



Универзитет у Крагујевцу
Факултет медицинских наука
Основне струковне студије
Катедра за Хистологију и ембриологију

ЦИРКУЛАТОРНИ СИСТЕМ

шеста недеља наставе

ЦИРКУЛЯТОРНИ СИСТЕМ

Циркулаторни систем

- Чине га срце, крвни и лимфни судови.
- Главни транспортни систем у организму (преноси гасове, хормоне, факторе раста, антитела, ћелије итд.).
- Циркулаторни систем учествује у регулацији телесне температуре и у коагулацији крви.
- Дели се на **кардиоваскуларни** и **лимфни васкуларни систем.**

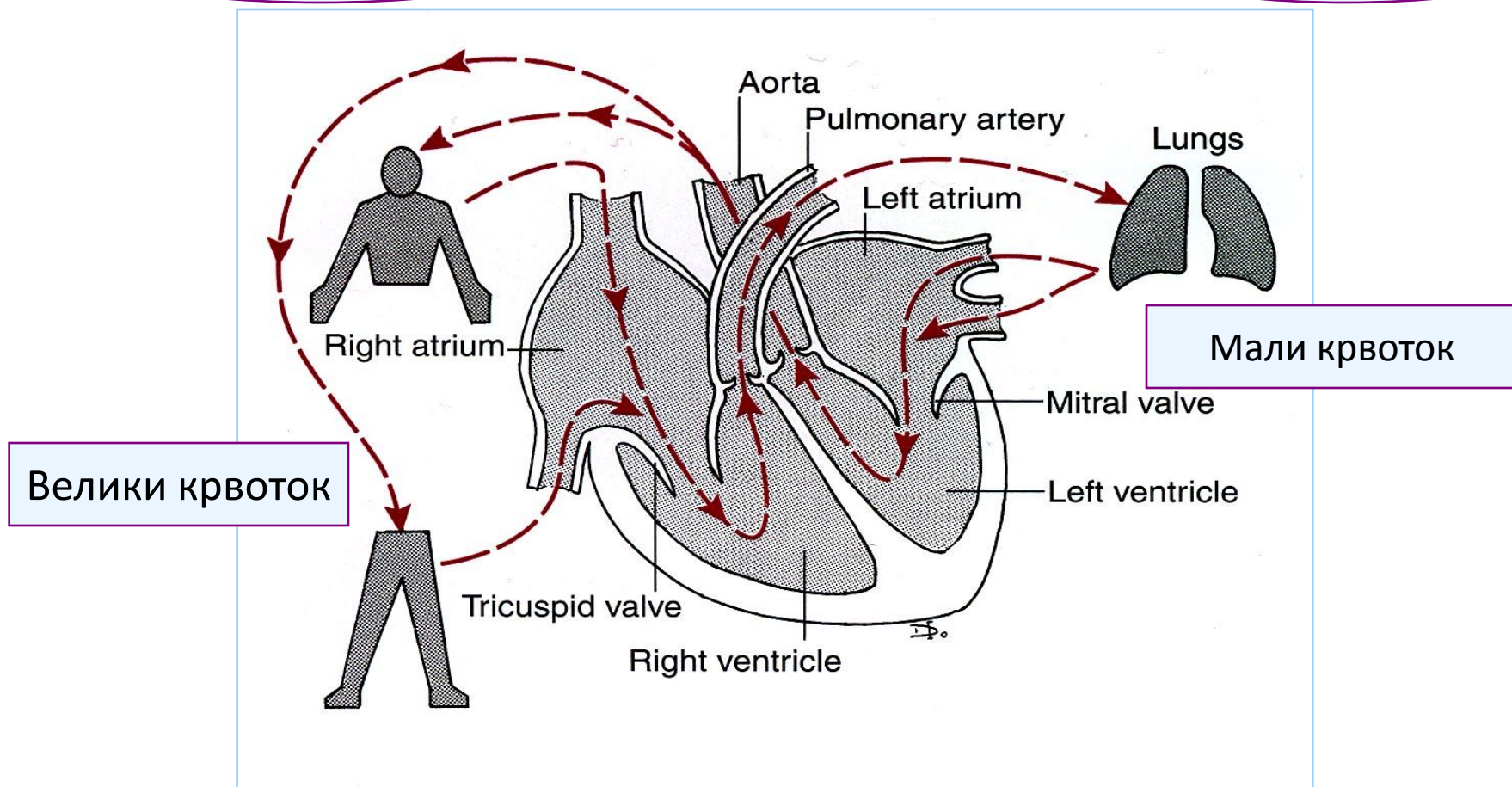
Циркулаторни систем

- Са функционалног аспекта, КВС се уобичајено дели на **пулмоналну циркулацију** (мали крвоток) и **системску циркулацију** (велики крвоток).
- Пулмонална циркулација подразумева ток крви из срца ка плућима и повратак оксигенисане крви од плућа ка срцу.
- Системском циркулацијом се оксигенисана крв одводи из срца у сва ткива и органе тела, одакле се као дезоксигенисана поново враћа у срце.

Циркулаторни систем

Кардиоваскуларни
систем

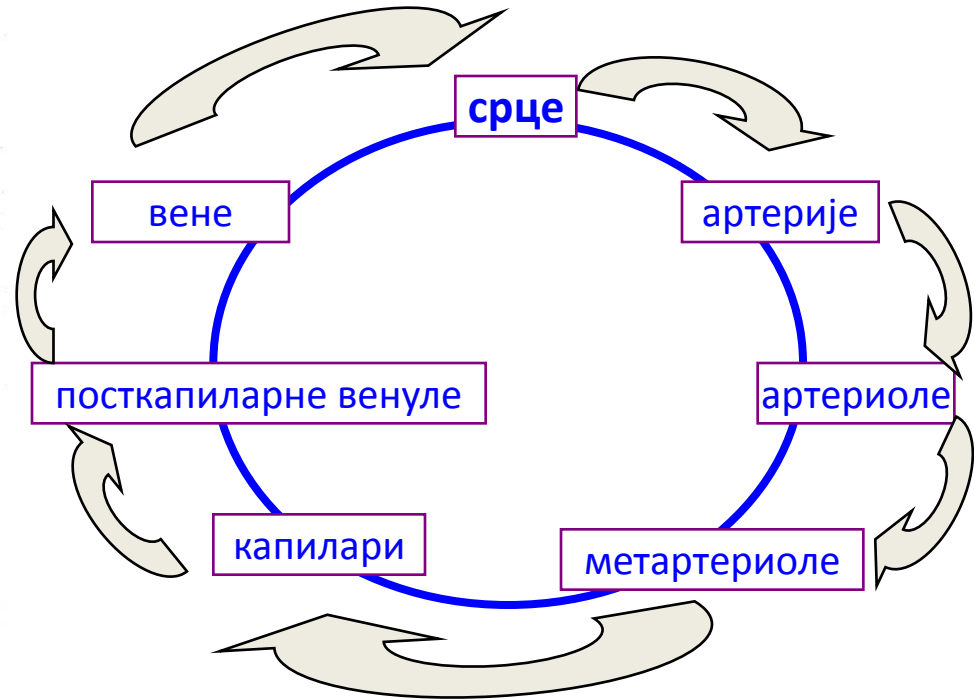
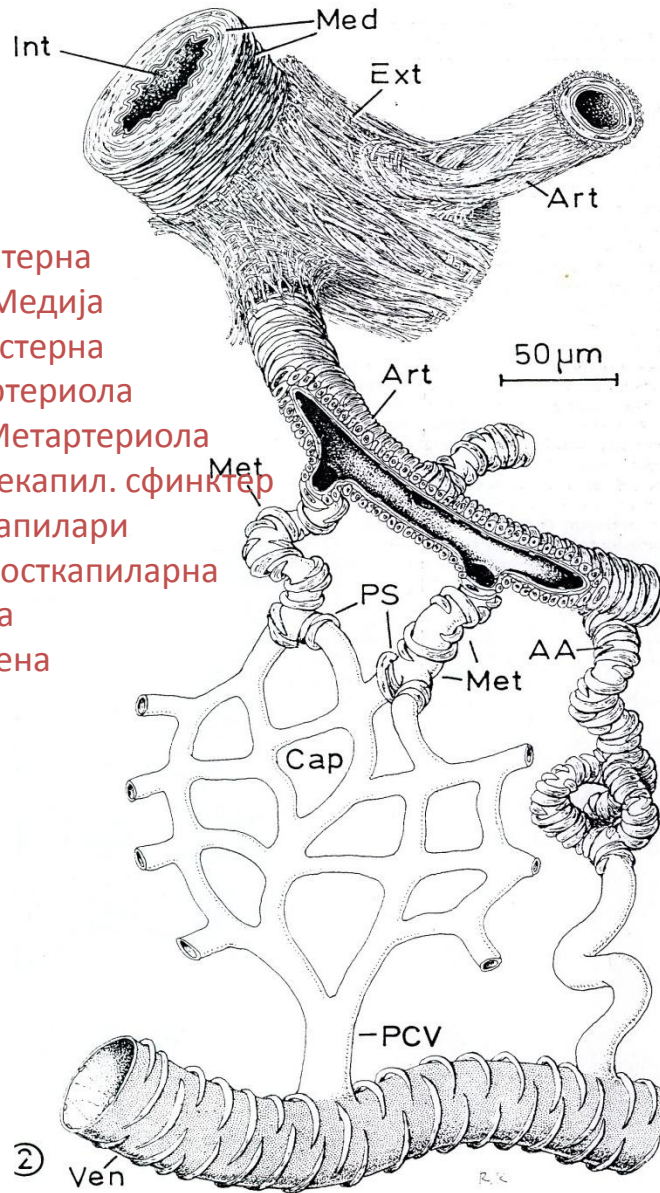
Лимфни
васкуларни систем



Кардиоваскуларни систем (КВС)

- Део КВС-а који се налази између артеријског и венског система састављен је из мреже најситнијих крвних судова – **микроциркулација** или **миковаскуларно корито**.
- Миковаскуларно корито чине **артериоле, капилари и венуле**.
- У капиларима и најситнијим венулама обавља се размена кисеоника и храњивих материја између крви и ткива.
- Течност одлази из крви у ткива на нивоу **капилара**.
- Ћелије крви напуштају крвну струју кроз зидове **посткапиларних венула**.
- Остали крвни судови су непропусни за крвну плазму и ћелије крви, па имају улогу спроводних канала.

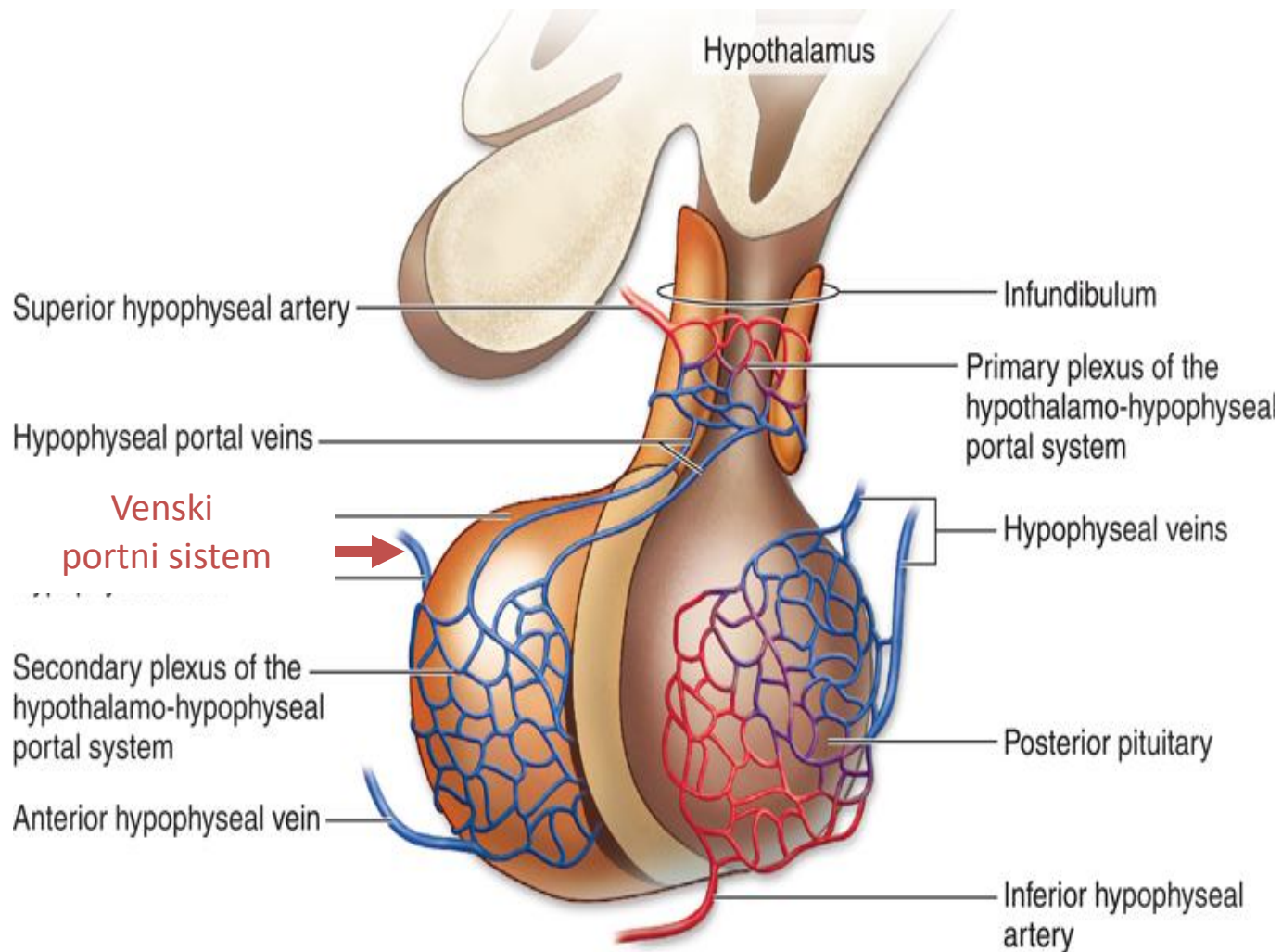
Циркулаторни систем



Кардиоваскуларни систем (КВС)

- У неким органима капиларна мрежа не повезује артеријски и венски систем, већ су капилари уметнути између две вене или две артериоле, формирајући тзв. **портни систем**.
- Како између две капиларне мреже може да буде уметнута артериола или вена (портални судови), издвајају се **венски портни систем** и **артеријски портални систем**.
- Портални системи су специјализовани за апсорпцију, транспорт и скерецију материја.
- Највећи портни систем у организму је **венски портни систем јетре**.
- Мањи венски портални систем налази се у хипофизи (**хипоталамо-хипофизни портални систем**), док се артеријски портални систем налази у **бубрегу**.

Портни систем



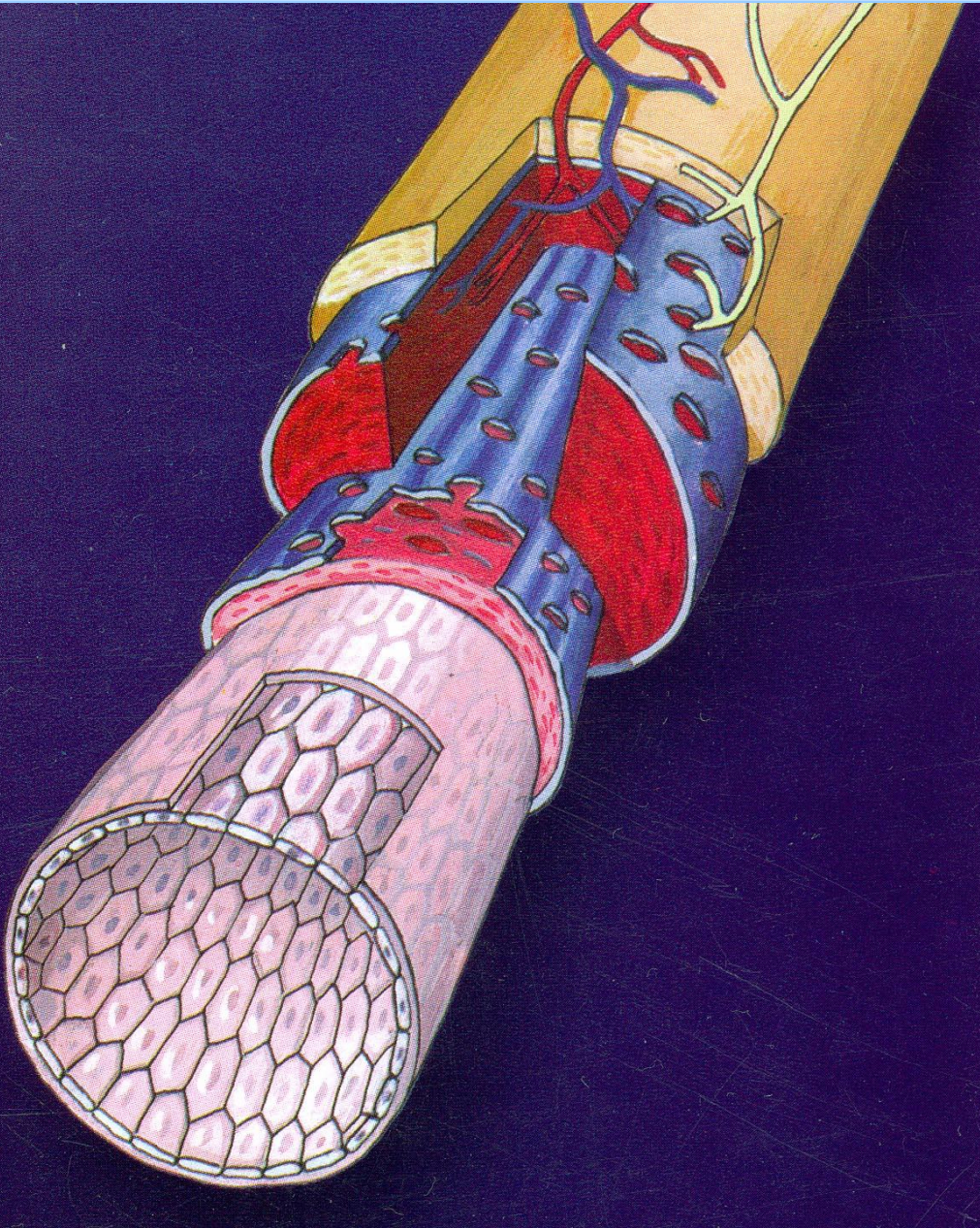
(a) Hypothalamo-hypophyseal portal system

Лимфни васкуларни систем

- Састоји се од **апсорптивног** и **спроводног** дела.
- Апсорптивни део чине **лимфни капилари** чија је функција апсорпција и уклањање ткивне течности – **лимфе** и макромолекула из интерстицијумских простора и **враћање натраг у крвоток**.
- За разлику од крви, која кружи по телу, лимфа тече **у једном смеру** – од ткива ка великим венама врата и срцу.
- Спроводни део лимфног васкуларног система чине **сабирни лимфни судови** (пренодални и постнодални), **лимфна стабла** и **лимфни канали**.

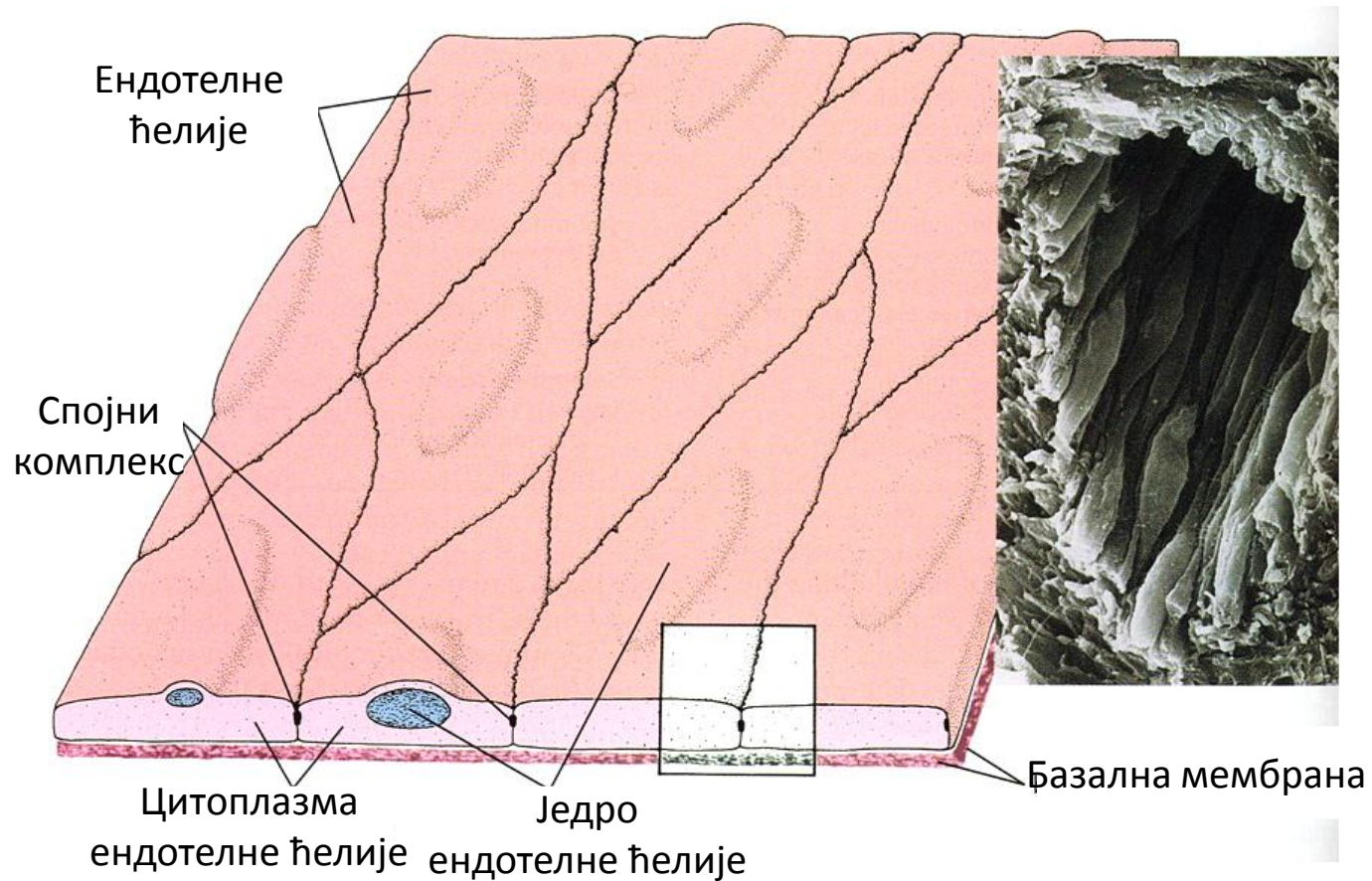
ОПШТИ ПЛАН ГРАЂЕ КРВНИХ СУДОВА

План грађе крвних судова



- **Tunica interna (intima)**
 - ендотел
 - базална мембрана
 - субендотелно везиво
 - *membrana elastica interna*
- **Tunica media**
 - глатке мишићне ћелије
 - еластична влакна и ламеле
 - колагена влакна
- **Tunica externa (adventitia)**
 - *membrana elastica externa*
 - еластична влакна и ламеле
 - *vasa vasorum*

Ендотел



- Прост љускаст епител.

Ендотелне ћелије

- **Функције:**

Баријерна

Ендокрина

- секреција NO, простациклина, хепаран сулфата, vWF-а, EDHF-а, EDRF-а, цитокина, фактора раста, ендотелина.

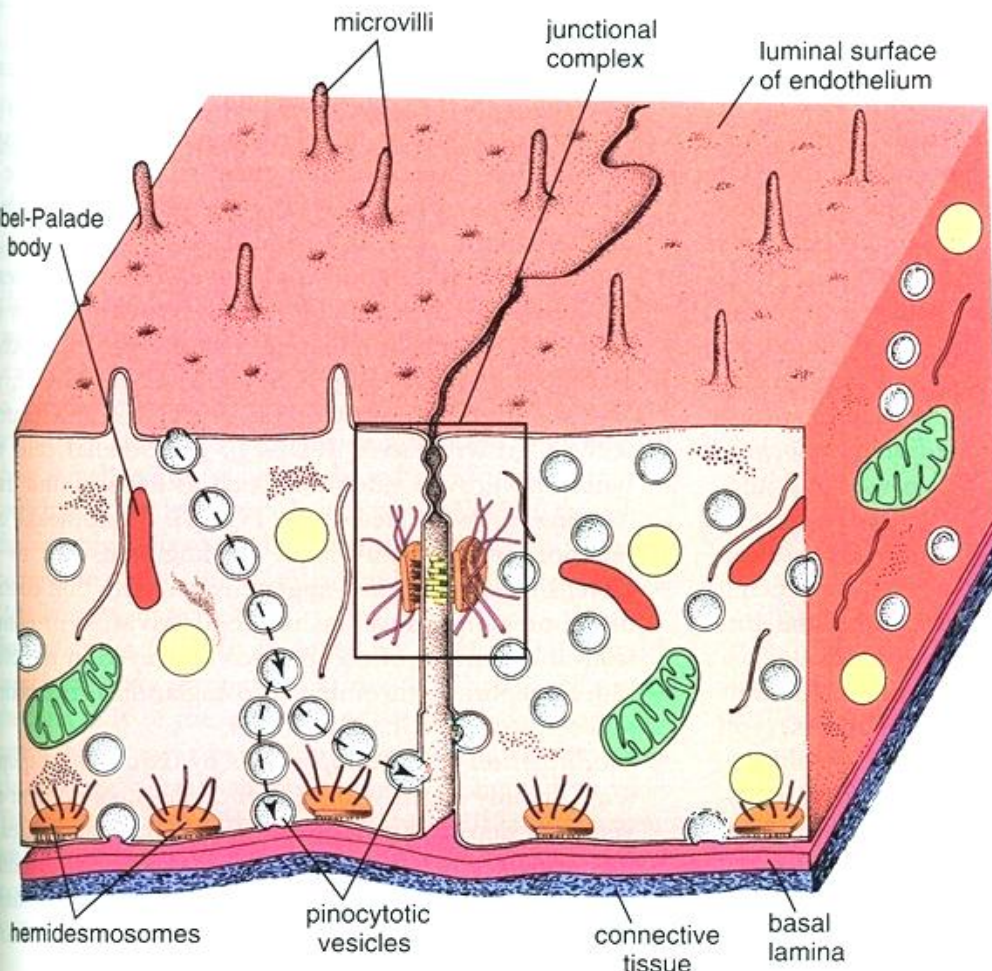
Транспорт супстанци

Контрола коагулације

- продукција антикоагуланаса
- продукција антитромбогених супстанци (простациклина)
- продукција vWF-а који стимулише адхезију тромбоцита за зид оштећених крвних судова.

Модулација протока крви

- ослобађање вазоконстриктора (ендотелин-1)
- ослобађање вазодилататора (NO и EDRF).



Базална мембрана

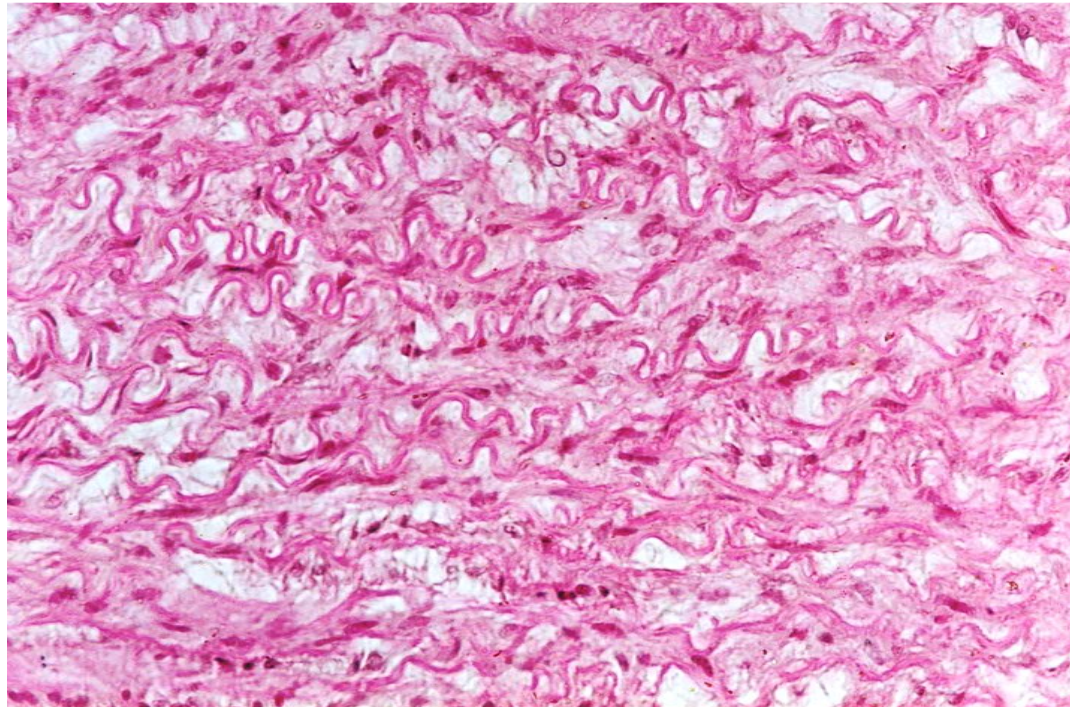
- **Базална ламина**
 - **ламина луцида**
(ентактин, ламинин, интегрини)
 - **ламина денса**
(колаген IV, фибронектин, перлекан)
- **Ретикуларна ламина**
(мрежасти слој ретикуларних влакана).

Субендотел

- **Везивно ткиво** се налази у свим слојевима васкуларног зида.
- Највеће количине везива се налазе у саставу ванћелијског матрикса **субендотела**.
- Овај слој је смештен непосредно испод базалне мембране, а у његов састав улазе везивне ћелије и велике количине ванћелијског матрикса који је производ њихове синтетске активности.
- Осим у субендотелу веће количине везива су смештене и у адвентицији.

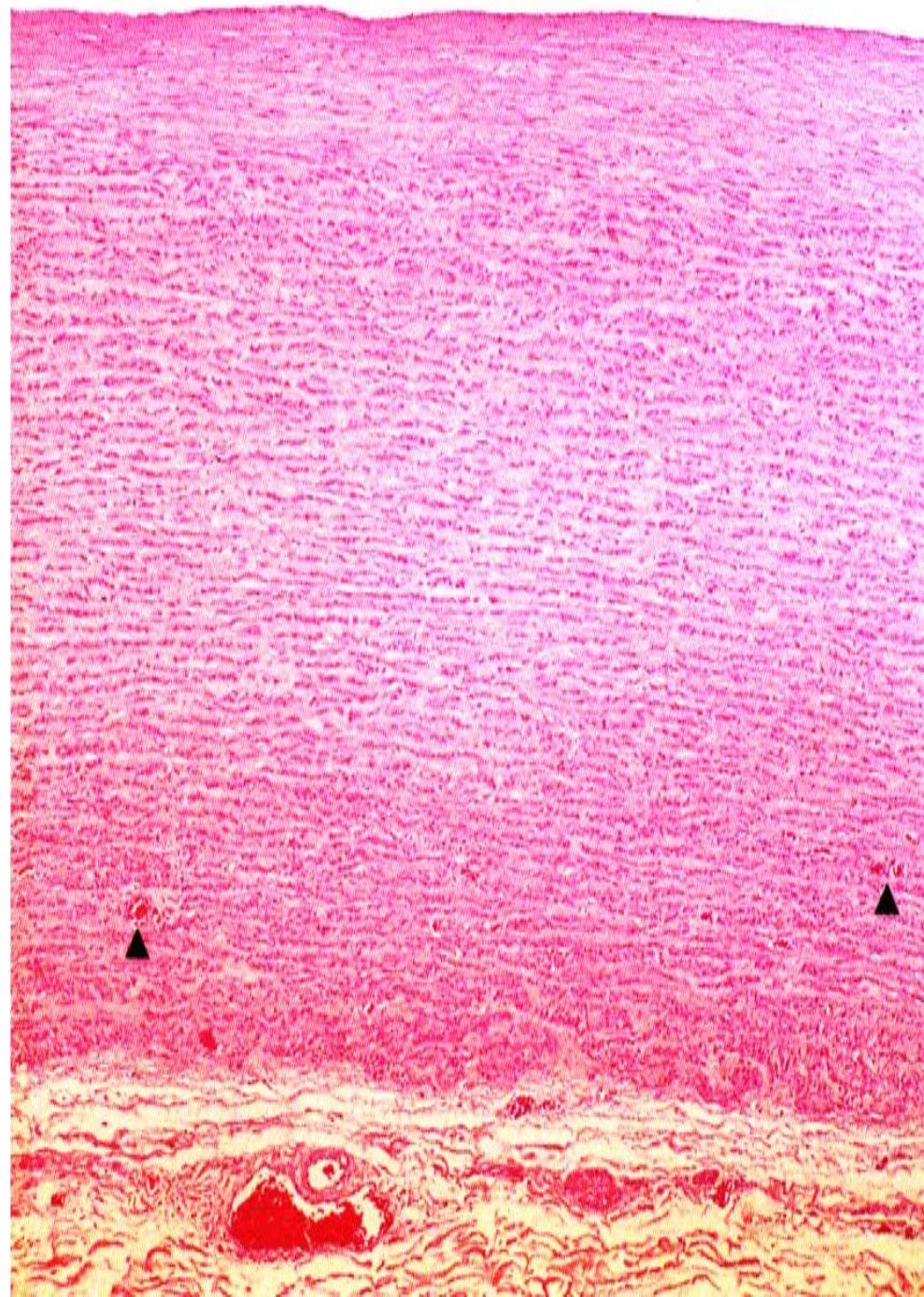
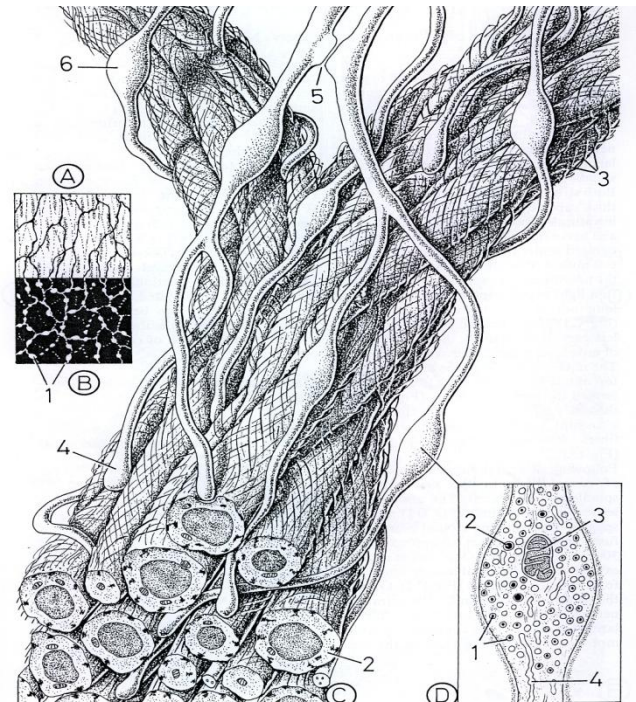
Tunica media

- **Грађа:**
 - **глатке мишићне ћелије**
 - **контракtilни фенотип** (садрже миофибриле, везују се нексусима, експримују адхезивне молекуле)
 - **секретни фенотип** (садрже секретне органеле и рецепторе за PDGF који изазива њихову миграцију)
 - **колагена и еластична влакна**
 - **протеоглигани**



Tunica adventitia

- Садржи:
 - растресито везиво
 - нервна влакна
 - *vasa vasorum* – чешће у венама
 - лимфатике (код вена продиру у медију).



АРТЕРИЈЕ

Артерије

- На основу хистолошке грађе, артеријски крвни судови се уобичајено деле на два типа:
 - **артерије еластичног типа** (велике артерије)
 - **артерије мишићног типа**
(мањег дијаметра, настају гранањем еластичних артерија)
- Мали број артерија попут *a. thoracica (s. mammaria)* *интерна* својим током показују комбиноване карактеристике оба типа („мешовити тип артерије“).

АРТЕРИЈЕ

```
graph TD; A([АРТЕРИЈЕ]) --> B[Мишићног типа]; A --> C[Еластичног типа]; B --> D[велике<br/>средње<br/>мале (артериоле)<br/>најмање (метаартериоле)]; C --> E[aorta<br/>truncus brachiocephalicus<br/>a. carotis communis<br/>a. subclavia<br/>a. iliaca communis];
```

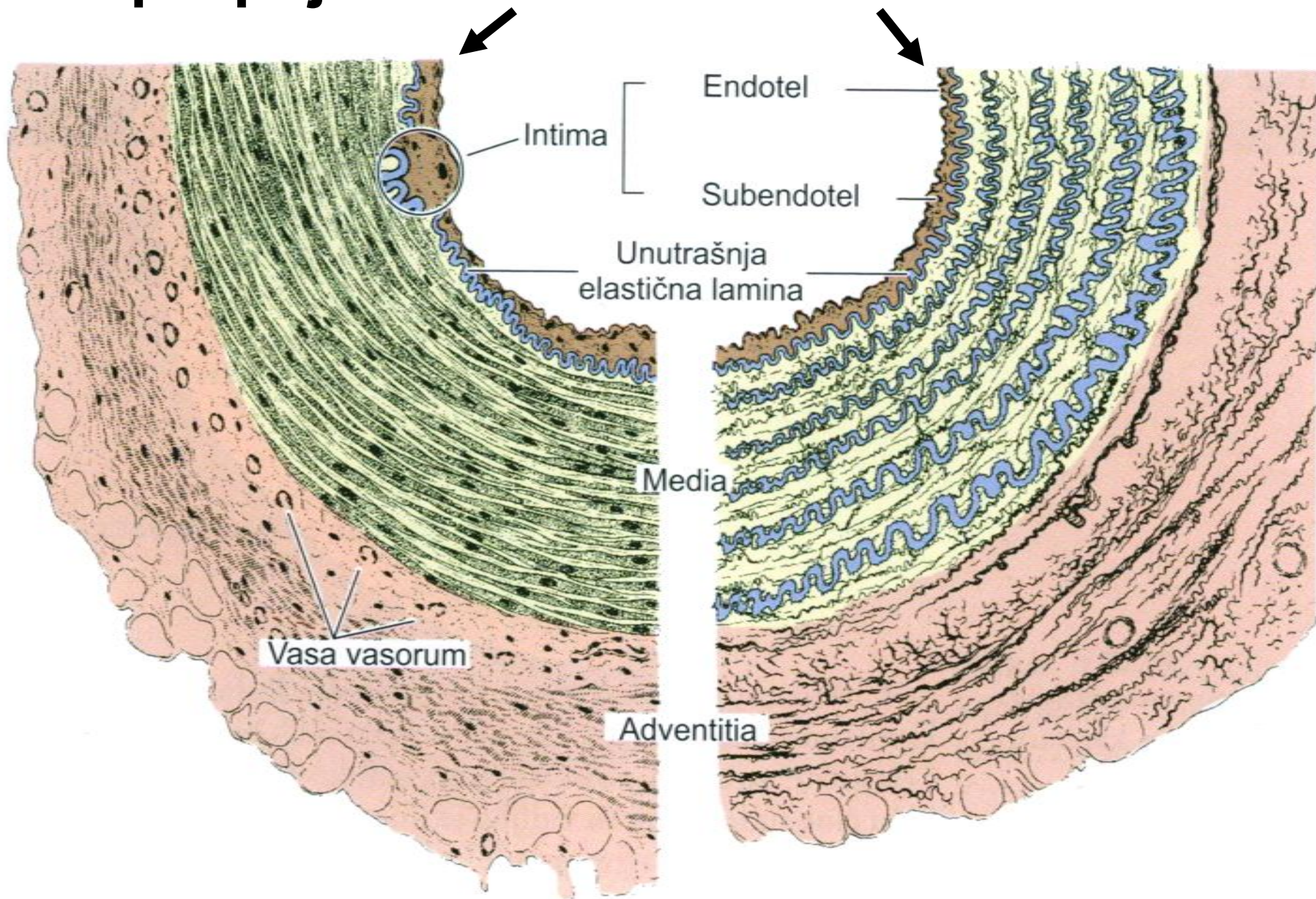
Мишићног типа

велике
средње
мале (артериоле)
најмање (метаартериоле)

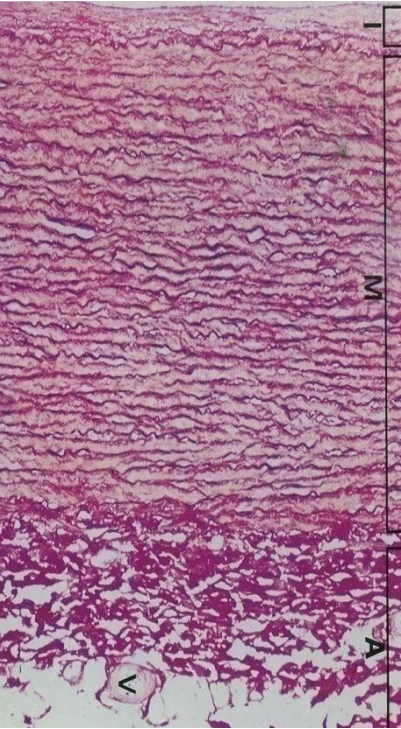
Еластичног типа

aorta
truncus brachiocephalicus
a. carotis communis
a. subclavia
a. iliaca communis

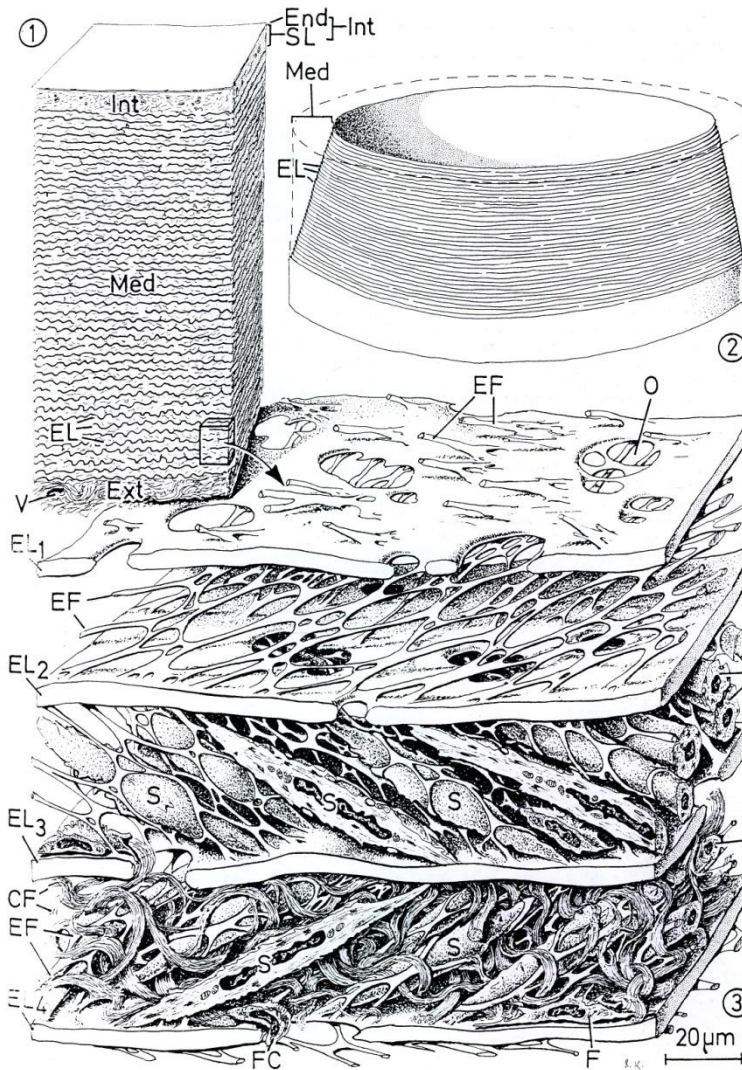
Артерија мишићног и еластичног типа



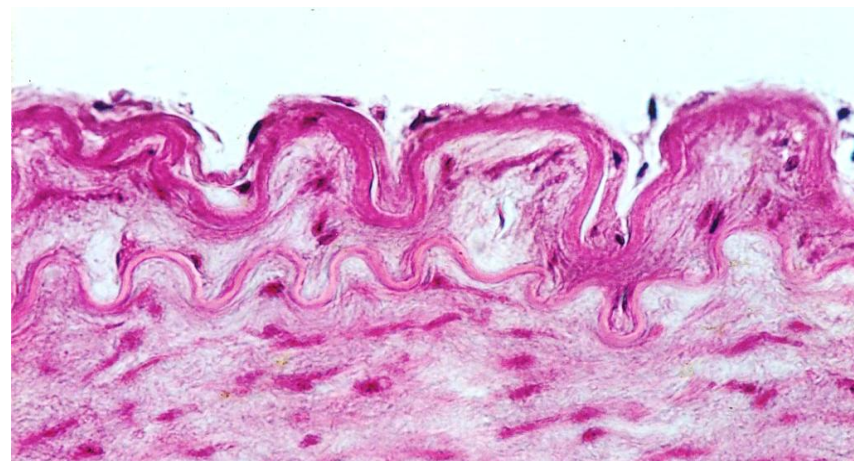
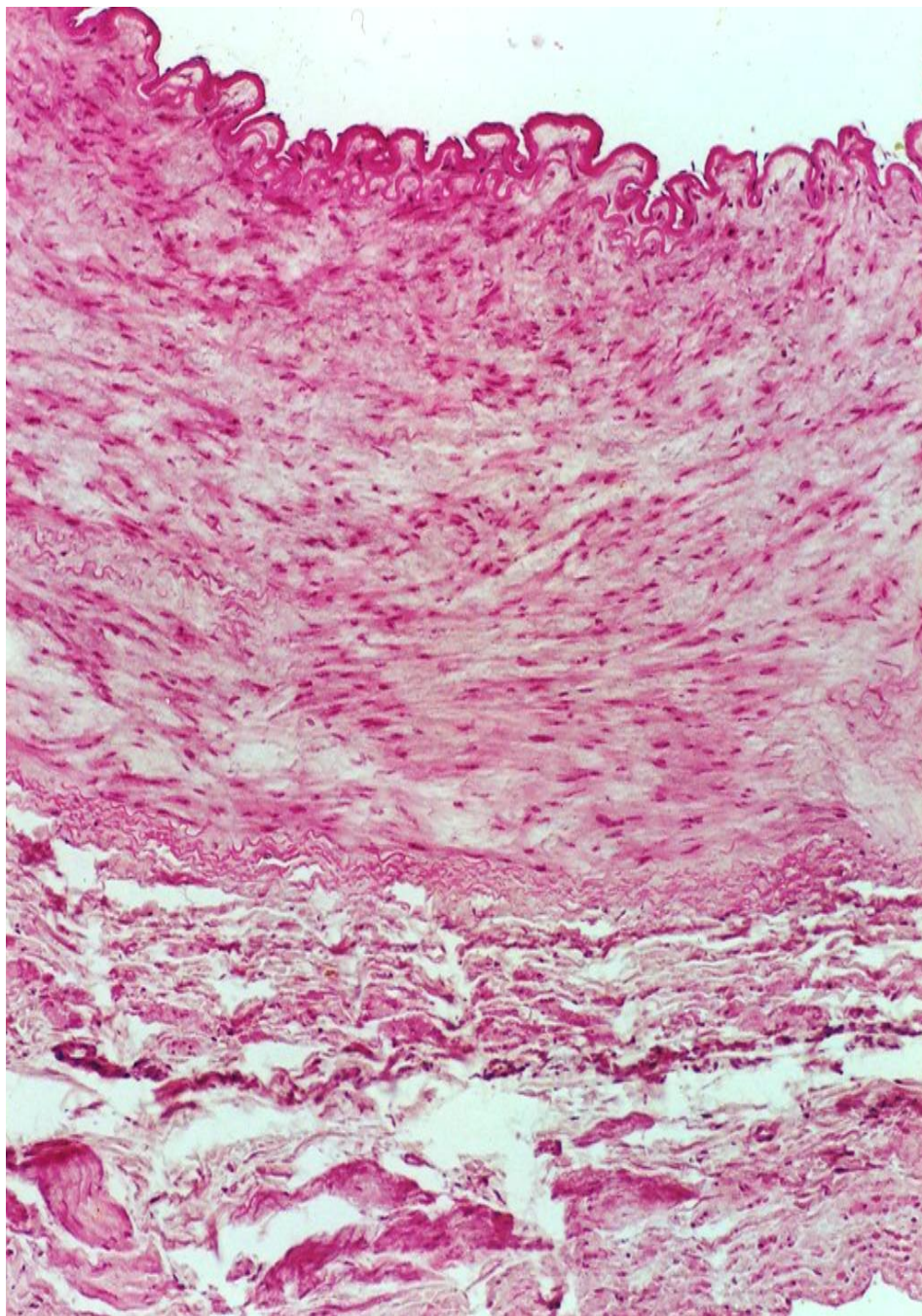
Артерије еластичног типа



Elastic van Gieson



- Кондукторне артерије.
- Интима широка 10-100 μm .
- Медија широка до 2 mm.
- 40-70 фенестроованих еластичних ламела дебљине 2-5 μm .
- У медији нема фибробласта.

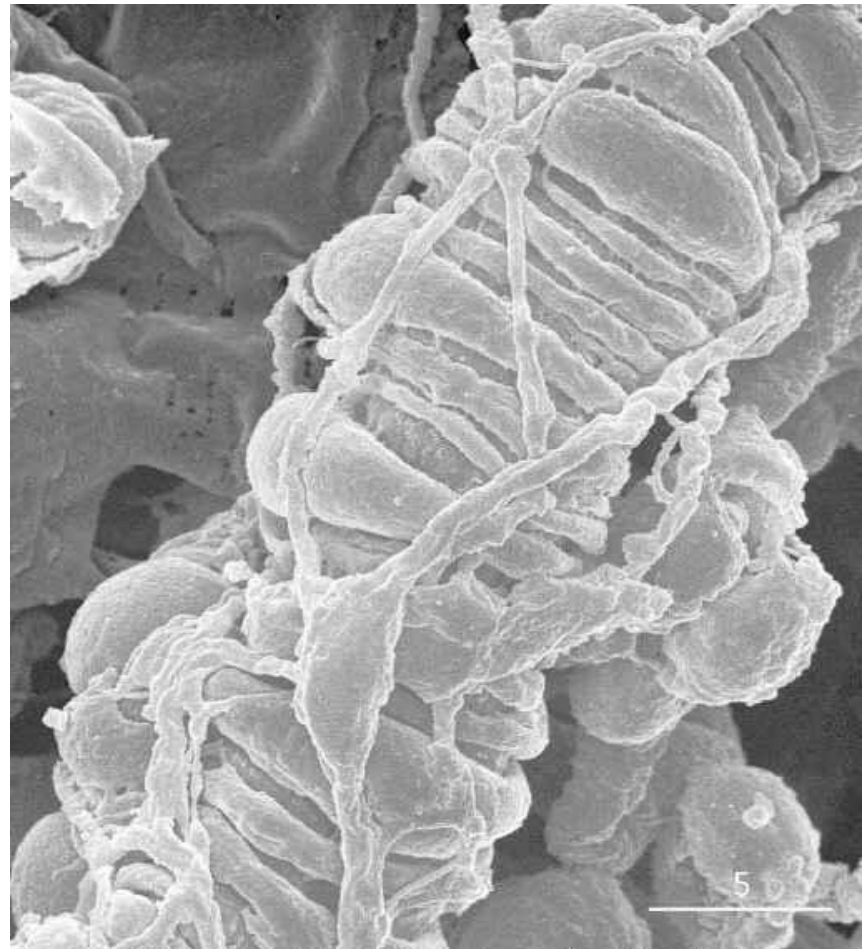
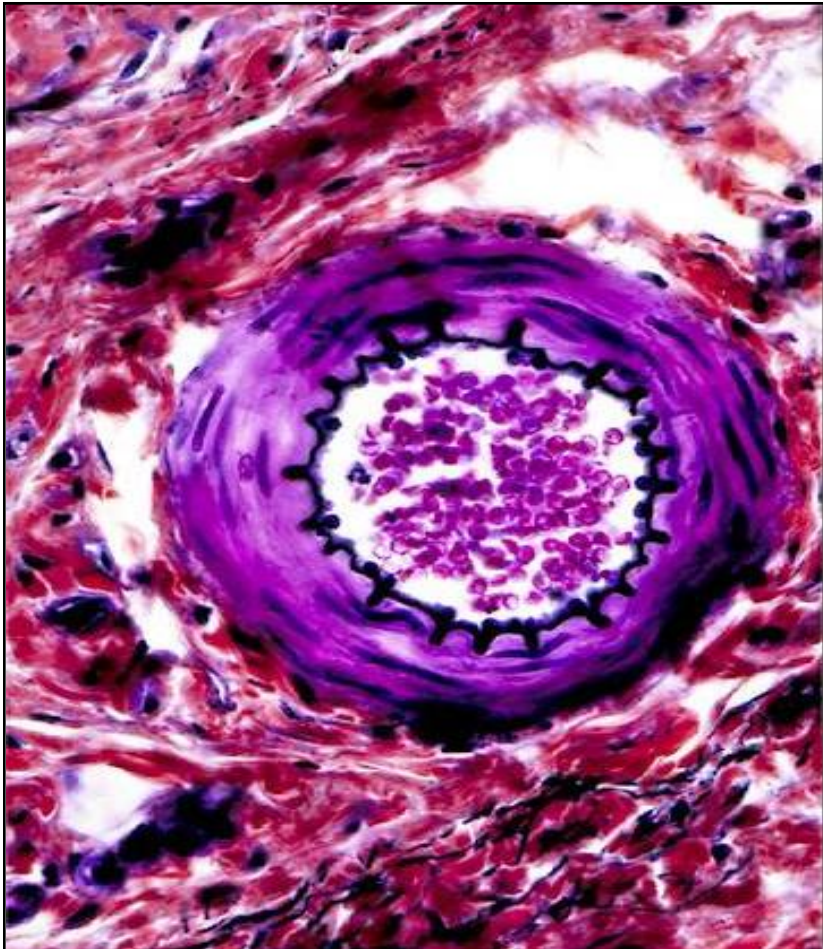


Артерије мишићног типа

- Дистрибутивне артерије
- Карактерише их присуство само две еластичне ламеле:
 - *Membrana elastica interna* (на граници између тунике интерне и тунике медије)
 - *Membrana elastica externa* (на граници тунике медије и тунике адвентиције)

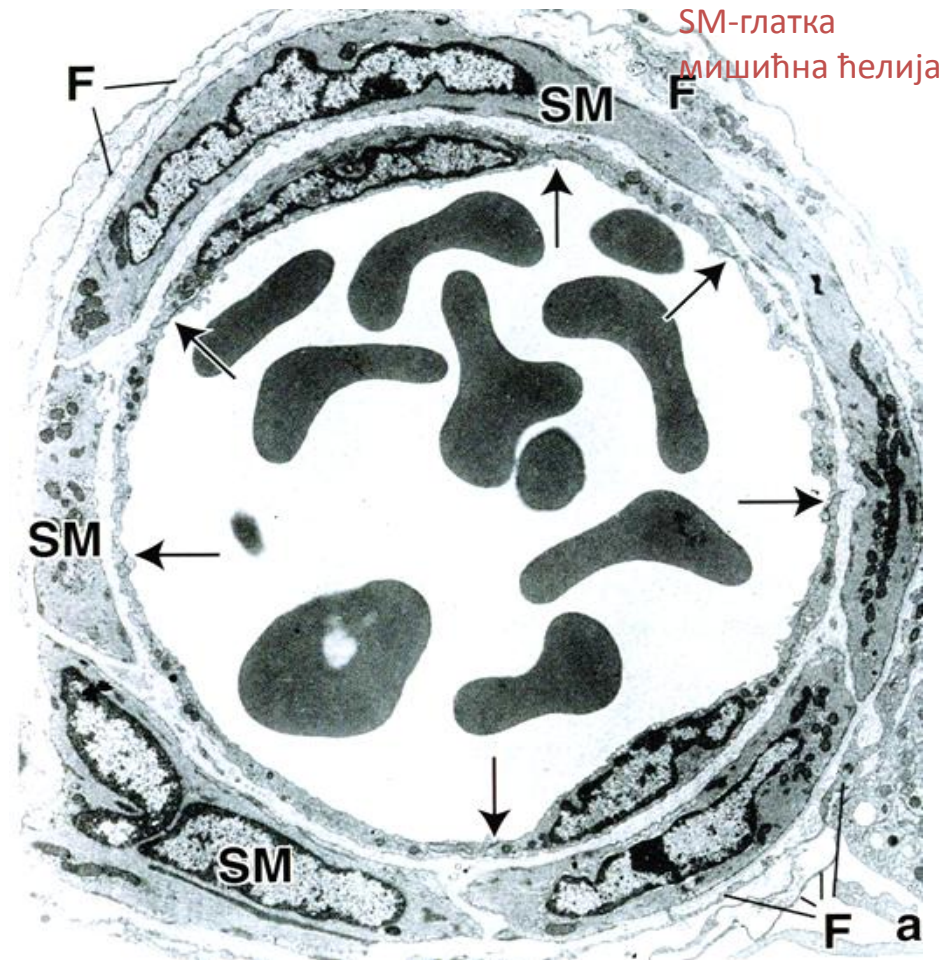
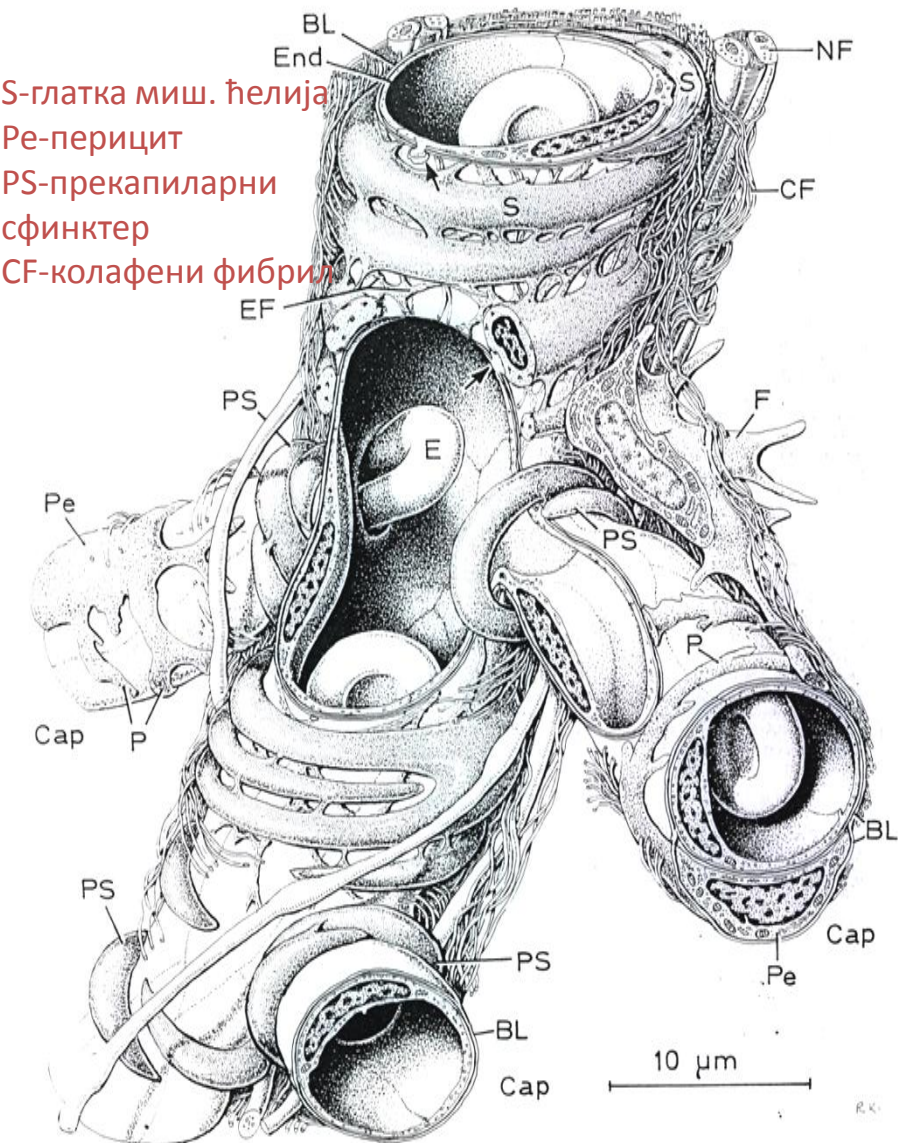
Артериола

- Дијаметар 10-100 μm , 1-5 слојева миоцита у зиду.
- Губи се унутрашња еластична ламина.
- Изражени миоендотелни спојеви.

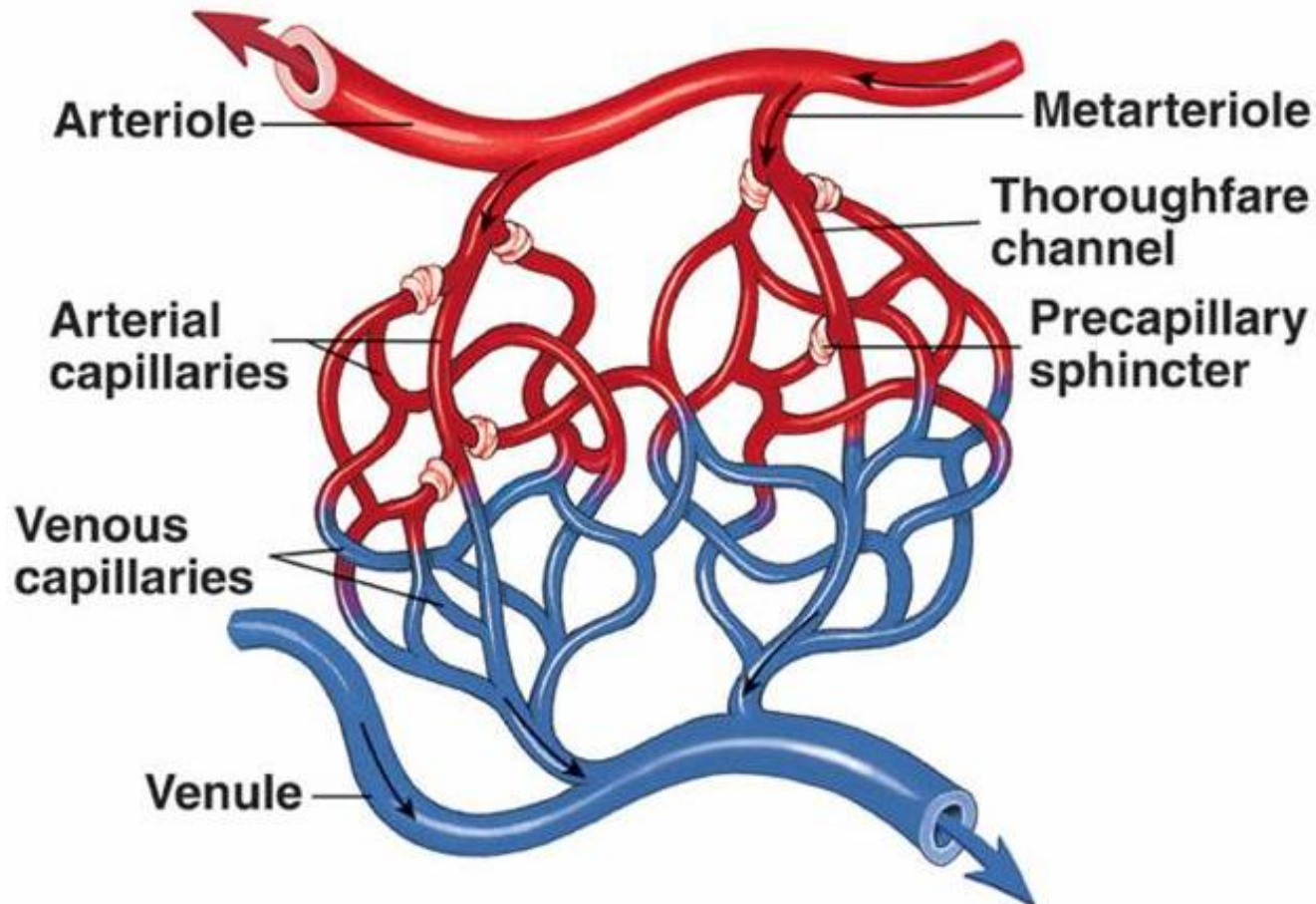


Метартериола

- Дијаметар 10-15 μm , глатке мишићне ћелије образују дисконтинуирани омотач.
- Завршавају се прекапиларним сфинктером.



Метартериоле и прекапиларни сфинктери



КАПИЛАРИ

Капилари

- Најситнији крвни судови, пречника 5-10 μm , просечне дужине 0,2-1 mm.
- Спајају завршне артеријске гранчице – **метартериоле** са почетним деловима венског система – **посткапиларним венулама**.
- Основна улога: размена материја између крви и околног ткива.

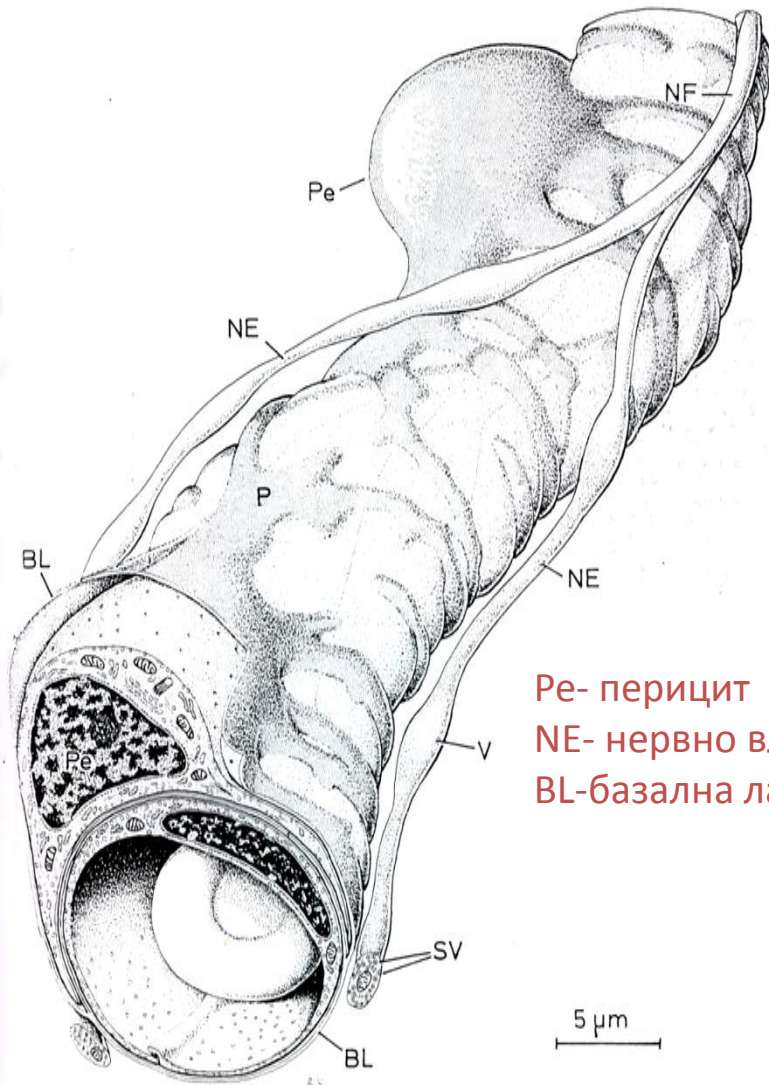


Капилари

- Капиларна мрежа је богата у плућима, бубрезима, јетри, срчаном мишићу, ЦНС-у, масном ткиву, а оскудна у костима, глаткој мускулатури и густом везиву.
- Епители, хрскавица, рожњача, очно сочиво, глеђ, дентин и цемент немају капиларе.

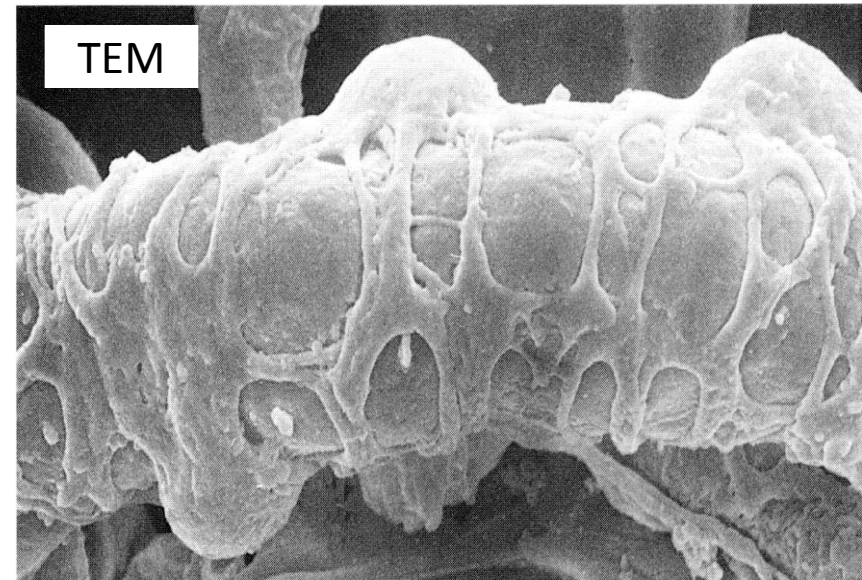


Грађа капилара

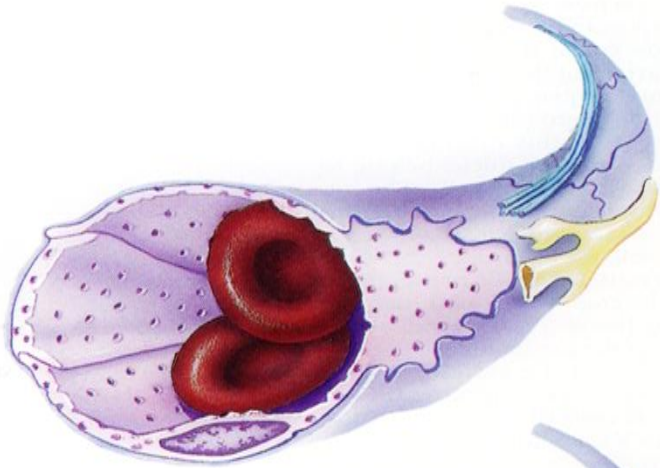


Pe- перицит
NE- нервно влакно
BL- базална ламина

- **Интима**
 - ендотелне ћелије
 - базална мембрана
- **Перицити**
 - разгранате ћелије са доста актинских и миозинских филамената у цитоплазми
 - поред капилара, налазе се и у посткапиларним венула
 - могу се диферентовати у ендотелне и глатке мишићне ћелије
- **Адвентиција**
 - мрежа ретикуларних влакана.



Типови капилара



Континуиран капилар



Фенестровани капилар

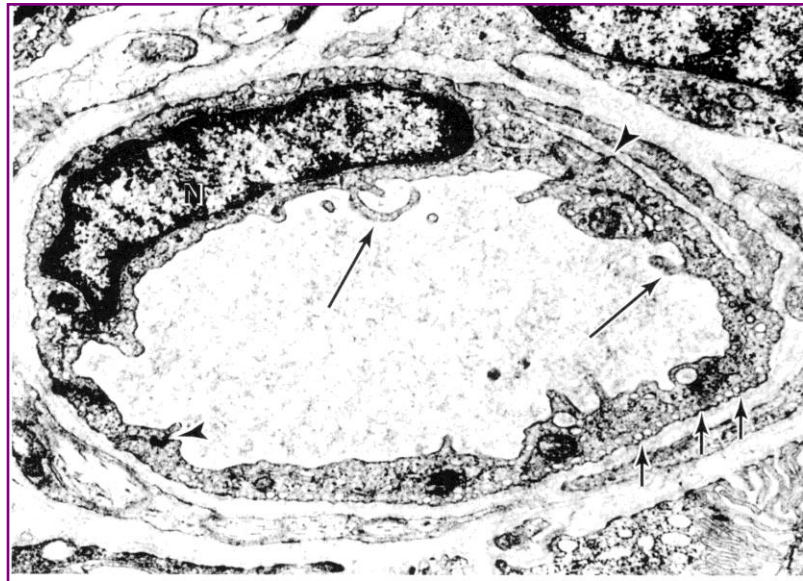
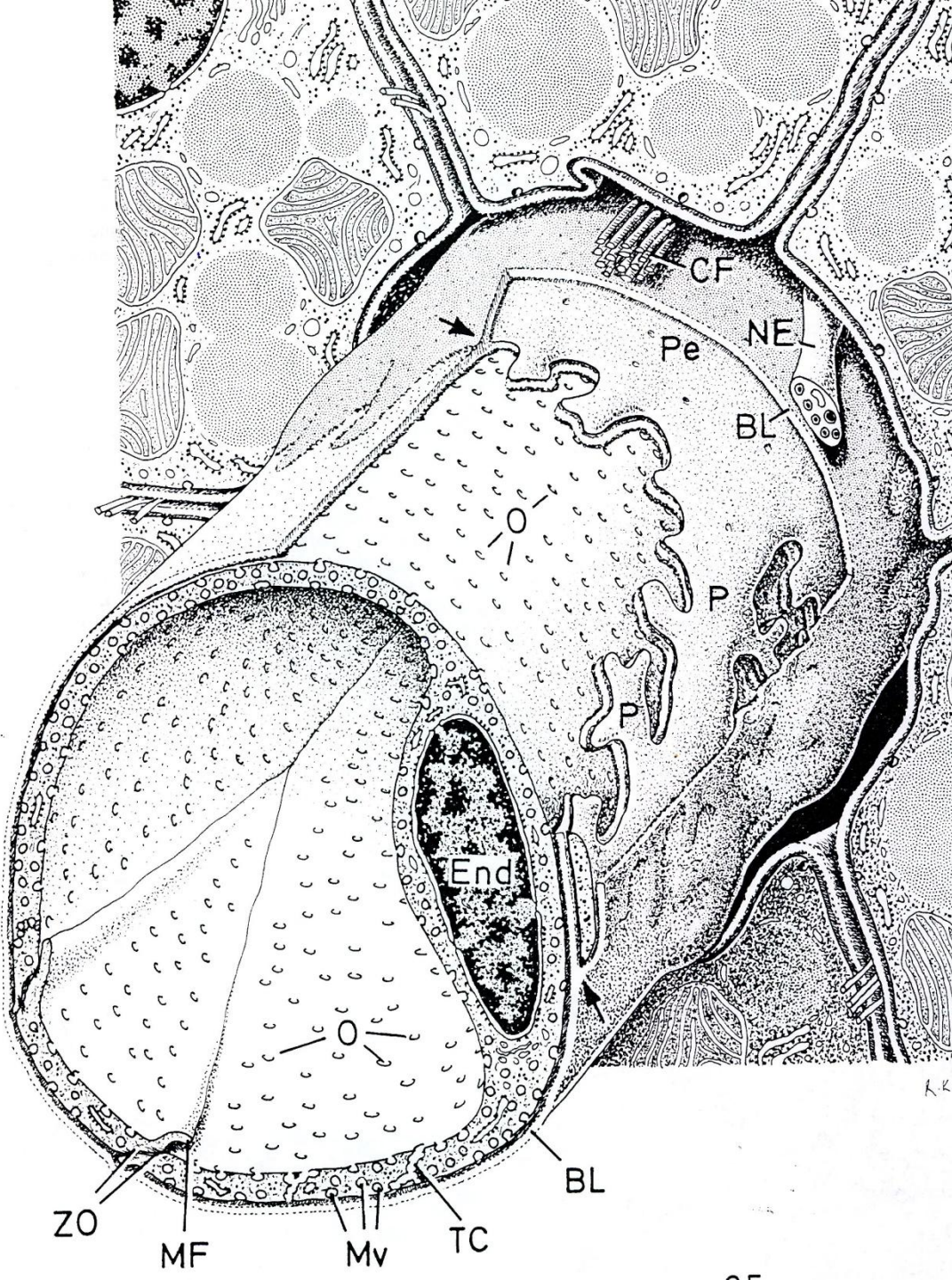


Синусоидни капилар

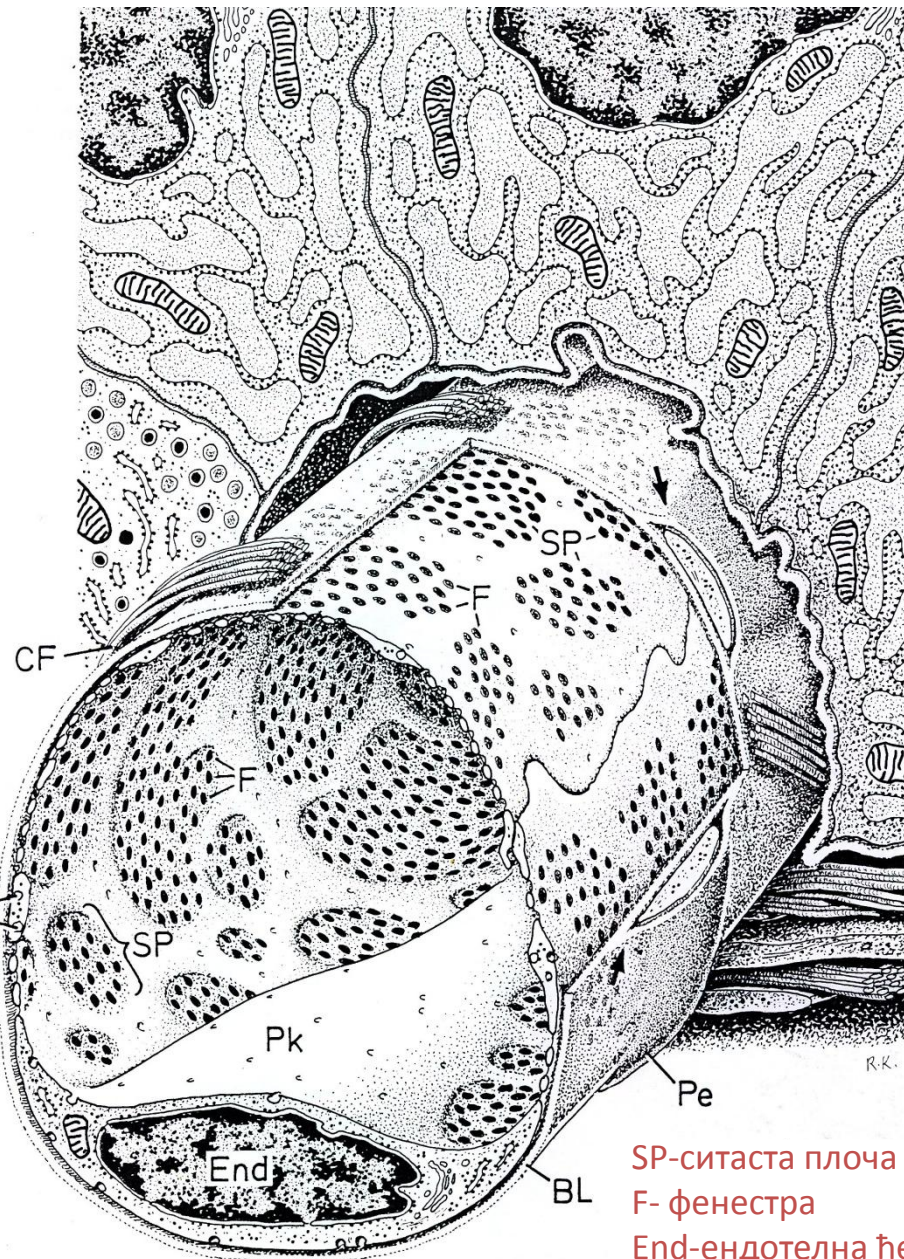
- **Континуирани (соматски) капилари**
- **Фенестровани капилари без дијафрагме**
- **Фенестровани капилари са дијафрагмом**
- **Синусоидни (дисконтинуирани) капилари**

Континуирани капилари

- Ендотелне ћелије немају фенестре и поре, а повезане су оклудентним, адхерентним и комуникантним везама.
- Налазе се у тестису, оваријуму, тимусу, костима, ЦНС-у, мишићима, егзокриним жлездама.



Фенестровани капилари



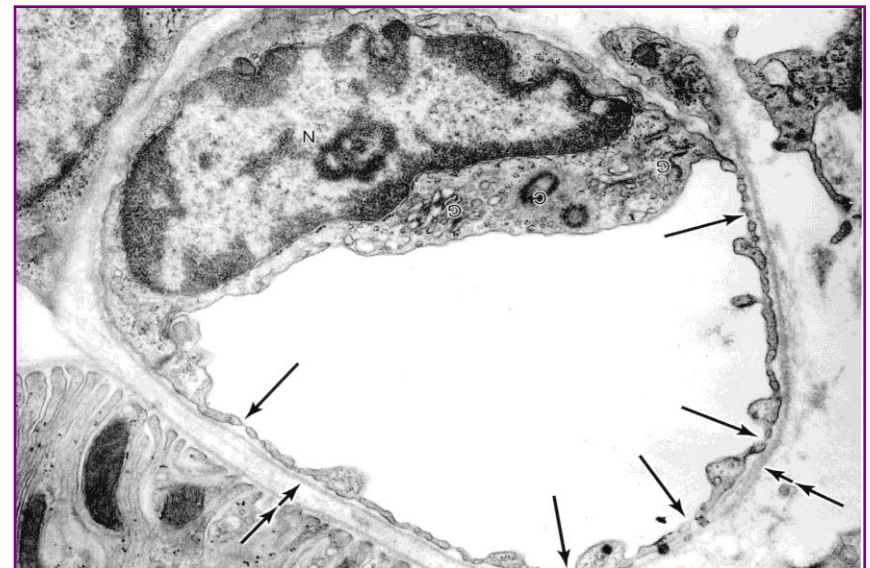
SP-ситаста плоча
F- фенестра
End-ендотелна ћел.

Са дијафрагмом

- садрже фенестре пречника 60-80 nm
- фенестре груписане тако да граде **ситасте плоче**
- фенестре прекривене танком мембраном (дијафрагмом)
- налазе се у ендокриним жлездама, желуцу, цревима, цилијарном телу, већем делу бубрега.

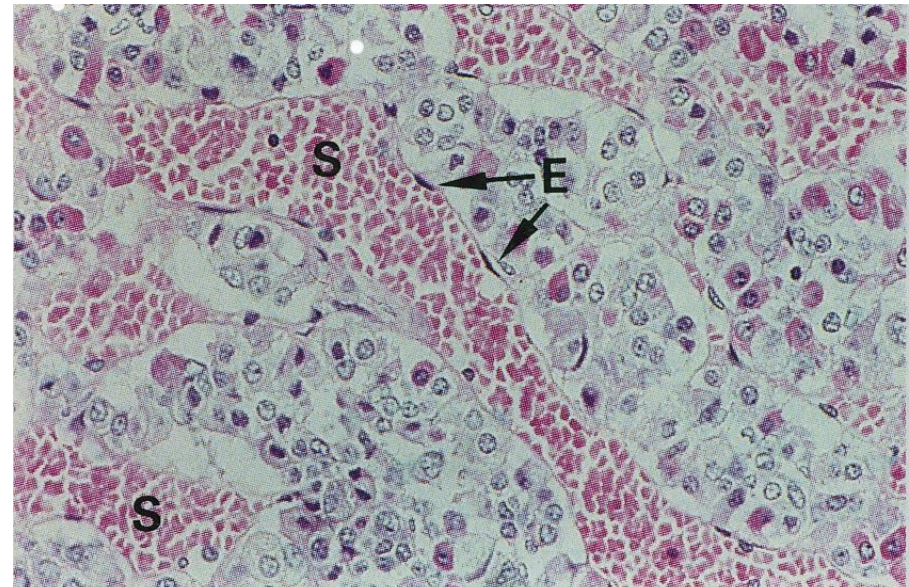
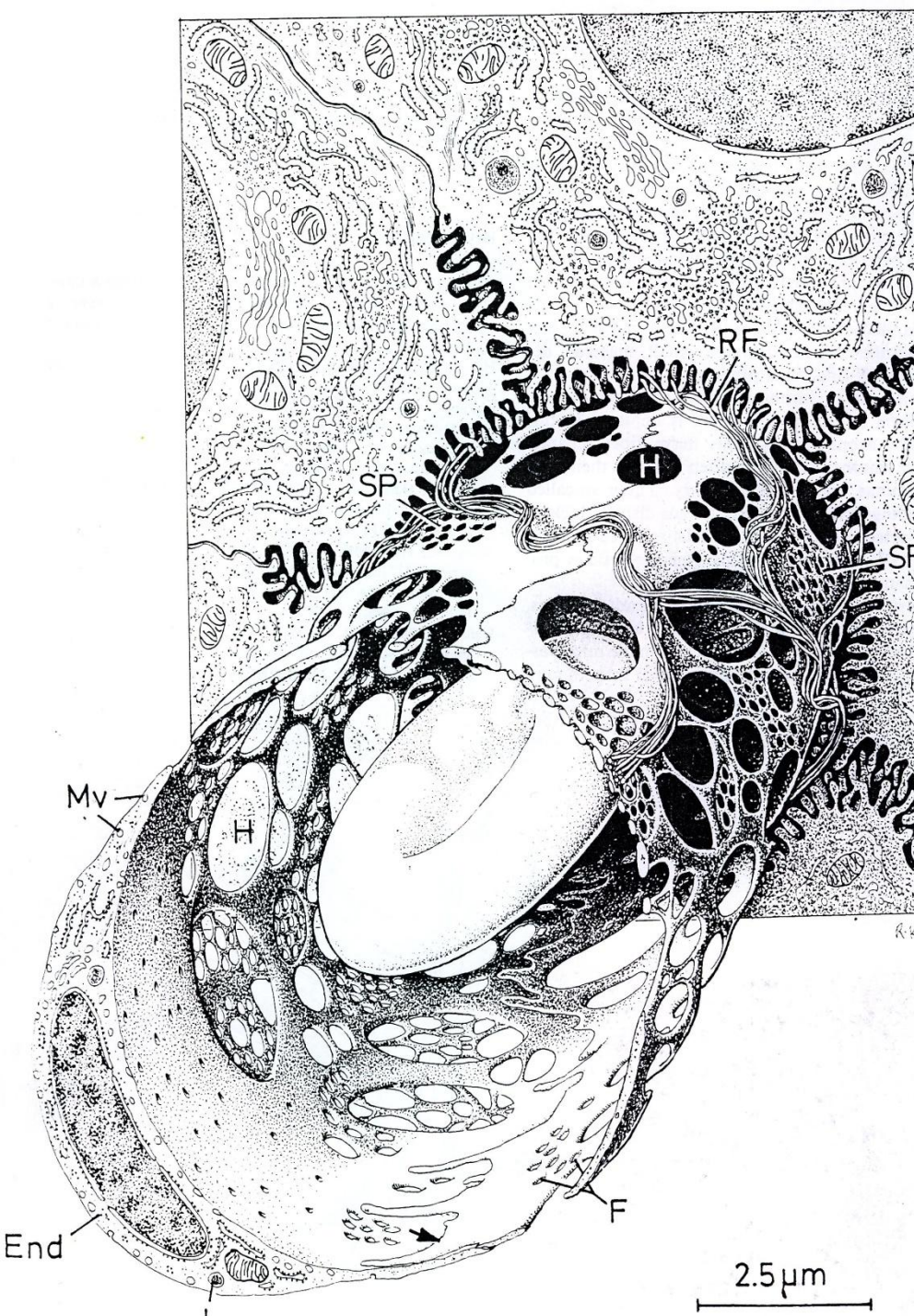
Без дијафрагме

- присутни једино у бубрежним гломерулима.



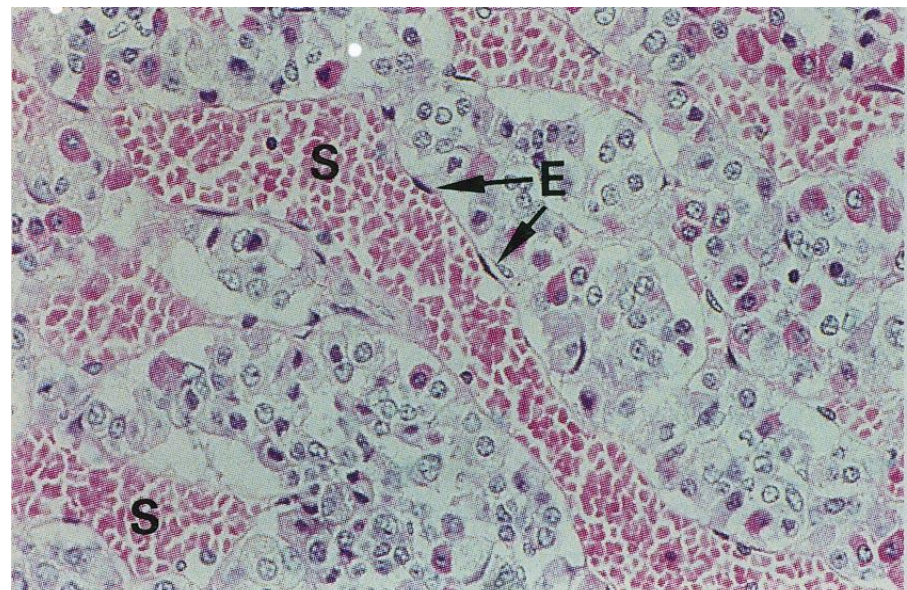
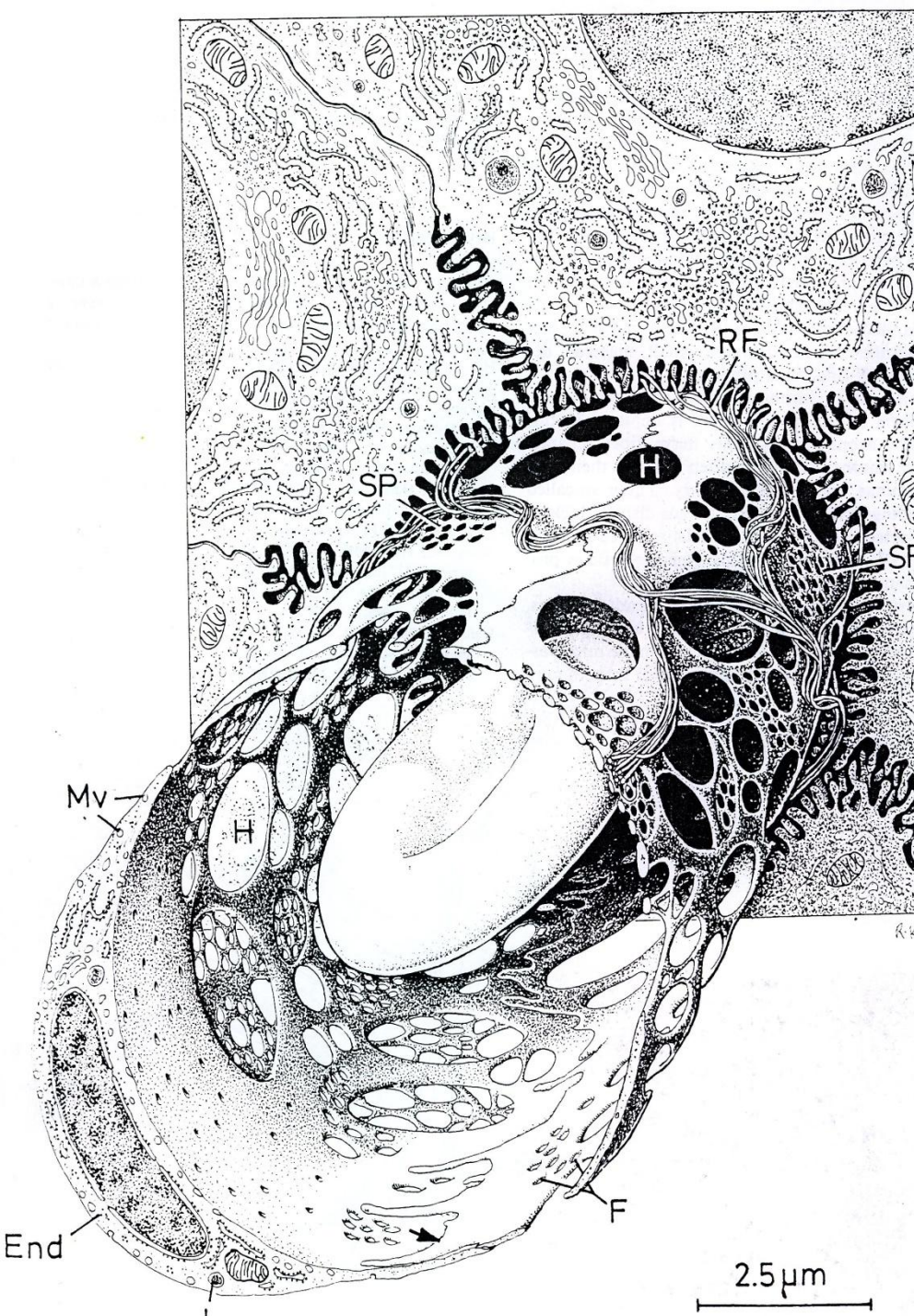
Синусоидни капилари

- Имају вијугав ток, већи пречник и бројне широке поре груписане у виду **ситастих плоча**.
- **Базална ламина** је фрагментисана или потпуно недостаје, а број перицита је мањи него код других типова капилара.



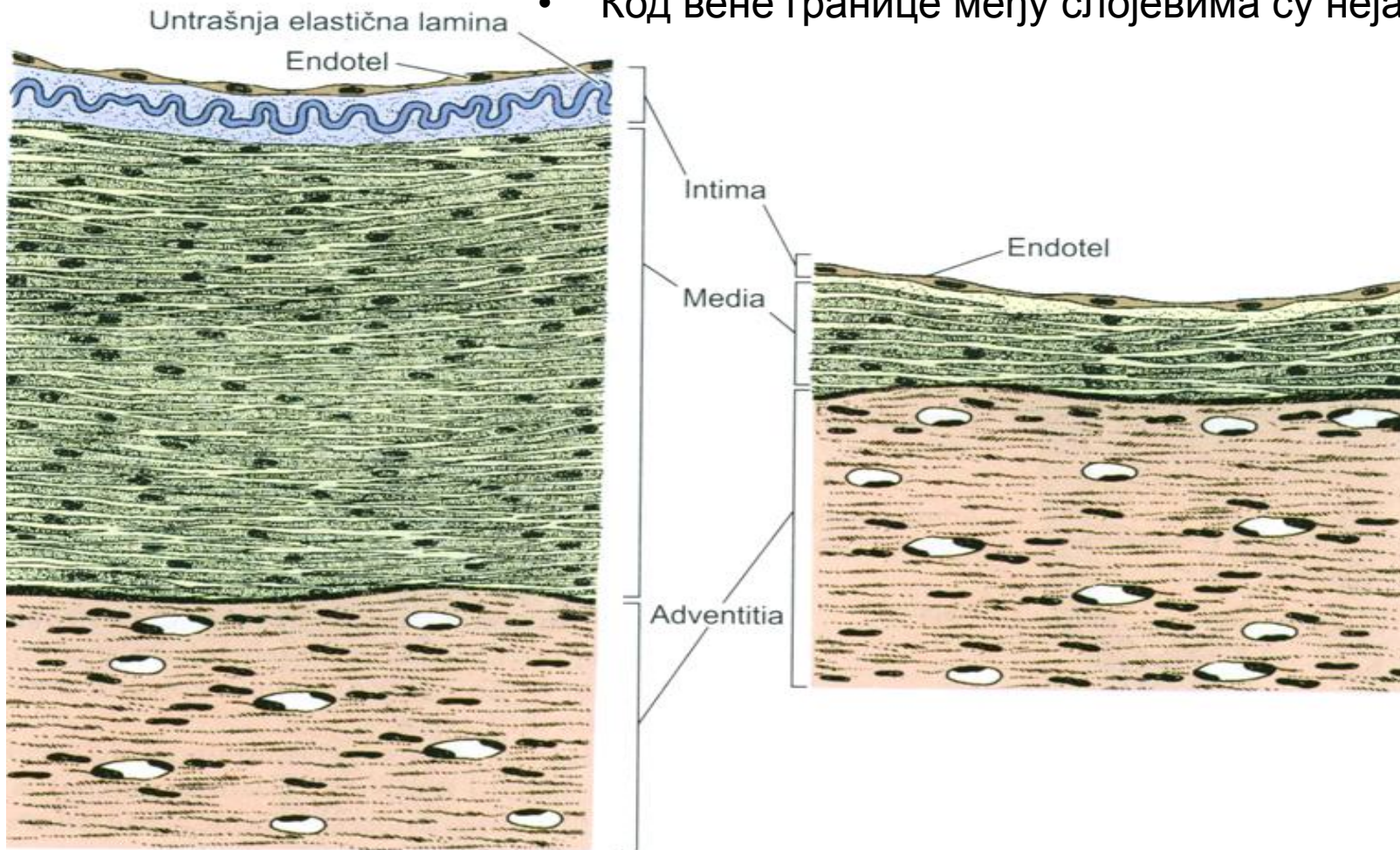
Синусоидни капилари

- Налазе се у јетри, слезини, коштаној сржи, аденохипофизи и кори надбубрежне жлезде.



BEHE

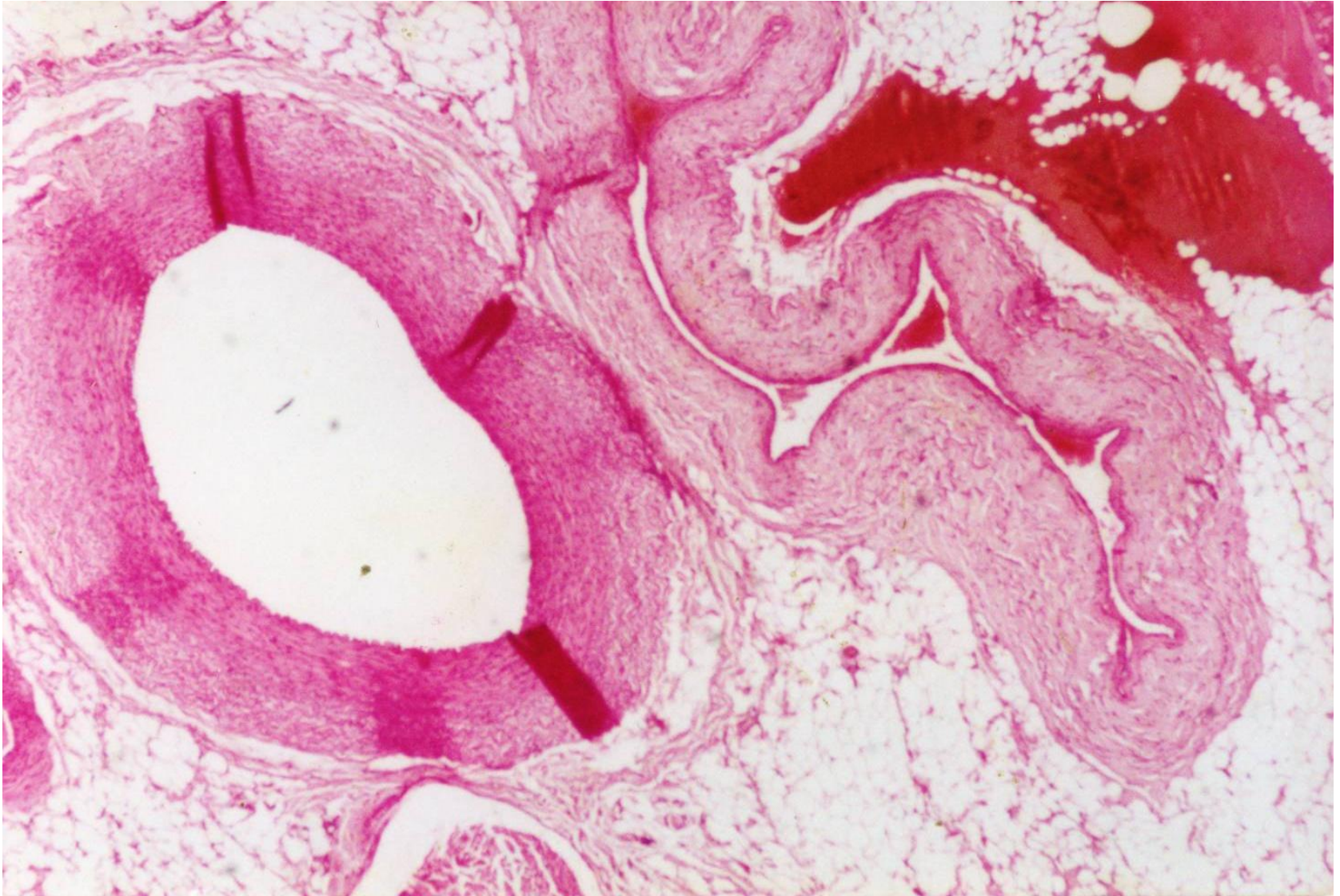
- У односу на артерије, вене имају:
 - шири лумен и тањи зид
 - мање мишићних ћелија и еластичних влакана
 - танку медију и дебљу адвентицију.
- Код вене границе међу слојевима су нејасне.



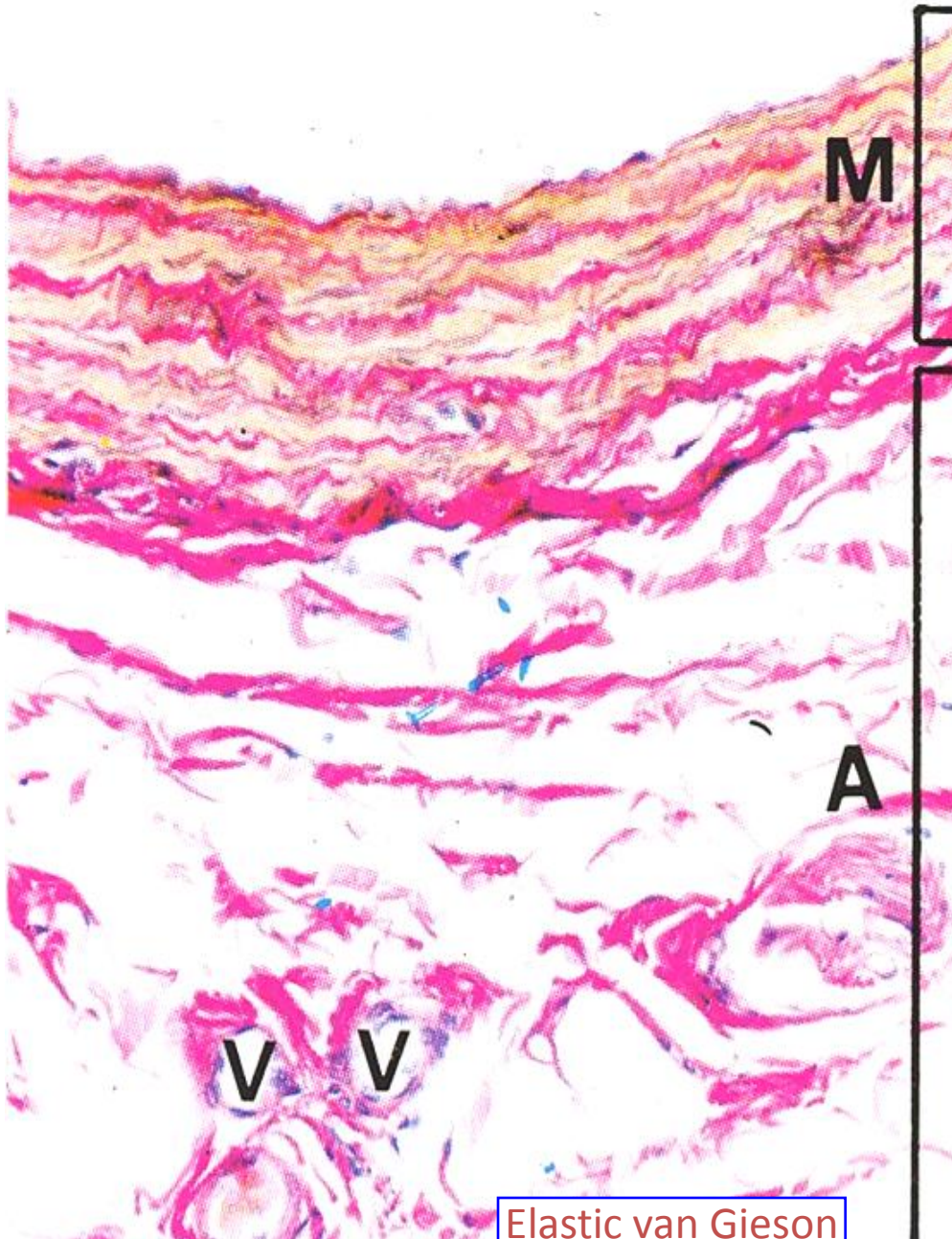
Артерија

Вена

Артерија и вена



Вене



Elastic van Gieson

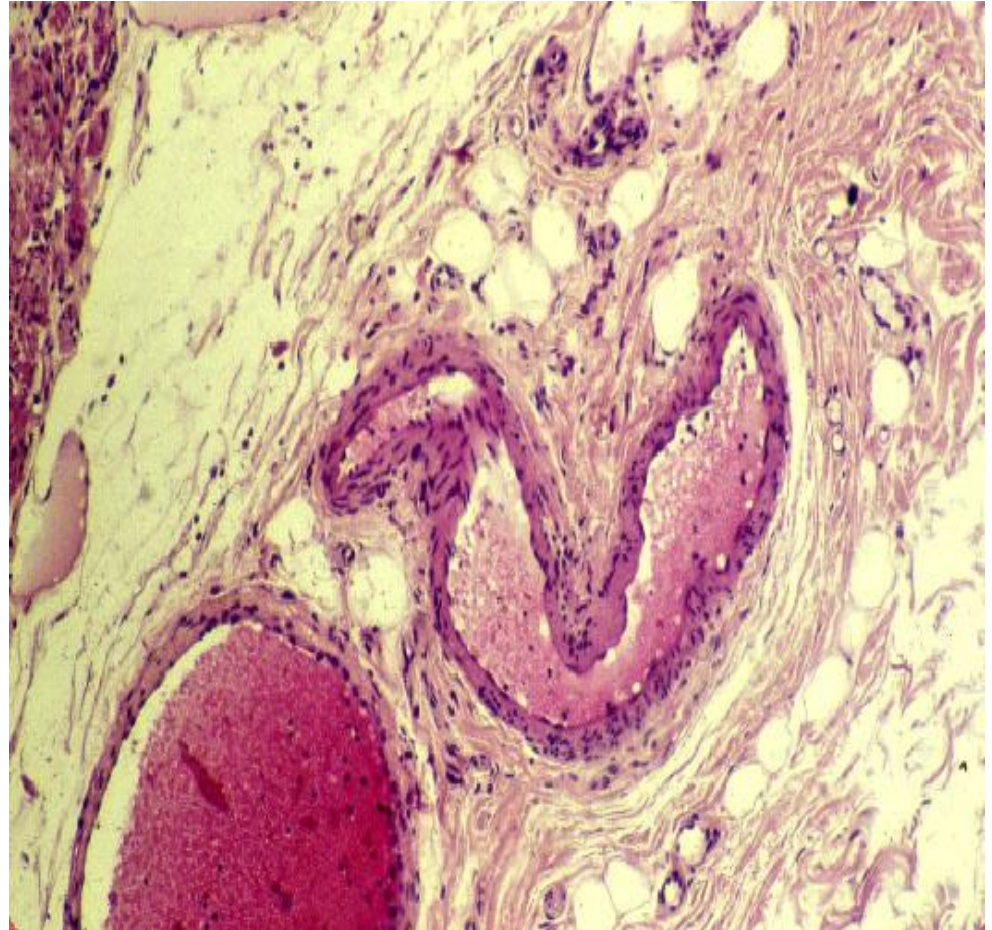
- Зид им се састоји из интима, медије и адвентиције.
- Класификација вена:
 - велике вене
 - средње вене
 - мале вене (венуле)
 - мишићне
 - поскапиларне.

Венуле

- Ситни крвни судови који представљају венски део микроциркулације.
- По својој структури и функцији разликују се:
 - **посткапиларне**
 - **сабирне**
 - **мишићне венуле.**

Мале вене

- **Мале вене** су крвни судови **дијаметра до 1 мм**, са издиференцираним трослојном организацијом зида.
- Структура зида **малих вена** разликује се од грађе зида мишићних венула, по **већем броју глатких мишићних ћелија** у медији и по **ширем лумену**.



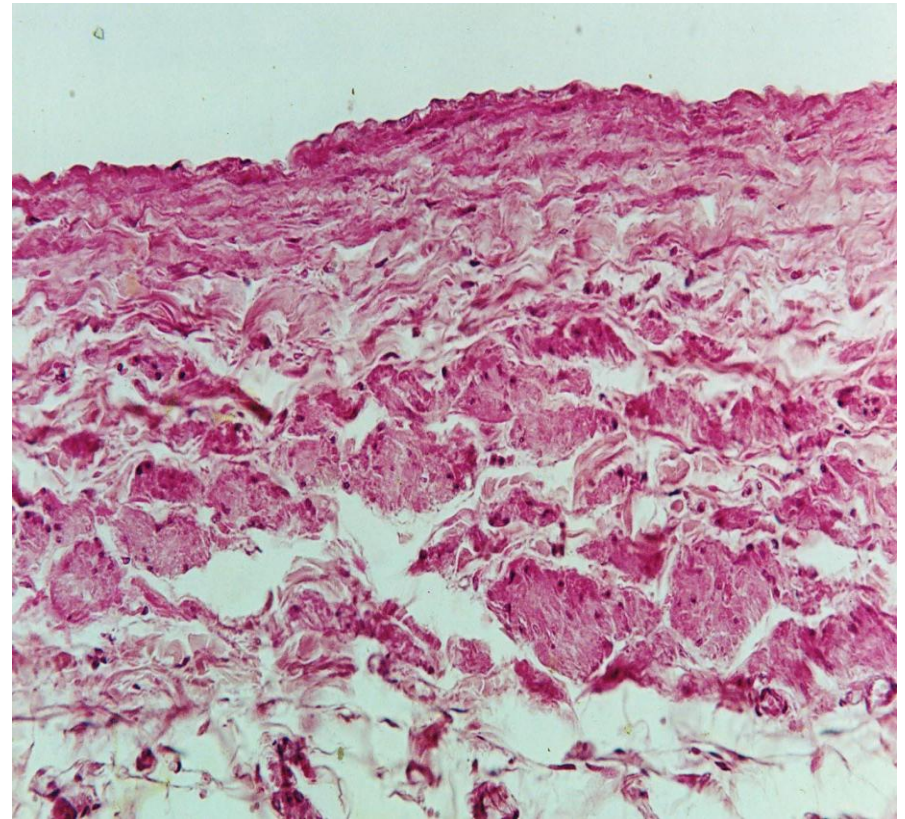
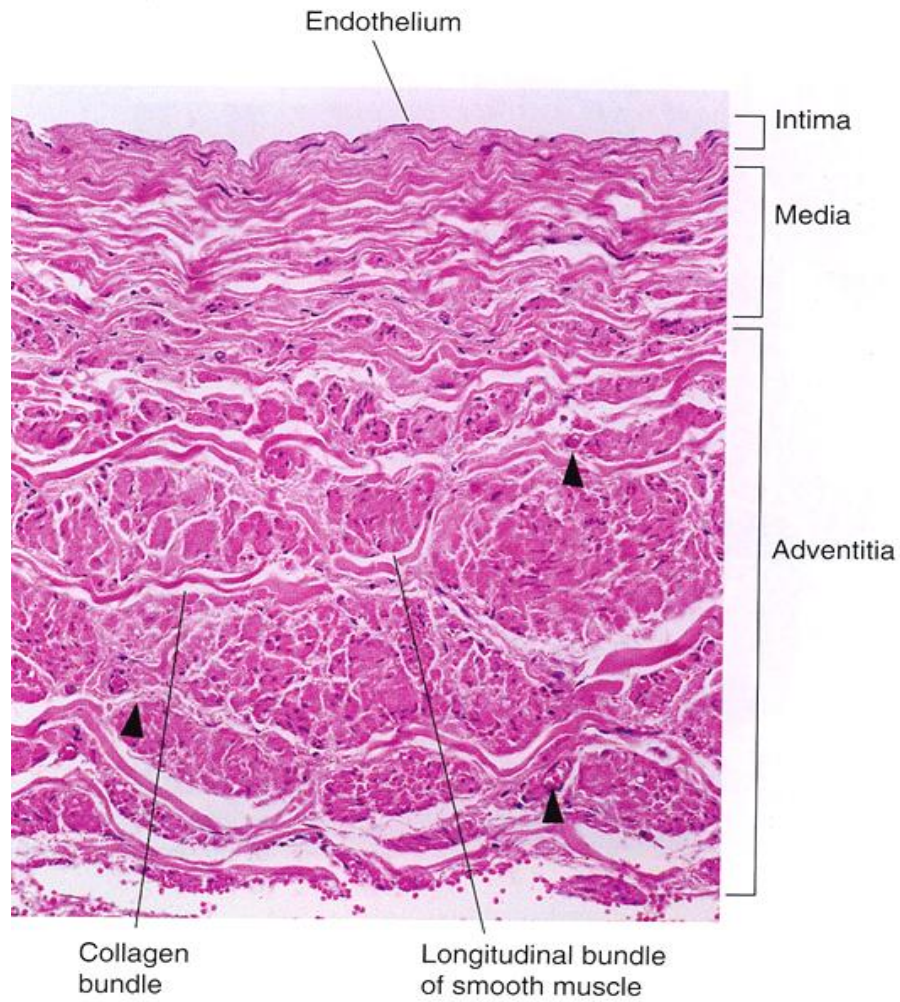
Вене средњег калибра

- Већег су дијаметра од малих вена (1-10 мм) и поседују јасно диференцирана сва три слоја зида.
- Тунику интиму граде ендотел и танак субендотелни слој.
- Медија средњих вена је танка и релативно слабо развијена, састављена из свега неколико редова глатких мишићних ћелија и мале количине колагених и еластичних влакана.
- Дебљина медије средњих вена одређена је њиховим дијаметром и локализацијом, тако да **дебљу медију поседују вене доњих екстремитета** у односу на медију вена у осталим деловима тела.
- Туника адвентиција заузима највећи део венског зида. У саставу адвентиције налазе се дужно оријентисана колагена влакна, ретка еластична влакна, глатке мишићне ћелије и *vasa vasorum*.
- Медија се постепено наставља на адвентицију, тако да између ова два слоја нема оштре границе.

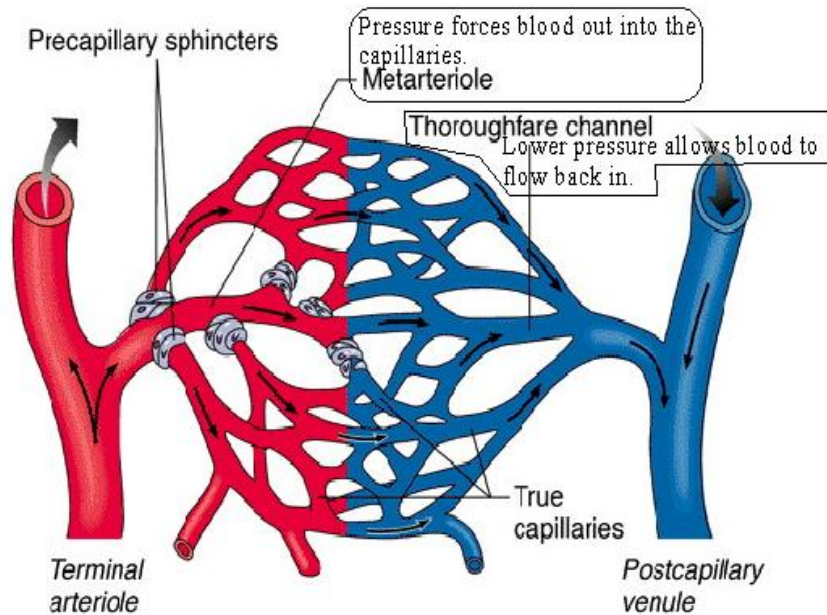
Велике вене

- Горња и доња шупља вена, пулмоналне вене, портална, ренална вена и други венски судови који имају пречник изнад 10 мм.
- Добро развијена сва три слоја у васкуларном зиду.
- **Туника интима** великих вена састоји се од ендотелних ћелија и добро развијеног субендотелног везива.
- На интиму се без јасне границе наставља релативно танка **туника медија**, састављена од само неколико слојева циркуларно распоређених глатких мишићних ћелија, колагених и еластичних влакана.
- **Туника адвентиција** представља **најдебљи део зида** састављен од лонгитудинално оријентисаних колагених и еластичних влакана, *vasa vasorum* који су бројнији него у зиду артерија, лимфних судова и доста амијелинских нервних влакана. Код неких великих вена у адвентицији могу да се налазе и глатке мишићне ћелије.

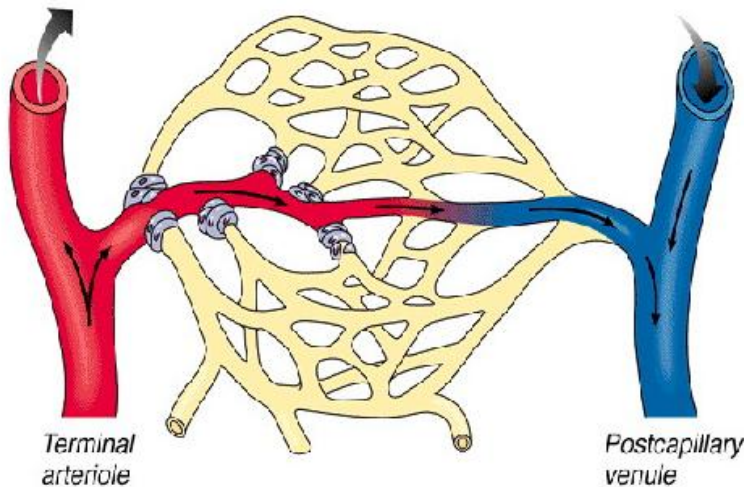
Велике вене



Артериовенске анастомозе (АВА)



(a) Sphincters open



(b) Sphincters closed

- Директно повезују артерије са венама.
- Најбројније су у кожи, еректилним телима пениса и клиториса.
- АВА садрже глатке мишићне ћелије које могу да набубре.
- Имају улогу у терморегулацији и ерекцији.

СРЦЕ

Срце (*Cor*)

- **Срце** (лат. *cor* ; грч. *cardia*) представља централни орган кардиоваскуларног система.
- Прихвата крв доспелу из вена и ритмичким контракцијама је пумпа у артерије.
- Зид срца формирају три основна слоја:
 - **ендокард**
 - **миокард**
 - **епикард.**

План грађе срца

- **Ендокард**

- ендотел
- базална мембрана
- субендотелно везиво
- субендокардно везиво

- **Миокард**

- срчане мишићне ћелије
- еластична и колагена влакна

- **Епикард**

- мезотел
- растресито везиво
- масно ткиво

План грађе крвних судова

- **Tunica interna (intima)**

- ендотел
- базална мембрана
- субендотелно везиво
- *membrana elastica interna*

- **Tunica media**

- глатке мишићне ћелије
- еластична и колагена влакна

- **Tunica externa (adventitia)**

- *membrana elastica externa*
- еластична влакна и ламеле
- *vasa vasorum*

Ендокард (*endocardium*)

- Глатка мембрана која покрива унутрашњу површину срца.
- Ендокард се састоји од:
 - **ендотела** који лежи на комплетној базалној ламини
 - **субендотелног слоја**
 - добро развијеног **субендокардног слоја** .

Миокард (*miocardium*)

- Заузима средњи, најдебљи део зида срца.
- Садржи неколико врста срчаних мишићних ћелија:
 - **контракtilни миоцити**
 - **спроводни миоцити**
 - **ендокрини миоцити.**
- Као посебан ћелијски ентитет издвајају се:
 - **адренергичне ћелије.**
- Највећи део миокарда граде **контракtilни миоцити.**

Спроводни миоцити

- Спроводни миоцити су мишићне ћелије специјализоване за стварање и брзо спровођење електрохемијских импулса до контрактилних миоцита.
- Улазе у састав **спроводног система срца**.

Меоендокрини миоцити

- Осим контрактилних својстава имају и способност **биосинтезе** и **секреције** више хормонски активних супстанци – **кардиопептиди** или **натриуретски** пептиди (АНП, БНП – натриуреа, вазодилатација).
- Синтетисани кардиопептиди депонују се у специфичним гранулама које су локализоване **перинуклеарно**.
- Поседују овално **еухроматично** једро, док је централни део ћелије лишен миофибрила, а испуњен добро развијеним органелама задуженим за биосинтетску и секреторну активност ћелије.
- Највећи број меоендокриних миоцита локализован је у **миокарду преткомора**.

Адренергичке ћелије

- Синтетишу **адреналин, норадреналин и допамин**.
- Налазе се у групама, **између крвних судова и миоцита**.
- Неправилног су облика и поседују еухроматично једро, ексцентрично постављено, са израженим нуклеолусом и бројним индентацијама.
- Цитоплазма је испуњена електронски светлим гранулама у којима су депоновани синтетисани катехоламини (**не садржи миофибриле**).
- Између секреторних гранула распоређене су издужене митохондрије, као и малобројне цистерне грЕР. Добро развијен Голџи комплекс локализован је перинуклеарно.
- Не поседују спојне комплексе са околним кардиомиоцитима.

Епикард

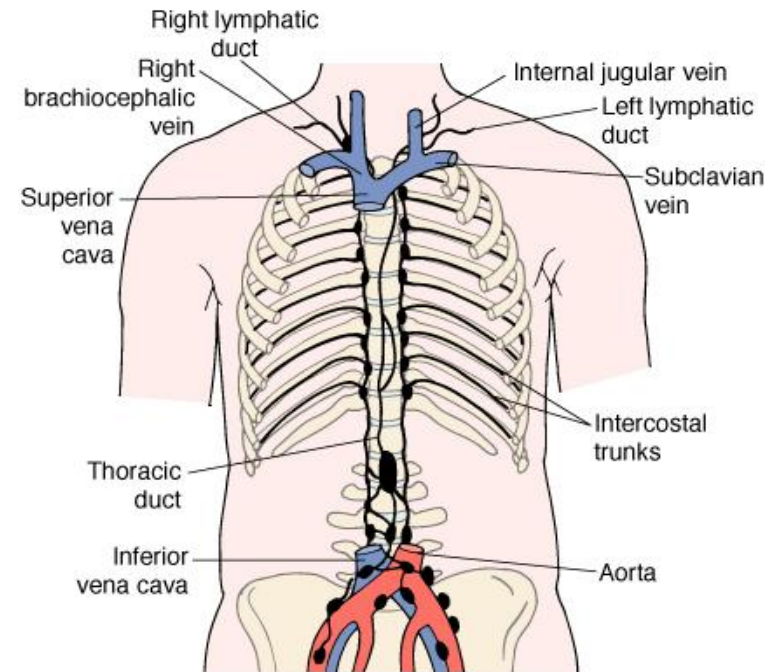
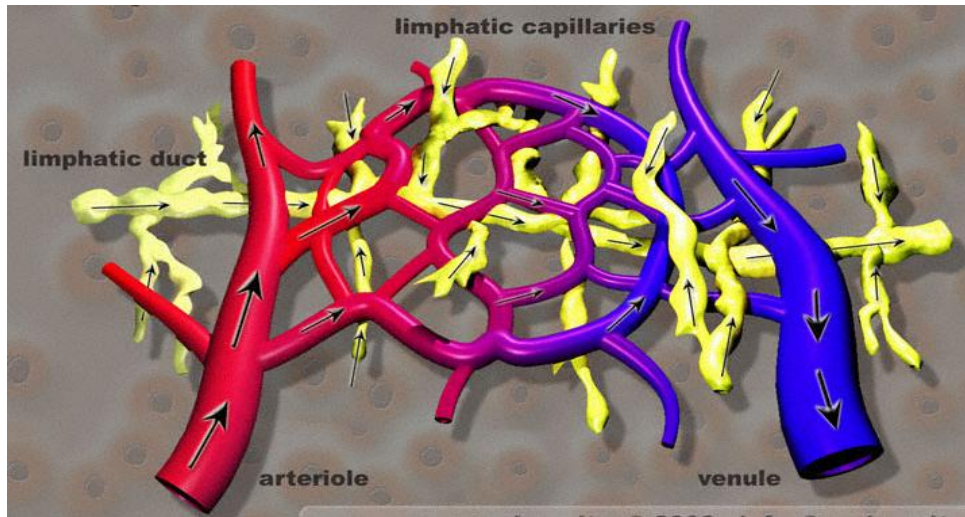
- Саграђен од **простог љуспастог епитела (мезотел)** и **танког субепикардног слоја**.
- **Субепикардни слој** – растресито везивно ткиво у коме се налазе колагена и еластична влакана, крвни и лимфни судови, нервна влакана и варијабилне количине масног ткива.
- Епикард **представља висцерални лист перикардне кесе**.

Перикард

- Представља **паријетални, фиброзни лист перикардне кесе**.
- Са висцералним листом (**епикардом**) спаја се на бази срца.
- Са унутрашње стране обложен је слојем мезотелних ћелија.
- Између епикардног и перикардног мезотелног слоја налази се **перикардна дупља** (око 50мл бистре, серозне течности –*liquor pericardii*) – смањује трење између висцералног и паријеталног листа срчане кесе.
- *Liquor pericardii* стварају мезотелне ћелије.

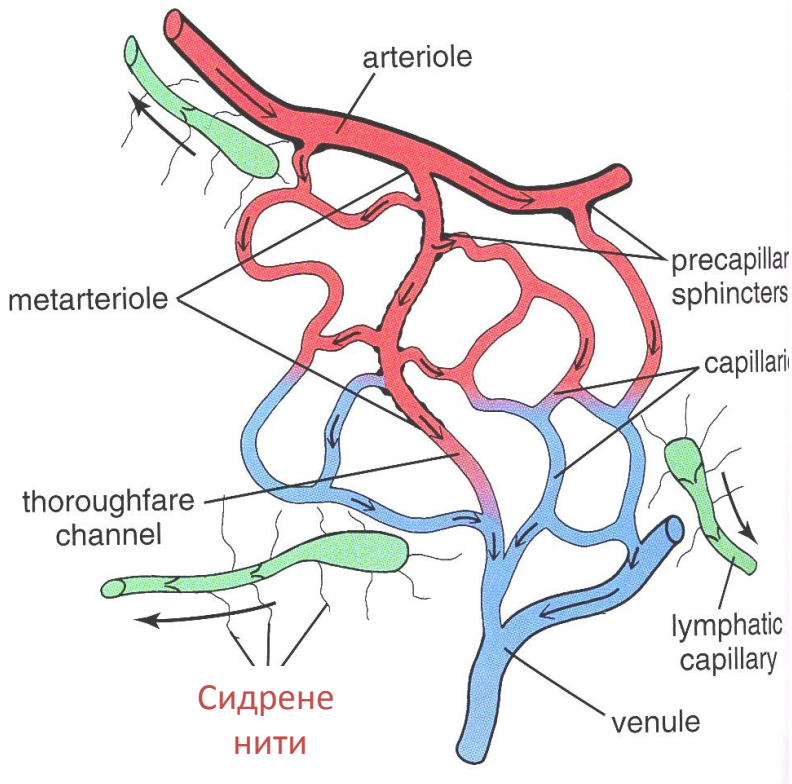
ЛИМФНИ ВАСКУЛАРНИ СИСТЕМ

Лимфни васкуларни систем



- Одводи 10% филтрата крви у леви и десни венски угао.
- Лимфни судови налазе се свуда у телу, **осим у ЦНС-у, коштаној сржи, епителима, хрскавици, очном сочиву и рожњачи.**
- Лимфни васкуларни систем чине:
 - лимфни капилари
 - сабирни лимфни судови
 - велики лимфни судови (*d. thoracicus* и *d. lymphaticus dexter*).

Лимфни капилари



- Почињу слепо у близини крвних капилара.
- Поседују само танак ендотел, док је базална мембрана делимично или потпуно одсутна.
- Ендотелне ћелије се преклапају, а од њих се пружају **сидрене нити**.
- За разлику од крвних капилара лимфни капилари немају периците, али имају залиске.

