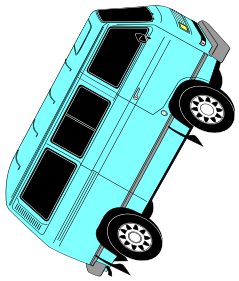
Dolaşım sistemi

Doç. Dr. Hasan KOÇ

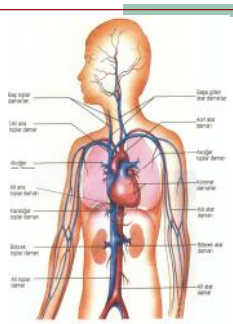
Dolaşım sisteminin fonksiyonları

- Sindirim sisteminde temel yapı taşlarına kadar parçalanmış besin maddeleri ile dış ortamdan alınan O_2 ve iç salgı bezlerinde üretilen hormonların doku ve hücrelere taşınması,
- Metabolizma sonucu ortaya çıkan CO_2 ve proteinlerin parçalanması ile meydana gelen azotlu artıkların (üre gibi) dış ortama atılabilmesi için belirli boşaltım ve solunum organlarına taşınması,
- Ayrıca yüksek omurgalılarda metabolizma sonucu meydana gelen ısının ve dışarıdan alınan suyun vücuda dengeli bir şekilde yayılması.

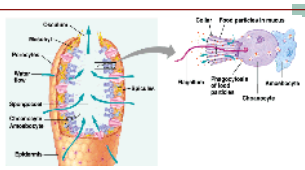


Dolaşım sisteminin unsurları

- ✓ Dolaşan bir sıvı / Kan
- ✓ Dolaşım yolları / Kan damarları
- ✓ Dolaşım sıvısını dolaşım yollarına itecek bir pompa / Kalp
- Bu üç elemanın bir arada bulunuşu en iyi bir şekilde omurgalılarda görülür.
- Omurgasızlarda bir ya da ikisi eksik olabilir.
  - Porifera
  - Coelenterata
  - Plathelminthes
- Yukarıdaki şubelerde ise taşıma işlemi gören bir organ gelişmemiştir.



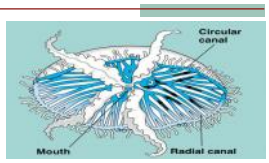
Süngerlerde dolaşım

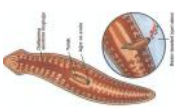


- Meşenşim tabakası (mesoglea) içinde yer alan amabosit hücreleri ile gerçekleşir.
- Amabositler, jelatinimsi yapıda olan mezenşim tabakası içinde kolayca hareket edebilir.
- Deniz suyu içinde bulunan besin maddeleri, süngerlerin porlarından girerek osculum boşluğunun iç yüzeyindeki koanositler tarafından yakalanır.
- Besin maddeleri koanosit hücrelerinde sindirildikten sonra amabositlere geçer ve sindirim burada devam eder.
- Sindirilmiş olan besinler amabositler tarafından vücudun çeşitli bölgelerine taşınır.

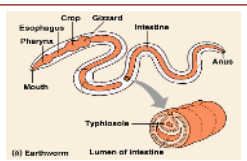
Sölenterler ve yassı kurtlarda dolaşım

- Sölenterlerin bir çoğunda deniz anasında olduğu gibi bir gastrovasküler boşluk vardır.
- Bu boşluktan vücudun çeşitli taraflarına oldukça ince kanallar uzanır.
- Gastral boşluktan alınan besin maddeleri doğrudan doğruya bu boşluğun kanalları ile vücudun her yerine ulaştırılır.
- Yassı kurtlardan *Planaria*'da anüsü olmayan bir sindirim sistemi söz konusudur.
- Bu sistem vücudun parankim hücreleri arasında iyice dallanmış durumdadır.
- Sindirilmiş besin maddeleri bu sistem ile çeşitli kısımlara ulaştırılır.





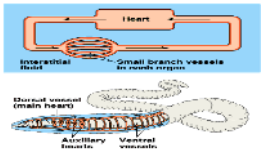
Yuvarlak kurtlarda dolaşım



- Bu hayvanlarda ağızla başlayan ve anüsle biten gerçek bir sindirim sistemi bulunur.
- Sindirim borusu duvarı ile vücut duvarı arasında mezenşim orjinli olmayan sıvı dolu bir vücut boşluğu bulunur (yalancı sölom: pseudocoel).
- Yalancı sölomu kuşatan kas-epitel tabakası sayesinde vücut kıvrılıp bükülebilir.
- Bu hareketle hayvan yer değiştirirken vücut boşluğundaki sıvı sayesinde de sindirilmiş besinler az çok yer değiştirir.

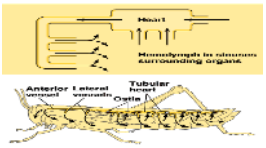
Halkalı solucanlarda dolaşım

- Dolaşımın unsurlarından ikisi, yani iyi bir damar sistemi ve dolaşım sıvısına sahiptirler.
  - Hatta bu sıvı içinde erimiş halde hemoglobin dahi bulunmaktadır.
  - Ancak hemoglobin kan hücreleri içinde değil plazmada erimiş haldedir.
  - Tüm bunlara karşılık iyi gelişmiş kalpleri yoktur. Sadece dorsal ve ventral damarları birleştiren bazı halka damarlarda şişkin yapılar bulunur. Bunların kontraksiyon yetenekleri fazladır. Bir pompa gibi iş görür.
- Annelidlerde dorsal damarda kan arkadan öne, vetral damarda ise önden arkaya doğru akar.
- Bu da omurgalılardaki dolaşımın tersidir
- Kapalı bir dolaşım sistemine sahiptirler.

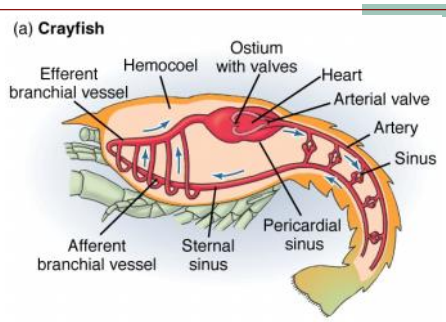


Eklembacaklılarda dolaşım

- Bunlarda iyi gelişmiş damar sistemi yoktur.
- Vücut sıvısı veya kan kısmen damarlarda kısmen de sinus adı verilen boşluklarda dolaşır.
- Eklembacakların çoğunda iyi gelişmiş bir kalp vardır.
  - Örneğin hamam böceğinin sırt tarafında iç içe geçmiş odacıklardan oluşan bir kalp bulunur.
  - Bu kalpten öne doğru uzanan aorta çıkar.
  - Odacıkların üstünde bir çift ostium bulunur.
  - Vücut boşluklarında dolaşan kan ostiumlardan kalbe girer.
- Kanın kısmen damarlarda kısmen de sinuslarda dolaşmasına açık dolaşım denir.
- Arthropoda filumunun Crustacea ve Insecta sınıflarında dolaşım sistemleri farklıdır.
  - Crustacea'da dolaşan sıvının solunum gazlarının taşınmasında fonksiyonu olduğu halde Insecta'da kanın böyle bir fonksiyonu yoktur.
  - Crustacea'da Decapoda'da dolaşım sistemi daha gelişmiştir. Çünkü gerçek anlamda kanla oksijen taşınması ilk defa bu hayvanlarda görülmektedir.

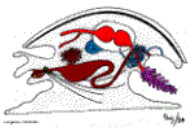


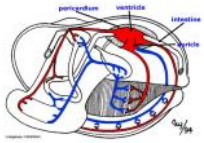
Eklembacaklılarda dolaşım



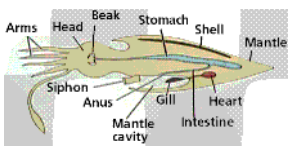
Yumuşakçalarda dolaşım

- Bunlarda da dolaşım sistemi tam teşekkür etmemiştir.
- Eklembacaklılarınkine benzer.
- Kan kısmen damarlarda, kısmen de dokular arası boşluklarda dolaşır.
  - Buna karşın çoğunda oldukça tipik ve gelişmiş bir kalp bulunur.
  - Kalpleri iki gözlüdür (1 atrium ve 1 ventrikul)
  - Bazılarında atriumlar 2 tanedir.
- Solunum pigmenti daha az oksijen taşıyan hemosiyanin, (Gastropoda ve Bivalvia), nadiren hemoglobin.





Yumuşakçalarda dolaşım

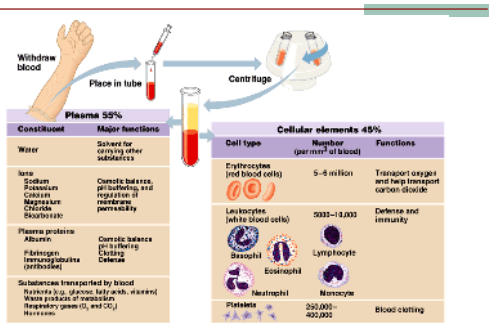


Omurgalılarda dolaşım

Omurgalılarda dolaşım sıvısı

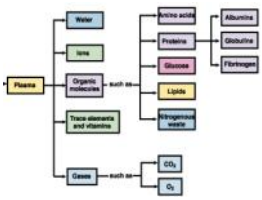
- İnsan ve diğer memeli gruplarında kan hafifçe kaygan olup kolayca köpürebilir.
- Yığınlar halinde görülebilir ve şeffaf değildir.
- Büyük arterlerde parlak kırmızı, venalarda ise mor renklidir.
- Reaksiyonu alkalidir. İnsanda pH= 7,35-7,45 arasındadır.
- Yoğunluğu ortalama 1, 057. Kolera gibi hastalıkalrda 1, 070, kansızlıkta ise 1, 025'dir.
- Osmatik basıncı 6-7 atm'dir. Kanın kendine özgü tuzlu bir tadı vekaraktersitik bir kokusu vardır. Bu koku plazmada bulunan yağ asitlerinden ileri gelir. Bir çeşit ter kokusunu andırır. Kan kokusu türlere göre ve cinsiyete göre de değişebilir.
- Kan, plazma ve kan hücrelerinden meydana gelir.

Kanın bileşimi



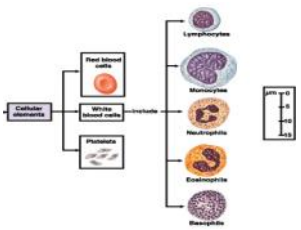
Plazma

- Plazma hemen hemen renksiz ve % 90'ı sudur. Anorganik tuzlar bulunur.
- Katyon olarak Na^+, Ca^{++}, K^+, Mg^{++}; anyon olarak da fosfatlar, bikarbonatlar mevcuttu.
- Bunlardan başka glikoz ve çeşitli proteinler bulunur. (fibrinojen, albümin ve globülin).
- Metabolizma artıklarından üre, ürik asit,
- Solunum gazlarından O_2 ve CO_2
- Ayrıca hormonlar bulunur.

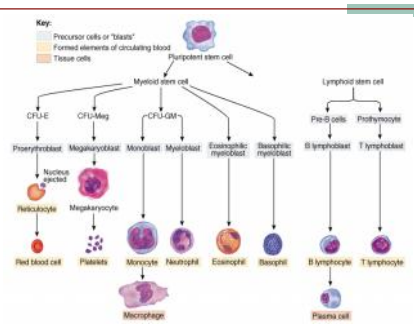


Kan hücreleri

- Eritrositler (Alyuvarlar)
- Lökositler (Akyuvarlar)
- Trombositler (Kan pulcukları)



Kan hücrelerinin meydana gelişi



Eritrositler

- Kana kırmızı rengini veren alyuvarlar omurgalı kanının özel elemanlarıdır.
- Bu hücreler ilk kez 1658'de Swammerdan tarafından kurbağa kanında keşfedilmiş,
- İnsanda ise Malpighi ve Leewenhoek tarafından keşfedilerek "kırmızı küreler" adı verilmiştir.

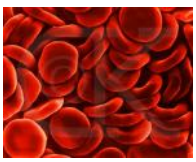
Eritrositlerin morfolojisi

- Kandaki miktarları türlere göre değişiklik gösterir.
  - Bir mm3 insan kanında erkeklerde 5,4 milyon, kadınlarda 4,8 milyon kadar alyuvar bulunur.
  - Bu sayı aynı miktar tavuk kanında 3,5 milyon
  - Kedi kanında 9,1 milyon, keçi kanında ise 14 milyondur.
  - Bununla birlikte alyuvarların kandaki miktarları vücudun ihtiyacına göre artar veya azalabilir.
  - Havasında az miktarda Oksijen bulunan yüksek rakımlarda alyuvar sayısı artar.
- Alyuvarlar, hipotonik bir ortamda su alarak şişer ve küre şeklini alırlar. Hipertonik bir ortamda ise içlerindeki suyu dışarı vererek dikenli bir hal alırlar.
  - Alyuvarların bu özelliğinden yararlanarak onların osmotik başınçları bulunabilir. Bu da bazı hastalıkların teşhisinde kullanılmaktadır.
  - Hemolitik anemilerde eritrositlerin osmotik direnci azalır.
- Alyuvarların şekilleri ayrıca hayvan türlerine göre de değişir.
  - İnsan dahi bir çok memelide madeni paralar gibi yuvarlak-yassı diskler şeklindedir. Bunların orta kısımları içeriye doğru basıktır (Bikonkavdır).
  - Ancak deve ve Lama'da oval şekilli bikonkavdır.
  - Kuş, sürüngen, amfibi ve balıklarda oval şekilli ve bikonvekstir.

Eritrositlerin morfolojisi

- Alyuvarların büyüklükleri de farklılık gösterir.
  - Eritrositlerin büyüklükleri ile kandaki miktarları arasında ters bir orantı vardır.
  - En büyük alyuvarlar tavukta, en küçükleri ise keçide rastlanır.
- Kuş, sürüngen, amfibi ve balıklarda alyuvarlar çekirdekli. Çekirdek hücrenin şekline uygun olacak şekilde oval yapıdadır.
- Memelilerde ise olgun alyuvarlar hemoglobine daha fazla yer açmak için çekirdeklerini kaybederler (Camelidae çekirdeklidir).

Memeli	Çapı (µm)	Sayısı (10^6/ mm^3)
Fil	9.1	
Balina	8.2	
İnsan	7.5	E: 5.4; K:4.8
Köpek	7.3	6.8 (5.5-8.5)
Kobay	7.0	9 (8.0-12.0)
At	5.7	9.5 (6.5-12.5)



Eritrositlerin kimyasal yapıları

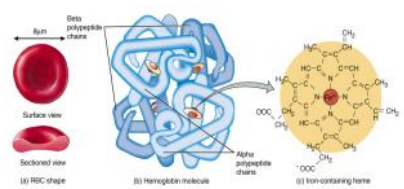
- Eritrositlerin % 67'si su geri kalanı kuru maddedir.
- Kuru maddeler arasında
  - Madensel tuzlar (bilhassa K^+)
  - Organik maddeler
    - Hemoglobin (% 28)
    - Üre (% 0.25)
    - Diğer proteinler (% 2)
    - Glikoz (% 0.75)
    - Yağ (%0.3) (Bilhassa lesitin ve kolesterol)
- Eritrositlerin hücre zarları "sıvı mozaik zar modeli yapısındadır.

Eritrositlerin stroması

- Eritrositlerin stroması protein ve fosfolipitlerce zengindir.
- Proteinler,
  - bilhassa arginin, sistin, histidin, lisin, metionin, triosin ve triptofan amino asitlerini
- Fosfolipitler ise
  - Sefalin, sfingomiyelin ve lesitin içerir.
- Ayrıca az miktarda gliserol ve potasyumca zengin mineral tuzlar da bulunur.
- Omurgalılarda globin bulunur (ancak bazı omurgasızlarda plazma içinde serbest)

Eritrositlerin stroması

- Hemoglobin stromanın gözenekleri arasına yerleşmiştir.



- HbA %96
- HbA_2 %2
- HbF %2
- HbA 2α, 2β
- HbA_2 2α, 2Δ
- HbF 2α, 2Ω

Eritrositlerin fiziksel özellikleri

- Geçirgenlik
  - Eritrosit membranı seçici yarı geçirgen özelliktedir.
- Agglutinasyon (yapışma) özellikleri
  - Normalde (-) yüklü alyuvarlar, (+) yüklü plazmada süspansiyon halinde bulunur. Ancak lam ile lamel arasında ve bazı patolojik hastalıklarda kılcal damarlarda birbirine yapışarak yığınlar oluşturabilirler.
- Esneklik (elastisite)
  - Mikrodiseksiyon ile mikroskop altında incelendiğinde eritrositlerin büyük esnekliğe sahip olduğu anlaşılır. Şekli bozulan bir eritrosit anında eski haline dönebilir.
- Sedimentasyon (çökelme)
  - Vücut dışında pıhtılaşması engellenmiş kan, bir tüp içine konulursa yavaş yavaş çöker. Buna çökelme hızı denir.
  - Damar içinde eritrosit yüzeyinin genişliği ve plazmanın vizkozitesi çökelmeyi engeller.
  - Çökelme hızı, eritrositlerin sayılarına, plazmadaki a ve b globulin ile fibrinojen miktarına bağlıdır.
  - Eklem romatizması ve tüberküloz gibi hastalıklarda fibrinojen miktarı artar ve buna bağlı olarak sedimentasyon artar.
- Hemoliz
  - Eritrositler hipotonik bir ortama konulduğunda su alarak şişerler. Sonunda membranları yırtılıp, hemoglobin dışarı çıkar. Hemoglobinin dışarı çıkmasına hemoliz denir.
  - Hemoliz bazı patalojik durumlarda da görülebilir.

Eritrositlerin yaşam süreleri

- Alyuvarların ömrü 120 gün kadardır. Yaşlanan alyuvarlar dalakta makrofajlar tarafından ortadan kaldırılır.
- Yaşlı alyuvar zarında sialik asit molekülünün azalması, bu hücrelerin dalak, karaciğer ve kemik iliği makrofajları tarafından kolayca tanınarak fagositoz edilmesine neden olur.
- Makrofajların parçaladığı alyuvarlardan açığa çıkan hemoglobin, hem ve globine ayrılır.
- Globin protein metabolizmasında kullanılmak üzere amino asitlere dönüşürken; hem, demir ve biliverdine parçalanır.
- Demir plazma transferrini ile tekrar kemik iliğine taşınır. Biliverdinin bir kısmı karaciğer tarafından bilirubine dönüştürülür.
- Biliverdin ve bilirubin safra pigmentleri olarak bağırsağa verilir.

Lökositler

- Hemoglobin taşımadıklarından renksiz olan bu hücreler metazoonların kan ve lenfinde bulunur.
- Bağımsız hareket etme özelliklerine sahip olduklarından uzun süre bunlara parazit gözüyle bakılmıştır.
- Kan içerisinde yuvarlak veya küremsi şekilde bulunurken, doku içinde veya katı bir ortamda amip gibi hareket ederler.
- Bir mm^3 insan kanındaki normal lökosit sayısı 5000–9000 kadardır.
  - Bu sayı yaşlı ve genç kişilerde değişiklik gösterdiği gibi (gençlerde yaşlılardan daha fazla), aynı kişide günün değişik zamanlarında da farklı olabilir.
  - Patolojik olarak lökositlerin artmasına **lökositoz**, azalmasına da **lökopeni** adı verilir.
  - Apandisit zatürree ve benzeri akut enfeksiyonlarda lökosit sayısı $1mm^3$ kanda 20.000 – 40.000 kadar olur.
  - Lökosit miktarı sindirim sırasında ve aktif hareketlerden sonra artar. Sayılarının 1 mm^3 kanda 500'ün altına düşmesi ölüme yol açar.
- Granülositler ve Agranülositler olmak üzere 2 gruba ayrılırlar.

Agranülositler

- Lenfositler ve monositler olmak üzere 2 tiptir.
  - Lenfositler
    - Çoğunlukla lenfoid dokularda, yani lenf gangliyonlarında, dalakta ve barsaklarda Peyer plaklarında ve kısmen de kemik iliğinden meydana gelirler.
    - Boyları 8-9 µm
    - Lökositlerin % 22-25'sidir.
  - Monositler
    - Retikolo-endotelyal sistemden meydana gelirler.
    - Lenfositlerden daha büyük ve büyük bir çekirdeğe sahiptirler.
    - Lökositlerin % 4-8'ini oluşturur.

Granülositler

- Eritrositler gibi kemik iliğinde bulunan miyoblast denilen büyük hücrelerden meydana gelirler. Boyanmalarına göre 3 tip granülosit vardır.
  - Nötrofil granülositler:
    - Lokositlerin % 55-65'ini oluşturur.
    - Patojenik bakteri enfeksiyonlarında vücut savunmasında ilk işlev gören hücrelerdir. Esas görevi fagositoz ve mikroorganizmaların yok edilmesidir.
  - Eozinofil granülositler:
    - Tüm lokositlerin % 2-4'ünü oluştururlar.
    - Bunlar antijen-antikor komplekslerinin ortadan kaldırılmasını ve parazitlerin yok edilmesinde işlev görür.
  - Bazofil granülositler:
    - Toplam lökositlerin %1'inden de azdır.
    - Bazofiller de mast hücreleri gibi anafilakside önemli rol oynar.

Lökositlerin fiziksel özellikleri

- En önemli özellikleri amaboid hareket ve kemotaksi yapabilme özellikleridir.
  - Amaboid
    - Genelde nötrofil ve monositlerde görülen amoboid hareket yalnız damar içinde değil, kapillerlerin endotel hücreleri arasında da meydana gelir.
    - Bu şekilde lökositlerin dolaşım sistemini terk ederek organizmanın herhangi bir yerinde toplanmasına "diapedez" adı verilir.
    - Lökositler pseudopodlarını yalnız hareket etmek için çıkarmazlar. Temas ettikleri mikrop ve antijenleri kuşatır ve hücrelerinin içine çekerek sindirirler.
    - Fagositoz denilen bu olayı yapabildiklerinden lökositlere "fagosit" adı da verilir.
  - Kemotaksis
    - Lökositlerin hareket yönü kimyasal faktörlerle kontrol edilir.
    - Lökositlerin, mikropların veya bunların atık maddelerinin bulunduğu yerde toplanması sonucu oluşan sarımsı sıvı kümesine "irin" denir.

Kan pulcukları

- Kanın şekilli elemanlarının en küçüğüdür. İnsandakiler 2-3 µm büyüklüğünde, rensiz ve ışığı az kırıcı, yuvarlak, disk veya küre şeklinde olup şekilleri kolayca değişebilir.
- Merkez kısımlarında asit boyalarla boyanabilen taneciklere sahiptir. Azurofiller denmesinin sebebi budur.
- Memeli trombositleri çekirdek taşımadıkları için **tromboplastit** veya **kan pulcukları** olarak adlandırılır.
- Balık, kurbağa, sürüngen ve kuşlarda çekirdekli olan bu hücreler, megakaryosit denilen hücrelerinden sitoplazma parçalarının kopmasından oluşur.
- İnsan kanında 1 mm3 de 150 000 – 350 000 kadar bulunurlar. Açlık ve enfeksiyon durumlarında trombosit sayısı azalır (Trombopeni)

Kanın pıhtılaşması

- Kan damarlarının çeperlerinde bulunan kollagen lifler, pıhtılaşma olayı için bir odak noktası oluştururlar. Kan pıhtısının o noktoya tutunmasını sağlar.
- Kümeleşen trombositler serotonin salgılayarak kan damarlarının büzülmesine ve dolayısı ile kan kaybının önlenmesine yardımcı olur.
- Serotonin de trombositlerden ADP (adenozin difosfat)'ın serbest kalmasına neden olur. Serbest bırakılan ADP, trombositlerin tekrar kümeleşmesini ve ADP saliverilmesini sağlar.
- Böylece bir kümeleşme dalgası ortaya çıkar. Kümeleşme dalgasının her safasına ayrıca Ca^{++} iyonları da katılır.

Kanın pıhtılaşması (koagulasyon)

- Kümeleşmiş trombositler Ca^{++} iyonlarıy-la irlikte ototrombin (tromboblastin) oluşmasına;
- Oluşan ototrombin ise Ca^{++} iyonları ile birlikte kandaki protrombini trombine;
- Trombin de kanda erimiş halde bulunan şekilsiz fibrinojeni şekilli fibrin fibrilleri dönüştürür.
- Fibrin ve alyuvarlar kan pıhtısını oluştururlar.
- Yara onarıldıktan sonra işi biten pıhtı kalp ve beyindeki damarlara ulaşmadan kontrol altına alınması gerekir.
- Bu kontrol, fibrin ağını parçalayan plazmin veya fibrinolizin adlı enzim tarafından sağlanır.

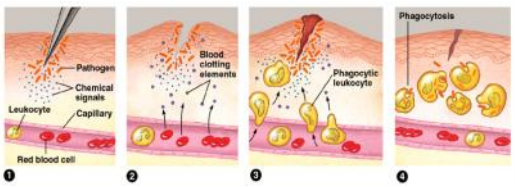
- Faz I: Damarların kontraksiyonu
  - Kan akımını azaltmak için, yaralanan damarın kontraksiyonla daralmasıdır
- Faz II: Trombosit tıkacı oluşması
  - Yaralanma yerinde gevşek bir trombosit tıkacı veya beyaz trombüs oluşur
- Faz III: Fibrin ağı (pıhtı) oluşması
  - Kan pıhtılaşması, eritrositler ve fibrinden zengin üçüncü tip bir trombüs olan kırmızı trombüsün oluşmasıdır
- Faz IV: fibrinoliz (fibrin ağının çözülmesi).

Kanın pıhtılaşması (koagulasyon)

- **Damar bütünlüğünün bozulmasına bağlı olarak meydana gelen kanama-nın durmasında pek çok faktör etkilidir. Bunlar:**
  - Kan damarları
  - Doku faktörleri
  - Plazma faktörleri
  - Trombositler

I → Fibrinojen
II → Protrombin
III → Doku tromoplastini
IV → Kalsiyum
V → Proakselerin
VII → Prokonvertin
VIII → Antihemofilik Globulin (AHG)
IX → Christmas Faktörü, PTC
X → Stuart-Prower faktörü
XI → Plazma tromboplastin antesadanı
XII → Hageman Faktörü
XIII → Fibrin stabilize edici faktör

Kanın pıhtılaşması (koagulasyon)



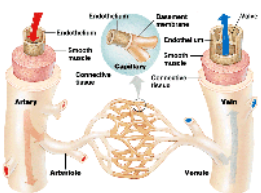
Kandaki gazlar

- Kanda bol miktarda O_2 ve CO_2, az miktarda da N_2 mevcuttur.
- Bu gazların miktarları arter veya vena kanına bağlı olarak da değişir.

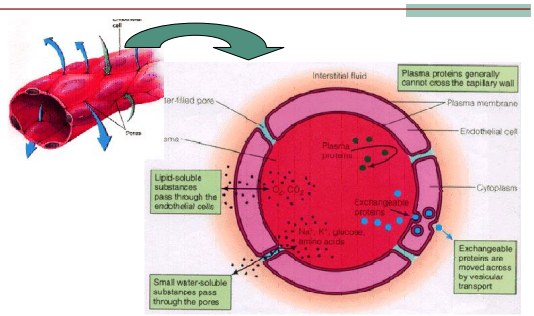
Kan tipi	O_2 (ml)	CO_2 (ml)	N_2 (ml)
Arter kanı (100 ml)	20	45	1
Vena kanı (100 ml)	12	56	1

Kan damarları

- **Atardamarlar (arterler):** Kalpten periferik organlara ve kılcal damarlara kanı ileten damar. Hemen her zaman O_2 zengindirler (Akciğer atardamarı hariç). Kan basıncı yüksektir.
- **Toplardamarlar (venler):** Kılcal damarlardan kanı toplayan ve kalbe getiren damarlardır. CO_2 zengin kan taşırlar (Akciğer toplardamarı hariç). Kan basıncı ve akımı düşüktür.
- **Kılcal damarlar (kapiller):** Bunlar arterlerin en uç dallarıdır. Ancak yapısal ve işlevsel özellikleri farklıdır. İnce çaplı ve ince duvarlı damarlardır. Kapillerde kan basıncı ve akımı düşer. Bu özelliklerle kan ve hücreler arasındaki alış-veriş için yeterli zaman sağlanır.

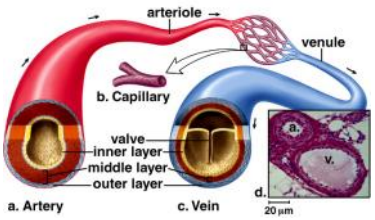


Kapiller damarlarda transport



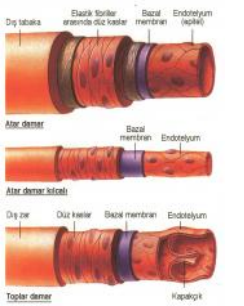
Kan Damarları

Arterler | Kapillerler | Venler



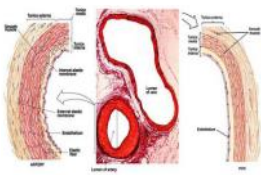
Kan damarlarının yapısı

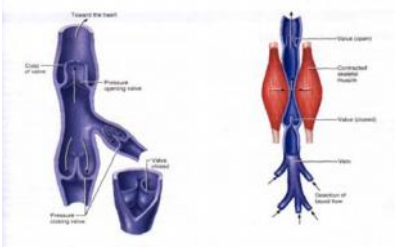
- **Kılcal damarlar (kapiller):** Endotel denen tek sıra hücre tabakası ile sarılmıştır. Çeperleri, kan ve dokular arasında besin, gaz ve metabolizma atıklarının difüzyonu sağlayacak derecede incedir.
- **Atardamarlar (arterler):** Kalın olan çeperleri dıştan içe doğru 3 tabakadan oluşur.
  - Dış (Tunica adventia)
  - Orta (Tunica media): Düz kaslardan oluşur. Kasılma ve gevşeme impulsları göndere 2 tip sinir uzanır.
  - İç (Tunia intima)
- **Toplardamarlar (venler):** arterlerde olduğu gibi 3 tabakadan oluşmuştur. Ancak kas fibrillerinin bulunduğu orta tabaka daha ince olup arterlerdeki iç tabakada yer alan elastik tabaka da bulunmaz.



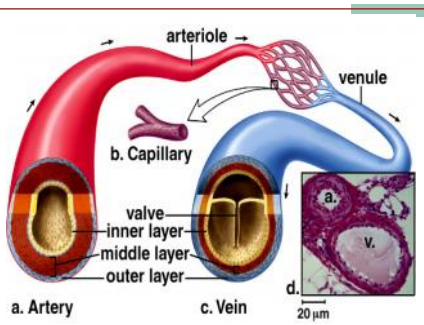
Arter ve venlerin anatomisi

- Tunica interna
  - CT elastin and collagen
  - Protects, Strengthens, Anchors
  - Vasa vasorum
- Tunica media
  - Circular Smooth Muscle
  - Collagen & Elastic Fibers
  - Vaso-constriction/dilation
- Tunica intima
  - Basement membrane
  - Endothelium – simple squamous
  - Endothelial function - Vasoactive / Minimizes friction
- Lumen



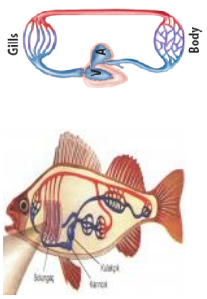


Kan damarlarının yapısı



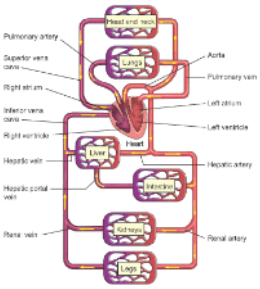
Omurgalılarda dolaşım

- Kapalı dolaşım olup iki tipe ayrılır.
- Bunlardan birincisi balıklarda (Pisces) görülen tek dolaşımdır.
  - Toplardamarlardan kalbin atriumuna (kulakcık) gelen kirli kan buradan ventrikulusa (karıncık) geçer.
  - Venrikulusun kontraksiyonu ile kan sırasıyla
    - Conus arteriosus'a ve Ventral Aorta,
    - Buradan da temizlenmek üzere solungaçlara geçer
    - Solungaçlarda temizlenen kan Dorsal Aorta, oradan da çeşitli doku ve organlardaki kılcal damarlara,
    - Kılcal damarlardan da venalar yardımıyla kalbe tekrar geri döner.
- Kan basıncı sürtünmeden dolayı gittikçe azalır. Solungaç kılcalların-dan ve vücut çeperlerinden geçerken basınç oldukça düşer.

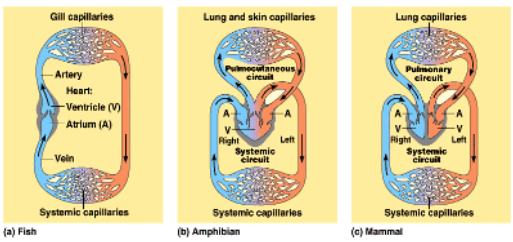


Omurgalılarda dolaşım

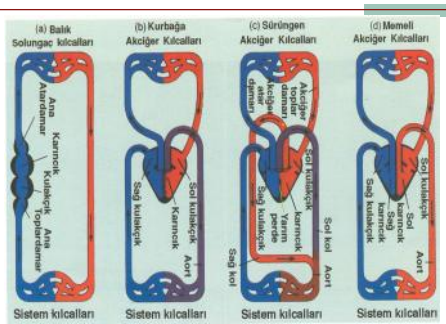
- Karada yaşayan tetrapodlarda dolaşım mekanizması daha iyi gelişmştir. Küçük ve büyük dolaşım adı verilen çift dolaşım sistemine sahiptirler.
  - Küçük dolaşım, kalp ile akciğerler arasında
  - Büyük dolaşım ise kalp ile vücut arasındadır.
- En gelişmiş dolaşım sistemi kuş ve memelilerde görülür
  - Kalp, 2 atrium ve 2 ventrikulusa sahip 4 odacıklıdır.



Omurgalılarda dolaşım

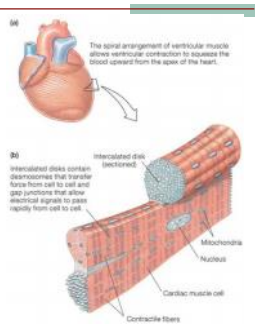


Omurgalılarda dolaşım

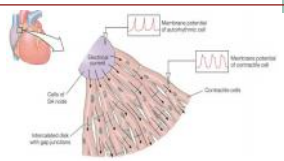


Kalbin anatomik yapısı

- Sürüngenlerden timsahlar ile kuş ve memelilerde kalp 4 odalı bir kas torbası şeklindedir.
- Kas lifleri kasıldığında içteki boşluklar daralır ve kan atardamarlara doğru fırlatılır.
- Kalpte 3 tip kas hücresi bulunur.
  - Kalpte impulsu yaratan ve ileten sistemin düğümleri olan Sinu-atrial düğüm (S-S düğümü) ve Atrio-ventrikular (A-V düğümü) hücreleri değişikliğe uğramış kas hücreleridir.Daha küçük ve kasılma yetenekleri çok azdır.
  - En iri kas hücreleri ventrikulusların içini astarlayan endokardiyumda bulunur. Bunların da kasılma yetenekleri azdır. İmpuls iletmek için özelleşmişlerdir.
  - Kalbin çalışmasını sağlayan esas kalp kası hücreleridir. Orta büyüklükte ve kuvvetli kasılma yeteneğindedirler. Merkezi bir çekirdek, çok fazla mitokondri içerir.



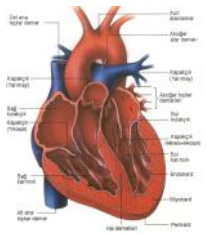
Kalbin anatomik yapısı



- Kalp kas hücreleri arasında çok sıkı özelleşmiş bağlantı vardır. Bu bağlantı yerlerinde iki hücre zarı düşük dirençli hücrelerarası geçit bölgeleri (Interkalar disk) kurmuşlardır. Kalp dokusunda yayılan impuls, hücrelerarası geçit bölgeleri yoluyla, hücreden hücreye kolayca geçer.
- Atrium kas hücreleri, anatomik ve fizyolojik yönden ventrikulus hücrelerinden farklıdır.
- Atriumların çeperleri, ventrikulus çeperlerine göre daha incedir.

Kalbin anatomik yapısı

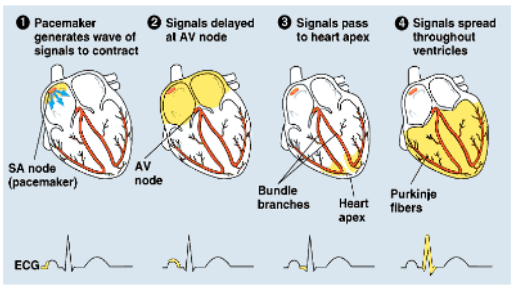
- Kalpte iki tip kapakçık bulunur.
- Birincisi iki atrium ile ventriku-luslar arasında
  - Trikuspit kapakçık: 3 dilimli olup sağ atrium ile sağ ventrikulus arasındadır.
  - Bikuspit kapakçık: 2 dilimli olup sol atrium ile sol ventrikulus arasındadır.
- İkinci tip kapakçıklar ise sağ ventrikulustan çıkan akciğer atardamarı ile sol ventrikulus-dan çıkan aortanın kaide kısımlarında kese gibi yarımay şeklindeki
  - Semilunar kapakçıklardır.



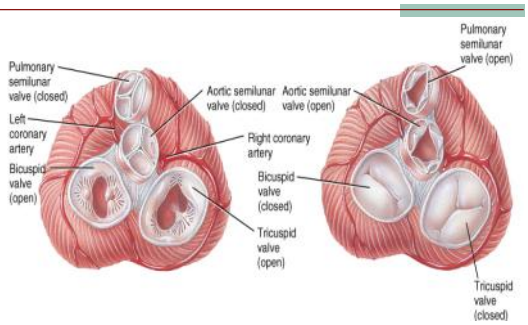
Kalbin çalışması – Kalp devri

- Kalp bir pompa gibi çalışır. Çalışmasında kasılma (sistol) ve gevşeme (diastol) olmak üzere iki safha ayırt edilir. İlk önce atrium'lar, sonra ventrikulus'lar diastole geçer.
- Diastol safhasını bir dinlenme takip eder. Dinlenme üçüncü bir safha olarak alınmaz; diastol'ün içinde incelenir. Kalp devri:
  - Diastolü izleyen kısa bir dinlenme esnasında toplar damarlardan gelen kanla atriumlar dolar ve bu esnada da kanın ventrikulus'a akması devam eder. Zira atrio-ventrikular kapaklar açıktır.
  - Daha sonra atriumların sistolü başlar ve atriumlardaki kanın hepsi ventrikuluslara geçer.
  - Atrium'ların sistolleri bittikten sonra, ventrikulus'ların sistolleri başlar ve bu sırada atrio-ventrikular kapaklar kapanır.
  - Ventrikulus içi basınç büyük arterlerdeki basınçtan fazladır. Akciğere giden pulmanal arterdeki basınç sağ ventrikulus basıncından düşük olduğundan semilunar kapaklar açılır ve kan akciğerlere doğru fırlatılır.
  - Diğer taraftan aorta'daki basınç sol ventrikulus'taki basınçtan düşük olduğundan semilunar kapaklar açılır ve kan arterlere doğru fırlatılır.
  - Ventrikulus'ların kontraksiyonu bitince semilunar kapaklar kapanır ve kanın kalbe dönmesi önlenir.
  - Bir müddet sonra atrium'larda toplanan kanın basıncı sonucu atrio-ventrikular kapaklar açılır. Kan ventrikulus'lara akmaya başlar. Kalp devrini tamamlamış olur.

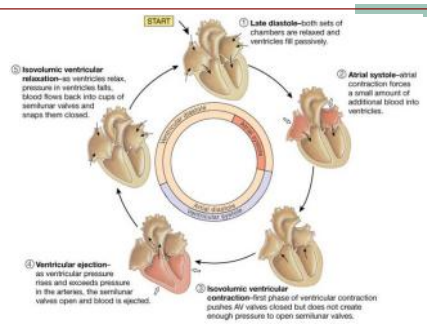
Kalbin çalışması – Kalp devri



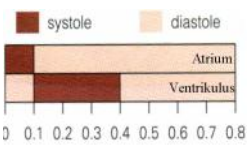
Kalbin çalışması – Kalp devri



Kalbin çalışması – Kalp devri



Kalbin çalışması – Kalp devri



Hayvan	dk'daki kalp devri
İstakoz	40-50 vuruş
Kelebek (*Sphinx* dinlenme)	30-60 vuruş
Daphnia (su piresi)	150 vuruş
Tavuk	150-180 vuruş
Fare	300-500 vuruş
İnsan	**75 (70-80)**

- **Atrial systol** **(0.1 saniye)**
- **Ventricular systol** **(0.3 saniye)**
- **Diastol** **(0.4 saniye)**

Total kalp devri: **0.8 saniye**

- **İnsanda kalbin devri**
  - Yaşa
  - Cinsiyete
  - Aktivite

durumuna göre değişir.

Kalbin otomatisi

- Kalp üzerindeki tüm sinirlerden arındırılıp vücut dışına çıkarılsa bile kendi kendine çalışmasını sürdürür.
- Kurbağa kalbi sinus venosus dahil olmak üzere vücut dışına alınıp, fizyolojik su içinde tamamen örtmeden bıraktığımızda çalışmasına uzun süre devam eder.
- Memeli kalbi kurbağa kalbinden farklıdır. Kurbağa kalbi gibi vücut dışında çalıştırmak mümkün değildir.
- Aslında tüm hayvanların kalbi otomat olmakla beraber daha hızlı veya daha yavaş çalışması sinir sisteminden aldığı uyarılar ile sağlanır.
- Omurgali kalbine birbirine antogonist etki eden iki sinir gelir. Biri kalbi daha hızlı, diğeri de daha yavaş çalışmaya sevk eder.
- Bununla beraber kalp bütün sinirlerinden arındırılsa bile çalışmasını sürdürür.
- Kalp otomat olduğuna göre ilk uyarıyı nereden alır?

Kurbağa kalbinin otomatisi

- Kurbağa kalbinde bu tembihi doğuran yer ince cidarlı sağ atriuma açılan sinus venosustur.
- Kalbin çalışması incelendiğinde kasılmanın bir dalga gibi ilerlediği görülür.
- İlk önce sinus venosus, sonra iki atrium ve en sonra da ventrikulus kasılır. Bunu basit bir deneyle gösterebiliriz.
  - Örneğin Sinus venosus, termod denilen ve içinden soğuk ve sıcak su geçirilebilen bir aletle
    - ısıtılırsa kalbin hızlı,
    - soğutulursa yavaş çalıştığı görülür.
  - Eğer bu aleti atrium veya ventrikulusa uygularsak kalbin çalışmasında bir değişiklik olmaz.
- Bu deney bize kalbin çalışmasına etki eden asıl merkezin sinus venosus olduğunu gösterir.
- Bu merkeze nomotop merkez denir.

Kurbağa kalbinin otomatisi

- Bu deneyden başka stannius bağları deneyi ile kurbağa kalbini asıl çalışmaya sevk eden merkezin sinus venosus üzerinde olduğu gösterilmiştir.
- Sinüs venosus ile sağ atrium arasında atılan I. Stannius bağı kalbin durmasına, atriumlar ile ventrikuluslar arasına atılan II. Stannius bağı kalbin eskisine nazaran daha yavaş yeniden çalışmasını sağlar. Bu esnada sinus venosus ile kalbin çalışma ritimleri farklıdır.
- Bu merkezden başka kurbağa kalbini birinciye göre daha zayıf çalışmasını sağlayan bir merkez daha vardır.
- Atrioventriküler bölgede bulunan bu merkeze **heterotop** veya **tali merkez** adı verilir.

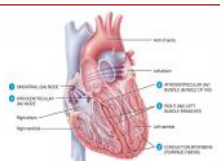


Memeli kalbinin otomatisi

- Memeli kalbinde otomatlığı doğuran ve nakleden bir sistem vardır.
- Kurbağa kalbinden farklı olarak, memeli kalbinde kalp dokusundan başka neuromosküler doku sistemi vardır.
- Bu doku hem kas dokusu gibi kasılabilir, hem de sinir dokusu gibi uyarıları iletir.
- Memeli kalbinde otomatlığı doğuran ve nakleden bu sistem,
  - İki düğüm ve
  - Bir his demetinden (ışın demeti) ibarettir.

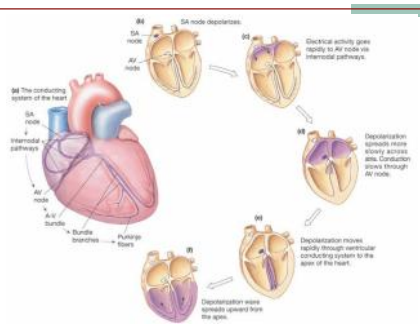


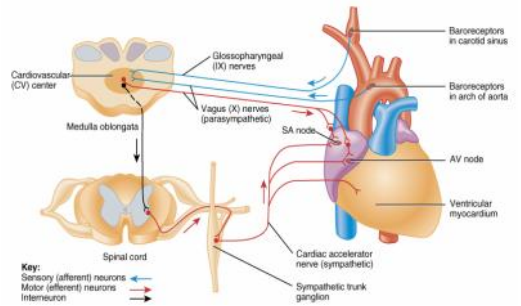
Memeli kalbinin otomatisi



- Bu düğümlerden biri sağ atrium'a kan getiren posterior venaca ile precavaların atrium'a bağlandığı yerde bulunur.
  - Bu bölgeye sinüs düğümü (Keith-Flack düğümü = peykmaker) denir.
  - Bu düğüm embriyonik bakımdan aşağı omurgalıların sinus venosus üzerindeki nemotop merkeze tekabül eder.
  - Burası bir çeşit memelilerin nemotop merkezidir.
- Diğer düğüm sağ atrium ile sol atriumu birbirinden ayıran bölgede biraz sağa kaymış durumdadır.
  - Atrioventrikular bölgede bulunan bu düğüme **Aschoff-Tawara** denir ve kurbağa kalbinde heterotop merkeze tekabül eder.
- Bu düğümden kalbin ventrikulusuna doğru bir his demeti uzanır.
  - Memeli kalbindeki bir uyarıyı bu his demeti ventrikulusun ucuna kadar nakleder.

Memeli kalbinin otomatisi

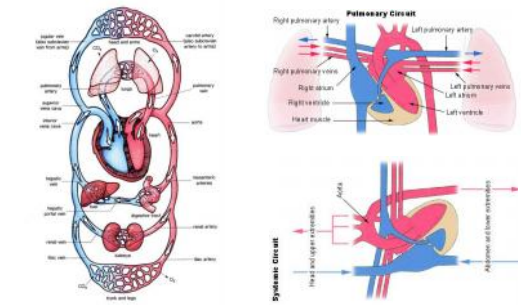




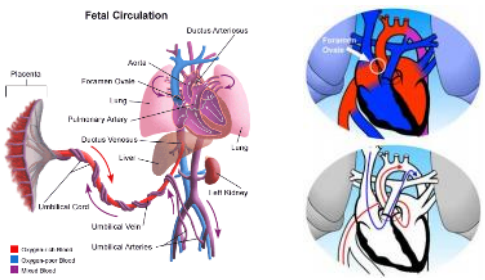
Kalbin otomatisi ile ilgili görüşler

- Eskiden kalbin otomatisinin bu sinir ganglionlarından ileri geldiği sanılıyordu ve bu görüşe **neurogen teorisi** denir.
- Ancak kurbağa kalbi bu sinir ganglionlarından tamamen temizlense bile kalp otomatisini kaybetmemiştir. Otomati kalp kasının kendisinde vardır. Uyarıyı sinir dokusuna bağlı olamadan kendisinden alır. Bu görüşe de **myogen teorisi** denir. Diğer omurgalılarda incelendiğinde myogen teorisi kuvvet kazanmıştır.
- Fakat kalbin otomatlığı omurgasızlarda araştırıldığında Mollusca'da myogen olduğu halde Arthropoda'da ise daha ziyade neurogen olduğu görülmüştür.
  - Örneğin *Limulus*'ta kalp neurogenik çalışır.
  - Hem kas hem de sinir dokusu vardır. Bu hayvanda kalp dorsalde ve uzunca bir torba şeklindedir.
  - Kasılma dalgasının ilk başladığı yer hayvanın 4-5. segmentleridir.
  - Sinir kordonundaki asıl büyük sinir hücreleri de yine bu segmentlerde bulunur.
  - Demek ki kalbin çalışması ile sinirler arasında bir ilişki vardır.
  - Kalp sinirlerinden temizlenirse çalışmasını durdurur.

Büyük ve küçük dolaşım



Plasental dolaşım

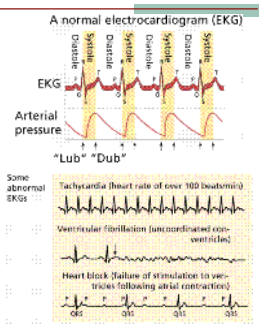


Nabız ve kan basıncı

- Kalp atımı sırasında, kanın damar duvarlarına yaptığı basınç "**tansiyon**" olarak bilinir.
- Genellikle dinlenme durumundaki kan basıncı, iri hayvanlarda küçük olanlardan daha yüksektir.
- İnsanda, kalbin kasılması (sistol) anında damarların çeperinde yaklaşık 120 mm Hg. basınç oluşur. Gevşemede ise (diastol) bu basınç 80 mm Hg dır.
- Bu damar içi basınç (tansiyon) çoğunlukla 120/80 olarak ifade edilir.
- Kanın kalpten pompalandığı andaki basıncı"**büyük tansiyon**", ponpalanmadığı zamanki basıncı ise"**küçük tansiyon**" olarak tanımlanır.
- Aralıksız ve ard arda olan bu damarın basınç değişikliğindeki ritime"**nabız**" adı verilir.
- Arteria radialis (ön kolun 1/3 alt kısmından) nabız, yine A. radialis'in üst kısmı, dirseğin iç bölgesinden tansiyon ölçülür.

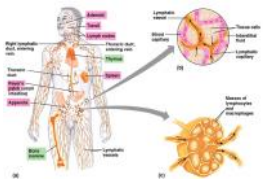
EKG (Elektrokardiyografi)

- Kalpteki elektrik akımı değişimlerinin yazılması işlemine denir.
- Elde edilen belgeye de elektrokardiyogram denir.
- Sol ve sağ kol ile so bacağa EKG'nin elektrotları bağlanır.
- İletkenliği sağlamak için vücuda bağlanan yerlere jel sürülür.
- Bu üç elektrottan herhangi ikisi devreye sokularak elektrokardiyogram elde edilir.



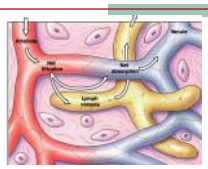
Lenf sistemi

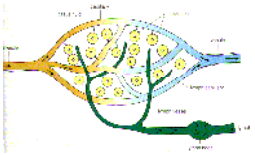
- Omurgalı hayvanlarda çoğunlukla ayrıca bir lenf dolaşım sistemi gelişmiştir.
- Lenf damarları ve lenfatik organlardan oluşur.
- Bu sistemin görevi doku sıvısının tekrar kan dolaşım sistemine geri dönmesini sağlamaktır.
- Lenf damarları toplardamarlara paralellik gösterirler ve genellikle sıvılarını bu damarlara boşaltırlar.
- Lenf arterleri yoktur.
- İnce çeperli lenfatik kılcallar dokular içine ağ gibi yayılmıştır.



Lenf sistemi

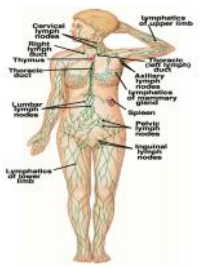
- Bu kılcalların geçirgenliklerinin fazla olması mikroorganizmaların ve kanserli hücrelerin yayılmasını kolaylaştırır.
- Lenf (akkan) renksizdir, aşağı yukarı kanın serumunu andırır ve serbest ortamda pıhtılaşması çok uzun sürer.
- Akyuvarların dışında kan hücreleri ihtiva etmez.
- Bazı omurgalılarda lenf sistemi vücutta büyük bir yer kaplar. Örneğin kurbağalarda derinin altındadır.
- Ayrıca bazı hayvanlarda lenf kalpleri vardır (Kurbağalarda kalçanın üzerinde).





Lenf sistemi

- Lenf sisteminin belirli yerlerinde Lenf düğümü denen şişkinlikler vardır.
- Burada lenfosit üretilir. Lenf düğümlerinin bazıları şunlardır: bademcik, bağırsak lenf düğümleri, insandaki korbağırsağın lenf düğümü, kasıklardaki lenf düğümleri, kuşlardaki Bursa fabricii ve keza genç hayvanlardaki timüs.
- Arka üyelerden, pelvik ve abdominal bölgeden gelen lenf damarı diyaframa yakın toplardamara (Vena subclaviculariа (sol köprücük altı toplardamarı) ile Vena jugularis'in birleştiği yer) açılır.
- Buraya ayrıca göğüsten, başın sol tarafından ve sol koldan gelen lenf damarı bağlanır. Vücudun en büyük lenf damarı peke sarnıcından vücudun ön tarafına doğru uzanan lenf damarıdır ve ön sol tarafın boşaltımını yapar.
- **Dalak:** Lenf sisteminin en büyük organıdır. Koyu kırmızı-siyah renklidir. Karın boşluğunun sol üst köşesinde ve diyaframın hemen altında bulunur. Dışarıdan dokunulamaz. Yaşlı ve ölü alyuvarları parçalar, bir miktar kan depo eder, kansızlık durumunda kan yapar. Lenfosit üretim merkezidir.



Dolaşımla ilgili insanlarda görülen bazı durumlar

İnsanda Kalp ve Damar Hastalıklarının Sebepleri

- Alkol
- Alkoloidler
- Et ve mamülleri
- Beyaz ekmek ve şeker
- Hava kirliliği
- Sağlıksız yaşam koşulları
- Şişmanlık
- Cinsel yaşam

İnsanda Kalp ve Damar Hastalıklarının Sebepleri

- Hipertansiyon
- Sürekli Düşük Tansiyon
- Kalp Spazmı
- Enfarktüs
- Damar Sertliği
- Varis
- Kansızlık
- Kolesterol

Hipertansiyon ve nedenleri

- Sürekli yüksek tansiyon durumudur.
- Yorgunluk, uykusuzluk, aşırı yeme, hızlı hareket gibi nedenlerle tansiyon yükselebilir. Ancak, sürekli değildir.
- Hipertansiyon ise
  - kalbi idare eden sinir sisteminin aşırı hassaslaşmasından,
  - İleri yaşlarda görülen damar sertliğinden,
  - Kanın katılaşmasından,
  - Böbrek rahatsızlığından (nefrit) ileri gelir.
- Hipertansiyonda kalp büyür ve felçlere neden olabilir.
- Belirtileri
  - Sürekli baş ağrısı ve baş dönmesi,
  - Dengesizlik,
  - Görmede zayıflık ve gözler önünde sinekler uçuşması,
  - Çarpıntı,
  - Nefes darlığı,
  - Kulaklarda çınlama,
  - El ve ayakların sürekli üşümesi,
  - Bacaklarda sık sık kramplar,
  - Uykusuzluk,
  - Hafıza zayıflığı,
  - Geceleri ellerde karıncalanma

Enfarktüs

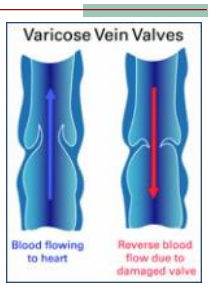
- Önemli ve tehlikeli bir kalp rahatsızlığıdır. Fransa'da ölümlerin % 20'si enfarktüsten olmaktadır.
- Kalbin bir bölgesinin, oraya besin ve oksijen taşıyan atardamardaki bir pıhtı ile tıkanması sonucu aniden ölmesidir.
- Nedenleri;
  - Atardamar iltihabı,
  - Kanda pıhtılaşma,
  - Kolesterol veya kireçlenme sonucu atardamarın iç çeperinin daralması ve sertleşmesi,
  - Kalp spazmı
- Belirtileri;
  - Kalpte korkunç bir sancı ve sıkıntı,
  - Sol kolda sancı,
  - Bazen kusma ve geğirme,
  - Solgunluk ve gözün parlaklığını yitirmesi,
  - Tansiyon düşüklüğü.

Damar sertliği

- Kanda biriken ve balmumu kıvamındaki kolesterol, damarların iç yüzeyini kaplar ve damar iç dokusunu sertleştirir.
- Sertleşen damarlar kan nakli görevini yapamazlar ve çapları küçüldüğü için de kan basıncı artar ve tansiyon yükselir.
- Nedenleri;
  - Aşırı alkol,
  - Şişmanlık,
  - Damla (gut) hastalığı,
  - Şeker hastalığı,
  - Frengi,
  - Yanlış beslenme,
  - Sinir bozuklukları
- Belirtileri başlangıçta hafiftir., zira bu hastalık yavaş ve uzun sürede meydana gelir.
  - Bedensel ve ruhsal çalışma gücünde azalma,
  - Gündüzleri bile uyuma ve uyuklama,
  - Zayıflık ve solgunluk,
  - Hafıza zayıflığı,
  - Çabuk yorulma ve kalp çarpıntısı,
  - Sık idrara çıkma.

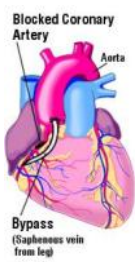
Varis

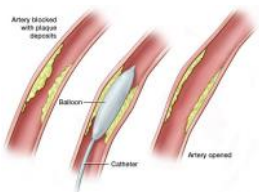
- Bacaklardaki toplardamarların bozulmasıdır.
- Nedenleri;
  - Hareketsizlik ya da yeterli hareket etmeme,
  - Sürekli ayakta kalma,
  - Çorap bağı, korse, sıkan ayakkabı gibi şeylerin giyilmesi,
  - Aşırı ve yağlı şeyler yeme,
  - Hamilelik,
  - Aşırı alkol ve sigara.
- Belirtileri;
  - Kalçalarda, bacak ve baldırlarda ağrılar,
  - Ayaklarda yanma ve makatta kaşıntı,
  - Ayak damarlarına şişmeler, siyah iplikler ve düğümler oluşur,
  - Bacaklar gülle gibi ağırlaşır,
  - Ayaklarda sürekli üşüme ve kısmi felç,
  - Bacak, baldır ve kalçada kramplar,
  - İleri aşamalarda, baldırlarda ödem, egzama ve yaralar oluşur.



Kolesterol

- Kolesterol, tüm canlıların bünyesinde bulunan ve vücudumuzda özel görevleri olan ancak, kandaki oranı belli sınırları aşınca zararları görülen bir maddedir.
- Sağlıklı bir insanda kolesterol oranı, 100gr kanda 250mg'dır. Bilinen görevleri şunlardır;
  - Deri altında, mikroplara karşı koruyucu bir baraj görevi yapar.
  - Kanda, alyuvarları zararlı maddelere karşı korur ve bir nevi zırh görevi yapar.
  - Sinir dokuları içerisinde, onların dayanıklı olmasını sağlar.
  - Çeşitli dokularda su dengesini sağlar.
- Neden olduğu rahatsızlıklar;
  - Kandaki nötr yağ oranının artması,
  - Vücutta yağ lekeleri oluşması,
  - Parmaklarda, omuzda, dizlerde ve kalçada yağ urları meydana gelir,
  - Göz kapaklarında sarı lekeler oluşur ve gece körlüğü yapar (tavukkarası)





Fil hastalığı



