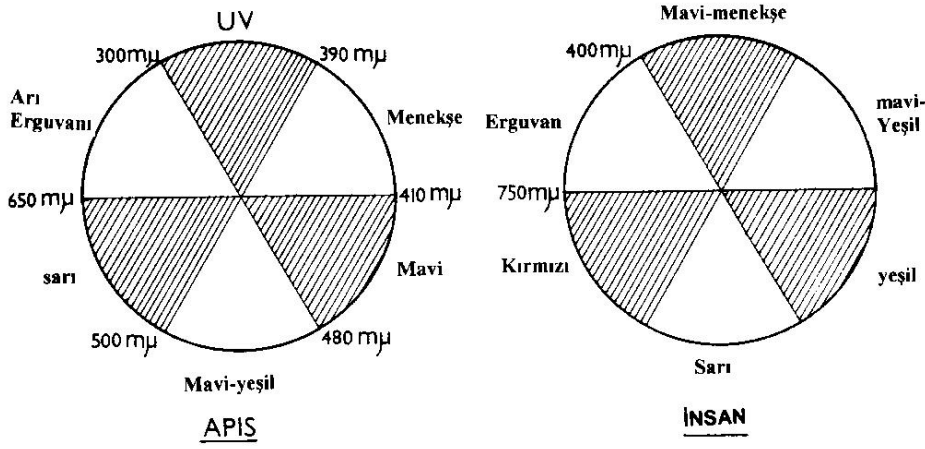
Renkli görme: Böceklerin değişik renkleri ayırt etme yeteneği ilk kez 1913'de von Frisch tarafından balarılarında gösterilmiştir. Günümüzde ise Orthoptera, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera ve Hymenoptera takımlarına ait böceklerin bazı renklerin dalga boylarını ayırt ettikleri gösterilmiştir. Genellikle çoğu böcek 350nm dalga boyundaki ultraviyole ışını ile 430-500nm dalga boyundaki ışınlar cevap verirler. Fakat bazılarının da kırmızıya duyarlı olduğu görülmüştür.

Renkli görmenin en ayrıntılı şekli balarısı *Apis mellifera*'dadır: Balarısı en az 6 büyük renk kategorisini ayırt edebilir. Bunlar sarı, mavi-yeşil, mavi, menekşe, ultraviyole ve arı erguvanı (sarı-ultraviyole karışımı) dır. *Apis*'in renkli görmesi insanda olduğu gibi 6 dilimli dairesel renk tayfi ile gösterilebilir. Bu tayf insaninkine benzer olmakla beraber spektrum 100nm kadar ultraviyole ucuna doğru yer değiştirmiştir (Şekil 49). Oranj-yeşil bölgede renk ayırımı zayıf olmakla beraber mavi-yeşil, erguvan ve arı-erguvan bölgesinde oldukça iyidir.

Ultraviyole ışınları, doğal objelerden farklı şekilde yansıtıldığı için böcek gözlerinde insan gözünün göremediği gizli modeller oluştururlar. Böylece bize tamamen aynı renkte görünen çiçeklerin polenleri veya nektarları ultraviyole yansıması sonucu ayrı renkte fark edilebilirler. Böcek kanatları veya diğer hayvanların vücutları üzerinde bu ve buna benzer yansımalar beslenme, kur yapma ve avı tanımadada dikkate değerdir.

Spektruma duyarlılık eğrileri, belirli dalga boylarına duyarlı, farklı tipte reseptör hücrelerinin bulunduğunu göstermiştir. Örneğin *Calliphora*'da her bir ommatidiumda yer alan 7 retinular hücre 3 sınıfa ayrılır. Hepsi ultraviyoleye son derece duyarlıdır. Fakat bu 7 hücreden 5'i 490nm'ye duyarlı iken (yeşil hücreleri), diğer 2'si sırasıyla 470nm'ye (mavi hücreleri) ve 521nm'ye (sarı-yeşil hücreleri) daha duyarlıdır. *Apis*'in erkeklerinde 340, 430, 460 ve 530nm'ye duyarlı 3 tip hücre varken işçilerinde maksimum 340, 450, 460 ve 530nm'ye duyarlı hücreler vardır. *Periplaneta*'da ise sadece 365 ve 407nm'ye duyarlı iki

tip hücre vardır. Fakat spektruma duyarlı iki veya daha çok retinular hücrenin bulunması renkli görmeyi izah etmek için yeterlidir.



Şekil 49. İnsan ve balarısı (*Apis mellifera*)'nın renk halkası (Burkhardt,1964, Daumer,1956). İçi taralı olan bölgeler primer renkleri, beyaz bölgeler sekonder renkleri göstermektedir.

Bazı böceklerde gözün farklı bölgeleri farklı cevaplar oluştururlar. Kınkanatlıların Gyrinidae familyası türlerinden *Dineutes*'de gözün ventral kısmı ultravioleye karşı daha duyarlıdır. Renkli görmeyi ve ultravioleye duyarlılığı sağlayan pigmentlerin rodopsin olduğu düşünülmektedir.

Polarize ışığın algılanması : Böcek gözlerine ulaşan doğal ışıklar polarize olurlar ve bunların titreşimleri bir düzlem içinde kalır. Bu düzlem polarize düzlemidir. *Apis mellifera*'nın polarize düzlemini tanıma becerisi ilk kez 1948'de von Frisch tarafından ortaya çıkarılmıştır ve hala bu tür'de araştırmalar devam etmektedir. Bu yetenek günümüzde birçok Arthropod'ta da örneğin *Trigona*, *Andrena*, *Vespa*, çeşitli karınca türlerinde, bazı Coleoptera, Diptera ve Heteroptera'da bulunmuştur.

Çoğu hallerde böcekler ommatidyumlarındaki kristal yapının oluşturduğu titreşim düzlemine göre bir yön saptayarak ilk hareketlerini yaparlar ve böylece gezinmeleri esnasında, koku izlerini bulmada veya güneşin yönünü bulmadaki normal kapasitelerini arttırabilirler. Balarılarının tepkileri polarizasyon düzleminin doğrudan doğruya algılanması temeline dayanmakta olup çevrelerindeki ışığı veya bu ışığın yansımalarını tanımaya yönelik değildir.

Böceklerde şekil ve harekete ait hayalin oluşması Müller (1826) tarafından "**Mozaik teori**" ile açıklamıştır. Bu teoriye göre her bir ommatidyum cismin bir parçasının hayalini oluşturur ve gözde mozaik şeklinde bir görüntü oluşur.

SES ve IŞIK ORGANLARI

Ses Organları

Farklı tipte ve yoğunlukta sesler böceklerin belli başlı takımlarına ait türler tarafından oluşturulur. Bazı türlerde örneğin çoğu Coleopter türlerinde ses oluşturan organlar her iki cinsiyette de benzerdir. Fakat çoğunlukla Orthoptera ve Cicadidae'de olduğu gibi erkekte daha iyi gelişmişlerdir. Oluşturulan sesin biyolojik önemi her zaman tam olarak anlaşılmış değildir fakat bazı türlerde eşleri cezbederek birleşmeyi kolaylaştırır veya dişiye uyarır. Bazı hallerde erkekler arasında cinsel rekabete yardım ettiği gibi türlerin tanınmasına ve böylece aynı türün bireylerinin bir arada kalmalarına yardım eder. Ayrıca tehlikeyi haber verir veya korunmaya yönelik davranışa geçilmesini sağlar. Bir böcek, çeşitli sesler oluşturabilir ve her sesin ayrı bir fonksiyonu vardır.

Ses oluşturma şekilleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

1. Vücudun bir bölümünü herhangi bir cisme vurarak
2. Vücudun bir bölümünü başka bir bölümüne sürterek
3. Kanatları veya torasik duvarları titreterek
4. Kas yardımı ile özel bir zarı titreterek
5. Havayı dışarı vererek.

1. Vücudun bir kısmını herhangi bir cisme vurarak ses çıkarma:

Bu tipte ses çıkarmaya örnek olarak Kın kanatlılardan *Xestobium rufovillosum* türü ve Anabiidae familyası türleri gösterilebilir.

Bu tipteki sesin cinsel çağrı olduğu ve yuva duvarlarına başın vurulmasıyla oluşturulduğu düşünülmektedir. Plecopter'lerin bazılarında erkekler abdomen ucunu yere vurur. Psocopter'lerden *Trogium pulsatorium* da bu yolla ses oluşturur. Birkaç Hesperidae ve Lycaenidae (Lepidoptera) pupası vücutlarını bulundukları odacıklara veya yere vurarak korunmaya yönelik ses çıkarırlar. Termitlerin çoğu türünün erkekleri (örneğin *Bellicositermes*) başlarını ritmik olarak bir çekiç gibi yuva materyaline vurarak yuvada hafif bir mekanik titreşim oluştururlar. Bu titreşim tüm yuva materyalinde etkili olduğundan, tehlikeyi haber verme işareti olarak ta iş görür.

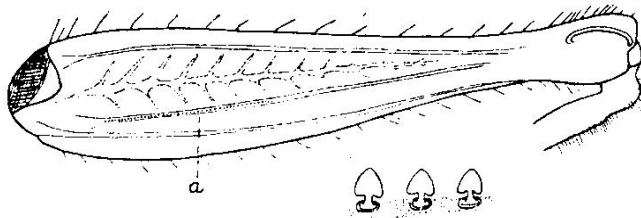
2. Vücudun bir bölümünü başka bir bölümüne vurarak ses çıkarma:

Böcekler tarafından çıkarılan sesin büyük bir kısmı bu yolla oluşturulur. Bu tipteki sesin oluşturulması ile ilgili vücut kısımları cırlama organları olarak bilinirler.

Cırlama organları birçok böcek ordosunun temsilcilerinde bulunurlar. Özellikle Orthoptera, Coleoptera ve Hemiptera'da bulunurlar fakat en iyi bilinenleri Orthoptera takımı temsilcilerindeki organlardır.

Acridoidea, Tettigonioidea ve Grylloidea'da erkekler güçlü cırlama yeteneğindedirler. Bu üç grup dışında diğer bazı Orthopter de cırlar ancak bu yetenek dişilerde genelde daha az gelişmiştir.

Acrididae'de ses çoğunlukla her bir femurun iç tarafı üzerinde yer alan bir seri çivi benzeri çıkıntının ön kanatların dış yüzüne sürtülmesiyle çıkartılır (Şekil 50).



Şekil 50. Acridid'lerde arka femur (Imms'den)
a-femurun iç yüzündeki kitin diş sırası (3'ü
büyütülmüş olarak çizilmiştir).

Tettigonidae ve Gryllidae de ses, arka kanadın sklerize olmuş kenarının, ön kanadın Cu₂ damarı üzerindeki bir seri diş sürtülmesiyle çıkartılır.

Orthoptera'da oluşturulan sesler genellikle türlere özgüdür ve

morfolojik olarak birbirine çok benzer olan sibling türlerin ayırdedilmelerini sağlarlar.

Coleopter'lerde cırlama organı birçok türde vücudun farklı yerlerinden de bilinmektedir. Dış iskeletin bir kısmı törpü benzeri bir saha oluşturur. Bu saha bitişik bölgeye sürtülür ve ses çıkarılır. Cırlama organları çok belirgin değildirler ve her iki cinsiyette de eşit bir şekilde gelişmişlerdir. Birkaç türde ise bir tek cinsiyette bulunurlar. Cırlamanın Kınkanatlılarda cinsel bakımdan anlamı vardır. Hortumlu böcekler (Curculionidae)'den *Rhynchaenus fagi* kur yapma esnasında cırlar. *Ips* (Scolytidae) türlerinin birçoğunda dişi, erkek tarafından oluşturulan tünelin girişine geldiği zaman cırlar. Eğer deneysel olarak cırlamaları önlenecek olursa erkek dişilerin girişine engel olur.

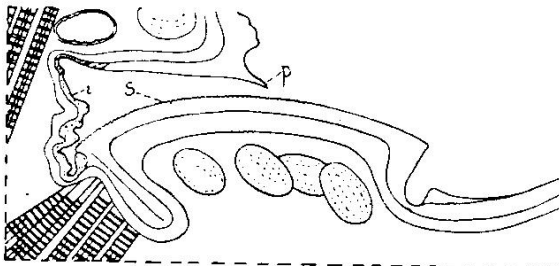
Hemiptera ve Homoptera türleri çok değişik cırlama organına sahiptirler. Özellikle Homopter'lerde her iki cinsiyet veya erkek tek başına ses çıkarır.

Bazı Lepidopter'lerin de cırlama yeteneğinde oldukları bilinmektedir. Genellikle ısıklık şeklinde veya hışırtı şeklinde ses çıkarırlar ve ses çıkarmalarıyla ilgili 4 mekanizma bilinmektedir:

- a- Ön ve arka kanatları birbirine sürterek (*Cidaria dotata* erkekleri),
- b-Bacakları ve kanatları birbirine sürterek (*Agaristinae* erkekleri ve *Parnassius mnemosyne*'nin döllenmemiş dişileri),
- c-Toraksta komşu segmeltlerin duvarlarını birbirine sürterek (*Rhodoganstria*'nın her iki cinsiyeti),
- d-III. Abdominal sternumla, bitişik sternopleural bölgenin sürtülmesi (*Lymantriidae* erkekleri).

Hymenopter'lerde cırlama organları belirli karıncalarda yaygın olmakla beraber türlere göre yapısal farklılıklar gösterirler. Hatta aynı türün farklı sınıflarında da değişiklik gösterirler. Bu organ genel olarak I. gastral tergum üzerinde törpü şeklinde bir yapı içerir. Bu yapı öndeki tergumun (postpetiol) posteriyör kenarı sürtünür ve ses çıkartılır (Şekil 51).

3. Kanatları veya torasik duvarları titreterek ses çıkarma :



Şekil 51. *Myrmica rubra* (Formicidae)'da cırlama organından median kesit (Janet'ten).

p. postpetiol'ün gıcırdatma kenarı, s. I. gastral segmentin cırlama yüzeyi, i. intersegmental membran.

Çoğu böcek uçuş esnasında vızıltı şeklinde ses çıkarır. Bu vızıltının bazı araştırmacılar tarafından kanat çırpma sesiyle aynı olduğu kabul edilmektedir.

Bazı Dipter ve Hymenopter'lerde kanat çırpma ile oluşturulan sese ilave olarak torasik endoskeletonun titreştirilmesi yoluyla da bir ses oluşturulur. Bu ses kanatlar katlı olduğu zaman da çıkartılır. *Apis*'te oğul verme zamanındaki toplanma, bu tipteki

ses sinyali alındığında gerçekleşir.

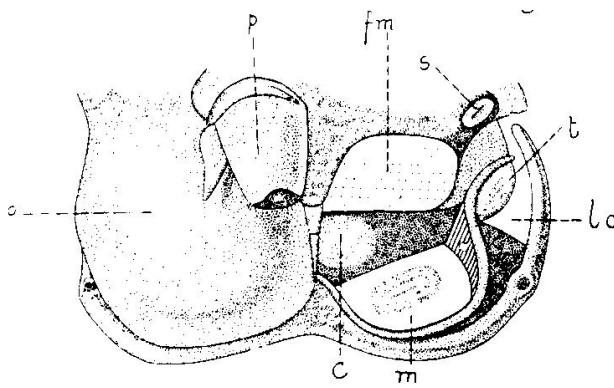
Melipona (Hymenoptera) işçileri, başarılı bir besin arama uçuşundan döndükleri zaman elverişli besin kaynağının yeri hakkında uygun bilgileri, kanatları kapalı halde iken ses oluşturarak verirler. Bu ses 300-800 Hz frekanstadır. Oysa normal uçuş esnasında 200 Hz'lik ses çıkarılır.

Drosophila'nın birçok türünün erkekleri, özel kanat titreşimleri ile karakteristik kur yapma sesleri çıkarırlar. Bu ses, düzenli bir şekilde tekrarlanan çırpıntılar olup dişinin kendi türüne ait erkeği bulmasına yardımcı olur.

4. Kas yardımı ile özel bir zarı titreterek ses çıkarma :

Bu tipteki ses çıkarma organları, Homopter'lerin Auchenorrhyncha grubunda ve Cicadidae familyası türlerinde görülür ve ses çıkarma organlarının en karmaşık olanlarındandır. Bu organlar erkeklerde görülür, dişilerde ise bu organlar ya ses çıkarmaz veya sadece ses çıkarma cihazının artıklarını içerirler.

Ağustos böcekleri tarafından oluşturulan sesin çok yüksek oluşu bu böceklerin en gürültücü grup olarak tanınmalarına neden olur. Bunlarda ses çıkarma cihazı abdomenin kaidesine yerleşmiş bir çift davul benzeri yapıdır. Bu yapı güçlü kasların hareketi ile titreştirilir. Elastik bir zar halindeki bu organ özel bir kasla titreştirildiğinde çıkan ses zarın



Şekil 52. Ağustos böceği'nde ses çıkarma cihazı (Bir tarafın operkülü kaldırılmış, (Carlet'ten).

c. ventral boşluk, fm. Katlanmış zar, lc. Lateral boşluk m. tympanal organ, o. Operkulum (diğer tarafı kaldırılmış), p. bacak kaidesi, s. stigma, t. tymbal (zar).

altında yer alan geniş hava odacıklarıyla büyütülür (Şekil 52).

Ağustos böceklerinin sesleri türden türe değişir. Ses, bireylerin bir araya toplanmasını sağladığı gibi dişinin erkek tarafından cezbedilmesini de sağlar. Auchenorrhyncha (Delphacidae, Cixiidae, Cicadellidae, Cercopidae, Membracidae) erkeklerin de küçük cırlama organları vardır ve Ağustos böceklerinininkine benzer. Bu organların daha az gelişmişleri Cercopidae ve

Cicadellidae familyası dişilerinde bulunur. Bu böcekler tarafından oluşturulan ses düşük yoğunluktadır ve her zaman duyulamaz. Ancak çeşitli tipteki bu sesler kur yapma, rekabet, tehlike habercisi gibi iş görürler.

5. Havayı dışarı vererek ses çıkarma :

Son zamanlarda *Apis mellifera*'nın genç kraliçesinin ısıklık şeklinde çıkardığı sesin spirakulumlardan havanın dışarı verilmesi sonucu oluştuğu anlaşılmıştır. Bu ses torasik vibrasyon esnasında çıkarılan sesle hemen hemen aynıdır. Sphingidae'den *Acherontia atropos* (Ölü baş kelebeği) un ağlaması çoğu gözlemciyi şaşırtmakla beraber bu sesin hortumun kaidesine yakın yerdeki farinksten havanın dışarı verilmesiyle oluştuğu gösterilmiştir.

Işık Organları (Fotogenik Organlar)

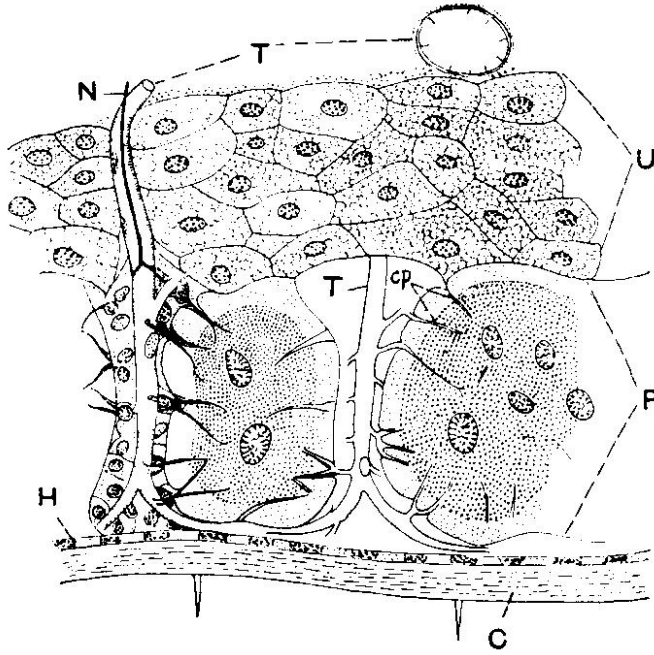
Bazı böcekler sahip oldukları özel fotogenik organlarla ışık saçarlar. Bazıları ise parlama özelliklerini, ışık oluşturan bakteriler ile veya parlayıcı besinlerle beslenme sonucu gösterirler. Gerçek anlamda ışık saçan böcekler Coleopter'lere dahildirler ve özellikle Lampyridae familyasının *Lampyris*, *Luciola*, *Phosphaenus*, *Photuris*, *Photinus*, *Phengodes* cinsleri ile Elateridae familyasından *Pyrophorus* ve *Photophorus* cinsleri ışık veren böceklerdir. Coleopter'ler dışında Mycotophilidae (Diptera) den *Arachnocampa luminosa* ve *Ceroplatus testaceus* da fotogenik organlara sahiptir. *Arachnocampa*'nın yaşlı dişi pupası ve ergin dişisinin saçtığı ışık erkeği cezbeder. Işık saçan diğer böceklere örnek olarak Collembola ve Fulgaridae (Homoptera) türleri verilebilir. Ancak bu gruptaki ışık saçma mekanizması henüz tam olarak anlaşılamamıştır.

Lampyrid'lerde ışık saçma özelliğinin bazı türlerde tüm gelişme safhalarında bulunduğu bilinmektedir ve bu durum sitoplazmalarının bir özelliğidir. Yumurtada parlama maddesi dağılmış haldedir fakat postembriyonik safhada fotogenik organlarda lokalize olmuştur. Fotogenik organların boyları, şekilleri ve konumları, cinsiyete göre türden türe farklılıklar gösterir. Örneğin *Phengodes* ve *Phrixothrix*'te segmental olarak dizilmiş 11-12 çift organ halinde iken *Lampyris noctulica* dişilerinde esas olarak 6. ve 7. abdominal sternumlarda ve *Pyrophorus*'da pronotum ve anterior abdominal sternumlarda yer alırlar.

Luciola'da ve Elateridae'de olduğu gibi her iki eşeyde de benzer gelişme gösterebilirler veya ışık esas olarak kanatsız dişiler ile larvalar tarafından saçılır.

Işık türlere göre ya sürekli olarak, ya değişik yoğunlukta aralıklarla veya periyodik kısa parıltılar halinde saçılır ve bu özellikler çevresel faktörlerden etkilenirler. Saçılan ışık 5000-6500 Å dalga boyundadır. Genellikle sarımsı-yeşil olmakla beraber *Pyrophorus*'ta abdominal olan ışık organları uçuş esnasında kırmızımsı ışık, torasik olanlar ise istirahat halinde iken yeşil ışık saçarlar. Işığın, genelde eşlerin birbirlerini çiftleşmek üzere cezbetmeye yaradığı düşünülmektedir ve ışıkla haberleşmenin iki temel sistemi vardır: Bazı türlerde bir eşey, genellikle dişi belirli bir yere bağlıdır ve karşı eşeyi cezbetmek üzere türe özgü ışık sinyalleri gönderir (örneğin *Lampyris noctulica*, *Phengodes laticolis*). Diğerlerinde ise erkek uçarken özel bir ışık sinyali verir, dişi de buna başka bir ışık sinyali ile cevap verir ve bu cevabı alan erkek dişiye doğru uçar (Örneğin *Photuris* ve *Photinus* türleri).

Işık organları transparan olan kutikular bölgede lokalize olmuşlardır. Fotogenik yapılar (Fotositler) önositlere benzer büyük bağımsız hücrelerdir. Bu hücreler trakenin etrafında rozet şeklinde dizilerek kitle halindeki ışık organını yaparlar. Fotositler, genellikle trakenin trakeal uç hücrelerine kısa dalların gittiği sahalarda ışık organını oluştururlar. Trakeal uç hücrelerinden çıkan çeşitli sayıdaki trakeoller fotogenik hücrelerin



Şekil 53. *Photinus*'un parlama organı (Williams'dan).

C. kutikula, cp. trakeoller, H. epidermis, N. sinir, P. fotosit tabaka, T. trake, U. yansıtıcı tabaka.

arasına girer. Diğer taraftan ışık organının iç yüzeyi ürat (ürik asit tuzları) içeren bir hücre tabakası ile örtülüdür ve bu tabaka **yansıtıcı tabaka** olarak bilinmektedir (Şekil 53).

Diğer ışık saçan hayvanlar ve bitkiler gibi ışık saçmayı sağlayan reaksiyon lusiferaz enzimi ile başlar. Lusiferaz enzimi adenosin trifosfat ile kompleks halindedir. Bu kompleks redüklenmiş lüsiferin ile birleşir. Birleşme sonucu oluşan kompleks, moleküler oksijenle okside olarak ışık

oluşturur. Oksidasyon sonucu oluşan madde çok stabildir fakat lusiferaz enzimi pyrofosfatlar aracılığıyla bu maddeden ayrılabilir ve böylece aynı reaksiyonların tekrarı sağlanmış olur. Işığın saçılması muhtemelen pyrofosfatların fotositlerden salgılanmasına bağlıdır.

SİNDİRİM SİSTEMİ

Sindirim kanalı değişik uzunlukta olan tüp şeklinde bir yapıdır. Bazı türlerde vücudun boyu kadar uzunlukta iken bazılarında çok daha uzun ve kıvrılmış haldedir. en basit ve en kısa tipi Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera (Nematocera) larvalarında görülür. Bu tip aynı zamanda Apterygota, Dermaptera ve bazı Orthoptera erginlerinde de görülür. Homoptera ve larval Cyclorrhapha (Diptera) da çok sayıda kıvrım yaparak vücut boyundan birkaç kat daha uzun olacak şekilde maksimum uzunluğa erişir. Bir kural olarak denilebilir ki sindirim kanalı; bitki özsuyu ile beslenenlerde, katı hayvansal ve bitkisel maddelerle beslenenlerden daha uzundur. Bu kurala istisna olarak Hymenopter larvaları verilebilir. Çünkü bunlar tamamen sıvı besinlerle beslenmelerine rağmen sindirim kanalları düz ve basit bir boru halindedir.

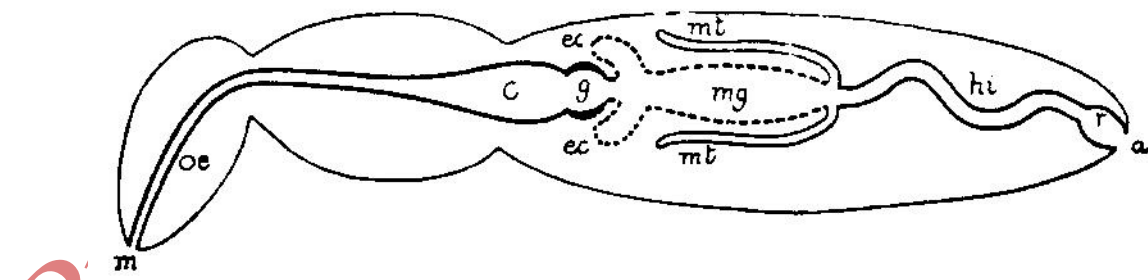
Morfolojik olarak sindirim kanalı, embriyonik orijine göre üç ana bölgeye ayrılır (Şekil 54):

a-Ön barsak (Stomodeum) : Anteriörde ektodermin invaginasyonu ile oluşur.

b-Orta barsak (Mesodeum) : Ön ve arka barsağı birleştiren ve endodermal kese şeklinde gelişen yapı.

c-Arka barsak (Proktodeum) : Posteriyörde ektodermin invaginasyonu ile oluşur.

Embriyonik orijinde görülen bu farklılıklar histolojik olarak da görülür. Ön ve arka barsak vücut duvarının invaginasyonu ile oluştuğundan kutikula ile astarlıdır.



Şekil 54. Böceklerde sindirim sistemi (ektodermal kısımlar kalın çizgiyle, endodermal kısımlar ise kesik çizgiyle gösterilmiştir), (Imms'den).

m. ağız, oe. özofagus, c. kursak, g. proventrikulus, ec. enterik çekum, mg. orta barsak (mide), mt. Malpigi tubülleri, hi. arka barsak, r. rektum, a. anüs.

a-Ön barsak : Birbirini izleyen aşağıdaki bölgeler ayrılabilir :

1.Preoral boşluk : Ağız organları ile labrum arasında uzanan boşluktur ve dar anlamda barsağın bir kısmı olarak kabul edilmez. Mandibüler tipte ağız organları bulunan böceklerde bu boşluk hipofarinks aracılığıyla anterior (dorsal) **cibarium** ile posteriyör

(ventral) **salivarium**'a ayrılır. Cibariumun duvarı cibarial kaslar aracılığıyla postklipeus ile bağlantılı olup ya geçici besin deposu olan küçük bir kese halindedir veya Thysanoptera, Hemiptera ve diğerlerinde olduğu gibi emici bir pompa halindedir. Salivarium'da Hemipter'lerin tükürük enjektörü ve Lepidopter larvalarının ipek-düzenleyicisi olarak değişikliğe uğrar.

2.Farinks (Yutak) : Ağız ile özofagus arasındaki bölgedir. Güçlü halka kaslarla ve genellikle dorsalinde yer alan boyuna kaslarla donatılmıştır. Bu kaslar, emme hortumunu iyi geliştirmiş olanlarda (Lepidoptera, Hymenoptera, Neuroptera, Dytiscidae) daha fazla geliştirmiştir. İç yüzeyi kitinle kaplıdır.

3.Özofagus (Yemek borusu) : Basit tüp şeklindedir. Başın arka kısmından toraksın ön kısmına kadar uzanır. Boyu değişkendir. İç duvarı boyuna katlanmalar yapar.

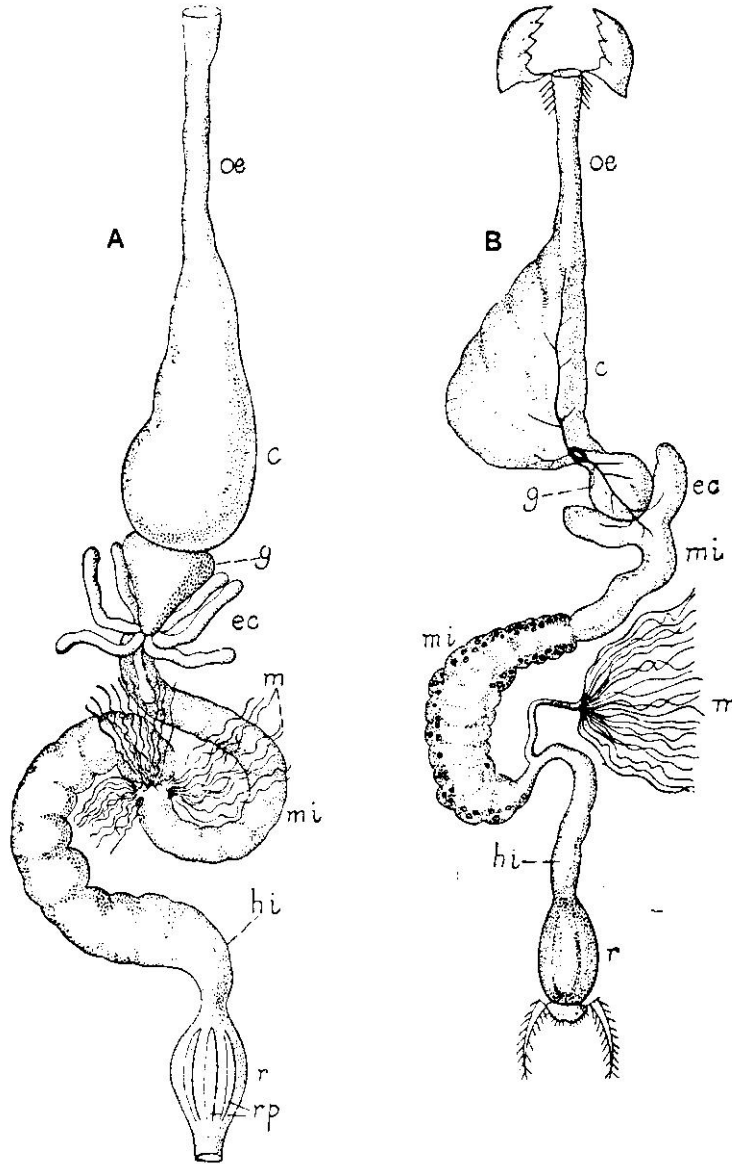
4.Kursak : Çoğu böcekte bulunur. Özofagusun en arka kısmının genişlemesiyle oluşur. Son derece değişik şekiller gösterir. Fonksiyonu esas olarak besin depo etmektir. Ancak besin maddeleri sindirim enzimleri ile burada karşılaşırsa sindirimin de yapıldığı düşünülmektedir ve bazı lipidler burada absorbe edilirler. Kursak duvarları incedir ve kas örtüsü de zayıf geliştirmiştir. Bu nedenle fazla genişleme yeteneğine sahiptir (Şekil 54). Kursak, alınan besinin saklanarak çiğneyici mideye kısım kısım geçirilmesinde de rol oynar.

5.Proventriculus (Çiğneyici mide) : Kursağın arkasında yer alır. Esas olarak katı madde ile beslenen böceklerde iyi geliştirmiştir (Şekil 55). Orthopter'lerde ileri derecede özelleşmeler gösterdiği gibi aynı zamanda çoğu karnivor ve odun oyucu Coleopter'lerde, Mecoptera, Odonata, Isoptera ve çeşitli Hymenopter'lerde görülür. Balarılarında ve çoğu Dipter'de bir kapağa indirgenmiştir. İleri düzeyde gelişme gösterenlerde iç yüzeyi kitinsel dış gibi çıkıntılarla kaplı olup besinin uflanmasını sağlar. Fakat yüzeyi kitinsel olduğundan besini absorbe edemez.

Ön ve orta barsağın birleştiği yerde çoğu böceklerde **kardiak** veya **özofageal valv** (kapakçık) vardır. Bu yapı ön barsağın duvarından oluşur ve bir iç tüp halinde mide boşluğuna doğru uzanır (Şekil 56). Besinin geri dönüşünü önler.

b-Orta barsak : Bu bölge mide veya ventrikulus olarak da bilinir. Şekli ve kapasitesi son derece değişkendir. Endodermden oluşmuştur. Bu nedenle ön barsakta olduğu gibi kitinle astarlı değildir. Çoğu böcekte mide yüzeyi enterik çekum ya da gastrik çekum adı verilen tüpçüklerin gelişmesi ile arttırılmıştır (Şekil 55). Bu organlar daima ön barsağın mideye açıldığı yerde bulunurlar ve sayıca değişkendirler. Bazı Dipter

larvalarında, Gryllidae ve Locustidae'de sayıları 2, *Periplaneta* ve Culicidae larvalarında 8'dir. Scarabaeidae larvalarında ise daha çok sayıdadırlar. Collembola ve Lepidoptera'da bulunmazlar.



Şekil 55. A- *Periplaneta americana*'da sindirim kanalı, B- *Nemobius sylvestris* (Gryllidae)'de sindirim kanalı (Bordas'tan).

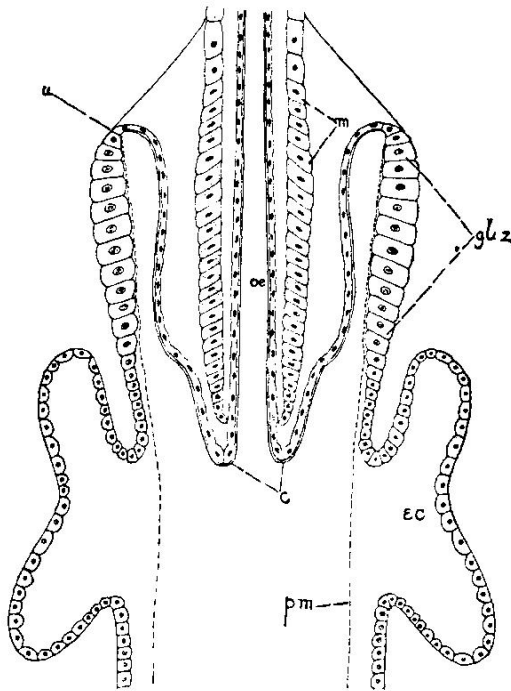
oe. özofagus, c. kursak, g. proventrikulus, ec. enterik çekum, m. malpigi tubülleri, mi. orta barsak (mide), hi. arka barsak, r. rektum, rp. retal papilla.

Mideye geçen besin maddeleri sindirim için gerekli enzimlerle karşılaşır ve yavaş yavaş absorpsiyona uğrayarak sindirilirler. Midenin iç yüzeyini döşeyen epitel hücrelerinin bir kısmı gerekli enzimleri salgımlarken diğerkleri absorpsiyonu yaparlar.

c-Arka barsak : Ön barsak gibi ektodermik kökenlidir. Dolayısıyla iç yüzeyi kitinle astarlanmıştır. Boyuna ve halka kaslar iyi gelişmiştir. Arka barsağın başlangıcı normal

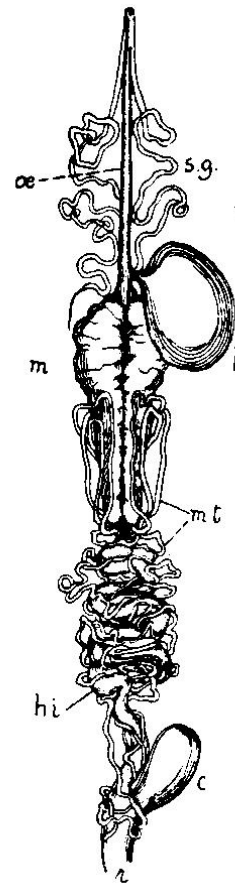
olarak pylorik valvlerin ve malpigi tüplerinin birleşme yerleridir. Çoğu böcekte arka barsakta 3 bölge tanımlanabilir : İlium (ince barsak), kolon (kalın barsak) ve rektum (son barsak).

İlium *Dytiscus* ve *Nicrophorus*'ta olduğu gibi çok uzun olabilir. Çoğu böcekte kısadır. Orthopter ve Hemipter'lerin çoğunda olduğu gibi kolondan farklılaşmamış haldedir. Lepidopter'lerde ve bazı Coleopter'lerde kolondan uzanan bir çekum vardır. Çoğu Lepidopter'de kese şeklinde (Şekil 57) olmakla beraber *Dytiscus*'ta tüp şeklindedir ve boyca abdomen ile aynı uzunluktadır.



Şekil 56. Dipter larvaları (*Nematocera*)'da kardiak kapakçıkların boyuna kesiti (Imms'den).

oe. özofagus, c. kutikular intima, m. kaslar, u.ön ve orta barsağın birleşme yeri, glz. peritrofik zarı (pm) salgılayan kolumnar bez hücreleri kuşağı, ec. enterik çekum.



Şekil 57. *Sphinx ligustri* (*Lepidoptera*) ergininde sindirim sistemi (Newport'tan)

oe. özofagus, sg. tükrük bezi, f. kursak, m. orta barsak (mide), mt. malpigi tüpleri, hi. arka barsak, c. çekum, r. rektum.

Rektum, az çok küre veya armut şeklindedir ve içten birçok papilla ile döşelidir. Rektal bez olarak adlandırılan bu yapılar arka barsaktaki tuz ve su emilimi ile yakından ilgilidirler. Çoğu Isopter'in rektal keseleri simbiyotik Protozoa içerirken Odonat'ların Anisoptera alttakımında rektal solungaçlardan oluşan kompleks bir sistem halindedirler.

Dystiscidae larvalarında arka barsak geniştir ve ekdisis esnasında eski kutikulayı yarmak üzere içine su alır. Besin dindirildikten sonra yani büyük bir kısmı absorbsiyona uğradıktan sonra rektuma geçer. Dışkı maddeleri rektumda bu kısmın güçlü kaslarıyla sıkıştırılarak anüsten dışarı atılır.

Böceklerde Beslenme :

Böcekler çok değişik besinlerle beslenirler. Ancak çoğu türün normal besini bir veya birkaç materyalle sınırlıdır. Büyüme, gelişme ve üreme için gerekli besinler, çoğu böcek için biyokimyasal olarak ta bilinmektedir.

Böcekler için alınması zorunlu olan besinler şunlardır :

- 1- *Su ve mineral tuzlar* : Normalde besinlerle birlikte alınmakla beraber, su aynı zamanda çevreden solunum havasının oksidasyonu ile de sağlanır. Zorunlu olarak alınması gerekli mineraller; Potasyum, Magnezyum ve Fosfat'lardır. Sodyum, Kalsiyum ve Klorid'e daha az gereksinim vardır. Eser miktarda Çinko, Demir, Manganez ve Bakır'a da bazen gereksinim vardır.
- 2- *Enerji kaynakları* : Normal olarak karbonhidratlardır. Fakat aminoasitler ve yağlar da oksidasyonla enerji sağlarlar.
- 3- *Proteinler veya aminoasitler* : Doku yenilenmesi ve büyüme için gerekli proteinler normalde besinlerle birlikte alınırlar. Başlıcaları; Arginin, Histidin, Iso-leusin, Lysin, Methionin, Fenilalanin, Treonin, Tryptofan ve Valin'dir. Bunlar aynı zamanda, omurgalılar için de gerekli olan aminoasitlerle benzerdirler ve en çok kullanılabilen aminoasitler L-aminoasitlerdir.
- 4- *Suda çözülebilen büyüme faktörleri* : Normal böceğin büyümesi için 7 çeşit B-Kompleks vitamine gereksinim vardır. Bunlar; Thiamin (B₁), Riboflavin (B₂), Nicotinamid, Pyridoxin (B₆), Panthotenat, Folik asid ve Biotin'dir. Tenebrionid'lerin Carnitinae (B_T) gereksinimleri varken diğer bazı türlerin nükleik asitlere ve askorbick asit (C vitamini)'e gereksinimi vardır. Kobolamin (B₁₂)'e böceklerin gereksinimi olup olmadığı bilinmemektedir.
- 5- *Yağda çözülebilen vitaminler* : Bu vitaminlere böceklerin genelde gereksinimi bulunmamakla beraber birkaç türün α -tokoferol (E vitamini) ve A vitamini ile ilişkili Caretonoid'lere gereksinim duyduğu bilinmektedir. Kalsiferol veya yakın bileşiklerinin böceklere gereksinimi bilinmemektedir.

6- Lipogenik faktörler : B-Kompleksi içinde bulunan ve lipid metabolizmasında özel rol oynayan Inositol ve Kolin'e, böceklerin gerçek vitaminlerden daha çok gereksinimleri vardır.

7- *Yağ asitleri* : Enerji kaynağı olarak rol oynamaları dışında doymamış yağ asitleri (dienoik ve trienoik C₁₈)'nin çoğu Lepidopter ve Orthopter'in gelişmesi için temel maddelerdir. Özellikle kanat açılması ve pupa kutikulasından çıkışla ilgilidirler.

8- *Steroller* : Böceklerin sterollerini dışarıdan almaları sözkonusudur ve muhtemelen beslenme bakımından omurgalılarından önemli farkları da budur. Kolesterol bazı leş yiyici Dermestidae için temel maddedir. Fakat diğer böceklerin çoğu aldıkları fitosterollerini metabolik olarak kolesterole çevirirler. Diğer sterollere özel bir gereksinim duyulduğu sadece birkaç örnek vardır.

Böceklerin birçoğu temel besin olarak mikroorganizmalara bağımlıdır. Bazı hallerde böceklerin aldıkları besinler arasında bakteri, mantar vb.'ye de rastlanır. Diğer bazı böceklerde mikroorganizmalar, böceklerin barsağında veya özel organlarında (mycetomes) yaşarlar. Bazen de ebeveynlerinden döllerine aktarılırlar. Örneğin *Rhodnius prolixus* barsağında *Actinomyces rhodnii*, *Stegobium paniceum* ve *Lasioderma serricorne* B vitaminleri ve kolesterol sentezlerler.

Böceklerde sindirim : Böceklerde sindirim, besin materyalinin monosakkarit şeker ve aminoasitler gibi küçük moleküllere ayrılması işlemidir. Bu küçük moleküller sonra barsak duvarı aracılığıyla emilirler. Moleküllerdeki bu tür değişiklikler sindirim enzimleri tarafından katalize edilirler. Sindirim enzimleri (tükrük bezi tarafından salgılananlar hariç) orta barsağın (mide) kolumnar hücreleri tarafından salgılanırlar.

Böceklerde sindirim enzimleri 3 temel tiptedir :

1- *Karbonhidrazlar* : Çok kompleks karbonhidratların hidrolizini katalize ederler. Polisakkarazları (böceklerde en yaygını amilazdır) ve glikozidazları içerir. Glikozidazlar disakkarid ve trisakkarid şekerlerin parçalanmasını kontrol ederler. α -glukozidazlar maltoz, sukroz, melezitoz vs., α -galaktozidazlar, raffinöz ve melibioz'un β -galaktozidazlar ise laktoz'un sindiriminden sorumludurlar.

2- *Lipazlar* : Besinsel yağların hidrolizini katalize ederler.

3- *Proteazlar* : Proteinlerin parçalayıcılarıdır. Endopeptidazlar proteinlerin veya peptonların polipeptidlere parçalanmasını katalize ederler. Exopeptidazlar peptidlerin aminoasidlere hidrolizini kolaylaştırarak proteinlerin sindirimini tamamlarlar. Exopeptidazların 3 tipi de böceklerde bilinmektedir. Karboksiptidazlar ve

aminopeptidazlar, peptid zincirlerini farklı noktalarda katalize ederken, dipeptidazlar dipeptidlerin parçalanmalarından sorumludurlar.

Böceklerde bazı maddelerin sindirim işlemi ise yukarıdaki enzimler dışında yapılır :

a- Keratin : Çoğu böcek yün ve kürk üstünde yaşar. Sindirim işlemleri *Tineola* larvasında iyi bilinmektedir. Keratin'deki disülfid bağları proteazın etkisine karşı invitro ortamda dirençlidir. İn vivo olarak ise barsak bileşiklerinin düşük redoks potansiyeli disülfid bağlarını -SH (sülfidril) gruplarına redükler ve proteazın katalizatörlüğü ile keratin parçalanır.

b- Odun : Odunsu bitkiler ve dokular, kompleks polisakkaridleri, lignin'i, sellülozu, hemisellülozu ve nişastayı olduğu kadar, basit karbonhidratları ve proteinleri de içerir. Lignin hiçbir zaman sindirilmez ve çoğu böcek hatta fitofag olanlar sellülozu sindiremezler. Birkaç tür sellülaz enzimi salgılayarak sellülozu parçalar (çoğu Cerambycidae larvası -*Xestobium rufovillosum* ve *Ctenolepisma*) veya barsakta simbiyotik sellüloklastik bakterilerin varlığı ile (Scarabeidae larvalarında) veyahut ta Protozoon (*Cryptocerus*)' lar ile sellüloz parçalanır (Isoptera). Diğer bazı odun oyucu türler, örneğin *Phymatodes* larvaları sellülaz içermez fakat hemisellülaz içerirler.

c- Balmumu : Balmumunu büyük ölçüde *Galleria*(*Lepidoptera*) larvaları alırlar fakat sindirim mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir. Sindirimde bakterilerin rol oynadığı sanılmaktadır.

d- Kollajen : Bu madde endopeptidazlardan etkilenmez fakat *Lucilia* (*Diptera*) larvaları kollajeni sindirmek üzere kollagenaz salgırlar.

SOLUNUM SİSTEMİ

Böceklerin büyük bir kısmında solunum, **trake** adı verilen iç hava boruları ile olur. Trake vücut organları ve ekstremiteler boyunca dallanır. Trakeden ayrılan ince dallar **trakeol** adını alır. Hava trakelere, dolayısıyla vücuda yanlarda yer alan ve **stigma** ya da **spirakulum** olarak adlandırılan lateral açıklıklar aracılığıyla girer. Stigmalar toraks ve abdomen boyunca segmental olarak dizilmişlerdir. Çok ender olarak stigmalar kapalıdır ya da bulunmazlar. Bu durumlarda solunum deri ile yapılır. Çoğu aquatik böceğin ergin olmayan safhalarında solunum, solungaç olarak bilinen özel solunum organları ile yapılır.

Böceklerde solunum organları ektodermden orijinlenirler. Trakeler ektodermin içeri çökmesi ile, solungaçlar ise dışarı doğru içi oyuk çıkıntılar halinde gelişirler. Histolojik olarak her ikisi de, genel vücut duvarında olduğu gibi kutikula, hipodermis ve basal membran'dan oluşmuşlardır. Trakeo-spirakular sistemin kutikular astarının tamamı veya büyük bir kısmı ekdisis esnasında atılır. Trake sistemi çoğu Collembola, bazı Protura ve bazı endoparazit Hymenopter ve Dipter larvalarında bulunmaz.

Stigma sayıları ve konumları : Stigmalar, morfolojik olarak trake sistemini oluşturan ektodermal çöküntülerin ağızları olarak kabul edilirler. Normal olarak torasik ve abdominal segmentlerin pleuraları üzerinde yer alırlar. Fakat konumları çok değişkendir. Embriyonik safhada *Leptinotarsa* (Coleoptera) embriyosunda, her bir toraks segmentinde 1 çift ve ilk 9 abdomen segmentinde birer çift olmak üzere toplam 12 çift stigma vardır. Çoğu böceğin embriyosunda protorasik çift bulunmaz, aynı zamanda 9. abdomen segmentindeki çiftte bulunmaz. Herhangi bir böcekte postembriyonik safhada maksimum sayıda toraksta 2 çift, abdomende 8 çift stigma vardır. Bazı Diplura türlerinde stigmaların primitif pozisyonu intersegmentaldir. En öndeki çift protoraks ve mesotoraks arasında, son çift ise 7. ve 8. abdomen segmentleri arasında yer alır. Bu primitif dizilmeden ve sayıdan sapmalar, stigmaların komşu segmente göç etmeleri (genelde posteriordeki göç eder) ve bazı stigmaların ya da tümünün redüksiyonu ile gerçekleşir. Böylece stigmalar ya kapanır, ya küçük izler halinde görünür veya tamamen kaybolur.

Fonksiyonel stigmaların sayısı ve dizilişlerine göre solunum sistemini aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

1. Holopneustik solunum sistemi : Böceklerde görülen en primitif sistemdir.

Fonksiyonel 10 çift stigma içerir. 8 çifti ilk abdominal segmentlerde, 1 çifti metatoraksta, 1 çifti de ya mesotoraks ya da protoraksta yer alır. Çoğu böcek takımının nimf ve

imago'larında, Bibionidae (Diptera) ve bazı Hymenopter larvalarında karakteristik olarak bulunur.

2. Hemipneustik solunum sistemi : Bu tipteki solunum sistemi böcek larvaları arasında yaygındır. Holopneustik tipten orijinlenmiştir. Ancak bir veya birden çok stigma çifti fonksiyonel değildir.

3. Apneustik solunum sistemi : Stigmaların hiç biri fonksiyonel değildir. Havanın kapalı trake sistemine girişi, vücut yüzeyinden diffüzyonla veya solungaçlarla olur. Apneustik sistem sudaki yaşama bir adaptasyondur. Bu nedenle aquatik ve endoparazit formlar için karakteristiktir. Ephemeroptera ve Odonata nymflerinde, Trichoptera larvaları ile Dipter'lerin (Blephariceridae, Simuliidae, Chironomidae, Ceratopogonidae) ve bazı Coleopter'lerin (Elmidae, Haliplidae, Hygrobiidae) larvalarında görülür. Aynı zamanda endoparazitik Hymenopter'ler ile Tachinid'lerin (Diptera) bazı larval dönemlerinde bulunur.

Yukarıda belirtilen tüm solunum sistemlerinde total olarak fonksiyonel veya fonksiyonel olmayan stigma sayısı 10 çifte eşittir. Bunlara zıt olarak bir veya birden çok stigma çiftinin kaybolduğu hypopneustik sistem de vardır. Örneğin Mallophaga ve Siphunculata'da 1 torasik, 6 abdominal stigma çifti vardır. Thysanoptera'da 2 çift torasik, 2 çift abdominal stigma vardır. Hemiptera (Stenomorrhyncha) grubunda sayılar çok değişkendir ve çoğu Coccoidea (Homoptera)'da 2 çifte kadar indirgenmiştir. Coleopter'lerin Scarabaeoidea ve Curculionioidea gruplarında abdomenin son segmentlerinde 1-3 çift stigma bulunmaz. Dipter'lerde genellikle abdominal stigmalarda azalma görülür ve bu bakımdan Cyclorrhapha'da eşeyssel farklılık söz konusudur. Dişilerde 5 çift, erkeklerde ise 6-7 çift stigma vardır. Parazitik Hymenopter'lerde azalma sık görülen bir olaydır ve Chalcidoidea'da sadece 3 çift stigma vardır. Bunlar sırasıyla toraks, propodeum ve 8. abdominal segment üzerinde yer alırlar.

Diplura ve Collembola'daki trake sistemi stigmalar bakımından tipik olmayan bir diziliş gösterirler.

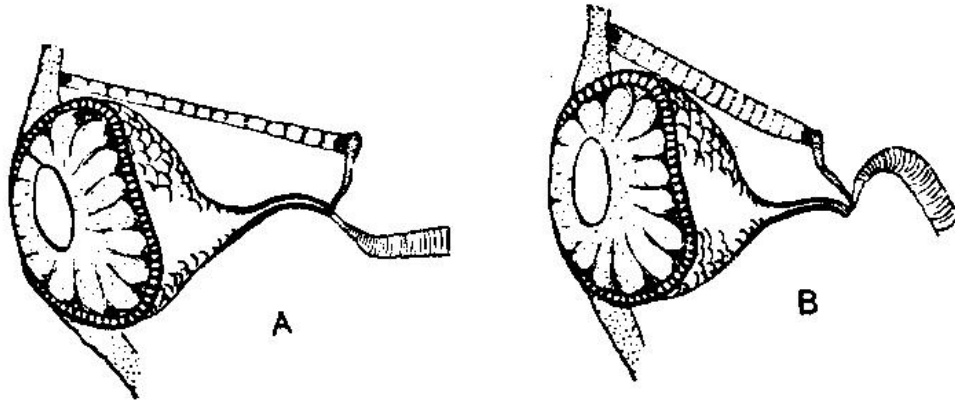
Stigmaların yapısı : Stigmalar sadece solunum havasının değişimine olanak sağlamazlar, aynı zamanda suyun kaybedildiği ve ekdisis esnasında eski trakeol astarların atıldığı delikler olarak da görev yaparlar. Stigmalar bu farklı fonksiyonlarına göre adaptasyon gösterirler. Ancak tipik ve fonksiyonel bir stigma: Bir **dış açıklık**, bu açıklığı çevreleyen halka şeklinde **sklerit**'ler ve **kapama aygıtı**'na açılan bir boşluk (**atrium**) içerir. Kapama aygıtı kutikular bölge ile bağlantılı bir ya da daha çok **kas** içerir. Kasların

kasılmasıyla stigma deliği kapatılır ve fazla su buharının kaybı önlenmiş olur. Atrium, stigma açıklığının önünde yer alan özelleşmiş bölgedir. Tenidyumlar içermez ve duvarları değişik şekillerdeki kıllar ve kutikular çıkıntılarla donatılmıştır. Bu yapı su kaybını önlediği gibi tozların içeri girişini de engeller.

Stigmanın yapısı gruplara göre büyük değişiklik gösterir, hatta stigmalar aynı böceğin toraks ve abdomeninde bile çoğu kez farklıdır.

En genelleştirilmiş stigma, stigma dudakları ile kapama aygıtı bulunmaz ve hemen hemen basit bir çukurluk halindedir. Özel bir oda veya atrium gelişmemiştir ve stigma doğrudan doğruya trakeye açılır.

Hemipter'lerin çoğunda, özellikle abdomendeki stigmalar skleritler tarafından çevrilmiş basit açıklıklar halindedir. İyi gelişmiş bir atriumları vardır ve atrium ile trake arasında kapama aygıtı bulunur. Bu tip stigmalar Mallophaga, Siphunculata, Siphonaptera'da da görülürler (Şekil 58).



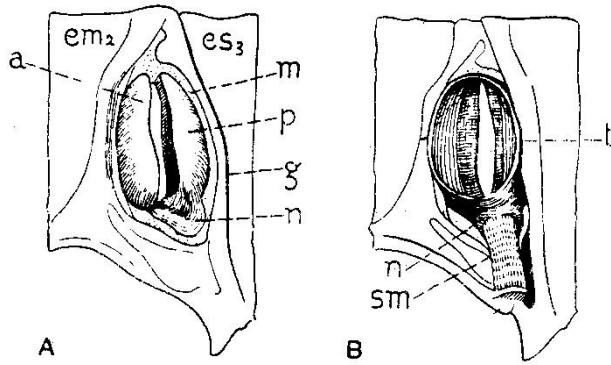
Şekil 58. *Trichodectes* (Mallophaga)'de stigma ve kapama cihazının yarı-diagramatik şekli (Harrison'dan).

A- açık, B- kapalı.

Acridid'lerde torasik stigmaların her biri iki dış kapak veya dudakla çevrili yarık şeklinde açıklıklar halindedir (Şekil 59 ve 60A). Metatorasik stigmaların ventral bir lop ile birleşmiş hareketli dudakları vardır. Dudaklar kendi esneklikleri ile açılırlar fakat mesokoxal boşluk kenarından uzanan bir kas aracılığıyla kapatılırlar.

Abdominal stigmaların (Şekil 60B, C, D) dudakları yoktur. İntegüment, atriumun sertleşmiş duvarlarını oluşturmak üzere bükülür. Duvarlardan biri hareketlidir, diğeri ise sabittir. Hareketli duvara bir kas eklemlenmiştir.

Lepidopter larvalarının stigmalarında dudaklar birçok dallanmış uzantıyla saçaklı bir hal almıştır ve bu yapı trake sisteminde çok etkin bir korunma mekanizması oluşturur.



Şekil 59. *Dissosteira* (Acrididae)'nın metatorasik stigmatı (Snodgrass'dan).

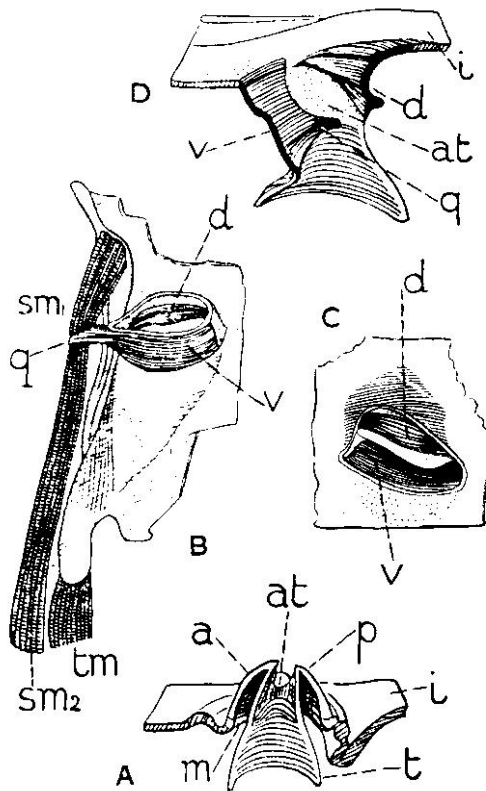
A- Dıştan görünüş, B- İçten görünüş, em₂. mesepimeron, es₃. metepisternum, g. intersegmental katlanma, m. membran, t. trake, sm. kapama kası, n. ventral lob, a. p. stigma dudakları.

Atrium kapama aygıtına açılır.

Kapama aygıtı trakeyi kısmen çevreleyen kutikular bir yay

halindedir. Bu yayın karşı tarafında sklerize olmuş bir band vardır. Bu band ile çok sıkı şekilde bağlanmış bir manivela veya çubuk yer alır. Kapama kası da bir ucuyla yaya diğer ucuyla da manivelaya tutunmuştur. Kas kasıldığı zaman manivela sklerize bandı yaya karşı bastırır ve böylece trakeye girişini kapatır.

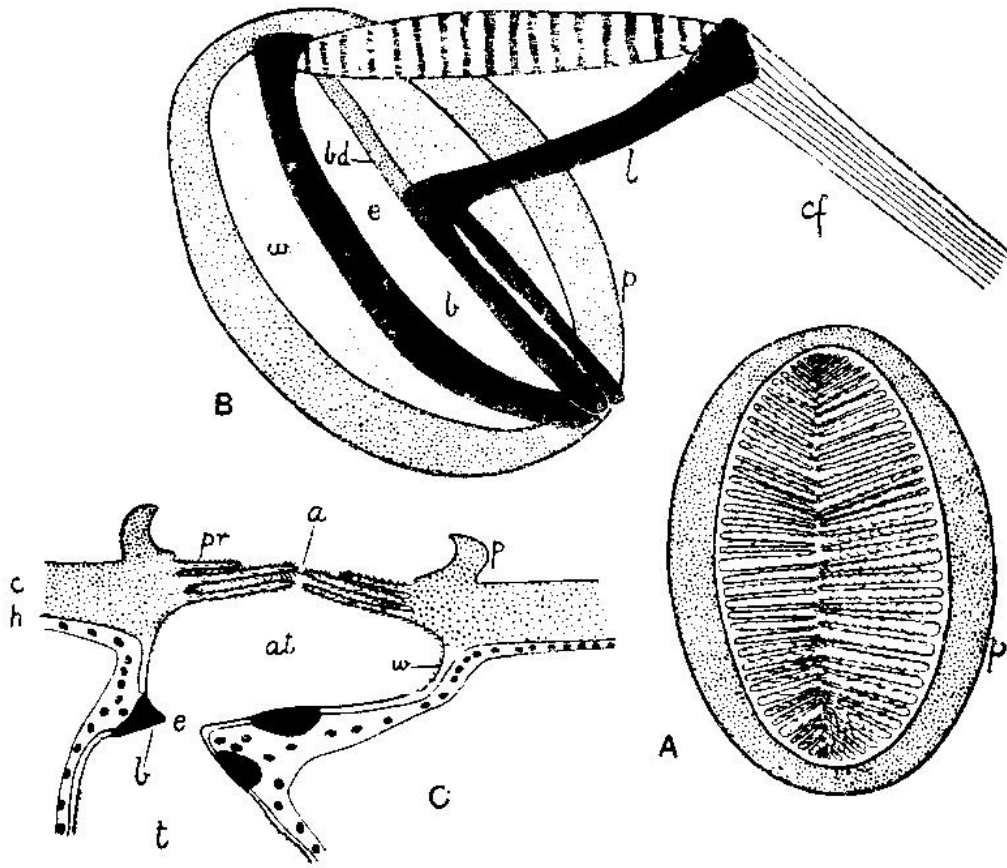
Sklerize olmuş band kısmen kutikular yapının esnekliği ile kısmen de antagonistik kaslar veya elastik liflerle açılır (Şekil 61A, B, C).



Şekil 60. *Dissosteira* (Acrididae) stigmaları (Snodgrass'dan).

A-D, Metatorasik ve I. abdominal stigma kesitleri, B, I. abdominal stigmanın içten görünüşü, C, I. abdominal stigmanın dıştan görünüşü.

at. atrium, i. integüment, tm. tympanal kaslar, d. sabit atrium duvarı, v. hareketli atrium duvarı, m. membran, sm₁. kapama kası, sm₂. açma kası, a, p. stigma dudağı, t. Trake, q. manibrium



Şekil 61. *Lepidoptera (Sphingidae)* larvalarında stigma yapısı (Imms'den)

A. stigma dudaklarından uzanan parmaklı çıkıntılarının dıştan görünüşü, B. aynı yapıların içten görünüşü (dudaklar gösterilmemiş), C. aynı yapının kesiti. a. spirakular açıklık, at. atrium, b. yay, bd. bant, c. kutikula, cf. stigmayı açan elastik lifler, e. trake girişi, h. hipodermis, l. manivela, p. peritreme, pr. dudakların parmak şeklindeki çıkıntıları, w. atrium duvarı, t. trake.

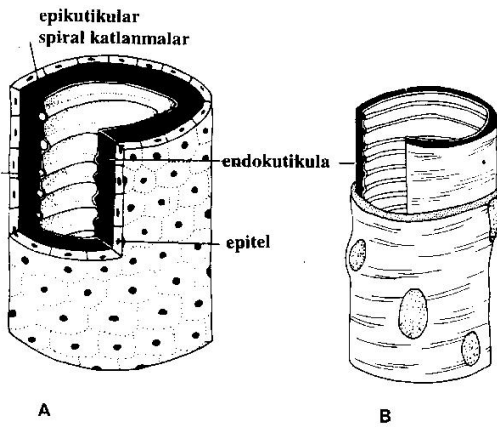
Scarabaeoidea larvalarında stigmalar çok delikli veya kalbur şeklindedir. Elateridae, Cleridae, Nitidulidae ve diğer Coleoptera'lerde iki delikli stigmalar vardır. Her biri ya ortak bir atriuma veya doğrudan doğruya trakeye açılırlar. Dipter larvalarında stigmaların kapama aygıtları yoktur.

Trake ve trakeoller : Trakeler elastik kutikular tüpler şeklinde olup hava ile dolu oldukları zaman gümüşü renktedirler. Trakenin en iç tabakası **intima (endotrake)** olarak bilinen bir kitin tabakadır. Trake borucuklarını büzülmesini önler. Mikroskop ile incelendiğinde düzenli spiral şeklinde çizgili bir yapı gösterir. Çizgiler, özel kitin kalınlaşmalardan oluşur. Çizgilenme şeklindeki bu kalınlaşmalar trake borucuklarının daha sağlam olmasını sağlar ve **taenidium** adını alır. Tenidyumlar aynı zamanda trakenin şişkin

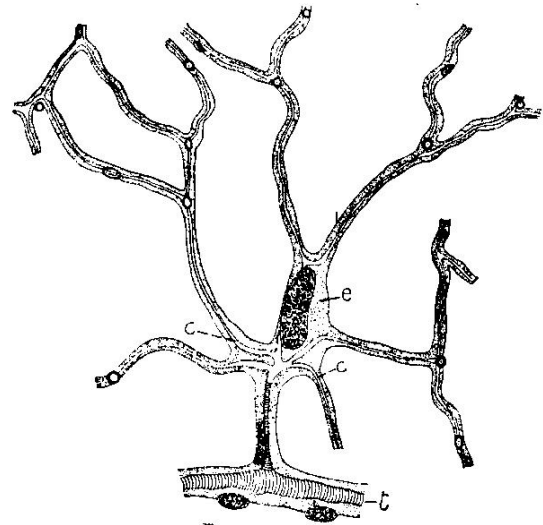
olmasını ve havanın serbestçe geçişini sağlar. Tenidyumlar, stigmalara yakın büyük trakelerde bulunmazlar. Bu durumda intima mozaik şeklinde başka kalınlaşmalar gösterir.

İntimanın üzeri epitel tabaka (**ektotrake**) ile döşelidir, bu hücreler nispeten büyük nükleusludurlar. Çok ince basal membran ise trakenin en dış kısmında yer alır (Şekil 62).

Trake sisteminde en uçtaki dallar **trakeol** adını alır. Son derece ince kanallardır. Çapları 1μ 'dan daha küçüktür ($0,2-0,3\mu$) ve tenidyumları ancak elektron mikroskobu ile görülebilir. Sıvı ya da hava içerirler, ya kapalı bir ucla sonlanırlar veya birbirleriyle anastomozlaşır. Duvarları suya geçirgendir. Trakeoller intrasellüler yapılar olup büyük yıldız şeklindeki uç hücreler (**trakeoblast**)'den gelişirler (Şekil 63). Trakeoblastlar gelişmekte olan trake epitelinden bağımsız olarak gelişirler ve uzantıları anastomozlaşarak çeşitli iç yapıların yüzeylerinde delikli zarı oluşturur. Trakeoller aynı zamanda böcek dokularındaki hücreler arasında da dallanırlar. Kas hücrelerine girerek intrasellüler olarak sonlanırlar. Hatta mitokondrilere kadar girerler.



Şekil 62. Trake yapısı (Gillot'tan),
A.. Büyük trake, B. Küçük trake



Şekil 63. *Phalera bucephala* (Lepidoptera) tükrük bezinde trake uç hücreleri ve trakeoller, (Holmgren ve Liljeborg'dan).
e. uç hücresi, c. trakeoller, t. trake.

Trakelerin vücut içindeki genel dağılımları ve sıralanışları böcek grupları arasında çeşitli farklılıklar gösterir. Diplura (Campodea), Collembola ve trakeli Protura'da her bir stigmadan uzanan trake, diğer stigmalardan uzananlarla birleşmez fakat Thysanura, diğer Diplura ve Pterygot'ların çoğunda olduğu gibi birbiriyle birleşmiş transvers ve longitudinal ana dallardan oluşan bir sistem içerir. Bu sistem segmental olarak dizilmiş olup postembriyonik gelişmenin en erken safhalarında belirir.

İyi gelişmiş bir trakeal sistemin en belirgin özelliği sistemde **lateral longitudinal** (spirakular), **dorsal longitudinal** ve **ventral longitudinal** dalın bulunmasıdır. Her bir taraftaki sistemi de transvers dorsal veya ventral komissür'ler birbiriyle bağlantılı kılar.

Dorsal longitudinal dal, kalbe ve dorsal kaslara giden segmental kollar verir. Lateral longitudinal daldan ayrılan visseral kollar sindirim kanalı ve üreme organlarına gider. Ventral longitudinal daldan ayrılan kollar sinir şeridi ve ventral kaslara gider.

Bacaklara giden trakeler, toraks bölgesindeki lateral longitudinal (Odonata'da dorsal longitudinal) daldan çıkarlar. Gelişmekte olan kanatların basal trakesi ise mesotoraks ve metatoraksın bacak trakesinden orijinlenir. Baş ve ağız organları esas olarak en öndeki stigmadan ayrılan dorsal longitudinal daldan kol alır.

Hypopneustik trake sisteminde segmental dizilişten çeşitli derecelerde sapmalar görülür. Longitudinal dal ve transvers komissür, indirgenmiş veya kaybolmaya yüz tutmuştur ve birkaç stigmanın her biri doğrudan doğruya vücudun farklı kısımlarına giden dallar verirler. Hypopneustik sistem bazı Coccoidea'da olduğu gibi dikkate değer derecede indirgenmiş olabilir.

Hava keseleri : Çoğu kanatlı böcekte trake, vücudun çeşitli kısımlarında ince duvarlı hava keselerini oluşturmak üzere genişlemiştir. Kutikular intimaları, *Blattaria* ve *Diptera*'nın abdominal hava keselerinde olduğu gibi tenidyumlar içerir veya torasik hava keselerinde görüldüğü gibi düzensiz ya da nokta şeklinde kalınlaşmalar gösterebilir. Keseler kolaylıkla şişip gerilebilir ve hava ile dolduklarında beyaz parlak renkte görülürler. Büyük *Scarabaeid* ve *Buprestid* kınkanatlılarının abdomenlerinde iyi gelişmişlerdir. *Melolontha*'da keseler nispeten küçük fakat çok sayıdadırlar. *Melonplus* (Orthoptera)'ta toraks'da bir çift büyük, abdomende 5 çift küçük kese vardır. Ayrıca kaslar arasında da çok sayıda küçük kese içerirler. Hava keseleri en ileri düzeydeki gelişmelerini *Volucella*, *Musca* ve diğer *Cyclorrhoph*a türleri ile Hymenopter'lerden *Apis* ve *Bombus*'da gösterirler. Bunlarda özellikle abdominal hava keseleri büyüktür ve ana longitudinal trakeal dalın gelişmiş kısımlarıdır. Hava keseleri Lepidoptera ve Orthoptera türlerinde de görülür.

Hava keseleri aşağıdaki görevlerden bir ya da birkaçını yaparlar :

1. Uçuşa yardımcı olurlar, çünkü böceğin özgül ağırlığını azaltırlar.
2. Uçuş esnasında periyodik olarak daralıp genişleyerek (torasik hava keseleri), havanın torasik kaslara aktif bir şekilde gidişini sağlarlar.

3. *Chaoborus* ve *Mochlonyx* larvaları gibi bazı aquatik böceklerde özelleşmiş hava keseleri hidrostatik görev yaparlar.

4. İşitme organları iyi gelişmiş olanlarda tympanik zarın titreşimini arttıırırlar.
5. Vücutta dolaşan kanın hacmini sınırlayarak şekerin yoğunluğunu arttıırırlar ve uçma kasları tarafından çabuk kullanımını sağlarlar (Pupadan çıkmış *Drosophila*'da olduğu gibi).

Trakesiz böceklerde ve trake sisteminin sıvı ile dolu olduğu yaşam evreleri bulunan böceklerde oksijen gereksinimi doğrudan doğruya çevreden vücut sıvısına diffüzyonla sağlanır.

Fonksiyonel trake sistemi bulunduğunda oksijenin dokulara taşınabilmesi için havanın trake sistemine girmesi, ince trakeollere taşınması ve buradan ilgili hücrelere girmesi gerekir. Karasal formlarda oksijenin trake sistemine girmesi genellikle stigmalar yoluyla olur.

Solunum aktivitesi stigmaların açılıp kapanması yoluyla kontrol edilir.

Solunum havasının trakeoller ve dokular arasındaki değişimi diffüzyona bağlıdır. Trakeoller tamamen hava ile dolu olabilir veya uç kısımlarında sıvı içerebilirler. Trakeoldeki sıvı miktarı çevredeki sıvının ozmotik basıncı tarafından etkilenir. Böylece aktif kaslarda oksijen azaldığı zaman metabolizma ürünleri birikerek doku sıvısının ozmotik basıncını artırır. Trakeollerdeki sıvı kolloid emme sistemi ile çekilir ve yerini hava alır. Böylece bu dokulardaki oksijen miktarı arttırılmış olur.

Oksijenin vücut içine taşınması ve aynı zamanda CO₂'nin vücuttan atılmasında diffüzyon olayının da büyük önemi vardır. Dokular ve kutikula CO₂'e, O₂'e oranla daha geçirgendirler ve böylece önemli miktarda CO₂ trake duvarları ve genel vücut yüzeyi ile çıkabilir. Kanın solunumda önemli bir rolü yoktur.

Vücut yüzeyinden su kaybı epikutikula tabakası tarafından büyük ölçüde sınırlanmıştır. Fakat trakeollerin geçirgen oluşları dolayısıyla karasal böceklerde stigmalar yoluyla su kaybı önemli bir konudur. Aşırı derecede kayıp, stigmaların kapama mekanizmaları ile önlenir. Çöllerde yaşayan Tenebrionid kınkanatlılarında olduğu gibi kserofil türlerde bu mekanizma çok iyi gelişmiştir. Diğer taraftan aquatik Homopter'lerde kapama mekanizması bulunmaz.

Aquatik Böceklerde Solunum : Aquatik böcekler genellikle stigmaları kapalı (apneustik) trake sistemine sahiptirler. Bu sistem Odonata, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Sialoidea (Neuroptera)'nın ergin olmayan safhaları ile bazı Dipter familyalarına ait larvalarda görülür. Solunumda gaz alış-verişi tüm vücut yüzeyi ve özel solunum organlarının(solungaçlar9 ince kutikuları yoluyla gerçekleşir. Trake solungaçları

iplik şeklinde veya az çok lamel şeklinde yapılar olup trake ve trakeollerle donatılmıştır. Trakeoller kutikulaya çok yakın ve düzenli bir diziliş gösterirler. Akuatik larvaların büyük bir kısmı ile bazı aquatik pupalarda görülürler. Çoğunda solunumda rol oynayan temel yapılar olmakla beraber bazılarında (larval Culicidae) yardımcı organlar halinde olup açık stigmalarla birlikte bulunurlar.

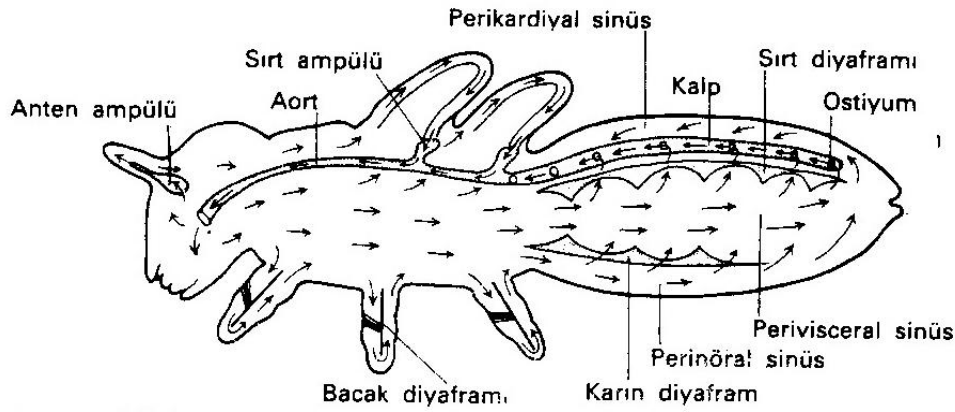
Trake solungaçları genellikle abdomende yer alırlar. Toraksta çok seyrek olarak bulunurlar. Bazı Plecoptera ve bazı Ephemeropter'lerde çok ender olarak başta da bulunurlar. Trichopter'lerde *Cleon* ve diğer türlerin ergin olmayan safhaları, tüm vücut yüzeyi ve solungaçlar üzerinde bir su akımı oluşturacak şekilde hareketler yaparlar. Plecopter'lerin birkaç türünde larvadaki solungaçlar yaşam boyunca erginde de görülür. Trichoptera erginlerinde de solungaçlar görülür ancak büzülmüş haldedirler.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAÇ

DOLAŞIM SİSTEMİ

Böceklerde dolaşım sistemi daima açıktır ve sadece bir tek kapalı dorsal damar içerir. Dolaşımın büyük bir kısmı vücut boşluğu ile eklemler içinde gerçekleşir ve sistem genelde iç organların bulunmadığı boşlukları doldurur. Büyük boşluklar özel bir membranla çevrilerek oldukça belirgin sinüs'leri oluştururlar fakat aorta ile Dictyopter'lerin segmental kan damarları hariç, diğer çoğu Arthropod'ta olduğu gibi belirli bir arter veya venleri yoktur. Bununla beraber eklemlerde ve kanat damarlarında kan, kan damarları ile analog olan belirli kanallar boyunca akar.

Diyaframlar ve sinüsler: Diyaframlar tam olarak geliştiğinde genel vücut boşluğu veya hemosöl, fibriller yapıdaki iki diyafram (septum) aracılığıyla üç sinüse ayrılır (Şekil 64).



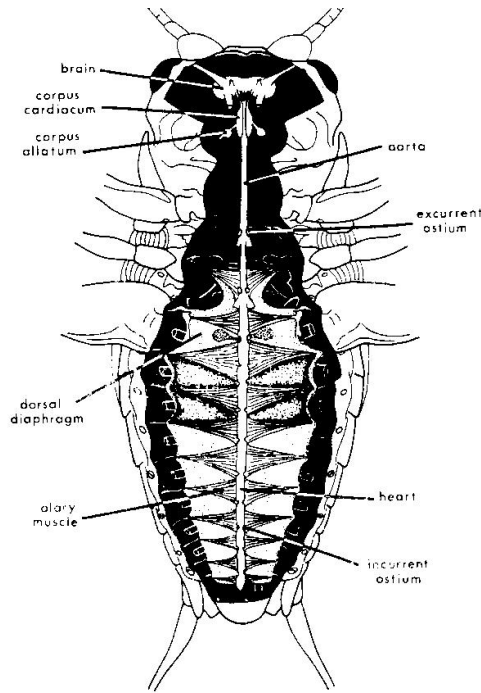
Şekil 64. Tam gelişmiş bir böcekte kan dolaşım sistemi ve kan dolaşım yönü (şematik), (Weber'den).

Dorsal diyafram: En yaygın olan temel septumdur. Abdominal boşluğun içinden geçer ve sindirim kanalının üzerinde uzanır. Çevrelediği kan boşluğu **dorsal** veya **perikardiyal sinüs** adını alır. Dorsal veya perikardiyal sinüs aynı zamanda abdominal tergitlerin altında uzanır. Kalp, bu sinüs içine yerleşmiştir. (Şekil 65).

Ventral diyafram: Abdominal boşluğun içinde ve hemen ventral sinir şeridinin ganglionları üzerinde gerili halde yer alır. Sınırladığı boşluk **ventral** veya **perineural sinüs** olarak adlandırılır. Dorsal ve ventral sinüsler arasında da büyük bir merkezi boşluk veya **visseral sinüs** yer alır ve temel iç organları içerir.

Dorsal damar: Vücudun az çok arka ucundan toraksa doğru uzanır ve başta sonlanır. İntegümentin hemen altında median dorsal çizgi boyunca uzanır ve alttan dorsal diyafram aracılığıyla korunmuştur. Morfolojik olarak posteriyörde kapalı, anteriörde ise

daima açık (sefalik ucuyla) bir tüp halindedir. İki bölge içerir. **Kalp** veya **pompalama organı**, **taşıyıcı damar** veya **aorta**.



Şekil 65. *Acheta assimilis*'de sırt diyaframı ve sırt damarı (Nutting,1951)

Kalp: Perikardial sinüs içinde, abdominal tergitler ile çoğu kez diyaframa eklemlenir. Peş peşe gelen boğumlarla bir seri odacığa bölünebilir. Fakat tek düze bir tüp halinde de olabilir. Çift haldeki ostiumlar nedeniyle de segmentli bir yapı gösterir. En primitif halde kalp, 3 torasik ve ilk 9 abdominal segmentte yer alır. Çoğu böcekte ise sadece abdomende yer alır ve çeşitli derecelerde kısalmıştır. Dictyoptera, Grylloblatta ve bazı primitif Tettigonidae'da genellikle 12 segmentli bir yapı halinde uzanır. *Japyx*'te 10, *Lucanus cervus*'ta 7, Hymenoptera'nın Aculeata grubunda ve *Musca*'da 5 segment içerir. Birkaç böcekte

kalp sadece bir odacığa indirgenmiştir. Histolojik olarak bir sıra çizgili kas hücresinden oluşmuştur. Kan, kalbe lateral ostiumlar yoluyla girer. Ostiumlar kalbin her segmentinde yer alan bir çift deliktir. Her ostiumda kalp duvarı, aurikular kapakçıkları oluşturmak üzere içe ve ileri doğru yönelmiştir. Böylece kanın dışarıya yani dorsal sinüs'e akışı önlenir. Çoğu böcekte aurikular kapakçık çiftleri aynı zamanda kanın kalbe geri akımını da önler.

Aorta: Dorsal kan damarının anteriördeki uzantısıdır ve vücudun temel arteri olarak görev yapar. Kalp ile birleşme yeri çoğu kez aorta kapakçığının varlığıyla ayırt edilir. Aorta toraks boyunca ileri doğru uzanır ve başta beyine yakın yerde sonlanır. Bazı böceklerde ön ucu huni şeklinde bir ağız açıklığı içerir.

Yardımcı pompalama organları : Çoğu böcekte kalbe ilave olarak yardımcı pompalama organları tanımlanmıştır. Bu organlar kese şeklinde yapılar olup vücudun çeşitli yerlerinde yer alırlar ve kalpten bağımsız olarak çalışırlar. Kanın, eklentilerde yeterli miktarda dolaşımını sağlarlar. *Agrius* ve *Dytiscus*'ta meso ve metatorasik tergitlerin hemen altında yer alırlar ve aorta ile bağlantılıdırlar. Odonat'larda ve diğer böcek takımlarında ise protorasik yardımcı pompalama organları vardır. Hemipter'lerde bacaklarda yer alan özel

pompalama organları vardır. Bazı böceklerde ise antenlerin kaidesinde yardımcı kalpler yer alır.

Kan : Böcek kanı veya hemolenf genel vücut eklentilerini ve kanat damarlarının tüp şeklindeki boşluklarını da çevreler.

Kan, böcek vücudundaki tek ekstrasellüler sıvıdır ve böcek hacminin %15-75'ini oluşturur. Sıvı haldeki plazma ile çeşitli kan hücreleri veya hemositleri içerir.

Plazma : %85 su içerir. Hafif asit karakterindedir. Çeşitli miktarlarda inorganik iyonlar, aminoasitler, proteinler, yağlar, şekerler, organik asitler ve diğer maddeleri içerir. Plazma çoğunlukla pigmentlidir. Ancak pigmentlerin kimyasal özelliği hakkında çok az şey bilinmektedir. Chironomidae larvalarının plazmalarındaki hemoglobin uzun zamandan beri bilinmektedir. Plazmanın çeşitli görevleri vardır. Kuruma sonucu dokuların büzülmesi halinde su deposu olarak rol oynar. Aynı zamanda besin materyalini ve hormonları taşır.

Trake sistemi çoğu böcekte iyi geliştiği için, kanın solunumdaki rolü nispeten azdır ve O₂ taşımadan öte CO₂ taşımada görevlidir. Kandaki total CO₂'nin %30-80'i bikarbonat olarak bağlanır.

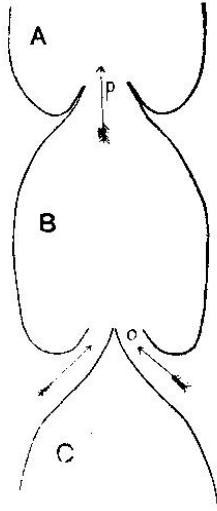
Kan hücreleri : Kan hücreleri veya hemositlerin dolaşan kandaki sayısı değişkendir. Ergin türlerde mm³ teki hücre sayısı 1000-100.000 arasında değişir. Böcekler bakterilerle veya parazitlerle enfekte olduklarında, ekdisis ve ovipozisyon esnasında bu sayı artar.

Hemositlerin temel fonksiyonu fagositozdur ve küçük katı partikülleri içlerine alırlar. Fagositik kan hücreleri bazı böceklerde kalbin ostiumları yanında ayrı bir organ oluşturabilir ya da çeşitli dokularda ve hemosölde bir araya toplanırlar ve diğer kan hücreleri tarafından etraflarında bir kılıf oluştururlar. Hemositler aynı zamanda parazitlerin etrafında da bir kılıf oluştururlar. Kan hücreleri yaranın etrafında toplanır, yıkıntıları da içlerine alarak bir tıkaç yaparlar. Bazı hemositler besin deposu olarak görev yaparlar çünkü glikojen ve yağ depolarlar. Bu maddeler, açlık esnasında kullanılır.

Kan dolaşımı : Kalp, esas olarak pompalama organıdır ve duvarlarındaki kas lifleri sayesinde ritmik olarak kasılır. Kalbin atış sıklığı ve şiddeti sinirsel uyarılardan etkilenmekle beraber böcek kalbindeki ritmin tamamen myogenik olduğu görülmektedir.

Kalbin kasılması (**sistol**) dalgalanma şeklinde posteriörden anteriöre doğrudur. Bazı türlere bu dalga çok hızlı ilerler ve kalbin tümünün birden kasıldığı izlenimini verir. Diğer bazı türlerde ise öylesine yavaş kasılır ki aynı anda arkadan öne doğru 2-3 dalganın gittiği

görülür. **Diastol** ise kalp kaslarının gevşemesi sonucu oluşur. Diastol esnasında kan kalbe ostiumlar yoluyla girer. Bu esnada bir kısım veya tüm hemositler içeri alınmayabilir.



Şekil 66. Kalp kapakçıkları.

A, B, C kalp odacıkları, AB. kalbin sistol hali, BC. kalbin diastol hali, p. interventrikular geçit, o. ostium.

Ostiumlar genişlemiş haldeki dudakların kasılması sonucu kapakçık gibi görev yaparlar ve böylece kanın perikardial sinüse geri dönüşünü önlerler (Şekil 66).

Kalp atış hızı sıcaklık ile birlikte böceğin aktivasyonu ve fizyolojik durumu ile de ilgilidir. Aynı zamanda türlere göre de değişir. *Lucanus* larvalarında 18°C sıcaklıkta dakikada 14 kalp atışı saptanmıştır, *Campodea*'da ise 20°C'ta 150'nin üzerindedir. Farklı böceklerde deneysel koşullar altında birtakım diğer faktörlerin (ısı, corpora allata ve corpora cardiaca salgısı, çeşitli doku atıkları, asetilkolin, adrenalin, 5-hidroksitriptamin gibi farmakolojik olarak aktif maddeler) de kalp atış hızını etkilediği görülmüştür.

Prof. Dr. M. Nihat Akpınar

BOŞALTIM ORGANLARI, YAĞ CİSMİ ve DİĞER HEMOSÖLİK YAPILAR

Boşaltım sisteminin temel işlevi vücut dokuları için bir dereceye kadar sabit bir iç çevrenin sağlanmasıdır. Bu çevrenin sağlanması da proteinlerin parçalanması sonucu oluşan azotlu artık ürünlerin elimine edilmesi ve hemolenfin iyon bileşiminin kontrol edilmesi ile gerçekleşir.

Böcek temel boşaltım organları, arka barsakla birleşmiş haldeki **Malpigi tubülleri** ile son zamanlarda kabul edilen **yağ cismi** ve **nefrosit**'lerdir.

Malpigi Tubülleri (Şekil 67) :

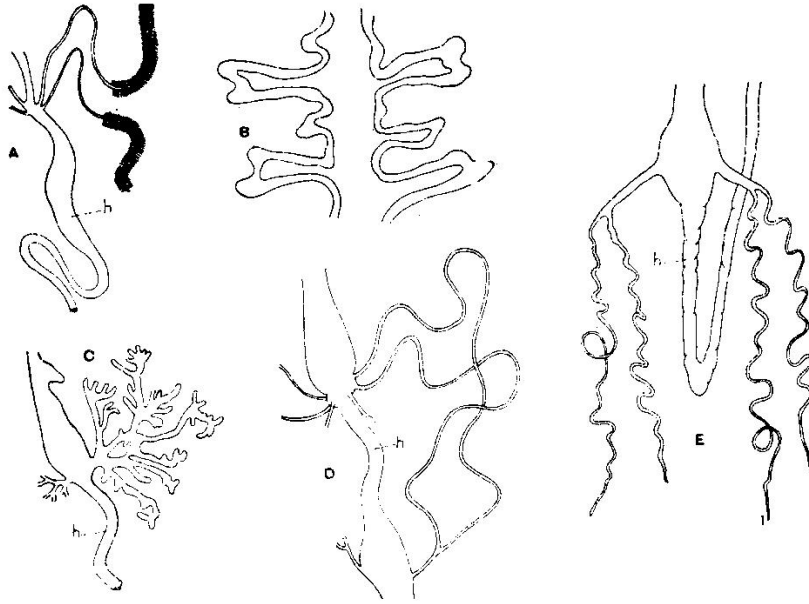
İlk kez İtalyan Anatomist Malpighi tarafından keşfedilen bu organlar tüm böceklerde bulunurlar. Uzun, yassı ve bir uçları kapalı tubüller olup hemosöl içinde uzanırlar ve serbest halde kan içine gömülüdürler. Proksimal uçları ile, arka barsağın mideyle birleşme yerinde barsağa açılırlar. Genellikle ektodermal proktodeumdan orijinlendikleri kabul edilmektedir. Fakat bazı araştırmacılar malpighi tubüllerinin mide ile arka barsak arasındaki farklılaşmamış bir hücre zonundan orijinlendiklerine inanır ve onları mesodeumun çıkıntıları olarak kabul ederler. Distal uçları daima serbest haldedir fakat bazı böceklerde tubüllerin bu uçları arka barsakla birleşmiştir. Bu kriptonefridial durum, çoğu Coleopter larvasında ve tüm Lepidopter larvalarında görülür. Kriptonefri, böceklerin, suyu katı artıklardan geri çekerek depolamalarını sağlar. Malpigi tubüllerinin dış yüzeyleri ince trake ağlarıyla donatılmıştır, büyük dallar ise bu organları sürekli gergin tutar.

Malpigi tubüllerinin sayısı böcek gruplarına göre çok değişkendir. Daima iki ve ikimin katları halindedirler. Primitif sayıları ise 6 olarak kabul edilmektedir. Embriyonal safhada 6'dan azdır ve postembriyonik farklılaşma esnasında bu sayı 100'e kadar varabilir ve bu taktirde segonder tubüller olarak da adlandırılırlar.

Çeşitli ordolardaki tipik sayıları aşağıda verilmiştir:

Anoplura, Thysanoptera, Hemiptera, Diptera, Siphonaptera : 4; Psocoptera, Coleoptera : 4-6; Isoptera : 2-8; Thysanura : 4-16; Mecoptera, Trichoptera, Lepidoptera : 6; Neuroptera : 6-8; Dermaptera : 8-20; Ephemeroptera : 8-100; Plecoptera: 50-60;

Odonata : 50-200; Orthoptera : 30-200; Hymenoptera : Karıncalarda 6-20, çoğu Aculeata'da 100'ün üzerinde.



Şekil 67. Malpigi tubülleri.

A- *Melolontha melolontha*, B- Divertikül (kör kese) oluşturmuş malpigi tubüllerinin bir kısmı, C- *Galleria mellonella*, D. *Timarcha tenebricosa*, E- *Calliphora* (larva)
h. arka barsak (Veneziani ve Redia'dan).

Coccoid'ler ve larval parazitik Hymenopter'ler sadece 2 tubül içermeleriyle istisna oluştururlar. Culicid'lerde ise olağandışı olarak 5 malpigi tubülü vardır. Diplura, Protura ve Strepsiptera'nın bazı türlerinde bu tubüller papillalarla temsil edilirler. Collembola'dan *Japyx*'de ve Aphidoidea'da bulunmazlar.

Malpigi tubülleri bazen ağaca benzer yapıda olabildikleri gibi ikili, üçlü gruplar halinde bir araya gelerek ortak bir ampul veya keseye açılırlar ve oradan da barsağa boşalırlar. Çok sayıda oldukları zaman demet oluştururlar ve her demet ayrı bir kanalla boşalır.

Çoğu türde tubüllerin bazıları veya tümü iki veya üç zon içerir. Zonlar yapı ve fonksiyon bakımından farklıdır. Malpigi tubülleri enine kesitlerinde 3-8 büyük, değişik şekilli ve belirgin nukleuslu epitel hücresi içerir. Nukleuslar gelişme esnasında boyca büyürler ve dev endopoliploid nukleuslar oluştururlar. Bazı türlerde hücreler iki nukleusludurlar. Tubüllerin lümenini çevreleyen hücre yüzeyleri mikrovilluslar içerir. Çoğu böcekte tubüller kas lifleri ile çevrilmiştir. Kas lifleri tubüllerin peristaltik

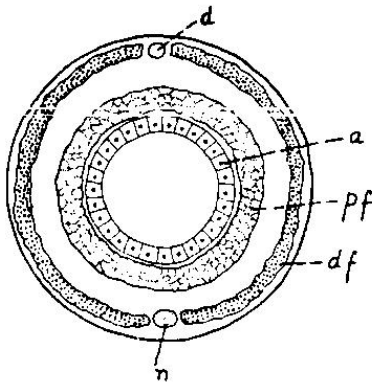
hareketlerini sağlar. Thysanura, Dermaptera ve Thysanoptera'da kas bulunmaz ve peristaltik hareket meydana gelmez.

Boşaltım Fizyolojisi :

Azotlu maddelerin boşaltım fizyolojisi ve osmoregülasyon son zamanlarda oldukça çalışılmıştır. Böceklerde protein yıkımı ile oluşan en belirgin boşaltım maddesi ürik asittir. Fakat ürik asit türevleri olan allantoin ve allantoinik asit bazı Lepidopter'lerde (özellikle larvalarda) ve Heteropter'lerde belli başlı boşaltım maddesidir.

Her üç madde de suda çok az çözünür, azotu benzer oranda içerir ve suyu tutmaya gereksinimi olan karasal böcekler için uygun boşaltım maddeleridir. Diğer taraftan çoğu böcek, azotun büyük kısmını amonyak olarak boşaltır (*Sialis* ve *Aeshna* türlerinin aquatik larvaları, Aphid'ler, *Calliphora* ve *Lucilia* gibi et yiyen Cyclorrhapha Diptera).

Böceklerin boşaltım maddeleri arasında üre ve aminoasitler daha az miktarlarda ve daha seyrek bulunur. Ancak belli başlı boşaltım maddelerini basit bir şekilde genellemek oldukça zordur. Bu maddeler çoğu böcekte metamorfoz sırasında değişikliğe uğrarlar veya diyetle ilgili olarak değişirler. Hatta *Periplaneta* gibi iyi bilinen böcekte temel boşaltım maddesinin amonyak olmayıp ürik asit olduğu kesindir.



Şekil 68. Böcek larvalarında yağ cismi (Şematik enine kesit), (Imms'den).

a. sindirim kanalı, d. dorsal kan damarı, n. ventral sinir şeridi, df. yağ cismine parietal tabakası, pf. yağ cismine visceral tabakası.

Bazı böceklerde ürik asit sürekli olarak yağ cismine özel üre hücrelerinde veya epidermiste toplanıp atılır veya malpigi tubülleri ile atılır.

Malpigi tubüllerinin su dengesi ve iyon yoğunluğunu düzenlemede gösterdikleri kompleks biyofiziksel problemler henüz tam olarak çözülmemiştir. Esas olarak tipik malpigi tubüllerinin salgı bölgesi, potasyum iyonlarını aktif olarak lümene taşımasına rağmen diğer iyonlar ve su

pasif olarak taşınırlar. Bu olayda basal iç katlanmalar ve tubüllerin mikrovillusları, büyük bir olasılıkla osmotik değişikliğin olduğu yerlerdir. Tubüllerde oluşturulan su, arka barsak aracılığıyla işlenir yani arka barsak su ve iyonları seçerek absorbe eder

(muhtemelen tubül lümenine salgılanan şeker ve aminoasitler gibi metabolik olarak bazı yararlı maddeler de absorbe edilir). Benzer işlemler çoğu böcekte diğer dokuların aktivitelerinden olan su ve iyonik regülasyonla tamamlanır. Büyük miktarlarda potasyum içeren yapraklarla beslenen Saturniid larvalarında mide epiteli bu iyonları aktif olarak sindirim kanalının boşluğuna salgılar ve böylece hemolenfte birikimlerini önlemiş olur. Çoğu aquatik böcek; sodyum, klorid ve diğer iyonları ana papillaları ile geri alabilirler. Culicidae larvaları veya Ephemeroptera, Odonata ve Trichoptera larvaları bu iyonları integümentin belirli yerleriyle alabilirler. Atmosferik suyun aktif absorpsiyonu bazı böceklerde örneğin *Thermobia*'da ve *Tenebrio* larvalarında rektum yoluyla mümkündür.

Yağ Cismi : Yağ cismi, genellikle vakuolar ve çeşitli inklüzyonlar içeren yuvarlaklaşmış veya çok köşeli hücrelerde (trofosit) ibaret düzensiz bir kitle ya da lop şeklindeki yapıdır. Çoğu böcekte yağ cismi, sıkıca paketlenmiş hücreler halinde, bazılarında lakünler içeren az çok yassı doku halinde veya gevşek iplikler halindedir. Renkleri beyaz, sarı, oranj veya yeşilimsi olabilir. Omurgalı karaciğerleri gibi yağ cismi de lipid, protein ve glikojen sentezler ve depolar.

Yağ cismi, sölom duvarlarının farklılaşması ile mezodermden orijinlenir, dolayısıyla primitif olarak metamerik düzene sahiptir. Embriyonik sölomun bozulması ve hemosölün gelişmesiyle vücut boşluğunun devamlı fakat düzensiz sınırlarını oluşturur. Çoğu böcekte yağ cismini vücut duvarı altındaki dış tabaka (parietal tabaka) ile çeşitli organları çevreleyen ve çeşitli organlar arasında uzanan iç tabaka (visceral tabaka) olarak ayırt etmek mümkündür (Şekil 68).

Yağ cismi hücrelerinin hemositlerle yakın ilişkide oldukları görülmüştür. Genç safhalarında hemositlerden ayırt edilmeleri çok güçtür. Hemositler yağla yüklü olabilirler ve yağ cismine dönüşebilirler. Yağ cismi hücrelerinin bazı türlerde fagositoz yetenekleri olduğu da söylenir. Bazı böceklerde ürik asit ve üre yaşam süresince yağ cisminde depo edilir. Collembola, *Blatta* ve parazit Hymenopter larvalarında boşaltım granülleri yağ cisminin özelleşmiş üre hücrelerinde şekillenir. Çünkü bu böceklerde malpigi tubülleri ya bulunmayabilir ya fonksiyonel olmayabilir veya üre salgılamayabilirler. Diğer böceklerde tubüller üre salgılasa bile bir kısmı trofositlerde de depo edilir. Apocrita, Lepidoptera ve Cyclorrhapha (Diptera) larvalarında yağ cismindeki üre pupaya geçildiğinde malpigi tubüllerine transfer edilir.

Yağ cisminde toplanan besinlerin farklı oluşu beslenme durumuna ve diğer faktörlere bağlıdır. *Aedes aegypti*, nişasta ve bazı şekerlerle beslendiğinde yağ cisminde glikojen birikir. Oysa zeytinyağı ile beslendiğinde yağ depolanır. Peynir özü (kazein) ile beslenme, proteinin glikojen ve bazı yağlarla birlikte birikimine neden olur.

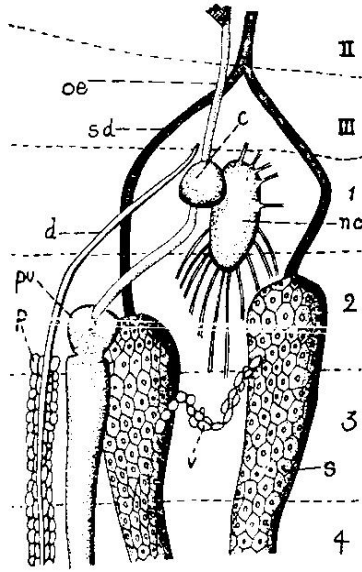
Böceklerin yağ cisminde biriken maddeler, açlık esnasında tüketilir ve aynı zamanda uzun süreli uçuşlarda, deri değişiminde, hibernasyon esnasında, yumurtaların olgunlaşması ve pupasyon gibi etkinliklerde birikim miktarında değişiklik olur. Pupasyon esnasında larval yağ cismi bazı türlerde parçalanır.

Nefrositler (Şekil 69) :

Nefrositler, dağınık hücreler veya lokalize olmuş hücre grupları halinde olabildikleri gibi birden çok nukleus içeren synsisial hücre kümeleri halinde de olabilirler. Lokalize olduklarında iki temel grup halindedirler : 1- **Dorsal nefrositler** veya perikardial hücreler, 2- **Ventral nefrositler**.

Dorsal nefrositler veya perikardial hücreler iki zincir veya segmental hücre grupları halinde perikardial sinüs içinde kalbin yanlarında yer alırlar. Bu tür hücreler çoğu böceğin ergin olmayan safhalarında hem de erginlerinde bulunurlar. Ventral nefrositler ise Dipter larvalarında bulunurlar ve çelenk şeklindeki **Weissman hücre zincirini** oluştururlar.

Bu zincir vücut boşluğunda ön barsağın altında asılı durur ve iki ucu ile tükrük bezine eklenir. Nefrositlerde koloidal partikülleri (proteinler, klorofil) kandan absorbe etme yeteneğindedirler. Bu nedenle boşaltım maddelerini depolayan organlar olarak kabul edilirler, fakat içeriklerinin yaşla arttığı görülmemektedir. Günümüzde omurgalıların retikulo-endothelial sistemleri ile analog olabilecekleri kabul edilmektedir. Koloidal boydaki proteinleri ve diğer partikülleri pinositoz yoluyla kandan alırlar. Oysa hemositler fagositoz yoluyla daha büyük parçacıkları alırlar.



Şekil 69. *Phaonia cincta* (Anthomyidae-Diptera) larvasının anterior bölgesinden kesit (Keilin'den).

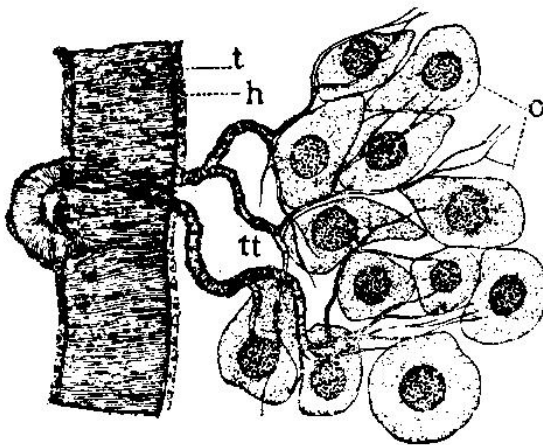
p. perikardial hücreler, v. ventral nefrositler, II., III. ikinci ve üçüncü torasik segmentler, 1-4. abdominal segmentler, c. serebral ganglion, d. dorsal damar, nc. ventral ganglionik merkez, oe. özofagus, pv. proventrikulus, s. tükrük bezi, sd. tükrük kanalı.

Oenocytler :

15-150µm çapında bu küçük hücreler çoğu böcek grubunda kaydedilmişlerdir. Ektoderm veya epidermisten oluşurlar. Abdominal stigmaların yakınında yer alırlar ve epidermal hücrelerin kaideleriyle ilişkili halde kalırlar (Şekil 70). Diğer hallerde hemosöle uzanırlar veya segmental olarak dizili kümeler oluşturmak üzere epidermisten ayrılırlar hatta yağ cismi arasına dağılabilirler.

Genellikle amber (kehribar) rengindedirler fakat kahverengi, kırmızı, yeşil veya

renksiz olabilirler. Ya postembriyonik gelişme sırasında oluşurlar veya bazı Endopterygot'larda olduğu gibi larva ve erginlerde bulunurlar.



Şekil 70. *Phryganeidae* (Trichoptera) larvasında önosit hücre yumağı (Imms'den).

o. önositler, t. trake, tt. küçük trake dalları, h. trake epitel hücreleri.

Oenositlerin fonksiyonu hala problemdir. Kutikular lipid salgıladıkları düşünülmektedir fakat ince yapıları omurgalıların steroid sentezleyen hücrelerine benzerdir ve ekdison oluşumuna katkıda bulunabilirler.

SALGI BEZLERİ – SALGI ORGANLARI

Böcek salgı bezleri bir veya birkaç hücreden ibaret olup ya vücutta kullanılan ya da vücuttan dışarı atılan maddeleri salgırlar. İki tip salgı bezi vardır: 1- **Eksokrin bezler** : Az çok belirgin açıklıkları veya kanalları vardır ve salgılarını ya vücut dışına ya da vücut içine bir lümene boşaltırlar. 2- **Endokrin bezler**: Özelleşmiş kanalları yoktur. Salgıları (hormonlar) genellikle kana yayılır ve kan yoluyla bütün vücut bölümlerine taşınır.

Eksokrin Bezler

Normal epidermal hücreler, orta barsağın salgı yapan hücreleri ve malpigi tubül hücrelerinin tümü bez epitelini oluştururlar. Burada değineceğimiz çeşitli eksokrin bezler ise her zaman ektodermden orijinlenirler. Eksokrin bezler ya tek hücrelidirler ya tek hücrelerin basit bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşurlar ya da ileri düzeyde organize olmuş çok hücreli yapılar halindedirler. Çok hücreli olmaları halinde tubülar, basit alveolar veya salgı kanalının dallanması sonucu bileşik bez yapısı gösterirler. Sonuçta bileşik tubülar veya bileşik alveolar yapılardır. Salgı hücreleri, bezin salgı yapan kısmında bulunur. Bu bezsi kısım salgısı olmayan bir kanal içerir, bu kanalın özel bir açıklığı vardır. Bezin, salgıyı geçici olarak depo ettiği bir de haznesi bulunabilir.

Böceklerdeki belli başlı eksokrin bezler şunlardır :

1- **Mum bezleri** : Homopter'ler için karakteristiktirler. İntegümentin çeşitli yerlerine dağılmış tek hücreli veya çok hücreli yapılar halindedirler. Özellikle Coccoidea'da bulunurlar. Mum ya toz örtüsü şeklinde ya ipliksi örtü şeklinde veya ince bir lamel halinde salgılanır. Mum bezleri aynı zamanda Aphid'lerde de yaygındır. *Eriosoma lanigerum*'da mumdan çok yağ tabiatında olan salgı hem toz şeklinde hem de iplik şeklinde salgılanır. Flatidae'den *Phromnia marginella*'da nymfi çevreleyen mumsu iplikler, uzun epidermal hücrelerden oluşmuş bir grup tek hücreli bez tarafından salgılanır. Bazı Coccinellidae larvaları ve *Selandria* (Tenthredinidae) türlerinin larvaları yün şeklinde bir materyal ile örtülüdür. Bu materyal de mum olarak kabul edilir.

Bal arılarının balmumu bezleri : Bal peteğinin oluşturulmasında kullanılan materyal genç işçiler tarafından salgılanan balmumdur. Balmumu 4-7. abdominal sternitler üzerinde yer alan epidermal bezler tarafından salgılanır. Salgılandığı zaman sıvıdır. Oldukça ince kutikular porlarla dışarı bırakılır, sonra toplanır ve ince levha halinde sertleşir. Arı balmumu levhasını arka bacağın 1. tarsal segmentinin distal ucunda

yer alan spinler üzerine alır. Sonra bacağına ileri doğru bükerek ve bal mumunu mandibülleri ile tutar ve petek hücresini yapmak üzere gerekli şekilde yoğurur. Balmumuna ilave olarak işçiler, ağaçların tomurcuklarından veya diğer kısımlarından topladıkları reçine benzeri maddeleri kullanarak peteğin gevşek kısımlarını sertleştirirler. Arı yuvasının yapısal temelini hexagonal şekilli ve arka arkaya gelen iki sıra halinde dizili hücreler (odalar) oluşturur. Bal petekleri ayrı ayrı baş aşağı durur ve hücrelerin uzun eksenleri daima horizontaldir.

2- Lak bezleri (Lac: Reçineli sıvı, bir çeşit zambak) : Lak, bazı Coccoidea (Lacciferidae), özellikle *Laccifer lacca* dişileri tarafından koruyucu bir örtü olarak salgılanır ve ticari öneme sahip reçineli bir maddedir. İntegümente dağılmış bez hücreleri tarafından salgılanır. Kimyasal olarak büyük miktarda resin, renk maddesi, mum, protein ve az miktarda diğer maddeleri içerir. Alınan besinin cinsi oluşturulan lak'ın renk ve miktarını etkiler.

3- Sefalik bezler : Böcek başları ağız organlarıyla ilişkili çeşitli sayıda bez içerir ve bu bezler ektoderm orijinlidirler. Böceklerde en yaygın olarak bulunan sefalik bezler 3 tiptir :

a- Mandibülar bezler : Apterygota, Isoptera, Dictyoptera, Coleoptera, Trichoptera ve Hymenoptera'da mandibüllerin kaidesine yakın yere açılan küçük bezlerdir. Lepidopter larvalarında dikkate değer boya ulaşırlar ve tükrük salgırlar. Çünkü bu grupta normal tükrük bezleri (labial bezler) ipek salgılamak üzere özelleşmişlerdir. Apoidea'de bazı türlerde alarm feromonlarını veya cezbedici maddeleri salgılamak üzere özelleşmişlerdir ve *Apis mellifera*'da kraliçe maddesini salgırlar.

b- Maxillar bezler : Collembola, Protura, Neuroptera (*Planipennia* larvalarında) ve bazı Trichopter'lerde bulunurlar. Maxillar segmentte yer alırlar. Coleopter'lerin larva ve erginlerinde de bulunurlar.

c- Labial bezler : Genelde tükrük bezleri olarak bilinen çift haldeki yapılardır. Toraks'da, ön barsağın yanlarında yer alırlar. Kanalları birleşerek median tükrük kanalını oluşturur ve hypofarinks'in kaidesine yakın yerde pre-oral boşluğa açılırlar. Çoğu böcekte labial bezlerin kanalları kutikular astarlarla taenidium'lar içerir ve trakeye çok benzerler. Coleopter'lerde çok az türde bulunmakla beraber Orthoptera ve Dictyoptera'da çok büyüktürler ve loplu yapıdadırlar. Aynı zamanda tükrük deposu içerirler. Fitofag böceklerde salgıları sadece sindirime yaramaz aynı zamanda bitkiler için toksik olabilir. Ergin Lepidopter'lerde labial bezler iplik şeklinde tüpler

halindedirler. Bu tüplerin salgıları, örneğin Saturniidae ve Bombycidae (Lepidoptera)'de kozadan çıkış anında **kokonaz** enzimini çözmede rol oynar. Dipter'lerde labial bezler tüp şeklindedirler. Muscidae'de vücut boyu kadar uzun olabilirler. Hymenopter'lerde son derece iyi gelişmişlerdir ve çok komplekstirler. Bal arılarında iki çift salkım şeklindedirler. Bir çift başta diğer çift toraksta yer alır ve kanalları ortak bir kanal oluşturmak üzere birleşir. Psocoptera'da yapı ve fonksiyon olarak farklı iki çift labial bez vardır. Benzer bezler bazı Mallophag'larda da bulunmuştur. *Panorpa* (Mecoptera)'da labial bezler erkekte oldukça genişlemiştir ve salgıları çiftleşme esnasında dişi tarafından yenir. Böceklerde tükürüğün esas fonksiyonu besinlerin sindirimini eksternal olarak veya ön barsakta sağlamaktır. Amilaz ve invertaz en yaygın enzimlerdir. Proteaz ve Lipaz da bulunur.

Kan emici Dipter'lerde tükürük antikoagulant'lar ve toksik materyaller içerebilir. *Drosophila* larvaları puparium'u substrat'ına yapıştırmak üzere mukoproteinler salgılar. Hamamböceklerinin büyük tükürük depolarının rollerinden biri de böceğin su kaybı durumlarında kullanmak üzere su depo etmektir.

4- İpek bezleri : Böcekler tarafından salgılanan ipek, genelde kimyasal bileşikler ve moleküler konfigürasyonları farklı olabilen fibröz proteinlerdir. İpek, daima ince iplikler halinde salgılanır. Larval örtü veya kokonu oluşturmak üzere az çok sıkı şekilde dokunmuştur. Ancak şerit şeklinde hatta parşömen şeklinde de salgılanır. Lepidopter larvalarının klasik fibrilli ipekleri özellikle Bombycidae ve Saturniidae'de pile şeklinde katlanmış karakteristik moleküler dizilişe sahiptir (protein yapısındaki glycine %10 - %60 arasında değişir). *Nematus* ve akrabaları olan diğer Symphyta (Hymenoptera) cinslerinde ipek protein yapı olarak daha çok kollagen'e benzer, oysa birkaç testere sineği larvasında poliglisin'dir.

Lepidopter'lerde ipek, labial bezlerden fibrinojen olarak salgılanır. Salgılandığı zaman yapısı bozulur ve kaba elastik protein olan fibroin halini alır. Fibroin, serisin olarak bilinen jelatinimsi ve aynı zamanda suda çözünebilen bir dış protein tabakası ile çevrilidir.

Bir Carabid olan *Lebia scapularis* larvasında ve *Planipennia* (Neuroptera) da ipek, malpigi tübüllerinin bir salgısıdır. Embioptera ve *Hilara* (Empididae –Diptera) türlerinde ipek tarsusların anteriöründe yer alan dermal bezler tarafından salgılanır.

Bombyx mori'nin ipek bezlerinde proximal kısım fibroin salgılar, orta kısımlar ise serisin salgılar.

5- Kötü koku bezleri : Birçok böceğin vücudunun çeşitli kısımlarında yer alan dermal bezler büyük bir olasılıkla korunmaya yönelik tiksindirici kokusu olan çeşitli kimyasal maddeler salgırlar. Heteroptera nymflerindeki dorsal abdominal koku bezleri ile erginlerdeki metepisternal koku bezleri bu tiptir. Çeşitli hidrokarbon türevlerinin karışımlarını salgırlar. Bunlardan bazıları aynı zamanda alarm feromonları da olabilir. Coroidae türlerinin salgıları hexanol, asetik asit ve hexil asetat içerirken Pentatomidae türlerinin salgıları hexanol, oktanol ve dekanol içerir. Coleopter'lerde, özellikle Adephaga alt takımında kompleks pygdyial bezler bulunur. Bu bezler anüse yakın yerden açılırlar ve sert kokulu maddeler salgırlar. Termit askerlerindeki oldukça gelişmiş frontal bezler, terpenler ve resinler karışımı yapışkan bir koruyucu madde salgırlar. Lymantriidae (Lepidoptera) larvalarında ise kötü koku bezleri 6. ve 7. abdominal segmentlerde yer alır.

6- Cezbedici madde salgılayan bezler : Böceklerin çoğu, bireylerin birbirlerini cezbetmesini sağlayan feromonları salgılayan bezlere sahiptir. Sosyal böcek türlerinde bu cazibe koloninin birbirine bağlılığını artırır. Normalde soliter formların salgıladıkları maddeler cinsiyet bireylerini bir araya getirerek çiftleşmeyi kolaylaştırır veya geçici toplanmayı sağlar. Kimyasal uyaran birkaç kilometre mesafeye kadar etkili olabilir veya kısa bir mesafe içinde sınırlı kalabilir veyahut ta çiftleşmenin veya kur yapmanın son safhalarında etkili olur. Bu tür feromonlar böcek davranışlarının kontrolünde önemli rol oynarlar. Feromonlar kimyasal olarak farklı olabildikleri gibi bu maddeleri salgılayan bezler de taksonomik dağılımları, pozisyonları, yapıları ve salgıları bakımından da farklıdır. Örneğin Lepidopter'lerin çoğu türe ve cinsiyete göre farklı olan koku bezlerine sahiptirler. Erkeklerin kanatları üzerinde saçılmış veya toplanmış karakteristik şekilli pullar vardır. Bu pullara **androconia** denir ve kaidelerinde koku bezleri vardır. Lepidopter'lerin çoğu türünde örneğin *Porthetria dispar*, *Bombyx mori*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia spp.* de olduğu gibi feromonları salgılayan bezler dışide bulunurlar.

Bazı erkek Blattid'lerin dorsal abdominal bezleri ve *Oecanthus*'un (Orthoptera) metanotal bezleri, kopulasyon esnasında dişi tarafından yalanan bir madde salgırlar. Karınca ve termit yuvalarında yaşayan Ymphyliidae (Coleoptera) aromatik salgıları, integümenin çeşitli yerlerinde yer alan kıl demetlerinin kaidesindeki dermal bezler tarafından salgılanır. Bazı Lycaenidae (Lepidoptera) larvaları abdomenlerinin sonunda dikensi tüberküllere sahiptirler. Bu tüberküller de karıncalar tarafından yalanırlar.

7- Zehir bezleri : En iyi gelişmelerini Hymenopter'lerin Apocrita grubunda gösterirler. Zehir bezleri ovipositor veya iğne ile ilişkili yapılar olup değişikliğe uğramış yardımcı üreme bezleridir. Salgıları genellikle çeşitli maddelerin karışımından ibarettir. Bu maddeler arasında bal arılarının zehiri olan protein melittin ile *Vespula*'nın zehiri olan polypeptid kininler gösterilebilir.

Braconidae (Hymenoptera) zehirlerinin dereceleri bir konak türden diğerine göre değişir.

Çeşitli Lepidopter (*Megalopygidae*, *Eucleidae*, *Saturniidae*, *Arctiidae* ve *Lymantriidae*) larvaları, seta veya spinlerle bağlantılı epidermal zehir bezleri içerir. Bu bezler, spin veya setalar kırıldığı zaman insanda kaşıntıdırıcı kabarcıklara (ısırgan otunun benzer etkisi gibi) neden olan salgı yaparlar.

Çoğu böcek aynı zamanda insanda alerjiye neden olabilir. Bu tür alerji ölü veya canlı böceğin vücudundan çıkan tozlar, vücut pulları veya tükürük bezleri ile zehir bezleri salgısı nedeniyle olabilir.

8- Yardımcı üreme bezleri : Üreme sistemine bakınız.

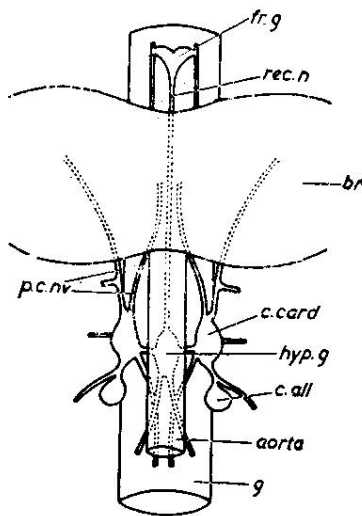
Endokrin Bezler

Böcek vücudunun ön tarafı bir çok endokrin bez içerir. Endokrin bezlerin salgıları; Büyüme, postembriyonik gelişme, metamorfoz, diyapoz gibi çok önemli biyolojik fonksiyonlar üzerine önemli etkilerde bulunduğu gibi; Üreme, su dengesi, boşaltım , kan şekeri ve lipid düzeyinin regülasyonu gibi metabolik faaliyetleri düzenlemede de rol oynar. Çeşitli davranış modelleri, kutikulanın oluşumu, sertleşmesi ve koyulaşması, sindirim enzimlerinin salgılanması ve hatta belirli polimerik türlerde kast (sınıf) kontrolü ve morfolojik farklılaşması da hormonal etki altındadır.

Neurosekresyon hücreleri : Nispeten büyük hücrelerdir. Sinir sistemi ganglionlarında ve korpora kardiaka'da bulunurlar. Neurosekresyon hücreleri özelleşmiş neuronlar olup sinirsel aktivite yanında endokrin fonksiyonlara da sahiptirler. Beyinde oldukça iyi bilinirler, tipik bir şekilde kümeleşmiş halde protoserebrum'un pars interserebralis'inde yer alırlar. Neurosekresyon hücrelerinde boyanabilen salgı materyalinin taşıyıcı proteinlerle birlikte hormon oldukları kabul edilir. Bu maddeler hücre gövdesini terk ederek akson boyunca salgılanacakları akson ucuna kadar taşınırlar. Pars interserebralis'teki neurosekresyon hücrelerinin aksonları beyni terk ederek korpora

kardiaka'ya uzanır ve orada sonlanırlar. Neurosekresyon hücreleri aynı zamanda ventral sinir şeridindeki ganglionlarla da dağılım gösterirler.

Neurosekresyon hücreleri tarafından üretilen hormonun birçok fizyolojik etkisi vardır. Ancak bu hormonlar kimyasal olarak henüz tam olarak tanımlanamadıkları gibi orijinlendikleri ve salgılandıkları yer de tam olarak tarif edilememiştir. Tanımlananlar arasında yer alan beyin hormonu, büyük bir olasılıkla bir protein veya protein karışımı olup **ekdison** hormonu (deri değiştirme hormonu)'nun protorasik bez tarafından üretimini başlatır. O nedenle deri değiştirmeden indirekt olarak sorumludur ve bazı hallerde diapoz'u sona erdirir. *Calliphora* ve bazı diğer böceklerin pars interserebralis'lerinin neurosekresyon hücreleri, oosit hücrelerinin büyümesini uyararak ovaryumun gelişmesi üzerine doğrudan etki eder. *Calliphora*, *Locusta*, *Periplaneta* ve diğer türlerde kutikulanın sertleşmesi ve renginin koyulaşması beyindeki neurosekresyon hücreleri tarafından üretilen ve torasik veya abdominal ganglionlar tarafından kana salgılanan bir peptit veya protein tabiatındaki **bursikon**'a bağlıdır. *Rhodnius*'un birleşik ventral ganglionlarındaki neurosekresyon hücreleri **diüretik hormon**'u salgırlar. Günümüzde boşaltımın ve su dengesinin neurosekresyon mekanizmaları yoluyla kontrolü bir çok türde belirlenmiştir. Çoğu hallerde şişkin akson uçlarından, neurosekresyon materyalinin salgılanması Neurohemal organlarda gerçekleşir. Bunların en iyi gelişmiş **korpora kardiaka**'dır. Ventral ganglionlar ise neurohemal organ olarak daha iyi gelişmiştir.



Şekil 71. Stomogastrik sinir sistem ve ilişkili endokrin bezler. br. beyin, c. all. korpus allatum, c. card. korpus kardiakum, fr.g. frontal ganglion, hyp.g. hiposerebral ganglion, p.c.nv. dış ve iç parakardiak sinirler, rec. n. rekurrent sinir. g. sindirim kanalı. (Cazal'dan).

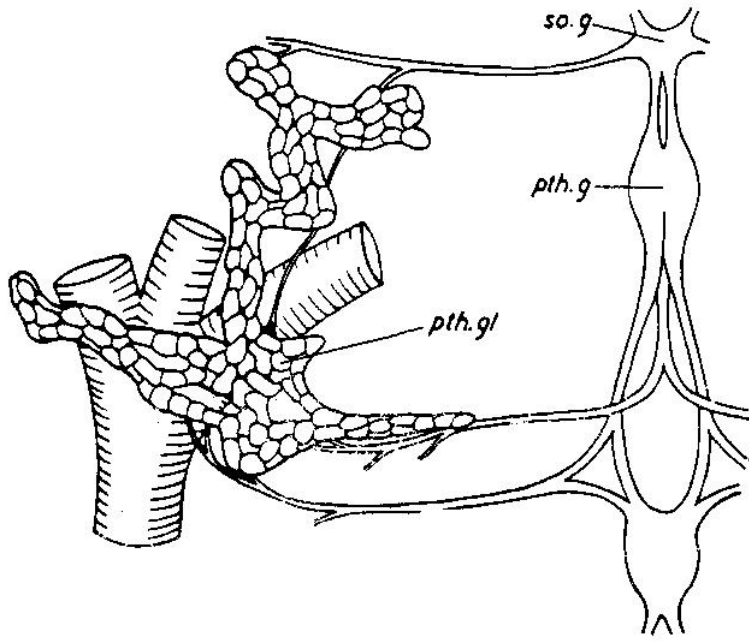
Korpora kardiaka (Şekil 71)

Tüm Pterygot'larda bazı Thysanura ve Japygidae'de beyinin arkasında aortaya çok yakın konumlu bir çift küçük cisim, Korpora kardiaka (korpora parakardiaka, postserebral veya faringeal ganglion)'dır. Her biri protoserebrum'a bir çift sinir ile ve stomogastrik sistemin hiposerebral ganglionuna

tek sinir ile bağlantılıdır, medianda çeşitli derecelerde birleşirler. Ultrastrüktürel ve deneysel veriler korpora kardiaka'ların neurohemal organlar oldukları, beyinin neurosekresyon hücreleri aksonlarının uçlarını içerdikleri ve hormonları depolayıp hemolenfe salgıladıklarını göstermektedir. Bu şekilde basit bir yapıyı gerçek korpora kardiaka'sı bulunmayan ve neurosekresyon aksonları aorta duvarında sonlanan çoğu Apterygot'ta görüyoruz. Pterygot'ların korpora kardiaka'sı aynı zamanda intrinsik neurosekresyon hücreleri (paranşimal hücreler) ile glia benzeri ara doku içerir ve böylece korpora kardiaka sadece serebral neurosekresyon hücrelerine ait materyali depolayıp salgılamakla kalmaz endokrin bez olarak ta görev yapar. Korpora kardiaka hormonları hem intrinsik hücreler, hem de beyinin neurosekresyon hücreleri tarafından üretilen hormonlardır.

Protorasik bezler : Çift haldeki bu yapılar aynı zamanda torasik bezler, perikardial bezler veya ventral bezler olarak ta bilinirler ve başın labial segmentine ait epitelin invaginasyonu ile oluşurlar (Şekil 72). Ergin olmayan safhalarda baş bölgesinde veya anteriör torasik bölgede bulunurlar. Az çok tıknaz yapılar halinde oldukları gibi yaygın yapılar halinde de olabilirler ve çoğu kez poliploid nükleuslu büyük hücreler içerirler. Bezler trakelerle iyi donanmışlardır ve çoğu zaman aksonları neurosekresyon granülleri içeren sinirlerle de ilişkilidirler. Deneysel veriler protorasik bezlerin salgılarının bir takım etkileri olduğunu göstermektedir. Özellikle epidermis ve ilişkili kaslarında değişmeyi başlatır ve yeni kutikulanın salgılanmasına neden olur. Aynı zamanda imaginal diskin büyümesini uyarır ve aktiviteleri postembriyonik diyapozun sonlanmasını sağlar. İzole edilen ilk protorasik bez hormonu **ekdison**'dur. Steroid tabiatla olup, bir takım enzimatik reaksiyonlar sonucu kolesterolden sentezlenir.

Korpora allata : Bu endokrin bezler beyinin arkasında, yanlarında, korpora kardiaka'ya yakın yerlerde konumlanmış olup tüm böceklerde bulunurlar. Hemiptera ve Dermaptera gibi bazı böceklerde aortanın altında median kitle oluşturmak üzere birleşmişlerdir. Apterygot'ların çoğunda ve Ephemeropter'lerde korpora allata sadece subözofageal ganglionlar tarafından sinirlendirilmiştir. Fakat diğer böceklerde korpora kardiaka'dan geçen serebral sinirlerle donatılmışlardır ve subözofageal innervasyon Dipter'lerde olduğu gibi kaybolabilir. Korpora allata'ya ulaşan aksonların bazıları neurosekresyon granülleri içerirler. Korpora allata gelişme süresince boyca büyür fakat yaşlı erginlerde bir dereceye kadar gerileyebilir.



Şekil 72. Protorasik bez ve bu bezle ilgili sinirler. *Saturnia* (Lepidoptera) larvasında. pth.g. protorasik ganglion, pth.gl. protorasik bez, so.g. subözofageal ganglion (Lee'den)

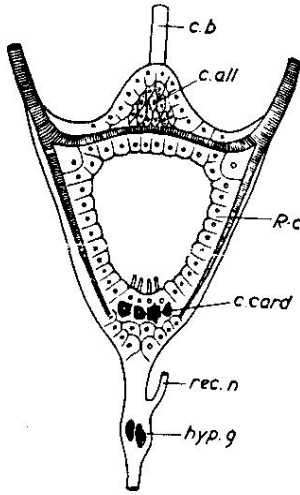
Korpora allata'nın en önemli fonksiyonu postembriyonik gelişme esnasında ergin karakterlerin ortaya çıkmasını inhibe eden salgı salgılamasıdır. Bu salgı Juvenil hormonlar olup JH I, JH II ve JH III olarak izole edilmişlerdir. Bu hormonlar terpenoidler olarak bilinirler ve kimyasal olarak tridekodiendioik asid'in yakın esterleridirler. Ergin olmayan safhalarda aktif olarak serbesttirler ve ekdison'la birlikte preimaginal (ergin öncesi) gelişimin başlamasını sağlarlar. Son larval veya nimfal döneme gelindiğinde korpora allata in aktif hale gelir ve sonuç olarak hormonal dengede değişiklik meydana gelir. Bu değişiklik de metamorfoza neden olur. Buna ilave olarak juvenil hormonlar ekdisonlara etki ederek çoğu türün ergin dişilerinde gonadotropik etki (gonad uyarıcı) oluşturmalarına neden olur. Metamorfoz tamamlandıktan sonra korpora allata tekrar aktif hale geçer. Korpora allata'sı çıkarılmış böceklerde, gelişmekte olan oositlerin, yumurta sarısını depolayamadıkları gösterilmiştir. Erkeklerde gonadotropik etki yoktur, fakat bazı türlerde korpora allata'nın salgısına, yardımcı üreme bezlerinin gelişmesi ve normal cinsel davranışlarının sürdürülmesi için gereksinim vardır.

Jüvenil hormonun bazen daha spesifik etkileri vardır. Birçok türde ergindeki üreme diapozunu sona erdirir. Deneysel olarak *Apis mellifera*'nın genç işçi larvalarına jüvenil hormon verilirse, işçi odacıklarında kraliçe benzeri bireylerin gelişmeye

başladıkları görülür. *Kalotermes*'te kast farklılaşmasının ekdison ile juvenil hormon arasındaki dengeye bağlı olduğu görülmektedir.

Jüvenil hormon ile ekdison arasındaki dengeler zararlı böcek mücadelesinde geleneksel insektisidler yerine kullanılabilir.

Weismann halkası (Halka bezi) : Cyclorrapha (Diptera) larvalarında beyinin arkasında ve aortanın etrafında trake ile desteklenmiş küçük halka benzeri yapıdır (Şekil 73). Weismann halkası olarak bilinen bu yapı korpora allata, korpora kardika ve perikardial (veya protorasik) bezlerle homologtur. Bu yapının çeşitli kısımları diğer böceklerdeki gibi metamorfozu kontrol eder.



Şekil 73. *Calliophora* (Diptera) larvasında Weismann halkasının diagramı.

cb. sefalo-faringeal band, R-c. R hücreleri (Diğer böceklerdeki protorasik bezlerin homoloğu), c. all. korpus allatum, c. card. korpus kardikam, rec. n. rekurrent sinir, hyp. g. hypocerebral ganglion (Thomsen'den).

ÜREME SİSTEMİ

Böceklerde üreme organları çok büyük varyasyonlar gösterir. Embriyonik halde iken başlangıçta erkek ve dişide benzer olmakla beraber daha sonraki gelişme dönemlerinde farklılaşmaya başlarlar. Çok primitif takımlarda erginlerde de bu benzerlikler devam etmesine rağmen (Şekil 74) yüksek gruplara gidildikçe dikkate değer derecede farklılıklar göze çarpar. Gonadlar bir çift mezodermal yapılar olup büyük bir olasılıkla sölom keselerinden gelişirler. Bu yapılardan ayrılan bir çift kanal ergin böceğin lateral gonodukt (lateral oviduktlar veya vas deferens)'larını oluşturur. Böceklerin büyük bir kısmında mezodermal gonoduktlar doğrudan doğruya dışarıya açılmazlar, birleşerek median bir geçit (müşterek ovidukt ve vagina veya ejakulator kanal)'e açılırlar. Bu geçit (ventral vücut duvarının invaginasyonu ile oluşur ve kutikula ile astarlanmıştır.

Erkeklerde genital açıklık 9. abdominal sternum'un arkasında, dişi de ise 8. veya 9. sternum'un üzerinde veya hut ta arkasındadır.

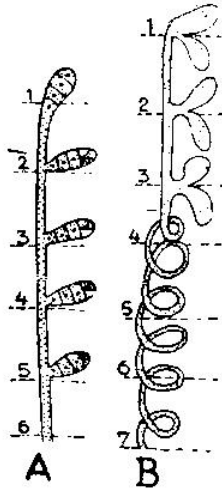
Erkek ve dişi eşeyssel organlar ile her organın eşeylerdeki karşısı aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Erkek Üreme Organları	Dişi Üreme Organları
1. Testis (çift)	Ovaryum (çift)
2. Vas deferens (çift)	Ovidukt (çift)
3. Vesikula seminalis	Yumurta kaliksi
4. Median ejakulator kanal	Müşterek ovidukt ve vagina
5. Yardımcı bezler	Yardımcı bezler
a) Mesadenia	a) -
b) Ektadenia	b) Kolleterial bezler
6. -	Spermateka
	Bursa kopulatrix
7. Genitalia	Ovipositor

Erkek Üreme Sistemi

Testisler : Apterygot'ların çoğunda testisler şekil ve büyüklük bakımından ovaryumlara benzerler fakat böceklerin büyük bir kısmında çok daha küçüktürler. Barsağa yakın olarak; barsağın dorsal, lateral hatta ventralinde konumlanmış olabilirler. Testisler,

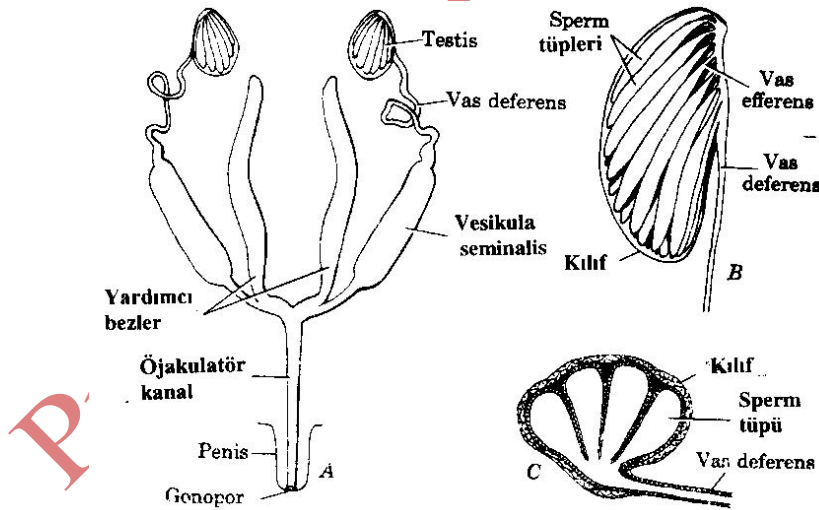
trakeler ve yağ cismi aracılığıyla belli bir konumda tutulurlar ve ovaryumlardaki suspensor filamentleri içermezler. Her bir testis az çok oval şekilde olup kısmen veya tamamen loplara ve foliküllere bölünmüştür. Bu bakımdan da farklı böcek türlerinde büyük varyasyon gösterirler.



Şekil 74. *Lepisma*'da gonadlar (Genç birey)

A, Dişi; B, Erkek (Numaralar abdominal segmentleri göstermektedir. (Grassi'den).

Testisler çoğu Apterygot'ta olduğu gibi basit bir kese veya genişlemiş folikül şeklindedir. Foliküller tek veya iki lopludur. Orthopter'lerde ise folikül sayısı fazladır. Testisler aynı zamanda kısa, küre şeklinde veya uzamış tüp şeklinde olabilir. Mallophaga, Siphunculata ve bazı Coleopter'lerde her bir folikül, vas deferens'e nispeten iyi gelişmiş ince bir tüp veya vas efferensler aracılığıyla bağlantılıdır. Böceklerin çoğunda foliküllerin etrafındaki peritoneal kılıf gelişerek testislerin tümünü çeviren bir örtü veya skrotum oluşturur. Lepidopter'lerin çoğunda, *Gryllotalpa*'da ve bazı Hymenopter'lerde testisler ortada birbirleriyle çok yakın konumludurlar ve tek bir skrotum'la çevrilirler.



Şekil 75. Böceklerde tipik erkek üreme sistemi, testis ve kanalları. A. Bütün sistem, B. Testisin yapısı, C. Testis ve kanallarından kesit

Erkek genital kanallar : Vas deferensler, testislerden geriye doğru uzanan bir çift kanaldır. Mezoderm orijinlidirler. Uzunluk bakımından çok değişkendirler ve çoğu böcekte vas deferenslerin her biri bir müddet devam ettikten sonra genişleyerek bir kese şeklindeki

vesikula seminalisleri oluşturur. Spermatozoonlar burada toplanırlar. Bazı Dipter’lerde vas deferensler müşterek bir vesikula seminalise açılırlar. Posterioşe doğru vas deferensler kısa ve müşterek bir kanalı oluşturmak üzere birleşirler. Bu kanal median ektodermal tüp veya ejakulator kanal olarak devam eder (Şekil 75). Ejakulator kanal veya fışkırtma kanalı güçlü kas örtüsü ile çevrilidir.

Aedeagus : Ejakulator kanalın uç kısmı ventral vücut duvarının parmak şeklindeki çıkıntısıyla çevrilidir. Bu yapı aedeagus’tur.

Erkek yardımcı bezler : Üç çift sayıda tüp şeklinde veya kese şeklinde yapılardır. Salgıları spermatozoonlarla karışır. Bazı böceklerde doğrudan doğruya spermatofor yapımıyla ilişkilidirler. Ayrıca erkek yardımcı bezlerin peptid salgısının dişinin daha sonraki çiftleşme sayısını azaltmada veya yumurtlamayı uyarmada etkisi vardır. Erkek yardımcı bezler iki gruba ayrılabilir :

1- **Mesadenia** : Mezodermden orijinlenir ve vas deferensin çıkıntısı olarak meydana gelir,

2- **Ectadenia** : Ektodermden orijinlenir ve ejakulator kanalın çıkıntısını olarak meydana gelir.

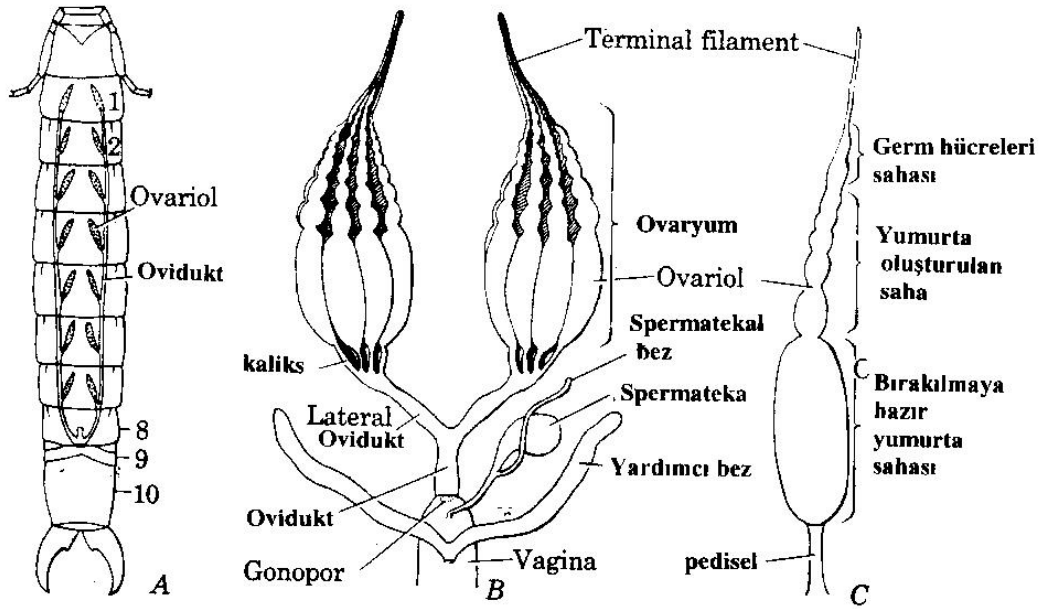
Orthoptera ve Dictyoptera’da yardımcı bezler oldukça iyi gelişmiştir. Apterygot ile Musca, Tabanus ve diğer Dipter’lerde bulunmazlar.

Dişi Üreme Sistemi (Şekil 76A)

Ovaryumlar : Ovaryumlar az çok tıkız yapılar olup abdomen boşluğunda sindirim kanalının her iki yanında uzanırlar. Her bir organ ovidukta açılan değişken sayıdaki birbirinden ayrı yumurta tüpü veya ovariol’dan ibarettir. Ovariollerin primitif sayıları bilinmemektedir. *Glossina* gibi az sayıda ve büyük yumurta bırakan böceklerde her bir ovaryumda 2 ovariol, *Termitoxenia*’da ise sadece 1 ovariol vardır. Bazı Aphid’lerin normal dişilerinde tek ovariolu bir ovaryum vardır, diğer ovaryum atrofiye olmuştur. Bazı Coleopter’lerde ve Hymenopter’lerde 2 ovariol, Lepidopter’lerde ise 4 ovariol bulunur. *Calliphora* ve *Hypoderma*’da ovariol sayısı 100, bazı karıncalarda 200’den fazla olup maksimum sayı Isopter’lerden *Eutermes* türlerinde görülür ve 2400 kadardır.

Ovarioller : Tipik bir ovariol gelişmekte olan yumurtaların birbiri ardına bir zincir gibi dizildiği tüp şeklinde bir yapıdır. En yaşlı oosit, ovariolun oviduktla birleşme yerine en yakın olduğu yerdedir.

Ovariol duvarı ince şeffaf bir zar halindedir. Bu zarın içteki kılıfı bir epitel tabakası olup epitel hücreleri burada basal membran veya tunika propria üzerinde yerleşmiştir, dıştaki örtü ise peritoneal kılıf olup bağ dokusundan ibarettir. Bu kılıfı da kas lifleri takip eder, ayrıca trakeal uç hücrelerinden oluşan retikular tabaka ile çevrilidir.



Şekil 76. Böceklerde dişi üreme sistemi. A. *Heterojapyx gallardi* de primitif tip, B- Böceklerdeki yaygın tip, C. Tek bir ovariolün şematik yapısı (Snodgrass).

Bir ovariolde 3 zon veya bölge tanımlanabilir :

1. *Terminal filament* : Bu bölge ince iplik şeklinde olup peritoneal tabakanın apikal uzantısı halindedir. Bir ovaryumun ovariollerine ait filamentler, karşı taraftaki ovaryumun ovariollerine ait terminal filamentler ile birleşerek *median ligamenti* oluştururlar. Median ligament ovaryumları vücut içinde asılı tutmaya yarar. Ya vücut duvarı, ya yağ cismi veyahut ta perikardial diyaframa tutunmuş haldedir. Bazı böceklerde ovaryumları birleştiren ligament yoktur, bu durumda terminal filamentler vücut boşluğunda serbestçe uzanır.

2. *Germarium* : Bu bölge terminal filamentin altında ovariolün tepe kısmını oluşturur. Germarium, bir hücre kitlesi halinde olup bu kitleden primordial germ hücreleri farklılaşır. Çoğu böcekte bu bölgede besleyici hücreler de vardır.

3. *Vitellarium* : Ovariol'ün büyük bir kısmını oluşturur ve hem gelişmekte olan yumurtaları hem de besleyici hücreleri (trofosit)'i içerir. Vitellariumun epitel tabakası içe doğru gelişerek her bir oosit'i belirli bir kese veya folikül şeklinde sarar. Folikül hücreleri de yumurtanın korion tabakasını sarar ve bazılarında yumurta hücrelerini (oosit) besler.

Ovarioldaki besleyici hücrelerin bulunup bulunmaması , bulunmaları halinde ise ovarioldaki konumlarına göre 3 tip ovariol tanımlanmıştır.

1. Panoistik tip : Farklılaşmamış besleyici hücreler bulunmazlar. Bu tip ovariol primitif olup Thysanura’da Orthopteroid ordolardan Ephemeroptera, Odonata ve Siphonaptera’da görülür (Şekil 77A).

2. Politrofik tip : Besleyici hücreler bulunur ve oositlerle ardışık olarak yer alırlar. Neuroptera, Coleoptera’nın Adephaga grubu ve Hymenopter’lerde besleyici hücreler bir oda içini dolduracak tarzda kümeleşirler. Her oda yumurta hücresi içeren bir başka odadan belirgin bir boğum aracılığıyla ayrılır. Lepidopter’lerde ve Dipter’lerde bu boğum bulunmaz. Yumurta hücresi odasını folikül epiteli hücreleri çevreler ancak besleyici hücrelerin bulunduğu tarafa bakan yüzeyleri açıktır. Bu açık yüzey yumurta hücresi içinde besin maddesi tamamen oluştuktan ve besin hücreleri odası bozulduktan sonra kapanır (Şekil 77B).

3. Akrotrofik tip : Besleyici hücreler vardır ve ovariolün uç kısmında yer alırlar (Coleoptera-Polyphag ve Hemiptera). Bazı Heteropter’lerde besleyici hücreler sitoplazmik iplikler aracılığıyla oositlerle temastadırlar. Bu iplikler beslenme kordonları olarak adlandırılabilirler (şekil 77C).

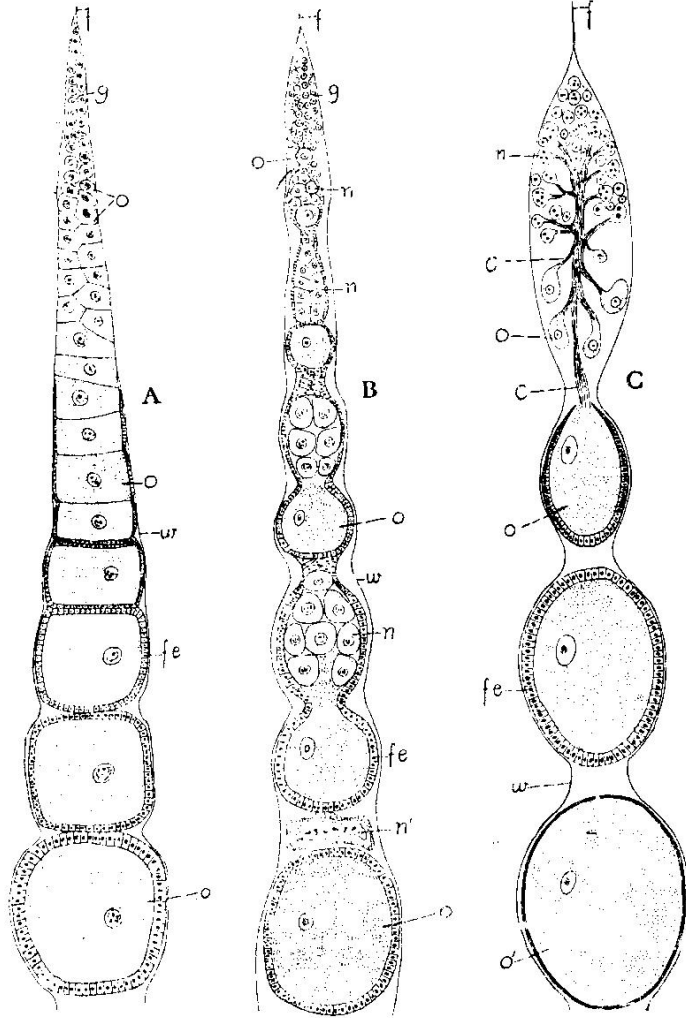
Politrofik ve Akrotrofik tip ovariooller besleyici hücreler içerdikleri için genellikle Meroistik tip olarak ta adlandırılırlar.

Bazı böceklerde yumurtaların büyük bir kısmı pupa veya nymf döneminde olgunlaşır ve gerek pupadan çıkışta gerekse çiftleşmeden hemen sonra bırakılmaya hazır haldedirler. Bazı böceklerde genç ergin dişinin ovaryumları küçüktür ve tam gelişmiş yumurta bırakmaları için beslenme ve olgunlaşma dönemine gereksinimleri vardır. Bu süre yumurta hücresi sarısı depolanması ve olgun yumurtayı saran zarların oluşturulması için gereklidir.

Böcek yumurta sarısı, Proteinler (özellikle mukoproteinler ve lipoproteinler), nötral lipidler, glikojen gibi karbonhidratlar ve ribonükleik asitler içerir.

Olgun yumurtalar ovariolde boşalırlar. Bu işlem ovulasyon olarak bilinir. Yumurta hücresi dışarı bırakılmadan önce getirici kanallarda geçici olarak depo edilirler. Ovulasyondan sonra boşalan folikül hücreleri yoğunlaşır, sıkışır ve organizasyonlarını kaybederek korpus luteum’u oluştururlar. Korpus luteum fonksiyonu bilinmeyen bir cisimdir. Bazen sarı veya turuncu renktedir ve bir sonraki yumurta hücresi bırakılmadan

önce dejenere olur. Bazı türlerde eğer koşullar yumurtlamaya elverişli değilse, olgun yumurta yumurtlanmadan önce geri emilir.



Şekil 77. Ovariol tiplerinin şematik yapısı.

A- Panoistik; B- Politrofik; C- Akrotrofik. f. terminal flament, g. germarium, o. oositler, o'. korion'lu olgun oosit, n. besleyici hücreler, n'. besleyici hücrelerin kalıntıları, w. ovariol duvarı, fe. folikular epitel, c. beslenme kordonu (Imms'den).

Dişi genital kanallar : Lateral oviduktlar çift haldeki kanallar olup yumurtadan uzanırlar. Mezoderm'den orijinlenirler. İki lateral ovidukt önce birbirleriyle birleşerek ortak oviduktu oluştururlar. Bu da vagina ile birleşir. Çoğu ergin böcekte ortak ovidukt ile vagina arasında belirgin bir bölgesel farklılaşma bulunmaz fakat *Glossina* ve *Melophagus* gibi bazı vivipar böceklerde vagina, gelişmekte olan larvayı alabilmek için bir oda veya uterus oluşturmak üzere genişlemiştir. Çoğu böcekte ise vagina ortak oviduktların açıldığı sığ bir genital odacıktan öte derin bir yapı halindedir.

Bazı böceklerde vaginal bölgede kese benzeri bir yapı gelişir. Burası **bursa kopulatrix** adını alır ve 9. Segmentten genital delik yolu ile dışarı açılmak üzere uzanmış haldedir.

Yapısal olarak oviduktlar ve vagina epithelial tabakadan oluşmuş ve kutikula ile astarlıdır.

Spermateka (*Reseptakulum seminis*) : Bu yapı spermatozoonların alınıp depo edildiği bir kesedir. Bazı böceklerde bulunmaz. Şekil bakımından büyük bir çeşitlilik gösterir ve daima bir kanal yoluyla vaginanın dorsal duvarına veya genital boşluğa açılır. Spermateka genelde tek organ halindedir fakat *Blaps*, *Phlebotomus* ve *Dacus*'ta 2, *Culex*'te 3 tanedir. Ektodermden oluştuğu için kutikula ile astarlıdır. Kutikulanın altında basal membrana dayanan silindirik epitel hücreleri vardır. Basal membran dıştan kaslı bir kılıfla çevrilidir. Bazı böceklerde spermateka duvarlarında bez hücreleri yer alır, bazılarında ise özel spermateka bezleri, spermateka kanalına veya spermateka kanalının vagina ile birleştiği yere açılırlar.

Dişi yardımcı bezler : Çoğu dişi böcekte bir veya iki çift yardımcı (Kolleterial) bez bulunur ve bu bezler vaginanın distal kısmına açılırlar. Çoğu Orthoptera ve Dictyoptera'da yumurta kılıfı veya ooteka'nın oluşmasına katkı sağladıkları için önemli organlardır. *Chironomus*'da mukus benzeri bir madde salgırlar ve bu salgı yumurtayı jelatinimsi bir örtü halinde sarar. Diğer böceklerde örneğin *Hyalophora*'da çimento benzeri bir madde salgılayarak yumurtanın daha çabuk bırakılmasını sağlar. Hymenopterlerin zehir bezleri modifiye olmuş yardımcı bezlerdir.

Bazı vivipar böceklerde uterusla ilişkili besleyici bezler ise büyük bir olasılıkla bağımsız olarak gelişen yapılardır.

Eşem Hücreleri ve Sperm Transferi

Yumurtalar : Yumurta, homojen ve ince bir vitellin membran ile ovaryumun folikül hücreleri tarafından salgılanan ince bir kabuk veya korion ile örtülüdür. Korion, çoğu parazit Hymenopter'lerde olduğu gibi çok ince, zar şeklinde ve elastik olabilir. Bazı vivipar böceklerde ise bulunmayabilir. Çoğunlukla endokorion ve exokorion olmak üzere iki tabaka içeren sert, sağlam yapıdadır. Yumurta içeriğini koruduğu gibi yumurtaya karakteristik şeklini verir. Böceklerin büyük bir kısmında korion dıştan bazı yapısal şekillenmeler gösterir. Genellikle altıgen sahalar içerir ve bu yapı kabuğu çevreleyen folikül hücreleri ile uygunluk gösterir. Lepidopter'lerde çoğu türün yumurtası kaburgalıdır. Bazı

Ephemeropter'lerde ise pililer şeklinde ince çıkıntılar içerir. Yumurtanın şekli son derece değişkendir. En yaygın tip yumurta uzamış-oval ve hafifçe eğik şekildedir. Orthoptera, çoğu Diptera ve Hymenoptera (Aculeata)'da bu tiptedir. Lepidopter'lerde küresel veya biraz silindirik olup bir ucu ile yassılaştırmıştır. Çoğu parazit Hymenopter'de tüp veya sap şeklinde uzamışlardır. Bazı böceklerde yumurtanın anterior ucunda korionun farklılaşmasıyla operkulum adı verilen bir özelleşme meydana gelir. Bu yapı Embioptera, Heteroptera, (Mallophaga ve Siphunculata'da görülür. Bazı Dipter (Oestridae) yumurtalarında konağın kıllarına tutunmaya yarayan kulak veya yaka şeklinde çıkıntılar bulunur.

Spermatozoonlar : Diğer hayvanlarda olduğu gibi büyük ölçüde kromatinden oluşmuş bir baş, orta kısım ve oldukça değişken, karmaşık yapılı titrek bir kuyruk içerir. Olgun sperm ribozomlar ve golgi cihazı içermez fakat genellikle dev mitokondriler, kamçı (daima 9+2 tubül yapıda) mikrotübüller ve akrosom içerir.

Sperm transferi : Normal birleşme şeklide, spermier dışının genital kanalına birleşme esnasındaki çeşitli davranış şekillerine bağlı olarak ulaşılır. Bazı türlerde serbest haldeki spermier doğrudan doğruya spermateka (vesikula seminalis)'da depolanırlar (Heteroptera). Diğer bazı türlerde serbest spermier vagina ve bursa kopulatrix'te depo edilirler veyahut ta spermier proteinden olmuş bir kese (spermatofor) ile çevrilidirler. Dictyoptera, Orthoptera ve Neuroptera'da fişkirtma kanalı veya aedeagus'ta tam olarak geliştikten sonra dişiye taşınırlar. Trichoptera, Lepidoptera, Simuliidae (Diptera) ve Coccinellidae vaginaya enjekte edilir ve spermier burada kapsüllenirler. O nedenle spermatoforun şekli de dişi genital kanalların şekline bağlıdır.

Spermatofordan çıkan veya kurtulan spermier ile bursa copulatrix veya vagina'da serbest halde depo edilenler sonuçta spermateka'ya ulaşılır ve daha sonradan yumurtayı dölemek üzere buradan ayrılırlar.

Üreme Tipleri

Böceklerde üreme iki farklı cinsiyetin birleşmesi ve spermin yumurtayı dölemesi şeklindedir. Böceklerin çoğu ovipar'dır ve yumurtalar yumurtlandıktan sonra kuluçka dönemine girerler. Bu genel şekilden farklı üreme tipleri ise aşağıda belirtilmiştir :

1- Vivipari : Embriyonik gelişmenin dişi vücudunda tamamlandığı ve böylece yumurta bırakma yerine larva veya nimfin doğurulduğu üreme şeklidir ve bu tür böcekler, vivipar böceklerdir. Bu şekilde üreme çoğu böcek takımlarına ait bazı türlerde seyrekte olsa görülmekle beraber özellikle partenogenetik üreme gösteren Aphidoidea, Strepsiptera ve

pupipar Dipter’lerde görülür. Çok seyrek olarak pedogenesis ile ilişkilidir. Vivipari yumurtaların yumurta kanalında bir süre tutulmasından ve yavruların korion’u kırarak dışarı çıkmalarından öte bir üreme şekli olarak düşünülebilir ancak ana-baba’nın yapı ve fizyolojisi , embriyonun gelişme şekli bu tür üreme davranışına son derece uyum gösterir.

2. Partenogenez : Yumurtanın döllenmeden tam bir gelişme geçirdikleri bu olay çeşitli böcek gruplarında görülür. Ancak Odonata ve Heteroptera’da görülmez. Arasıra, normal olarak eşeyli üreme gösteren türlerde de rastlanır. Bu duruma çoğu Lepidoptera örnek gösterilebilir. Partenogenez bazı grupların yaşam sikluslarında düzenli bir şekilde görülen bir özelliktir. Ancak normal olmayan çeşitli yaşam sikluslarında eşem tayin mekanizması ve atipik gametogenesis ile de ilişkili olabilir.

Partenogenez’in çeşitli tipleri tanımlanmıştır. Eşeyli üreme ile birlikte görüldüğü zaman istemli olabilir. Erkeklerin bulunmadığı veya son derece seyrek ve büyük bir olasılıkla fonksiyonsuz oldukları durumlarda zorunlu olabilir. Partenogenetik olarak gelişen yumurtaların haploid veya diploid kromozom takımları olabilir ve her iki eşem de oluşturulabilir (**Amfitoki**) veyahutta ya sadece erkekler meydana gelebilir (**Arenotoki**) ya da sadece dişi oluşabilir (**Telitoki**). Partenogenez ayrıca yaşam siklusunda pedogenez ve vivipari ile birlikte görülebildiği gibi eşeyli üreme ile dönüşümlü olarak ta görülebilir. Partenogenez büyük sistematik grupların bir veya birkaç türünde bulunduğu gibi sadece bir türün coğrafi dağılım sınırlarının bir bölgesinde de bulunabilir. Bazı türlere partenogenetik ırk veya ırklar bilinmektedir. Fakat bu ırkların bazıları büyük bir olasılıkla sibling türlerdir.

En iyi araştırılan partenogenez tipleri aşağıda belirtilmiştir:

a- *Haploid istemli arenotoki* : Dişiler, yine dişilerin oluşacağı döllenmiş yumurtalar bıraktığı gibi partenogenetik olarak erkeğin meydana geleceği döllenmemiş (haploid yumurtalar da bırakır. Bu tipin özelliği eşem belirleme mekanizması içermesidir. Erkeklerin normal sayıda bulunduğu tüm Hymenopter’lerde, bazı Aleyrodidae (Homoptera)’de, Coccidae (Homoptera)’nın Iceryine grubunda, bazı Thysanopter’lerde , Xyloborus (Coleoptera)’un bazı türlerinde ve yine Coleopter’lerden *Micromalthus debilis*’te görülür.

b- *İstemli telitoki* : *Coccus hesperdum* (Homoptera)’un bir ırkında iyi görülür. Mayoz ile oogenez tamamlanır ve eğer yumurtalar döllenmiş ise hem erkek hem de dişileri oluştururlar. Döllenmemiş yumurtaların nükleusları ikinci polar cisim ile kaynaşarak diploid hale döner ve sadece dişiler oluşur. Bu olay bazı Tetrigidae, bazı Phasmid’lerde ve bazı Symphyta (Hymenoptera)’da görülür.

c- *Zorunlu telitoki* : Bu tip partenogenez erkeklerin bulunmadığı veya son derece seyrek olduğu ve bazen fonksiyonel olmadığı hallerde görülür. Yumurtalar mayoz bölünme geçirmezler (apomiktik partenogenez) veya kromozom sayıları, bölünen nukleusların veya oosit ve polar cisimlerin birleşmesi sonucu iki katına çıkar (otomiktik partenogenez). Bazı türler partenogenezin bu şekliyle poliploidiye ulaşır. Zorunlu telitoki'nin en dikkate değer özelliği hızlı üremeyi sağlamasıdır. Hızlı üreme dişinin tüm gücünü beslenmeye vermesiyle sağlanır. Bazı Curculionid'lerde, çoğu Psychid'lerde, Phasmid'lerde görülür. Devirli partenogenez gösteren Aphid ve Cynipid'lerde de görülür.

d- *Devirli partenogenez* : Bazı Aphid'ler ve Cynipid'ler tamamen partenogenetiktirler ve zorunlu telitoki'e çarpıcı örnek oluştururlar. Bununla birlikte diğer bazı türlerde ise yılın soğuk zamanlarında bir ya da daha çok partenogenetik döl arasında biseksüel döl de yer alır. Bu tür Aphid'lerde normal olarak zorunlu telitoki gösteren birkaç partenogenetik döl vardır fakat sexupar (partenogenetik dişi olarak meydana gelen dölün yavrularının normal erkek veya dişi olarak gelişmesi) döl, hemen biseksüel döllere birine dönüşür. Ya partenogenetik olarak erkek ve dişileri verecek olan bir dişiye dönüşür (zorunlu amfitoki, örneğin *Tetraneura cinsi*) veya *Phylloxera*'da olduğu gibi iki çeşit dişiye dönüşür ki bunlar da partenogenetik olarak sırayla erkekleri ve dişileri meydana getirir. Cynipidae'den *Neuroterus quercusbaccarum*'da bir partenogenetik, bir eşeyssel döl vardır. Partenogenetik döl iki tip dişi meydana getirir. Bu dişiler de sırayla erkek ve dişileri verirler. Bazı diğer Cynipid'lerde ise her partenogenetik dişi her iki cinsiyeti de verir veya iki cinsiyetten birinin baskın olduğu dölleri verir. Devirli partenogenez, telitoki'nin yüksek üreme hızından başka eşeyssel üremenin genetik avantajlarına da sahiptir.

Partenogeneze çok yakın bir olay da seyrek olarak görülen ginogenesis (pseudogami)'dir. Bu olayda spermlere sadece yumurtaları uyarmaları için gereksinim vardır. Sperm nukleusları yumurta nukleusları ile birleşmez ve döllere genetik materyal sağlamazlar. İki eşeyli gece kelebeği *Luffia lapidella*'da bu tür ginogenetik formlar vardır. Diploid sayı yumurta nukleusunda depolanmıştır. Kın kanatlılardan *Ptinus clavipes* de iki eşeylidir fakat aynı zamanda triploid gynogenetik formları vardır (*P. mobilis*). Bunlar *P. clavipes* erkekleri ile döllandikten sonra fertil yumurtalar verirler.

3. Pedogenez : Bazı böcekler henüz erginleşemedikleri halde fonksiyonel ovaryumlara sahiptirler. Ancak bu ovaryumlardaki yumurtalar partenogenetik olarak gelişirler. Yani üreme ergin olmayan böcek tarafından gerçekleştirilir. Bu durum Paedogenesis olarak adlandırılır. En belirgin şekilde Coleopter'lerden *Micromalthus*

debilis'te ve bazı Cecidomyiidae (Diptera) cinslerinde (*Miastar*, *Heteropeza* ve *Mycophila*) görülür.

4. Poliembriyoni : Bir tek yumurtadan iki veya daha çok embriyonun meydana gelmesi olayıdır. Strepsiptera'dan *Halictoxenus*'ta normal bir olay gibi görülür. Acrididae'de ise seyrek rastlanan bir anormallik olarak kabul edilir. Hymenopter'lerde de sadece parazitlerde görülür, örneğin; Encyrtidae'den *Aganiaspis*, *Copidosoma*, *Litomastix*, Platygastreidae'den *Platygaster*'de, Braconidae'den *Amicroplus* ve *Macrocentrus*'ta, Drynidae'den *Aphelopus taeliae*.

Poliembriyoni türün ileri düzeyde üreme potansiyeline ulaşmasını sağlar. Ancak poliembriyonik türler, monoembriyonik olanlardan daha az yumurta bırakırlar. Doğada poliembriyonik türlerin etkin parazitler olmadıkları bilinmektedir.

5. Hermafroditlik : Fonksiyonel hermafroditlik böceklerde son derece seyrek görülen bir olaydır. Kabuklu böcekler (Homoptera-Coccidae)'den *Icerya purchasi*'de seyrek olan normal erkekler yanında yakın akraba türlerin dişilerine son derece benzer ancak fonksiyonel olarak hermafrodit olan bireyler bulunur, gerçek dişiler ise bulunmaz.

Hermafrodit üreme sistemi normal dişi üreme sistemine benzer fakat tamamen ayrı iki organın anteriörde birleşmesiyle oluşan gonadlar hem spermleri hem de yumurtaları meydana getirir. Gonadın dıştaki hücreleri ovariollerini oluşturur, içtekiler ise spermleri verir. Yumurtalar bazen partenogenetik olarak gelişerek haploid erkekleri verir. Fakat daima gonadlarda aynı bireyin spermleri tarafından döllenirler veya ender olarak hermafroditlerle çiftleşen erkeğin spermleri tarafından döllenirler. Hermafroditler birbirleriyle çiftleşmezler.

Phorid'lerden *Termitostroma*'da her bireyin bir çift ovaryum ve testisi vardır. Her gonadın kendi getirici (efferent) kanalları ve ayrı ayrı erkek ve dişi gonoporları vardır. Diğer Phorid'lerde testisler, ovaryumlarda olgunlaşmadan fonksiyonel hale gelirler dolayısıyla kural olarak karşılıklı döllenme vardır fakat kendi kendini döllenme de meydana gelebilir.

Fonksiyonel olmayan hermafroditizm çok seyrek olsa da taş sineklerinden *Perla marginata*'da görülür. Bu türün bütün erkeklerinde testislerin anteriöründe yer alan gelişmiş ovaryum vardır. Bu ovaryumdaki yumurtalar gelişmenin ileri periyotlarına kadar geldikleri halde olgunlaşmadıkları gibi fonksiyonel de değildirler. Termitlerden *Neotermes zuluensis*'te de aynı durum görülür ve erkeklerin büyük bir kısmında (nimf, askerler ve genç kanatlı erkekler) oosit içeren gonadlar vardır.

Kastrasyon (Kısırlaşma)

Kısırlaşma, geniş anlamda; organizma tarafından olgun gamet üretiminin tamamen veya uzun bir süre için önlenmesidir. Bu esnada gonadlar büyük ölçüde atrofiye olabilirler veya iyi gelişebilirler. Fakat normal fonksiyon yapamazlar.

İki tip kastrasyon ayırt edilebilir :

1. Fizyolojik kastrasyon : Bu olay normalde sosyal böceklerin bir ya da daha çok steril sınıfında meydana gelir. İşçi ve askerlerin steril olduğu Isopter’lerde eşeysel bireyler tarafından salgılanan feromonlar muhtemelen nimf safhasında gonadların gelişimini engellerler. Hymenopter’lerin çoğunda gelişmekte olan larvanın beslendiği besin kalitesi ve miktarının, dişi olanların fertil (kraliçe) veya steril (işçi) olmasını tayin etmesi bu tür kastrasyondan farklı değildir. *Apis mellifera*’da işçi olarak gelişeceklerin diyetinin daha az kraliyet maddesi içerdiği fakat ergin işçilerin kraliçe ile ilişkileri kesildiğinde ovaryumlarının geliştiği ve erkekleri meydana getirecek yumurta bıraktıkları bilinmektedir. Çünkü bu işçiler normalde kraliçelerinden inhibe edici maddeler alırlar.

2. Parazitik kastrasyon : Çeşitli parazitlerin ergin böcekte gelişmesi, sterilitayı başlatabilir ve bu olay çoğu kez konağın segonder eşeysel karakterlerinin değişmesi şeklinde de kendini gösterebilir. En iyi örneği Strepsiptera tarafından parazitlenen Hymenoptera (Aculeata)’da ve Homoptera (Auchenorrhynca)’da görülür ve bu olay **sitilopizasyon** olarak bilinir. Ergin sitilopize olmuş konak, normal türden birçok özellikleri bakımından farklıdır. Genellikle canlılığını kaybeder, gelişme hızı oranı artırılmış veya yavaşlatılmış olabilir. Ovaryumlar atrofiye olurken testisler daha az etkilenirler. Sitilopize erkekler steril olabilir. Bazı konak türlerde örneğin Hymenopter’lerde dış genital organlar, renklenme, anten yapısı, polen toplama cihazı gibi segonder eşeysel karakterlerde de değişiklikler görülür.

Sitilopize konak interseksüel özellikler gösterir. Dişi, erkeksizliğe doğru meyillidir.

Hymenopter ve Dipter’lerin hücumuna uğrayan konak ergin böcekler kısmen veya tamamen kısırlaşırlar. Kısırlığa neden olan parazit familyalar : Tachinidae (Diptera) ve Braconidae, Aphelinidae, Encyrtidae ve Dryinidae (Hymenoptera).

Gelişme ve Metamorfoz

Böceklerde ovipozisyon veya yumurtlama, çeşitli şekillerde olur. Yumurtalar çoğunlukla yavruların yumurtadan çıkışlarında acil ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri uygun yerlerde korunur ve depo edilirler. Larvaları çayırdaki beslenen birkaç Lepidopter’de olduğu

gibi, dişi alçaktan uçarak yumurtalarını basit bir şekilde rast gele bırakır. Heteroptera, Lepidoptera ve bazı Coleoptera'da yumurtalar tek tek veya küme halinde, larvaların besinini oluşturacak yapraklar üzerine bırakılır veya Tettigoniidae ve Homoptera'da olduğu gibi bitki dokusuna yüzeysel olarak bırakılır. Derine bırakılması halinde bitkilerde gal'ler meydana gelir (Tenthredinidae, Cynipidae). Bazı hallerde bazı yüzeylere yapıştırıldıkları gibi bir ağ veya pamuksu bir cismin altına da bırakılabilirler. Yumurtalarını sert bir kapsül veya ooteka içine bırakan (Blattidae, Mantidae) veya daha az tıkHz keselere bırakan (Acrididae) böcekler de vardır.

Çoğu akuatik böcek yumurtalarını su içinde küresel jelatinimsi bir kitle içine döker (Trichoptera, Chironomus). Böceklerin büyük bir kısmı yumurtalarını toprağın altına bırakır. (Gryllidae, çoğu Coleoptera). Parazit türler larvaların korunabilmesi için daima konak üzerine, konak vücudu içine yumurtlarlar (Tachinidae, parazit Hymenoptera), konağın omurgalı olması halinde yumurtalar kıllar ve tüylere bırakılır (Mallophaga, Siphunculata, Oestridae).

Embriyolojik gelişme ya tamamen yumurtlamadan sonra ya da kısmen yumurta hala annenin vücudunda iken başlar. Vivipar türlerde ise embriyolojik gelişmenin tüm safhaları annenin vücudunda tamamlanır. Tüm bu gelişme durumlarının ana safhaları özellikle Diptera'da görülebilir. Yumurtlamadan sonra yumurtadan embriyonun gelişme süresi çok değişkendir. Bazı Sarcophaginae (Diptera)'de sadece bir anlıktır, larva hemen çıkar. *Musca domestica*'da sıcaklığa bağlı olarak 8-12 saat arasında değişir. Diğer istisnalar arasında bazı Lepidopter'ler 9 aylık bir süreyi yumurta içinde geçirirken Phasmid'lerde bu safha hemen hemen 2 yılda son bulur.

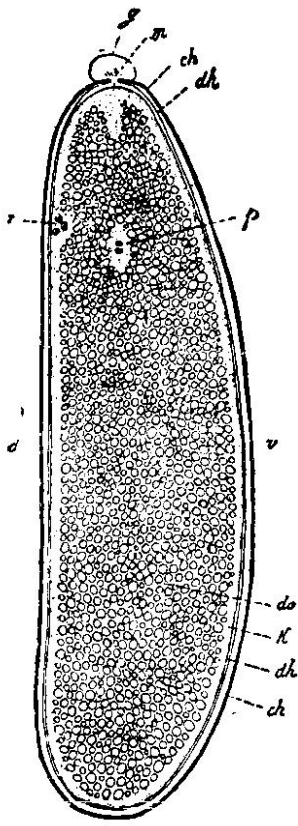
Gelişme yumurtadan ergine kadar, kesintiye uğramadan devam edebilir veya uygun olmayan iklimik koşullar (özellikle sıcaklığın başlamasıyla) da hibernasyon veya estivasyonla yavaşlayabilir veya durabilir. Bazı böceklerde büyüme diapoz koşullarına girilmesi nedeniyle kesintiye uğrayabilir. Hayat devrelerinin herhangi bir safhasında meydana gelebilen diapoz esnasında gelişme durur ve şartlar normale getirilse bile devam etmez.

Böcek gelişmesi iki kısımda incelenir:

a- Embriyolojik gelişme; b- Post embriyolojik gelişme.

EMBRYOLOJİK GELİŞME

Çoğu böceğin yumurtasında, oluşacak embriyonun anteriör ve posteriör kutbu arasında belirgin bir fark vardır. Bu fark meydana gelecek embriyonun pozisyonu ile ilişkilidir. Ovariollerde yumurtalar öylesine yerleşir ki her birinin sefalik lobu ebeveynlerinin başına doğru yer alırken dorsal ve ventral tarafları da yine ebeveynin dorsal ve lateral kısımlarına doğru yönelmiştir ve böylece embriyonun da pozisyonu belirlenmiş olur.



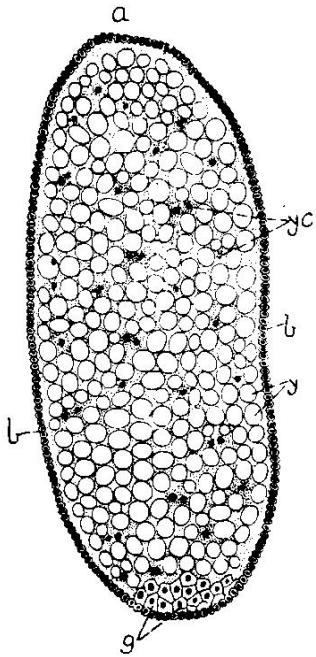
Şekil 78. *Musca* yumurtasından boyuna kesit (Döllenme esnasında).

ch. korion, d. dorsal taraf, v. ventral taraf, dh. vitellus zarı, do. yumurta sarısı, m. mikropil, g. mikropil üzerinde jelatinimsi kapsül, k. periplazma, p. erkek ve dişi pronukleusları, r. polar cisimler (Henking ve Blochmann'dan).

Yumurta, sitoplazma ve deutoplazma veya yumurta sarısı içerir. Sitoplazma yumurta içeriğini kapsayan bir kılıf oluşturur. Periplazma adı verilen bu kılıf hemen vitellin membranın altında yer alır ve yumurtayı tamamen çevreler (Şekil 78). Yumurta sarısı, sitoplazma ağı içinde yer alır ve proteinler lipidler, glikojen ve diğer polisakkaridleri depolar. Bu maddeler vitellogenesis esnasında kullanılırlar. Bu maddelere ek olarak çoğu yumurta anneden gelen simbiotik mikroorganizmaları da içerir. Daha sonraki gelişmede bu mikroorganizmalar özel bir organ (**misetum**)'ı oluşturabilirler.

Döllenmemiş yumurtada nukleus yumurta sarısının merkezine doğru yerleşmiştir ve sitoplazma kitlesi tarafından sarılmıştır. Olgunlaşma esnasında nukleus yumurtanın periferine doğru göç eder, bölünmeye başlar ve kutup cisimleri oluşur ve sonra bunlar tekrar emilirler (Şekil 78).

Döllenmeden sonra zigot nukleusu içe doğru geçer ve burada kardeş nukleuslara bölünür.



Şekil 79. *Clytra laeviuscula* (Chrysomelidae-Coleoptera) yumurtasından segmentasyonun tamamlanması esnasında median boyuna kesit.

a. anterior kutup, b. blastoderm, g. genital hücreler, y. yumurta sarısı kürecikleri, yc. yumurta sarısı hücreleri (Lecaillon'dan).

Bölünme ve Blastoderm oluşumu :

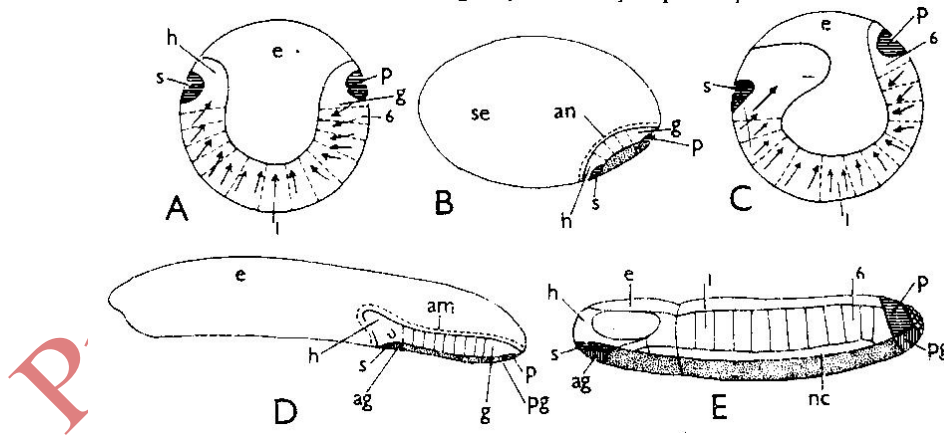
Zigot nukleusu birbirini izleyen mitozlarla bölünerek her biri bir miktar protoplazma kitlesi ile çevrilir ve bölünmüş hücreler sinsisyum halinde vitellus içinde yer alır. Çok sayıda bölünme olduktan sonra bu hücrelerin bir kısmı yumurtanın periferine göç ederler ve burada yumurta sarısını çevreleyen devamlı bir küresel tabaka veya blastodermi oluşturmak üzere periplazma ile birleşirler. Blastoderm oluştuğu zaman bölünen bir ya da birkaç nukleus, bazı böceklerde yumurtanın posteriör kutbunda toplanarak germ hücrelerini oluşturur (Şekil 79). Blastoderm oluştuğunda veya biraz ileri safhada yumurtanın ventral tarafında silindirik hücre tabakası ile diğer tarafında yassı epitel tabakası içerir. Bölünen nukleusların pek az bir kısmı ağısı plazma içinde (yumurta sarısı içinde) kalır ve yumurta sarısı yiyen hücreleri veya vitellofajları oluştururlar. Vitellofajların görevi vitellini blastoderm tarafından assimile edilecek hale getirmektir.

Blastoderm'in Farklılaşması :

Yeni oluşan blastoderm, oldukça benzer yapıda hücreler içermekle beraber gelişmenin bundan sonraki safhasında bir kısmı yumurtanın bir bölgesini örten ince bir extra embriyonik ektodermi yaparken, geri kalan kısmı kalın tek tabakalı embriyolojik primordium (ön embriyo taslağı)'u yapar. Embriyonik primordium daha sonra embriyonun çoğu doku ve organlarını verir. Şekil ve boyca değişkendir. Diplura ve Collembola'da yumurta sarısı kitlesinin büyük bir kısmının yüzeyini örterken Thysanura ve aşağı Pterygot'larda ince bir tabaka halinde olup nispeten küçük postero-ventral bölge ile sınırlanmıştır. Hemipteroid ordolarda ve Endopterygot'larda özellikle Cyclorrhapha (Diptera)'da daha kalındır.

Embriyolojik primordium'un Apterygot'larda sonradan gelişeceği bölgeler bellidir ve bu bölgelerin sayısı 5'tir (Şekil 80).

1. Mezodermal hücrelerin oluşacağı dar bir orta-ventral band
2. Ora barsağın anteriör bölgesi
3. Orta barsağın posteriör bölgesi
4. Orta barsağın ön tarafında uzanan stomodeum, arka tarafında uzana proktodeum bölgesi
5. Ektodermi yapacak olan bir çift latero-ventral band. Bu band diğer bölgeleri çevreler ve stomodeumun ön tarafında gelişerek baş lopları şeklini alır.

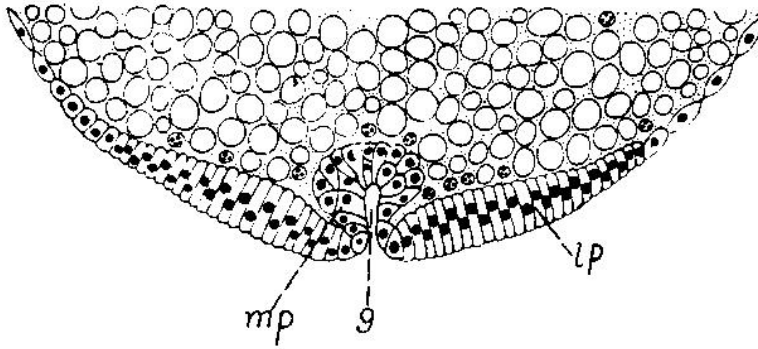


Şekil 80. Böcek blastoderminin gelişimi

A- Diplura, B- Thysanura, C- Collembola, D- Odonata, E- Diptera (Hepsi yandan görünüş olup, baş bölgesi hepsinde sola yönelik. Muhtemel mezoderm B, D ve E'de noktalı gösterilmiş. Stomodeum ve proktodeum diyagonal çizgilenme ile gösterilmiş. A ve C'deki oklar mezodermin içeri doğru göçünü göstermektedir).

ag. anteriör orta barsak, an. amniyon, e. dorsal extra-embriyonik ektoderm, g. posteriör büyüme zonu, h. baş ektodermi, nc. sinir şeridi, p. proktodeum, pg. posteriör orta barsak, s. stomodeum, se. seroza, I. birinci torasik segment ektodermi, 6. altıncı abdominal segment ektodermi (Anderson'dan).

Birkaç Apterygot'ta orta barsak vitellofaj'dan oluştuğu için orta barsak sahası blastodermde görülmez. Thysanura'da Pterygot'larda olduğu gibi mezodermal saha bulunmakla beraber Collembola ve Diplura'da mezoderm ektodermal sahanın tümü üzerinden meydana gelir.



Şekil 81. *Clytra laeviuscula*'da gastral oluğun meydana gelmesi sırasında germ bandının enine kesiti.

g. gastral oluk, lp. lateral levha, mp. median levha (Lecaillon'dan).

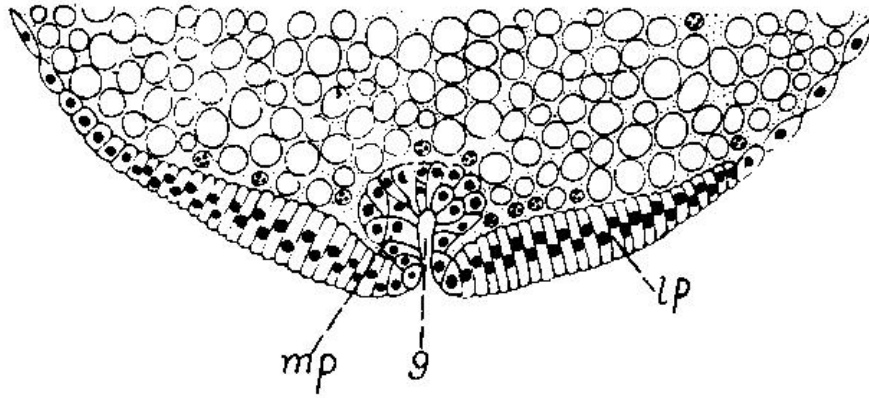
Germ Bandı ve Gastrulasyon :

Germ bandı embriyolojik primordiumun büyümesi ve farklılaşması ile belirir. Uzun ve oval bir saha oluşturur. Bu saha segmentasyon ve gastrulasyon gibi ileri düzeydeki gelişmeler sonucu dikkate değer bir şekilde uzar. Gastrulasyonla, tek tabakalı germ bandı, iki tabakalı bir yapıya dönüşür ve bu durum büyük germ bandı olan Endopterygot'larda belirgin bir şekilde görülür. Diplura ve Collembola'da gastrulasyon mezodermal hücrelerin germ bandının uzunluğu boyunca içeri doğru göç etmeleri ile temsil edilir. Thysanura ve Pterygot'larda bu işlem daha belirgindir ve orta ventral bölgede kısa süre için oluk meydana gelir. Bu oluğa gastral oluk denir (Şekil 81). Uzunluğu ve derinliği bakımından çeşitlilik gösterir. Oluk hücreleri çoğalır ve içe doğru gömülürken bu oluğu sınırlayan hücreler dışta birleşir ve oluğu kapatırlar (Şekil 82). Böylece içte oluşan tabaka mezodermal yapılar ve orta barsak taslağını verirken germ bandı (dış tabaka)'nın eksternal hücreleri embriyonik ektoderm ile stomodeum ve proktodeum taslaklarını verir.

Dış Embriyonik Zarlar :

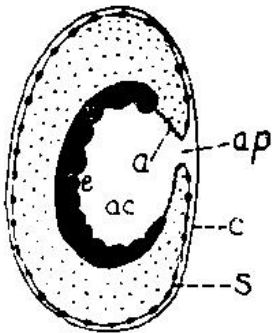
Çoğu böcek için karakteristik olan germ bandı, yumurta sarısı yüzeyinde serbestçe kalmayıp ekstra-embriyonik zarlarla çevrilidir. Bu zarlar Diplura ve Collembola'da ve hatta diğer Arthropod'larda oluşmaz, fakat Thysanura'da basit bir yapıdadır (Şekil 83). Germ bandı daha fazla büyüdüğünde yumurta sarısına gömülür, kenarları germ bandının gömüldüğü boşluğun duvarlarını oluşturmak üzere çoğalır ve boşluğun açıklığı sonuçta

kapanır veya küçük bir delik olarak kalır. Boşluk, amnion boşluğudur, boşluğu çevreleyen hücrel zar amnion, dış ekstra-embriyonik ektoderm de seroza'yı oluşturur. Çoğu Pterygot böcekte ekstra-embriyonik zarlar germ bandının kenarlarındaki amniyotik katlanmaların oluşmasıyla meydana gelir. Bu katlanmalar birbirine yaklaşarak birleşirler ve böylece germ bandı çift haldeki hücrel zarlarla çevrilir. Bu zarlar da amnion ve seroza'dan ibarettir (Şekil 84). Ekstra-embriyonik zarlar çeşitli böcek takımlarında farklı şekillerde oluşur. Bu farklılık büyük ölçüde germ bandının yumurta sarısına gömülme şekline bağlıdır (Orthoptera, Plecoptera ve Hemipteroid ordolarda olduğu gibi). Hymenopter'lerin Apocrita grubunda amnion bulunmaz. Dipter'lerin Cyclorrhapha grubunda ise ne amnion ne de seroza vardır. Ekstra-embriyonik membranların fonksiyonları tam olarak bilinmemekle beraber çoğu böceğin serozası vitellin membran altında eksternal kutikula salgılar.



Şekil 82. Balarısı yumurtası enine kesiti.

MP. orta levha, LP. lateral levha, An. amnion, DS. blastodermin dorsal çizgisi (Nelson'dan).

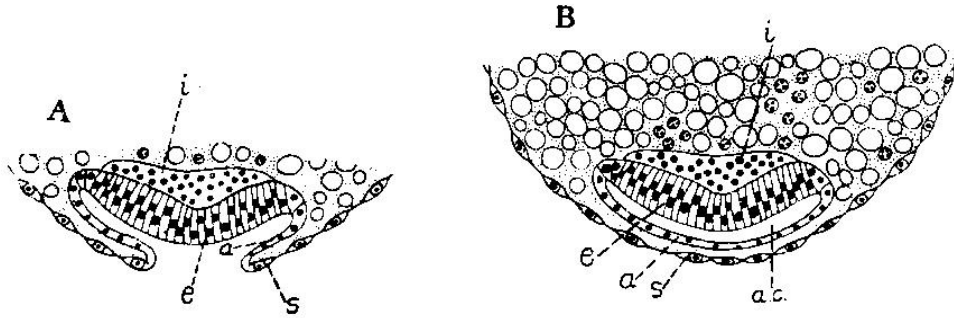


Şekil 83. *Lepisma (Thysanura)*'da embriyo ve embriyonik zarların diyagramı (Heymons'a göre).

a. amnion, ac. amnionik boşluk, ap. amnionik por, c. korion, e. embriyo, s. seroza.

Blastokinesis : Çoğu böceğin germ bandı gelişme esnasında blastokinesis olarak bilinen ve birbirini izleyen bir seri harekette bulunur. İlk etapta germ bandı yumurta sarısına gömülür. İkinci etapta germ bandı uzamaya ve segmentasyona başlar ve bu esnada ekstremiteler taslakları da oluşur. Sonra ekstra-embriyonik membranlar yırtılır ve embriyo aktif bir şekilde yumurtanın ventral yüzeyi üzerinde ve anterior kutba doğru yer değiştirir. Embriyonun duruşu ve hareket şekli çeşitli böcek gruplarında farklılıklar gösterir. Bazı Dipter'lerde (Nematocera) ve

Hymenopter'lerde embriyo yumurtanın uzun eksenine boyunca 180° döner.



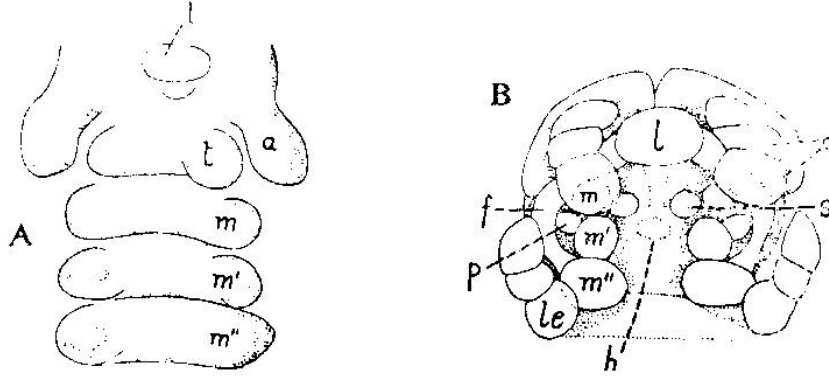
Şekil 84. A- Amniotik katlanmaların oluştuğu sırada Clytra'nın germ bandının enine kesiti. B- amniotik katlanmaların birleşmesi.

a. amnion, ac. amniotik boşluk, e. ektoderm, i. iç tabaka (mezoderm), s. seroza (Lecaillo'dan).

Embriyonun Segmentasyonu :

Gelişmenin erken safhalarında germ bandı enine oyuklarla bir seri segmente bölünür ve bu durumda artık germ bandı embriyo olarak kabul edilir. Embriyo önce protosefalik veya primer baş bölgesi ile protokormik veya primer gövde bölgesine bölünebilir. Protosefalik bölge büyük lateral lopları ile çok belirgindir ve preantennal segmenti verir. Bu segmentte preantennal eklentileri taşır. Preantennal segmentin hemen önünde medianda çoğu kez iki loplulu kabarcık görülür. Bu kabarcık ileride labrum'u oluşturur. Genelde gerçek bir segmentten öte dışa doğru preoral bir çıkıntı olarak kabul edilir. Başa ait 2. ana segment deutoserebral veya anten segment olup antenleri yapacak olan bir çift çıkıntı içerir. 3. segment tritoserebral veya interkalar segmenttir. Bazı böceklerde Crustacea'nın 2. antenine homolog bir çift eklenti taşır. Bu eklenti zamanla kaybolur (Şekil 85A). Labrumun hemen altındaki ektoderm içe doğru bir çöküntü yapar, bu çöküntü stomodeum'un başlangıcıdır. Gövde segmentlerinden ilk üçü sonra başı oluşturmak üzere prosefalik bölge ile birleşir. Bu segmentler gelişecek olan mandibullerin, maksillerin ve labiumun taslaklarını taşırlar. Premandibular ve mandibular segmentler hipofarinksi de verir (Şekil 85B). Labial segment eklentileri labiumu oluşturmak üzere birleşirler. Bundan sonraki üç segment, 3 toraks bacağının taslaklarını taşır ve aynı zamanda toraksı oluşturur. Geri kalan segmentler ise abdomeni yaparlar. Çoğu böcek embriyosunda abdomen 10 segmentlidir ve segment olmayan terminal bölge (telson)'de içerir. Telson proktodeum'un başlangıcı olan median bir çöküntü taşır. Bununla birlikte abdominal segmentlerin primitif sayıları 11'dir ve telsonla birlikte total olarak 12 bölüm halindedir. Bu sayı Dermaptera, Orthoptera, Odonata ve kovan arılarında belirlenmiştir. Tüm abdominal segmentler birer çift embriyonik eklenti

taşıyabilir. Bu eklentiler pleuropodia olarak adlandırılırlar ve çeşitli fonksiyonları vardır. Bazı böcekler, yumurtadan çıkışta kabuğu eritmek üzere enzim salgırlar, bazen de solunum, boşaltım ve asimilasyona yardımcı olurlar.



Şekil 85. *Anurida (Collembola)*'da embriyonun baş bölgesinde eklentilerin gelişmesi.

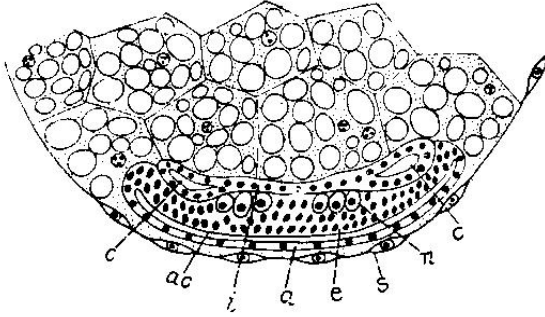
A- Erken safha, B- İleri safha.

a. antenler, f. oral katlanma, h. hiporafinks, l. labrum, le. bacak, m. mandibül, m'. maksilla, m''. labium, p. maksillar palp, s. superlingua, t. tritocerebral eklentiler (Folsom'dan).

Segmentasyonun gelişme evresine ve abdomendeki eklentilere göre bazı böceklerde bir diğerini izleyen 3 embriyonik safha ayırt etmek mümkündür. En erken veya protopod safhada segmentasyon görülmez veya çok zayıftır ve ekstremite taslakları sadece başta ve toraksta yer alır. İkinci veya polypod safhada abdomen belirli şekilde segmentlere ayrılmıştır ve vücudun her segmenti bir çift ekstremite taşır. Üçüncü veya oligopod safhada ise embriyo yine belirgin şekilde segmentlidir fakat abdominal ekstremiteler bulunmaz. Ancak bu tarzdaki gelişmelerden de bir çok sapma vardır. Örneğin protopod safha bazı parazit Hymenopter'lerde görülen yegane safhadır. Diğer birçok böcekte ise pek belirgin değildir. Halbuki polypod safha birçok Endopterygot böcekte bulunmaz. Oligopod safha da yine bir grup böcekte bulunmaz. Genellikle abdominal ekstremitelerin bazıları veya bir kısmı dejenere olur ve embriyonik gelişmenin sonunda kaybolur. Apterygot'larda en az bir çift olmak üzere genellikle birden fazla çift pregenital abdominal eklenti kalır, fakat Pterygot'larda kaybolurlar. Bununla beraber pregenital abdominal eklentiler Lepidoptera ve Hymenoptera (Symphyta) larvalarının ayakları veya Ephemeroptera solungaçları vb. ile temsil edilirler. 8-10. segmentlerdeki ekstremiteler dış genital organları oluştururlar veya eşeye ve türe bağlı olarak kaybolurlar. 11. Segmenttekiler ise çoğu takımda serkus olarak kalır.

Embriyo gelişince yumurta sarısının etrafında büyümeye başlar ve öncü blastodermin dorsal veya embriyonik olmayan kısmı da oldukça daralmaya başlar.

Embriyonun kapanması ve ekstra-embriyonik zarların erimesi çeşitli böcek gruplarında farklılıklar gösterir.

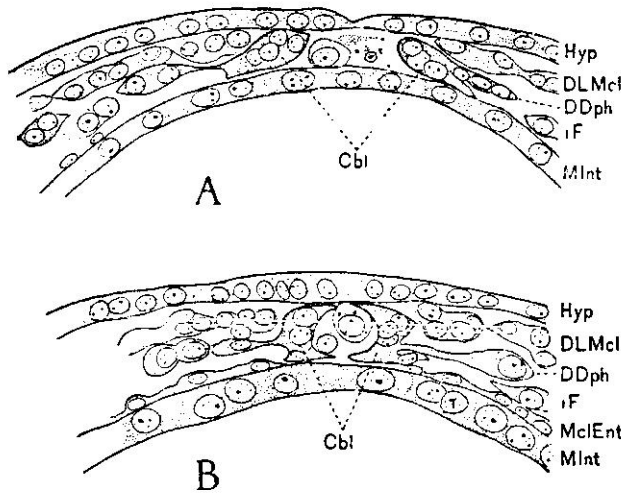


Şekil 86. Clytra'nın germ bandından enine kesit (Neuroblastların ve sölomun belirmesi esnasında).

n. neuroblast, c. sölomu oluşturacak oyuklar, a. amnion boşluğu, i. mezoderm (iç tabaka), e. ektoderm, s. seroza, ac. Amniotik sıvı (Lecaillon'dan) – Diğer isimlendirmeler şekil 84 de olduğu gibidir.

Mesoderm'in Gelişimi :

Germ bandının iç tabakası mezodermi verir. Mezoderm ortada bir tek hücre sırasıyla birleştirilmiş iki uzunlamasına band şeklinde yer alır. Bu bandlar transvers olarak sıkışır ve



Şekil 87. Arı'da ileri safhadaki embriyonun 4. gövde segmentinin dorsalinden enine kesit.

Cb. karbioblast, DDph. dorsal diyafram, DLMcl., dorsal longitudinal kaslar, Hyp. hipodermis, iF. yağ cismi, Mlnt. orta barsak, MclEnt. orta barsak kasları (Nelson'dan).

sonuçta mezoderm segmentlere bölünmeye başlar. Böceklerin çoğunda mezodermal somitlerin bazıları veya tümü çift halde içerdikleri boşluklarla sölom keselerini oluştururlar (Şekil 86). Böceklerin çoğunda antenlerde ve başın çenelere ait segmentlerinde, toraks segmentlerinde ve son ikisi hariç abdomen segmentlerinde sölom vardır.

Mezodermal somitlerin dış ya da somatik tabakası vücut kaslarını, dorsal diyaframı ve perikardial hücreleri, iç ya da splanknik tabakası ise visseral kasları, genital çıkıntıları ve yağ cisminin büyük bir kısmını

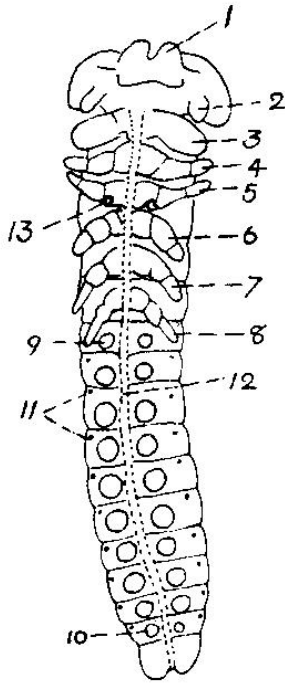
oluşturur. Somatik ve splanknik tabakaların karşılaştıkları üst köşelerde Kardiblast adı verilen özel hücreler yer alır ve bu hücreler de kalbin oluşumunda görev alırlar (Şekil 87).

Sindirim Kanalı :

Böceklerde sindirim kanalının oluşumu oldukça tartışmalıdır. Pterygot'lar daha önce de belirtildiği gibi blastoderm, anteriör ve posteriör orta barsak taslakları ve bunlarla ilişkili stomodeum ve proktodeum taslaklarını içeriyordu. Her orta barsak taslağından çeşitli yollarla hücreler biri diğerine doğru büyümeye başlarlar. Çoğu kez önce çift kordonlar halinde belirirler, sonra bu taslaklar birleşir ve bir epitelial kese şeklinde yumurta sarısını çevrelerler. Oluşan orta barsağın içinde yumurta sarısı ve vitellofaj kalır, sonra her ikisi de giderek emilir.

Apterygot'larda ise orta barsak bu yolla oluşmaz. Orta barsak sahası bu böceklerin blastoderminde tamamlanamadığı için orta barsak epiteli vitellofajdan farklılaşır, sonra yumurta sarısının periferine doğru hareket eder ve yumurta sarısını sarmak üzere çoğalmaya başlar.

Tüm böceklerde ön ve arka barsak, stomodeum ve proktodeum taslaklarının farklılaşması ve invaginasyonu ile meydana gelir. Malpigi tüpleri proktodeum'un daha iç ucundan ve daha ileri bir invaginasyonla meydana gelir. Bu durumda Malpigi tüplerinin germ tabakalarından orijinlendikleri görüşü tartışma konusudur. Stomodeum büyümeye başlayınca içinde gelişen bir tüpten dorsale doğru stomogastrik sinir sisteminin frontal, hyposerebral ve ventrikular ganglionları meydana gelirken en iç kısımda proventrikulus'a farklılaşabilir. Bu arada orta barsak, stomodeum ve proktodeuma ait invaginasyonlar sindirim kanalı boyunca sürekli bir lümen oluşturur.



Şekil 88. İpekböceği embriyosu.

1. labrum, 2-5 baş eklentileri, 6-8. bacaklar, 9-10, ilk ve son abdomen eklentiler, 11. spirakulumlar, 12. neural oluk, 13. ipek bezlerinin labiumdaki açıklıkları (Toyama'dan).

Sinir Sistemi :

Merkezi sinir sistemi germ bandı ektoderminin bir çift uzunlamasına neural sırt veya tümsek oluşturmasıyla gelişmeye başlar. Bu sırtlar stomodeumun yanlarında başlar ve geriye doğru proktodeumun arkasında birleşene kadar devam ederler. Bu sırtlar median bir oluk vasıtasıyla ayrılmışlardır. Bu oluk, neural oluk'tur (Şekil 88). Median sinir şeridini oluşturan bir hücre zinciri, neural oluğu astarlayan ektodermden ayrılır. Neural sırtları oluşturan ektoderm hücreleri iki tabaka halinde ayrılmaya başlarlar. Dışta ventral vücut duvarını oluşturan ince dermatoblast tabakası, içte ise sinir dokusunu oluşturan neuroblast tabakası (Şekil 86). Embriyonik eklentiler, belirlemeye başlayınca; neural sırtla kaide kısımlarında belirli kabarcıklar halinde segmentleşmeye başlar ve bu kabarcıkların her çifti neuromer'i oluşturur. Sinir

şeridinin segmentleri ve neural sırtlar belirgin ganglionları meydana getirirken neural sırt aynı zamanda ganglionlar arası bağlantıları da oluşturur.

Neural sırtlar baş bölgesinde genişçe prosefalik lopları ve daha sonra da beyini oluştururlar. Bu loplarda ilk sefalik segmentlere uygun olarak üç neuromere bölünür. Bu neuromerler sırasıyla protoserebrum, deutocerebrum ve tritoserebrum olarak adlandırılırlar. İlk iki segment stomodeumun önünde yer aldığı için, pre-oral konumludur, oysa tritoserebrum post-oral konumludur ve bir komissür stomodeumun altından geçerek bu segment yarılarını (ganglionları) birleştirir. Optik loplarda sefalik ektodermden ayrıca oluşurlar ve neuroblastlar bu oluşuma katılmazlar. Gövde bölgesinin ilk üç segmentine ait neuromerler subözofageal ganglionu oluşturmak üzere birleşirler, geri kalanlar ise ventral sinir şeridinin ganglionlarını oluşturur. Bu sonuncu ganglionların sayısı 9-11 arasında değişir ve farklı böceklerde çeşitli derecelerde birleşmeler yaparlar.

Trake Sistemi :

Neuromerler belirdikten kısa bir süre sonra trakeler eklentilerin kaidelerinin hemen dışına doğru ektodermal invaginasyonlar olarak belirir. Genelde 10 çift olarak gelişirler ve son iki toraks ve ilk sekiz abdomen segmentinde meydana gelirler. Birkaç türde protoraks veya 9. ve 10. abdominal segment üzerinde de embriyonik trakeal invaginasyonlar olarak gelişir, fakat yumurtadan çıkıştan biraz sonra kapanırlar. Her invaginasyon T şeklinde yatay bir çıkıntı olarak gelişir. Bu çıkıntı önündeki ve arkasındaki segmente ait çıkıntılar ile birleşene kadar uzar ve böylece uzun ana dalları oluşturur. Orijinal invaginasyonların ağızları da kasılır ve böylece spirakulumlar oluşur. Ana trake dalları oluştuktan sonra bu dalların kolları içeri doğru uzanır ve en uçta artık incelmış olan boruların trake epitelinden trakeoblast hücreleri ayrılır. Bu hücreler dokulara doğru yıldız şeklinde gelişirler. Bu hücrelerin içinde de hücre içi tüpler şeklinde trakeoller meydana gelir.

Tükrük Bezleri :

Labial segment ektoderminden içe doğru gelişen bir çift yapı olarak belirirler.

Vücut Duvarı :

Doğrudan doğruya yüzeysel ektoderminden meydana gelir. İnvaginasyonla apodemleri, tentoriumu ve diğer iskelet elemanlarını oluşturur. Duysal neuronlar ve duysal organların integümente ait yapıları da embriyonun ektodermal yüzeyinden meydana gelirler. Korpora allata, sefalik ektoderminden invaginasyonu olarak belirir.

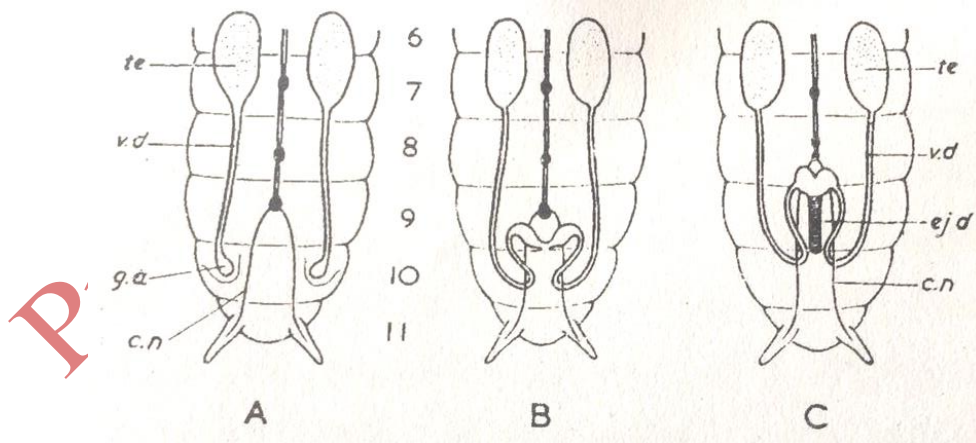
Vücut Boşluğu ve Dorsal Damar :

Vücut boşluğu epineural sinüs olarak gelişmeye başlar. Ventral sinir şeridi bölgesi üzerinde yumurta sarısının embriyodan ayrılmasıyla oluşur. Ayrılma işlemi yanlara doğru devam eder. Gelişen hemosöl vücut boşluğu oluşana kadar her bir yanda mezoderm ile birlikte yukarıya doğru uzanır. Mezodermin yukarıya doğru göçü kardioblastları da birlikte taşır. Kardioblastlar embriyonun dorsal çizgisi boyunca yer alırlar ve kalbin tüp şeklindeki taslaklarını oluştururlar. Tek sıralı bir hücre tabakası her bir yanda kardioblastları somatik mezodermle birleştirerek dorsal diyaframı oluşturur. Aorta, interkalar segmente ait iki sölom kesesinin orta-dorsal çizgide birleşmesi ile veya antennal segmente ait sölom keselerinin geriye doğru uzaması ile gelişir. Daha sonra da kalp ile birleşir.

Üreme Sistemi :

Üreme sisteminin gelişmesi, primordial germ hücreleri ile gonadların büyük bir kısmının farklı oluşu ve efferent kanalların kısmen mezodermal, kısmen de ektodermal olması nedeniyle bir dereceye kadar karmaşıktır. Bazı böcekler (Orthopteroid gruplar)'de

primordial germ hücreleri ilk kez gastrulasyon esnasında tanınabilirler. Hemipteroid ve çoğu Endopterygot'ta ise ilk kez Blastoderm'de görülürler. Dipter'lerde, parazit Hymenoptera'da ve bazı Coleoptera'da primordial germ hücreleri bir grup yuvarlaklaşmış posteriyör kutup hücreleri halinde toplanmışlardır. Primordial germ hücreleri sölom keselerinin duvarlarında yer almak üzere splanknik mezoderme göç ederler. Germ hücreleri mezoderm tarafından sarılarak genital kabarcıkları oluştururlar ve bunlar da hücre zincirleri oluşturacak şekilde sölomun dorsal duvarı üzerine uzanırlar. Primitif germ hücreleri postembriyonik olarak gametleri verirken bunları çevreleyen mezoderm gonadların tüm diğer kısımlarını ve primitif kanallarını oluştururlar. Erken safhada bir hücre tabakası (filament levha) dişi embriyosunda farklılaşır ve genital taslağın tepe kısmını vücudun aynı tarafındaki kalp taslağı ile birleştirir. Kalp taslağı böylece orta-dorsal bölgeye doğru göç ederken genital taslak ta onu izler. Primitif olarak beliren metamerler kaybolur ve eşeyssel farklılık ancak son embriyonik safhada belirlenebilir. Dişide filament levha birkaç terminal iplikçiğe bölünür ve bu iplikçikler ovarioelleri temsil eden ovaryum bölmeleri ile birleşirler. Genital taslakların bazal kısmı her bir yandaki efferent kanalları oluşturur. Çift haldeki mezodermal efferent kanallar posteriyöre doğru devam ederler ve her biri kapalı genişlemiş bir kabarcıkta son bulurlar (Şekil 89). Erkeğin genital kabarcıkları 10. abdominal segmentte, dişinin ki ise 7. segmentte yer alır. Her iki halde de bulundukları segmente ait sölom keselerini temsil ederler. Üreme sisteminin, terminal ektodermal kısımları postembriyonik olarak gelişirler ve postembriyonik gelişme bölümünde izah edileceklerdir.



Şekil 89. A, B. Erkek üreme kanallarında gelişme safhaları, C, Ergindeki durum.

c.n. sirkus siniri, ejd. ejakulatör kanal, g.a. genital ampül, te. gelişmekte olan testis, v.d. vas deferens, 6 -11 abdominal segmentasyonu (Snodgrass'dan)

Embriyonal gelişmenin belirli safhalarına ulaşmak için izlenen gelişme sırası ve zamanı *Hydrophilus* için aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

I. Safha

1. gün : Blastoderm tamamen oluşur.
2. gün : Germ bandı metamerize olur (bölümler ayrılır), amniotik katlanmalar, prosefalik loplar ve iç tabakalar meydana gelir.
3. gün : Neural oluk ve antenler belirgin hale gelir, amniotik zarlar kapanır.

II. Safha

4. gün : Ağız ve gövde eklentileri, stomodeum, proktodeum oluşur. Trake invaginasyonu başlar.

5. gün : Eklentiler uzar, trake invaginasyonlarının ağızları spirakulumları oluşturmak üzere küçük yuvarlak açıklıklar halini alır.

7. gün : Neural oluk uzar, embriyonik zarlar yırtılır.

İkinci safha da orta barsak taslaklarından barsak oluşur. Mezodermal somitler ve vücut boşluğu belirir ve yumurta sarısı bölünmeye başlar.

III. Safha

8. gün : Dorsal organ tamamen oluşur.
9. gün : Göz pigmentasyonu meydana gelir.
10. gün : Göz pigmentasyonu artar, ana trake dalları belirir.
11. gün : Embriyoda yoğun bir şekilde pigmentlenme görülür, korion altında hareket başlar.
12. gün : Larvanın çıkışı.

POSTEMBRYONİK GELİŞME

Yumurtadan çıkış : Yumurtadan çıkış, farklı böcek gruplarında değişik şekillerde olur, fakat hepsinde amnion sıvısının yırtılması ve yumurtaya havanın girmesi ile başlar. Korion ve diğer embriyonik zarlar sonra yırtılır. Lepidopter larvaları zarları yerler fakat diğer böcekler kaslarını kasarak bir itme basıncı oluşturarak zarları yırtarlar. İtme basıncı bazı Orthopter'lerin içi kan dolu servikal kabarcıkları gibi özel yapılarla veya çeşitli tipteki yumurtadan çıkış spinleri (yumurta çatlatıcıları) yardımı ile de oluşturulur. Yumurta çatlatıcıları diş benzeri veya spin benzeri kutikular çıkıntılardır. Embriyonik kutikulanın frontal bölgesinde meydana gelirler. Yumurtada çıkış anında ve yumurtadan çıktıktan sonra atılırlar (çoğu Exopterygot, Neuroptera ve Trichoptera). Buna karşın yumurta çatlatıcıları Lepismatidae (Thysanura), Nematocera (Diptera), Siphonaptera, Adephaga (Coleoptera)'da I. safhadaki larvada bulunurlar ve deri değiştirdikleri zaman kaybolurlar. Ayrıca çoğu polifag Coleoptera'da I. safhadaki larva toraks ve abdomen üzerinde veya her ikisi üzerinde de çeşitli şekillerde yerleşmiş dorsal yapılar taşır. Genellikle yumurta çatlatıcıları, korion ve embriyonik zarları yırtar fakat Mallophaga ve Siphunculata'da sadece iç zarları yırtarlar, korion ise yumurtanın şapka şeklinde yarıma çizgisi boyunca yarılr.

Bazı böcekler, yumurtadan çıkarken trake sistemleri hala sıvı ile doludur. Bazılarında ise kas dokusu faaliyetleri ile doku sıvısında osmotik basınç yükselir. Sonuçta trakedeki sıvı çekilir ve böylece yumurtadan çıkıştan önce trakelerin hava ile dolu olması sağlanmış olur.

Gelişme safhaları : Böceklerin postembriyonik yaşamları deri değiştirme (kutikulanın atılması) ile peş peşe gelen gelişme safhalarına bölünmüş olmakla beraber bu safhalar birbirinden az çok farklı olabilir.

Böcek yumurtadan çıktığında I. instar'da olduğu söylenir. Peş peşe gelen deri değiştirme safhalarının her birinde bir seri olay cereyan eder ve kutikulanın atılması ile her safha sona erer. Eski kutikulanın epidermisten ayrılması **apolis**, kutikulanın yırtılıp atılması olayı da **ekdisis** olarak tanımlanır. Her deri değiştirme safhası (**instar**), apolisin başlaması ile belirlenebilir ve apolis ile ekdisis arasında eski ve atılmamış kutikulanın muhafaza edildiği safha da **pharat instar** olarak adlandırılır ve bu safha oldukça uzun sürebilir. Böceklerin büyük bir kısmında son instar tamamen olgun form olup, üreme yeteneğindedir ve ergin ya da imago olarak tanımlanır. Exopterygot'ların çoğunda, örneğin Neuroptera ve Trichoptera'da yumurtadan çıkan böcek embriyonik kutikula ile sarılı bir haldedir. Kutikula

yumurtadan çıkış esnasında atılır, dolayısıyla yumurta kabuğunda kalır veya yumurtadan çıkıştan kısa bir süre sonra atılır. Bu şekilde embriyonal kutikula ya sahip böcek, **pronimf** (Odonata)'da **kurt şeklinde larva** (Acrididae'de) ve **primer larva** (Cicadidae'de) olarak tanımlanır. Bu safhanın birinci instar'ı temsil edip etmediği şüphelidir. Bu bakımdan da yaşam siklusu çalışmalarında instar sayısına pek dahil edilmez.

Metamorfoz :

Böceklerin en karakteristik özelliklerinden biri morfolojik olarak imagodan farklı yapıda yumurtadan çıkmalarıdır. Son instara ulaşmak için yani ergin hale gelmek için geçirmiş oldukları form değişiklikleri metamorfoz olarak adlandırılır. Metamorfoz postembriyonik gelişmenin sonlarına doğru çok belirgin olup fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerle birlikte devam eder.

Bazı böcekler yumurtadan çıktıklarında erginden sadece üreme organları ve dış genital organlar bakımından farklılık gösterirler. Morfolojik olarak ta şekli, ketotaksi, serkus ve antenlerin segmentasyonu gibi pek önemli olmayan ayrıntılar bakımından farklılık gösterirler. Bu tür böcekler Apterygot'lar, Mallophaga, Siphunculata ve dışı Embiopter'lerdir. Genellikle metamorfoz geçirmedikleri kabul edilmekle beraber yukarıda belirtilen değişiklikler, hafif bir metamorfozu göstermek için yeterlidir. Bu tür böcekler Ametabol olarak ta kabul edilebilirler.

Böceklerin büyük bir kısmı ise nispeten daha ileri düzeyde metamorfoz geçirirler ve metamorfozun derecesine göre iki ana gruba ayrılırlar : **1- Hemimetabol, 2- Holometabol**. Hemimetabol böcekler Exopterygot'ların büyük bir kısmını oluştururlar ve basit bir metamorfoz geçirirler. Bu metamorfoz şekli direkt veya tam olmayan metamorfoz olarak tanımlanır. Olgun olmayan safhalar erginden esas olarak sadece kanatların ve genital organların tam olarak gelişmemesi bakımından farklıdır.

Kanat taslakları I. instarda genellikle görülmezler, fakat sonra dış kanat yastıkları şeklinde belirirler ve her deri değiştirmede giderek büyürler. Ağız organları ergindeki genel şekle benzerdir, bileşik gözler daima bulunur ve genç birey ile ergin davranışı benzerdir. Pupal gözler daima bulunur. Pupal instar bulunmaz o nedenle de genç safhalar genellikle nimf olarak adlandırılırlar. Böylece Hemimetabol ile Holometabol böcekler arasındaki fark ortaya çıkar. Çünkü ergin olmayan holometabol böcekler larva olarak adlandırılırlar. Hemimetabol böceklerdeki metamorfoz derecesi farklı böcek ordolarında değişik şekildedir. Genç bireyin, genel vücut şekli ve yaşam tarzı bakımından ergine benzer olduğu durumlarda, postembriyonik gelişme kademe kademe ilerler, esas olarak kanatlar ve genital

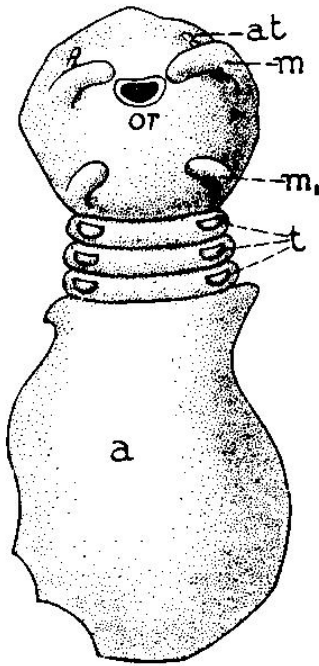
organlar gelişir. Ephemeroptera, Odonata ve Plecoptera'da aquatik nimfin karasal erginden farkı; solunum, beslenme ve hareketle ilgili adaptif organlara sahip olmasıdır. Larvanın trake solungaçları kaybolur veya Plecoptera'da olduğu gibi erginde sadece körelmiş artıklar halinde kalırlar. Çünkü açık spirakulumlar oluşmuştur. Odonat larvalarının son derece özelleşmiş labiumları, ergindeki yapıya dönüşmek üzere büyük değişikliğe uğrar. Ephemeropter'ler olgun olmayan son devrelerinin **subimago** olarak tanımlanmaları ile istisnadırlar. Çünkü bu safhada fonksiyonel kanatlara sahiptirler.

Holometabol böcekler Endopterygot'lardır ve indirekt veya tam metamorfoz geçirirler. Hayat devreleri peşpeşe gelen bir seri larval instar içerir, peş peşe gelen larvalar genellikle birbirlerine benzerler fakat erginden dikkate değer derecede değişiklik gösterirler. Ağız organları ve beslenme davranışları genellikle erginden farklıdır. Gözleri çok basit birkaç osellustan ibarettir. Kanatları vücut yüzeyindeki epidermis içine gömülü taslaklar ile temsil edilirler. Son larval instarı, az çok hareketsiz pupal instar izler. Bu safhada kutikulada external ve internal değişimler görülür ve sonuçta kutikula ergindeki yapıyı kazanır. Exopterygot'lardan Aleyrodoidae (Hemiptera), erkek Coccoidea (Homoptera) ve Thysanoptera'da holometabol Endopterygot'larınkine benzer fakat bağımsız bir metamorfoz görülür. Larvaları dış kanat taslakları taşımazlar ve erginden şekil ve davranış bakımından az çok farklılık gösterirler. Erkek Coccoidea ve Thysanoptera'da 2-3 pupa benzeri instar varken Aleyrodoidae dördüncü instar larvadan ergine geçer ve ayrı bir pupal safha göstermez.

Endopterygot Larva :

Endopterygot böcek larvaları, büyük bir kısmı adaptif olan çok büyük şekil değişikliği gösterirler. Örneğin parazit Hymenopter'lerde birincil instar larvaya ait 14 tip tanımlanmıştır. Fakat genelde larvalar benzerlik derecelerine göre dört'e ayrılabilirler ve bu tipler bazen embriyonik gelişme esnasında birbirini izlerler.

1- Protopod larva (Şekil 90) : Bu tip bazı parazit Hymenopter'lerin esas larva tipidir. Bu türlerin yumurtaları çok az yumurta sarısı içerir ve larva erken embriyonik safhada yumurtadan çıkar. Diğer böceklerin yumurtaları ve vücutları içine gömülerek son derece besleyici bir ortamda yaşamını sürdürür. Protopod larva Platygastriidae (Hymenoptera) familyası türleri için karakteristiktir. Bu larva prematüre bir embriyodan biraz daha gelişmiştir, abdomende segmentasyon göstermez, sefalik ve torasik eklenti taslakları vardır. Sinir ve solunum sistemleri gelişmemiştir. Sindirim organları hala büyük



Şekil 90. *Platygaster herrickii* (Hymenoptera)'de instar larva.

a. abdomen, at. anten, m. mandibül, m₁. maksilla, or. oral açıklık, t. toraks eklentileri (Kulagin'den).



Şekil 91. *Pieris brassicae* (Lepidoptera)'da Eurisiform (polypod larva) (Imms'den).

ölçüde embriyoniktir. Dryinidae ve Scelionidae'nin birinci instarı da bu larva tipine örnek verilebilir.

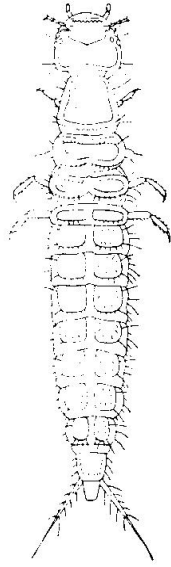
2- Polypod larva (Şekil 91) : Tipik örnekleri çoğu Lepidopter'ler ile testere sinekleri ve akrep sineklerinin Eurisiform larvalarıdır. Temel özellikleri oldukça belirgin segmentasyon göstermeleri abdominal ekstremiteler ve peripneustik trake sistemi içermeleridir. Antenleri ve torasik bacakları vardır fakat az gelişmiştir. Bu tür larvalar nispeten inaktiftir ve hareketleri beslenme ile sınırlıdır.

3- Oligopod larva : Bu larvalar az çok iyi gelişmiş toraks bacaklarının bulunuşu ve genelde abdominal eklentilerinin bulunmayışı ile karakteristiktir. Ancak bir çift kaudal uzantı içerebilirler. Baş kapsülü ve baş eklentileri genellikle iyi gelişmiştir. Genel görünüşleri bakımından dikkate değer varyasyon göstermekle beraber genel olarak iki tipleri ayırdedilebilir :

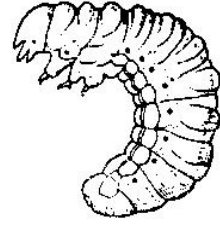
a) Campodeiform larva (Şekil 92) : Diplura (Campodea)'ya benzediği için bu ad verilmiştir. Tipik olarak uzun, az-çok mekik şeklinde, biraz basık vücuda sahiptirler ve genellikle integümentleri iyi sklerize

olmuştur. Başları prognat tiptedir. Toraks bacakları uzundur ve bir çift terminal abdominal uzantıları vardır. Duysal yapıları iyi gelişmiştir. Exopterygot böcek larvalarından bileşik gözler, dorsal oselluslar ve kanat taslaklarının bulunmayışı ile ayırdedilirler, dolayısıyla en primitif endopterygot larva olarak ta kabul edilirler. Campodeiform larva Neuroptera, bazı Coleoptera (özellikle Adephaga), Strepsiptera ve Trichoptera'da görülür.

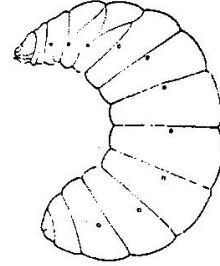
b) Scarabeiform larva (Şekil 93) : Oldukça güçlü silindiriğe yakın C şeklinde larva olup, toraks bacakları daha kısa, yumuşak, etsi vücutlu ve kaudal uzantısızdır. Tipik olarak Scarabeoidea larvasıdır fakat bazen diğer Coleoptera familyalarında (Ptinidae, Anobiidae)'da görülür. Kampodeiform tip larvadan orijinlenmiş olup besin bolluğu nedeni ile daha az aktif bir yaşam gösterir.



Şekil 92. *Philonthus nitidus* (Staphylinidae-Coleoptera) 'un campodei form (oligopod) larvası (Schiöde'den).



Şekil 93. Scarabeiform larva (*Epicauta vittata*-Coleoptera) (Riley'den).



Şekil 94. Eusefal larva (*Apis*-Hymenoptera) (Weber'den).

4- Apod larva : Bu larva tipinde toraks ve abdomen tamamen eklentisizdir ve büyük bir olasılıkla oligopod tipten orijinlenmiştir. Coleopter'lerde bacaksız olma hali birkaç familyada vardır. Hymenopter'lerde Apocrita larvaları bu tiptir. Dipter'lerde larvalar daima Apod'tur. Fakat 3 çift duysal papilla taşırlar ve papillalar torasik ekstremiteler pozisyonunda yer alırlar. Böceklerin körelmiş yapıları olarak varsayılmaktadırlar. Bu nedenle Apod Dipter larvaları son derece özelleşmiş oligopod tip türevi kabul edilirler. Apod larvaları, başın gelişme derecesine göre genellikle 3 tipe ayrılırlar :



Şekil 95. Asefal larva (*Musca*-Diptera) (Weber'den)

a) Ösefal larva (Şekil 94) : Baş kapsülü iyi sklerize olmuş, sefalik eklentiler fazla redüksiyona uğramamıştır (Çoğu Nematocera, Buprestidae, Cerambycidae, Aculeata-Hymenoptera'da görülür).

b) Hemisefal larva : Baş kapsülü ve eklentileri belirgin şekilde küçülmüştür ve eklentiler başla birlikte toraksın içine çekilebilir (Tipulidae, çoğu Brachycera).

c) Asefal larva (Şekil 95) : Belirgin bir baş kapsülü olmamakla beraber bazı sefalik yapılar büyük ölçüde gizlenmiş haldeki bukkofaringeal cihaza ve ağız çengellerine katılırlar.

Hypermetamorfoz : Gelişmekte olan bir böcek iki veya daha çok birbirinden farklı larval instar geçirirse, bu durum hypermetamorfoz olarak tanımlanır. Bu olay esnasında genellikle davranış değişikliği de görülür. Hypermetamorfozun çoğu durumlarında birinci larval instarı kampodeiform tipindedir. Bu safha esnasında besinini arar ve besinini bulduğunda morfolojik değişiklik geçirir. Bu değişiklikler larvanın yeni yaşam tarzına adaptasyonunu sağlar. Hypertamorfoza örnek olarak aşağıdaki grupları verebiliriz :

- Neuroptera : Mantispidae
- Coleoptera : Carabidae (*Lebia scapularis*)
Staphyllinidae (*Aleochara* spp.)
Meloidae
Rhiniphoridae
- Strepsiptera : Bütün türler
- Diptera : Bombyliidae, Acroceridae, Nemestrinidae, bazı Tachinidae.
- Hymenoptera : Belli başlı parazit grupları.
- Lepidoptera : Gracilariidae

Kutikulanın yenilenmesi : Az çok sertleşmiş ve eğilip bükülemeyen kutikula, kolaylıkla kendini büyümekte olan böceğe uyduramaz, bu nedenle de periyodik olarak atılıp yenilenmesi gerekir. Her deri değiştirmede sadece vücudu ve eklentilerini dıştan kuşatan kutikula atılmaz aynı zamanda çeşitli iç iskelet yapıları, trake sistemine ait yapıların büyük bir kısmı, ön ve arka barsağın, ektodermal bezlerin ve efferent üreme kanallarının astarladığı veya intima tabakalarının kutikulaları da atılır. Tüm bu yapılar, kıllar, pullar ve kutikular sensillumlar, alttaki epidermal hücreler tarafından yenilenirler.

Böcek deri değiştirmeye başlayacağı zaman aktivasyonu azalır, epidermal hücreleri büyür ve apoliz başlar. Kutikula, epidermisten ayrılmaya başlar. Prokutikulanın en iç tabakasından ekdisial membran oluşur ve belirgin bir hale gelebilir. Mitoz meydana gelir ve ilk yeni epikutikular membran (kutikulin tabakası) epidermal hücreler tarafından salgılanır ve önositler tarafında parafin salgılanmasıyla işlem tamamlanır.

Epikutikula epidermal hücrelerin kontrolü altında katlanmaya başlar ve yeni prokutikula oluşuncaya kadar depolanmasına devam edilir. Prokutikula epidermal hücre materyalinin doğrudan doğruya değişmesiyle meydana gelir. Prokutikula oluşunca hemolenf proteinleri epidermise taşınır ve buradan da kutikulaya aktarılırlar. Yeni kutikula salgılandıktan sonra yeni ve eski kutikula arasındaki boşluk yine epidermis tarafından

salgılanan deri değiştirme sıvısı ile dolmaya başlar. Deri değiştirme sıvısı proteaz ve kitinaz içerir ve böylece eski endokutikulaı çözer. Bu esnada deri değiştirme sıvısı ve endokutikula sindirim ürünleri de epidermis tarafından emilir. Artık sindirilemeyen eksokutikula ve epikutikula baş ve toraks üzerinde oluşmuş zayıf yarılma hattı boyunca yırtılmaya başlar. Yarılma beğin hava ve suyu yutarak ve abdominal kaslarını kasarak vücudun n kısmını uzatması ile gerçekleşir. Ekdisis veya eski kutikulanın atılması daha sonra beğin kendisini bir önceki kutikuladan, kutikular spinler ve çıkıntılar sayesinde ıkartmasıyla tamamlanmış olur. Ekdisis'i kutikulanın kalınlaşması, sklerizasyon ve pigmentasyonu takip eder. Deri değiştirme esnasında belirgin olan morfolojik değişikliklerin çoğu epidermisin farklı büyümesi sonucudur fakat özellikle apodemlerin oluşmasında, kasların gl kasılması da önemli rol oynar.

Bazı beklerde, Diptera (Cyclorrhapha) pupariumlarında, Dryinidae'nın larval keselerinde olduğu gibi eski kutikula yırtılmaz ve yeni instar için koruyucu bir örtü olarak kalır. Diğer bazılarında ise örneğin parazit Hymenopter'lerin bir kısmı ve Cossidina kınkanatlılarında peş peşe kuruyup atılan kutikula vücudun arka ucunda kalır veya bazı Coccoidea'da pul haline dönüşür. Farklı bek türleri yaşamları süresince uğradıkları deri değiştirme sayısında büyük farklılıklar gösterirler. Filogenetik olarak denilebilir ki özelleşmiş formların primitif olanlara oranla daha az instarı vardır. Apterygot'lardan *Ctenolepisma* olgun safhaya ulaşmadan önce 14 kez deri değiştirir ve daha sonra belli aralıklarla ölene kadar değişikliğe uğramadan deri değiştirmeye devam eder. Benzer deri değiştirme, eşeyssel olgunluğa eriştikten sonra Campodea ve Collembola'da da meydana gelir fakat Pterygot beklerde ergin, deri değiştirmez. Ephemeroptera nimfleri 20 defadan fazla deri değiştirir, oysa Neuroptera (oğu *Plannipennia*) gelişme esnasında 4 kez deri değiştirir (embriyonik kutikulanın atılması da sayılırsa 5 kez). Diğer beklerin çoğunda deri değiştirme sayısı 1-2 arasındadır. Bazı gruplarda deri değiştirme sayısı sabittir. Örneğin Heteroptera'da (embriyonik deri hariç) 5, Psocoptera'da 6 iken, Lepidoptera'da türe göre 2-9 arasında değişir ve aynı türün bireyleri arasında pek sık bir varyasyon görülmez. Zıt beslenme şartlarında bazı Coleopter'lerde ve Lepidopter'lerde larval instar sayısı büyük ölçüde artar. Ancak boyca büyüme çok azdır, bazen boyca küçülme de olabilir. Bazı türlerde eşeyler deri değiştirme sayısı bakımından farklılıklar gösterirler ve dişi genelde daha çok deri değiştirir.

Büyüme :

Larval veya nimfal periyot, büyümenin en önemli safhalarından biridir ve büyümenin büyük bir kısmı metamorfozla gerçekleşir. Hızlı büyüme ve önemli ölçüde boy artışı özellikle bir çok holometabol böcekte belirgindir. Yumurtadan çıkan larva ile ergin larvanın ağırlık ölçümleri birkaç türde yapılmıştır. İpek böceği olan *Telea polyphemus* tam büyüklüğe eriştiğinde orijinal ağırlığından 4.140 defa daha ağırdır. Bir arı olan *Anthophora retura* larvasındaki artış 1.020 defadır. Üç yıl yaşayan *Cossus cossus* larvasında bu fark 72.000 defadır. İpek böceği *Bombyx mori*'de büyüme ırka ve diğer faktörlere göre 9.100-10.500 defa arasında değişir.

Pupa :

Pupa terimi nispeten inaktif instar olup Endopterygot böceklerde larva ile ergin arasında görülür. Pupal safha esnasında böcek beslenebilme yeteneğinde değildir ve hareketsiz haldedir. Pupa bir geçiş instarı olarak kabul edilmekte olup bu geçiş safhasında larva vücut ve iç organları, imago için gerekli olan yeni şekle dönüşür. Bu işlemlerin bazıları larvada başlar ve pupa-ergin ekdisisine kadar ancak tamamlanabilir. Bazı Neuropter'lerde (*Raphidia*, *Hemerobius* ve *Chrsopa*) pupal kutikulu ergin nispeten aktiftir ve sürünebilir. Bazı Trichoptera pupaları su yüzeyine doğru yüzmek ve ergin çıkışını sağlamak üzere adaptif modifikasyonlara sahiptirler. Culicidae ve bazı Chironomidae'de pupa aktiftir ve kuvvetli kaudal hareketlerle yüzebilir.

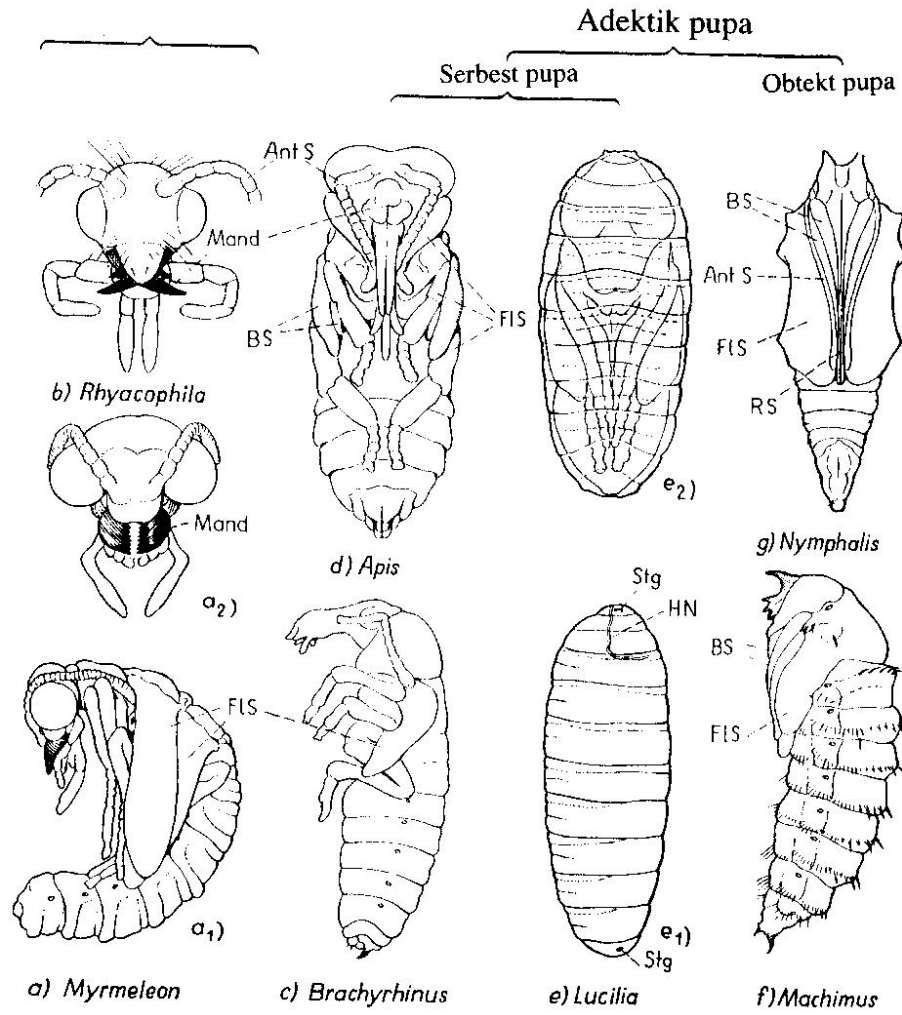
Endopterygot pupalar pupal kutikulu böceğin kokondan veya pupal odacıktan kurtulup ergin hale geçiş şekline göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır :

1-Dektik pupa (Şekil 96): Bu tip pupanın nispeten güçlü, sertleşmiş mandibülleri vardır.

Mandibüller kokon veya odacıktan çıkışta kullanılırlar. Bu pupa primitif tip olup serbest haldedir. Örneğin eklentiler vücuda yapışık değildirler ve harekette kullanılabilirler. En primitif Endopterygot'larda, Neuroptera, Mecoptera, çoğu Trichoptera, Lepidoptera'nın Micropterygidae ve Eriocraniidae familyalarında ve Hymenopter'lerin Xyleidae familyasında görülür.

2- Adektik pupa (Şekil 96) : Bu tip pupada mandibüller eklemli değildirler, genelde küçülmüşlerdir ve kokondan veya odacıktan çıkışta kullanılmazlar.

Adektik pupanın iki temel tipi görülür.



Şekil 96. Pupa tipleri. Üsteki sıra alttan görünüş, alttaki sıra yandan görünüş.

a. Planipennia, b. Trichoptera, c. Curculionidae, d. Apidae, e. Cyclorrhapha, f. Asilidae, g. Nymphalidae.

Ant. Anten, BS. Bacak taslağı, FIS. Kanat taslağı, HN. Pupa yırtılma çizgisi, Mand. a ve b şekillerinde fonksiyonel pupa mandibülü, c - f şekillerinde mandibül taslağı, RS. Hortum taslağı, Stg. Stigma.

a) Serbest adektik pupa : Serbest pupa yani I. tipte olduğu gibi ekstremite vücutun üzerine yapışmış halde değil, serbest haldedir. Siphonaptera, Strepsiptera, çoğu Coleoptera ve Hymenoptera ile birkaç Brachycera (Diptera)'da görülür.

b) Obtekt adektik pupa : Pupanın ekstremiteleri vücuda doğru sıkı bir şekilde bastırılmış olup, son larval deri değiştirme esnasında salgılanan salgıyla vücuda yapıştırılmışlardır. Ekstremitelerin dışa bakan yüzeyleri yapışık olan yüzeylerden daha yoğun bir şekilde kutikula içerir. Bu tür pupa Lepidopter'lerin çoğunda, bazı Coleopter'lerde, Dipter'lerin Nematocera ve Brachycera gruplarında ve Chalcidoidea'nin çoğunda görülür.

Cyclorrhapha (Diptera)'da **pupa koarktata** olarak adlandırılan pupa, bariz bir şekilde adektik serbest pupa olup bir puparium ile çevrilidir. Puparium bir önceki larval kutikula tarafından oluşturulur ve fonksiyon olarak diğer tiplerin kokonları veya pupal odacıkları ile eşdeğer kabul edilir.

Prepupa : Bu terim daha çok son larval kutikulası atılmamış pupa için kullanılır. Larval yaşamın sonuna doğru böcek pupa'ya dönüşmek üzere genellikle bir kokon, oda veya korunmaya elverişli başka bir yapı hazırlığına girer. Bu esnada larval kutikula epidermisden ayrılmaya başlar ve larval kutikula içinde pupa, çıkıntı halinde kanat ve ekstremiteleri ile gelişir. Pupanın gelişmesi ve paralel olarak meydana gelen şekil değişikliği larval kutikulada öylesine deformasyona neden olur ki prepupal safha dış görünüş bakımından ilk larvadan farklı olur. Vücut daha basıktır ve abdomen nispeten daha kısadır. Böcek bu esnada istirahattedir ve beslenmez.

Pupaya dönüşüm esnasında, pupal safhada ve ergine geçiş safhasında böcek kısmen zedelenebilir haldedir. Bu periyotlarda böcek harekette ve korunmada sınırlı bir güce sahip olduğu için özel korunma metodlarına gereksinimi vardır. Pupaların çoğu herhangi bir şekilde düşmanlarından ve nemin artması gibi zıt etkilerden, ani sıcaklık değişikliklerinden, şok ve diğer mekanik sarsıntılardan gizlenir. Bu tür etkilere karşı tedbirler son larval instar devrede oluşturulur. Çoğu Lepidopter ve Coleopter larvası toprak altında oyuk kazarak burada pupalaşacağı yer altı odacıklarını inşa eder. Böceklerin çoğu sadece ipekten veya ipekle karışık materyalden kokon oluştururlar. Kokon özel odacık olarak kabul edilebilir. Çoğu odun oyucu larva, kokon oluşturmak için odun parçacıkları kullanır. Toprakta değişime uğrayan larva toprağa ait partiküller kullanır. Bazı Trichopter'ler çakıl taşları veya meyve parçacıkları kullanırlar ve larval örtüleri kokon olarak görev yapar. Bu durumda bu materyaller, salgılanan ipek yardımıyla birarada tutulur ve birlikte kokon oluşturulur. Bazı Neuropter'ler, Trichopter'ler, çoğu Lepidopter, Hymenopter ile Siphonapter'ler kokon oluşturmada sadece ipek kullanırlar. İpeğin renginde, yapısında ve kokonun şeklinde büyük değişiklikler görülür. Lepidopter'lerde en ideal kokon Saturniidae'de vardır. Papilionidae'de pupa kaudal çıkıntısı ile asılı durabilir. *Cyclorrhapha* (Diptera)'da kokon bulunmaz ve sert haldeki puparium pupayı korur.

Bazı özelleşmiş Lepidoptera, Coleoptera, Diptera ve Hymenoptera türleri bir odacık, kokon veya puparium ile korunmazlar ve yaşadıkları konağın (Chalcidoidea) integümentinde gizlenirler veya kuvvetlice sklerotize olmuşlardır. Aynı zamanda vücutta yapışık yapılar koruyucu renklenme gösterirler.

Primitif Endopterygot'ların çoğunda, dektik pupaların mandibülleri kokon veya odacığı delmede veya toprağı oyup pupadan çıkışta kullanılırlar.

Adektik pupaya sahip çoğu böcek ise pupadan çıkmak için çeşitli farklı metodlar kullanırlar (Özellikle Lepidoptera ve Diptera). Dipter'lerde pupadan çıkışta kullanılan yapılar primitif pupanın vücut spinleri, keskin sefalik çıkıntılar veya kokon kesicilerdir. Siphonaptera, Coleoptera, Strepsiptera erkekleri ve Hymenoptera'da ergin, kokon veya odacık içinde oluşur ve bu odacıktan mandibülleri yardımıyla veya çoğu sinekte olduğu gibi imaginal sefalik kokon kesicileri yardımıyla buradan çıkar.

İmago'nun çıkışı : İmagonun çıkışı esnasında pupa renk bakımından dikkate değer şeklide koyulaşır. Bazı Papilionidae'de imagonun koyulaşan rengi şeffaf olan pupal kutikula içinde çıkıştan kısa bir süre önce görülür. Çıkış esnasında kutikulada toraksın sırt tarafında aşağıya doğru bir yarılma meydana gelir. Böcek eklentilerini iterek kanatları hariç tam gelişmiş olarak pupadan veya son nimfal instardan çıkar. Yukarı doğru hafifçe sürünerek kendine bir tutunma yeri bulur ve katlanmış haldeki kanatlar aşağı doğru eğik olacak şekilde istirahate çekilir. Vücuttan kanın kanatlara doğru akması ve kana, kas kasılması ile oluşturulan basınç sonucu kanat tümüyle açılır. Pupadan çıkış zamanı, farklı türlerde farklı farklıdır ve daha çok gündüz periyodunda olabilir. Örneğin bazı Lepidopter'lerde pupadan çıkış sabahın erken saatlerinde gerçekleşirken, bazılarında akşama doğru olur. Bu esnada ağaç gövdelerinde istirahat etmeleri ve normal aktivite saatlerini beklemleri gözlenebilir.

Aquatik böcekler arasında imago, pupadan çıkıştan hemen sonra kanatlarına alışabilir. Böcek gruplarının gelişme safhaları arasındaki ilişkiler aşağıdaki tablo halinde özetlenebilir (Tablo 2).

Tablo 2. Böcek gruplarında başkalaşım safhaları.

Başkalaşım tipi	Başlama peryodu	Büyüme peryodu		Değişim peryodu		Üreme peryodu	
Ametabol	Yumurta	Yumurtadan çıkış	Genç	Deri değiştirme			Ergin
Hemimetabol	Yumurta		Nimf				Ergin
Holometabol	Yumurta		Larva		Pupa	Deri değiştirme	Ergin

Başlama peryodu: İstirahat dönemi (hareketsiz). Beslenme yok, ne zararlı ne faydalı.

Büyüme peryodu: Sürekli aktif, sürekli beslenir; bazıları faydalı bazıları zararlı. Farklı instarların meydana geldiği tek periyottur.

Değişim peryodu: İstirahat dönemi (hareketsiz). Beslenme yok; ne zararlı ne faydalı.

Üreme peryodu : Aktif. Çoğu zararlı veya faydalı.

Büyüme peryodu esnasında deri değiştirme sayısı türlere göre oldukça farklıdır. Fakat aynı türde sürekli aynı sayıdadır. Deri değiştirme sayısı türlere göre 1-23 arasında olabilir.

Postmetamorfik Gelişme

Ergin Pterygot böcekler deri değiştirmede için genelde pupadan çıkıştan sonra da bazı gelişmeler gösterebilir. Renklenmenin, kutikulanın kalınlaşıp sertleşmesinin tamamlanması biraz daha zaman alır ve böceklerin büyük bir kısmında birkaç gün süren bir periyotta gonadlar ve yardımcı üreme bezleri tam boylarına erişir ve fonksiyonel hale gelirler. *Glossina*'nın (Diptera) uçuş kaslarındaki protein genç erginde iki-üç kat artar. Corixidae (Hemiptera)'de yeni çıkmış erginin olgun olmayan uçuş kasları uçan formlarda boyca artar, fakat uçmayan formlarda artmaz. Birkaç türde eşeyssel olgunluk ancak birkaç çarpıcı değişiklikle tamamlanır. Isopter'lerde kanatlar atılır, mandibular ve torasik kaslar dejenere olur ve ovaryumları belirgin bir şekilde irileşir. Kanatların atılması aynı zamanda bazı Hippoboscidae, Streblidae (Diptera), Zoraptera ve Formicidae'de de görülür. Torasik kasların dejenerasyonu ve sonuç olarak uçuş gücünün kaybı Scolytidae (Coleoptera), Pyrrhoridae (Hemiptera), Aphididae (Homoptera) ve Culicidae (Diptera)'de de vardır. Fizogastri olarak bilinen ovaryum veya barsağın yayılması veya abdomenin şişmesi olayı sineklerden *Tunga penetrans*, bazı Coccoidea (Homoptera) kraliçe karıncalar ve termitler ile birçok myrmekofil ve termitofil Dipter ve Coleopter'de oldukça belirgin bir şekilde görülür.

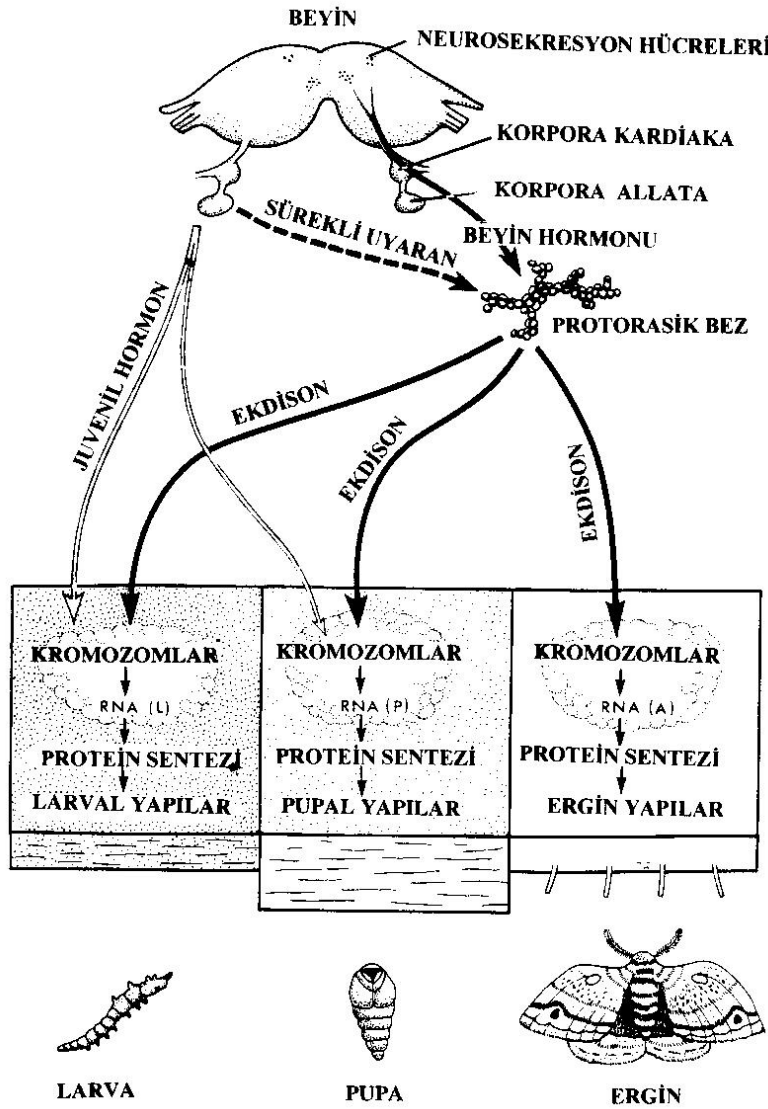
Postembriyonik gelişmenin fizyolojisi :

Bu başlık altında metamorfozun hormonal kontrolü ile diapozy toplayabiliriz.

Metamorfozun Hormonal Kontrolü :

Daha önce de belirtildiği gibi böcek vücudunun anterior kısmı, salgıları karşılıklı etkileşim sonucu postembriyonik büyüme ve farklılaşmayı kontrol eden bir takım endokrin bezler içerir. Bu sistem hem hemimetabol hem de holometabol böceklerde temelde benzerdir. Beyindeki neurosekresyon hücreleri, bir polipeptid hormon olan beyin hormonu (**protorasikotropik hormon**) salgılar. Bu hormon depolandığı yer olan korpora kardiaka'ya gider ve kana geçmeden önce muhtemelen değişikliğe uğrar. Buradan protorasik beze aktarılır ve protorasik bezlerin **α -ekdisin** salgılamalarına neden olur. α -ekdisin daha sonra çeşitli dokular tarafından çabucak **β -ekdisin**'a çevrilir. β -ekdisin deri değiştirme hormonu olup epidermal hücreleri aktive ederek apolisi başlatır ve epidermal hücrelerin yeni kutikula salgılamasına sebep olur. Bu esnada korpora allata tarafından yeterli miktarda **jüvenil hormon** da salgılanmaktadır. Böyle olmakla beraber ergin karakterler büyük ölçüde baskı altında tutulur ve gelişme larval veya nimfal formların normal serileri şeklinde ilerler. Son instar nimf veya larvada korpora allata tarafından jüvenil hormon salgılanması geçici olarak azalır ve gelişme erginin oluşmasına doğru yönelir. Jüvenil hormon böylece larval yapıların gelişmesini teşvik eder ve ergine farklılaşmayı engelleyen bir maddedir.

Bu mekanizma deneysel olarak defalarca kanıtlanmıştır. Beyinin çıkartılması büyüme ve ergin olmayan safhaların deri değiştirmesini önlerken gelişmenin erken safhalarında korpora allatanın çıkarılması ergin özelliklerinin prematüre görünmesine neden olur. Diğer taraftan korpora allatanın *Rhodnius*'un genç nimflerinden ergin nimflere implantasyonu fazladan bir-iki deri değiştirmesine ve ergin karakterlerin baskı altında tutulmasına neden olur. Neurosekresyon hücreleri tarafından salgılanan ve bazı gelişme olaylarını kontrol eden iki hormon daha bulunmuştur. Bunlardan biri **Bursikon** olup yumurtadan yeni çıkmış böceklerin kutikularının koyulaşması ile ilgilidir. Diğer **Eklosion** hormonu olup Endopterygot'lardan pupal-ergin ekdisisinde aktivite gösterir. Çeşitli Lepidopter'lerde bulunmuştur. Eklosion hormonun aktivitesi ergin öncesi pupada beyin ve korpora kardiaka ile sınırlanmış olup, abdominal hareketler, ekdisial davranış, kanat yayılması ve aynı zamanda bursikon'un salgılanması gibi çeşitli olayları başlatır.



Şekil 97. Metamorfozun hormonal kontrolü (Curtis'ten).

Diyapoz

Uygun çevresel koşullarda böceklerin çoğunda gelişme herhangi bir kesintiye uğramadan devam eder ve uygun olmayan şartlarda (örneğin düşük sıcaklık) geçici olarak durur. Ancak şartlar normalleştiğinde hemen gelişme devam eder. Diğer taraftan çoğu böcek belli koşullar altında da diyapoz durumuna geçer. Diyapoz esnasında dış çevresel koşullar normale dönse bile gelişme durur. Diyapoz, sadece büyümede birkaç haftalık gecikmeden ibaret olabilir veya gelişmenin birkaç yıl için kesintiye uğramasına neden olabilir. Her iki durumda da daha sonra hayat devresi normal olarak devam eder. Diyapoz, yaşamın belli bir safhasında meydana gelir. Bu safha türlere göre yumurtada olabilir, ergin olmayan safhadan birinde olabilir veya erginde olabilir.

Dış faktörlerin çoğu diyapozu başlatabilir. Bu faktörler, besin yetmezliği, kuraklık, aydınlık süresinde ve temperatürde değişiklik olabilir. Bu faktörler içinde en önemli olan gün uzunluğudur. Lepidopter'lerden *Diataraxia oleracea* ve *Acronycta rumicis* gibi bazı böceklerde günde 16 saatten fazla aydınlık olduğu takdirde pupal gelişme kesintiye uğramadan devam eder. Aydınlığın daha kısa olduğu periyotlarda ise pupa diyapoza girer. Buna karşın *Bombyx mori* (Lepidoptera)'de eğer yumurtalar veya genç larvalar kısa süreli aydınlığa (13 saat veya daha az) bırakılırsa meydana gelen bireyler diyapoza uğramış yumurtalar bırakan bireyler verir. Diyapoz esnasında metabolizmada dikkate değer derecede durgunluk görülür. Örneğin *Melanoplus* (Orthoptera)'un diyapoza uğramış yumurtaları normal oksijen gereksiniminin sadece dörtte birine sahiptir. Diyapoz doğal olarak veya deneysel olarak çeşitli faktörlerle bozulabilir. Bu faktörlerin en yaygın olanı düşük temperatürdür. Ancak mekanik incinmeler, aydınlatma süresince veya suyla olan ilişkilerinde değişiklik türlere göre diyapozun bozulmasında etkili olabilir. Postembriyonik diyapozun nedeni büyük bir olasılıkla büyüme hormonunun bulunmamasıdır. *Hylophora*'da diyapozun çok soğukta kırıldığı, soğğun beyini uyardığı, protorasik bezleri aktive eden bir madde ürettiği ve protorasik bezlerin de değişmeyi yeniden başlatmayı sağlayan bir salgıda bulunduğu gösterilmiştir. *Bombyx mori*'de dışının bıraktığı yumurtalarda, subözofageal ganglionunun neurosekresyon hücreleri diyapozu başlatır. Ekolojik olarak diyapoz uygun olmayan koşullarda yaşamaya olanak sağlar ve şartlar normale döndüğünde gelişme yeniden başlar.

Kuşkusuz ki diyapozun defalarca meydana gelişi büyük bir olasılıkla diyapozun farklı fizyolojik mekanizmalara bağlı olduğunu göstermektedir.

BÖCEK VE İNSAN İLİŞKİLERİ

İnsanoğlu ve böcekler arasındaki ilişki uygarlıktan oldukça önce başlamış ve günümüze değin kesintisiz devam etmiştir. Kuşkusuz ki insanlık varolduğu sürece devam edecektir. Bu ilişki hem insanın hem de bazı böceklerin sürekli olarak aynı zamanda aynı şeyleri istemelerinden kaynaklanmaktadır. Genelde insanoğlu kendini doğanın sahibi ve hakimi kabul ederse de aslında böcekler dünyanın asıl sahibi olmuşlar ve insanın meydana gelişinden çok önce gelişimlerini tamamlamışlardır. Bu nedenledir ki eğer böcekler ürünlerimizi istiyorlarsa, istedikleri zaman ürünlerimizi elde ederler. Eğer evcil hayvanlarımızın kanını arzu ediyorlarsa gözümüzün önünde hayvanlarımızın kanını emerler. Eğer bizimle birlikte yaşamayı seçmişlerse yaşamımızı sürdürdüğümüz evlerimizde onları tamamen kovup atamayız. Hatta can sıkıcı ve bulaşıcı saldırılardan bile kendimizi gereğince koruyamayız. Bizler böcekleri bütünüyle yok edemediğimiz gibi, yalnız bir tek böcek türünü bile tamamen yok etmek pek de mümkün olmamaktadır. Çünkü böcekler dünyayı ele geçirmek için insanoğlundan çok daha iyi donanmışlardır.

Böcekler ile insanlar arasındaki savaş devam etmektedir ve hiçbir taraf kesin zaferi kazandığı konusunda hak iddia edemez.

Böcekler tarafından yapılan zararların tümü, bizleri doğrudan ya da dolaylı olarak besinleri korumaya yöneltir. Genel olarak ürün kaybına neden olan faktörleri: İklim, iç hastalıklar, protist (Bakteri, virüs ve parazit mantarlar)'ler ve zararlı hayvan grupları olarak sıralayabiliriz. Hayvan grupları içinde en önemli olanları şüphesiz ki böceklerdir. Böceklerin besin olarak arzu ettiğini insanlar da arzu etmektedir ve böylece böcekler çoğunlukla insanların düşmanı olmaktadır. HOWARD'a göre : *İnsanlar ancak hastalık ve zararlılardan arta kalan ürünü elde ederler.* İstatistiklere göre böceklerin tarım ve ormancılıkta meydana getirdikleri zarar senede ortalama ürünün %10-20'sini oluşturmaktadır.

Böcekler ile insanlar arasında varolan ilişkilere göre böcekler, zararlı ve faydalı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bir de ne faydalı ne de zararlı olanlar vardır ki aslında bunlar çoğunluğu oluşturmaktadır.

ZARARLI BÖCEKLER – ZARAR OLUŞTURMA ŞEKİLLERİ

A- Böceklerin bitkilerde yaptıkları zararlar :

Böceklerin bitkilerde yaptıkları zarar şeklindeki faaliyetlerin %95'ini besin elde etmek, %5'ini ise yumurta koymak ve yuva yapmak gibi faaliyetler oluşturur.

1. Yemek suretiyle yapılan zararlar :

Bitkinin yaprak, odun, kök ve meyvelerini yemek suretiyle oluşturulur.

a- Yaprak, ibre ve sürgünleri yiyerek yapılan zararlar :

Özellikle larvalar, tırtıllar, yaprak böcekleri ve yaprak çekirgeleri bu grupta yer alır. Örneğin Çamkese böceği *Taumatopoea pityocampa* tırtılları, yaprak çekirgelerinden (Locustidae) *Isophia amblipennis* son senelerde Trakya, özellikle Çatalca ve Kırklareli dolaylarında baltalık meşe ve ağaçlandırma sahalarında büyük zarara neden olmuştur.

b- Odunu yemek suretiyle yapılan zararlar :

Özellikle kın kanatlılar, pul kanatlılar ve zar kanatlıların larva ve tırtılları örnek gösterilebilir. Kın kanatlılardan kabuk böcekleri (Ipidae) familyası türleri, zar kanatlılardan odun arıları (Uraceridae-Sirex) türleri, pul kanatlılardan Cossidae familyası türleri.

c- Kök yemek suretiyle yapılan zararlar :

Örnek olarak kın kanatlılar, yarım kanatlılar ve düz kanatlılar verilebilir. Mayıs böceği *Melolontha*, tel kurtları (Elateridae), *Gryllotalpa*.

d- Meyve ve tohumları yiyerek yapılan zararlar :

Kın kanatlı, pul kanatlı, zar kanatlı ve çift kanatlı bazı böcekler örnek verilebilir. Kın kanatlı fındık zararlısı hortumlu böcek *Curculio nutum*, ziraat tohum zararlısı Burchidae familyası, fasulye, bezelye, bakla, mercimek, nohut gibi baklagilleri hedef alır. Akdeniz meyve sineği *Ceratitis capitata* çeşitli meyvelere zarar verir.

2. Özsuyu emmek suretiyle yapılan zararlar :

Ağız organları sokucu emici olan böcekler bitkilerin çeşitli kısımlarındaki hücre özsuyunu emerek yaprak, ibre, taze sürgün ve meyvelerinde beyaz, kahverengi ve kırmızımsı küçük nokta ve benekler oluştururlar. Bunun yanında yaprak bükülmesine, deforme meyve oluşumuna hatta bitkinin pörsüyerek ölümüne neden olurlar. Örnek olarak bitki bitleri (Aphidoidae), *Eurygaster integriceps* (Süne) ve *Aelia rostrata* (Kımıl-ekin zararlısı) gösterilebilir.

3. Yumru ve Gal oluşturarak yapılan zararlar :

Özellikle çift kanatlılardan yumru sinekleri (Cecidomyiidae), pul kanatlılardan Sesiidae, zar kanatlılardan Cynipidae, kın kanatlılardan Cerambycidae ve yarım kanatlılardan Apididae örnek gösterilebilir. Dal, gövde ve yaprakta yumru ve gal oluştururlar.

4. Yumurta koyarak yapılan zararlar :

Böceklerin büyük çoğunluğu yumurta ile çoğalırlar ve yumurta bırakma yerleri olarak seçtikleri bitkilere çeşitli zararlar yaparlar. Örneğin kabuk böcekleri yumurta koymak için kambium tabakasında ve odun içinde galeriler açarlar. Hortumlu böceklerin bazıları yumurtalarını, yaprakları çeşitli şekillerde bükerek içine koyarlar.

5. Yuva yaparken oluşturdıkları zararlar :

Yaprak kesen arılar (Megachilidae), gül ve diğer bitki yapraklarını küresel ya da oval keserek; tropik bölgelerde yaşayan yaprak kesen karıncaların *Atta* türleri, bitkilerden milyonlarca yaprak keserek yuva yapmada ve yavrularına besin kaynağı oluşturan mantarı üretmede kullanırlar.

6. Bitkilere hastalık taşımak suretiyle yapılan zararlar :

Bugün hemen 200'den fazla hastalığın (bitki hastalığı) böcekler tarafından taşındığı bilmektedir. Bunların yaklaşık 150'si virüs, 25'i parazit mantar, 15 kadarı bakteri ve birkaçı da Protozoa grubuna dahildir. Virüs taşıyıcıları olarak bitki bitleri ve yaprak pireleri örnek olarak gösterilebilir.

B- Böceklerin insan ve hayvanlarda yaptıkları zararlar :

1. Rahatsızlık vererek :

Ses çıkararak; fena koku salgılayarak; çürüyüp kokuşarak; vücut üzerinde dolaşip deriyi ısırarak; göz, kulak, burun deliklerine girerek; meyveler, yiyecekler, tabak, kaşık, bıçak üzerine salgılarını ve dışkılarını bırakarak; hayvanların deri, kıl ya da tüyleri üzerine yumurta koyarak; kan emerek huzursuzluğa neden olurlar (Özellikle at ve geyiklerde).

2. Zehirli madde bırakarak :

Böcekler, sokarak, ısırarak, üzerlerinde zehirli kıllar taşıyarak dokunulduklarında ya da ezildiklerinde deriyi tahriş eden ya da yakan vücut sıvıları bırakarak ve zehirli maddeler enjekte ederek de zarar verirler. Diptera, Hemiptera, Anoplura ve Siphonaptera grubuna dahil böcekler ısırarak zarar verirler. Zehirli kılları bulunan Çamkese böceği tırtılları kaşıntıya hatta yaralara neden olur. Bazı Hymenopter'ler (*Vespa*) sokarak zarar verirler.

3. Parazit yaşayarak :

Böcekler vücut üzerinde dolaşarak sinir bozukluğuna neden olmaları, deriyi ısırarak ya da sokarak iltihap oluşturmaları, kan emmeleri, post ve tüylerin üzerine yumurta ve dışkı bırakarak kirlenmeye neden olmaları, kas içinde, göz, kulak, burun ya da ürogenital kanallar içinde tünel açarak mekanik zararlara ve enfeksiyonların ilerlemesine neden olmaları, mide veya barsakta tutunarak mekanik olarak besin geçişini engellemeleri, beslenme düzenini bozarak ülsera neden olmaları böceklerin parazitlik yoluyla yaptıkları zararlara örnek olarak verilebilir.

Zararlı böceklerin en tehlikelileri, insan ve hayvanlarda ekto ve endoparazit olarak yaşayanlardır. Örneğin bitler, konak üzerinde sürekli ektoparazit yaşar, At sineği *Gastrophilus intestinalis* yumurtasını konağa bırakır. Pireler erginleşince konağa gelirler. Koyun sineği *Hypoderma lineatum* büyük zarar verir. *Dermatobia hominis* insanlara zarar verir. Burgu böceği *Callitraga hominivarax* özellikle koyun, at, domuz ve insanlarda yara üzerine yumurta bırakır.

4. Hastalık taşıyarak :

Böcekler pisliklerden patojen mikroorganizmaları rasgele taşıyarak ve yiyeceklere bulaştırarak insan ve hayvanlarda hastalıklara neden olurlar. Pisliklerden ya da hastalıklı hayvanlardan aldıkları patojen mikroorganizmaları sağlıklı hayvanların göz, kulak ya da yaralı bir yerlerine bulaştırırlar. Böceğin integümentindeki ya da ezilmiş haldeki vücudu üzerinde bulunan patojenler ezilmiş ya da yaralanmış deri yoluyla ya da böceğin sokması yoluyla vücut içine girerler. Hastalık taşıma daha çok basit ve ilkel yaşam koşullarında ve bozuk şartlarda (savaş hali) görülür. İnsan biti *Pediculus humanis* tifüs salgını, Sıçan piresi *Xenopsylla cheopis* tarafından taşınan veba, Afrika uyku hastalığına neden olan *Trypanosoma gambiense*, 85 kadar *Anopheles* türü sıtma (Malarya) hastalığını yayarlar.

C- Böceklerin depo edilen ürünler ve diğer maddelerde yaptıkları zararlar :

Depolanmış besinler, giyim eşyaları, ilaç ve kimyasal maddeler, kitap, fotoğraf, inşaat ahşap kısımları, ahşap köprüler, telefon direkleri, hayvan ve bitki koleksiyonları böceklerin saldırısına uğrayan ve hasar gören depo edilmiş başlıca organik maddeleri oluştururlar.

a- Depo edilen besin maddelerine yapılan zararlar :

Örnek olarak kın kanatlılar ve pul kanatlılar verilebilir. Bu zarar ürünün %5-10'unu bulur bu da yaklaşık 200 milyon insanının beslenmesine karşılık bir zarardır (Özellikle hortumlu böceklerin zararı dikkate değerdir).

b- Odun ve odundan yapılan eşya, elbise vs.ye yapılan zararlar :

Örnek olarak Termit'ler verilebilir. Anabiidae (Coleoptera-Kın kanatlı) türleri de aynı tip zarar verirler. Yine kın kanatlılardan *Hylotrupes bajulus* (Mobilya kurdu) özellikle Akdeniz sahil kesiminde büyük hasar yapar. Thysanura takımına ait böcekler kitap, fotoğraf, duvar kağıdı vb.ni tahrip eder.

FAYDALI BÖCEKLER – FAYDA OLUŞTURMA ŞEKİLLERİ

Böcekler yaptıkları zararlar yanında birçok faydalı faaliyetlerde de bulunurlar. Faaliyetleriyle ekonomide değerlendirilebilecek bir madde veren ya da insanların ekonomik amaçlarının gerçekleşmesine hizmet eden böceklere **Faydalı Böcekler** denir.

Faydalı böcekler, faydalarına göre, direkt faydalı böcekler ve indirekt faydalı böcekler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

1. Böcekler ekonomik değeri olan maddeler meydana getirirler

a. Vücutları faydalı olan ve bazı faydalı maddeler içeren böcekler :

Erguvan ve koyu kırmızı renkler, Akdeniz kermes kalkanlı bitinden (koşnil), karmen kırmızısı boya *Dactylopius coccus* adlı bittten elde edilir. Bu boya ayrıca ruj imalinde, pastaları dekore etmekte, içecek ve kimyasal ilaçları boyamada kullanılır. Neuroptera takımının Sialidae familyasından olan böceklerden ise balık yemi olarak kullanılır.

b. Salgıları faydalı olan böcekler :

İpek, balmumu, şellak, manna (kudret helvası) böcek salgılarına örnek olarak verilebilir. Şellak; Hindistan ve Burma orman ağaçlarında yaşayan *Laccifer lacca* adlı kalkanlı bitin hipodermal bezinden salgılanır. Vernik ve cila imalinde, elektrik malzemesinin izolasyonunda kullanılır. Manna; bitki bitleri ve kalkanlı bitlerin dışkılarından elde edilir.

c. Böcekler, bitkilerde insanlar için faydalı gallerin oluşumunu sağlarlar :

Meşe ağaçlarında bulunan ve bileşiminde tanen bulunan mazılar *Cynios tinctoria* (Hymenoptera) tarafından oluşturulur. Deri eşya ve kürk yapımında hayvan derilerinin terbiyesinde, boyahanelerde kumaş boyamada kullanılır.

2. Böcekler bitkilerin döllemesine yardım ederler :

Çoğu bitkilerin döllemesinde bal arıları, kelebekler, zar kanatlılar ve çift kanatlıların önemli rolü vardır. Bal arılarının meyve ve tohum ıslahındaki önemleri, ürettikleri baldan daha değerlidir.

3. Böcekler bitkilerin yayılmasına hizmet ederler :

Bitki tohumları karıncalar tarafından yayılır. Özellikle gölge bitkileri söz konusudur.

4. Böcekler, zararlı böcekleri yiyerek ve parazitleyerek doğadaki dengenin devamını sağlarlar :

Thometopya pityocampa, *Acalla undulana* vb. örnek gösterilebilir.

5. Böcekler, toprağın fiziksel şartlarını düzenlerler ve verimliliği arttırırlar :

Havanın toprağa girişini ve kapiler suyun hareketini sağlarlar. Özellikle Collembol'ler. Böcek ölümleri ve gübreleri toprak için bir verimlilik kaynağıdır.

6. Böcekler, birçok hayvanın besin kaynağını oluştururlar :

Böcekler özellikle kuşlar için iyi bir besin kaynağıdır. Guguk kuşu başta gelir. Sığırcık, Turna, Karabaş, Arıkuşu, Bülbül, İspinoz, Çobanaldatan, Çavuşkuşu, Ağaçkakan, Baykuş, Leylek örnek verilebilir.

Memelilerden yaras, böcekçil fare, köstebek, kirpi, tilki, porsuk, sincap ve gelincik gibi hayvanlar böcek yerler. Yabani ve evcil domuzları da katabiliriz. Java'da Termitler, Arabistan ve Afrika'da Çekirgeler, Güney Amerika'da karınca gibi böcekler besin olarak alınırlar.

7. Böcekler, ölmüş organizmaların ayrışmasına neden olurlar :

Böceklerin önemli bir kısmı ölmüş hayvan ya da bitkilerle geçinir. Sonuçta organik maddeler normalden kısa bir sürede ortama karışmış olur. Bu nedenle hayvan leşiyle geçinen böcekler sağlık polisleridir. Bir kısım böcek te ölmüş bitkilerle geçinir. Kesim artıkları ormanda kabuk böcekleri, Teke böcekleri ve Hortumlu böceklerin yumurta bıraktıkları yerlerdir. Aynı zamanda organik maddeleri kısa zamanda ayrıştırırlar.

8. Böcekler yara ve berelerin tedavisinde kullanılırlar:

Mikropsuz ortamda yetiştirilen belirli bazı sineklerin kurtçukları, özellikle *Osteomyelitis* ile kontamine olmuş kemik yaralarının tedavisinde eşsiz bir değere sahiptir. Bal arılarının iğneleri romatizma ve arthrit gibi hastalıklara çare olmaktadır. Karınca asidi ve arı zehiri halen tıpta kullanılır.

9. Böcekler bilimsel çalışmalarda kullanılırlar :

Varyasyon çalışmaları, coğrafi dağılım, renk ve çevre ilişkisi gibi konular tamamen böcek çalışmalarıyla gelişmiştir. Partenogenez ve rejenerasyon prensipleri böcek fizyolojisi çalışmalarıyla açıklanmıştır. Böceklerin çok basit olan tropizma hareketleri analiz edilerek bunların gösterdikleri tepkiler aracılığıyla daha çok gelişmiş olan hayvanların davranış ve fizyolojileri aydınlatılmıştır. Sosyal böceklerin ekonomileri incelenerek buradan sosyoloji için önemli dersler elde edilmiştir. Ayrıca böcekler çok hızlı üremeleri, çok fazla çeşitlilik göstermeleri, kolay ve ucuz üretilmeleri nedeniyle genetik çalışmalar için de çok uygundurlar.

10. Böcekler süs ve eğlence eşyası olarak kullanılır :

Buprestidae ve Scarabaeidae II. Tarih öncesi çağa Mısır'da kutsal böcek olarak kabul edilmiş, ayrıca krallara isim olarak kullanılmıştır. Arı Mısır'da krallık simgesi olarak kullanılmış, ayrıca bizde bugün Arı Teknik Üniversite, karınca İktisat Fakültesinin amblemi olarak kullanılmaktadır.

Çinliler çekirgelerin seslerini dinlemek üzere kuşlar gibi kafesler de saklamışlardır.

Tüm bu bakımlardan böcekler, doğanın ve insan hayatının vazgeçilmez unsurlarıdır.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAÇ

KAYNAKLAR

AKTAÇ, N. (1981) : **Sosyal Böceklerde Kimyasal haberleşme. Doğa ve Bilim. No. 5, s. 10-15.**

BARTH Robert H. and ROBERT E. Brocheers, (1982) : **The invertebrate World. Sounders College Publishing, New York, s. 646.**

BEIER, M. (1969) : **Klassifikation, In. Helmcke, J.G., Starck D. and Wermuth, H. (eds), Handbuch der Zoologie, 4(1), Lfg. 9, 1-17.**

BLANEY Walter M. (1976) : **How Insects Live. Elsevier – Phaidon, New York, s. 160.**

DAVIES R.G. (1988) : **Outlines of Entomology (Seventh Edition). Chapman & Hall. 408pp.**

DEMİRİSOY, A. (1990) : **Yaşamın Temel Kuralları (Omurgasızlar/Böcekler). Cilt II, kısım 2, Hacettepe Üni. Yay., 936 s.**

ERDEM, R. ve H. ÇANAKÇIOĞLU, (1970) : **Orman Entomolojisi (Genel Bölüm). Fakülteler Matbaası, İstanbul.**

FLOREY, E. (1967) : **An Introduction to General and Comparative Animal Physiology. W.B. Sounders Company, s. 713.**

GILLOT, C. (1982) : **Entomology. Plenum Press. New York .729 pp.**

GULLAN P.J. &P.S.CRANSTON (1994) : **The Insects An outline of Entomology. Alden Press, Osney, Mead, Oxford. 491pp.**

HENNIG, W. (1969) : **Die Stammesgeschichte der Insekten, Kramer, Frankfurt a. M., s. 436.**

KANSU, Akif I. (1990) : **Genel Entomoloji. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. s. 357.**

LODOS, N. (1983) : **Türkiye Entomolojisi (Genel, Uygulamalı ve Faunistik). Cilt I, II, III. IV. Ege Üni. Ziraat Fak. Yay.**

MACKERRAS, I. M. (1970) : **The Insects of Australia, Melbourne Univ. Press, 1029.**

METCALF, C.L. and W.P. Flint, (1951) : **Destructive and useful Insects. Their Habits and Control. Mc Graw-Hill Book Company. Inc. New York pg. 1071.**

PICHARDS, O.W., K.G. Davies (1977) : **Imms General Textbook of Entomology (Tenth Edition). Volume I. Structure, Physiology and Development, Volume II. Classification and Biology.** Chapman and Hall. London, New York s. 418+1354.

ROSS, H.H. (1956) : **A textbook of Entomology.** John Wiley and Sons, Inc. New York, s. 519.

SAUTER, W. (1983) : **Systematische Entomologie. Systematik und Biologie der Insekten.** s. 156.

WEBER, H., H. Weidner, (1974) : **Grundriss der Insektenkunde.** Gustav Verlag. Stuttgart. s. 640.

WILSON, E., O. (1971) : **The Insect Societies.** Belknap Press of Harvard University, Cambridge. s. 548.