

DOLAŞIM SİSTEMİ HİSTOLOJİSİ

Prof.Dr.Yusuf NERGİZ

Dolaşım sistemi, kardiyovasküler sistem ve lenfatik vasküler sistem olmak üzere 2 ayrı fakat birbirleriyle ilişkili bileşene sahiptir. Kardiyovasküler sistemin işlevi, dokular ve kalp arasında 2 yönde kanı taşımaktır. Lenfatik vasküler sistemin işlevi ise ekstraselüler sıvının fazlası olan lenfi toplamak ve kardiyovasküler sisteme geri getirmektir. Bu yüzden lenfatik sistem tek yönlü iletim sağlarken; kardiyovasküler sistem çift yönlü taşıma yapar.

Kardiyovasküler sistem; kanı, akciğerlere götüren ve getiren pulmoner dolaşım ile kanı vücudun tüm doku ve organlarına götüren ve getiren sistemik dolaşım olmak üzere iki farklı dolaşıma pompalayan muskuler bir yapı kalpten oluşan sistemdir. Bu dolaşım;lar;

- Kanı kalpten alıp dallanarak daha küçük damarları oluşturan ve vücudun tüm bölgelerine taşıyan **arterler**,
- Vücudun normal aktivitelerini sürdürebilmesi için gazların, besin maddelerinin, metabolik artıkların, hormonların ve sinyal moleküllerinin kan ve doku arasındaki geçişlerini sağlayan ince duvarlı bir ağ oluşturan **kapiller damarlar**,
- Kapiller yatağa drene olan ve giderek büyüyerek kanı kalbe taşıyan **venlerden** oluşur.

KALP HİSTOLOJİSİ

Kalp, kanı dolaşım sistemine ritmik kasılımlarla pompalayan kas kitlesinden oluşmuş bir organdır. Kalp, kanı alan 2 atrium ve kanı kalpten boşaltan 2 ventrikül olmak üzere 4 odacıklıdır. Superior ve inferior vena cava, sistemik kanı sağ atriuma getirir. Kan buradan sağ atrioventriküler kapakçığı (triküspit valf) geçerek sağ ventriküle gelir. Ventriküller kasıldığında sağ ventriküldeki kan, daha sonra sağ ve sol pulmoner artere dallanacak pulmoner trunka pompalanır. Buradan oksijeni az olan kan gaz değişimi için akciğerlere gider. Akciğerde temizlenmiş kan pulmoner venlerle sol atriuma gelir. Buradan sol atrioventriküler kapağı (biküspid=mitral kapak) geçerek sol ventriküle geçer. Ventriküller kasıldığında kan aorta aktarılarak vücuda dağıtılır. **Atrioventriküler kapaklar**, kanın atriumlara geri kaçışını engellerken

truncus pulmoniste ve aortada bulunan **semilunar kapaklar**, bu damarlardaki kanın kalbe kaçışını engeller.

KALP DUVARININ TABAKALARI

1. Endokardiyum
2. Miyokardiyum
3. Epikardiyum

1- Endokardiyum

Endotel: Tek katlı yassı epiteldir ve damar içermez ve kalbe giren ve çıkan damarların endotelileri ile devamlılık gösterir.

Subendotelyal tabaka: Kollajen ve elastik lifleri, düz kas hücrelerini içeren gevşek bağ dokusudur.

Subendokardiyal tabaka: En kalın endokardiyum tabakasıdır. Elastik liflerden zengindir. Düz kas, sinir, damar ve Purkinje demetlerini içerir. Küçük kan damarları, sinirler ve ventriküllerde impuls ileten sistemin dallarını (purkinje lifleri) içeren gevşek bağ dokusudur.

2- Miyokardium

- Ventriküllerde atriuma nazaran daha kalındır.
- İnterkalar disklere sahiptir.
- Miyokard hücreleri mitokondriyondan zengindir.
- Gap junksiyonlara sahiptir.
- Diad yapısı gözlenir
- Hipertrofi görülür.
- Hiperplazi gözlenmez.
- Atriyal Natriüretik Faktör'ü salgılar

Kalp kası hücreleri

- Pürkinje liflerinden aldıkları impulsu komşu hücrelere geçirebilirler.
- Böylece hücreler koordine şekilde sinkronize kontraksiyon yapar.

- Bunun sonucunda da kalp kası dokusu bir sinsityum gibi etkili bir fonksiyon görür. Atrium duvarı ve interventriküler septumda bulunan bazı kas hücreleri hormon sentezlemek üzere özelleşmişlerdir.
- Atriyal natriüretik polipeptid
- Atriyopeptin
- Kardiyonatrin
- Kardiyodilatin

Atrial kardiak kaslar

- Atrial miyokardiyumda bulunurlar ve birbiri üzerini binmiş ağ şeklinde düzenlenmişlerdir.
- Kas hücreleri arasında kollajen ve elastik lifler bulunur

Ventriküler kardiak kaslar

- Ventrikül boşluğu çevresinde, spiral seyirli kompleks tabakalar oluştururlar.
- Yüzeysel kas tabakası, her iki ventrikülü birlikte çevrelerken, derindeki kas tabakası her bir ventrikülü tek tek çevreler ve interventriküler septuma katılır.

Atriyal kardiak kaslar ventriküler kas hücreleri ile karşılaştırılması

- Daha küçüktürler,
- Atrialnatriüretik faktör içeren çok sayıda salgı granülü içerirler,
- Daha az sayıda T tubul sistemine sahiptir,
- Daha çok sayıda gap junctionları vardır,
- İmpulsu hızlı iletirler,
- Daha ritmik kasılırlar.

KALBİN ÖZEL İLETİ SİSTEMİ

Sinoatrial Düğüm = Keith-Flack

Atrioventriküler Düğüm

His Demeti

Pürkinje lifleri

Kalp hızı, epicard altında vena cava superiorun sağ atriuma açılma yerinde yerleşik **sinoatrial düğüm** (Keith-Flack=pacemaker) ile kontrol edilir. Bu özelleşmiş nodal kalp kası hücreleri kendiliğinden dakikada 70 kez depolarize olur ve oluşan impuls triküspid kapağın hemen yukarısındaki sağ atriumun orta duvarında, subendokardiumda yerleşik olan **atrioventriküler düğümüne** (Tawara Düğümü) doğru yayılır. Atrioventriküler nodun modifiye kalp kası hücreleri sinoatrial noddan aldıkları impulsları **atrioventriküler hüzme (His Hüzmesi)** (Purkinje Lifleri) yoluyla atriumların miyokardiumuna iletirler. Atrioventriküler hüzmenin fibrilleri, interventriküler septumu geçerek kalp kası hücrelerine ulaşarak ritmik kasılmayı sağlarlar. Atrioventriküler demet, subendokardium bağ dokusunda büyük modifiye kalp kası hücreleri olan Purkinje fibrillerini oluşturarak yol alırlar.

Kas hücreleri bağ dokusu kılıf ile çevrilidir.

Ayrıldığı 2 dal buldukları ventrikülün m.papillarislerine dal verir ve subendokardiyumda dallanarak ađ oluşturur.

Purkinje lifleri impulsları kalbin apeksindeki kalp kası hücrelerine aktarır. Bu özelleşmiş kalp kası hücreleri daha az miyofibril içerir ve miyofibriller genellikle periferde yerleşimlidir. Kalbin impuls iletici sistemi, atriumlarla ventriküllerin uyumlu çalışmasını düzenleyen özelleşmiş kalp kası hücreleridir.

- Miyofilamentleri seyrek ve sitoplazmanın periferinde yerleşir.
- İmpuls, purkinje lifleri ve kalp kası hücreleri arasında bulunan gap junctionlar aracılığı ile iletilir.
- Purkinje hücrelerinin çapları kalp kası hücrelerinden belirgin şekilde büyüktür.

Özellikle atrial duvarda ve atrioventriküler septumda yerleşik özelleşmiş kalp kası hücreleri, **atriopeptin, atrial natriüretik polipeptit, cardiodilatin ve cardionatrin** gibi küçük peptidleri yakınlarındaki kapillerlere salgırlar. Bu hormonlar, sıvı ve elektrolit dengesini korunmasına yardımcı olurlar ve kan basıncını düşürürler.

3- Epikardiyum: Kalbi saran visseral pericard tabakasıdır. Tek katlı yassı mezotelyum altında gevşek bağ dokusu yapısında lamina propria ve subepikardiumdan oluşur. Subepikardiyal tabakanın gevşek bağ dokusunda koroner damarlar, sinirler ve ganglionlar bulunur. Aynı zamanda kalbin yüzeyinde yağın depolandığı alandır. Kalbe giren ve çıkan damarların köklerinde visseral perikard, paryetal perikardın seröz tabakası ile devam eder. Paryetal perikard ile visseral perikard arasında perikardiyal kavite bulunur. Perikardiyal kavitedeki infeksiyon, perikardit olarak adlandırılır. Visseral ve paryetal perikard birbirine yapışırsa ve aralarındaki mesafe daralırsa kalp hareketleri zorlaşır.

KALP KAPAKLARI

Atrioventriküler Kapaklar (Valvula trikuspidalis ve bikuspidalis): Endokardium kıvrımı şeklinde geliştiklerinden dıştan çepeçevre endotel ile örtülü elastik ve kollajen liflerden zengin sıkı bağ dokusu yapısındadır. Kollajen lifler annuli fibrosi ve chorda tendinea dokusu ile devam eder. Sıkı sıkıya kalp iskeletine bağlıdır. Kapaklar ventrikülün m.papillareslerine chorda tendinea denen fibröz kordonlarla bağlıdır. Kapakların ters dönmesi engellenir.

Semilunar Kapaklar (Valvula aorta ve arteriopulmonalis): Atrioventriküler kapaklara benzer ancak daha incedir.

KALP İSKELETİ

Kalp yapılarını destekleyen, kalp kası ve kalp kapaklarının bağlı olduğu fibröz sıkı bağ dokusu yapısıdır. Yaşlılarda kalp iskeleti kireçlenebilir, hatta bazen kemikleşebilir. 3 bölümden oluşur.

Septum membranaceum: İnterventriküler septumun üst fibröz kısmıdır. Kollajen lifler paralel düzenlenmiştir..

Trigonum fibrozum: Anulusların arasını, Os.atrioventiculare sinistrum ile aorta arasındaki aralığın sol köşesini dolduran üçgen biçimli bölümdür. Kondroid doku adaları bulunur.

Annuli fibrozi: Aort, pulmoner arter ve atrioventriküler kanal çevresinde bulunur. Kondroid doku adaları bulunur.

KAN DAMARLARININ GENEL YAPISI

Birçok damar, bazı farklılıklar olmasına rağmen benzer özellikler gösterir ve farklı şekillerde sınıflandırılırlar. Örneğin yüksek basınçlı damarların duvarları (subclavian arterler), düşük basınçta kan ileten damarlardan (subclavian venler) daha kalındır. Arteriyel damarların çapları her dallanmada azalmasına rağmen venlerin çapları her katılımda artar. Kapiller ve venüller gibi küçük damarlarda duvar yapısı daha basitleşmesine rağmen duvarlarında 3 tabaka içerirler. Yapıları fizyolojik özellikleri ile uyumludur. Düşük basınçla karşı karşıya kalan pulmoner arter duvarları, karotis veya renal arterler gibi yüksek basınçlı arter duvarlarına göre daha incedir. Genel olarak arterlerin eşlik eden venlere göre duvarları daha kalın iken çapları daha dardır. Ayrıca histolojik kesitlerde arterler yuvaraktır ve lümenlerinde kan bulunmaz. Sınıflandırmada kriter, damarın boyutu ya da doku bileşenidir. Damarlarda içten dışarı doğru 3 ana tabaka gözlenir.

1-Tunika intima

a-Endotel: Bazal lamina üzerine oturan tek katlı yassı epiteldir. Endotel hücreleri, tip II, IV, V kollajenleri, laminin, endotelin, nitrik oksit ve von Willebrand faktörü de sentezler ve salgırlar. Ayrıca anjiyotensin I'i anjiotensin II'ye çeviren anjiyotensin-converting enzim (ACE); bradikinin, serotonin, prostaglandinler, trombin ve norepinefrin gibi maddeleri inaktive eden enzimler ile lipoproteinleri parçalayan lipoprotein lipaz enzimlere de (membranlarında) sahiptirler .

Endotel Hücresinin Fonksiyonları

- Prostaglandin sentezlemek,
- Düz Kas hücrelerinin etkinliğinin ayarlamak,
- Anjiyogenez(önceden mevcut olan küçük damarlardan yeni kan damarlarının oluşması) ve vaskulogenezde rol oynamak,
- Kanın pıhtılaşmasında rol almak,
- İnflamasyonda görev almak,
- Seçici geçirgenliğin sağlanmasında rol almak,
- Kapiller transporta katılmak,
- Lipoprotein metabolizmasında rol almak,

- Vazokonstriktör ve vazodilatör ajanlar salgılamak,
- Çeşitli büyüme faktörleri sentezleyip salgılamak.

b-Subendotelial Tabaka: Düz kas hücrelerini ve gevşek bağ dokusunu içerir. Her ikisi de longitudinal düzenlenmiştir.

c-Membrana elastika interna: Elastik liflerin çok bulunduğu tabakadır. Özellikle muskuler arterlerde iyi gelişmiştir. Elastinden oluşan bu tabaka, daha derinlerde yer alan hücrelerin beslenebilmesi için besinlerin diffüzyonunu sağlayan pencereler içerirler.

2-Tunika media: Proteoglikan özellikte ve tip III kollajen içeren matrikste yer alan konsantrik düzenlenimli düz kas hücreleri, elastik lifler, elastik membranları içerir. Matriks ve fibröz elementler düz kas hücrelerince sentezlenir. Kapiller ve postkapiller venüllerde tunika media bulunmaz. Bu küçük damarlarda media tabakası yerine perisitler bulunur. Daha geniş muskuler arterlerde ve büyük arterlerde media ve adventisya tabakası arasında internal elastik membrana göre daha ince olan **membrana elastika eksterna** bulunur.

3-Tunika adventisya: Fibroblastların, tip I kollajen liflerin ve uzunlamasına yerleşik elastik liflerin yoğun olduğu ve organın bağ dokusu ile devamlılık gösteren tabakadır. Vaso vasorumlar, nervi vasorumlar da bu tabakada bulunur.

Kan Damarlarının Beslenmesi: Tunika intima damardaki kanla beslenir. Büyük damarların kalınlığı ve muskularitesi damardaki kandan diffüzyonla beslenmeyi engeller. Tunika media ve adventisyanın derinlerdeki hücrelerin beslenmesi diffüzyonla zor olacağından beslenme, damar duvarına giren ve sık olarak dallanan **vaso vasorumlardan** sağlanır. Bu **damarın damarları** venlerde arterlerden daha fazladır ve intimaya kadar uzanabilir. Çünkü, venöz kan daha az oksijen ve besin içerir. Lenfatik kapillerler venlerin medialarına penetre olabilmelerine karşın arterlerin sadece adventisyelerinde bulunur. Arter lümenine yakın olsalardı yüksek arteriyel basınçtan dolayı kollabe olabilirdi.

Kan Damarlarının İnnervasyonu: Duvarlarında düz kas taşıyan birçok damar, vasomotor sinir ağına ait miyelinsiz sempatik sinirlerle innerve edilir. Bu postganglionik sempatik sinirler vasokonstrüksiyondan sorumludur. Sinirler nadiren

tunika mediaya girdiğinden, direkt olarak düz kas hücreleri ile sinaplaşmazlar. Bunun yerine sinir uçlarından mediaya norepinefrin salınır ve yakındaki düz kas hücrelerini etkiler. Bu impulslar gap junctionlar yoluyla tüm düz kas hücrelerine yayılır ve damar çapı azaltılır. Arterler, venlere göre vasomotor sinirlerden daha fazla yararlanır .

ARTERLER

Arterler, kanı kalpten kapiller yatağa taşıyan efferent damarlar olup, çap ve morfolojik yapılarına göre sınıflandırılırlar.

1-Elastik Arterler

2-Musküler Arterler

3-Küçük Arterler ve Arterioller

1- Elastik Arterler

Aort ve büyük dallarını kapsar. Elastinden dolayı taze yapılarda sarı renkte izlenirler. Çapları 7 mm'den fazla ancak çaplarına göre duvarları incedir. Arterlerde en gelişmiş tabaka tunika mediadır. Kanın kalpten uzaklaştırılmasını ve kalp atımı sonucu basınç dalgalanmalarını yumuşatır. Sistolde elastik lamina gerilir ve basınç değişimini azaltır. Diyastolde, elastik sıkışma arteriyel basıncı düzenler. Kalpten uzaklaştıkça arter basıncı akım hızı, basınç değişkenlikleri azalır.

Endotel, tek katlı yassı epiteldir. Endotel hücreleri 10-15 µm genişliğinde 25-50 µm uzunluğundadır. Hücreler birbirlerine sıkı bağlantılarla ve gap-junctionlarla bağlanır ve bariyer oluşturur. Bol pinositotik vezikülleri vardır. Endotel hücrelerinde 0.1 µm çapında ve 3 µm uzunluğunda **Weibel-Palade cisimcikleri** (von Willebrand Faktörü) olarak bilinen membranla çevrili elektron-dens cisimcikler vardır. Bunlar çoğu endotel hücrelerince sentezlenirler ancak sadece arterlerde depolanırlar. Kana verilen **faktör VIII** içeren yapılardır. Subendotelyal tabaka kalındır. Ritmik kasılma ve gevşemelere yardımcı olan lifler uzunlamasına dizilirler. Düz kas hücreleri de bu tabakada yer alır. Hem kasılır hem de ekstraselüler ara madde ve fibrilleri sentezler. T.media'ya yaklaştıkça elastik lif miktarı artar. Media sınırında yoğunlaşan elastik lifler **membrana elastika interna'yı** oluşturur. Ancak mediaya benzediğinden ayırt etmek zordur.

Tunica media'da yaşla birlikte sayısı artan konsantrik yerleşimli 40-70 elastik lamina bulunur. Laminalar arasında pencere adı verilen açıklıklar bulunur. Elastik membranlar arasında düz kas, retiküler lifler, vaso vasorumlar ve kondroitin sülfat (metakromazi +) bulunur. Belirgin bir membrana elastica eksterna yoktur.

T.adventisya incedir ve media kalınlığının ~ yarısı kadardır. Elastik, kollajen lifler, vaso vasorumlar ve sinirleri içeren fibroelastik bağ dokusudur.

2-Muskuler Arterler:

Örnek olarak,

- A.ulnaris
- A.renalis
- A.hepatika
- A.brakiyalis

Kanı organlara dağıtan ve en çok görülen arter tipidir. 2.5-7 mm çapındadırlar. Mediadaki düz kasların kasılmasına bağlı olarak kan akışı lokal hormon ve nöral uyarılarla ayarlanır. Elastik arterlerden muskuler arterlere geçerken, elastik materyel azalır, düz kas artar. *Çok belirgin membrana elastika interna ve eksternaları vardır.*

Tunica intima: Elastik arterlere göre daha incedir fakat subendotelyal tabakada az sayıda düz kas hücresi bulunurken membrana elastica interna çok belirgindir.

Pencereli elastik membran özelliğindedir. Bu ve mediadaki düz kasların ölüm sonrası kasılması nedeni ile endotel yüzeyi kıvrımlı izlenir. Nadiren 2 membrana elastika interna bulunur (**bifid internal elastik lamina**). Elastik arterlerde olduğu gibi endotel, internal elastik membranları geçen uzantılara sahiptir. Bu uzantılar, intimaya yakın yerleşik mediadaki düz kaslarla gap-junctionlarla bağlanır. Bu gap-junctionların endotel ve düz kas hücreleri ile metabolik olarak çift olduklarına inanılır.

Tunica media: Başlıca düz kas hücrelerinden oluşur. Düz kas hücreleri, iç organ duvarındaki düz kaslardan daha küçüktür. İntimaya bakan yüzdeki birkaç düz kas bantı longitudinal seyirlidir. Küçük muskuler arterlerde 3-4 tabaka düz kas varken büyük muskuler arterlerde 40 tabaka konsantrik yerleşimli düz kas tabakası bulunur. Damar dallandıkça tabaka sayısı azalır. Her düz kas hücresi bazal laminaya benzer

bir **eksternal lamina** ile çevrilidir. Matriks, PAS+ reaksiyon gösterir. Proteoglikan yapısındaki matrikste düz kaslar arasında elastik, retiküler lifler ve az miktarda kollajen fibriller ve kondroitin sülfat yer alır. Düz kaslar, matriks ve liflerin üretilmesinde de fonksiyon görürler. Kas hücreleri arasında vaso vasorumlar yer alır. Birkaç ince elastik tabakadan oluşan belirgin bir membrana elastica eksternaları vardır ancak iç elastik membrandan daha incedir. Tabakalar arasında pencereler de yer alır.

Tunika adventisya: Bağ dokusu fibrilleri, fibroblastlar, yağ hücreleri, vaso vasorumlar, lenfatik damarlar, miyelinsiz sinir sonlanmaları yer alır. Sinir sonlanmalarından salınan nörotransmitterler, dış elastik membranın pencerelerinden geçerek mediaya gelerek üstteki bazı düz kas hücrelerini depolarize ederler. Uyarı diğer düz kas hücrelerine gap-junctionlarla aktarılır. Vasomotor sinirler yer alır. Ara madde çoğunlukla *dermatan sülfat ve heparan sülfattan* oluşur. Kollajen ve elastik lifler, kesilen arterin büzülmesini kolaylaştıracak şekilde longitudinal seyirlidir.

3-Küçük Arterler ve Arterioller:

Kapillerlere kan akışını düzenleyen terminal arteriyal damarlardır. Duvarlarının genişliği lümenlerinin çapı kadardır. Endotel, tip III kollajen ve birkaç elastik lif içeren subendotelyal bağ dokusu ile desteklenir. Büyük arteriyollerde ince ve pencereci internal elastik membran yer alırken daha küçük ve terminal arteriyollerde bulunmaz. Küçük arteriyollerde tek düz kas tabakası varken büyük arteriyollerde 2-3 kat düz kas tabakası bulunur. Dış elastik membranları yoktur. Adventisya tabakası az sayıda fibroblast içeren ince fibroelastik bağ dokusudur.

Kapiller yatağına kan getiren arterlere **metarteriyol** adı verilir. Düz kas tabakaları kesintilidir. Düz kas hücreleri birbirlerinden ayrı ayrı yerleşiktir. Düz kas hücreleri, kapillerlere kan akışını düzenleyen bir sfinkter (**prekapiller sfinkter**) oluştururlar. Arteriyel ve venöz sistemler arasındaki basınç farkını korur.

ARTERLERDEKİ ÖZELLEŞMİŞ DUYSAL YAPILAR

Arterlerde 3 tip özelleşmiş duysal yapı bulunur. Bunlar;

1- Karotid sinuslar,

2-Karotid cisimler

3- Aortik cisimlerdir.

1-Karotid sinusler: A.carotis communis'in çatallanma yerinin hemen distalinde, internal karotid arter duvarında yerleşik bir **baroreseptördür**. Bu alanda damarın adventisyası biraz kalındır ve glossofarengal sinirden zengin duysal sinir sonlanmaları alır. Bu bölgedeki media incedir ve kan basıncı artışında gerginleşir; bu gerginlik sinir sonlanmalarını uyarır. Afferent impulslar, beyindeki vasomotor merkezde vasokonstriksiyonu tetikler ve kan basıncı düzenlenir. Aorta ve diğer bazı büyük damarlarda da küçük baroreseptörler bulunur.

2-Karotid cisimler: A.carotis communis'in çatallanma yerinde yerleşik küçük (3-5 mm) ve oval biçimli yapıdır. Düşük O₂ basıncına, yüksek CO₂ konsantrasyonuna ve düşük arteriyel pH'ya duyarlı **kemoreseptörler** olarak faaliyet gösterirler. Bağ dokusu yapıya gömülü soluk boyanan 2 tip hücre içerirler: **Glomus hücreleri** (Tip I) ve **kılıf hücreleri** (Tip II). Fenestralı tip kapillerleri bulunan zengin bir vasküler yapı ile sarılı olan oluşumlardır. İri çekirdeğe sahip glomus hücrelerinde adrenal medullanın kromaffin hücrelerindeki benzer 60-200 nm çapında yoğun veziküller vardır. Kılıf hücreleri uzun uzantılara sahip hücrelerdir, dens veziküller içermezler. Karotid cisimler katekolaminler içerir. Glossofarengal ve vagustan afferent lifler alırlar.

3-Aortik cisimler: Arcus aortada sağ subclavian ve sağ common carotid arter arasında ve sol subclavian arterle sol kommon karotid arter arasında bulunur. Yapıları ve işlevleri karotide benzerdir.

ÖZEL TİP ARTERLER

Yastıkçıklı Arterler: Erektile organlar, tiroid , meme başı, nazal mukoza ve prostattaki bazı küçük arterler bu tiptir. Tunika intimada epitelooid hücre grubu olarak adlandırılan kontraktile hücreler fonksiyonel bir kapak gibi görev yaparlar. İntimanın lümenine doğru kabarıklık yapmasıyla (intima yastıkçıkları) lümen daralır ya da kapanır. Peniste puberteden sonra media ve intima hiperplazisi ile yastıkçıklı arter yapısı gelişir. Adventisya ince kalır.

Serebral Arterler: Çaplarına oranla duvarları çok incedir. Kafatası ile korunduğundan media ve adventisya çok incedir.

Umbilikal Arterler: Tunika intimada yalnızca endotel bulunur. Kas tabakası iyi gelişmiştir. Adventisya yoktur. Göbek kordonunun mukoz bağ dokusu mediayı dıştan sarar.

Akciğer Arterleri: İnce duvarlıdır. Akciğerlerdeki düşük kan basıncına uygun olarak hem kas hem elastik doku azalmıştır.

Terminal Arterler: Bazı organlarda arter dalları, komşu arterlerle anastomozlaşmadan, herbiri kendisine ait bölgeyi besler. Bu arter tıkanacak olursa beslediği dokuda nekroz ortaya çıkar. Klinik önem taşır. Arteria centralis retina'nın tıkanması körlüğe yol açar. Koroner arterler de bir miktar anastomoz yaparlarsa da çoğunlukla yeterli kolateral dolaşım sağlanamaz.

KLİNİK İLİŞKİLER

Normal ve Patolojik Damarsal Değişiklikler: Arterlerde doğumdan ölüme kadar yavaş yavaş ilerleyen değişimin nerede başlayıp bittiğini söylemek güçtür. İlk değişiklik, intimadaki bağ dokusundaki artıştır. İntima kalınlaştıkça elastik membranlar parçalanır. En büyük arterler duvarlarında giderek kalınlaşma ve elastik lamina sayısında artışa rağmen 25 yaşına kadar büyümeye devam ederler. Muskuler arterlerde orta yaştan itibaren duvarlarında kollajen ve proteoglikanlar artar ve esneklikleri azalır. Koroner damarlar yaşlanma etkilerini ilk gösteren damarlardır ve intimaları yaşa bağlı büyük değişiklikler gösterir. Bu doğal değişiklikler, arteriosklerozda (arterlerin sertleşmesi) gözlemlenen değişikliklere benzemez.

Kalp krizinin öncülü bir hastalık olan **atherosklerozda**, elastik arterler etkilenir. Yumuşak, hücresiz lipid materyelin intima duvarlarında birikimi gözlenir. Bu birikimler 25 li yaşlarda bile lümen çapını daraltır. Yaşlıların intimalarında şekillenen fibröz plaklar (atherosklerotik plak) patolojiktir. Elastik fibriller parçalanır. Muskuler arterde ise mediada kalsifikasyon gözlenir.

Aterom, atardamarların duvarlarında oluşan anormal yangısal (enflamatuvar) makrofaj akyuvar birikmesidir. Bu anatomik bozukluklar (lezyonlar) çocukluğun geç döneminde, yaklaşık 10 yaşından önce gelişmeye başlar ve zamanla iyice gelişir

Sağlıklı bir kişinin tunika media düz kas tabakası yenilenebilir fakat endotel haraplandığında burada toplanan trombositler, **trombosit-kökenli büyüme faktörü** salgılayarak düz kas hücrelerinin çoğalmasını uyarırlar. Sonuçta, bu hücreler kolesterolden zengin lipidler ile paketlenirler. Düz kas hücrelerinin ek kollajen ve

proteoglikanlar salgılamasıyla tunika intima kalınlaşır. Endotelin bu ileri harabiyeti nekroza götürür. Daha fazla trombosit birikimi trombus oluşturur ve bu bölgede damarı tıkayabilir ya da emboli ile koroner veya serebral damarları tıkayabilir.

Arteriosklerozis: Yaşlanma ile damarların sertleşmesi subendotelyal tabakada başlar, sonra mediaya geçer. İntima ve mediadaki elastik fibriller parçalanır. Esneklik kaybolur. Önemli dolaşım bozuklukları ortaya çıkar.

Kapillerler

Çapları yaklaşık 8-10 μm , uzunlukları ise 0.25-1 mm dir.Kapiller çapı yolları boyunca değişmez. Lümen çapı 1 hücrenin geçişi için uygundur. Tüm kapiller yataklar aynı anda açık değildir. Ancak fizyolojik olarak ihtiyaç duyulduğunda daha fazla kapiller yatağın açılmasını ve kan akışının artmasını sağlar. Kapiller toplamı 96 000 km iken kapladıkları alan ise 6 000 m^2 dir. Bir organda kapiller çoksa metabolik aktivite yüksek; azsa düşüktür.

Endotel hücreleri dış taraftan endotelyal hücrelerden sentezlenen bir bazal lamina ile çevrilidir. Küçük kapillerlerde 1 endotel hücresi kapilleri döşerken, büyük kapillerleri 2-3 endotel hücresi döşer. Endotel hücreleri birbirlerine zonula occludensler ve tight-junctionlarla tutunur.

Kapillerin ve küçük venüllerin dışında **perisit** (perivasküler hücre, adventisyal hücre) bulunur. Bunlar uzun primer sitoplazmik uzantıları ve bunlardan çıkan sekonder uzantıları olan mezenşimal hücrelerdir. Sekonder uzantıları endotel hücreleri ile birkaç gap-junctiona bağlantı kurarlar. Aktin, miyozin, tropomiyozin, isomyosin ve protein kinaz içerirler. Bu yapıların hepsi kapillerdeki kan akışını düzenleyen kontraktıl süreçle ilgilidir. Harabiyetten sonra perisitler arteriyol ve venül duvarlarında düz kas ve endotel hücreleri oluşturmak üzere farklanabilirler. Angiogenesis ve doku tamirinde fonksiyonları vardır. Kapilleri saran bazal lamina perisiti de kesintisiz olarak sarar.

Kapillerlerin Sınıflandırılması

Kapillerler, duvarlarında bulunan endotel hücrelerinin yapısı ve bazal laminanın bulunup bulunmamasına göre sınıflandırılırlar.

1-Devamlı Kapiller

2-Pencereli Kapiller

- Pencereli-diyafıramlı
- Pencereli-diyafıramsız

3-Sinüzoidal kapiller

1-Devamlı Kapiller

Endotel hücreleri kesintisiz olarak lümeni döşer. Sinir dokuları, ekzokrin bezler, bağı ve kas dokularında bulunur. Beyin dokusunda modifiye tipi bulunur. Endotel hücreleri arasındaki zonula occludensler birçok molekülün geçişini engeller. Makromoleküllerin taşınımında işlev gören pinositotik vezikülleri bulunur. Kas dokularında pinositotik vezikül çok, sinir dokusunda az ya da yoktur. Kesintisiz bazal lamina bulunur.

2-Pencereli Kapiller

a) Pencereli Kapiller-diyafıramlı: Kesintisiz bazal lamina bulunur. Endotel hücreleri sitoplazmasında pencere-fenestrata adı verilen 60-80 nm açıklıklar bulunur. Bu pencereler hücre membranından çok daha ince diyafıramlarla kapatılmıştır. Su-sıvı transportunun fazla olduğu pankreas, böbrek, bağırsaklar, pleksus choroideus, processus ciliaris'te sayıları fazladır. Diyafıramlarda merkezi alandan ışınal olarak uzanan 8 fibril bulunur ve kamaya benzer bir kanal oluştururlar. Herbirinde 5.5 nm'lik açıklık bulunur. Por-diyafıram kompleksleri 50 nm aralıklarla yer alırlar.

b) Pencereli Kapiller-diyafıramsız: Pencere yapılarında diyafıram bulunmaz.

3-Sinüzoidal Kapiller: 30-40 µm çapında, dolaşımı yavaşlatacak şekilde dolambaçlı yollar izleyen bu damarlarda endotel hücreleri arasında aralıklar bulunabilir (endokrin bezler), lenfoid organlarda ise endotel ince ve kesintisizdir. Endotel hücrelerinde de diyafıramsız bol pencere vardır. Bazal lamina kesintili veya yoktur. Duvarlarında perisitler yoktur. Karaciğer, dalak, kemik iliği, lenfoid organlar ve böbrek üstü bezinde çok bulunur. Endotel hücreleri pinositotik vezikül içermemesine rağmen, makrofajlar endotelial duvarın içinde veya dışı boyunca bulunabilir.

Kapiller Yatağına Kan Akışının Düzenlenmesi

Arterlerin çoğunun terminalleri bir kapiller yatakta sonlanır. Kan, buradan venüllere aktararak kardiyovasküler sistemin venöz kısmına götürülür. Vücudun birçok yerinde arterler bir ven damarıyla basitçe birleşerek **arterio-venöz anastomozları** (AVA,vasküler şant) oluştururlar. Bu yapı arter tarafında arter; ven tarafında ven özelliğini gösterir. Orta bölümde ise tunika media kalınlaşmıştır ve subendotelyal tabakaları modifiye ve uzunlamasına yerleşik tombulca poligonal düz kas hücrelerini içerir. AVA kapandığında kan kapiller ağdan dolaşır. AVA açıldığında kan, kapillere uğramadan geçer. Her yerde çoğunlukla da küçük damarlarda görülür. Bu şantlar, ısının düzenlenmesinde yararlıdır ve deride çok fazladır. AVA'ların orta parçaları adrenerjik ve kolinerjik liflerden zengindir ve beyindeki ısı düzenleyici sistemle kontrol edilirler. Anastomoz yapan damarların lümen çapı organın fizyolojik durumuna göre değişir. Yenidoğanda çok azdır, farklanma tamamlanmamıştır. Yaşlılarda atrofi ve skleroz görülür.

Glomera: Glomus cisimciği ısı regülasyonu ile ilgili özelleşmiş bir arteriovenöz anastomozdur. Arteriovenöz anastomatik bir ya da daha çok damarın birlikte seyrettiği ve genellikle bağ dokusu kapsülü ile çevrili yapıdır. **Suquet-Hoyer** adı verilen ve şişkin endotel hücreleri ile döşenen kıvrımlı merkezi bir kanal vardır. Bu kanal yuvarlak biçimli epitel görünümlü glomus hücrelerini içeren longitudinal ve sirküler kas fibrilleri ile sarıdır. Glomus, elastik laminası olmayan bir arteriyol olan basit bir organdır. Damarın düz kas tabakası damar lümenini kısmen ya da tamamen sarar. Düz kas tabakası sınırlardan zengindir. Bir venöz pleksusa boşalmadan önce direkt olarak kan akımını düzenlerler. Tırnak yatağı, parmak uçları ve ayak parmakları glomera ile damarlandırılır (glomus:tekil).

Merkezi Kanal: Arteriyel sistemden kan akışı ya metarteriyollerle (prekapiller sfinkter ile) ya da terminal arteriyollerle kontrol edilir. Merkezi kanalın proksimal (arteriyel) kısmını metarteriyoller oluştururken; distal kısmı (venöz kısmı) prekapiller sfinkteri olmadığı için **thoroughfare kanal** adını alan bölümce oluşturulur. Thoroughfare kanallar kanı venöz sistemin küçük venüllerine boşaltırlar. Prekapiller sfinkterler kasıldığında kan, kapiller yatağa uğramadan merkezi kanallardan akar ve direkt olarak venüllere girer.

Arterlerin Genel Özellikleri

Arter Tipi	Çapı	T.İntima	T.Media	T.Adventisya
Elastik Arter	>1cm	Endotel Düz kas Bağ Doku	Elastik lameller Düz kas	Bağ Doku Vaza vazorum Nervi vazorum Lenfatikler
Muskuler Arter	2-10mm	Endotel Düz kas Bağ Doku Belirgin iç elastik membran	Elastik doku az Kollajen Çok miktarda düz kas	Bağ doku
Küçük Arter	0.1-2mm	Endotel Düz kas Bağ Doku İç elastik membran	8-10sıra düz kas hücreleri Kollajen lif	Bağ doku
Arteriol	10-100µm	Endotel Düz kas Bağ Doku	1-2sıra düz kas hücreleri	İnce bağ dokusu
Kapiller	4-10µm	Endotel Perisit	(-----)	(-----)

VENLER

1-Büyük Venler

2-Orta Boy Venler

3-Venül (Postkapiller venül,musküler venül)

Ven ve venüller, homolog arter ve arteriyollerinden daha ince duvarlı, daha geniş lümen ve çaplıdır. Venler, arterlerden çoktur. Total kan hacminin %70'i venöz damarlardadır. Duvarları ince ve esneklikleri arterlere göre az olduğundan kesitlerde venler genellikle büzülür, lümeni düzensiz izlenir. Aynı ebattaki, hatta aynı vende bile venlerin yapısı unifom değildir. Duvarlarında 3 tabaka vardır. Muskuler ve elastik tabakalar iyi gelişmemiş olmasına karşın bağ doku bileşenleri arterlere göre daha belirgindir. Bazı vücut alanları (örn.retina, meninksler, plasenta ve penis) kendilerini basınçtan koruyan venleri bulundururlar. Venler, duvarlarında az miktarda düz kas bulundurur ya da hiç bulundurmazlar hatta çoğu vende tunika intima ve media arasındaki sınır da belirgin olarak ayırt edilemez.

1-Büyük Venler: Tunika intima, iyi gelişmiştir. Kalın subendotelyal tabakalarında fibroblastları ve elastik fibril şebekesini içerir. Tunika media, çoğu büyük vende bulunmazken bazı büyük venlerde bulunur ve birkaç sıra düz kas tabakası içerir. Bacakların yüzeysel venlerinde yerçekimini ile oluşan gerilime karşı koymak için iyi gelişmiş muskuler duvar bulunur.

Tunika adventisya, en gelişmiş ve en kalın tabakadır. Kollajen liflerden zengindir. Az miktarda elastik lif ve vaso vasorumları içerir. Vena cava inferiorda uzunlamasına düzenlenmiş düz kas hücreleri yer alır. Bu kas lifleri yerçekimine karşı akımı sağlar. Pulmoner venler ve vena cava kalbe yaklaşırken duvarlarında kalp kası hücreleri yer alır. Vaso vasorumlar intimaya kadar uzanır. Adventisya bol sinir liflerini içerir.

2-Orta Boy Venler (1-9 mm): Anayolların dışındaki venlerin çoğu bu gruptadır. İntima incedir, endotel, bazal lamina ve retiküler fibrilleri içerir. Bazen, elastik bir şebeke endoteli çevreler ancak membrana elastika internanın laminal özelliklerini göstermez. Tunika media da kollajen fibriller ve fibroblastlar ile birarada bulunan gevşek düz kas hücreleri bulunur.Tunika adventisya en geniş tabakadır ve uzunlamasına düzenlenmiş kollajen demetleri, elastik lifler ve az sayıda düz kas hücresi bulunur. İç kısımlarında **kapakçıklar (valvüla)** bulunur. Bu yapılar, lümene yönelmiş olan 2 (1 ya da 3 de olabilir) tunika intima katlantısından oluşur. Kollajen ve elastik liflerle desteklenirler. Ekstremitelerde çoktur, venöz kanın geri akışını engelleyerek kanı kalbe iledir.

3-Venüller: Kapillerden kanı 15-20 µm çapındaki postkapiller venüller alır. Kapillerlere benzer olarak endotel, bazal lamina ve perisitler bulunmaktadır. Daha geniş çaplı venüllerde (>1 mm) perisitler yerini düz kas hücrelerine bırakır. Önceleri düz kas hücreleri seyrek yerleşimlidir venül çapı arttıkça giderek birbirlerine yaklaşırlar en geniş venüllerde ve küçük venlerde kesintisiz bir tabaka oluştururlar. Venül çapı, kapillerden geniştir. Arterden venüle doğru geçirgenlik giderek artarak venülde maksimuma ulaşır. Bu nedenle lökositler buradan dolaşımı terketmeyi tercih ederler. Ven çapı artınca permeabilite birdenbire azalır. Zonula occludensler iyi gelişmemiştir. Bu yüzden endoteli damar geçirgenliğini üzerine etkili maddelere (histamin) karşı çok duyarlıdır. Enflamatuvar süreçlere, kan-doku arasındaki metabolit değişimine katılırlar. Postkapiller venülden sonra muskuler venül başlar. Duvarında 1-2 tabaka düz kas vardır.

Bazı lenfoid organlarda bulunan venüllerin endotel hücreleri yassı epitel yerine kübiktir ve **yüksek endotelli venüller** olarak adlandırılırlar. Lenfositlerin tanınmasında ve lüminal yüzeylerindeki tipe özgü reseptörlerin ayırımında işlev görürler ve lenfoid parankimada uygun bölgelere spesifik lenfositlerin göçünü sağlarlar.

ÖZEL TİP VENLER

Kas Tabakası Bulunmayan Venler: Endotel, bağ dokusuna oturur. Maternal plasenta venleri, duramaterin venöz sinüsleri, piamater venleri, retinal venler süngerimsi kemik venleri, peniste corpus cavernosum ve spongiosu
Düz Kasın Zengin Venleri: **Gebelikte uterus venlerinde her 3 tabakada da düz kas hücreleri bulunur. Umbilikal venlerde tunika mediada içte longitudinal dışta sirküler düz kas hücreleri bulunur.**

Kalp Kası İçeren Venler: V.cava inf, superior ve V.pulmonalis

Venöz Kan Sinüsleri: Genişlemiş ven başlangıçlarıdır. Dalak ve kemik iliğinde bulunur.

Venlerin Genel Özellikler

Ven Tipi	Çapı	T.İntima	T.Media	T.Adventisya
Postkapiller venül	10-50 μ m	Endotel Perisit	(-----)	(-----)
Musküler venül	50-100 μ m	Endotel Perisit	1-2sıra düz kas hücreleri	Bağ doku Birkaç elastik lif
Küçük ven	0.1-1mm	Endotel 2-3sıra Düz kas Bağ Doku	2-3sıra düz kas hücresi	Bağ doku Birkaç elastik lif
Orta ven	1-10mm	Endotel Düz kas Bağ Doku İç elastik membran	Düz kas Kollajen Lifler	Bağ dokusu Birkaç adet elastik lif
Büyük ven	>1cm	Endotel Düz kas Bağ Doku	Düz kas(2-15 sıra) Kollajen lifler	Bağ Doku Birkaç elastik lif

KLİNİK İLİŞKİ

Varikoz venler, genellikle yaşlı insanların bacaklarındaki yüzeysel venlerin anormal genişlemesidir. Kas tonusunun kaybolması, damar duvarlarının dejenerasyonu ve kapakçıkların bozulması ile ortaya çıkar. Varikoz venler özefagusun alt ucunda (özefagal varisler) ve anal kanal altında da (hemoroid) ortaya çıkabilir.

ARTER İLE VEN KARŞILAŞTIRILMASI

ARTER	VEN
1-Lümen küçük, düzgün ve yuvarlak	1-Lümen geniş ve düzensiz
2-Duvar, çapına oranla kalın	2-Duvar, çapına oranla ince
3-T. media en kalın tabaka	3-T. adventisya en kalın
4-İç ve dış elastik membran var	4-İç ve dış elastik membran genellikle yok
5-Lümende eritrosit genellikle yok	5-Lümende eritrosit genellikle var
6-Kapakçık yoktur.	6-Özellikle alt ekstremitte venlerinde kapakçık bulunur.
7-Lümen genellikle açıktır	7-Lümen genellikle kollabedir.