

11. DOLAŞIM SİSTEMİ

Omurgalıların dolaşım sistemi, kalp, arterler, venler, kapillerler, kan (kan dolaşım sistemi) ile lenf kanalları ve lenf (lenf dolaşım sistemi) den ibarettir. Kan, solunum organlarında toplanan oksijeni, embriyonun ekstra embriyonik zarlarından ve ergin sindirim kanalından besinleri, endokrin dokulardan hormonları, yaşamın sürdürülmesi ve hastalıklara bağışıklık için gerekli maddeleri ve uygun boşaltım organları tarafından atılacak metabolizma atık ürünlerini taşır. Lenf kanalları kan tarafından alınmayan interstitial doku sıvılarını ve ince barsakta absorbe edilen emülsiyon halindeki yağı alır ve kan dolaşım sistemindeki bir ya da daha çok ven kanal sistemi ile sonlanır.

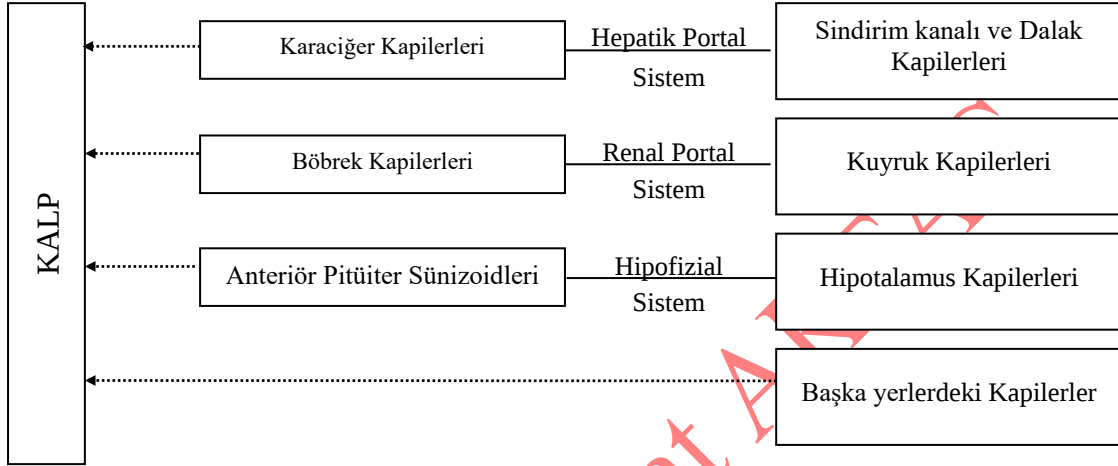
KAN DOLAŞIM SİSTEMİ

Arterler, kanı kalpten alıp götürürler. Kaslı, elastik ve fibröz duvarları kanın basınçlı geçişi esnasında gerilebilir ve aktif kasılma ve gevşeme ile de sinir impulslarına cevap verirler. Böylece arterler kan basıncının düzenlenmesine yardımcı olurlar ve kapiler yatakları ile sonlanırlar. **Venler**, oransal olarak arterlerden daha az elastik dokuya ve daha çok fibröz dokuya sahiptirler. Bu nedenle de daha az gerilebilme veya gevşeyebilme yeteneğine sahiptirler. Kanı kapiler yataklarından kalbe taşırlar. Tüm venler kalpte sonlanmalarına karşın portal venlerin kalbe dönüş yolları üzerinde kapiler yatakları vardır. Kapillerler sadece endotel içerirler. Endotel lümeni kırmızı kan hücrelerinin tek sıra halinde dizilebileceği genişliktedir. Arterioller küçük arterler ile kapillerler arasında bağlantı sağlarken venüller de küçük venler ile kapillerler arasında bağlantı sağlar. Arterlerin dalları vardır, portal venler hariç küçük venler daha büyük venlere akarlar. **Kalp**: Değişikliğe uğramış kan damarı olup duvarları çok kalındır. Kanın geri akışını önlemek üzere kalpte ve venlerde kapakçıklar vardır.

Solungaçlarla solunum yapan omurgalılarda kan kalpten, dış solunumun gerçekleştiği solungaçlara doğru pompalanır. Solungaçlardan da arterler yoluyla kapillerlere doğru, bütün vücut boyunca pompalanır. Kan nihayet kalbe venlerle döner. Kuyruk bölgesindeki kapillerlerden gelen kan tipik olarak **renal portal sistem** yoluyla kalbe dönmeden önce böbrek kapillerlerine geçer. Sindirim kanalı, pankreas ve dalaktan gelen kan, kalbe gitmeden önce **hepatik portal sistem** yoluyla karaciğer

kapillerlerine uğramak zorundadır. Hypotalamustan gelen kan kalbe ulaşmadan önce **hipofizeal portal sistem** yoluyla hipofiz bezinin pars distalis'ine uğramak zorundadır.

Portal sistem, bir ya da daha çok organın kapillerlerinden başlayan ve diğer bir organın kapillerleriyle sonlanan bir ven sistemidir (Şekil 11-1)



Şekil 11-1. Omurgalılarda temel portal sistemler. Renal portal sistem ergin Marsupial ve plasentalılarda bulunmaz. Çoğu Osteichthyes'te de hipofizial portal sistem henüz gösterilememiştir.

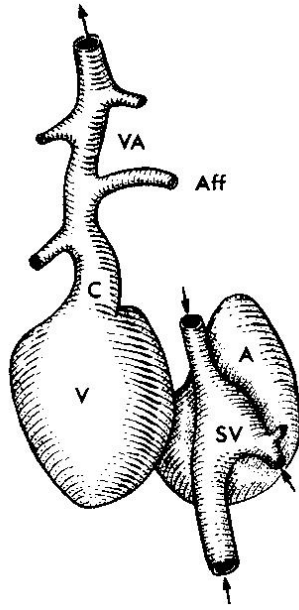
Tipik tetrapod'larda kan kalpten akciğerlere pulmonar arterler yoluyla pompalanır. Pulmanar venler ise oksijenlenmiş kanı kalbe geri gönderir. Karasal ortama iyi uyum sağlamış özellikle kuşlar ve memelilerde kan sistemik arterler yoluyla akciğerler dışında vücudun bütün kısımlarına pompalanır ve sonuçta portal sistemler dahil sistemik venler yoluyla kalbe döner. Ergin memelilerde renal portal sistem yoktur.

Kalp: Değişikliğe uğramış kan damarı olup arterler için karakteristik olan 3 tabaka içerir: İçte endotel ve elastik dokudan oluşan **endokardium**, arada özellikle ventrikular bölgede oldukça kalın kas tabakası (**myokardium**) ve yüzeyi visseral perikardium ile örtülü dışta fibröz tabaka (**epikardium**). Kalp, kas hücrelerine giren elektrolitlere yanıt oluşturması sonucu atar (çarpar). Kalbin çarpış veya atış ritmi refleks olarak otonomik sinir sistemi tarafından düzenlenir. Ancak bu duruma Myxinid'ler istisna oluşturur. Çünkü kasları donatan sinir lifleri yoktur.

Kalp, transvers septumun anterioründe sölomun bir alt bölümü olan perikardial boşluk içinde yer alır.

Kalp, tüm omurgalılarda temel bir yapısal plana sahiptir. En basit şekli Myxinid'lerde gösterilmiştir (Şekil 11 -2). Bu yapıda kalp dört oda halindedir: **Sinüs venosus, atrium, ventrikül** ve **konus arteriosus** ve kan bu sırayı izleyerek kalpten akar.

Balıklar: Köpek balıklarının kalbi birçok balık için tipiktir. Sinüs venosus ince duvarlıdır. Duvarları az kaslıdır ve daha çok fibröz doku içerir. Vücudun her



Şekil 11-2. Siklostomat (*Myxine gulitiosa*) da kalp - ventralden görünüş.

A. atrium, **Aff.** afferent brankial arter, **C.** konus arteriosus, **SV.** sinüs venosus, **V.** ventrikül, **VA.** ventral aorta. Oklar kanın akış yönünü göstermektedir.

tarafından dönen ve bütün venlerde akan kanı alır. Sinüs venosus az da olsa kasılabilme özelliği göstermesine karşın esas olarak bir depo görevi yapar. Buradaki kan sino-atrial delik yoluyla atriuma pompalanır. Sinüs venosusun kaudal duvarları transvers septumun anterior yüzeyine doğru gömülü halde bulunur.

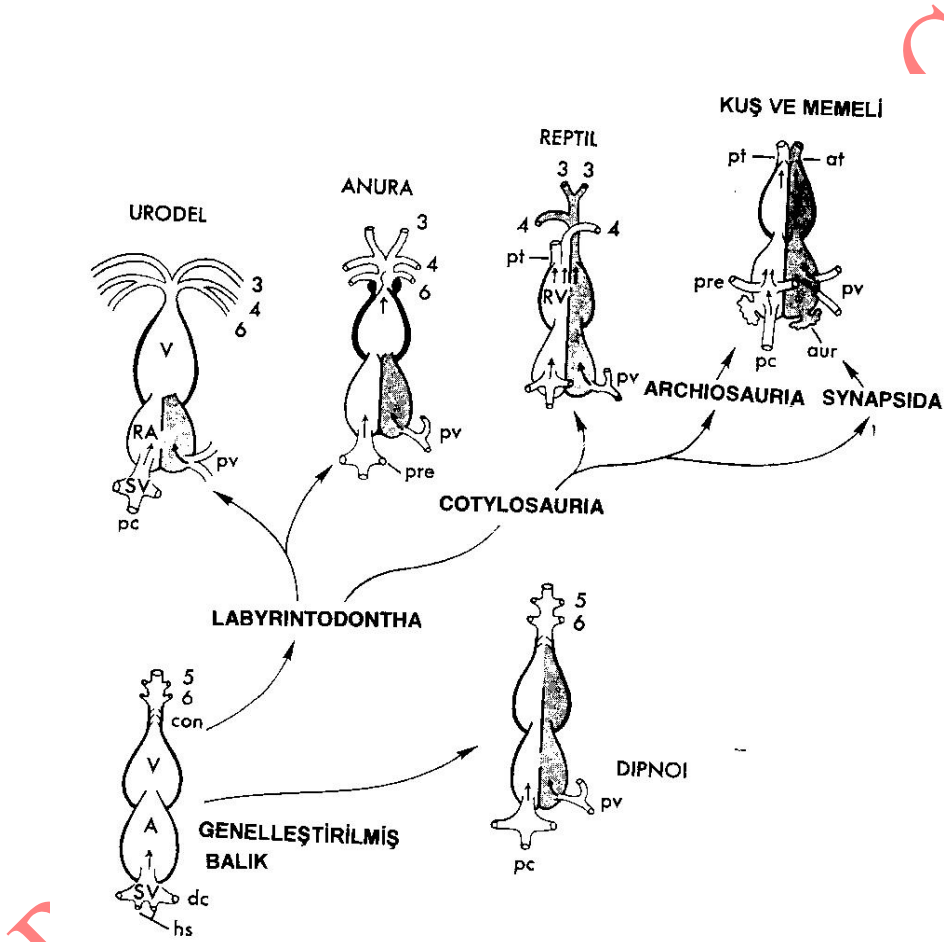
Atrium büyük ince duvarlı ve kaslı bir odacık halinde olup ventrikülün dorsalinde ve sinüs venosusun anterioründe yer alır. Kan atriumdan ventriküle kapakçıklarla desteklenmiş atrio-ventrikular delik vasıtasıyla dökülür.

Ventrikül'ün oldukça kalın bir kas tabakası vardır. Anterior ucu dar çaplı ve

kaslı bir tüp halinde uzamış olup konus arteriosus adını alır. Konus arteriosus ileriye, perikardial boşluğun sefalik ucuna doğru uzanır ve ventral aorta halinde devam eder.

Elasmobranş'larda konus'un astarından kanın geriye akışını önlemek üzere bir seri yarım ay şeklinde kapakçıklar gelişmiştir. Konus, kasılabilme ve elastiki olma özelliği ile hem kendine hem de solungaçlara doğru olan arterial basıncının sürekli sağlanmasına yardımcı olur. Kemikli balıklarda konus kısadır ve görevini ventral aortanın genişlemiş kısmı olan elastik **bulbus arteriosus** yerine getirir. Bulbus, ventrikül kasıldığı zaman bir balon gibi şişer.

Akciğerli balıklar ve Amfibiler: Akciğerli balıklar ve amfibilerde kalb, yukarıda tanımlanandan farklı olarak sadece iki özellik taşımaktadır: Bu farklar akciğerin gelişmesi ve akciğerlerden çıkan oksijenlenmiş kanın (temiz kan), başka bir yerden gelen oksijensiz kandan (kirli kan) ayrılmasının yani karışmasının önlenmesi ile ilişkilidir. Bir modifikasyon da atriumda meydana gelen kısmi veya tümünden bölünmedir ve böylece atrium sağ ve sol atrium olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 11-3, Dipnoi, Urodela, Anura).



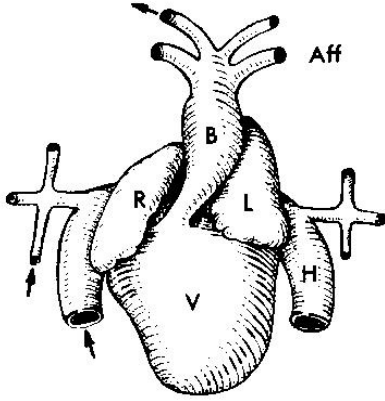
Şekil 11-3. Akciğerler tarafından daha ekonomik solunum yapabilmesi için kalpte meydana gelen ardışık modifikasyonlar.

A. atrium, RA. sağ atrium, V. ventrikül, RV. sağ ventrikül, SV. sinüs venosus, con. conus arteriosus, aur. memeli kalbi aurikülü, 3-6. üçüncüden altıncıya kadar olan aortik yaylar. Diğer damarlar: at. aortik kök, dc. müşterek kardinal ven, hs. hepatik sinüs, pc. postkava, pre. prekava (müşterek kardinal ven), pv. pulmonar venler, pt. pulmonal kök. Gri odacıklar esas olarak veya sadece temiz kan içerirler.

Anura'da ve bazı urodelerde bu bölünme tamdır. Pulmonar venler sol atriuma boşalır o nedenle bu bölmedeki kan oksijen bakımından zengin temiz kandır. Sinüs venosus ise sağ atriuma boşalır, dolayısıyla bu bölmedeki kanın oksijene gereksinimi vardır yani kirli kandır. Kısmi bölünme akciğerli balıkların ventrikülünde de meydana gelir. Akciğerin oluşması ile ilişkili olarak meydana gelen diğer modifikasyon; konus arteriosus'taki valvler (kapaklar) dır. Valvlerden biri **spiral valv'** dir. Bu valv, kirli kanın yönünü pulmonar damarlara, temiz kanın yönünü de diğer damarlara doğru döndürür.

İki atrium ventriküle aynı anda boşalmadığı için ve spiral valv fonksiyonel olduğu için, tek olan ventrikülde çok az kan karışımı meydana gelir. Konus veya turunkus arteriosus Anura'da belirgindir. Urodelerde sadece internal olarak ayırt edilebilirler çünkü semilunar valvler ventrikülden çıkışta yer alırlar. Urodelerde ise fonksiyon olarak konusun yerini alacak bulbus arteriosus vardır (Şekil 11-4).

Amniotlar: Amniotlarda iki atrium ve iki ventrikül vardır. İki ventrikül tam olarak sadece kuşlarda ve memelilerde ayrıdır. Ergin reptillerde aynı zamanda sinüs



Şekil 11-4. Necturus'ta kalp. Ventralden görünüş.

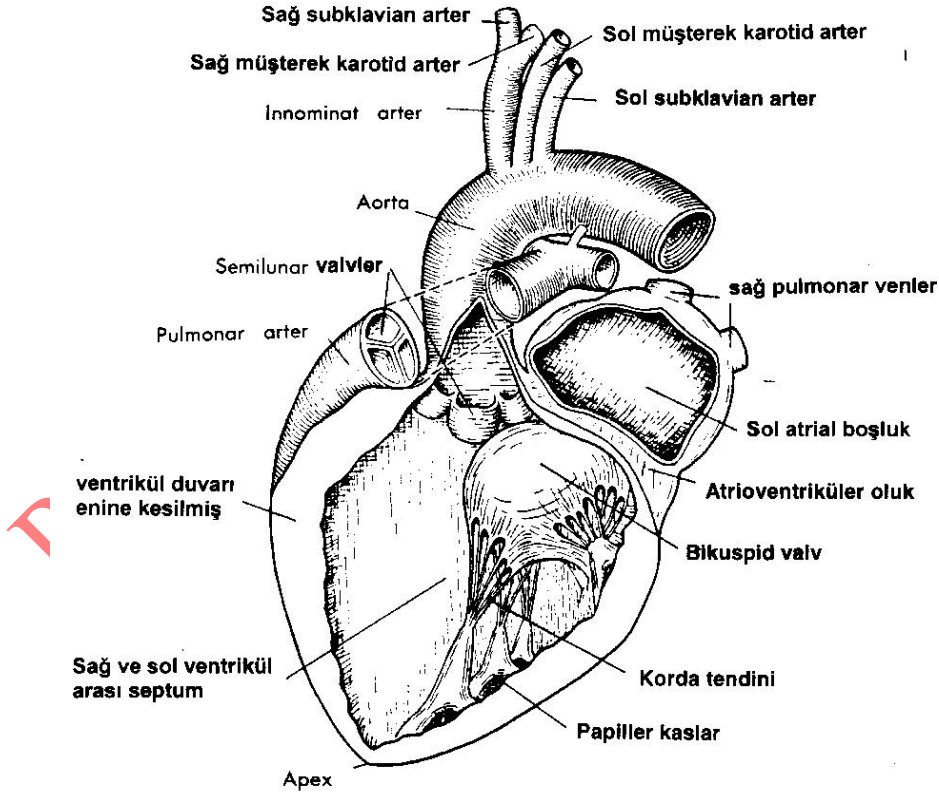
Aff. afferent brankial arter, **B.** bulbus arteriosus, (ventral aorta üzerinde şişkinlik halinde), **H.** hepatik sinüs, **L.** sol atrium, **R.** sağ atrium. Sinüs venosus ventrikülün (**V**) dorsalinde yer alır ve bu nedenle ventral den görülmemektedir. Oklar kanın akış yönünü göstermektedir.

venosus da bulunur. Sinüs venosus kaplumbağalarda olduğu gibi büyük veya timsahlarda olduğu gibi boyca küçük fakat belirgin bir şekilde internal olabilir. Kuşlar ve memeliler erken gelişmeleri esnasında sinüs venosus içerirler fakat sinüs venosus, açıldığı sağ atriumun büyümesine ayak uyduramayarak sonuçta atrium odacığının duvarları ile birleşir. Böylece sinüs venosusa açılan damarlar doğrudan doğruya sağ atriuma açılmış olur.

Ergin amniotlarda sağ ve sol atrium interatrial bölme ile tamamen ayrılmışlardır. Kuşkusuz ki embriyonik gelişme esnasında **interatrial foramen (foramen ovale)** yolu ile birbirleriyle temas halindedirler ancak doğum esnasında bu delik kapanır. Foramen ovalenin kaybolan yeri ergin kalbinde sağ atriumun orta duvarında bir basıklık (**fossa ovalis**) halinde kalır. Sağ atriuma, sinüs

venosus açılır (reptiller) veya öncelikle sinüs venosusa kan taşıyan venler açılır (kuşlar ve memeliler). Bunlara ek olarak koroner venlerden gelen kan da buraya dökülür. Sol atrium pulmonar venlerden gelen kanı alır.

Memelilerde her atrium, kulak şeklinde kapak içerir (**aurikül**) ve kapaklar da kör kese şeklindeki odaları örter. Amniotların ventrikülleri çift halledir. Bu durum, embriyonik ventrikülde interventrikular septumun gelişmesi sonucudur ve ventrikülü sağ ve sol olmak üzere iki odaya böler. Timsahlar dışındaki reptillerde interventrikular septum tamamlanmamıştır. Ventiküllerin iç duvarı birbiriyle anastomozlaşmış kas sütunları ve kas sıraları içerir (**kolumna karni** ve **trabekula karni**). Atriumlardan ventriküllere geçiş kapaklar vasıtasıyla olur (Şekil 11 - 5). Bu valvler kulak şeklinde ve fibröz yapıdadır (Timsahlarda ve kuşlarda sağda kas yapısında) ve tendonsu şeritler (**korda tendini**) ventrikül duvarlarından uzanan papillar kaslarla bağlantı oluştururlar.



Şekil 11-5. İnsan Kalbi. Sol atrium ve ventrikül açık gösterilmiştir. İnnominat arter aynı zamanda brankiosefalik olarak adlandırılır (Tuttle ve Schottelius'dan).

Ventrikül gevşediğinde (diastol), atriumdaki kan serbestçe valvleri geçerek ventriküllere gelir. Kasılma fazı esnasında ise (sistol) ventriküler basınç meydana gelir ve kulak şeklindeki valvler yukarı doğru atrioventrikular geçide itilirler ve böylece kanın atriuma geri dönüşü önlenir. Kapaklar reptillerde bir veya iki kanatlı veya uçludur. Memelilerin çoğunda sol valvin iki kanadı vardır (**bikuspid veya mitral valv**) sağ valvin ise üç kanadı vardır (**trikuspid valv**).

Büyük arterlerin ventrikülden çıkışını kontrol eden valv, **semilunar valv**'dir ve kanın ventriküle geri akışını önler. Semilunar valvler, balıkların konus arteriosusundaki benzer valvlerin kalıntısı olarak kabul edilebilir.

Kalbin morfogenezi:

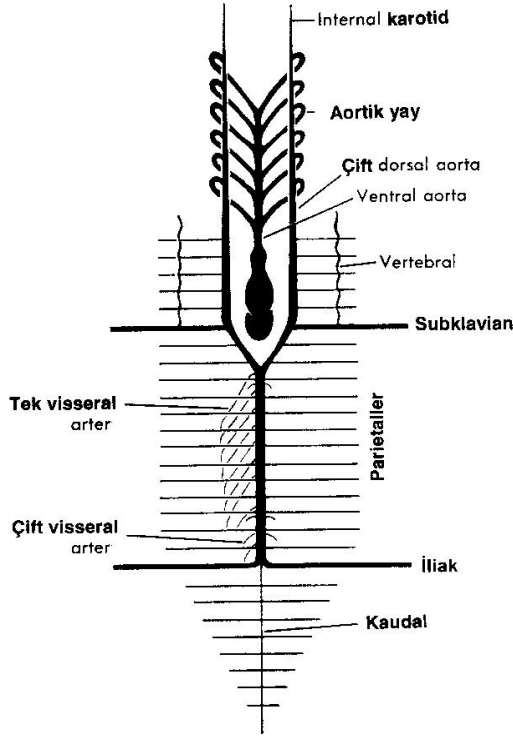
Aşağı organizasyonlu balıklarda ve amfibilerde kalp, orta ventral bölgede longitudinal bir kan damarı olarak gelişmeye başlar. Daha ileri gelişmede bu kan damarı U şeklinde kıvrılır ve böylece başlangıçta kaudal uçta yer alan atrium bölgesi dorsal pozisyona taşınmış olur. Teleostlarda ve amniotlarda da buna benzer şekilde, tek tüp şeklindeki safha geçirilir. Amniotlarda atriumların gelişmesi oldukça ön tarafa taşınmıştır ve sonuçta ventriküllerin ön tarafında yer alırlar. Embriyonik gelişim açısından muhtemelen kalp, kaslı ve çırpma özellikli duvarları ile primitif orta ventral longitudinal kan damarından gelişmiştir. Amfioxus'un ventral aortu, kalp bulunmadığı için (sadece sinüs venosus içerir) böyle bir damardır.

Arterler (Atar damar sistemi):

Atar damar sistemi çoğu organı temiz kan ile donatır ancak solunum organlarına kirli kan taşır. Tüm omurgalıların embriyolarında görülen temel yapısal planda (Şekil 11-6) 3 temel ana arter sistemi vardır:

1. **Ventral aorta:** Kalpten çıkar ileriye doğru yutağın altından devam eder.
2. **Dorsal aorta:** Anteriörde çatallanır ve yutak ile sindirim kanalının üstünden posteriöre, arka uca doğru gider.
3. **Aortik yaylar:** tipik olarak 6 çift olup ventral aortayı dorsal aorta ile bağlantılı kılar.

Bu temel arterlerin kolları omurgalı vücudunun bütün kısımlarını donatır. Bu temel embriyonik modelden daha sonra meydana gelen modifikasyonlar aortik



Şekil 11-6. Omurgalılarda arterial kanalların temel modeli.

yayların kendilerini solungaç solunumuna veya akciğer solunumuna adapte etmelerine bağlı olarak gelişir.

Ventral aorta ve aortik yaylar:

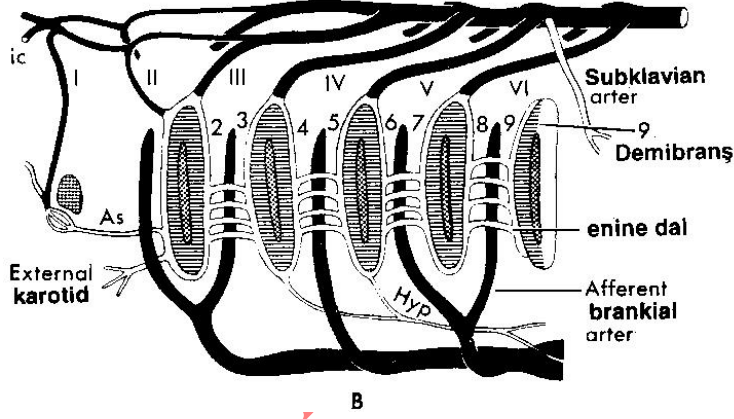
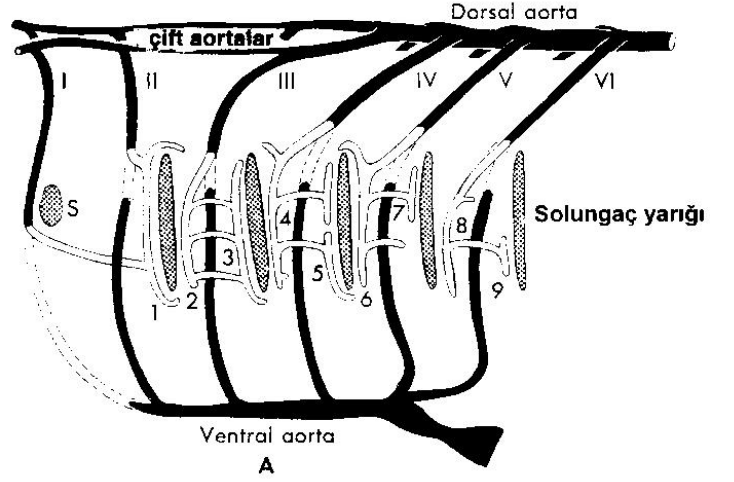
Bu damarlar balıklarda ve tetrapod'larda ayrı birer grup olarak tartışılacaktır.

Balıklar: Ventral aorta ve aorta yaylarının solungaçlarda yapılan solunuma uyumları geliştirmekte olan köpek balığında gösterilmiştir (Şekil 11 - 7).

Squalus'ta ventral aorta yutağın altından ileriye doğru uzanır ve geliştirmekte olan aorta yaylarıyla birleşir. Mandibular yaydaki aortik yay gelişen ilk yaydır. Bundan kısa bir aradan sonra diğer beş aortik yay gelişir. 6 aortik yay tamamen gelişmeden önce I. yay ventral aorta ile bağlantısını kaybeder ve bu

yayın dorsal kısmı **efferent pseudobranşial arter** olarak kalır. II. aortik yaydan ayrılan bir tomurcuk I. **pretrematik arter** olarak gelişir. III., IV., V. ve VI. yaydan ayrılan tomurcuklar da **posttrematik arter**'leri oluştururlar.

Embriyonik posttrematik arterler enine dallarla uca doğru büyüyerek son dört pretrematik arteri oluştururlar. Dokuz demibranşa aynı zamanda kapiler yatakları da gelişir. Aortik yaylardan her bir demibranşa ve oradan da solungaç filamentleri kapillerlerine giden afferent brankial arteriol vardır (Şekil 11 - 7'de gösterilmiştir). II.-VI.'ye kadar olan aortik yaylar bir uçlarıyla kapanırlar (Şekil 11 - 7A'daki kırık çizgiler sahası). Bu kapanma bölgesinin ventralinde yer alan segmentler afferent brankial arterleri oluştururlar. Dorsal segmentlerde efferent brankial arterleri oluştururlar. Birinci pretrematik arterden uzanan enine bir damar da afferent pseudobrankial arter halini alır (Şekil 11 - 7, As). Efferent brankial arterioller pretrematik ve posttrematik arterlerin kapillerlerini bağlantılı kılar. Çift haldeki dorsal aortalar ileriye doğru internal karotid arterler olarak uzanırlar.

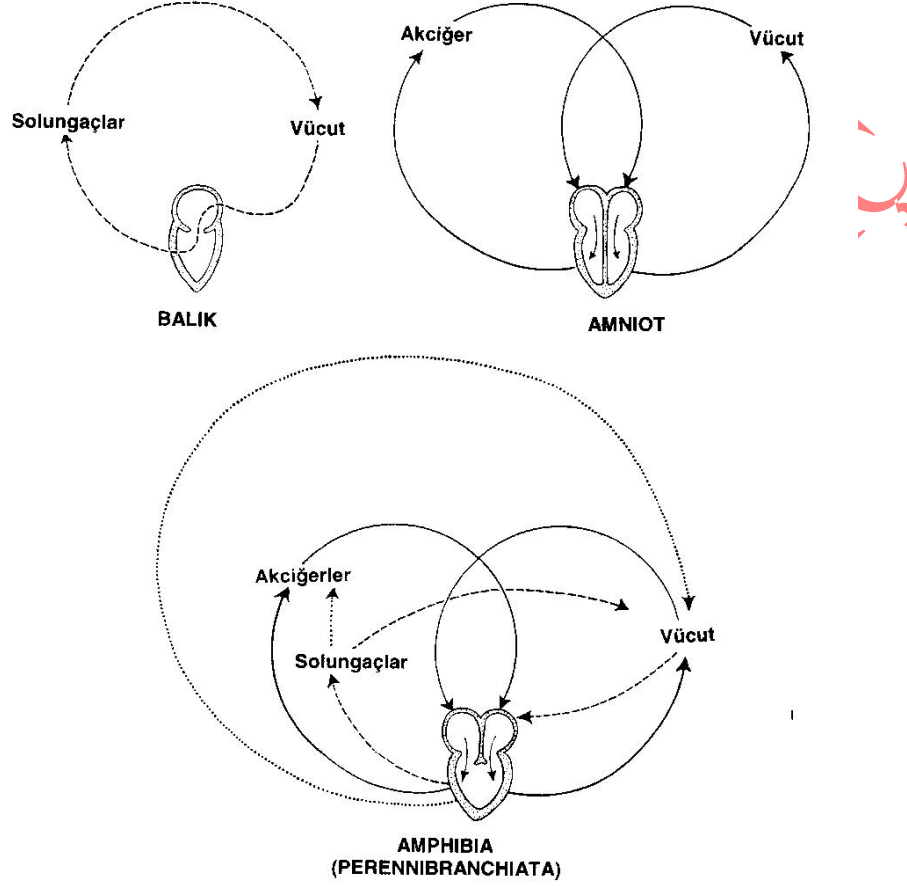


Şekil 11-7. *Squalus*'ta gelişme esnasında embriyonik aorta yaylarında (I-IV) meydana gelen değişiklikler.

A.'da aortik yayların tomurcukları (beyaz renkte) pretrematik ve posttrematik kollar ile ara dallar olarak gelişir. Kesik çizgiler aortik yayların kapanan bölümlerini göstermektedir. Afferent brankial arteriollere kanın akışı gösterilmemiştir. B.'de I. yay birinci efferent pseudobranchial arter olmuştur. II. hyoide ait efferent, III.-VI. diğer efferent brankial arterlerdir. **1,3,5,7 ve 9.** pretrematik arterler, **2,4,6,8.** posttrematik arterler, **As.** afferent pseudobranchial, **Hyp.** hipobranchial, **ic.** internal karotid, **S.** spirakulum.

Squalus'ta faringeal arter sisteminin bu şekilde oluşumu sonucu kan aortik yaylara ventral aorta yoluyla gelir solungaç kapillerlerinde dolaşır ve dorsal aortaya geçer. Aortik yaylar böylece sonumun cihazı olarak görev yaparlar ve kalpten çıkan kan vücuda dağılmadan önce solungaçlarda oksijenlendirilmiş olmaktadır (Şekil 11 – 8 balıklar).

Diğer balıklardaki benzer genel değişiklikler aortik yayların, solungaçlara kanı getiren ve solungaçlardan kanı götüren arterleri oluşturmalarıdır. Ergin balıklardaki afferent ve efferent arterlerin sayısı fonksiyonel olan solungaçların sayısına bağlıdır.

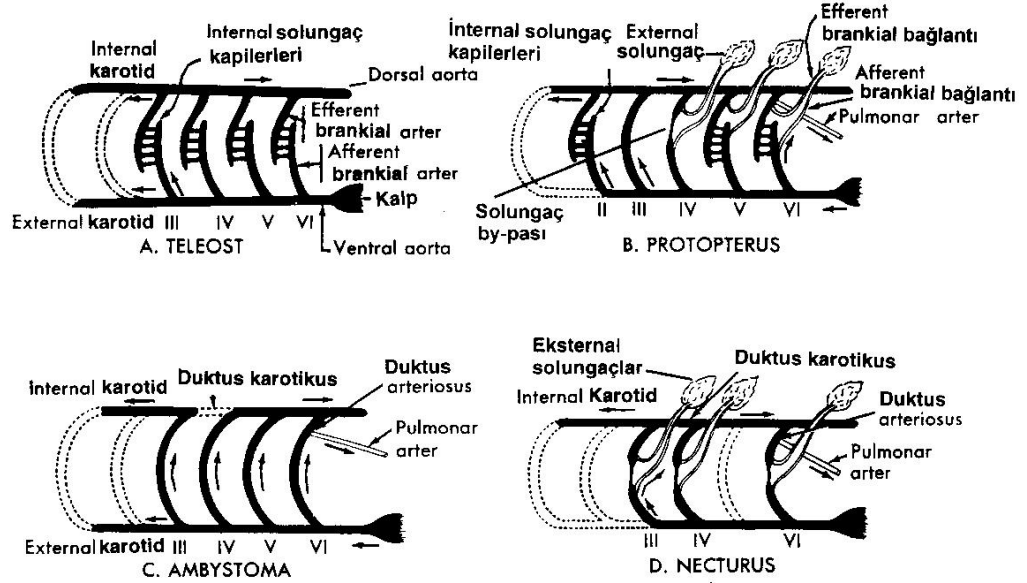


Şekil 11-8. Balıklarda ve perennibranş amfibiler (larval eksternal solungaçları kalıcı olanlar) de ve amniotlarda dolaşım yönü. Perennibranşlar balık tipi dolaşım (kesik çizgiler) ve amniot tip dolaşım (düz çizgiler) gösterirler. Alttağı şekildeki noktali çizgiler perennibranşlardaki uygun teorik dolaşım yönünü göstermektedir.

Teleostların çoğunda I. ve II. aortik yayların kaybolmaya doğru eğilimleri vardır. Dipnoi ve Polypterus'ta her bir yanda pulmonar arter 6. yayın efferent kolu halinde gelişir ve akciğere doğru uzanır. Protopterus'ta III. ve IV. embriyonik yaylar solungaç kapillerleri tarafından kesintiye uğratılmaz (Şekil 11-9).

Tetrapod'lar: Balıklarda olduğu gibi Tetrapod'larda da ventral aorta ve 6 embriyonik aortik yay vardır (Şekil 11-10). I. ve II. aortik yaylar geçicidir. Çoğu kez 6. yay farklılaşmadan önce kaybolur. Akciğerli balıklarda olduğu gibi 6. aortik yaydan

pulmonar arter gelişir. Birkaç kuyruklu amfibi dışında tetrapod'lar embriyonik yaşamları esnasında 5. aortik yaylarını kaybederler. Geriye kalan yaylar (III., IV. ve VI.)'ın solungaç solunumu yapan amfibi larvalarında bile solungaç kapillerleri tarafından tamamen kesintiye uğratılmaları çok enderdir.



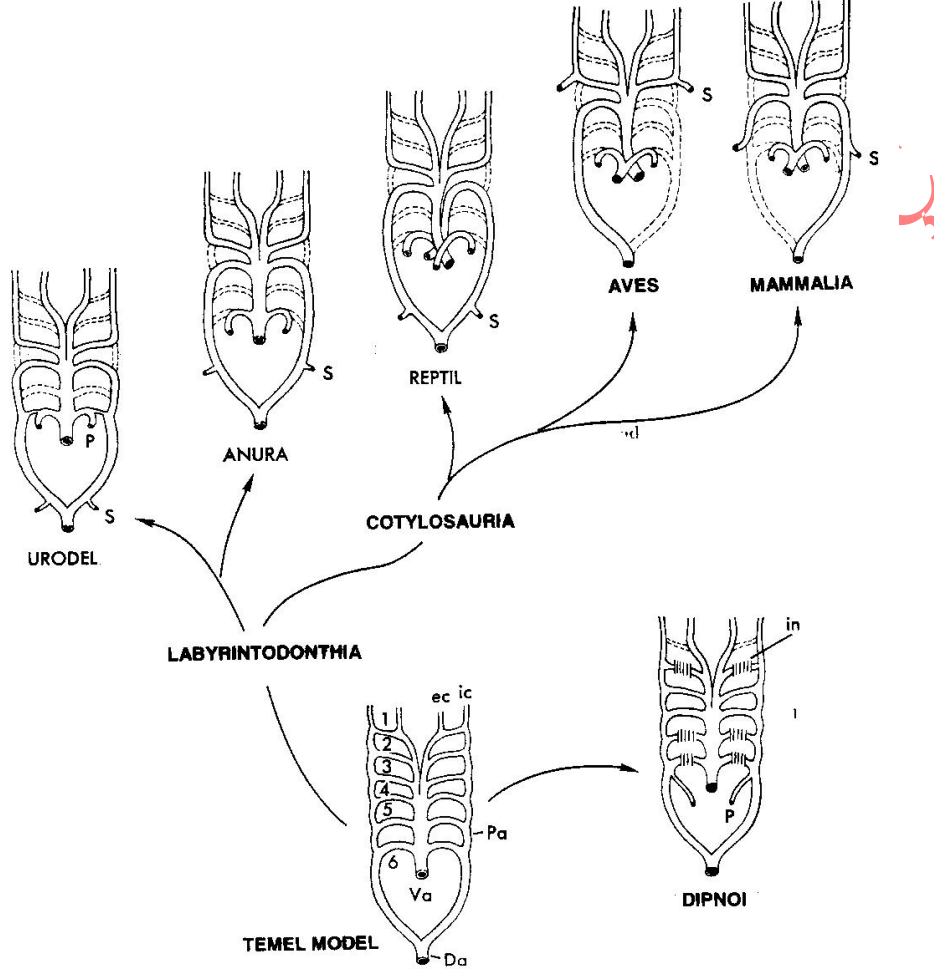
Şekil 11-9. İki kemikli balıkta ve iki urodelde aortik yayların sonu.

A. modern balık, B. akciğerli balık, C. terrestrial urodel, D. perennibrans urodel. II-VI. aortik yaylar. Kesik çizgiler embriyoya özgü damarları göstermektedirler.

Amfibilerde ventral aorta ve aortik yayların bilinmesi amniotlarda bu damarlarda oluşacak değişiklikleri anlamaya bir temel oluşturacaktır.

Kuyruklu amfibiler: Ventral aorta kalpten çıkar çıkmaz, aortik yaylara doğru uzanan ve **bulbus arteriosus** adı verilen kaslı bir şişkinliğe dönüşür (Şekil 11-4). Urodellerin bazı familyalarında (Ambystomatidae Şekil 11 – 9), Salamandridae ve Plethodontidae) de 4 aortik yay vardır. Fakat bu familyaların bazı türlerinde *Ambystoma*, *Notophthalmus* ve *Plethodon*) V. aorta yayı kısmen veya tamamen IV. yay ile birleşir. Birleşme derecesi aynı türe ait bireyler arasında bile değişkenlik gösterir. *Necturus*'ta (Şekil 11-9D), *Siren* ve *Amphiuma*'da V. aortik yay tam olarak gelişmez veya IV. yay ile kaynaşır ya da gelişme esnasında kaybolur. O nedenle bu formlarda tipik olarak sadece 3 ergin aorta yayı vardır. Bu yaylar III., IV. ve VI. yaylardır. Pulmonar arter VI. yaydan gelişir. Kuyruklu amfibiler 4 aortik yaydan 3

aortik yaya geçişe örnek oluştururlar. Urodellerin larvalarında ve hayatları boyunca suda kalan grupta (Perennibranchiata) da eksternal solungaçlar yaşam boyu kaldıkları için her solungaç yayının aortik kolu solungaçlara giden afferent brankial

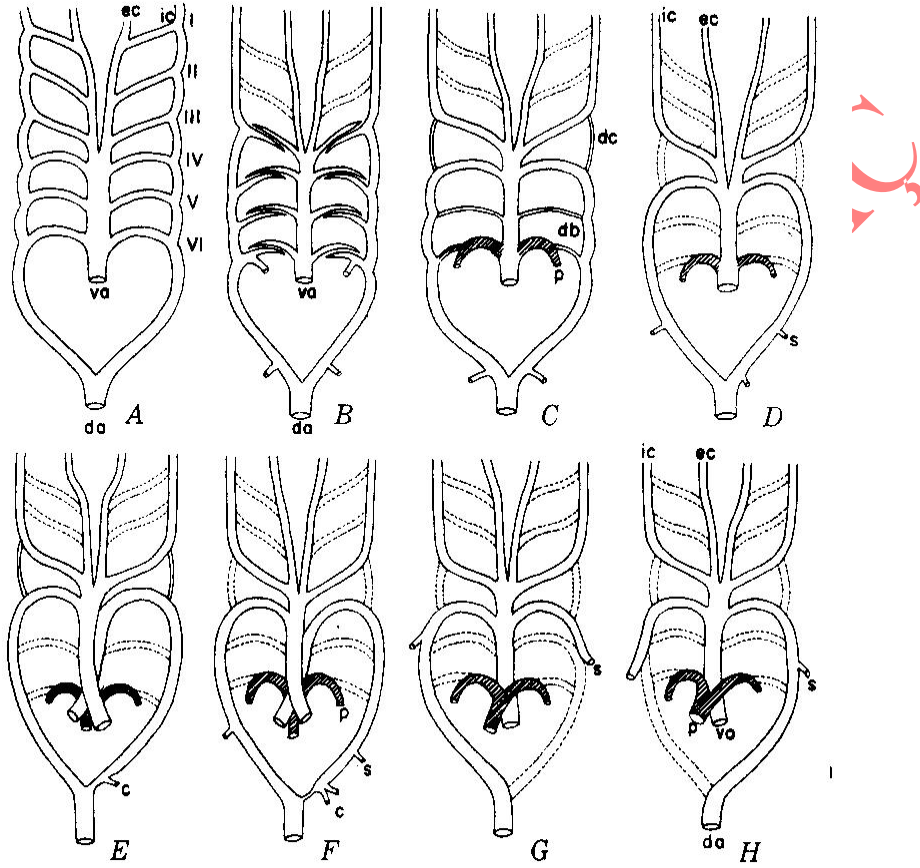


şekil 11-10. Bazı tipik omurgalıda temel aortik yaylardaki modifikasyonlar.

DA. dorsal aorta, **ec.** eksternal karotid, **ic.** internal karotid, **in.** solungaç kapillerleriyle kesintiye uğramış aortik yay, **P.** pulmonar arter, **Pa.** ift (dorsal) aorta, **S.** subklavian arter, **Va.** ventral aorta. (rakamlar, aorta yaylarını temsil etmektedir).

arteriollerini verir (şekil 11 - 9D). Solungaç kapillerlerinden de efferent brankial arterioller kanı aortik yaylara geri gönderir. Aortik yaydaki bu kısa bölüm solungaçlara by-pass gibi bir görev yapar. Kanın bir kısmı her zaman bu by-pass yolunu kullanır. *Necturus*'ta solungaçlar çok aktif olduğunda damarları genişlemeye başlar. Solungaçlar büyük, alı şeklinde ve kırmızı renktedirler. Aynı zamanda yutak

duvarından ileri doğru uzamış olup su içinde hafifçe ileri ve geriye doğru hareket ederler. Suyun oksijen bakımından fakir olması halinde bile solungaç damarları sıkışır ve solungaçlar büzülür. Böylece by-pass yoluyla daha çok kan geçer.



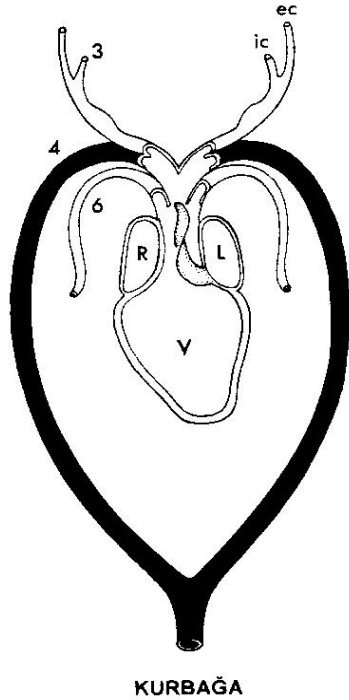
Şekil 11-11. Omurgalıların aortik yaylarındaki değişiklikler.

A. primitif durum, B. akciğerli balık, C. salamandra, D. kurbağa, E. yılan, F. kertenkele, G. kuş, H. memeli. **ec.** eksternal karotid, **ic.** internal karotid, **da.** dorsal aorta, **va.** ventral aorta, **dc.** duktus karotikus, **db.** duktus Bottali veya duktus arteriosus, **p.** pulmonal, **s.** subklavian, **c.** siliak (Kinsley).

Hem solungaçların hem de akciğerlerin bulunması halinde bile kanın bir kısmı ventral aortadan dorsal aortaya temizlenmeden geçer. O nedenle tamamen karışmamış temiz kan *Necturus*'ta efferent brankial arteriollerde veya pulmonar venler ile derinin yüzeysel venlerinde vardır. Semenderlerde, balıklarda olduğu gibi I. ve II. yay kaybolmuştur. III. yay ile dorsal aortanın önünde kalan kısmı, başa giden iç karotid arterleri, ventral aortanın ön kısmı, dış karotid arteri yapar. IV. yay ana

sistemik yay olup dorsal aortaya kan taşır. V. yay hala vardır fakat boyca küçülmüştür. VI. yay **pulmokutenos arter**'i verir. VI. yayın pulmokutenos arter ile aorta kökü arasında kalan kısmı duktus Botalli (duktus arteriosus) olarak bilinir. III. (veya karotid) ile IV. (veya sistemik) yay arasındaki aorta kökünün kalıntısı duktus karotikus semenderlerde görülebilir. Balık benzeri formlarda olduğu gibi aortanın iki kökü birlikte posteriöre doğru gelerek median dorsal aortayı oluşturur (Şekil 11 - 11).

Anura: Larval kurbağalarda her bakımdan kuyruklu amfibilerinkine benzer. I. ve II. aortik yaylar kaybolduktan sonra III. yaylar internal karotid arterleri oluştururlar. VI. aortik yaydan gelişen akciğere doğru pulmonar arter gelişir. III.-V. aortik yaylar afferent ve efferent brankial kolları verir ve bunlarda üç solungaça geçerler. Başlangıçta solungaçlardaki by-pass belirgindir fakat daha sonra büyük ölçüde indirgenir veya geçici olarak kaybolurlar. Eksternal solungaçların I. serisi atıldığında orijinal aortik yaylardan gelişmekte olan operküler (internal) solungaçlara giden yeni kollar gelişir.



KURBAĞA

Şekil 11-12. Kurbağada sistemik yay (siyah), karotid yay (3) ve pulmonar yay (6). **ec.** eksternal karotid, **ic.** internal karotid, **R** ve **L.** sağ ve sol atriumlar, **V.** ventrikül. Spiral valv noktalı gösterilmiştir.

Metamorfozla solungaçların kaybolması sonucu aortik yaylarda üç dikkate değer değişiklik meydana gelir: **1.** İlk iki aorta yayı daha öncekilerde olduğu gibi kaybolur. III. yay karotidleri oluşturur. **2.** III. ve IV. yay arasındaki dorsal aorta (**duktus karotikus**) kaybolur. Sonuç olarak III. yay (karotid yay) a giren kan başa karotid arterler yoluyla gitmek zorundadır. IV. yay sistemik yayı oluşturur. Kan ve akciğerler dışında bütün vücuda kanı dağıtır. Erginlerde V. yay kaybolur. **3.** VI. yayın dorsal segmenti (**duktus Botalli** veya **duktus arteriosus**) kaybolur. Böylece VI. yaya giren kan şimdi akciğere (veya deriye)

gitmek zorundadır. Yani tamamen pulmokutenos arterdir. Ergin kurbağalar sonuç olarak duktus Botalli ve duktus karotikusu kaybederler (Şekil 11-11, 11 - 12).

Turunkus arteriosusta muhtemelen semilunar valv'in değişikliğe uğramasıyla longi- tudinal septum benzeri bir spiral valv, gelişir. Bu valv, kirli kanın pulmonar yaya, temiz kanın da karotidlere ve sistemik yaya gitmek üzere yönünü değiştirir. Kurbağalarda ileri düzeydeki modifikasyonla solungaçların tamamen kaybolması; dolaşımı, kuyruklu amfibilerinkinden çok daha ekonomik hale sokmuştur. Sistemik venlerden gelen kirli kan temizlenmek üzere akciğerlere (veya deriye) yönlendirilir. Duktus Botallinin elimine edilmesi ile bu kanın sistemik dolaşıma dönmesini önlenmiş olur. Böylece temiz kan, sol atriuma ve ventriküle döner ve baş, gövde ve ekstremitelere yönlendirilir.

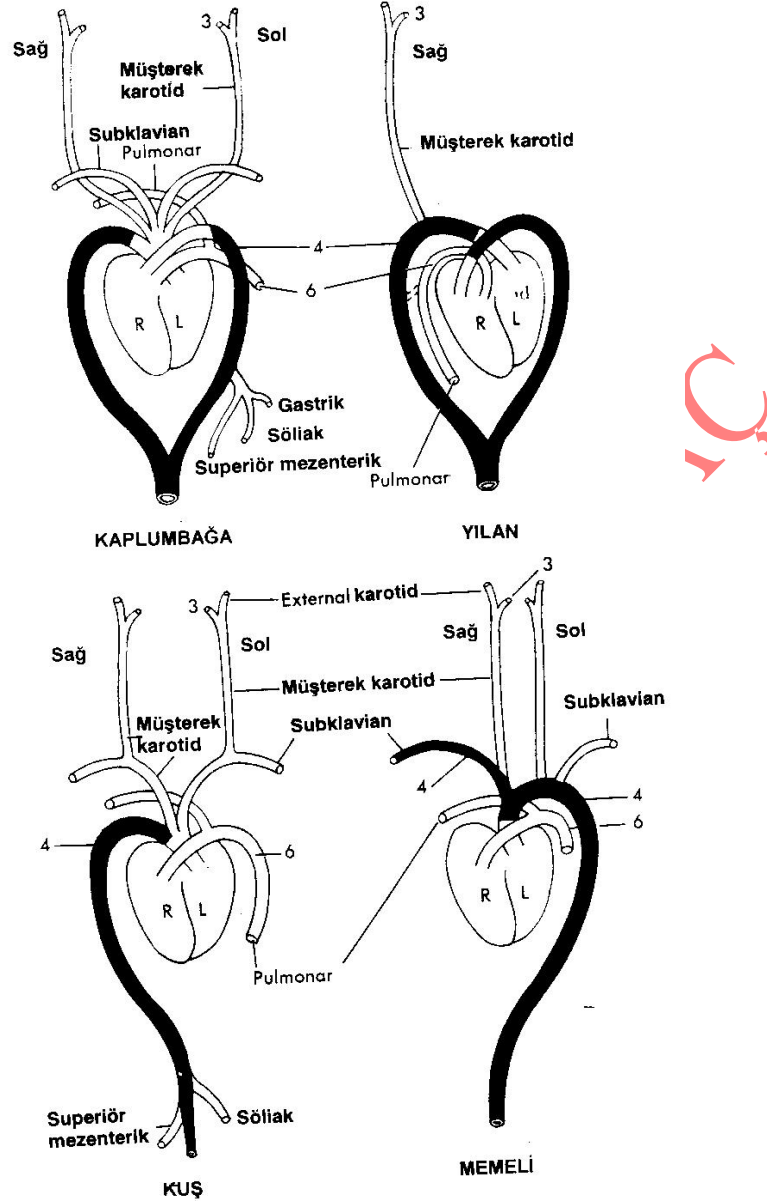
Reptiller: Modern reptiller ergin halde 3 aortik yay içerir. Bunlar III, IV. ve VI. yaydır. Duktus karotikus ve duktus arteriosus embriyonik gelişme esnasında kaybolur. Ancak her iki kanal da Sphenodon da ve ikisinden biri de diğer birkaç reptilde kalabilir.

Ventral aortada bir değişiklik başlar. Temiz ve kirli kanı ilgili yaya yönlendirmek için spiral kapak gelişmesi yerine reptillerde ventral aorta 3 ayrı köke ayrılır. Bu köklerin ikisi aortik kök ve birisi de pulmonar köktür ve bu köklerin her biri ventrikülden ayrı ayrı açılırlar. Bu değişimin etkileri aşağıdaki şekildedir (Şekil 11-13, kaplumbağa ve yılan.

1- Pulmonar kök sağ ventrikülden çıkar ve **VI. aortik Yay**'la birleşir. Böylece vücudun bütün kısımlarından gelen kirli kan böylece temizlenmek üzere akciğere gönderilir.

2- Aortik köklerden biri sağ ventrikülden çıkar ve **sol IV. aortik Yay**'la birleşir. Bu arada bir miktar kirli kan da dorsal aortaya taşınmış olur.

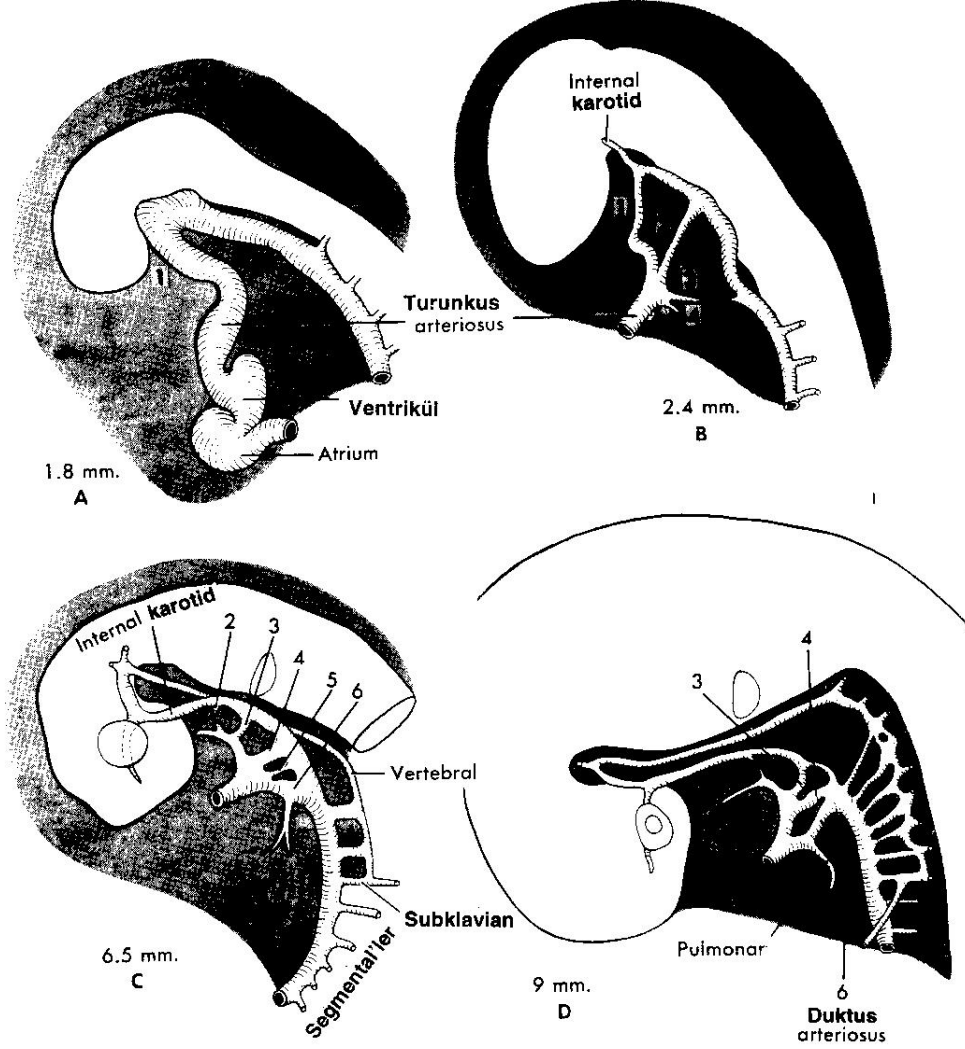
3- Diğer aortik kök sol ventrikülden çıkar ve temiz kanı **sağ IV. aortik yay**'a ve karotid yaylara gönderir. Bu bir avantajdır. Çünkü temiz kan başa ve dorsal aortaya bu yolla gönderilmiş olur. Dolaşım, dorsal aorta sağ ventrikülden bir miktar kirli kan aldığı için, sağ ventrikülden çıkan aortik kökün elimine edilmesi durumundaki kadar ekonomik değildir. Bu durum da tam olarak kuşlarda ve memelilerde de görülür.



Şekil 11-13. Amniotlarda sistemik yay (4, siyah renkte), karotid yay (3) ve pulmonar yay (6). R ve L. sağ ve sol ventriküller

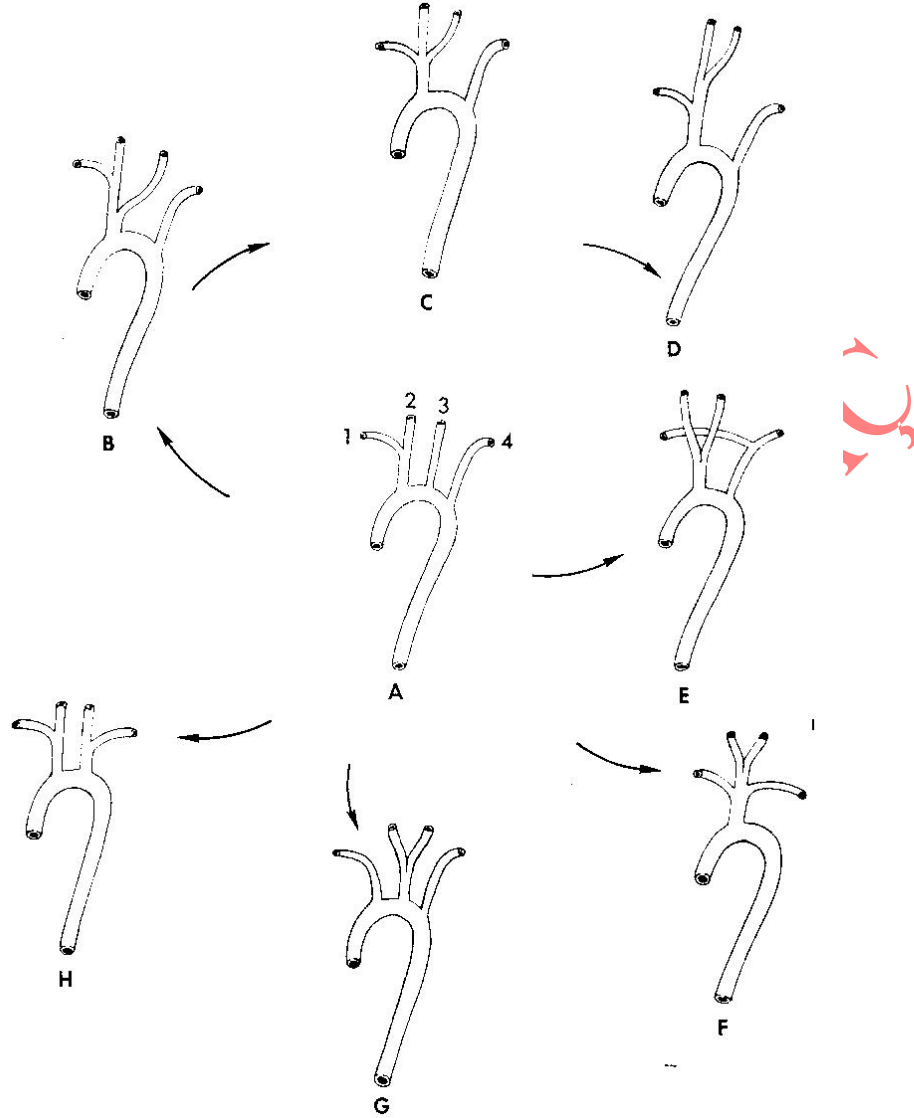
Kuşlar: Akciğerlerin fonksiyonel hale gelmesi ve iki atriumun oluşmasıyla temiz ve kirli kanın karışmadığı yeni bir dolaşım yolu gelişmiştir. Bu duruma interventriküler foramenin kapanması ve ventral aortanın iki köke ayrılması ile ulaşılmıştır. Köklerden biri (pulmonar kök, Şek. 11-13), sağ ventrikülden çıkar sadece VI. aorta yayına ve akciğerlere gider. Diğer aortik kök olup, sol ventrikülden çıkar ve III. aortik yay ile IV. sağ aortik yaylara ulaşır. **IV. sol aortik yay kaybolur** (Şek. 11-11, kuşlar). Bu modifikasyonla kalbin sol tarafına dönen kan akciğerlere geçer. Akciğerlerden ise kalbin sol tarafına gelir ve yeniden vücutta dolaşır.

Kuşlarda embriyonal halde iken 6 aortik yay gelişir ve I. II. V. ve IV. sol aortik yay; duktus karotikus, duktus arteriosus elimine edilir.



Şekil 11-14. Oklu karpide aortik yayların (1-6) embriyonik modifikasyonları (Struthers'den değiştirilmiş)

Memeliler: Memelilerde, kuşlardaki gibi aynı ekonomik dolaşıma aynı modifikasyonla ancak bir farkla ulaşılmıştır. Memelilerde IV. sol aortik yay yerine **sağ IV. aortik yay**'ın büyük bir kısmı kaybolmuştur. IV. sağ aortik yayın geriye kalan kısmı, sağ subklavian arterin proksimal kısmı olarak temsil edilir (Şekil 11-10, 11,13 memeliler).



Şekil 11-15. Bazı memelilerde müşterek karotid ve subklavian arter ilişkisinde bireysel ve türsel farklılıklar. **A.** Temel model aynı zamanda insan, oklu kirpi, tavşan ve domuzda da görülür. **B.** Kedi, köpek, maymun, domuz, insan ve tavşan. **C ve D.** Evcil kedi, **D** şekli daha seyrek görülür. **E.** Kedide insanda ve farede subklavian arter anomalisi. **F.** Çoğu perissodaktil'lerde. **G.** Mors. **H.** İnsan, oklu kirpi ve tavşan.

1. sağ subklavian, 2. sağ müşterek karotid, 3. sol müşterek karotid, 4. sol subklavian.

Müşterek karotid ve eksternal karotid arterler embriyonik ventral aortalardır. İnternal karotid arterler III. aortik yayları ve çift haldeki dorsal aortaları temsil eder (Şekil 11-14C). Birkaç türde ve bireyde aortik yaydan oluşan damarlardaki farklılıklar Şekil 11-15'de gösterilmiştir.

Ergin kuşlarda ve memelilerde dolaşım yolu şu şekildedir. Sistemik venler, sağ atrium, sağ ventrikül, pulmonar kök, pulmonar arter, akciğer kapillerleri, pulmonar ven, sol atrium, sol ventrikül, aortik kök (yukarı çıkan aorta) ve daha sonra IV. aortik yay (memelilerde sol, kuşlarda sağ) veya karotid dolaşıma geçer.

Dorsal aorta: Baş ve yutak bölgesinde dorsal aorta bilateral yapıdadır. İnternal karotid arterler, III. aortik yayın anterioründe dorsal aortanın uzantıları halindedir. Duktus karotikus III. ve IV. aortik yayların arasında her aorta kolunun bir segmenti halindedir (Şekil 11-9C).

Dorsal aorta gövde bölgesinde çift haldeki aortik kısımların birleşmesi ile oluşmuş tek haldeki bir yapı veya aortik yayın sona erdiği yerde tek olarak devam eden bir yapı (kuşlarda ve memelilerde) halindedir. Uca doğru omurganın ventralinden devam eder. Vücut duvarı ve eklemlere çift halde segmental somatik dallar, sindirim organları ve dalağa bir seri tek halde visseral dal böbreklere, gonadlara, adrenal bezlere çift halde visseral dallar verir. Memelilerde aorta diyafram vasıtası ile torasik ve abdominal bölümlere ayrılır. Aorta kuyruk bölgesine kaudal arter olarak devam eder.

Somatik damarlar: Subklavian arterler, genişlemiş segmental arterlerin anterioründeki çift damarlardır (Şekil 11-14C). Primitif olarak subklavian arterler çift aortalardan çıkarlar ve çoğu omurgalıda bulunurlar. Kuşlarda daima embriyonik III. aortik yaydan, memelilerde ise IV. aortik yaydan orijinlenirler. (Şekil 11-10, 11-13, 11-15). Tetrapod'larda subklavian arter koltuk altına, axillar arter humerusa paralel brankial arter olarak gider ve ön kolda ulna ve radial arterlere ayrılır. Subklavian arter pektoral ekstremitelere girmeden önce vücut duvarı kollarını verir. Her bir yandaki bu kollardan biri (**vertebral arter** Şekil 11-14, C) ve başa doğru geçerek (servikal omurların bulunması halinde) vertebral arterial kanalda devam eder.

Gövde boyunca aortadan bir seri segmental arter orijinlenir. Bu arterler, epaxial kasları deri ve omurgaya uzanan vertebromuskular kolları, vücut duvarını çevreleyen uzun kolları verir. Uzun dallar interkostal boşlukları interkostal arter olarak kat ederler. Lomber ve sakral bölgede segmental arterler lomber ve sakral arterler olarak bilinirler.

Subklavian arterlerin kaudale yönelmiş kolları (anterior epigastrik, uzun torasik) vücut duvarında, anteriöre yönelmiş (posterior epigastrik, superfisial

epigastrik) arterlerle ve daha kaudaldeki segmental arterlerle (ilio-lumbar, iliak) anastomozlaşır.

Memeli diyaframına giden frenik arter direkt veya indirekt olarak aortadan çıkar. İliak arterler, yüzgeçleri veya arka ekstremiteleri donatan segmental arterlerdir. Tetrapod'larda iliaklar, femoral arterler halini alırlar ve bu arterler femuru takip ederek dizde popliteal ve baldırda tibial arter olarak devam ederler.

Tek haldeki visseral dallar: Primitif olarak dorsal mezenteri geçerek mide, karaciğer, safra kesesi, dalak, pankreas ile ince ve kalın barsağa giden bir seri arter vardır. Bu şekildeki primitif seri *Necturus*'ta vardır. Çoğu yaşayan omurgalıda ise birçok tek haldeki visseral dal yaklaşık 3 dala indirgenmiştir. Mide, karaciğer, safra kesesi ve dalağa giden arterler tek haldeki siliak kökten çıkar ve gastrik, hepatik ve splenik dalları verir. İnce barsağı donatan arterler daima tek anterior (superiör) mezenterik artere indirgenmiştir. Kalın barsağı donatan arterler ise posterior (inferiör) mezenterik artere indirgenmiştir. Anterior mezenterik arterin dalları siliak ve posterior mezenterik arterin kolları ile öylesine anastomozlaşır ki sindirim kanalının her kolu birden fazla büyük damarla donanmış olur.

Çift haldeki visseral dallar: Aortanın çift haldeki visseral dalları, pelvik boşluktaki organlar (rektum, idrar kesesi ve üreme kanalları)'a giden büyük internal iliakları gonadlara giden genital arterler (ovarian ve spermatik arterler)'i, böbreklere giden renal arterleri ve adrenal bezlere giden adrenalleri kapsar.

Koroner arterler: Tüm arterlerin ve venlerin duvarları (küçük olanlar hariç), diğer dokularda olduğu gibi kan damarları ile donanmışlardır. Bu damarlar **vasa vasorum** (damarların damarları) olarak adlandırılırlar. Kalp istisna oluşturmaz ve buradaki vasa vasorum **koroner arterler**'dir. Elasmobranchlarda koroner arterler hipobrankial arterlerden çıkarlar ve temiz kanı solungaç odacıkları etrafındaki çeşitli efferent arterial loplardan alırlar (Şekil 11-7). Urodelerde belirgin koroner arterler yoktur. Kalbin birçok küçük vasa vasorum'u vardır. Kurbağalarda koroner arterler, karotid yaylardan çıkarlar. Reptil ve kuşlarda koroner arterler sağ IV. yay olarak uzanan aortik kökten veya brankiosefalik arterlerden çıkarlar. Memelilerde koroner arterler semilunar valvlerin hemen önünde yukarı doğru uzanan aortanın kaidesindeki sinüs benzeri bir genişlikten orijinlenirler. Reptil, kuş ve memelilerin koroner arterleri esasen ventral aortanın türevlerinden oluşurlar.

Venler: (Toplardamar sistemi): Embriyonik gelişme esnasında tüm omurgalılarda toplardamar sistemi nispeten basit temel bir modele sahiptir. Embriyonik gelişme ilerleyince temel damarların düzeni bazı damarların genişlemesi ve yeni bazılarının ilave edilmesi ile hafifçe değişikliğe uğramıştır. Modifikasyonlar Elasmobranş'larda az fakat yüksek organizasyonlu formlarda çok daha fazladır.

Temel büyük venler ve bunlara katılan yardımcı venler şu şekilde sıralanabilirler. **Kardinal** (anterior, posterior ve müşterek kardinal venler), **renal portal, lateral abdominal, vitellin** (hepatik portal ve hepatik sinüsler) ve **koroner** venlerdir. Akciğerli balıklar ve tetrapod'lar için karakteristik iki ilave ven: Akciğerlerden gelen **pulmonar venler** ve böbreklerden gelen **post kava**'lardır.

Köpek balıklarında temel venler ve modifikasyonları: Embriyonik köpek balığı temel venleri içerir (Şekil 11-16). Gelişme ilerledikçe bu venler değişmeye başlarlar (Şekil 11-16, ergin köpek balığı). Ancak değişim nispeten azdır. Bu bakımdan köpek balığı ven sisteminin bilinmesi, yüksek omurgalıların ven sistemini anlama bakımından önemlidir.

Müşterek kardinal venler: Balıklarda kalbe dönen tüm venlerin kanı boşalttıkları yer sinüs venosus'tur. Bu kanın büyük bir kısmı (sindirim sisteminden gelen hariç), sinüs venosusa bir çift müşterek kardinal ven ile boşalır. Bu bakımdan müşterek kardinaller önemli venlerdir. Bu damarlar embriyoda belirir ve erginde de aynı yapıda kalırlar.

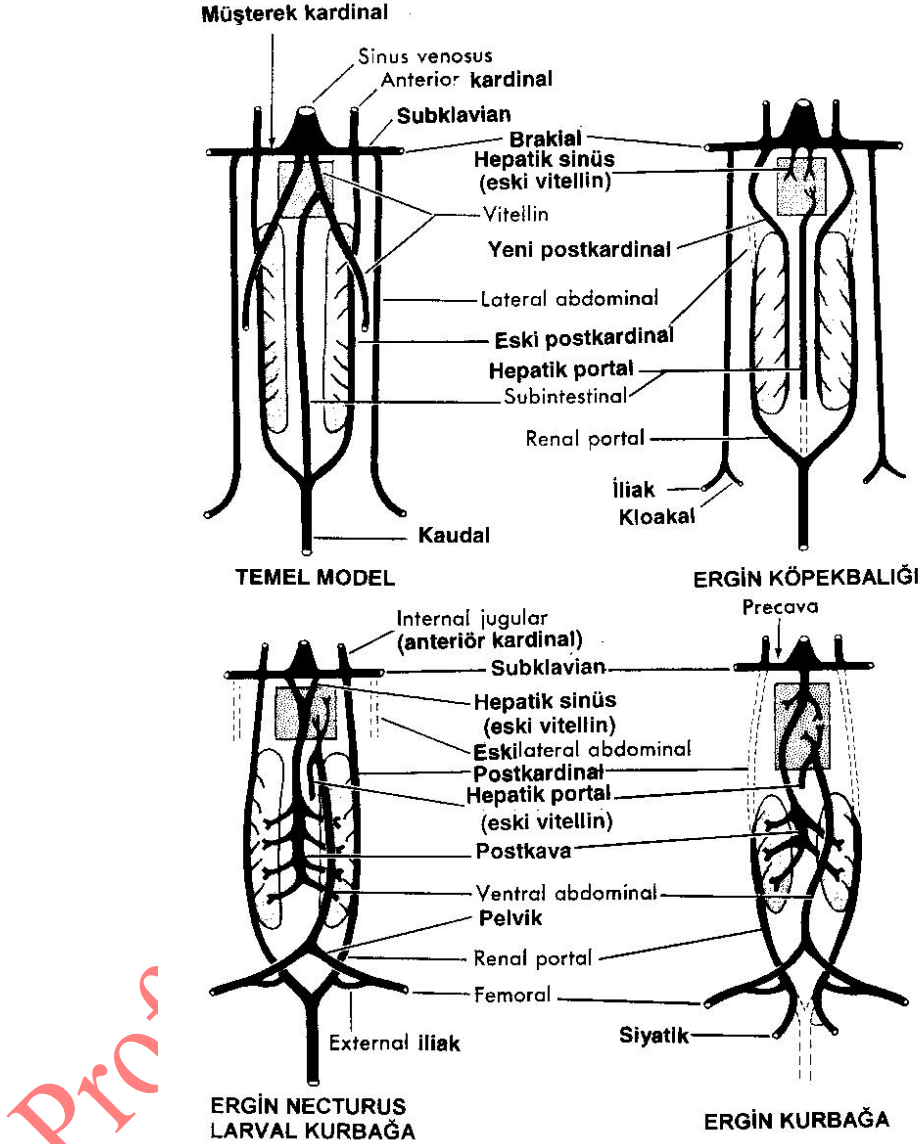
Anterior kardinal venler: Başın bütün kısımlarından gelen kan (alt çene hariç) büyük bir anterior kardinal ven vasıtasıyla toplanır. Bu venler her bir yanda solungaçların dorsalinde yer alır. Bu damarlar aşağı doğru inerek transvers septum hizasında müşterek kardinal venlere açılırlar ve yaşam boyu değişmeden kalırlar.

Posterior kardinal venler: Embriyonik posterior kardinal (aynı zamanda postkardinal olarak ta adlandırılır) venler kaudal venle devam ederler. Böbreklerin **yan taraflarından** yukarı doğru geçerek müşterek kardinal venlere boşalırlar. Yan kollar bir seri renal venleri içerir ve böbrekten kanı çekerler.

Bu embriyonik posterior kardinal venler fonksiyonel halde iken, böbrekler **arasında** dorsal aortaya yakın yerde **subkardinal** ven ağı oluşur. Bu venler daha sonra mesonefrozun ön ucunda posterior kardinal venle birleşirler.

Kanın büyük bir kısmı böbreklerden subkardinal venlere geldiği için eski posterior kardinal venler böbreğin ön ucunda kesintiye uğrarlar (Şekil 11-16, ergin

köpek balığı). O nedenle posterior kardinal adı, böbreklere göre ortada yer alan yeni posterior kardinaller için kullanılır. Köpek balığında ergin posterior kardinallerin ana kolları; böbreklerden, dorsal vücut duvarından ve gonadlardan gelen venlerdir.



Şekil 11-16. Köpekbalığı ve amfibilerde venlerin temel modelinde görülen değişiklikler. Kesik çizgiler kaybolan embriyonik damarları temsil etmektedir. Pelvik venler embriyonik lateral abdominal venlerin çift haldeki kaudal uçlarıdır. Tamamen aynı olan damarlar her şekilde tekrar belirtilmemiştir.

Renal Portal Sistem: Gelişim esnasında kaudal venden gelen kan sindirim kanalının altından subintestinal ven olarak devam eder. Daha sonra kaudal ven, posterior kardinal venle birleşir ve subintestinal ven ile olan bağlantı kesilir. Böylece kuyruk bölgesinden gelen kanın tümü posterior kardinal veni kullanmak zorundadır.

Eski posterör kardinallerin kaudal uçlarından gelişen afferent renal venler böbreği kuşatırlar ve mesonefrik tubülleri   vreleyen kapilerlere katılırlar (Fakat glomeruluslara katılmazlar). O nedenle de kuyruk bölgesinden fazla miktardaki kan böbreklere girer. Sonuç olarak eski posterör kardinaller, böbreklerin ba   bölgesine yakın yerde kesintiye u  ırlar ve böylece kuyruktan gelen tüm kan böbreğe geçmiş olur. Kaudal venlerin anterioründe yer alan eski posterör kardinaller böylece renal portal venler olarak adlandırılırlar.

Kemikli balıkların çoğunda renal portal sistemde fazla sayıda varyasyonlar vardır. Bu varyasyonlara karaciğerle bağlantı da dahildir. Siklostomat'larda renal portal sistem yoktur.

Lateral abdominal venler: Femoral venlerin gelip pelvik yüzgeçlerin kaidesinde birleşerek ileriye doğru iki yandaki vücut duvarlarında oluşturdukları venler, lateral abdominal venlerdir. Pektoral yüzgeçlerin hizasında brankial venleri alır daha sonra abdominal venler birden bire müşterek kardinal venlere katılmak üzere kalbe doğru yönelirler. Abdominal venlerin brankial ve müşterek kardinaller arasındaki kısmı subklavian venlerdir. Abdominal venler, anterior ve posterör ekstremitelerden kan topladığı gibi lateral vücut duvarından metamerik bir seri halinde parietal veni ve kaudal veni de alırlar. Subklavian bölgede bir seri köşk damar da abdominal venlere katılır. Akciğerli balıklar dışındaki kemikli balıklarda abdominal venler bulunmazlar.

Hepatik portal sistem ve hepatic sinüsler; vitellin ve subintestinal venler: Omurgalı embriyolarında farklılaşan ilk venler çift haldeki vitellin venler (Omfolomezenterik) yumurta kesesinden yumurta sapına geçerek (yumurta kesesinin bulunmaması halinde orta barsak bölgesinden geçerler) daha sonra   ne doğru ilerler ve gelişmekte olan sinüs venosusa açılırlar.

Vitellin venlerden biri özellikle de solda olanı kuyruk bölgesinden kaudal veni de alan subintestinal venle birleşir ve embriyonik sindirim kanalının altından düzgün bir şekilde ilerler. Karaciğer gelişince vitellin venleri kuşatır ve birçok sinüzoidal kanala ayrılmasına neden olur. Sa   ve sol vitellin venler daha sonra köşk omentum'da tek bir kanalı yani hepatic portal veni oluşturmak üzere birleşirler. Subintestinal venin kaudal venle olan bağlantısı daha sonra kesilir ve subintestinal ile vitellin venler karaciğerin kaudal bölgesinde hepatic portal sistem haline gelir ve yumurta kesesi, mide ve barsaktan kanı toplar. Ergin köpek balıklarında karaciğer ile

sinüs venosus arasındaki vitellin venler çift halde kalırlar ve hepatik sinüsler olarak bilinirler.

Hepatik portal sistem sindirim sistemi kanalından kan toplaması yanında bu kanalın türevleri olan pankreas safra kesesi ve rektal bezlerden de kan toplar. Dalaktan çıkan venler de bu sisteme katılırlar.

Tetrapod'larda venler:

Tetrapod'ların embriyonik venleri temelde embriyonik köpek balığındaki ile eşdeğerdir. Ancak daha sonra köpek balığında olduğu gibi ergin tetrapod'larda da küçük modifikasyonlar meydana gelir.

Kardinal venler ve prekava: Embriyonik tetrapod'lar sinüs venosusa dökülen anterior, posterior ve müşterek kardinal venler içerirler. *Necturus*'ün gelişmesi esnasında ve Anura tetarlarında bu embriyonik kardinal venler seyrek olarak değişirler. Postkardinal venler posteriorde kaudal venler ve anteriorde müşterek kardinal venlerle olan primitif bağlantılarını muhafaza ederler. Bu bakımdan *Necturus*, köpek balığından biraz değişikliğe uğramıştır. Çünkü primitif postkardinal venler gelişme esnasında kesintiye uğrarlar.

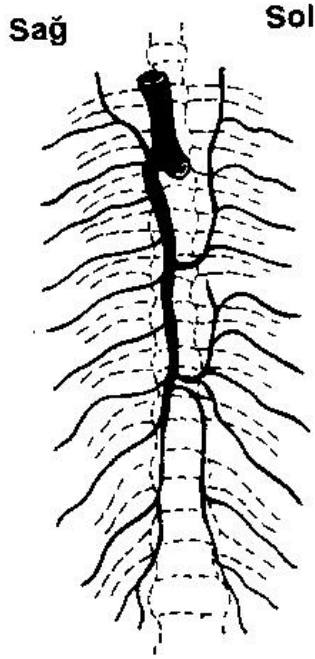
Anura'da (Şekil 11-16, ergin kurbağa), böbreğin anterioründeki postkardinal venler, tetarlarda kuyruk bölgesindeki kanı boşalttıktan sonra metamorfoz esnasında kaybolur. Sonuç olarak ergin kurbağalarda müşterek kardinal venler esas olarak kanı ön ekstremitelerden ve baştan boşaltır.

Tetrapod'larda müşterek kardinal venler aslında **prekava** olarak, anterior kardinaller de **internal jugular** venler olarak bilinirler. Prekaval venler dolayısıyla sinüs venosusa açılırlar veya sinüs venosus sağ atrium duvarı ile kaynaştığında sağ atriuma boşalırlar (Şekil 11-21).

Memelilerin çoğunda sağ ve sol prekaval venler bulunmasına rağmen bazılarında embriyonik yaşam esnasında sol prekava kaybolur (Şekil 11- 23). Yeni bir damar (sol brankiosefalik) sağ ve sol anterior kardinal venleri bağlantılı kılar. Daha sonra sol taraftaki kan, sağ prekava yolu ile kalbe girer. Bu memelilerde **brankiosefalik** (önce innominat olarak adlandırılırdı), subklavian, external ve internal jugular venlerin buluştukları kavşak adıdır.

Sol prekava tamamen kaybolmaz. Kalbin proximalinde yer alan bir kısım **koroner sinüs** olarak kalır. Burası koroner venlerden kanı alır ve sağ atriuma açılır (sinüs venosus gelişme esnasında sağ atrial duvar tarafından absorbe edildiği için).

Postkava: Akciğerli balıklarda ve tetrapod'larda postkardinal venler fonksiyonel olarak yerlerini postkaval venlere bırakırlar (inferiör vena kava). Postkava embriyonik gelişme esnasında böbrekler ile subkardinal ven plexusu arasında meydana gelen büyük median bir damardır. Bu plexus böbreklerden renal venleri alır. Postkava akciğer boyunca direkt olarak geçen bir damardır. Bu bakımdan hepatik sinüsler postkavanın bir kısmı olarak dikkate alınır ve hepatik venler postkavanın kolları olarak kabul edilir. Timsahlarda kuşlarda ve memelilerde (Şekil 11-18, 11-20, 11-21) arka ekstremitelerden gelen venler böbreğin arka ucunda postkava ile direkt bağlantı oluştururlar ve sonuçta postkava arka ekstremitelerden kanı toplayan temel damar olduğu kadar böbreklerin ve gövdedeki çoğu diğer organların temel damarıdır.



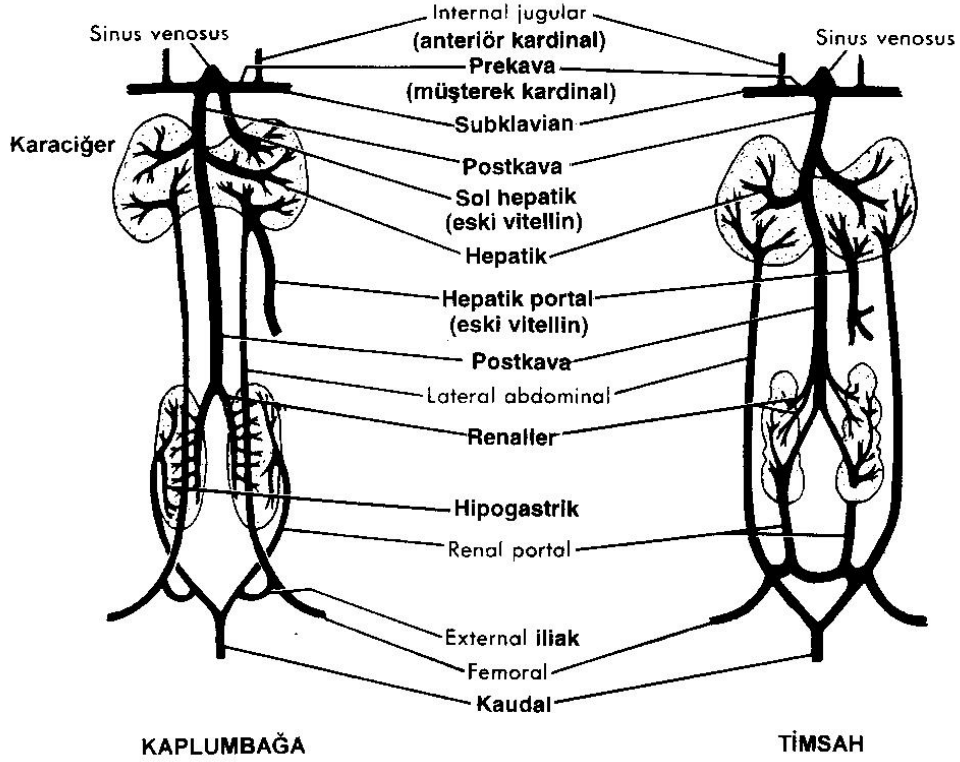
Şekil 11-17. Rhesus maymununda Azigoz (sağda) ve hemiazigoz (solda) ventralden görünüş.

Postkavanın oluşmasıyla kan böbreklerden kalbe artık postkava yoluyla akmaktadır. O nedenle tetrapod'larda postkardinal venler boyca ve önemce (*Necturus*'ta) küçülmüştür veya kaybolmuştur (kurbağalar, çoğu reptiller ve kuşlar). Postkardinal venlerin kalıntıları var ise çok değişikdirler ve bir kısmı yeni bir isim altında örneğin azygos veya hemiazygos venler olarak adlandırılırlar (Şekil 11-17). Esas olarak interkostal boşluklardan ve omurgadan kanı toplarlar.

Abdominal venler ve ekstremitelerden kan toplayan venler: Balıklarda abdominal venler pelvik yüzgeçlerden kanı alır öne vücut duvarına geçer, pectoral yüzgeçlerden brankial venleri alır ve daha sonra müşterek kardinal venlere katılmak üzere ortaya doğru dönerler. Tetrapod'larda abdominal venler, bir seri embriyonik modifikasyonlar geçirir. Bu modifikasyonlarla:

1. Abdominal venler karaciğerde sonlanırlar ve böylece anteriordeki ekstremitelerden kanı toplayan damarlardan ayrılmış olurlar.

2. Abdominal venlerin kuşlarda ve memelilerde arka ekstremitelerden kanı toplayan damarlardan ayrılmaları sağlanmıştır.
3. Abdominal venlerin memelilerde embriyonal safha ile sınırlanmalarını sağlanmıştır.



Şekil 11-18. Reptillerde venler. Şekilde gösterilenler Şekil 11-16'daki temel modelde belirtilenlerdir. Timsahlarda renal portal venlerin güçlü dalları doğrudan doğruya postkavaya açılırlar. Kaplumbağalarda pelvik venler vardır ancak temel modeli tanımlamayı kolaylaştırmak üzere gösterilmemişlerdir.

Abdominal venlerin anterior ekstremitelerden kanı toplayan damarlardan ayrılmaları olayı amfibilerde görülür (Şekil 11-16). *Necturus*'ta ve kurbağalarda embriyonik abdominal venler başlangıçta çift haldedirler ve orta hattın iki yan tarafında birbirlerine yakın uzanırlar. Gelişme ilerleyince çift haldeki abdominal venler karaciğer seviyesinin altında orta hat boyunca median ventral abdominal veni oluşturmak üzere birleşirler. Bu median damar falsiform ligamentteki kanallara açılır. Daha sonra abdominal akım falsiform ligament içinde yeni bir kanalla karaciğer kapillerlerine açılır. Akciğerin anterioründe kullanılmayan abdominal venler kaybolurlar. Böylece abdominal venler anterior ekstremitelerden kanı toplamamış

olurlar. Abdominal akımın arka ekstremitelerdeki akımdan ayrılması, kanı toplamamaları arka ekstremiteler ile renal portal sistem arasında birbiriyle bağlantılı damarların (eksternal iliak Şekil 11-16, 11-18) oluşmasıyla başlatılmıştır. Böylece bu yeni damar kanın arka ekstremitelerden kalbe birbirini izleyen bir yolla ulaşmasını sağlamış olur. Kan şimdi arka ekstremitelerden renal portal sisteme abdominal akımı terk ederek ulaşmış olur.

Reptillerin abdominal venleri yaşam boyunca çift halde kalır ancak amfibilerde olduğu gibi karaciğerde sonlanırlar ve eksternal iliak venler vasıtasıyla renal portal sistemle bağlantılı hale gelirler.

Kuşların abdominal damarları embriyonik döneme özgüdür. Abdominal venler belirir belirmez posterior ekstremita tomurcukları bölgesinden başlarlar. Ventral vücut damarlarında birbirlerine yakın bir şekilde ileriye doğru ilerlerler ve müşterek kardinal venlerde sonlanırlar (Köpek balığı embriyosunda olduğu gibi). Allantoisin belirmesiyle vasküler ağ abdominal damarın kolları halini alır. Sonra abdominal damarlar ekstremita tomurcuk bölgesiyle bağlantısını keser ve sadece allantoisten kanı toplar. Daha ileri düzeydeki gelişmede abdominal venler (kuşlarda artık allantoik venler, memelilerde umbilikal venler olarak adlandırılırlar) amfibilere benzer tarzdaki değişikliği gösterirler. Görevleri allantoisten (veya memeli plasentasının korioallantoik membranından) embriyoya kan götürmektir (Şekil 11-22, 2). Böylece çok öncelikle gelişen abdominal ven, bazılarında posterior ekstremitelerden kanı toplarken, yüksek omurgalılarda allantois ve plasentadan kanı toplayan bir damar halindedir. Allantoik (veya umbilikal) venler dikkate değer hacimdeki kanı taşır ve karaciğerin üst tarafına doğru duktus venosusla kesişir (Şekil 11-22), doğrudan devam eder ve postkavaya gider.

Civciv yumurtadan çıktığında veya memeli doğduğunda ekstraembriyonik zarlar atılırlar. Bu durum allantoik veya umbilikal dolaşımı ayırır. Sonra memelilerde umbilikus ve karaciğer arasında kalan damarlara kan gitmez. Damarlarda kalan kan ve damarlar karaciğer ligamentini oluştururlar.

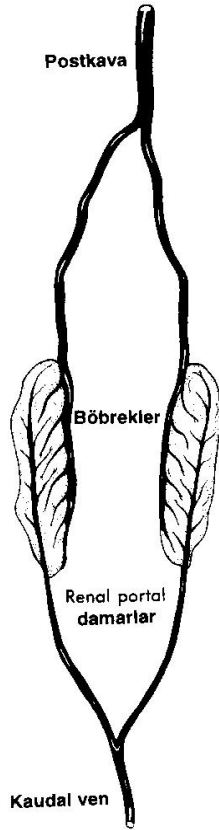
Kuşların ve memelilerin posterior ekstremitelerinden gelen kan, bu değişiklikler sonucu abdominal akımla bağlantılı değildir. Buralardan gelen kan abdominal venler yerine postkavaya akar.

Renal Portal Sistem: *Necturus*'ta temel modelde olduğu gibi renal portal ven doğrudan doğruya post kardinal venlerle devam eder. (Şekil 11-16). Renal portal

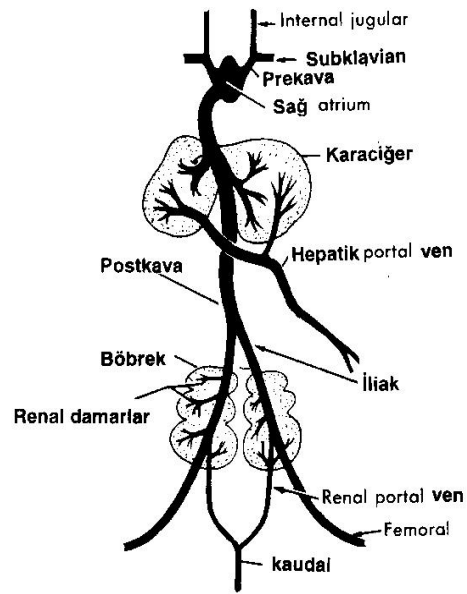
sistemden çıkan afferent renal venler böbreğe girer ve mesonefrik tubülleri saran kapillerleri besler. Böbrek kapillerlerine giren kan, postkardinal venlere veya postkavaya dönebilir. Ancak Anura'da renal portal sistemdeki bütün kan, postkardinal venler anteriorde yer almadığı için böbreklere girmek zorundadır (Şekil 11-16).

Amfibilerde eksternal iliak ven, abdominal ve renal portal akımı birbiriyle birleştirir (Şekil 11-16). Arka ekstremitelerdeki kanın tamamı renal portal sisteme geçebilir. Kuyruksuz amfibilerde metamorfoz esnasında kaudal venin kaybolması renal portal sistemin arka ekstremitelerden kan toplama imkanını ortadan kaldırır.

Reptillerde renal portal sistem temelde amfibilerde olduğu gibidir. Kuyruk ve arka ekstremitelerden kanı toplar. Timsahlarda renal portal sistem yoluyla böbreklere geçen kan hiç durmadan kanallar vasıtasıyla postkavaya geçer (Şekil 11-18).



Şekil 11-19. Yılanda renal portal venler ve böbreklerin venlere kan boşaltımı.

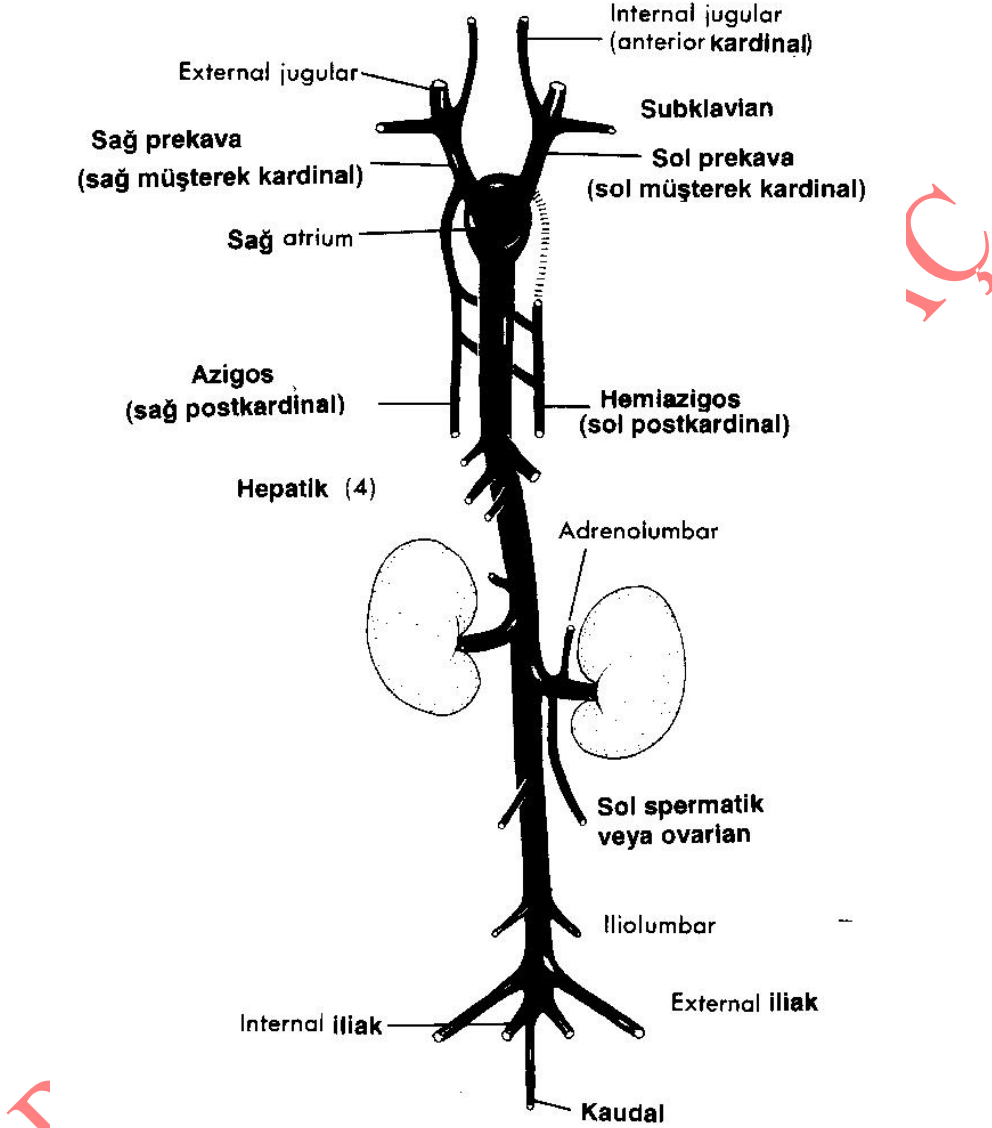


Şekil 11-20. Kuşlarda temel venlerin ventralden görünüşü.

Yılanlarda ekstremiteler bulunmadığı için renal portal sistemleri sadece kuyruktan kan toplar (Şekil 11-19).

Reptillerden orijinlenen kuşlarda renal portal sistemdeki kanın böbreğe uğramadan geçmeye doğru eğilimi vardır (Şekil 11-20).

Sonuçta aktüel olarak böbrek kapillerlerine giren venlere ait kan vardır ve kaudal venden ve arka ekstremitelerden gelen kanın büyük bir kısmı doğrudan doğruya postkavaya geçer.

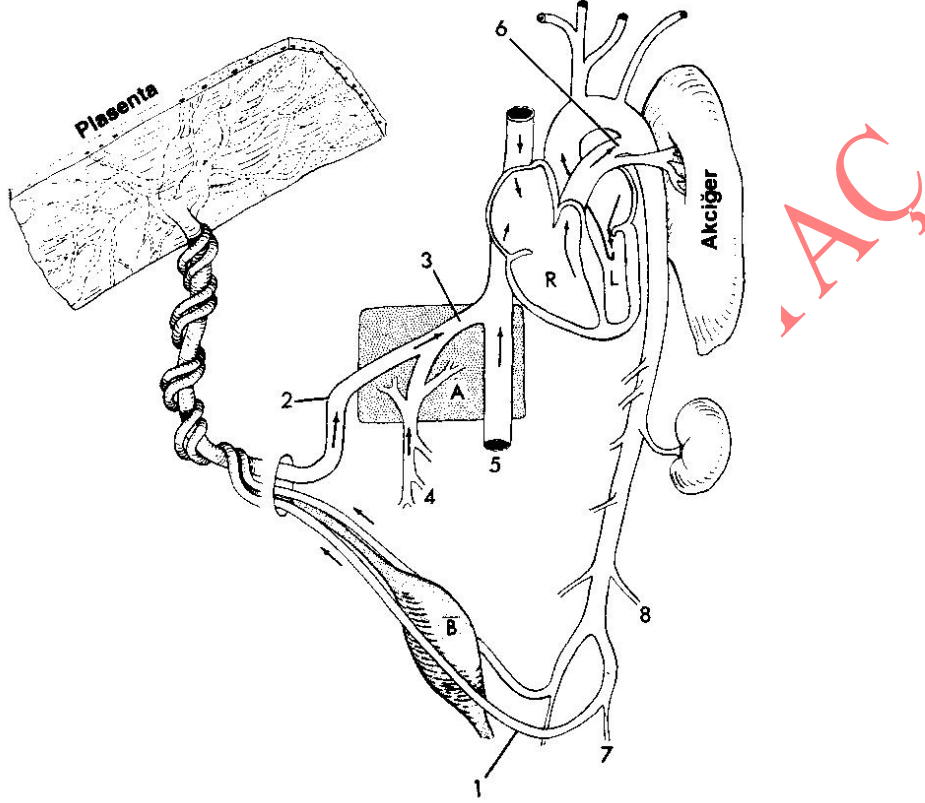


Şekil 11-21. Tavşanda temel venlerin ventralden görünüşü. Kesik çizgiler sol posteriyör kardinal venin yok olan segmentini göstermektedir.

Monotrematlar hariç ergin memelilerde renal portal sistem bulunmaz ve kan kaudal venden ve arka ekstremitelerden doğrudan doğruya postkavaya gider (Şekil 11-21). Sistem tüm embriyonik geçiş süresince memelilerde de görülür.

Hepatik portal sistem: Tüm omurgalılarda benzerdir. Esas olarak sindirim kanalının türevlerinden ve dalaktan kanı toplar. Karaciğer kapillerlerinde sonlanır

(Morfogenezi daha önce tartışılmıştı). Abdominal akım (kuşlarda allantoik ve memelilerde umbilikal) hepatik portal sisteme katılırlar. Bu durum akciğerli balıklarla başlar. Kemikli balıklarda, yüzme kesesinden gelen venler kurbağalardaki posteriyör koroner venler gibi sistemin damarlarıdır.



Şekil 11-22. Memeli fetüsünde dolaşım. 1. umbilikal arter, 2. umbilikal ven, 3. duktus venosus, 4. hepatik portal ven, 5. inferior vena kava, 6. duktus arteriosus, 7. internal iliak, 8. arka ekstremitelerine giden eksternal iliak. A. karaciğer, B. idrar kesesi olarak gelişecek allantoisin kaide kısmı, L. sol ventrikül, R. sağ ventrikül.

Omurgalılarda pulmonar ve koroner venler: Pulmoner venler akciğerlerden kanı toplar ve sol atriumda sonlanırlar. Akciğerli balıklarda ve amfibilerde sağ ve sol pulmonar venler kalbe girmeden önce birleşirler. Akciğerlerden birinin bulunmaması halinde ilgili ven de gelişmez.

Balıklarda koroner venler sinüs venosus'a girerler. Amfibilerin çoğu venlere ilişkin belirgin koroner sistemleri yoktur. Kurbağalarda anterior koroner venler sol brankiosefalik vene, posteriyör koroner ven de abdominal vene açılır. Reptil, kuş ve memelilerde koroner venler koroner sinüs yoluyla sağ atriuma dökülür. Koroner sinüs memelilerde embriyonun sol müşterek kardinallerin kalıntısıdır.

Omurgalıların farklı klasislerinde dolaşım:

Balıklar (Şekil 11-2, 11-3, 11-7den 11-8, 11-10 ve 11-16) :

Perikardial boşluk ve kalp yutağın altında yer alır. Atrium (Dipnoi'lerde tam olarak çift odacık halini almamıştır) ventrikülün dorsalinde yer alır. Kalp, sinüs venosustan atriuma, buradan ventriküle ve sonuçta konus arteriosusa (teleostlarda indirgenmiş) geçer. Konus arteriosus 3-8 yatay valv sırası (elasmobranşlar) veya tek sıra (teleostlar) içerir. Venlerdeki kan, konus arteriosustan ventral aortaya geçer ve oradan da embriyonik aortik yaylardan orijinlenen ve solungaç taşıyan yayların sayısı kadar olan (5-7 elasmobranşlarda ve nadiren 4'ten fazla sayıda teleostlarda ve Ganoidlerde) afferent brankial arterlere geçer. Brankial temizlenmeden sonra, belirli embriyonik aortik yayların dorsal kısımlarından orijinlenen efferent brankial arterlerde toplanır ve başa (karotidler veya diğer damarlarla), gövdeye ve çift yüzgeçlere (dorsal aorta kolları ile) ve kuyruğa (kaudal arter yoluyla) geçer. Venler ise kanı mide, barsak, pankreas, dalak ve rektal bezlerden (elasmobranş) toplar ve hepatik portal sistem yoluyla karaciğer kapillerlerine taşır. Hepatik venler hepatik sinüsler yoluyla sinüs venosus'a boşalır. Kan kuyruk bölgesinden böbrek kapillerlerine renal portal sistem (kaudal ven ve renal portal venler) yoluyla geçer.

Anteriör kaudal venler başın büyük bir kısmından kanı toplar. Posterör kardinal venler böbreklerden, vücut duvarından, gonadlardan ve çoğu kemikli balıklara pelvik yüzgeçlerden kanı toplar. Anteriör ve posterör kardinaler pektoral yüzgeçlerden subklavian venlerle birlikte müşterek kardinal venlere boşalır. Elasmobranşlarda lateral abdominal venler vücut duvarı ve posterör eklentilerden kanı toplar ve subklavian venlere boşalır (teleost'larda bu akım görülmez). Elasmobranş venlerinde çok sayıda valv vardır. Dolaşım esnasında karışık kan yoktur.

Akciğerli balıklar bir takım modifikasyonlara sahiptirler ve bu modifikasyonlar aynı zamanda amfibilerde de görülür. Akciğerin gelişmesine dayalı olarak tam olmayan bir atrial septum vardır. Sağ atrium sinüs venosustan kanı alır. Sol atrium ise pulmonar venleri alır. Konus arteriosus spiral olarak kıvrılmıştır ve ventral aorta arterial kanın, venos kandan ayrılmasını sağlayan bölünmenin başlangıcını gösterir. Aortik yaylardan III. ve IV. (Protopterus) solungaç kapillerleri tarafından kesintiye uğratılmamışlardır. Pulmoner arter, VI. yaydan meydana gelir. Postkaval venler böbreklerden kanı toplarlar. Sadece sol postkardinaler kalırlar.

Amfibiler (Şekil 11-, 4, 11-4, 11-9'dan 11-12, 11-16 ve 11-24'e) :

Kalp yutağın alt tarafına doğru kaymış durumdadır. Sinüs venosus, tek ventrikül ve iki atrium (urodelerde interatrial septum delikli, anuralarda tam ve akciğersiz formlarda bulunmaz) içerir. Atriumlar ventriküllerin ön tarafında yer alır. Sağ atriuma sinüs venosus açılır. Sol atriuma pulmonar venler açılır (pulmonar venler akciğersiz formlarda bulunmazlar). III. aortik yay (karotid), IV. (sistemik) ve VI. (pulmonar) yaylar her zaman bulunurlar. V. yay bazı urodelerde vardır. Eksternal solungaçların bulunması halinde kan buraya gelir. Böylece aortik yayları dolambaçlı yollardan dolaşmamış olur. Ventral aorta şişkinleşmiş bir bulbus arteriosus oluşturur. Anuralarda ve çoğu urodelerde spiral valv ile bölünmüştür böylece temiz kanı III. ve IV. yaylar (başa ve dorsal aortaya)'a ve kirli kanı VI. yaya verir. Anurada III. ve IV. yay arasındaki dorsal aorta (duktus karotikus) kaybolur. Aynı şekilde pulmonar arterin üstünde VI. yayın segmenti (duktus arteriosus) kaybolur. Bunlar bazı urodelerde kalıcıdırlar.

Venler, kuyruklu amfibilerde temelde balıklarınki ile benzerdirler. Anteriör kardinaller (internal jugular venler) postkardinal ve subklavian venler müşterek kardinal venlere (prekaval venler) dökülürler. Postkaval venler vardır ve arka ekstremitelerden kan toplayan abdominal venler ile kuyruktan kanı toplayan renal portal ven arasında bir bağlantı vardır. Amfibilerde ventral abdominal venler karaciğer kapillerlerinde sonlanırlar.

Ergin anura'nın venlerinde daha ileri düzeyde modifikasyonlar meydana gelmiştir. Postkardinal venler bulunmazlar böylece postkava böbreklerden ve arka ekstremitelerden kanın toplanması görevini yüklenir. Renal portal sistem, metamorfoz esnasında kuyruğun kaybolması sonucu sadece arka ekstremitelerden kanı toplar. Ventral abdominal venler urodelerdeki gibi fonksiyon görür.

Amfibilerdeki kan damarlarının çoğu tam olarak temizlenmemiş kanı içerir. Bu durum akciğerin oluşmasına paralel olarak ventrikülde değişikliklerin meydana gelmemesi ve eksternal solungaçların bulunması halinde solungaç by-pass'ı halinde bir yapı göstermeleri nedeniyledir.

Reptiller (Şekil 11-3, 11-10, 11-13, 11-18):

Reptil kalpleri tamamen birbirinden ayrılmış iki atrium, krokodiller dışında tam olarak ayrılmamış iki ventrikül ve dıştan pek belirgin olmayan ancak içten belirgin olan bir sinüs venosus'tan ibarettir. Sağ atriuma sinüs venosus ve koroner venler

açılır. Sol atriuma pulmonar venler açılır. Aortik yaylardan III. IV. ve VI. nın ventral kısmı erginlerde vardır. *Sphenodon* gibi primitif formlar hariç duktus karotikus ve duktus arteriosus kaybolur. Temiz ve kirli kanı ayırmak üzere spiral valv yerine, ventral aorta üç damara ayrılmış haldedir. Pulmonar kök sağ ventrikülden geçerek VI. yaya açılır ve böylece akciğeri donatır. Aortik kök **sol ventrikül'den** geçerek sağ **IV. aortik yay'a** ve **III. aortik yay'a** açılır ve başı, anteriör ekstremiteleri ve dorsal aortayı besler. Diğer aortik kök sağ ventrikülden sol IV. aortik yaya açılır ve dorsal aortayı besler.

Tam olmayan ventriküler septum aquatik kaplumbağalarda önemli rol oynar. Çünkü bu sayede kaplumbağa uzun bir periyot için su altında kalabilir.

Kaplumbağa akciğerini hava ile doldurduğu zaman sağ ventrikülde valv benzeri bir kıkırdak, ventriküller arası kanın geçişini kısmen bloke eder. Soldan sağa çok az bir miktarda kan yön değiştirir. Bu da mideye ve barsaklara giden temiz kan miktarını arttırır fakat başa giden kan miktarını etkilemez. Su altındaki uzun periyot esnasında kanın oksijen basıncı düşer, interventrikular valva açılır ve iki ventrikül birbiri ile karışır. Kan böylece sağdan sola doğru olan yönünü değiştirir böylece akciğerden uzaklaşmış olur. Bu koşullar altında kaplumbağa oksijeni glikoz yoluyla sağlar (anaerobik işlem). Oksijen basıncındaki nasıl bir değişikliğin, valvin yer değiştirmesini etkilediği bilinmemektedir. Bu durum pulmonar arterlerin kasılması ile sağ ventriküldeki basıncın artmasından ve kanın sola doğru yön değiştirmesinden kaynaklanmış olabilir. Krokodillerde ventriküler septumun tam olmasına karşın iki aortik kökü Panizza deliği bağlantılı kılar ve interaortik olarak kanın karışımını sağlar. Bu yön değiştirme ya da karışım deneysel olarak çalışılmamıştır.

Yılanlarda ve bacaksız kertenkelelerde sol akciğer gelişmeyince embriyonik sol VI. aortik yay gelişmez. Yılanlarda sol III. aortik yay da kaybolur. Böylece ergin yılanlarda sadece sağ pulmonar arter ve sağ müşterek karotid vardır (Şekil 11-13) Sağ müşterek karotidin bilateral dağılımı vardır.

Prekaval (müşterek kardinal) venler, baştan internal jugular (anteriör kardinal), anteriör ekstremitelerden subklavian venleri ve vertebral venler (çoğu ergin reptilde kaybolan postkardinal venlerin yerini alır)'i alır. İki ventral abdominal ven arka ekstremitelerden kanı toplar ve hepatik portal sisteme bağlı olan karaciğer kapillerleri ile sonlanır. Renal portal venler kuyruk ve arka ekstremitelerden kanı toplar ve böbreklere boşaltır veya (krokodillerde) postkavada sonlanmak üzere kısmen

böbrekleri by-pass ederler. Postkava, böbreklerin boşaldığı tek damar olup, kuyruktan bir miktar kanı, karaciğerden hepatik portal venleri alır ve sinüs venosusta sonlanır. Reptillerin ven kanal sistemlerindeki en büyük modifikasyon renal portal sistemdeki kanın bir kısmının böbrekleri by-pass etmesidir.

Kuşlar (Şekil 11-3, 11-10, 11-13 ve 11-20):

Kuşlarda iki atrium ve iki ventrikül tamamen ayrılmıştır. Sinüs venosus embriyonik gelişme esnasında sağ atriumun duvarına katılmıştır ve erginlerde bulunmaz. Bu nedenle sağ atriuma 2 prekaval ven, postkava ve koroner venler açılır. Sol atriuma pulmonar venler açılır. Sağ ventrikülden çıkan pulmonar kök VI. aortik yaylara uzanır. Duktus arteriosus kaybolur. Sol ventrikülden tek aortik kök çıkar ve III. ile IV. yaylara uzanır. Embriyonal safhada IV. yay bilateraldir fakat gelişme ilerleyince sol IV. aortik yay kaybolur. Dorsal aortaya uzanan tek ergin aortik yay bu nedenle sağ IV. yaydır ve genelde aortik yay olarak adlandırılır. Subklavian arter karotid yay (III.) ile bağlantılı genişlemiş bir segmental arter olarak gelişir.

Venler temelde krokodillerinkine benzer. Prekaval venler kalbe baş tarafından ulaşır ve internal jugular venler ile subklavian venleri de alırlar. Arka ekstremitelerden eksternal iliak yoluyla renal portal sisteme ve böbreklere giden kan şimdi doğrudan doğruya iliak venler yoluyla postkavaya dökülür. İliak venler yolları üzerinde renal venleri de alırlar. Renal portal sistem arka ekstremitelerden gelen kanı kaybettiği için ve kuyruk boyunun küçülmesi nedeniyle büyük ölçüde indirgenmiştir. Postkardinal venler bulunmadığı için postkava baş, boyun ve kanatlar hariç vücudun büyük kısmından kanı toplayan temel damardır. Kuşlara özel olarak falsiform ligament boyunca ilerleyen ve mezenterlerle ilişkili küçük bir epigastrik ven vardır ve büyük omentumdan kanı toplar. Bu damar aşağı omurgalıların abdominal venlerinin kalıntısı olabilir. Kalpte ve yaylarda temiz veya kirli kanın karışması söz konusu değildir. Kirli kan kalbin sağ tarafından geçerek akciğerlere gider. Kalbin sol tarafındaki temiz kan vücudun akciğerler dışındaki diğer organlarına gider. Böylece birbirinden bağımsız biri pulmonar diğeri sistemik akım olmak üzere çift dolaşım sistemi vardır.

Memeliler (Şekil 11-3,11-5,11-8,11-10,11-13,11-14'den, 11-17, 11-21,11-22 ve 11-23) :

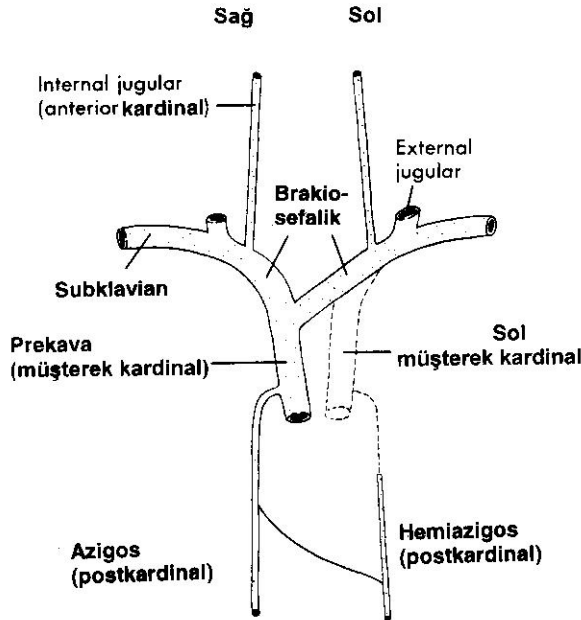
İki atrium ve iki ventrikül interatrial ve interventriküler septum vasıtasıyla ayrılmıştır. Foramen ovale, iki atriumu doğuma kadar bağlantılı kılar sonra kapanır. Atriumlar kulak benzeri çıkıntılar-aurikülleri içerir. Sinüs venosus sağ atriumun duvarı

tarafından absorbe edilmiştir. Sol IV. aortik yay kalp ile inen aorta arasında tek bağlantı olarak kalır. Bu durum kuşlardakinin tamamen tersidir. Brankiosefalik arter sağ subklavian arterin proksimal kısmında olduğu gibi sağ IV. yayın kalıntısı halindedir.

Subklavian arterler IV. yaydan segmental dallar halinde çıkarlar. Sol duktus arteriosus doğuma kadar kalır ve pulmonar kök dışında kanın yönünü akciğerden uzak, dorsal aortaya doğru değiştirir. Dorsal aortanın terminal dalları kanı embriyoda fetal solunum organı (Plasenta)'na götürür.

Memelilerin çoğunda iki prekava (müşterek kardinal venler), temel plana uygun olarak interjugular ve subklavian venleri aldıktan sonra sağ atriuma boşalırlar. Bazı memelilerde (balinalar, karnivorlar, primatlar ve benzerlerinde) sol prekava kaybolur ve (koroner sinüs halini alan bir kısmı hariç) kanın yönü sol prekavadan sağ prekavaya doğru değişir (Şekil 11-23). Azigos ve hemiazigos venler kaburgalar arası boşluklardan kanı alır ve prekava'ya boşaltırlar. Prekavalardan kısmen prekardinal venleri temsil ederler.

Renal portal sistem embriyonik gelişme esnasında kısmen görülür ve monotrematlar hariç embriyonik mesonefrik boyunca kaybolur. Abdominal (umbilikal) akımı fetusa özgüdür. Postkava arka ekstremitelerden ve kuyruktan kanı toplayan tek damar haline gelir ve sağ atriumda, embriyonik sinüs venosus'un yerleştiği duvar bölgesinde sonlanır.



Şekil 11-23. İnsan ve kedide temel anterior venlerin ventralden görünüşü. Kesik çizgiler yok olan damarları göstermektedir. Bu damarlar bazen ergin memelilerde kediler, domuz ve insan dahil bir anormallik olarak kalırlar. Bu damarları Şekil 11-21'de verilen tavşaninkilerle karşılaştırın.

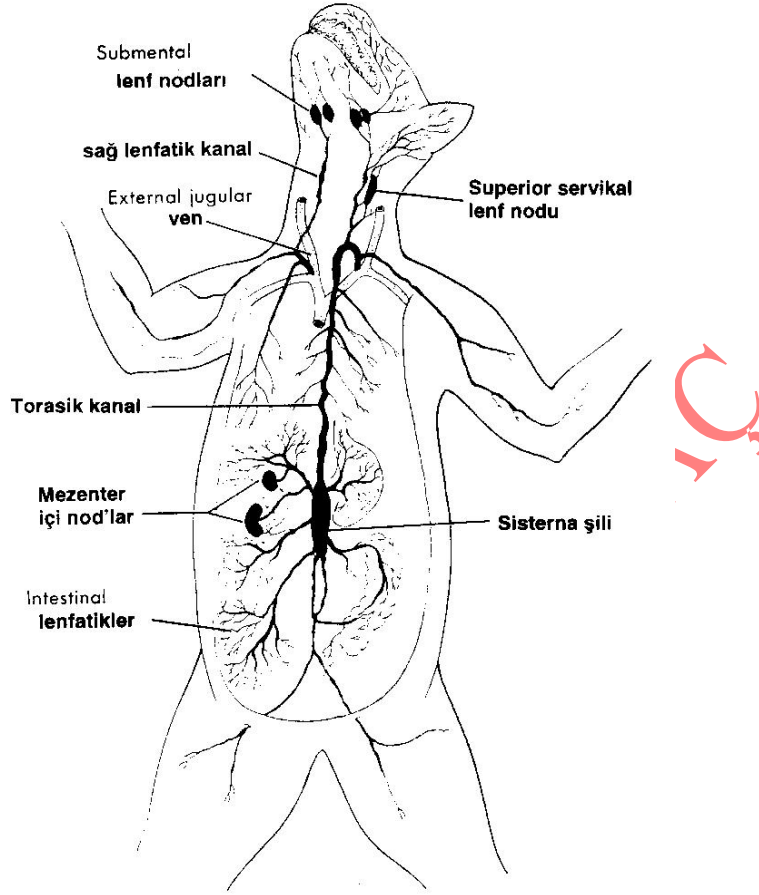
LENF SİSTEMİ

Lenf sistemi, damarlardan akan bir sıvı ve ilişkili olduğu organlar bakımından kan dolaşım sistemine benzer (Şekil 11-24). Sadece büyük bir fark vardır. Lenf sadece bir yöne yani kalbe doğru akar.

Lenfatik sistem tüm omurgalılarda ince duvarlı **lenf damarları** ile kuşlarda ve memelilerde lenfatik akım boyunca aralarda yer alan **lenf nodülleri**'nden ibarettir. Lenf damarları vücudun hemen tüm yumuşak dokularına girerler ve doku arası sıvıyı toplamak üzere **lenf kapillerleri** ile başlarlar. Lenf kapillerlerinin içinde hücreler arası boşluklardan toplanan ve **lenf** adını alan renksiz veya soluk sarı renkte, metabolitler ve salgılar içeren bir sıvı dolaşır.

Herhangi bir bölgedeki lenf miktarı o yerin belirli zamanlardaki metabolik aktivitesini gösterir. Farklı bölgelerdeki lenf ardışık olarak yer alan daha büyük damarlara açılır. En büyük damarlar sıklıkla fakat genel bir kural olmamak üzere kalbe yakın yerde kan dolaşım sisteminin bir veya daha çok venine boşalırlar. Büyük lenfatik damarların duvarları düz kaslarla güçlendirilmişlerdir ve en büyükleri venlere benzemelerine rağmen çapları uniform değildir. İnce barsak villuslarındaki lenfatikler yemekten sonra barsak tarafından emilen yağ globüllerini toplarlar. Eğer yemek özellikle yağlı ise bu damarlardaki lenf süt görünümündedir. Bu nedenle barsak villuslarındaki lenfatikler **lakteal** ve içlerindeki lenf de **şili** (özsü) olarak adlandırılır. Siklostomatlar, kıkırdaklı balıklar, hatta insandaki lenfatiklerin bazıları lenften başka kırmızı kan hücrelerini de içerirler. Bu venlerdeki bu tip sıvı **hemolenf** olarak adlandırılır.

Lenf nodları (düğümüleri) lenf kanalları boyunca özellikle çeşitli kanalların birbirleri ile karıştıkları yerlerde yer alırlar. Toplu iğne başı kadar büyük olabilirler veya boy ve çapları bakımından birkaç cm. boyutta olabilirler. Bunlar yuvarlaklaşmış bezler halinde olup insanda boyunda, koltuk altlarında ve kasıklarda yer alırlar ve elle hissedilebilirler. Lenf nodülleri çok miktarda lenfositleri çevreleyen bağ dokusu lifleri içerir. Bu bağ dokusu aynı zamanda fagositik hücrelerle astarlanmış sinüsoidal geçitleri de sarar. Lenf, çeşitli afferent limfatikler yoluyla noda girer, sinüsoidal boşluklar boyunca süzülür ve tek büyük efferent limfatikle nodu terkeder. Lenf nodülleri, bakterileri ve diğer yabancı partikülleri tahrip ederek veya içlerine alarak



Şekil 11-24. Memelilerin yüzeysel ve derinde olan lenf kanallarının birkaçı kalbe yakın olan büyük boyun venleri noktali gösterilmiştir.

hastalıklara karşı bir koruma sağlarlar. Bu bakımdan hücrelerarası sıvı için bir süzgeç yatağı görevi yaparlar ve böylece süzülen sıvı genel dolaşıma katılmış olur. Buna ek olarak nodlar tymus bezi tarafından oluşturulan büyük miktarda özel hücreler içerirler ve bu hücreler antijenlerle uyarıldıkları zaman, antikor oluştururlar.

Lenf kanalları, kuşlarda ve memelilerde geri akışı önlemek üzere fibröz kapakçıklarla donatılmışlardır. Bu kapakçıklar aynı zamanda büyük lenf kanallarından venlere geçişi dengeleyebilirler. Balık, amfibi ve reptillerde kas kasılması ile çırpılan ve lenf kanalları boyunca stratejik yerlerde konumlanmış **lenf kalpleri** vardır. Kurbağalarda 4 çift lenf kalbi vardır. İki kalça bölgesinde ikisi de skapulaların altındadır. Urodel'lerde 16 çift, Sösilid'lerde ise bu sayı 100 çift kadardır. Amfibiler diğer omurgalılara oranla suya daha çok bağıllık gösterdikleri için lenf kalpleri büyük hacimdeki sıvıyı aktarırlar.

Lenfin akışı lenf kalplerinin çarpması dışında çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler gelen sıvının basıncı, büyük kanalların kaslı duvarlarının kasılması, etraflarındaki iskelet kaslarının kasılması, lenfatikleri ve içlerindeki sıvıyı damarlar boyunca sıkıştıran iç organların hareketi ile kuş ve memelilerdeki solunum hareketleridir.

Bazı yerlerde lenf kanalları sinüs şeklinde gelişirler. Bu gibi sinüsler kurbağada deri altında **subkutenos lenf sinüsleri**, kurbağaların **sublingual sinüs keseleri** (lenf ile birden bire doldıkları zaman dilin dışarı ok gibi fırlamasını sağlarlar) ve çoğu yüksek omurgalıda abdominal boşlukta yer alan ve lakteallerden özsu toplayan "**sisterna şili**"dir. Bu sinüslerden ve diğer lenf sinüslerinden büyük lenfatikler çıkar ve uygun bir vende sonlanırlar.

Aşağı omurgalılarda lenf kanalları türe bağlı olarak kaudal, iliak, subklavian ve postkardinal venler gibi bir veya daha büyük venlere boşalırlar. Memelilerin çoğunda iki büyük lenf kanalı vardır. Birisi **torasik kanal** olup sisterna şili'den başlar ve abdomen, başın sol yan tarafı, boyun, toraks ve sol omuz ve sol koldaki lenfi boşaltır. Diğeri **sağ lenfatik kanal** olup, başın sağ tarafı, boyun, toraks ve sağ omuz ile sol koldaki lenfi boşaltır (Şekil 11-24) Her biri kendi tarafındaki subklavian vene veya brankiosefalik veya external jugular gibi komşu vene boşalır. Kuşların ve birkaç memelinin tek sisterna şili'den açılan iki torasik kanalı vardır.

Her ne kadar lenf nodülleri balıklarda, kuyruklu amfibilerde veya reptillerde tanımlanmamışsa da **lenf kütleleri** tüm omurgalılarda bütün vücut boyunca saçılmış haldedir. Lenf bu kütleler'e boşalmaz ancak lenf kapillerleri vasıtasıyla bu kütlelerden boşaltılır. Lenfoid kütleler sölomik mezenterlerde çeşitli sayıdadır. Dalak bu tür kütlelerin en büyüğüdür. Siklostomatlarda bulunmaz. Diğer kütleler, memelilerde sindirim kanalının en üst ucunda yer alan bademcikler, timus (yutak türevi), amniotların ince barsak mukozasındaki Peyer's yamacıkları ile kuşlardaki bursa Fabricii'dir.