

7. SİNDİRİM SİSTEMİ

Sindirim sistemi, vücut boyunca devam eden, bir ucu ile ağız diğer ucu ile anüs arasında yer alan sindirim borusu (Şekil 7 - 1) ile ona bağlı dil, dişler, oral bezler, pankreas, karaciğer ve idrar kesesi gibi yardımcı organlardan ibarettir. Sindirim kanalının belli başlı alt bölümleri ağız boşluğu, yutak, yemek borusu, mide, ince ve kalın barsak' tır. Sindirim kanalı ve yardımcı organları sindirim sistemini oluştururlar. Sistemin görevi ağız ile alınan besinleri vücut tarafından emilime hazırlamaktır.

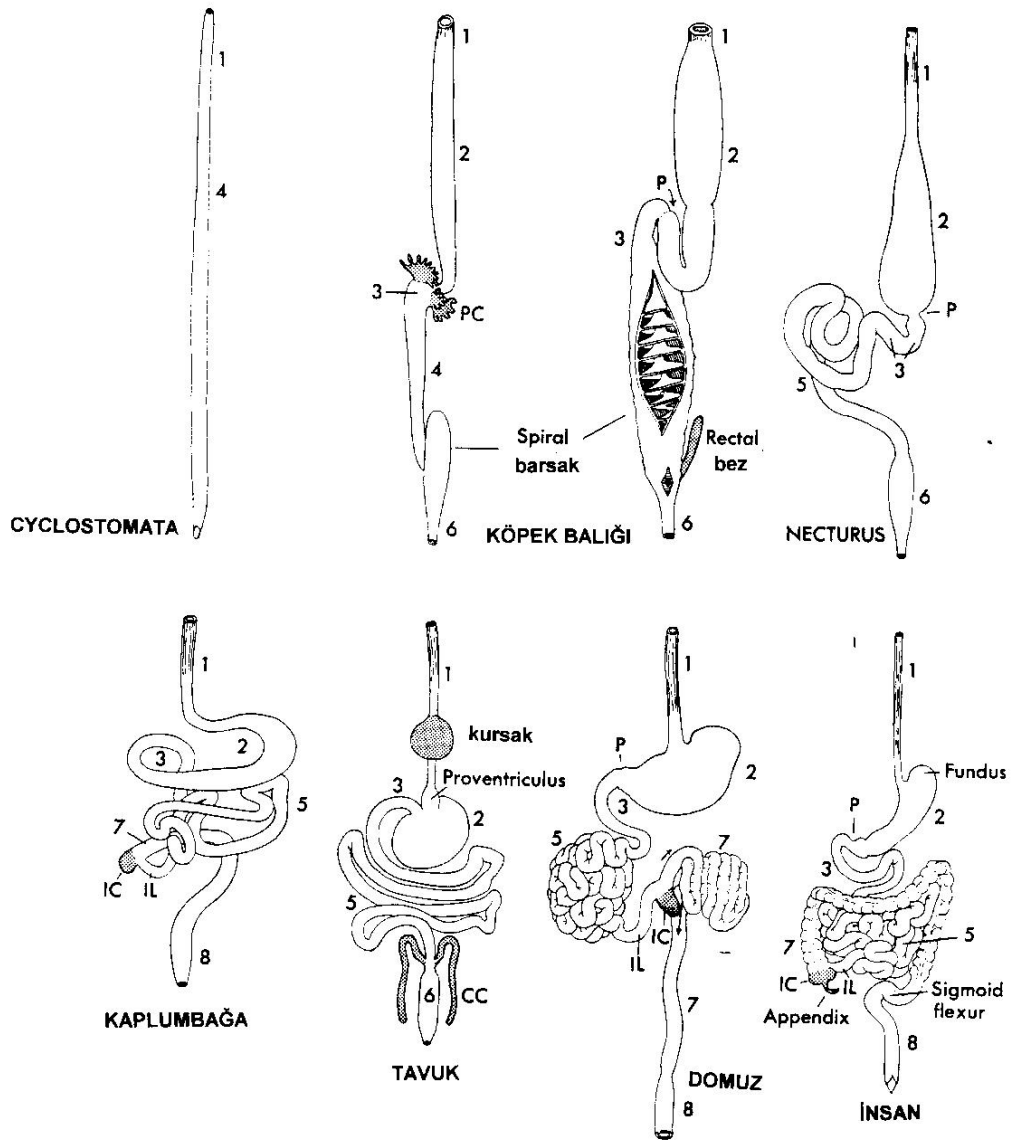
Sindirim, besinlerdeki kompleks organik moleküllerin, sindirim kanalında yer alan bezler ile karaciğer ve pankreas' taki enzimler aracılığıyla basit moleküller haline parçalanması olayıdır. Bu basit moleküller daha sonra kanal duvarları boyunca kana karışır. Sindirilemeyen besinler vücuttan anüs yoluyla atılırlar.

Sindirim sisteminin yapısı, omurgalı grupların evrimi esnasında 3 büyük değişiklik gösterir:

- 1- Boya bağlı değişim
- 2- Besinlere bağlı değişim
- 3- Aquatik yaşamdan karasal yaşama geçişle ilgili yapısal değişim.

Omurgalı hayvanlar boyca büyüdükçe, sindirim sistemlerinin çapı ve uzunluğu yanında, farklılaşan bölge sayısında da artış görülür. Bazı organizmalar sindirim yüzeylerini, kanal çapını genişleterek artırırlar. Bu artış genellikle boycadır. Böylece büyük bir omurgalının sindirim kanalı, küçük bir omurgalıya oranla daha uzun ve daha çok kıvrımlı olur. Sindirim sisteminde içten de çeşitli katlanmalar gelişebilir. Bu yapılar Spiral valv (kapak)'ler, Tiflosöl ve insan barsağındaki sirküler katlanmalardır. Ayrıca çoğu balıkta pylorik çekumlar ve çoğu reptil, kuş ve memelide kolik çekumlar gibi ilave keseler de gelişir.

Hayvanların büyük bir kısmı beslenmeleri bakımından ya karnivor ya da herbivor' durlar. Bitkisel besinleri hayvansal besinlere oranla daha fazla çiğnemeye gereksinimleri olduğu gibi sindirimleri de daha uzun sürer. Herbivor hayvanlar, çoğu memelide olduğu gibi öğütücü yüzeyli dişler ve kuşların kaslı kursakları gibi etkin öğütücü mekanizmalar geliştirmişlerdir. Besinlerin uzun süre sindirim kanalında kalması, barsağın uzun olması ile sağlanabilmektedir. Bu adaptasyon çok belirgin bir şekilde kuyruksuz kurbağalar tarafından gösterilir. Herbivor olan kurbağa tetarlarında barsak uzun ve katlı olduğu halde, karnivor olan erginlerde barsak daha kısa ve düzdür.



Şekil 7 - 1. Birkaç omurgalıda sindirim kanalı. 1, Özofagus; 2, mide; 3, duodenum; 4, barsak; 5, ince barsak; 6, kalın barsak; 7, kolon; 8, rektum; CC, kuşlarda çift çekumlar; IC, ileokolik çekum; IL, ilyum; P, pylorik sfinkter; PC, pylorik çekum. Tüm çekumlar gri olarak gösterilmiştir.

Omurgalı sindirim sistemindeki büyük evrimsel değişiklikler aquatik yaşamdan karasal yaşama geçişten kaynaklanmaktadır. Su dışında besinin alınıp sindirilme problemi, sudakinden oldukça farklıdır. Oral bezlerin ve belirgin bir dilin gelişimi gibi sindirim sistemindeki çeşitli değişiklikler problemin çözümüne yönelik olarak büyük evrimsel değişim göstermiştir.

Sindirim Sisteminin Gelişimi

Sindirim sistemi tüm omurgalılarda aynı yolla gelişir ve embriyonik olarak 3 temel kısımdan oluşur: Stomodeum, mesodeum ve proctodeum.

Stomodeum: Embriyonun ön tarafında bir çöküntü halinde oluşur ve mesodeum'dan oral levha veya oral plak aracılığıyla ayrılmıştır. Ektoderm orijinlidir ve iç yüzeyi ektodermal epitel ile döşelidir.

Mesodeum: Sindirim sisteminin en büyük kısmıdır. Endoderm orijinlidir ve iç yüzeyi endoderm epiteli ile döşelidir.

Proctodeum: Embriyonun arka tarafında bir çöküntü halinde oluşur ve mesodeum'dan anal plak veya anal levha ile ayrılmıştır. Ektodermal epitel ile döşelidir.

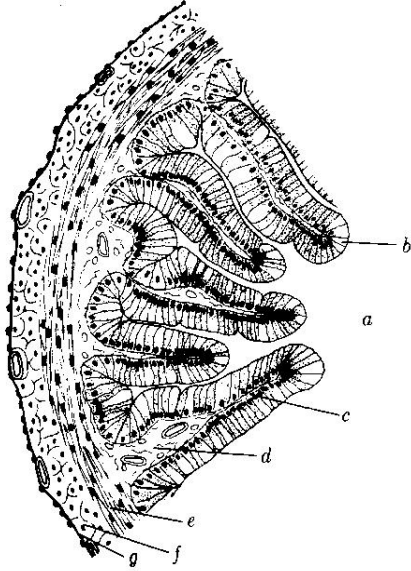
Embriyo gelişirken oral ve anal plaklar erir, böylece mesodeum, stomodeum ve proktodeum ile birleşir. Bu olay meydana gelince primitif barsak (archenteron), hakiki tüp şeklindeki sindirim borusu (enteron)'na dönüşür. Erginde stomodeum, proktodeum ve mesodeum arasında kesin bir sınır yoktur. Genel olarak stomodeum bölgesi hemen dişlerin arkasına kadar olan kısım (dişlerin bulunması halinde), proktodeum ise, kloak'ı bulunan hayvanlarda, ürogenital kanalların kloak'la birleşme yerine kadar içeri doğru uzanan kısımdır. Mideden kloaka kadar olan embriyonik barsak, gövdenin dorsal vücut duvarına dorsal mezenterlerle, ventral vücut duvarına da ventral mezenterlerle tutunmuştur. Dorsal mezenterin büyük bir kısmı yaşam boyu kalır. Fakat ventral mezenter tüm omurgalılarda iki yer dışında (karaciğerde falsiform ligament ve amniotlarda idrar kesesinin ventral mezenteri) kaybolur.

Sindirim Sisteminin Genel Yapısı

Sindirim kanalı, bir uçta ağızdan diğer uçta anüse kadar uzanan bir bütün halindedir. Epitel ile döşelidir. Sindirim kanalının duvarı bir takım tabakalar içerir, bunlar içten dışa doğru:

- 1- Sindirim boşluğunu çevreleyen en içte yüzey epitel tabakası (yüzey epiteli).
- 2- Bu tabakanın üzerine oturduğu yani yüzey epitel tabakasının altında ince bağ dokusu (lamina proplea).
- 3- Lamina proplea' yı çevreleyen ince düz kas tabakası (muscularis mucosa).
- 4- Muskularis mukosa dışında gevşek bağ dokusu tabakası (submucosa).
- 5- Submukosa'yı çevreleyen ve iki sıra halinde olan düz kas tabakası (içte halka kas sırası, dışta boyuna kas sırası).

6- En dışta barsağı çevreleyen visceral periton tabakası. Sindirim kanalının en dış tabakasını temsil eder. Bu dış tabaka sadece sindirim kanalı solum içinde uzandığında bulunur (Şekil 7 - 2).



Şekil 7 - 2. Mide duvarından enine kesit. a, Lümen; b, yüzey epiteli; c, lamina propra ve muskularis mukoza; d, submukoza; e, düz kas lifli halka tabaka; f, düz kas lifi boyuna tabaka; g, visseral periton.

Stomodeum'dan Oluşan Yapılar ve Karşılaştırmalı Anatomileri

Ağız ve ağızdan orijinlenen yapılar stomodeum'dan gelişirler.

Ağız:

Dar anlamda ağız sindirim kanalının anterior açıklığı olarak tanımlanabilir. Geniş anlamda ise oral boşluğa sinonim olarak kabul edilebilir. Ağız özellikle elasmobranş' larda ve mersin balıklarında ventralde ve başın uç kısmından oldukça geride yer almasına rağmen genel olarak terminal konumdadır. Sıklotomat'larda çeneler veya diğer kapama mekanizmaları bulunmadığı için ağız daima açıktır ve küçük papillalarla çevrili huni şeklindedir.

Papillalar tat tomurcuklarına benzer kemoreseptörler içerirler. Ağızı kapamaya yarayan gerçek anlamda dudak yoktur. Çeneli balıklarda ağızı kapatan nispeten yumuşak ve etsi dudaklar vardır.

Kurbağa tetarlarında ağız, küçük ve oval şekilli olup emici organ halindedir ve boynuzsu dudaklarla çevrilidir. Bir seri boynuzsu diş de içerir. Bu dişler bitkilerle beslenmeye yönelik bir adaptasyondur. Metamorfозla boynuzsu kısım dökülür, ağız geniş bir yarık şekline dönüşür ve kurbağalar karnivor hale gelirler.

Tüm reptil'lerde dudak bulunur, kaplumbağalarda dudaklar sert ve boynuzsu yapıdadır.

Kuşların da reptiller gibi sert boynuzsu dudakları vardır.

Memelilerin çoğunda ağızı çevreleyen etsi kaslı dudaklar vardır. Kaslı dudaklar ve yanaklar emme işlemi için bir adaptasyondur.

Ağız Boşluğu:

Ağız boşluğu, ağızla başlar yutakla sona erer. Ergin balıklarda çok kısadır ve çoğu zamanda bulunmaz. Tetrapod' larda daha uzundur. Memeli'lerde yanlarda kaslı yanaklarla çevrili olup emme ve çiğneme organı ile sonlanır. Tüm tetrapod'larda ağız

boşluğunun kaslı tabanı besini yutmada ve diyaframın bulunmadığı hallerde (amfibi ve reptiller) solunumda kullanılır. Primer veya segonder dil oral boşluğun bir kısmını işgal eder. Ağız boşluğunun tavanı damaktır. Eğer damak primitif (primer) damak ise, nasal geçit'in bulunması halinde, nasal geçit anteriörde ağız boşluğuna açılır. Amniotlarda segonder damağın oluşumuyla iç burun delikleri, oral boşluğun oldukça gerisine veya yutağa açılırlar. Memelilerin kemik olan segonder damağı, arkaya doğru membranımsı yapıdadır ve yumuşak damak olarak devam eder. Buradan uvula (küçük dil) laringeal farinkse doğru uzanır. Dişler çeneler üzerinde yer alır. Aşağı omurgalılarda ise çenelerle birlikte damak üzerinde de yer alırlar. Memelilerde **oral vestibül** adı verilen bir çukurluk veya boşluk vardır. Bu boşluk, diş etlerini yanaklardan ve dudaklardan ayırır. Kemiricilerin çoğunda vestibülden geriye doğru, başın yanlarındaki deri ve kasları altından büyük membransı **yanak keseleri** uzanır. Bu keseler tohum ve diğer besinlerin yuvaya taşınmasında kullanılır. Yanak keseleri ördek gagalı memelide ve bazı primatlarda da bulunur.

Dişler:

(İskelet sisteminde izah edilmiştir).

Dil:

Dilin epitel örtüsü stomodeumdan, kaslı yapısı ise myotomlardan (myotoma mezoderması) orijinlenmiştir.

Agnatha: Ağız boşluğunun tabanında kalın etsi, boynuzsu dişlerle donatılmış törpüleme organı halindedir. Myotomal kasları ile uzatıldığında bukkal huniye doğru uzanır. Yüksek omurgalıların dili ile homolog olmadığı varsayılmaktadır. Uzun bir lingual kıkırdakla desteklenmiştir.

Chondrichthyes ve Osteichthyes: Dil bu gruplarda ilkel sayılabilir. Ağız tabanında visseral yaylarla desteklenmiş yarım ay şeklinde veya köşeli, doku katlanması halindedir. Hafifçe ileri doğru çıkıntılı olabilir, fakat hareketli değildir. Chondrichthyes'de basit bir şekilde epitelle kaplıdır, fakat Osteichthyes'de diş taşıyabilir. Balıklarda zayıf gelişen bu hiyoid dil, primer dil'dir. Köşelerden alttaki hiyoid kıkırdakla tutunmuştur.

Amphibia: *Necturus* ve diğer Perennibranch'larda primer dil vardır. Amfibilerin çoğunda primer dile ek olarak hiyoid yayın anteriörüne doğru yutak tabanından **bezsi alan** uzanır. Kurbağa ve Semenderlerde dil, bu bezsi alan ile önde tutulmuş haldedir. Dilin posteriyör ucu ise serbest haldedir. Dilin ileri doğru uzaması

esas olarak sublingual lenf kesesine lenfin çabucak enjeksiyonu ile gerçekleşir. Birkaç kurbağa dilsizdir.

Amniota: Reptil ve memelilerin ikinci yayın katılımı ile oluşan primer dilleri vardır. Birinci yayın tabanında küçük median bir yükselti (**tuberculum impar**) gelişebilir. Burası aşağı omurgalıların bezsi sahası ile homolog olabilir. Ancak bu median alan memeli dilinin yapısına çok az katılır veya katılmaz. Bunun yerine I. yaydan gelişen bir çift **lateral lingual şişkinlik** dilin 2/3'ünü oluşturur. Buna ek olarak memelilerde III. yay II. yayın üzerine doğru gelişerek dilin yapısına katılır ve yüzeyle temasını keser. Sonuçta ergin memeli dili anteriördeki 2/3'lük kısmı ile I. yay endodermi ve posteriördeki 1/3'lük kısmı ile III. yay endodermi ile kaplıdır. Bu varsayım dilin anteriördeki 2/3'lük kısmının V. sinir ile (mandibular yay siniri), dilin posteriör kısmındaki 1/3'lük kısmının ise IX. sinir (3. yay siniri) ile donanmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Kuşlarda lateral lingual şişkinlikler gerilemiştir ve intrinsik dil kasları bulunmaz. Bunun yerine hipobrankial aygıtın entoglossal kemiği dile uzanır. Entoglossal kemik, kertenkelelerde de gelişir.

Kaplumbağalar, timsahlar, bazı kuşlar ve balinaların çoğunun dili oral boşluğun tabanında hareketsiz haldedir ve dışarı uzatılamaz. Yılanlarda, bazı kertenkelelerde ve bazı kuşlarda ise dil çok uzundur ve hem ağızın içine hem de dışına doğru çok hızlı bir şekilde hareket eder. Bu durum aynı zamanda böcekçil memeliler, polen ve nektar yiyen yarasalar için de söz konusudur ve bunlarda dil vücudun geri kalan kısmı kadar uzun olabilir. Ayrıca bazı kertenkele ve yılanların dilleri uçta çatallıdır.

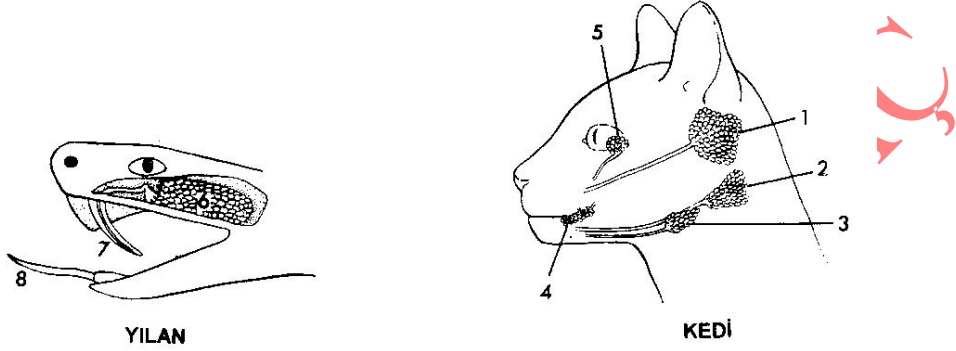
Memelilerin çoğunda dil ağız boşluğunun tabanına **frenulum** adı verilen bir ligament ile tutturulmuş haldedir. İnsan da bu ligament ileriye doğru normalin dışında uzamış ise bu insan "dili tutulmuş" haldedir. Amniotların çoğunda dilin yüzeyi kıl, pul, yumru şeklinde veya dikensi papillalar taşır. Tat tomurcukları mantar şeklindeki veya etrafları çevrili haldeki papillalarla temastadırlar. Kedinin dilinde dikenli mantar şeklinde yer alan papillalar vücut kıllarının düzeltilmesinde kullanılır.

Oral Bezler:

Besinlerini sudan elde eden balık, aquatik amfibi, aquatik kaplumbağa, kuş ve balinaların ağız boşluklarında çok hücreli bezler, çok az sayıda bulunmuştur. Bezlerin bu gruplarda az sayıda bulunması problem oluşturmaz çünkü bu grupların ağız boşlukları sürekli ıslak olduğundan, besinlerin yutulabilmesini kolaylaştırmak üzere kaygan hale getirecek herhangi bir salgıya gereksinimleri yoktur. Bu tür bir

salgı zaten su ile sürüklenip gidecektir. Aslında memelilerden daha aşağı omurgalı gruplarındaki oral bezlerin çoğu sindirim enzimleri içermezler.

Karasal omurgalılarda tek hücreli ve çok hücreli oral bezler, esas olarak mukus bezleridirler. Ağız boşluğunun tavanında, yan duvarlarında ve tabanında yayılmış haldedirler. Fakat salgıları memelilerden aşağı gruplarda fazla miktarda değildir. En büyük oral bezler yılanların zehir bezleri ile memelilerin bileşik tükürük bezleridir (Şekil 7-3).



Şekil 7 - 3. Bir reptil ve bir memelide oral bezler. Kuşların büyük oral bezleri yoktur. 1 - 5, parotid, submandibular, sublingual, molar ve infraorbital tükürük bezleri (sırasıyla); 6, çingiraklı yılanın zehir bezi; 7, zehir dişi; 8, dil.

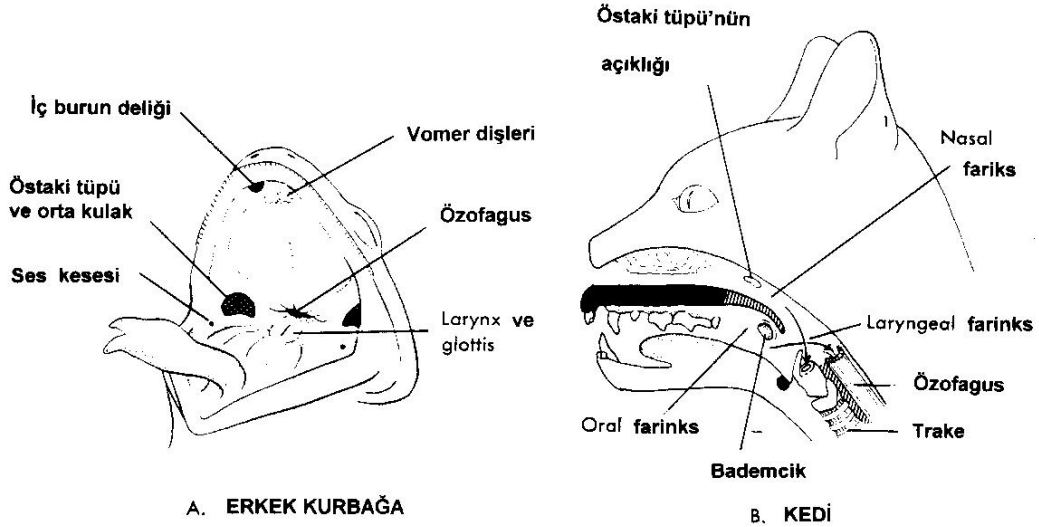
Oral bezler çoğunlukla bulundukları yere göre adlandırılırlar. **Labial** bezler dudakların kaidesine, **palatal** bezler damaklara açılırlar. **İntermaxillar (internasal)** bezler, premaxillar kemikler arasında uzanır. Kurbağalarda yaklaşık 25 küçük bez vardır. Herbiri yapışkan olan salgısını oral boşluğa kendi kanalı ile boşaltır. Sublingual bezler dilin altında yer alırlar.

Memelilerde sublingual bezler her zaman pityalin salgılamamakla beraber tükürük bezleri olarak sınıflandırılırlar. **Parotid** (par-otik, otik bölgenin yanında) en büyük tükürük bezidir. Kanalı, vestibüle üst molar dişlerden birinin karşısına açılır. **Submandibular** tükürük bezleri alt kesici dişlerin arkasındaki papillaya açılırlar. Tavşanlarda IV. tükürük bezi bulunur. Bu bez **infraorbital** olup orbit çukurunun arka tabanında yer alır. Kedilerde ise V. bez olarak **molar** bezler vardır. Alt dudağın derisi altında yer alırlar. Birkaç kanal yoluyla yanak mukozalarına açılırlar. Monotrematların tükürük bezleri yoktur. Tükürük birkaç bileşenden ibarettir. Bunlar musin (suda çözülebilen glukoproteinler), sulu bir sıvı ve nişastanın sindiriminde rol oynayan pityalindir. Tüm tükürük bezleri bu bileşenlerin tümünü salgılamaz. Tükürük esas olarak memelilere özgüdür. Ancak pityalin salgılayan bezler, bazı kurbağa ve kuşlarda bulunurlar.

Mesodeum'dan Oluşan Yapıların Karşılaştırmalı Anatomileri

Sindirim kanalının büyük bir kısmı mesodeal orijinlidir. Mesodeum'dan oluşan yapılar, farinks (yutak), özofagus (yemek borusu), mide ve barsaktır.

Yutak (farinks): Ağız mesodeum'dan gelişen ilk kısım olan yutağa açılır. Sindirimdeki fonksiyonu, ağız ve yemek borusu arasında geçit oluşturmaktır. Sindirim kanalının bir kısmı olup yutak keseleri adı verilen çift halde bir seri lateral çöküntü içerir. Bu keseler dışa açılacak şekilde delinebilir ve solungaç solunumu ile ilişkili geçici veya sürekli olan yutak yarıklarını oluşturabilirler. Yutak yarıklarının kapalı olduğu ergin omurgalılarda yutak özofagusun hemen önünde ön barsağın bir bölgesi olarak tanımlanır. Omurgalıların farklı gruplarında yutağın yapısında büyük değişiklikler vardır. Fakat bu değişiklikleri diğer sistemlerde, örneğin solunum ve endokrin sistemde incelemek daha uygun olacaktır.



Şekil 7 - 4. Amfibi ve Memelilerde oral boşluk ve yutak. Segonder damak sadece memelilerde var. Segonder damağın kemiksi kısmı siyah ve yumuşak damak enine çizgili gösterilmiştir. Çapraz oklar besin ve hava'nın geçiş yollarını göstermektedir.

Tetrapod yutaklarının en belirgin özelliği, **glottis** (larinks'e açılan yarık) ve östaki tüpleri açıklığı içermesi ile özofagusa olan açıklığıdır (Şekil 7 - 4A). Reptillerden başlamak üzere glottis'i kıkırdak bir kapak (**epiglottis**) örter. Besin yutulduğu zaman larinks, epiglottise karşı yukarı doğru çekilir ve glottis tıkanır. Böylece yabancı maddelerin solunum borusuna girmesi engellenmiş olur.

Memelilerin segonder damağı (Şekil 7 - 4B), ergin yutağını; **oral farinks** (yumuşak damağın ventrali), **nasal farinks** (östaki borusunun da açıldığı yumuşak damağın dorsali) ve **laryngeal farinks** (glottisi çevreleyen bölge)'e ayırır.

Nasal geçitten gelen hava akımları, besin yolunu laryngeal farinks bölgesinde çapraz olarak geçer. Bu durum "çapraz faringeal kiasma" olarak da adlandırılır.

Özofagus (yemek borusu) (Şekil 7 - 1): Yemek borusu, sindirim kanalının yutağı mide ile bağliyan kısmıdır.

Agnatha: Çenesiz balıklar, özofagus yapısında farklılık gösterirler. Myxinoid'lerde yutaktan itibaren basit tüpsü yapıda devam eder. Petromyzontia'da ise özelleşmiş bir yapıya sahiptir ve bu yapı diğer omurgalı gruplarla paralellik göstermez. Bu yapıda ağız boşluğundan posteriyör'e doğru iki tüp uzanır: 1 - Kör bir uçla sonlanan ve solunumla ilişkili olan ventral farinks, 2 - Sindirim kanalı ile posteriyör'e devam eden dorsal özofagus. Böylece Petromyzon'lar besini yutak yoluyla özofagus'a geçirmeyen tek omurgalı gruptur (besin, ağızdan doğrudan doğruya dorsal özofagus'a geçirilir).

Chondrichthyes ve Osteichthyes: Balıkların özofagus'u basit, kısa ve az çok düz bir tüp şeklinde olup mideyle bağlantısı pek hissedilmeyecek durumdadır. Özofagus duvarında şişme ve gerilmeyi sağlayan uzunlamasına katlanmalar yer alır.

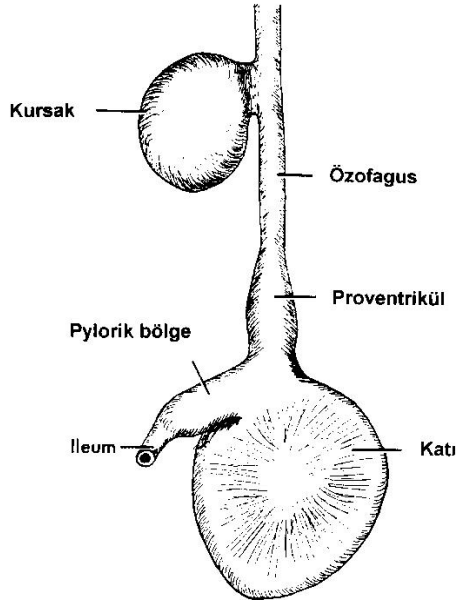
Amphibia: Amfibilerde özofagus kısa, düz bir tüp şeklinde olup sindirim kanalının az çok daralmış bir kısmı gibi görünür. Kurbağalarda özofagus'u astarlayan epitel hücreleri bir proenzim olan pepsinojen salgılar, ancak bu enzim mideye ulaşmadan önce aktive edilmez (midede HCl ile aktif hale geçer) .

Reptilia: Reptil özofagus'u, boyları ile paralel olarak bir dereceye kadar uzundur. Özellikle yılanlarda özofagus duvarlarındaki uzunlamasına katlanmalar besin yutulduğunda dikkate değer şekilde şişmeye olanak sağlar.

Deniz kaplumbağalarında özofagus yer yer boynuzsu çıkıntılar içerir ve bu çıkıntılar özellikle arkaya doğru papillalar halindedir. Bu papillalar, besin olarak alınan bitkilerin özofagus'da tutulmasını sağlarlar.

Aves: Kuşların özofagus'u uzamıştır ve birdenbire mide ile birleşir. Çoğu kuşta özofagus, deniz kaplumbağalarında olduğu gibi boynuzsu bir papilla ile döşelidir. Tohum tanesi yiyen kuşlar ve av kuşlarında özofagus'un ventral duvarından dışa doğru tek veya çift kese şeklinde özel bir yapı gelişir. Bu yapıya **kursak** denir (Şekil 7 - 5).

Besin yutulduktan sonra ilk kez kursakta depo edilir. Kursağın sindirim fonksiyonu yoktur fakat burada tutulan besin nemlendirilir ve tohum tanesi burada yuvarlaklaşmaya ve yumuşamaya başlar ve daha kolay bir şekilde sindirimi sağlar.



Şekil 7 - 5. Tohum tanesi yiyen kuşlarda kursak, özofagus ve mide.

Güvercinlerin erkek ve dişilerinde özel bir kursak yapısı vardır. Kursak duvarlarını astarlayan epitel hücreleri prolaktin hormonunun uyarısı sonucu yağlanıp dejenerasyona uğrarlar ve peynir benzeri bir madde “güvercin sütü” salgırlar. Bu madde genç yavrulara kusma yoluyla ergin hale gelinceye kadar ve kendi besinlerini kendileri temin edinceye kadar besleyici madde olarak verilir. Kursak bezlerinin aktivitesi hormonlar tarafından kontrol edilir.

Mammalia: Memeli özofagus'u genelde bir dereceye kadar uzamıştır ve

özofagus ile mide arasındaki sınır çok belirgindir. Diğer formlarda olduğu gibi memeli özofagus'unda genişlemeyi sağlamak üzere katlanmalar içerir (Şekil 48).

Mide

Mide, sindirim kanalının geniş kısmı olup, besinin geçici olarak depo edildiği kaslı bir oda veya bir seri odadan ibarettir. Çoğu omurgalıda sindirim enzimlerini üreten mide bezlerinin etkisi aracılığıyla sindirimi de sağlar. Katı besin maddelerini yarı likid hale getirerek, ince barsağa yani sindirim kanalında emilimin yapıldığı esas bölgeye enjekte eder.

Özofagus ve mide arasındaki sınır, kuştan daha aşağı olan omurgalı gruplarda belirgin değildir. Hatta kuşlarda ve memelilerde bile midenin bir kısmının veya tamamının mukozası, özofagusunkine benzer (Şekil 7 - 6). Mide pylorik sfinkter ile sonlanır.

Mide, embriyoda ilk kez geliştiğinde düz haldedir ve aşağı omurgalılarda yaşam boyu bu yapıda kalır. Çoğu kez de bükülmeler meydana gelerek J şeklinde veya U şeklinde mide oluşur (Şekil 7 - 1, 7 - 7) Sonuçta mide konkav bir kenar ile konveks bir kenar içerir.

Mide yüksek organizasyonlularda torsiyon da geçirir ve sonuçta gövdenin uzun eksenine karşı konumlanır. Memeli midesinin gelişmesi sırasında bükülme ve dönmeler belirgin hale gelmeye başlayınca midenin dorsal mezenteri (**mesogaster**) burulmağa başlar ve midenin konveks tarafına tutunur. Dorsal mezenterin, midenin

konveks tarafına tutunmuş kısmı **büyük omentum** adını alır ve sindirim kanalının barsak kısmından genellikle pylor bölgesiyle ayrılır.

Agnatha: Cyclostomat'ların gerçek bir midesi yoktur.

Chondrichthyes: Elasmobranch'ların midesi tipik olarak J harfi şeklinde olup, anterior veya kardiak bölgesi pilor bölgesinden büyüktür.

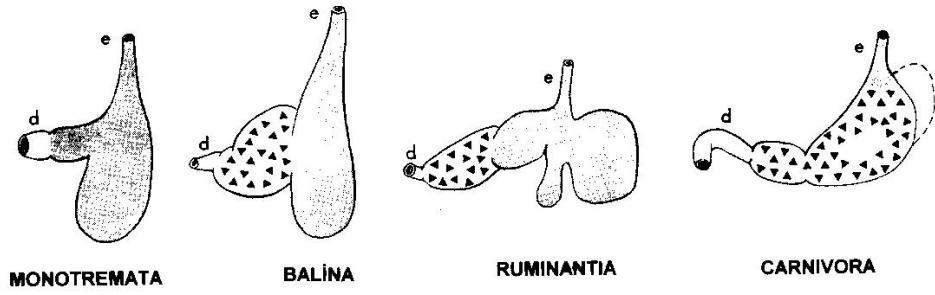
Osteichthyes: Çoğu kemikli balığın midesi Chondrichthyes'te olduğu gibi basit bir J harfi şeklindedir. Bir kısmında ise farklı şekillerde olabilir. Dipnoi (akciğerli balıklar)'de sindirim fonksiyonu olmayan, düz ve biraz genişlemiş tüp şeklindedir. Bazı kemikli balıklarda, örneğin *Polypterus*'ta mide kör bir kese halindedir. Bazı denizel kemikli balıkların midesi ise boynuzsu bir membranla döşelidir ve dikensi çıkıntılar içerebilir. Çoğu Teleost'da ise mide bulunmaz.

Amphibia: Amfibilerde midenin şekli çoğunlukla hayvanın vücut şekli ile ilişkilidir. Bazı Semenderlerde basit bir tüp şeklindedir. Midenin az da olsa sindirim fonksiyonu vardır. Tüm Tetrapod'larda Monotremat'lar hariç midenin bazı sindirim fonksiyonları vardır.

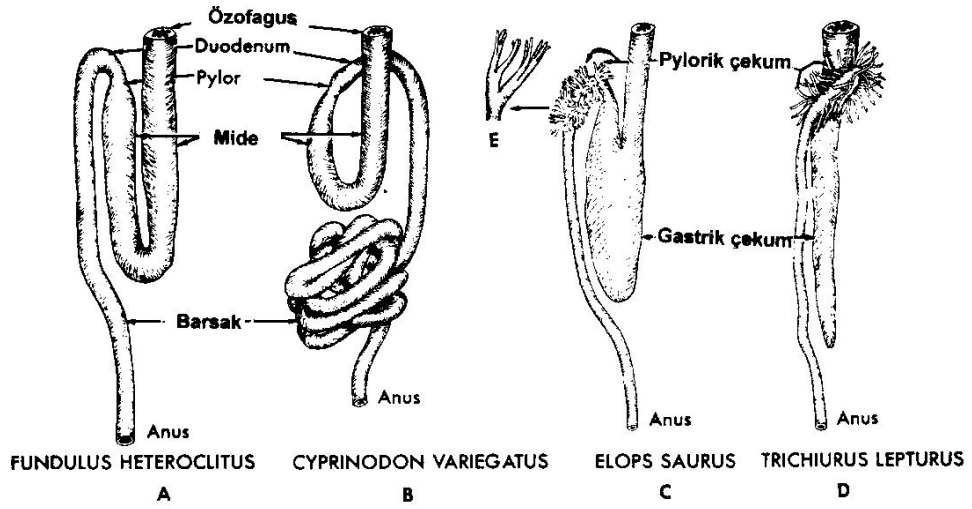
Reptilia: Çoğu reptil'de uzun ve ince vücutla paralel olarak, uzun ve mekik şeklinde bir mide vardır ve mide ile özofagus arasındaki sınır da belirgindir. Timsahlarda mide duvarı, kuşlarda olduğu gibi, kursak benzeri kaslı bir yapıya dönüşmüştür.

Aves: Kuşların midesi özelleşmiş bir yapı olup tipik olarak iki kısma ayrılır: 1- Özofagus'un devamı niteliğinde olup, sindirim salgıları salgılayan, genişlemiş bir proventrikulus (**bezli mide**). Besinler burada sindirim sıvıları ile karışır. 2- İleri derecede modifiye olmuş ve kaslı bir yapı kazanmış **katı** (Şekil 7 - 5). Katı, kalın kaslı bir şişkinlik halinde olup fibröz bağ dokusu ile güçlendirilmiştir. Boynuzsu membranla astarlanmış olup çoğunlukla küçük çakıl taşları içerir. Midenin posterior veya pylor bölgesini temsil eder. Besin burada öğütülür ve tohumlar kabuklarından ayrılır. Katı bölgesinin duvarında radier dizilmiş kas grupları ve özel bez hücreleri vardır. Bez hücrelerinin salgısı, katı duvarının iç yüzeyini sert bir örtü şeklinde sıvar. Katı, tohum tanesi yiyen kuşlarda çok iyi gelişmiştir. Bu hayvanlar besinleri ile birlikte küçük taşlar da yutar ve böylece taşlarla birlikte kaslar sert tohumları öğütür. Katı, aynı zamanda av kuşlarında ve böcek yiyen kuşlarda iyi gelişmiştir. Karnivor kuşlarda ise gelişimi zayıftır.

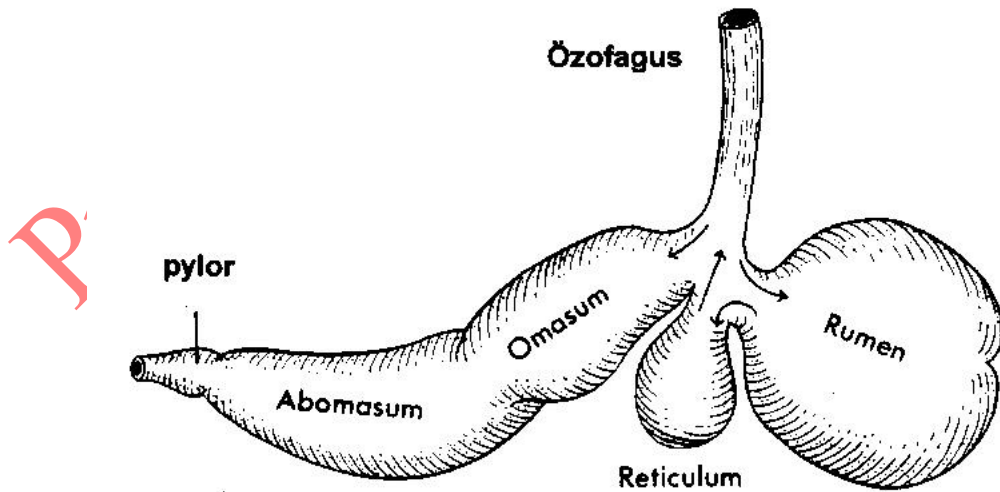
Mammalia: Memeliler arasında mide mukozası tipik epitel bezler içermeyen yegane grup monotrematlar olup, bu grupta mide besinin depo edildiği kese şeklinde bir yapıdır. Diğer memeliler, mide yapısı bakımından büyük modifikasyonlar



Şekil 7 - 6. Bazı memelilerin midelerinde tipik gastrik bezlerin (üçgen şeklinde) ve özofagustakine benzer epitelin (gri renkli) dağılımı.



Şekil 7 - 7. A - D, Dört teleostun sindirim kanalı. E, Elops' ta pilorik çekumun büyütülmüş şekli.



Şekil 7 - 8. Geviş getiren memelilerin midesi. Oklar besinin izlediği yolu göstermektedir.

gösterir. Geviş getirenler ve balinalarda mide ancak son segmentte bez içerir. Memelilerin çoğunda midede histolojik olarak kardium, fundus ve pilor bölgeleri ayırdedilir .

Memeli midesinin özofagusa yakın olan bölgesi kardiak kısımdır. Pilorik sfinkter'in önünde yer alan bölge pilorik kısımdır. Midenin geri kalan kısmı (gövde) özellikle çok odacıklı olmadığı hallerde fundus kısmıdır. Bu kısımları tipik olarak histolojik bezler karakterize eder. Özofagusa yakın kardiak bezler, gövdede fundus bezleri, pilora yakın pilor bezleri yer alır.

Bazı memelilerde hatta insanda, pilorik bölgeyi kardiak bölgeden ayırt eden bir boğum vardır. Balinaların ve aquatik hippopotam'ların midesi odalara ayrılmıştır. Kan emen yarasa (*Desmodus*)'da pilorik bölgede beslenme anında kanın depo edildiği çekum benzeri bir kese vardır. Develerde, mide duvarında su hücreleri adı verilen kese şeklinde çıkıntılar uzanır. Metabolik suyun depo edilmesinde kullanılırlar.

Memeliler arasında en kompleks mide yapısına, geviş getirenler (*artiodactyla*) sahiptir. Bunlarda mide 4 ayrı odacığa ayrılır (Şekil 7 - 8):

- 1- Rumen (İşkembe).
- 2- Retikulum (Börkenek).
- 3- Omasum (Kırkbayır).
- 4- Abomasum (Şirden).

Ot veya tohum hafifçe çiğnendikten sonra yutulur ve midenin rumen (işkembe) bölgesine gelir. Burada bakterilerin etkisi ile ilk sindirim başlar. Besinler işkembeden börkeneğe (retikulum) geçer. Börkenek duvarında bir ağ sistemi şeklinde pürtükler ve bunların arasında çukurlar bulunur. Tüm iç yüzey bal peteği görünümündedir. Burada besin küçük topaklar haline getirilir, ağıza kusulur, yeniden çiğnenir ve çiğnendikten sonra tekrar yutulur. Bu kez besin midenin omasum (kırkbayır) bölgesine geçer. Burası kıvrımlı bir yapıdır. Kıvrımlar üstüste katlar halindedir. Sindirim enzimlerinin aktivitesi burada da devam eder. Sonuçta besinler abomasum (şirden)'a geçer. Burada çeşitli gastrik bezler yer alır ve boyuna kıvrımlar bulunur. Rumen, retikulum ve muhtemelen omasum, kuşların kursağı ile analog olarak özofagus'un özelleşmiş bir kısmı gibi dikkate alınabilir.

Barsak:

Sindirim kanalının mide ile kloak veya anüs arasında kalan bölgesidir. Sindirimin büyük bir kısmı ve emilimin tümü barsakta olur. Barsak esas olarak; uzun ve dar olan ince barsak ile kalın ve geniş olan kalın barsağa ayrılır.

Agnatha: Myxinoidea ve Petromyzontia'da düz bir barsak vardır. Posterör' e doğru hafifçe genişleyerek anüs'le sonlanan rektum'u yapar. Siklostomatlarda barsağın iç yüzeyi boyuna katlanmalarla (typhlosole) genişletilmiştir (Şekil 7 - 1)

Chondrichthyes: Kıkırdaklı balıklarda barsak çok hafif bir katlanma gösterir. İç yüzeyi genişletmede ve emilim yüzeyini arttırmadan fonksiyonel olan iyi gelişmiş spiral bir kapak (spiral valva) veya tiflosöl içerir. Spiral valv'ın bulunduğu kısım yüksek omurgalıların ince barsağına karşılıktır. Bazı Chondrichthyes'te sindirim sisteminin ve ürogenital kanalların boşaldığı ortak bir oda (kloak) vardır. Bir kısmında ise kloak bulunmaz, barsak anüs yoluyla dışarı açılır. Elasmobrans'larda sodium klorür salgılayan rektal bezler de bulunur.

Osteichthyes: Kemikli balıkların barsağı, kıkırdaklı balıklarınkine oranla daha çok katlanmalar ve kıvrılmalar gösterir. Dipnoi'lerde, *Lepidosteus* ve *Amia* (*Actinopterygii-Holostei*)'da iliokolik valva görülür. Bazı kemikli balıklarda bu valv'ın izlerine rastlanabilir. Bununla beraber çoğu teleost bu yapıdan yoksundur.

İnce barsak kalın barsakla devam eder. Çoğu balıkta kalın barsak düz ve kısadır. Posterör kısmı rektum olarak bilinir ve doğrudan doğruya anüs'e açılır. Birkaçında ise kalın barsak kloak'a açılır.

Çoğu balıkta pilor bölgesinin hemen arkasında barsaktan yanlara doğru pyloric çekum adı verilen kese şeklinde çıkıntılar uzanır. Bu çıkıntılar barsağın iç yüzeyini genişletirler. Sayıları değişkendir. Bazı balıklarda bir tek çekum bulunurken bazılarında örneğin uskumru'da bu sayı 200'e kadar varabilir (Şekil 7 - 7) .

Amphibia: Coecilidae'de barsak farklı kısımlara ayrılmamıştır ve çok az katlanma, kıvrılma gösterir. Çoğu kıvrılmalar semenderlerde, *Trachystomata*' da ve ençok da su ve kara kurbağalarında görülür. Semenderlerde, su ve kara kurbağalarında ince ve kalın barsak arasında belirgin bir boğum vardır. Bu boğum çoğunlukla ilekolik sfinkter aracılığıyla belirlenir. Kalın barsak düz ve kısadır, kloak'a açılır.

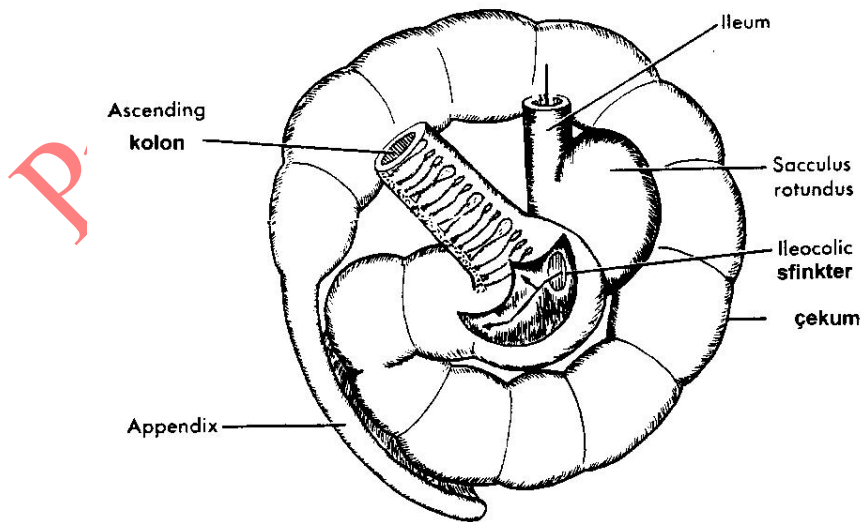
Reptilia: Reptillerin barsağı kurbağalarınkine benzer. İnce ve kalın barsağın birleşme yerinde ileokolik sfinkter yer alır. Bu bölgede ilk kez kalın barsaktan ayrılan kese şeklinde kolik çekum görülür. Kolik çekum timsahlar dışında tüm reptillerde görülür (Şekil 7 -1) . Kaplumbağalarda küçülmüştür veya bulunmaz.

Aves: Kuşlarda sindirim yüzeyinin artırılması barsağın uzaması ile mümkün olmuştur. Barsak oldukça uzundur ve çok belirgin kıvrılmalar yapar. İnce barsak ile kalın barsağın birleşme yerinde iliokolik sfinkter vardır. Kalın barsak nispeten kısa ve düzdür, kolon ve rektum'a ayrılır, kloak'la sonlanır. Çoğu kuşda ileokolik birleşme yerinde iki ileokolik çekum vardır, fakat papağanlarda, ağaçkakan'larda ve

güvercinlerde bulunmayabilir. Çekum büyük olabilir (ördek, kaz, hindi'de olduğu gibi). Devekuşunda iç yüzeyde spiral katlanmalar gösterir.

Mammalia: Barsak, memelilerde diğer omurgalılara oranla çok daha ayrıntılı gelişme gösterir. İnce barsak 3 kısma ayrılır: Duedonum, jejenum ve ileum. Duedonum kısadır, buraya safra kanalı veya bir-iki pankreatik kanal açılır. Duedonumun arkasında jejenum ve ileum yer alır. Bu bölgeler gerek mikrovilluslar gerekse bezlerin yapısı bakımından birbirlerinden ayırt edilirler. İnce barsağın tümü yüksek organizasyonlu omurgalılarda mikrovilluslar içerir. Geniş yaprak şeklinde ve çeşitli sayıdaki bu yapılar balıkların spiral kapaklarında olduğu gibi emilim yüzeyini arttırmırlar. Kasılıp gevşemeleriyle içlerindeki süt benzeri sıvının boşaltılmasını kolaylaştırırlar. (Bazen ileum'un aşağı kısmından göbeğe doğru kese şeklinde bir yapı uzanır. Bu yapı Meckel divertikulum'u olarak bilinir ve embriyonik vitellus sapının bir kısmını temsil eder. İnsan popülasyonunun %2'sinde bulunur ve 5cm. boydadır).

İnce ve kalın barsağın birleşme yerinde ileokolik sfinkter bulunur. Kalın barsak, kolon ve rektum'a ayrılır. Kolon ileokolik sfinkter ile başlar ve bir kısmı (transvers kolon) vücut boşluğunda daima transver olarak uzanır. Kolonun terminal kısmı (dessending kolon) uca doğru devam eder. Kolon bazı karnivorlarda olduğu gibi çeşitli katlanmalar içerir (Şekil 7 - 1). İnsanda dessending kolon sigmoid fleksür (sigma = S şeklinde) ile sonlanır. Rektum (rectus = düz) dessending kolondan geriye doğru düz olarak kloaka veya ergin rektumu yoksa anüse açılır. Memeli rektumu, kloakın bölünmesinden oluşur o nedenle, reptil ve kuş rektumu ile homolog değildir. Kolik çekum tüm memelilerde her zaman bulunur ve çok büyük olabilir. Bazen iki çekum gelişebilir.



Şekil 7 - 9. Tavşanda ileokolik bölge, çekum ve kör barsak.

Çekumlar bazan kalın barsağın boyunda ve kapasitesinde olabilirler. Selülozla beslenen hayvanlarda kıvrılmış haldedir (Şekil 7 - 9) ve selüloz sindiren bakteriler burada kommensal olarak yaşarlar. Çekumlar insektivör ve karnivorlarda bulunmayabilir. İnsan ve diğer primatlarda nispeten kısa ileokolik çekum vardır. Bazı memelilerde ileokolik çekumun çapı kapalı ucuna doğru birden bire küçülür ve vermiform appendix (kör barsağın solucanımsı uzantısı) adı verilen dar veya tıkanmış lümenli bir yapıya dönüşür. Bu durum özellikle maymunlarda, insanda, kemiricilerde ve tavşanlarda görülür.

Proctodeum'dan Oluşan Yapıların Karşılaştırmalı Anatomileri

Embriyonun proktodeum'u; kloak'ın esas kısmı ve bununla ilişkili yapıları oluşturur. Bunlardan bazıları, örneğin idrar kesesi boşaltım sisteminde söz konusu edilecektir. Kloak çoğu omurgalıda sindirim kanalının sonunda yer alan bir oda halindedir. Buraya kalın barsak ile boşaltım ve üreme kanalları açılır. Kloak ta dışarıya bir delik (vent) ile açılır. Siklostomat ve teleost'larda kloak embriyonik gelişme esnasında çok zayıf olarak gelişir ve pratik olarak erginde bulunmaz. Çoğu plasentalı memelide embriyonik kloak dorsal ve ventral bölümlere ayrılır. Dorsal bölüm rektum, ventral bölüm ise ürogenital sinüs olarak ayrılır. Bazı formlarda proktodeum'un ektodermal olan yüzeyinden kloak bezleri gelişir. Bu bezlerin salgıları korunmada ve eşlerin birbirini tanımasında kullanılır. (Kloak ürogenital sistemde de tartışılacaktır).

Sindirim sistemine bağlı yapılar

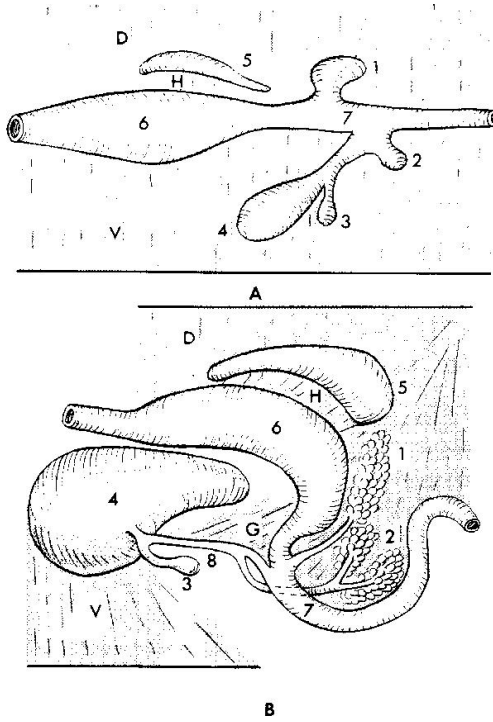
Yutak bölgesinden orijinlenen birçok yapıya ek olarak ilkel barsağın endodermal duvarından iki büyük sindirim organı gelişir: Bunlar Karaciğer ve Pankreas'tır.

Karaciğer:

- 1- Karaciğerin esas kısmını oluşturan anteriördeki **hepatik** kısım.
- 2- Karaciğerden salgılanan safranin depo edildiği safra kesesini oluşturan posteriördeki **sistik** kısım.

Omurgalılarda karaciğer ve safra kesesi gelişmekte olan midenin kaudal kısmına doğru önbarsağın ventral duvarından oyuk bir divertikulum (**karaciğer tomurcuğu**) olarak gelişir. Bu tomurcuk ince barsağın ventral mezenterine yayılır ve daha sonra da midenin ventral mezenterine doğru büyür. Tomurcuğun distal ucu gelişen karaciğerin çeşitli loplarnı oluşturur. Bu tomurcuklardan biri safra kesesi

olarak gelişir. Karaciğerin anteriör tarafı ise koroner ligament vasıtasıyla transvers septuma tutunur.



Şekil 7 - 10. Karaciğer, pankreas, dalak, mide ve ilgili mezenterlerin gelişimi. A, erken safhalar. 1, Dorsal pankreatik tomurcuk; 2, ventral pankreatik tomurcuk; 3, safra kesesi; 4, A'da karaciğer tomurcuğu ve B'de karaciğer; 5, dalak; 6, mide; 7, duodenum; 8, müşterek safra kanalı. D, Dorsal mezenter; G, küçük omentum; H, gastrosplenik ligament; V, ventral mezenter (B'de falsiform ligament olarak kalır).

Gelişme esnasında embriyonik ventral mezenterlerin çoğu kaybolur. Ancak karaciğer tomurcuğunun içinde yer aldığı ve duodenum ile midenin ventralinde yer alan mezenter **hepatoduodenal ligament** olarak duodenumu karaciğer ile **gastrohepatik ligament** olarak midenin pilorik ucunu karaciğer ile bağlantılı kılar. Bu iki ligament birbirinin devamı niteliğindedir ve **küçük omentum**'u oluştururlar. Omentum, safra kanalı, hepatik arter ve hepatik portal venin geçişi için bir köprü görevi yapar.

Karaciğerin şekli sölmadaki açıklık ile uygunluk gösterir. Gövdenin uzun olması halinde karaciğer de uzundur, kısa olduğunda ise geniş ve yassı haldedir. Farklı türlerde çeşitli loplara ayrılmıştır fakat genelde median ve lateral loplara ayrılır.

Karaciğer safra üretmeye yarıyan ve yoğun bir şekilde sürmekte olan sindirim ve emilime yardımcı olan bir sindirim organıdır. Diğer görevi ise homeostasis ile ilişkilidir ve uygun bir iç çevrenin oluşumuna yardımcı olmaktadır. Glikogenesis, glikogenolisis ve glikoneogenesis olayları ile kan şekeri düzeyini regüle eder. Besin olarak alınan aminoasitleri deamine eder (Amin grubundan NH_2 çıkarır). NH_2 de ürenin kaynağını oluşturur ve çeşitli kan proteinlerini üretir. Fetal karaciğer, kırmızı kan hücrelerinin önemli bir kaynağını oluşturur ve ergin karaciğeri hemoglobinin yıkılması ile oluşan ürünleri safra pigmentleri olarak sindirim kanalı yoluyla boşaltır.

Safra kesesi:

Karaciğer tomurcuklarından biri **safra kesesi** ve **sistik kanal** olmak üzere genişler. Safra kesesi Myxinid'ler dahil çoğu omurgalı grupta gelişmekle beraber Petromyzontia'da, çoğu kuşta, sıçanda, perissodaktıl'lerde ve balinalarda bulunmaz. Safra kesesi esas olarak sindirilmiş yağları emilsiyon haline getirmek için safra biriktirmektedir. Safra kesesi bulunmayanların besinlerinde az yağ bulunduğu için safra kesesinin farklılaşmasını başlatan genetik faktörlerin kaybı büyük sorun değildir. İnsanın safra kesesi çıkartılırsa uzun süre yaşayabilir. Ancak beslenirken yağdan uzak durması gerekir. Safra kesesi embriyonik olarak karaciğer tomurcuğundan orijinlendiği için karaciğer loplarından birine gömülü haldedir veya asılı halde durur ve safrayı müşterek safra kanalına boşaltır. Müşterek safra kanalının terminal segmentinin duvarının ventral duvarına gömülü olduğu yer **Vater kabarcığı** olarak adlandırılır.

Karaciğer ve safra kesesinin kanalları sırasıyla; hepatik kanal ve sistik kanal'dır. Çoğu hayvanda hepatik ve sistik kanallar birleşerek ortak safra kanalı **Ductus choledochus**'u yaparlar. Bu kanal salgıyı ince barsağın anterior kısmına boşaltır.

Pankreas:

Pankreas histolojik olarak oldukça belirgin ve fonksiyonel olarak ta birbirinden bağımsız iki kısımdan oluşur. Eksokrin olan kısmı pankreatik kanala pankreatik sıvıyı boşaltır. Endokrin (kanalsız) kısmı (pankreatik adacıklar), kana insülin ve glukagon içeren hormonları salgılar. Birkaç omurgalıda (Agnat'lar, bazı teleost'lar) , endokrin kitle eksokrin pankreası ayrı olmasına karşın diğer gruplarda endokrin kitle eksokrin hücreler arasında adacıklar halinde dağılmış olarak bulunurlar (Endokrin pankreas daha sonra tartışılacaktır).

Genellikle balıklarda ve aşağı tetrapod'larda pankreas dokusu mezenter içinde az çok yayılmış haldedir fakat Elasmobranch'larda, ileri organizasyonlu tetrapodlarda pankreas belirgin bir ventral lop (**gövde**) ve dorsal lop (**kuyruk**) tan ibarettir. Pankreasın mezenter içindeki bu ipliksi yayılımı dışında eksokrin pankreatik doku *Petromyzon* ve bazı Teleost'larda barsak epitel hücreleri arasında da gelişir. *Amphioxus*' ta pankreatik doku tanımlanmamıştır.

Tipik olarak pankreas karaciğer tomurcuğundan bir veya iki ventral çıkıntı halinde ve karaciğer tomurcuğuna yakın yerden, barsaktan bir çıkıntı halinde gelişir. Bu çıkıntı mezenter içinde dağılmış haldedir ve ventral lobu oluşturur (Şekil 7 - 10 B). Dorsal çıkıntı da dorsal lobu oluşturur (Köpek balıklarında pankreasın tamamı dorsal

tomurcuktan meydana gelir). Üç pankreatik tomurcuğun gelişmesi ise primitif koşuldur.

Omurgalılarda embriyonik pankreatik tomurcuk kadar pankreatik kanal vardır. Çoğu kez kanallardan biri veya daha fazlası barsakla ve safra kanalı ile olan bağlantısını kaybeder ve tüm gelişmiş pankreatik doku, salgısını geri kalan kanal veya kanallarla boşaltır. Memeliler bu özelliğin farklı şekillerini gösterirler. Koyun ve insanlarda dorsal pankreasın kanalı (**Santorini kanalı**) bağlantısını kaybeder ve pankreas salgısını müşterek safra kanalına boşaltır. Güvercinlerde ve inek, öküz gibi büyük baş hayvanlarda ventral pankreas, bağlantısını (**Wirsung kanalı**) kaybeder ve pankreas salgısını doğrudan doğruya duodenuma boşaltır. At, köpek ve kedi gibi memelilerde her iki kanal da hala vardır. Bu kanallardan biri daima daha büyüktür ve diğeri **yardımcı pankreatik kanal** olarak kabul edilir. Herhangi bir bireyde her iki kanal da fonksiyonel olarak kalırsa bu durum anomalidir. Pankreatik kanallar bazen Duktus koledokus'la birleşir.

Prof. Dr. M. Nihat AKTAC