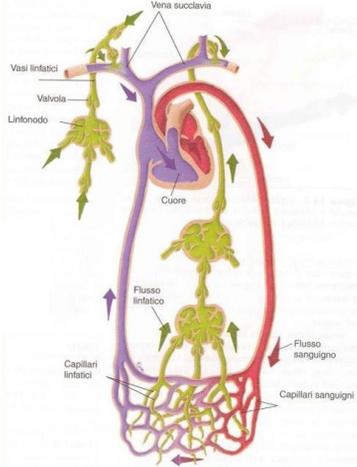
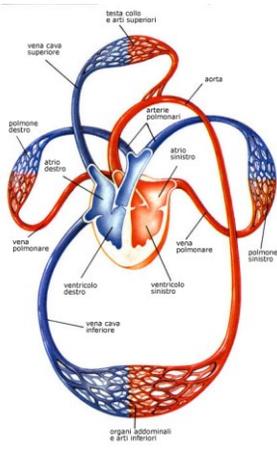


Sistema circolatorio

Sistema circolatorio

Due comparti separati:

- Sistema cardiovascolare (*sangue tessuti* ↔ *cuore*)
- Sistema vascolare linfatico (*linfa, liquido tessuti* → *sist. vasc.*)



SISTEMA CARDIOVASCOLARE

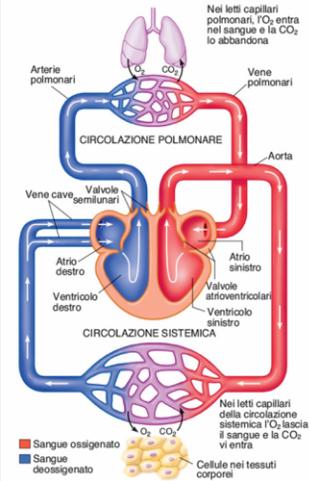


FIGURA 17.1 ▲ Nei mammiferi il sistema circolatorio sanguigno è suddiviso in circolazione sistemica e circolazione polmonare. La circolazione sistemica (grande circolazione) ha inizio nel ventricolo sinistro, che immette il sangue ossigenato nell'aorta; i suoi rami raggiungono ogni parte del corpo terminando in letti capillari, dove il sangue cede O₂ e si carica di CO₂, convertendosi quindi da sangue arterioso a sangue venoso. Dai capillari si originano le vene, le quali raggiungono le vene cave che sboccano nell'atrio destro. Da qui il sangue venoso passa al ventricolo destro, da cui parte la circolazione polmonare (piccola circolazione), con le arterie polmonari, che portano il sangue ai polmoni. Dai polmoni le arterie polmonari si ramificano in capillari, nei quali, a livello delle cellule degli alveoli polmonari, il sangue venoso rilascia CO₂ e si carica di O₂, diventando così sangue arterioso, il quale torna al cuore tramite le quattro vene polmonari, che sboccano nell'atrio sinistro. In sintesi, le arterie conducono il sangue dal cuore ai tessuti, le vene conducono il sangue dai tessuti al cuore; i capillari permettono gli scambi sangue-tessuti-sangue. I vasi del letto capillare si ramificano estesamente, costituendo la cosiddetta microcircolazione, il tramite tra la circolazione arteriosa e quella venosa. Nell'uomo si stima che se tutti i vasi (arterie, vene, capillari) fossero disposti da un'estremità all'altra si avrebbe una lunghezza complessiva di circa 90.000 km, più di due volte la circonferenza della terra. Nello schema le frecce indicano la direzione del flusso sanguigno.

- Cuore
- Circuito polmonare (*da e verso i polmoni*)
- Circuito sistemico (*da e verso i tessuti del corpo*)

- Arterie (*dal cuore verso la periferia*)
- Capillari
- Vene (*dalla periferia verso il cuore*)

Il cuore

Endocardio: edotelio epit. squamoso semplice (in continuità con tunica intima dei vasi), connettivo con fibre elastiche, collagene, fibrobl. Ancora al di sotto **strato sottoendocardico** = t. connett. lasso, piccoli vasi, nervi e fibre del Purkinje (conduzione dei segnali elettrici), endomisio che riveste la cavità del cuore.

Miocardio: strato medio e più spesso del cuore, cellule muscolari cardiache a spirale. Ritmo cardiaco: **nodo senoatriale** alla giunzione vena cava-atrio dx. e **nodo atrioventricolare**, connessi dal **Fascio di His** e **fibre del Purkinje**.

Epicardio (pericardio): strato più esterno della parete del cuore (str. viscerale del pericardio = strato pavimentoso semplice, detto mesotelio). Strato di connettivo lasso con vasi coronarici, nervi e gangli, grasso superficiale

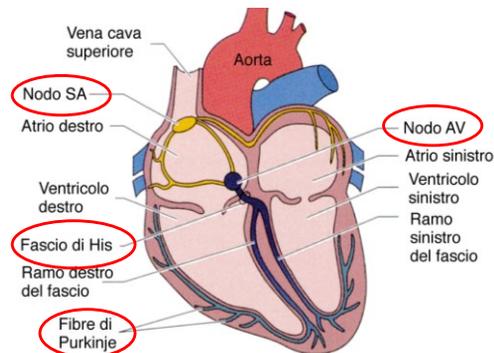
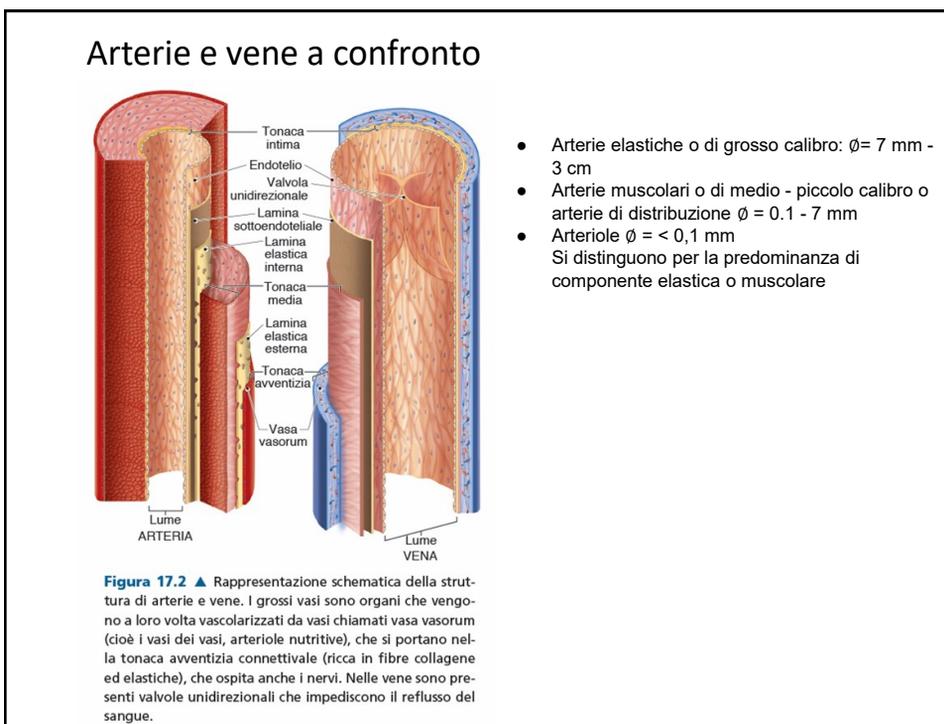
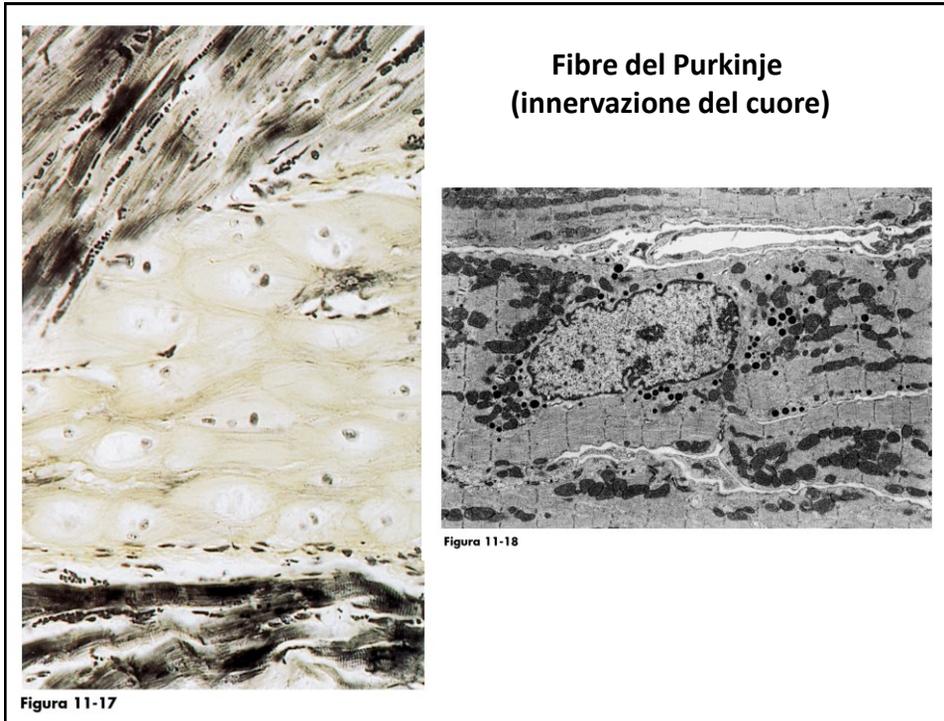
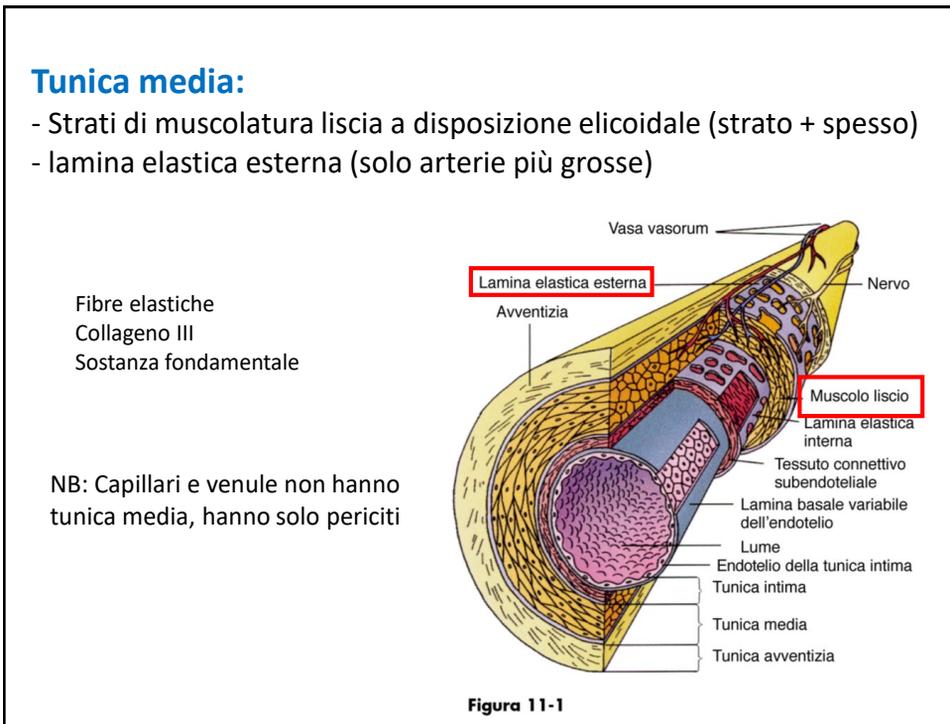
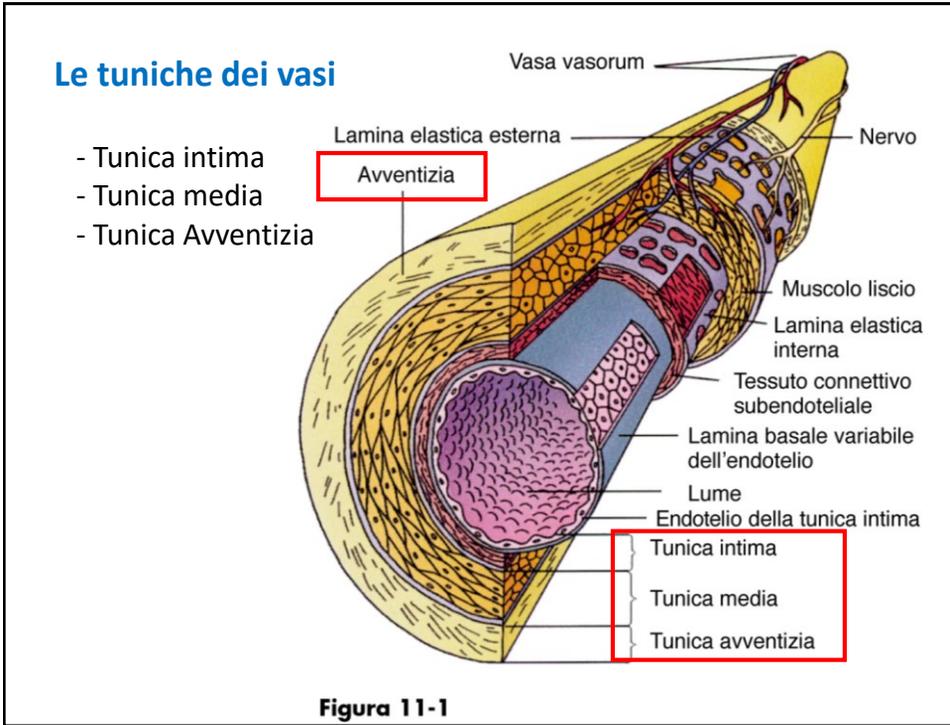


Figura 11-16

Simpatico = accelera il battito cardiaco
Parasimpatico = rallenta il battito cardiaco





Tunica intima:

- endotelio (epitelio squamoso semplice)
- lamina basale dell'endotelio
- tessuto connettivo subendoteliale con cellule muscolari lisce
- lamina elastica interna

Collagene II IV e VI
Laminina
Endotelina
NO
Fattore di von Willenbrand
Enzima che trasforma angiotensina (ACE)
(Angiotensina I => Angiotensina II)
Enzimi inattivatori di:
Bradichinina,
Serotonina,
Prostaglandine,
Trombina,
Norepinefrina

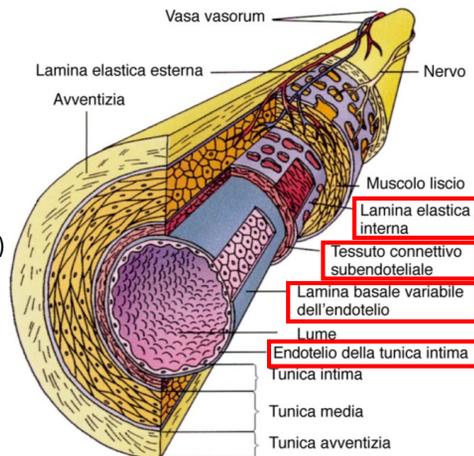


Figura 11-1

Tunica avventizia:

- Strato più esterno (si fonde con il connettivo circostante)

Fibroblasti
Fibre elastiche longitudinali
Collagene I
Sostanza fondamentale

Vasa Vasorum

Nervi vasomotori (vasocostrizione)

amielinici postgangliari, noradrenalina,
nei vasi dei muscoli anche nervi colinergici
non entrano nella tunica media,
(sinapsi diffusa; gap junctions)
più presenti in arterie

Vasocostrizione/Vasodilatazione

Endotelina Enzima che trasforma
angiotensina (ACE)
(Angiotensina I => Angiotensina II)
NO

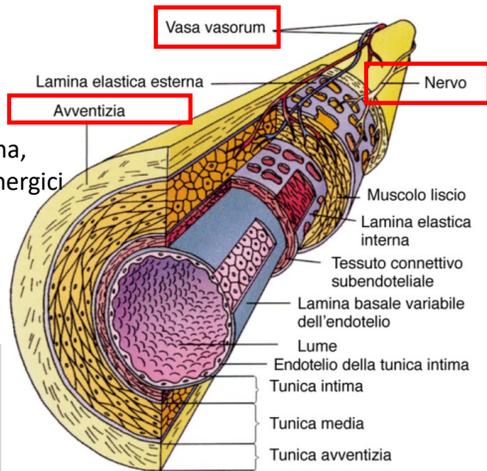


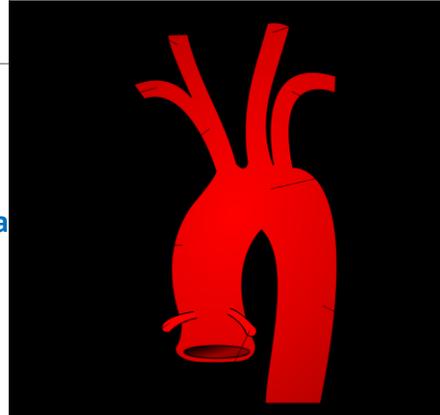
Figura 11-1

Arterie (dal cuore verso la periferia)

Vasi efferenti, emergono dai ventricoli del cuore
Ventr. Dx = tronco polmonare (art. Pol, dx/sx)
Ventr. Sx = aorta (coronarie dx e sx = vasi cuore)

Dall'aorta 3 tronchi arteriosi principali

- **Tronco brachiocefalico dx** (estremità sup)
- **Carotide comune sx** (testa/cervello)
- **Succlavia sx** (collo)



Tre tipi di arterie:

- Arterie elastiche
- Arterie muscolari
- Arteriole



Arterie elastiche

(aorta comune, succlavie, iliache, tronco polmonare)

- C. endoteliali spessore 10-15 micron
- Tunica intima con lamina elastica interna
- Fibroblasti uniti da giunz. occlud.
- Piccole vescicole superficiali
- Corpi di Weibel-Palade (fattore von Willenbrand)
- Tunica media con lamelle fenestrate di elastina e c.musc.lisce (aumenta con l'età)
- Tunica media con Lamina elastica esterna
- Avventizia sottile

Arteria elastica = conduzione

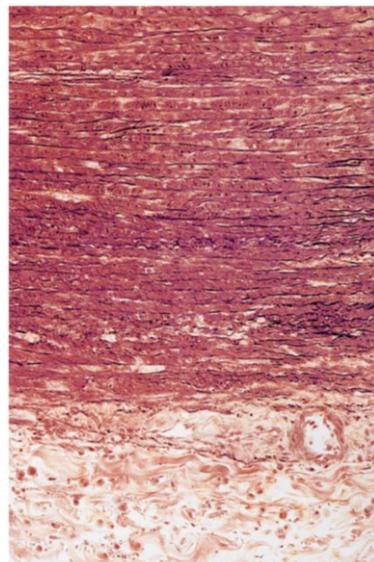


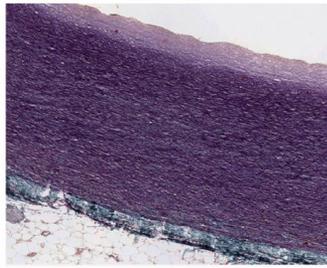
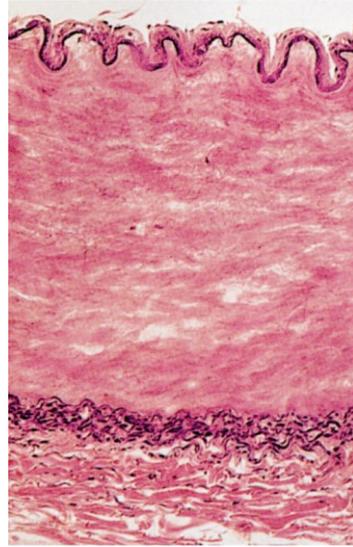
Figura 11-2

Arteria muscolare = distribuzione

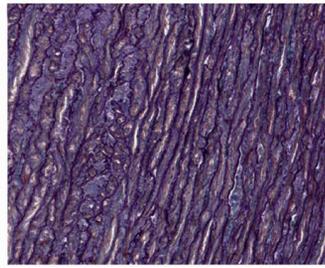
Arterie muscolari

(maggior parte arterie emerg. dall'aorta, ma non quelle che emerg. dall'arco aorta)

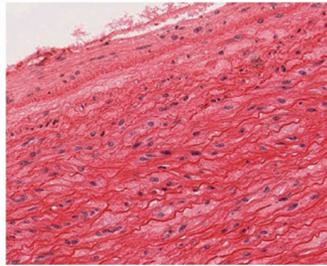
- Tunica intima sottile con poche c. musc. lisce
- Lamina elastic interna ondulata e spessa (bifida)
- Endotelio con giunzioni gap con c. musc. lisce
- Tunica media spessa con c. musc. lisce
- Fibre elastiche
- Collagene III
- Lamina elastica esterna (solo arterie più grandi)
- Tunica avventizia con fibre elastiche (dermatan-solfato, eparan-solfato), vasa vasorum, fibre nervosa amieliniche.



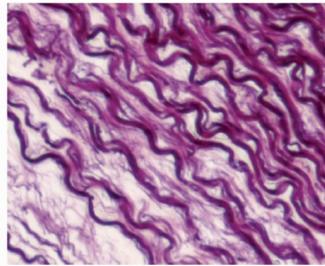
A



B



C



D

Figura 17.3 ▲ (A-D) Sezioni di arteria elastica (aorta) osservate a differenti ingrandimenti e con diverse colorazioni specifiche per le fibre elastiche. L'aorta è il tronco arterioso dal quale originano le arterie, che diramandosi continuamente formano quello che viene chiamato albero arterioso. (A) Sezione che mostra la parete dell'aorta con la struttura caratteristica delle arterie elastiche, in cui le fibre elastiche hanno andamento ondulato. (C-D) Tunica media dell'aorta a forte ingrandimento. Le fibre elastiche sono organizzate in lamine fenestrate concentriche, tra le quali vi sono cellule muscolari lisce e fibre collagene.

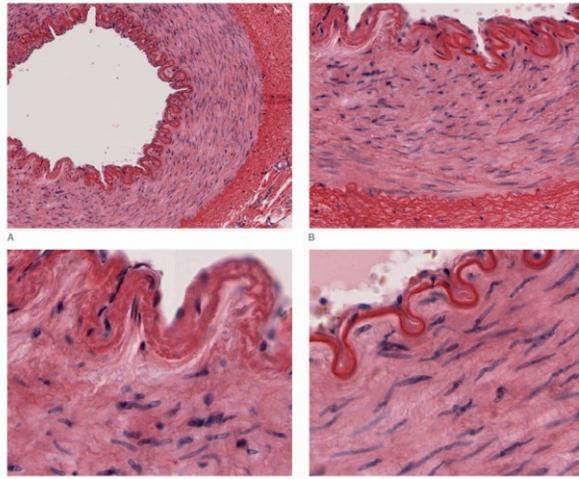


FIGURA 17.4 ▲ (A-D) Sezione trasversale, a diverso ingrandimento, di una arteria muscolare. Colorazione con ematossilina-eosina. La tonaca media è molto spessa e presenta numerosi strati di cellule muscolari lisce disposte circolarmente o a spirale (rispetto all'asse maggiore dell'arteria), che risultano quindi sezionate longitudinalmente e i cui nuclei sono facilmente identificabili. In **C** e **D** è ben visibile la lamina elastica interna, notevolmente contratta (aspetto "arricciato"), rivestita superiormente dall'endotelio, a diretto contatto con il lume del vaso. Lamina elastica interna ed endotelio costituiscono la tonaca intima. In **A** e **B** è bene evidente anche la lamina elastica esterna.

Isabella Dalle Donne
Citologia e Istologia
EdiSES

Arteriola

Arteriole

(arterie con diametro minore di 0.1 mm)

- Spessore = diametro del suo lume
- Endotelio tunica intima con sottile strato di connettivo subendoteliale (collagene III, poche fibre elastiche)
- Lamina elastica interna fenestrata (solo + grandi)
- Tunica media con 1 strato c. musc. Lisce fino a 2-3 strati per arteriole + grandi
- NO lamina elastica esterna
- Tunica adventizia sottile connettivo fibro-elastico con pochi fibroblasti.

Meta-arteriole

(assicurano sangue ai capillari)

- Strato muscolare discontinuo ad anelli di 1 c. musc. liscia circonda il vaso.

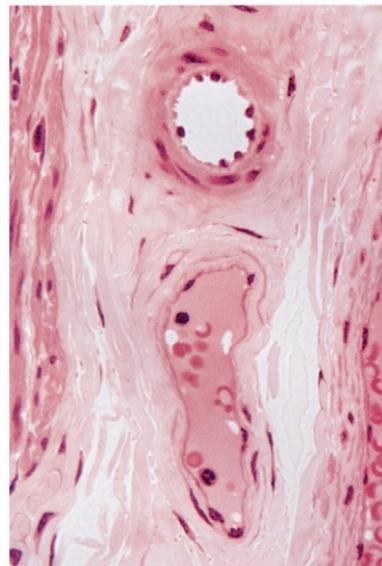


Figura 11-4

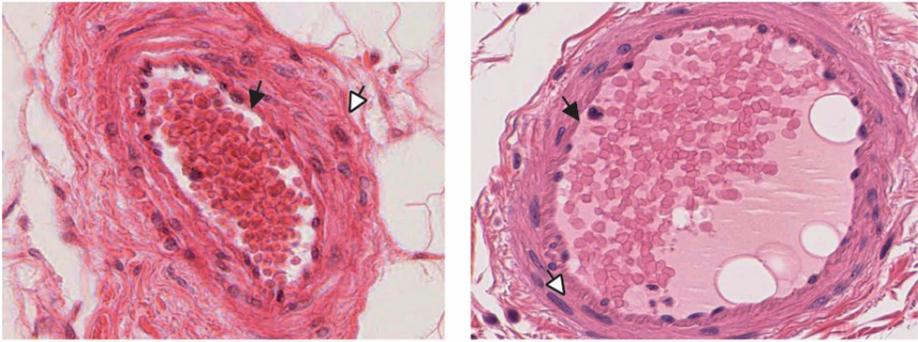


FIGURA 17.5 ▲ (A-B) Sezione di arteriole. Colorazione con ematossilina-eosina. Parete di due arteriole in sezione trasversale, in cui si apprezza la tonaca intima (*freccia nera*) e si osservano le cellule epiteliali pavimentose dell'endotelio che sporgono nel lume del vaso per effetto della sua contrazione. Si osserva la tonaca media (*freccia bianca*) costituita prevalentemente da pochi strati di cellule muscolari lisce.

Arteriole

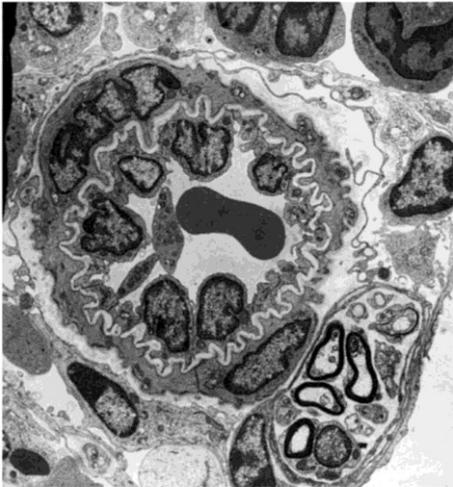


Figura 11-5

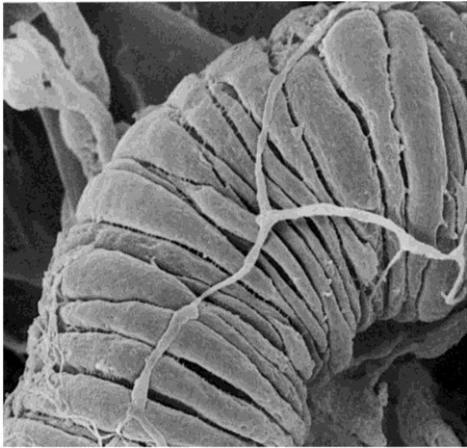


Figura 11-6

Strutture sensoriali specializzate delle arterie

- **Seni carotidei**

Barocettore nella regione arteria carotidea int. sopra biforcaz. carotide comune. Permette aggiustamento vasocostrizione. Innervato da N.IX glossofaringeo. Tunica media sottile (dilatazione). Altri piccoli barocettori in aorta e vasi maggiori
- **Corpi carotidei**

Chemiolettore nella biforcaz. carotide commune. Rileva variazioni conc. O₂, CO₂, ioni H⁺. **Cellule del glomo**, grande nucleo, grandi vescicole dense (simili a cromaffini surrene), prolungamenti citoplasmatici in contatto con c. endoteliali dei capillari. **Cellule della guaina** con lunghi prolungamenti che avvolgono prolong. c. glomo. Nuclei irregolari, vescicole non presenti, terminazioni nervose del n. vago X e glossofaringeo IX dove c. Schwann sostituite da c. guaina
- **Corpi aortici**

Chemiolettore dell'arco dell'aorta. Rileva variazioni conc. O₂, CO₂, ioni H⁺. Struttura simile a corpi carotidei.

Regolazione della pressione arteriosa

Cuore = pompa cardiovascolare (**sistole** = contraz. onda di pressione, **diastole** = rilascio)

Centro vasomotorio del cervello = risponde al monitoraggio continuo dei sensori, con regolazione del tono vasomotorio

Vasocostrizione = indotta dai nervi vasomotori del simpatico (Adrenalina, e NA)

Renina => angiotensinogeno => angiotensina I => angiotensina II

Ormone vasopressina

Ormone antidiuretico (ADH)

Vasodilatazione = indotta dai nervi vasomotori del parasimpatico (Ach e NO)

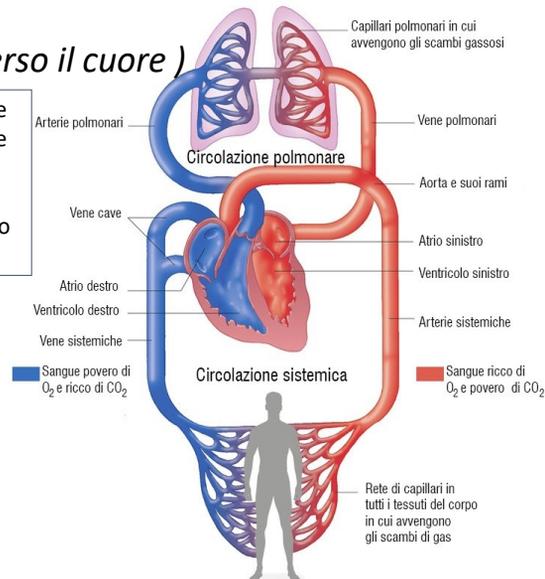
Vene (dalla periferia verso il cuore)

A eccezione delle vene polmonari, che trasportano sangue ricco di ossigeno e sostanze nutritive, tutte le vene trasportano sangue carico di anidride carbonica e prodotti di scarto e povero di ossigeno.

- **Vene di grosso calibro** (diametro sup 7 mm fino a 3 cm)
- **Vene di medio e piccolo calibro** (diametro tra 0.1 e 7 mm)
- **Venule** (diametro inferiore a 0.1 mm)

I 3 tronchi venosi principali:

- **la vena cava superiore** (testa, collo, arti superiori, alcuni organi del torace)
- **la vena cava inferiore** (arti inferiori e tutti gli organi al di sotto del diaframma)
- **le vene polmonari** (trasporto del sangue ossigenato dai polmoni all'atrio sinistro del cuore)

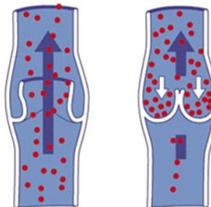


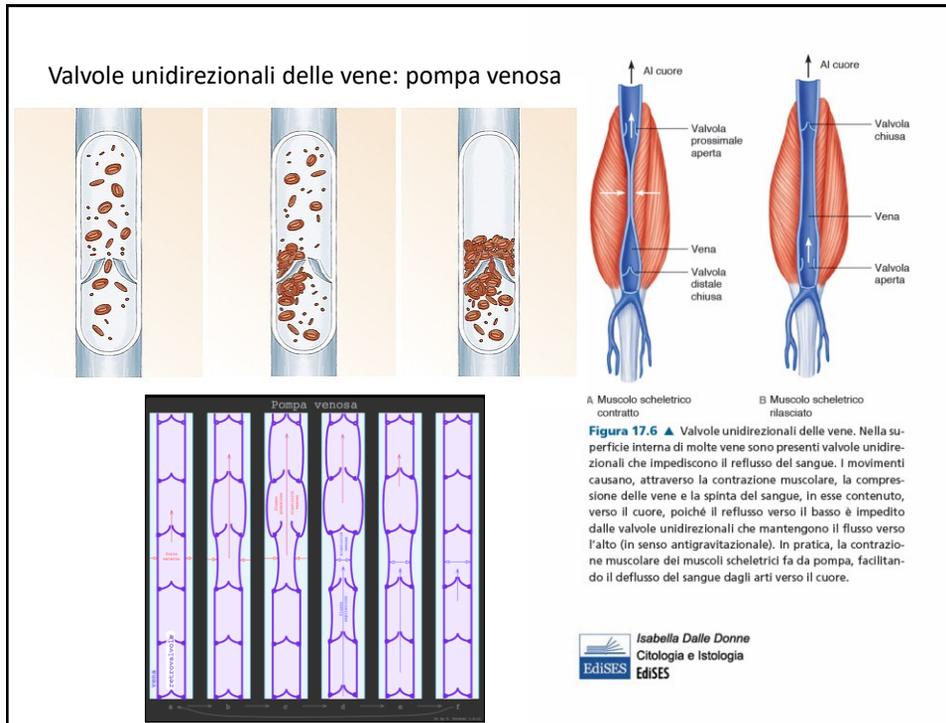
Istologia delle diverse tipologie di vene:

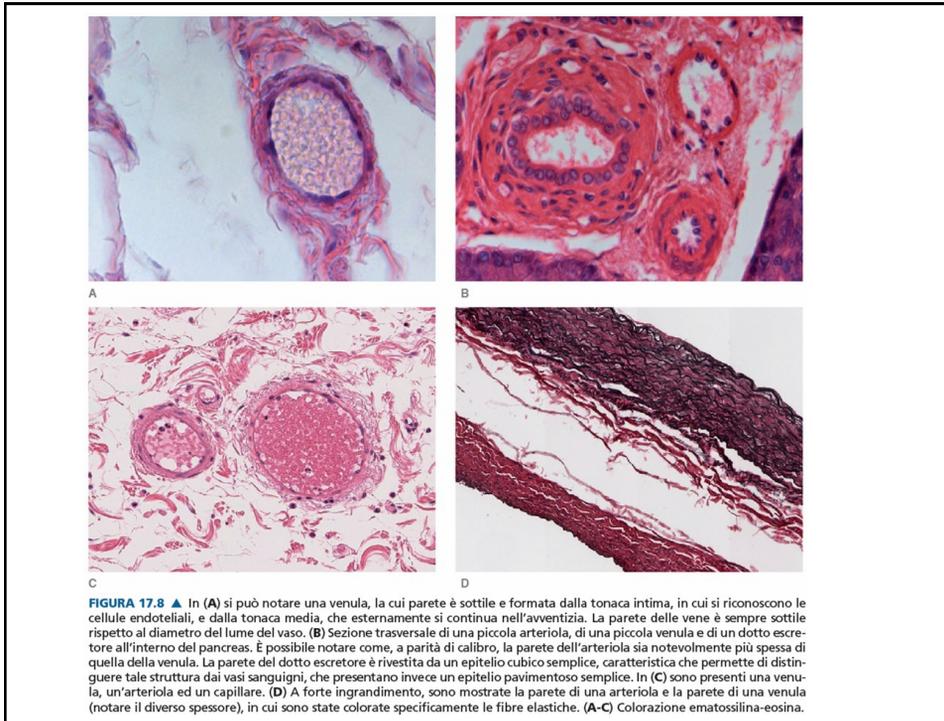
VENE	TUNICA INTIMA	TUNICA MEDIA	TUNICA AVVENTIZIA
Vene grandi	Endotelio, lamina basale, a volte valvole, t. conn.subendotel.	Tessuto connettivo, cellule muscolari lisce	Cellule muscolari lisce in file longitud., cellule musc. Cardiache (vicino al cuore), strati fibre collag. con fibroblasti
Vene piccole e medie	Endotelio, lamina basale, a volte valvole, t. conn.subendotel.	Fibre reticolari ed elastiche, alcune cellule muscolari lisce	Strati di fibre collagene con fibroblasti
Venule	Endotelio, lamina basale, a volte valvole, (periciti in venule post-capillari)	Tessuto connettivo rado e alcune cellule muscolari lisce	Poco collagene e alcuni fibroblasti

In generale: parete più sottile delle arterie, meno elastina, meno muscolatura, connettivo ben rappresentato. Confini tra tuniche non evidenti.

Valvole delle vene: (a nido di rondine) due foglietti, ognuno con una piega della tonaca intima che sporge dalla parete verso il lume del vaso







I capillari sanguigni

I capillari sono vasi sanguigni posti tra l'estremo terminale di un'arteria e quello distale di una vena (escluso nelle reti mirabili). I capillari sono i più piccoli, e fanno parte del sistema della microcircolazione sanguigna.

Misurano dai 5 ai 10 micrometri (um), e sono composti da un unico strato di cellule endoteliali, caratteristiche che consentono loro di effettuare gli scambi gassosi e di nutrienti tra il sangue e i tessuti

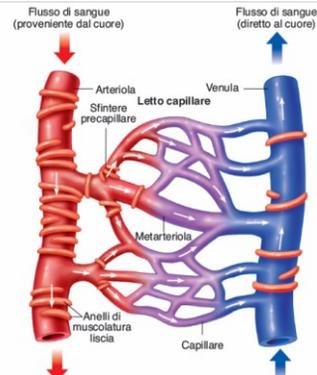


FIGURA 17.9 ▲ Capillari sanguigni, intercalati tra arterie e vene. Nei tessuti i capillari tendono a formare reti intrecciate chiamate letti capillari ed il flusso che le attraversa è chiamato microcircolo. A questo livello l'arteriola si continua con una metarteriola, un canale di passaggio diretto alla venula post-capillare. Da ogni metarteriola si dipartono i capillari, che intrecciandosi tra loro formano il letto capillare. Nel punto di origine dei capillari è presente un anello di cellule muscolari lisce, lo sfintere precapillare, che lo circonda. Questo sfintere agisce come una valvola, regolando il flusso di sangue del microcircolo. Quando gli sfinteri precapillari sono contratti, il sangue scorre esclusivamente nella metarteriola; quando gli sfinteri sono rilasciati il sangue scorre nei capillari ed il tessuto viene abbondantemente perfuso. Pertanto, il capillare può essere chiuso o aperto, mentre la metarteriola è sempre aperta poiché priva di sufficiente muscolatura per fungere da sfintere. Oltre alle reti capillari disposte tra un'arteria ed una vena, esistono anche capillari interposti tra due arterie o tra due vene: sono le reti mirabili arteriose (per es., nei glomeruli renali) o le reti mirabili venose (per es., nel sistema capillare intraobulare epatico).

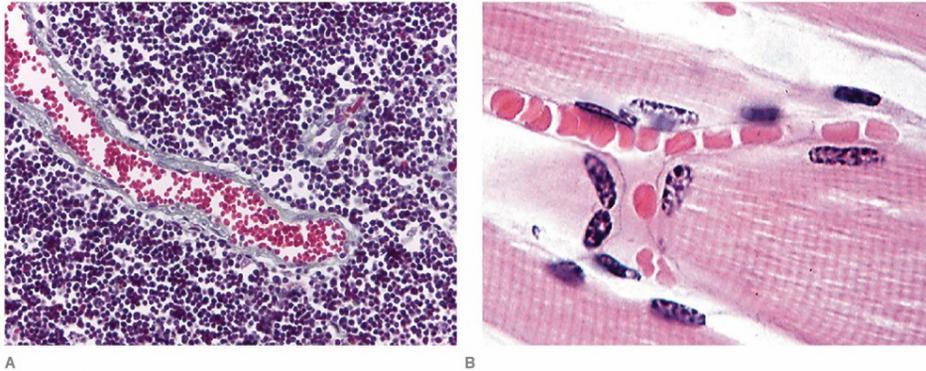


Figura 17.10 ▲ Sezioni longitudinali di capillari sanguigni. **(A)** Capillare sanguigno nella zona corticale del timo. **(B)** Immagine a forte ingrandimento di un piccolo capillare che decorre in un muscolo scheletrico. La parete dei capillari è delimitata da cellule endoteliali. Colorazione ematossilina-eosina.



Isabella Dalle Donne
Citologia e Istologia
EdiSES

Capillari

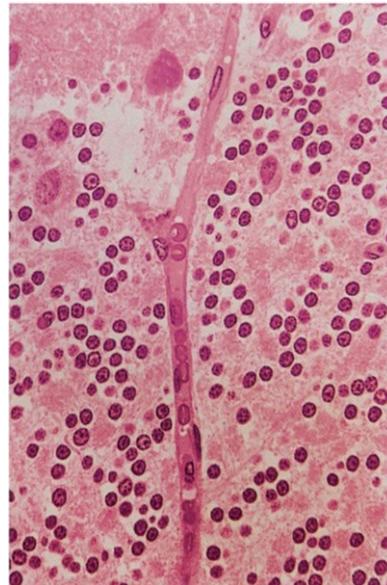
Lungh. max = 1 mm
Diametro 8-10 micron

Cellule endoteliali

1 strato c. endoteliali pavimentose
(0.2 micron, 10-30 micron)
Nucleo ovoidale protrude nel lume capillare
Golgi, pochi mitocondri, ER, ribosomi liberi
Desmina, Vimentina
Numerose vescicole pinocitotiche
Lamina basale esterna
Punti di contatto tra c. endoteliali = pieghe marginali (fasce occludenti giunzioni serrate).

Periciti

Prolungamenti primari e secondari
Giunzioni gap con c. endoteliali.
Tropomiosina, iomiosina, protein chinasi = per contrazione



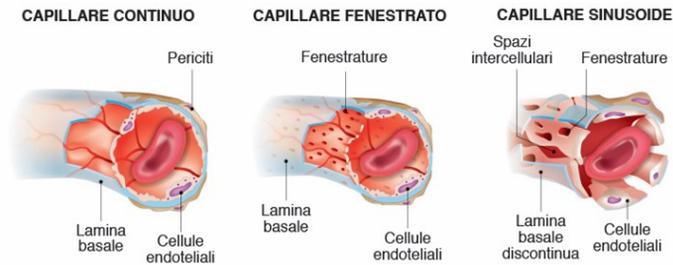


Figura 17.11 ▲ Organizzazione dei capillari. Un capillare continuo è caratterizzato da cellule endoteliali connesse mediante giunzioni intercellulari così da formare un rivestimento continuo. Un capillare fenestrato presenta fenestrature delle cellule endoteliali e lamina basale continua. Un capillare sinusoidale discontinuo è caratterizzato da spazi o discontinuità tra le cellule dell'endotelio; la lamina basale è spesso discontinua (oppure mancante) ed interrotta da numerose piccole fessure attraverso le quali possono passare gli eritrociti.

- **Capillari continui**

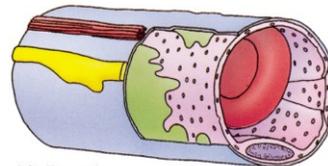
(muscoli, tessuto nervoso e connettivo)
 Fasce occludenti (NON passaggio molecole)
 Carrier per glucosio, aa, nucleoside, purine
 ATPasi Na^+ e K^+ su membrane ad-luminale

- **Capillari fenestrati**

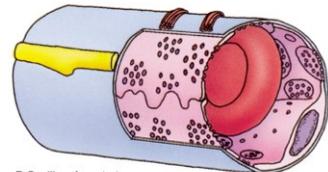
(pancreas, intestino, ghiandole endocrine)
 Pori (Fenestrae) di 60-80 nm con diaframma (8 fibrille 5.5nm)
 raggruppati a distanza di 50 nm
 Nei glomeruli renali NO diaframma

- **Capillari sinusoidi**

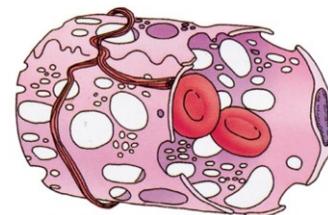
(midollo osseo, fegato, milza, organi linfoidei, gh. endocrine)
 Si adattano alla forma dell'organo vascolarizzato
 Diametro 30-40 micron
 Fenestrae senza diaframma
 Endotelio DISCONTINUO



A Capillare continuo



B Capillare fenestrato



C Capillare sinusoidale (discontinuo)

Figura 11-12

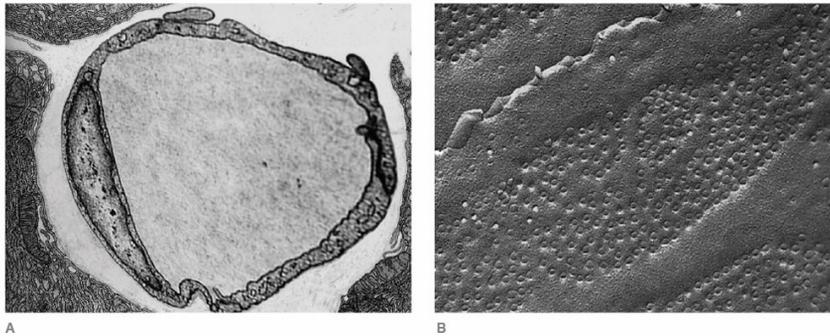


Figura 17.12 ▲ Capillari osservati al microscopio elettronico. **(A)** Piccolo capillare continuo in sezione trasversale. **(B)** Parete di un capillare fenestrato in cui si osservano le fenestrature.


 Isabella Dalle Donne
 Citologia e Istologia
 EdiSES

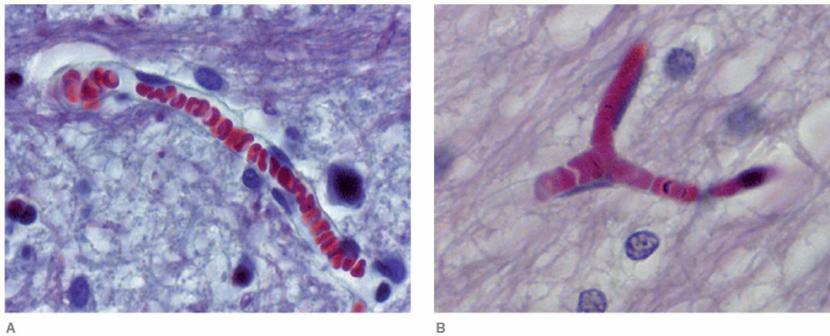
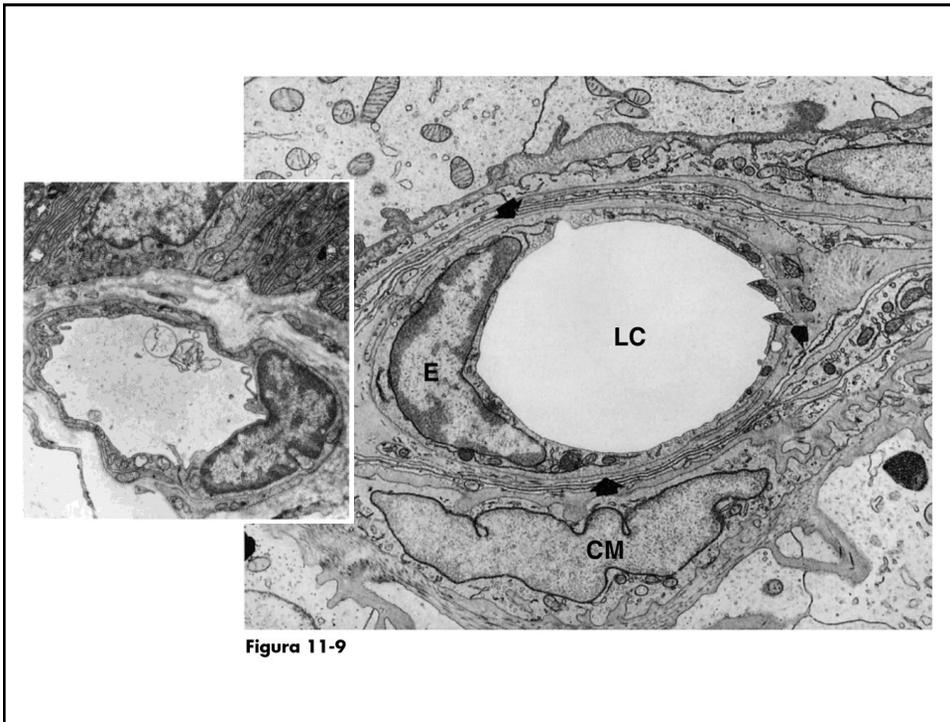
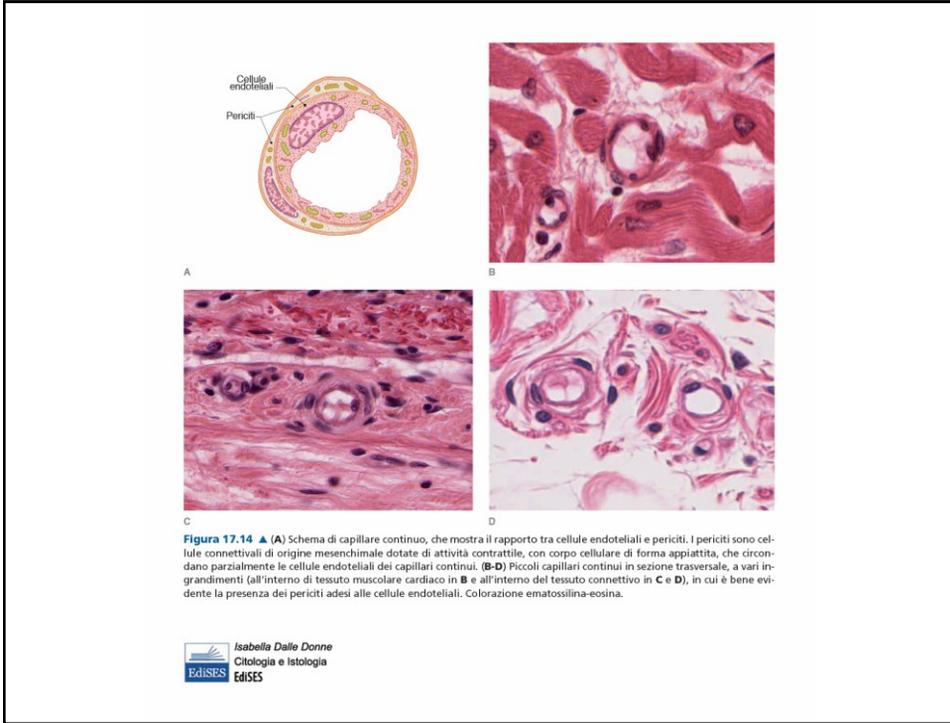


Figura 17.13 ▲ **(A-B)** Capillari continui, in cui si osserva il lume rivestito da un unico strato di cellule endoteliali, pavimentose, i cui nuclei sporgono nel lume del capillare ed hanno forma allungata. Colorazione di Gomori.


 Isabella Dalle Donne
 Citologia e Istologia
 EdiSES



Capillari con periciti

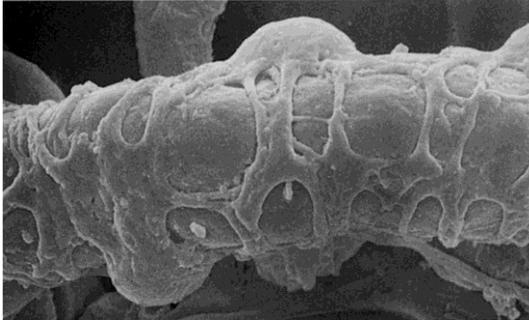


Figura 11-10

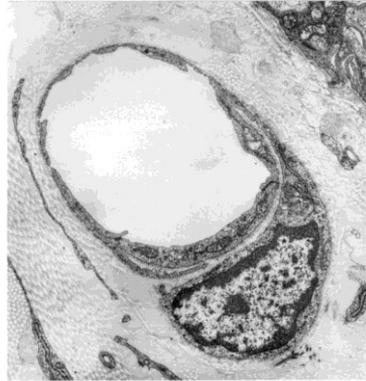
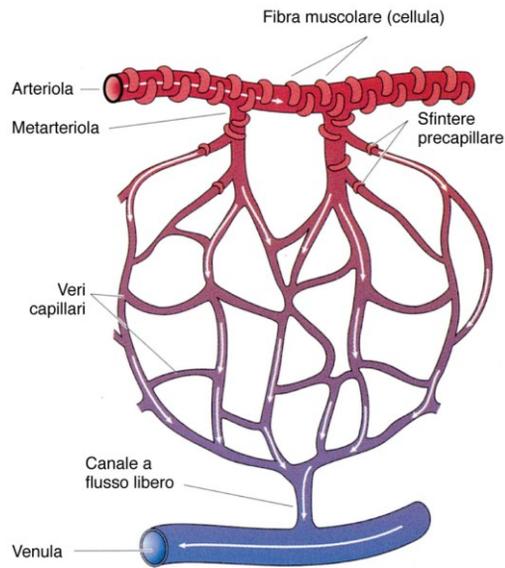


Figura 11-11

MICROVASI - MICROCIRCOLAZIONE

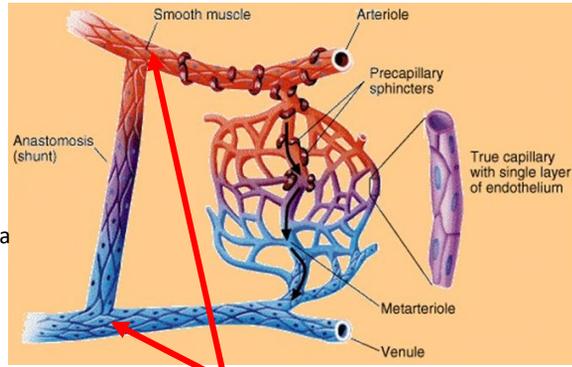


Anastomosi artero-venosa (AAV) = termoregolazione cute

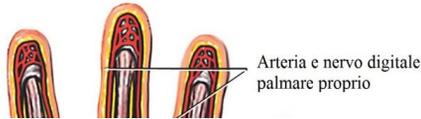
Le anastomosi artero-venose sono connessioni vascolari dirette tra arteriole e venule che evitano la rete capillare

Segmento centrale con tunica media ispessita e strato subendoteliale con cellule poligonali = c. lisce allungate

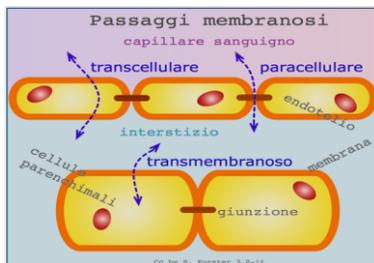
La base delle unghie e delle estremità delle dita sono vascolarizzate dai **glomeruli**= Arteriola priva di lamina elastic con cellule muscolari lisce che controllano il flusso.



Innervazione colinergica e adrenergica



Istofisiologia dei capillari

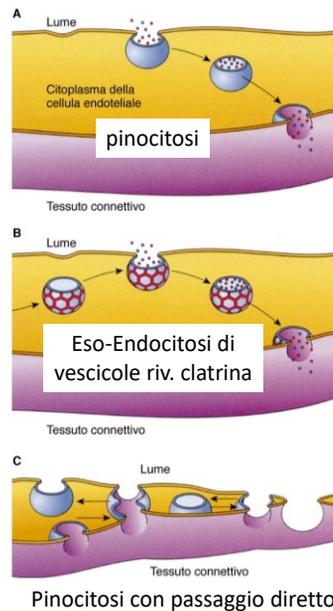


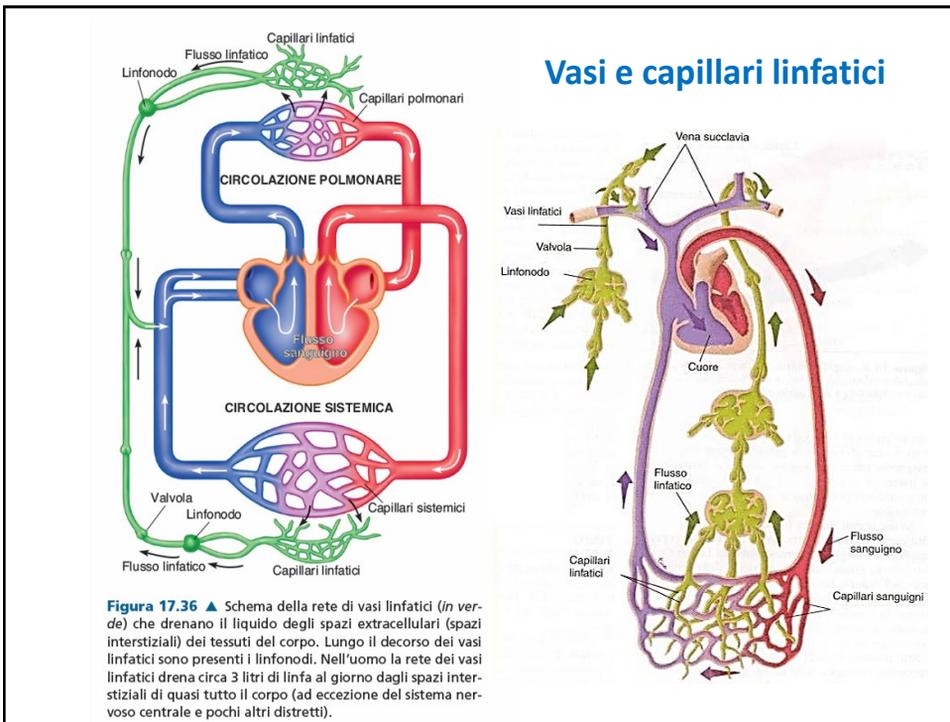
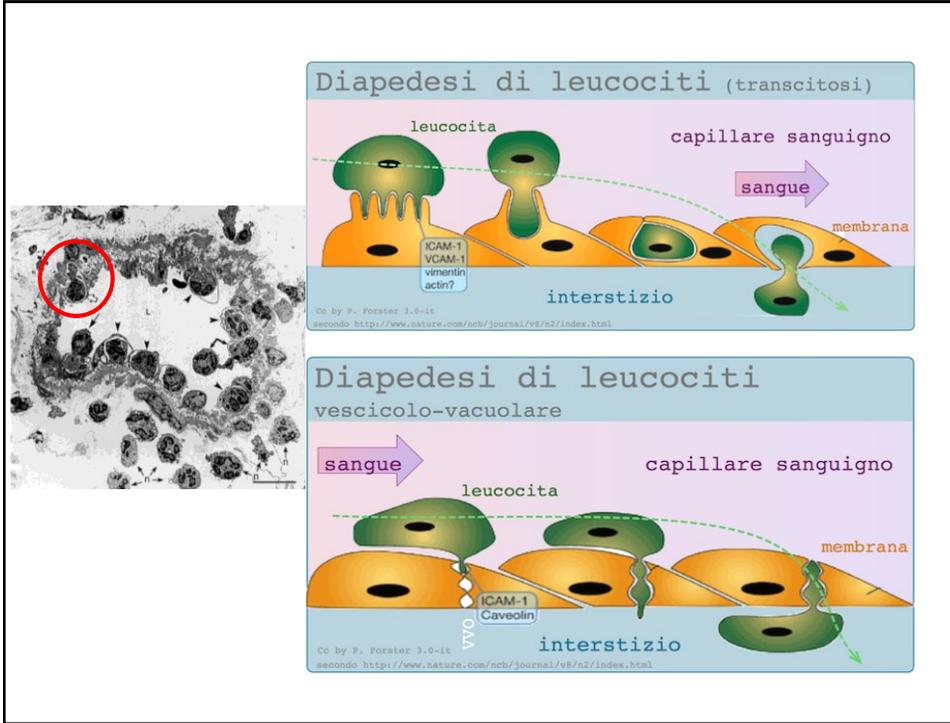
Diffusione o trasporto **transmembranosi** attraverso la membrana plasmatica (O_2 , CO_2 , glucosio).

Diffusione **paracellulare** attraverso le giunzioni intercellulari (H_2O , molecole idrofiliche fino a 1.5 nm).

Transcitosi = Trasporto vescicolare per pinocitosi attraverso la membrana plasmatica (molecole idrofiliche oltre 11 nm). Fino a 1000 vescicole per μm^2 . Derivano dal Golgi.

Processo di transcitosi





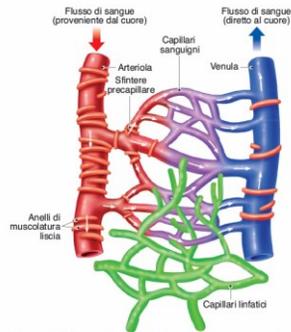


Figura 17.37 ▲ Schema che illustra il rapporto tra capillari ematici e linfatici. I capillari linfatici sono intercalati tra i capillari sanguigni e si distribuiscono a partire dai vasi linfatici, diramandosi tra le cellule dei tessuti. Durante lo scorrimento del sangue nei capillari sanguigni, una parte del plasma filtra attraverso la parete andando negli interstizi extracellulari. Di questa quota, il 90% è riassorbito dall'estremità venosa dei capillari sanguigni stessi, ritornando in circolo. La parte rimanente di questo liquido fuoriuscito dai capillari ematici non è riassorbita rapidamente e forma il fluido interstiziale. Questo fluido, durante il tragitto verso i capillari linfatici, si arricchisce di prodotti del catabolismo cellulare, ormoni, antigeni e varie sostanze e si impoverisce di nutrienti. Di conseguenza, la linfa corrisponde grosso modo al liquido interstiziale e la sua formazione consiste nell'ingresso nel vaso linfatico. In alcune sedi, come per esempio nelle tonache mucose, le reti capillari linfatiche possono essere addirittura più abbondanti delle reti capillari sanguigne.

Isabella Dalle Donne
Citologia e Istologia
EdISES

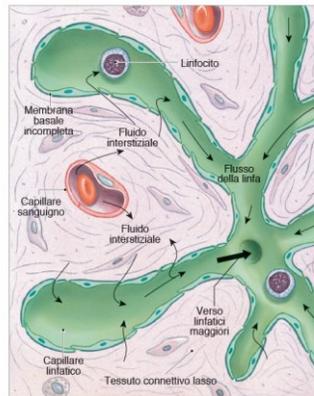


Figura 17.38 ▲ Schema che illustra l'origine dei capillari linfatici. I capillari linfatici presenti nei tessuti originano con l'estremità a fondo cieco, le cui sottili pareti presentano pori che consentono il passaggio di acqua, soluti, proteine e grosse particelle. L'assorbimento di una parte (circa il 10%) del fluido interstiziale da parte dei capillari linfatici dipende dalla capacità dell'endotelio di dilatarsi nei punti privi di giunzioni, riducendo la pressione all'interno del capillare e generando un "risucchio" dallo spazio interstiziale all'interno del capillare. Il fluido che viene riassorbito forma la linfa, che poi circola in tutto il sistema linfatico per essere riversata nel sistema circolatorio sanguigno.

Isabella Dalle Donne
Citologia e Istologia
EdISES

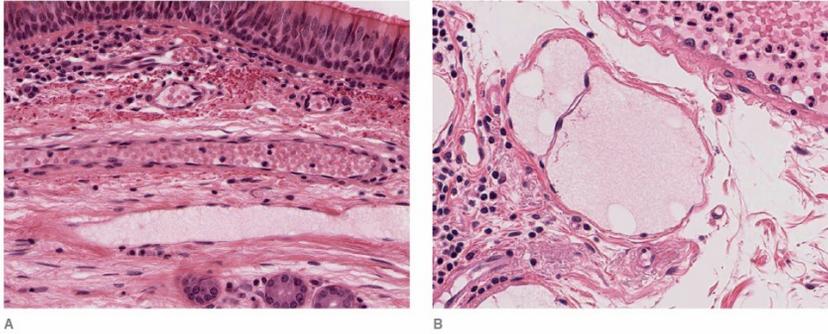


Figura 17.39 ▲ Vasi linfatici. Colorazione con ematossilina-eosina. I vasi linfatici più piccoli sono molto difficili da osservare all'interno di un organo per via della loro parete molto sottile e la tendenza a collassare. Quelli più piccoli sono costituiti da semplice endotelio. In **A** (preparato di trachea) si osserva un piccolo vaso linfatico in sezione longitudinale, al di sopra del quale si osservano un capillare in sezione longitudinale ed alcuni capillari in sezione trasversale. Un criterio utile per distinguere i piccoli vasi sanguigni dai piccoli vasi linfatici è che nel lume dei primi sono visibili gli elementi figurati del sangue, mentre nei secondi circola la linfa, quindi nei comuni preparati istologici i vasi linfatici risultano apparentemente vuoti. **(B)** Vaso linfatico a forte ingrandimento.