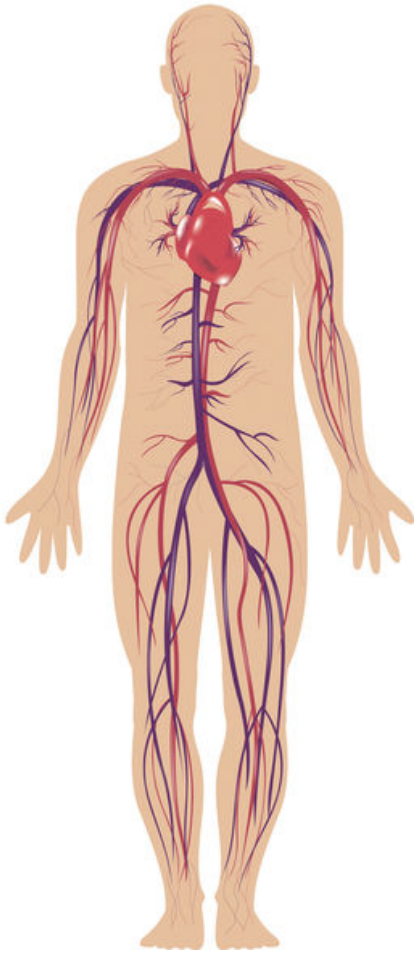
بسمه تعالی

درس فیزیک پزشکی

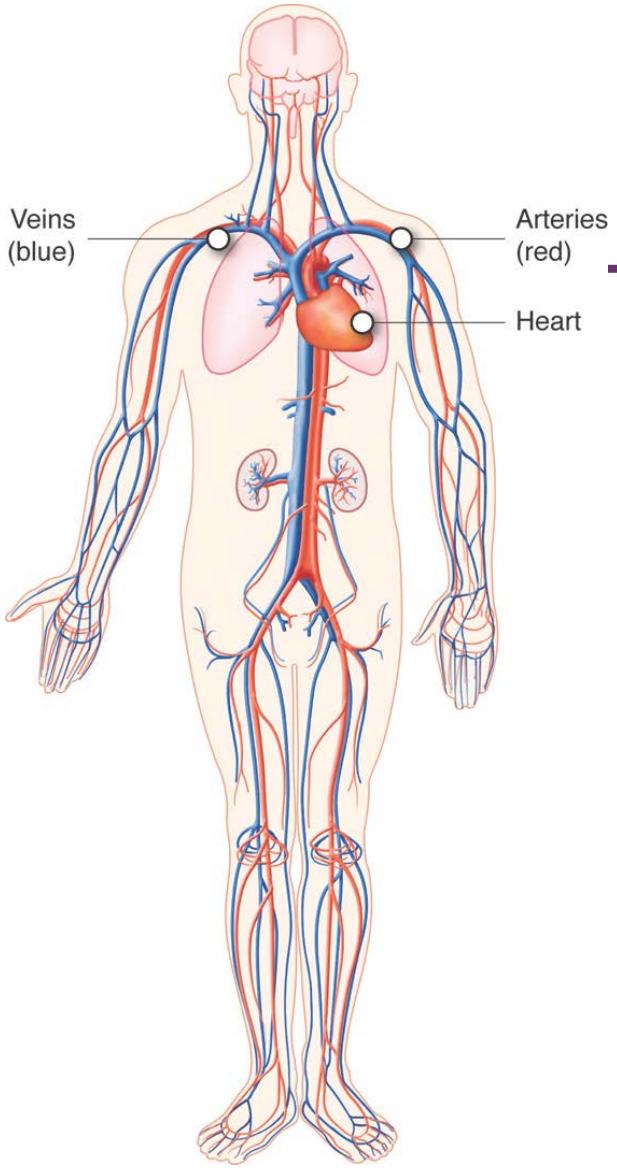
فیزیک سیستم قلبی عروقی



- سیستم قلبی عروقی
- عملکرد قلب
- ساختار عروق
- جریان خون در رگها
- فیزیک بیماریهای قلبی عروقی

سیستم قلبی عروقی

سیستم قلبی عروقی

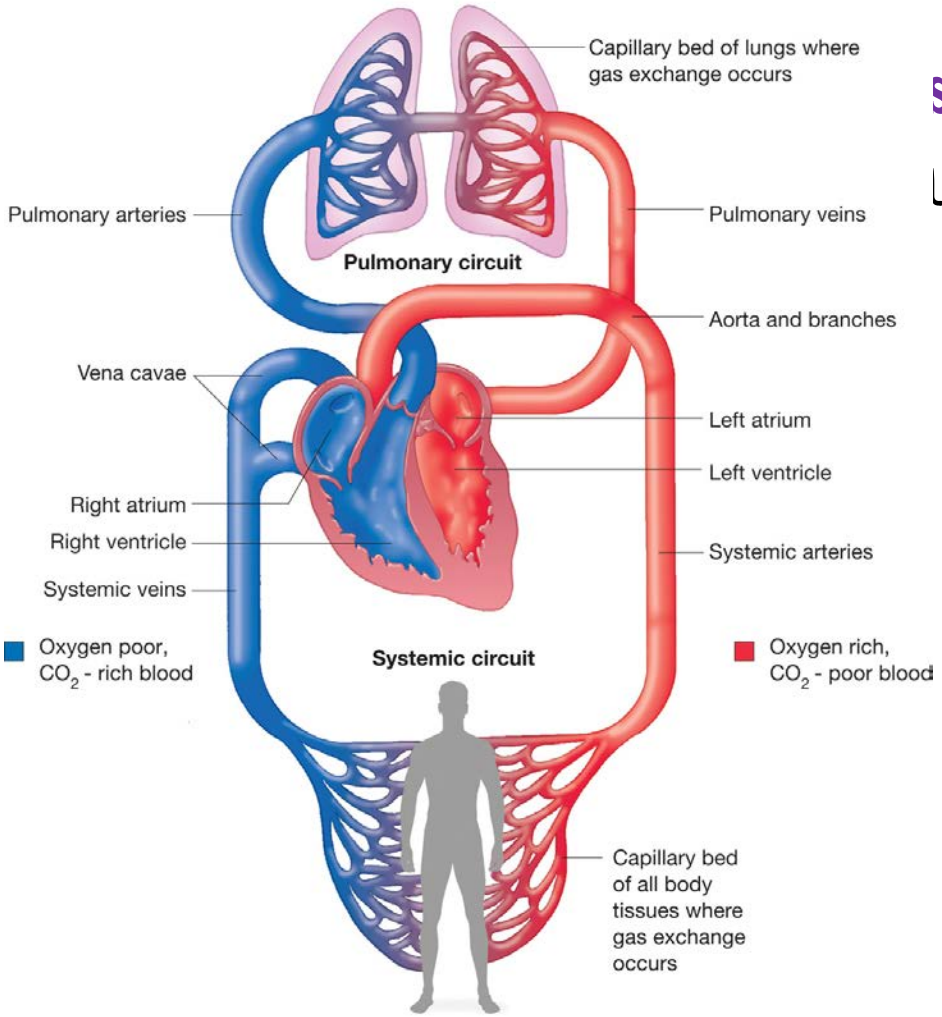


قلب + عروق + خون

وظایف سیستم قلبی عروقی

- ✓ رساندن اکسیژن و مواد مغذی به بافتها
- ✓ جمع آوری دی اکسید کربن و مواد زاید از بافتها
- ✓ تنظیم دمای بدن

چرخه خون در بدن



چرخه سیستمی Systemic Circulation

شروع از آئورت و تغذیه سلولهای ارگانها و بافتها و برگشت به قلب

۸۰٪ کل خون

چرخه ریوی Pulmonary Circulation

شروع از شریان ریوی و گردش خون در ریه و برگشت به قلب

۲۰٪ کل خون

مسیر گردش خون در بدن

قلب چپ Left Heart

آئورت Aorta

شریانها Arteries

شریانچه ها Arteriols

بستر مویرگی Capillary Bed

وریدچه ها Venules

وریدها Veins

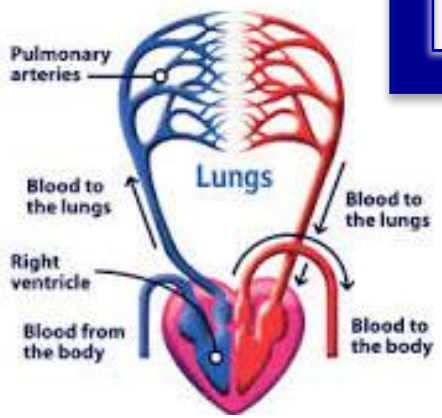
ورید اجوف Vena Cava

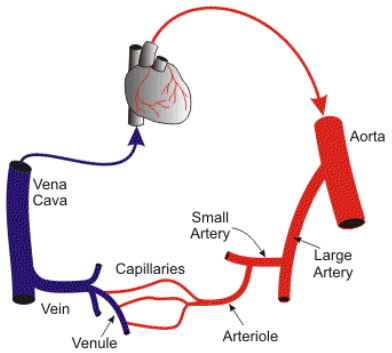
ورید ریوی Pulmonary Vein

بستر مویرگی Capillary Bed

شریان ریوی Pulmonary Artery

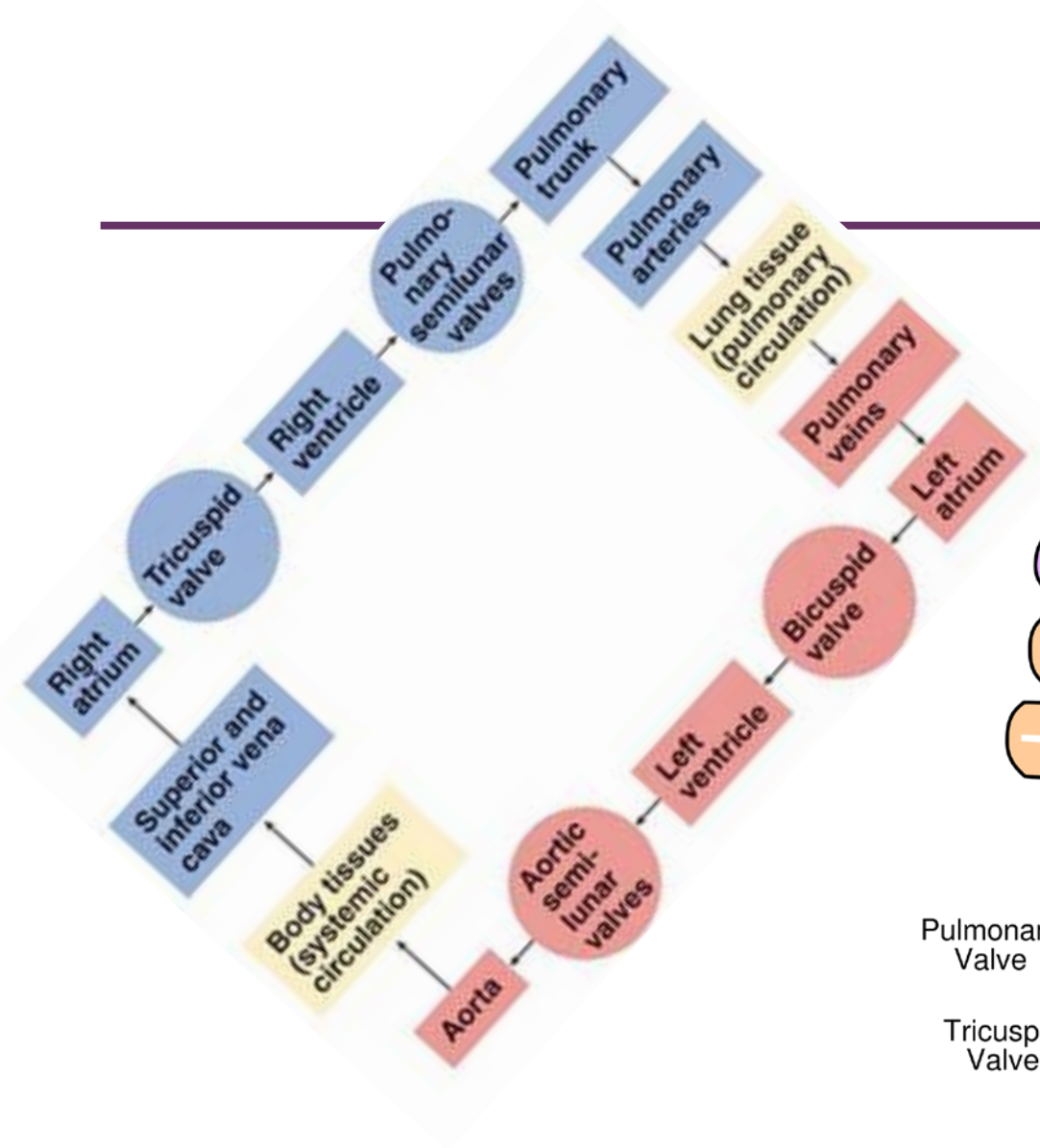
قلب راست Right Heart

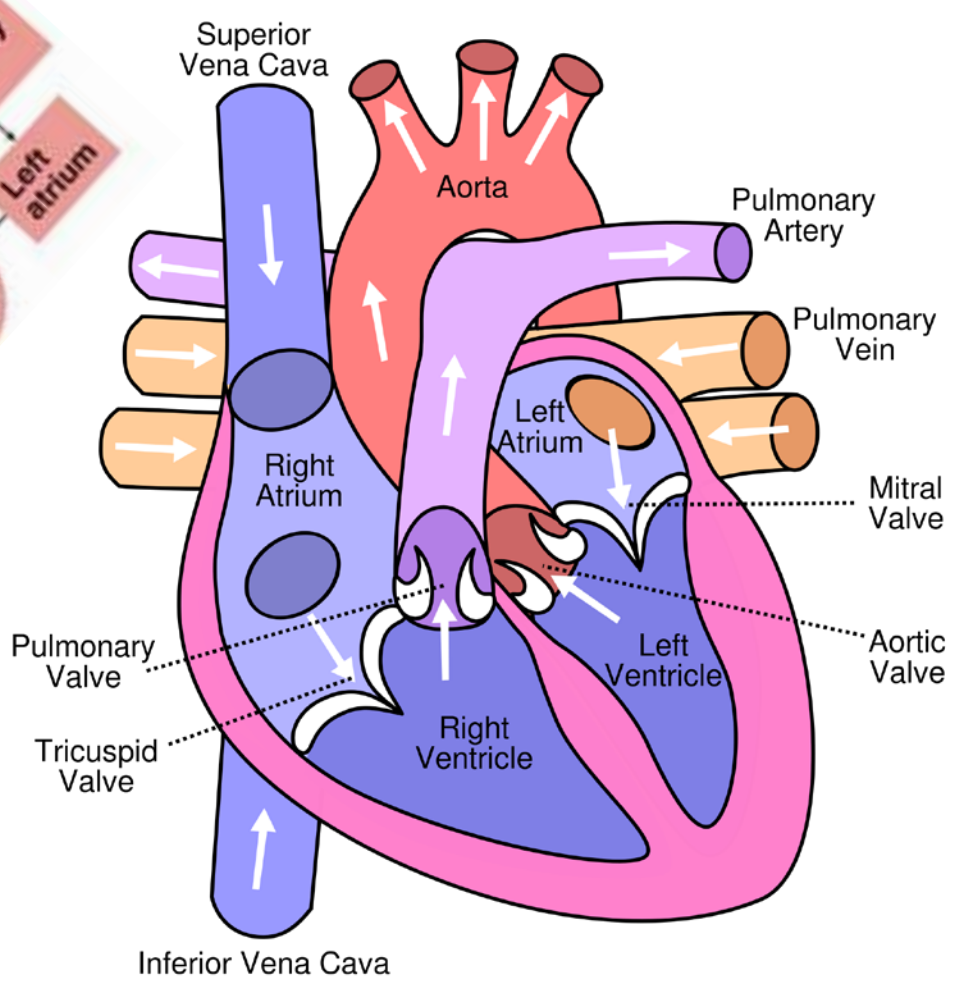




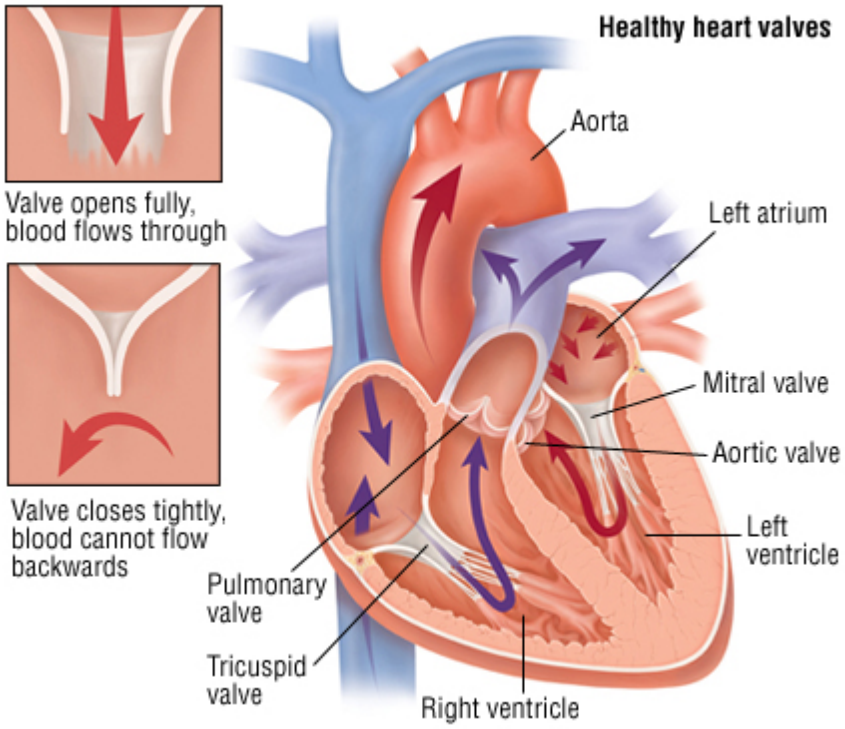
عملکرد قلب

گردش خون در قلب





دریچه های قلبی
Heart Valves



دریچه قلبی

شیر یکطرفه با قابلیت ایجاد فشار بالا و عدم برگشت خون

دریچه های دهلیزی – بطنی Atrio-Ventricular valves (AV)

دریچه بین دهلیز و بطن راست: سه لتی Tricuspid

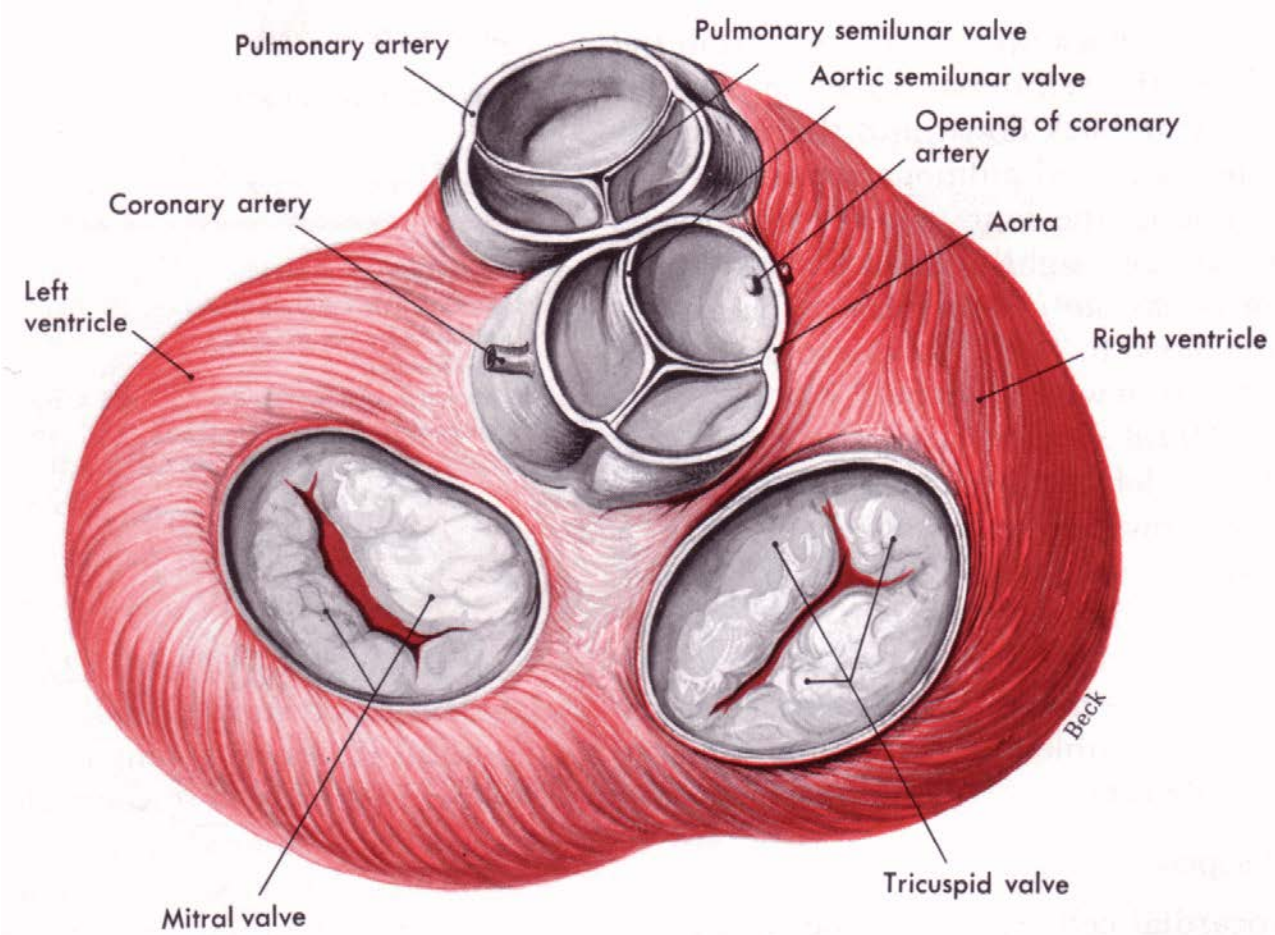
دریچه بین دهلیز و بطن چپ : میترال یا دولتی Bicuspid or Mitral

دریچه های بطنی-شریانی Semilunar(SL) Valves

دریچه بین بطن راست و سرخرگ شش: هلالی ششی Pulmonary Semilunar

دریچه بین بطن چپ و آئورت: هلالی آئورتی Aorta Semilunar

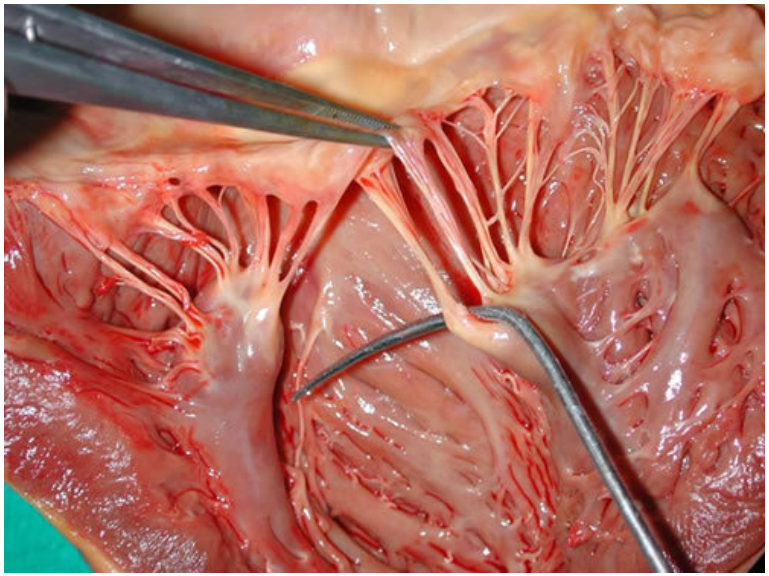
دریچه های قلبی

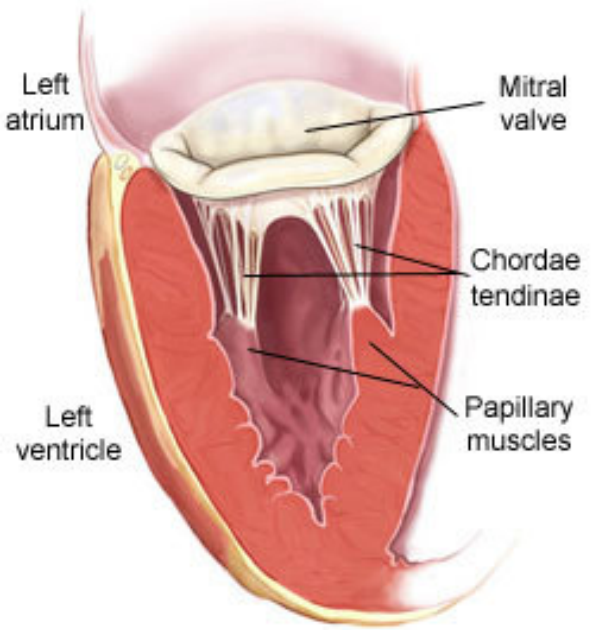


The valves of the heart viewed from above. The atria are removed to show the mitral and tricuspid valves.

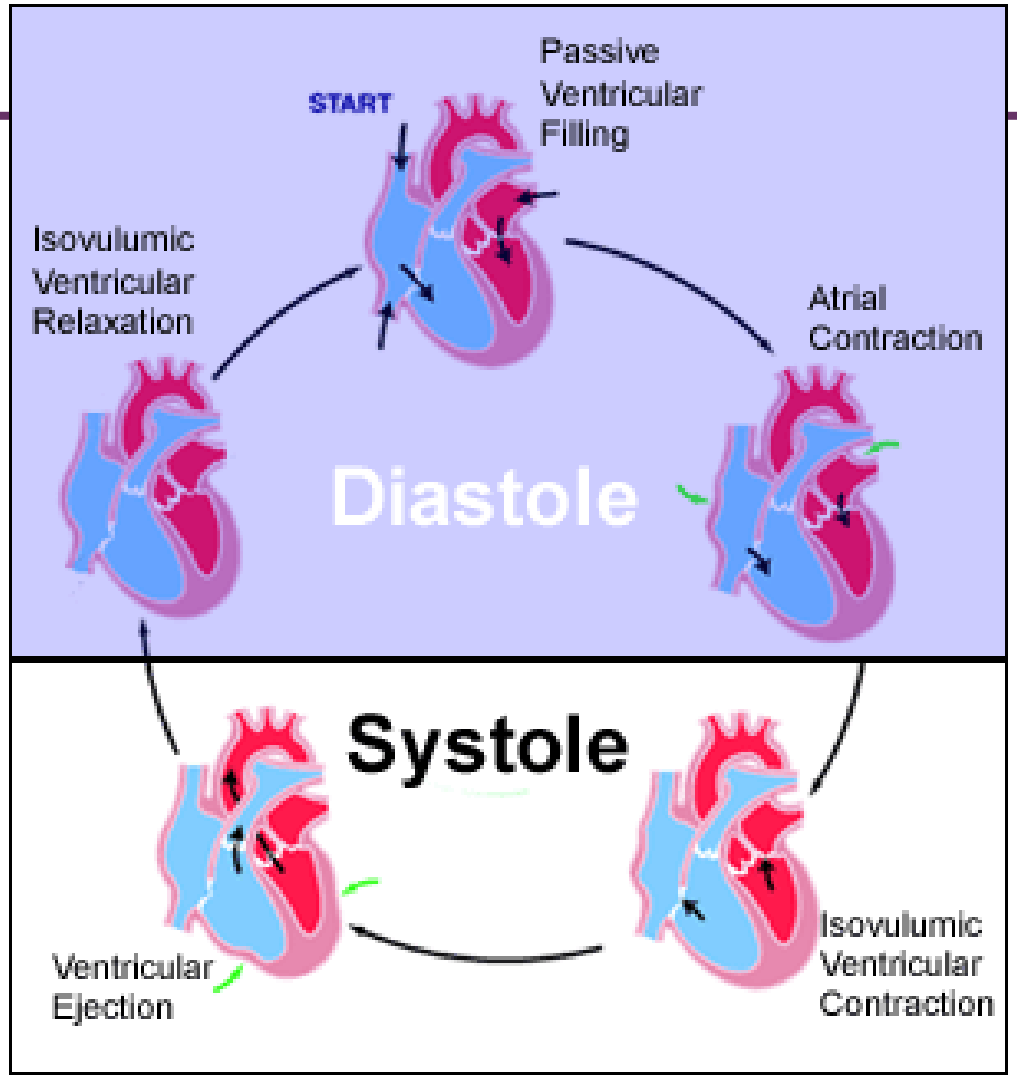
عضلات پاپیلاری قلبی
Papilary Heart Muscles

- ✓ انشعابات مخروطی شکل از بافت میوکارد قلب
- ✓ وصل کننده دیواره داخلی بطن به دریچه های دهلیزی – بطنی
- ✓ نگهداشتن دریچه در سمت بطن و ممانعت از برگشت دریچه به سمت دهلیز





دوره قلبی



دیاستول:

استراحت قلب و ورود خون و پر شدن قلب

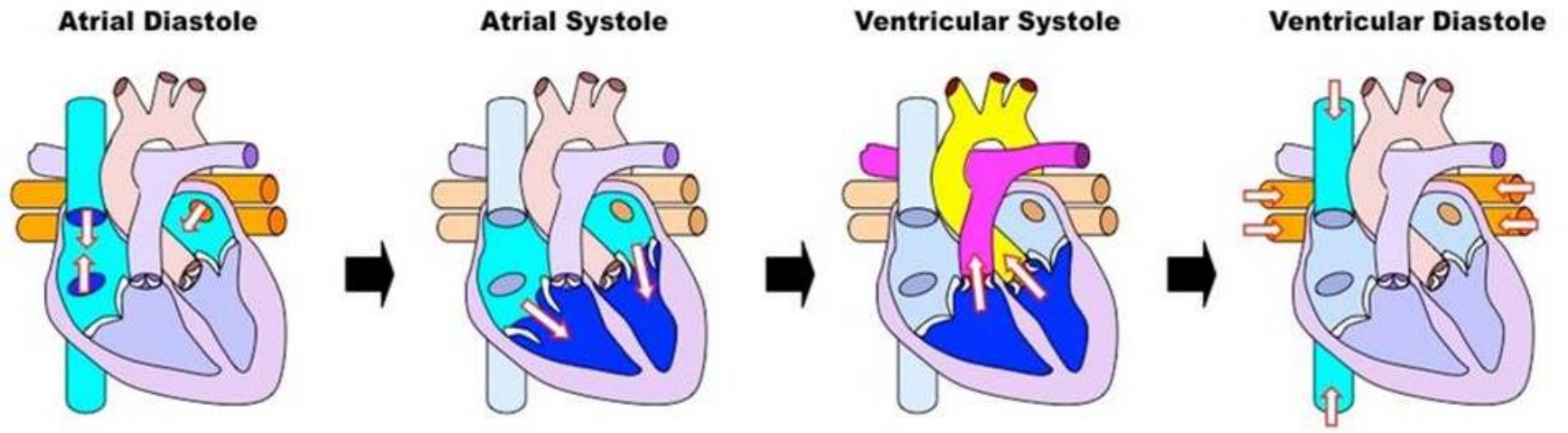
Relaxation and Filling

سیستول:

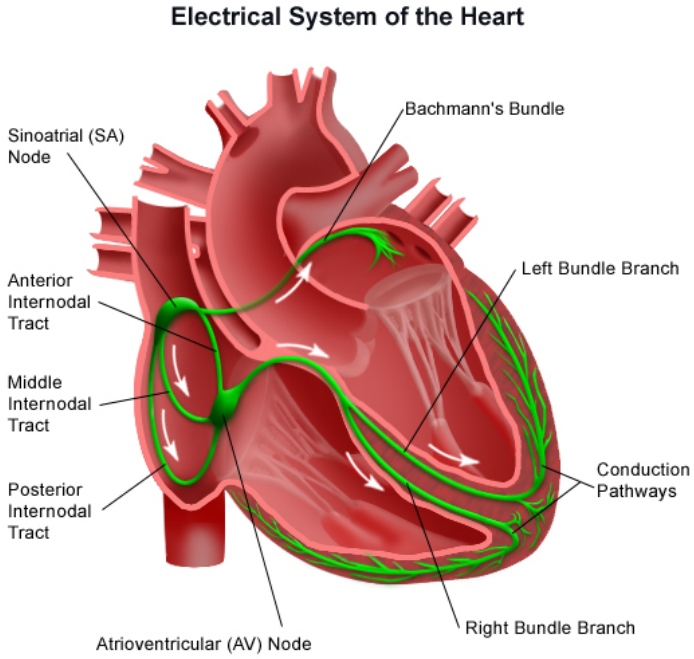
انقباض قلب و خروج خون و خالی شدن قلب

Contraction and Ejecting

دوره قلبی


Atrial Diastole
Atrial Systole
Ventricular Systole
Ventricular Diastole

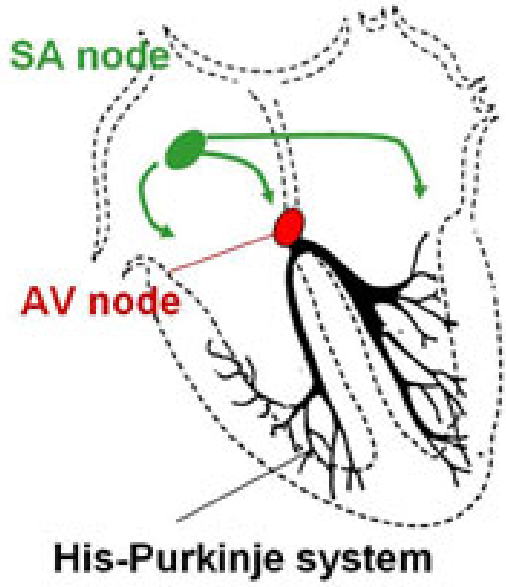
فعالیت الکتریکی قلبی

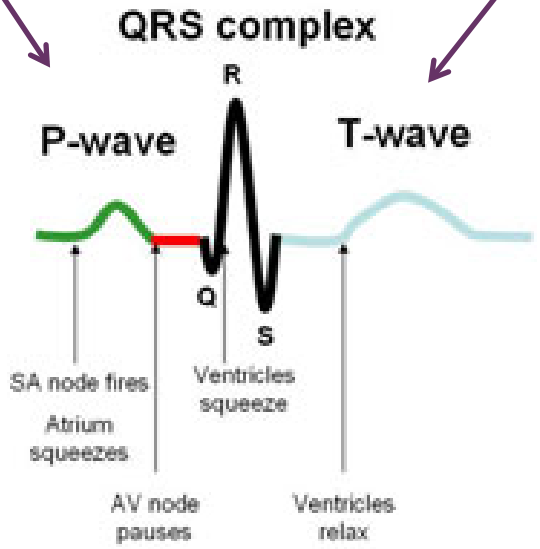


دپلاریزاسیون بطنها

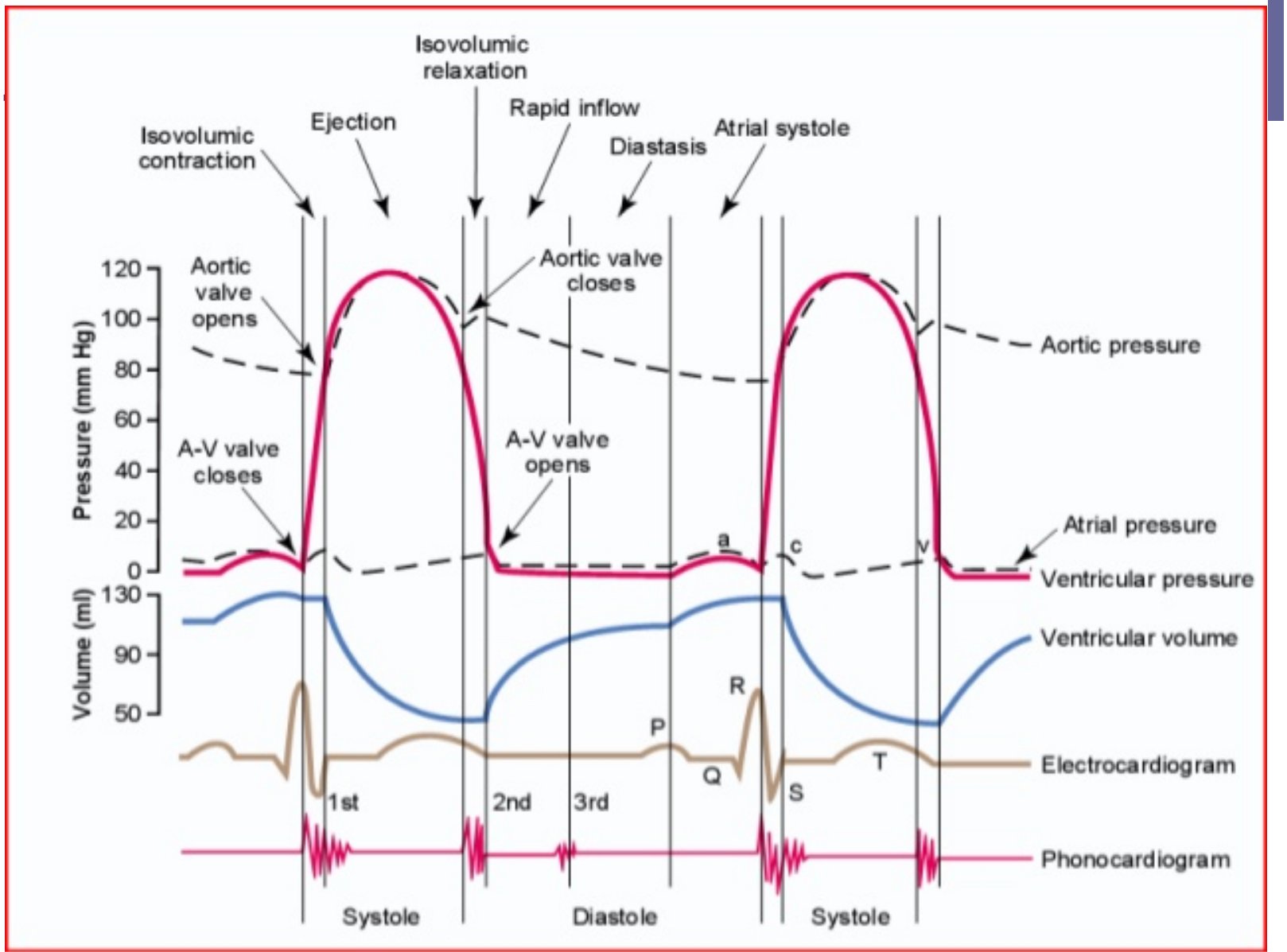
دپلاریزاسیون دهلیزها

ریپلاریزاسیون بطنها





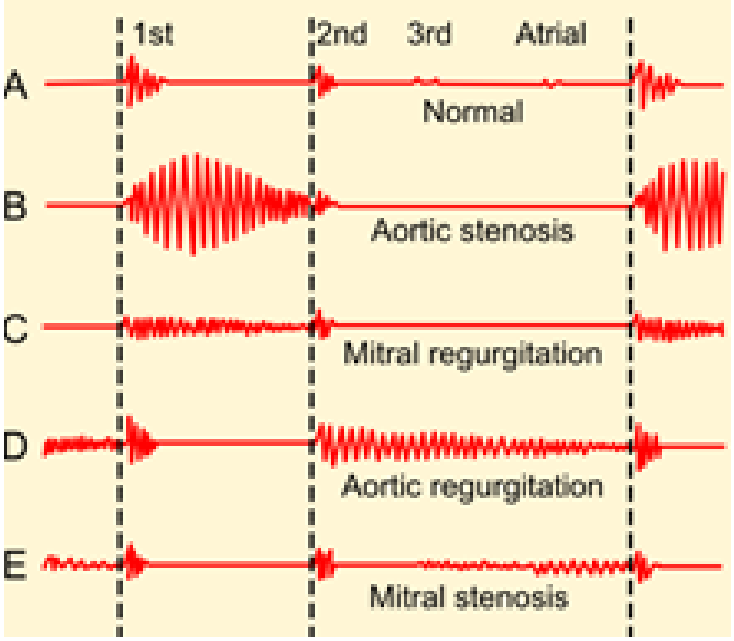
سیکل قلبی

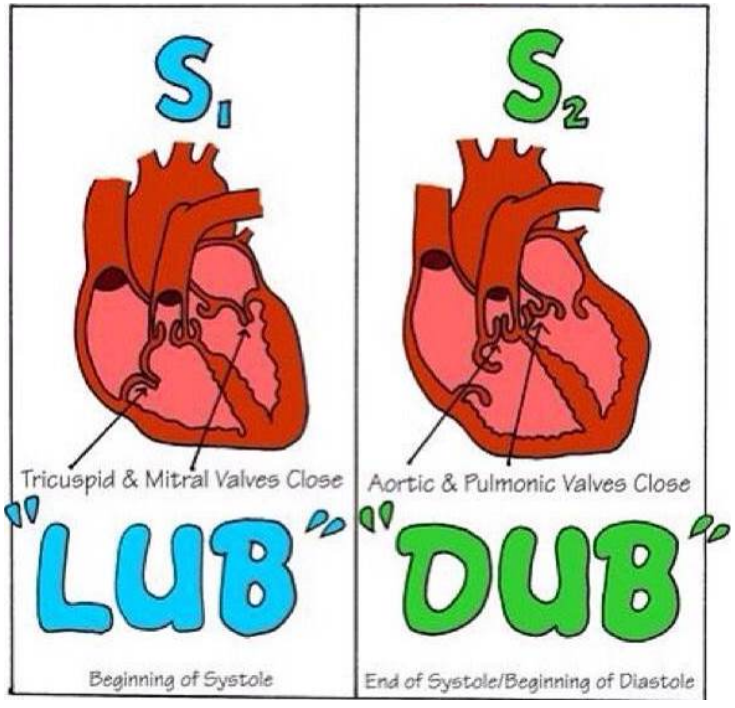

Isovolumic relaxation
Ejection
Rapid inflow
Isovolumic contraction
Diastasis
Atrial systole
Aortic valve opens
Aortic valve closes
Aortic pressure
A-V valve closes
A-V valve opens
Atrial pressure
Ventricular pressure
Ventricular volume
Electrocardiogram
Phonocardiogram
Pressure (mm Hg)
120
100
80
60
40
20
0
Volume (ml)
130
90
50
a
c
v
R
P
Q
S
T
1st
2nd
3rd
Systole
Diastole
Systole

صداهای قلبی
Phonocardiogram

S_1: بسته شدن دریچه های سه لتی و میترال و شروع سیستول

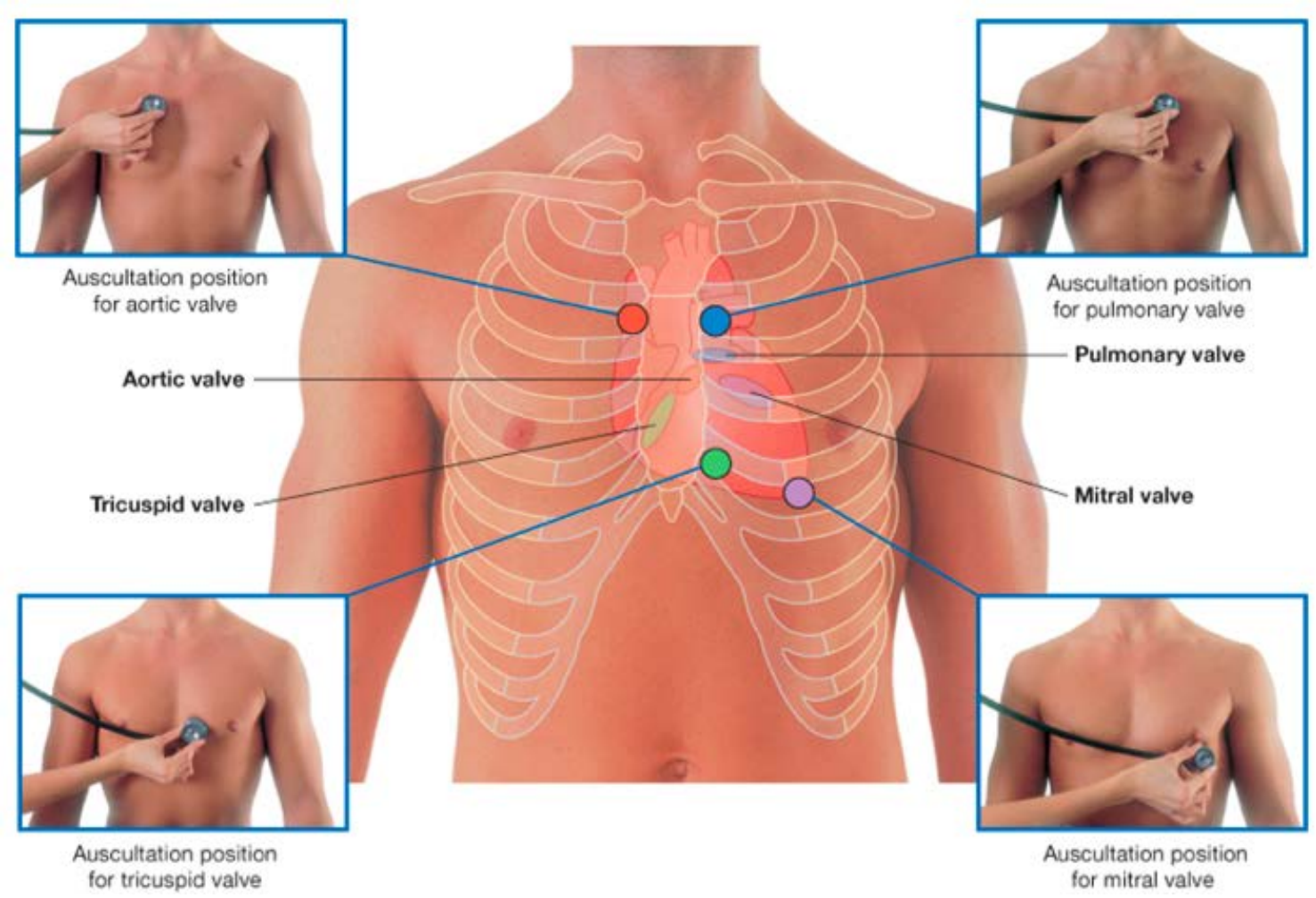
S_2: بسته شدن دریچه های آئورت و شریان ریوی و پایان سیستول و آغاز دیاستول





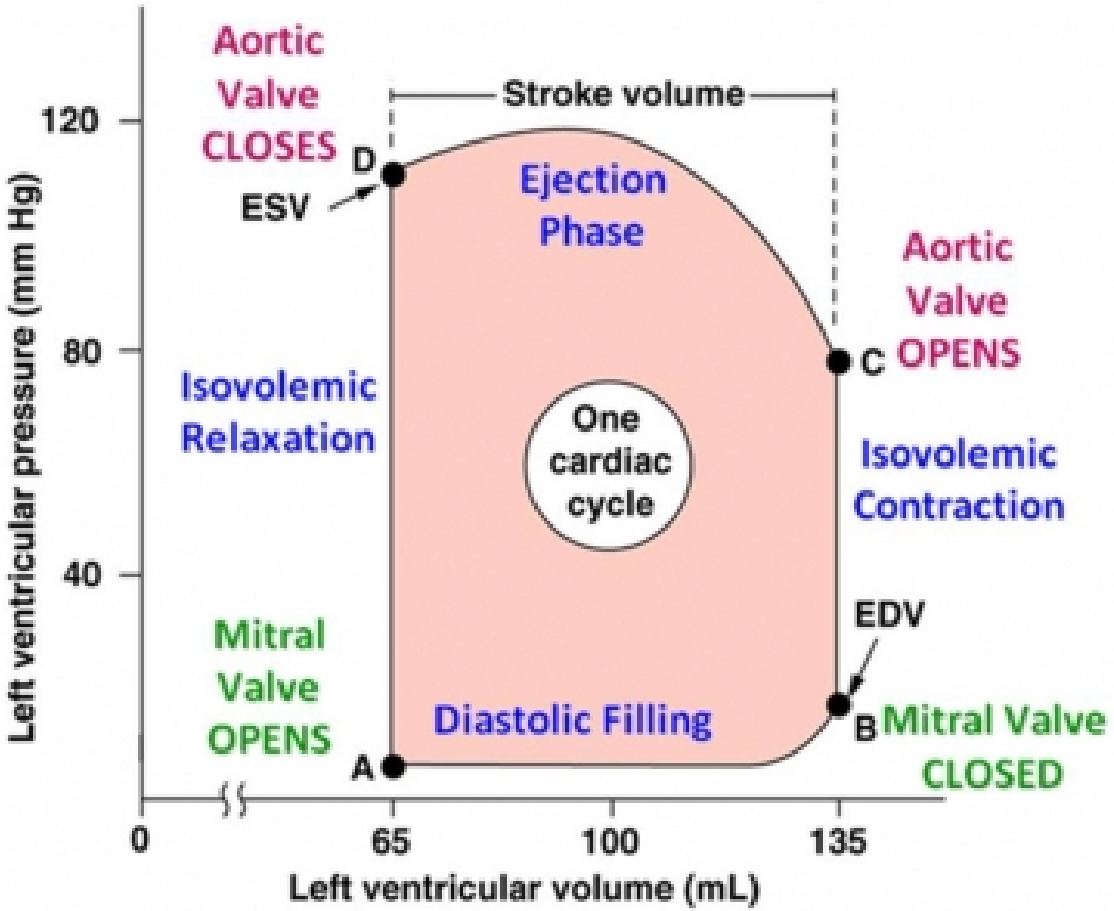
محلهای مناسب برای شنیدن صدای قلب

استتتوسکوپ



نمودار حجم – فشار بطن چپ

برون ده کاری قلب : برون ده کاری بطن چپ: کار حجم-فشار



BCD : سیستول

BC : انقباض حجم ثابت

CD : خالی شدن بطن چپ

DAB : دیاستول

DA : استراحت حجم ثابت

AB : پر شدن بطن چپ

کار و توان قلب

برون ده قلبی (Cardiac Output): حجم خون پمپ شده توسط قلب در یک دقیقه: ۴/۵ لیتر

حجم ضربان(Stroke Volume): حجم خون پمپ شده در یک ضربان قلب : حدود ۸۰ میلی لیتر

برون ده کاری قلب : برون ده کاری بطن چپ: کار حجم فشار

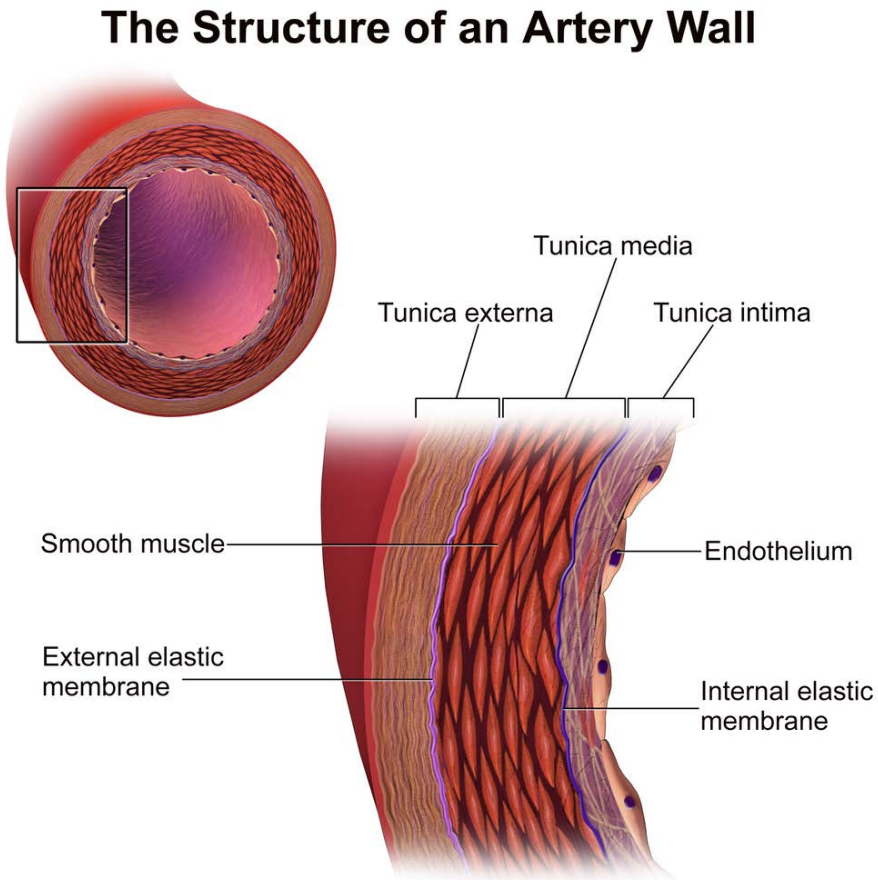
کار ضربان بطن چپ: سطح محصور در حلقه حجم-فشار بطن چپ در یک ضربان

انرژی مورد نیاز برای انقباض قلبی: اکسیداسیون اسیدهای چرب

حداکثر راندمان قلب طبیعی: ۲۰ تا ۲۵ درصد

ساختار عروق

ساختار عمومی دیواره شریانها

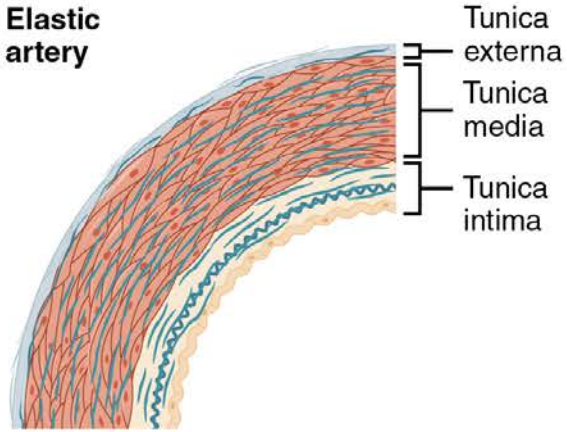


اینتیما: لایه داخلی رگ شامل سلولهای اندوتلیوم سد نفوذپذیر بین خون و دیواره و عامل ترشح مواد (مواد تعیین کننده تنگ و گشادی رگ) **vasoactive**

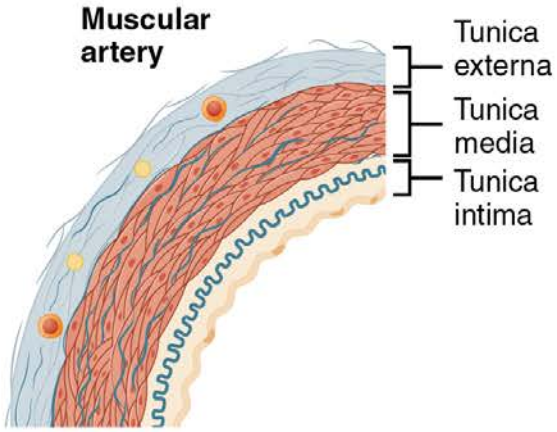
مدیا: لایه میانی رگ شامل سلولهای عضلانی صاف(**SMC**)، تنظیم دبی خون با تنگی و گشادی رگ (**vasodilation and vasoconstriction**)

اکسترنا (ادونتیشیا): لایه خارجی رگ شامل فیبرهای الاستین و کلاژن، جلوگیری از انبساطهای تند و ناگهانی رگ

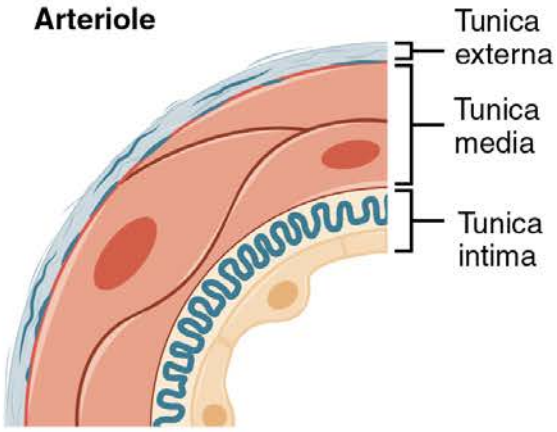
دسته بندی شریانها بر اساس ساختار و عملکرد



شریانهای الاستیک
شریانهای بزرگ مانند آئورت
فیبرهای الاستین زیاد
منبع ذخیره خون

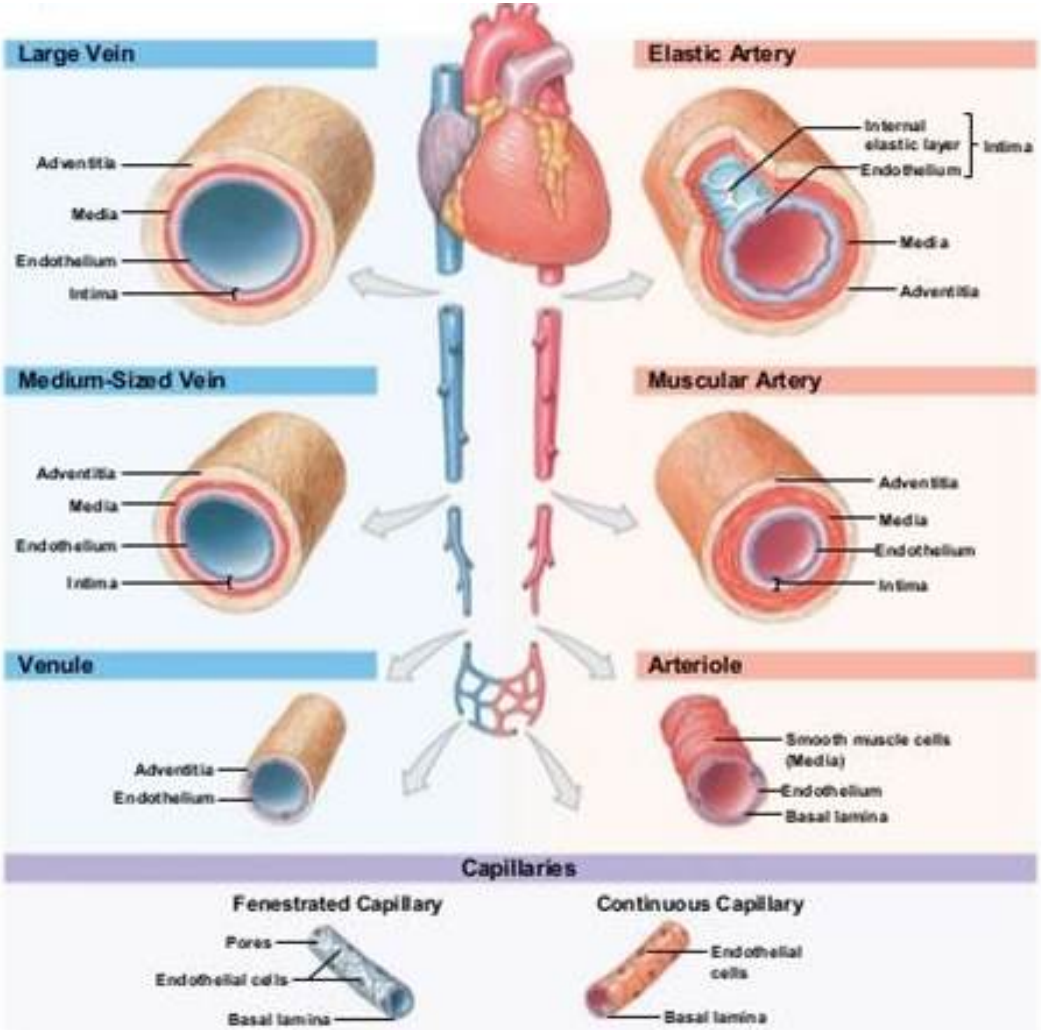


شریانهای ماهیچه ای
شریانهای متوسط مانند عروق مغزی
مدیا با سلولهای صاف زیاد
توانایی انقباض و انبساط بالا



شریانچه ها
مدیا با ۱ تا ۵ لایه سلول ماهیچه ای صاف
لایه ناچیز ادونتیشیا

ساختار انواع عروق خونی



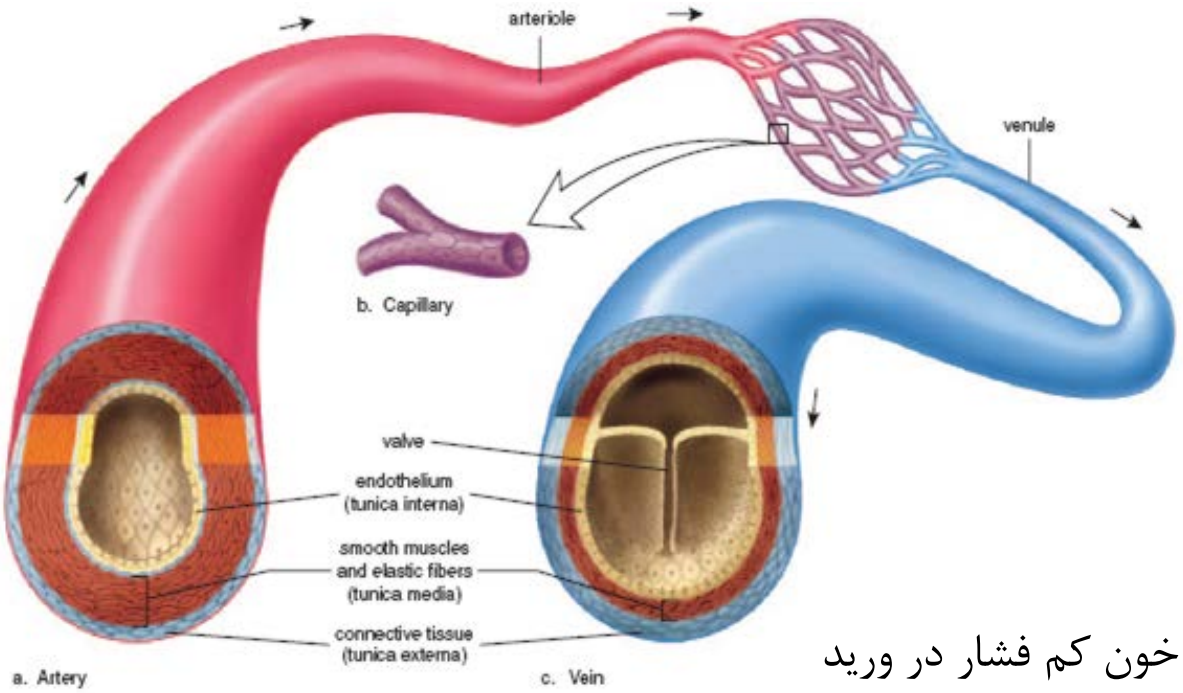
تغییر ساختار شریانها با دور شدن از قلب:

الاستیسیتی کمتر

عضلانی تر

توانایی بیشتر تنظیم قطر رگ و دبی خون بنا به نیاز بافت

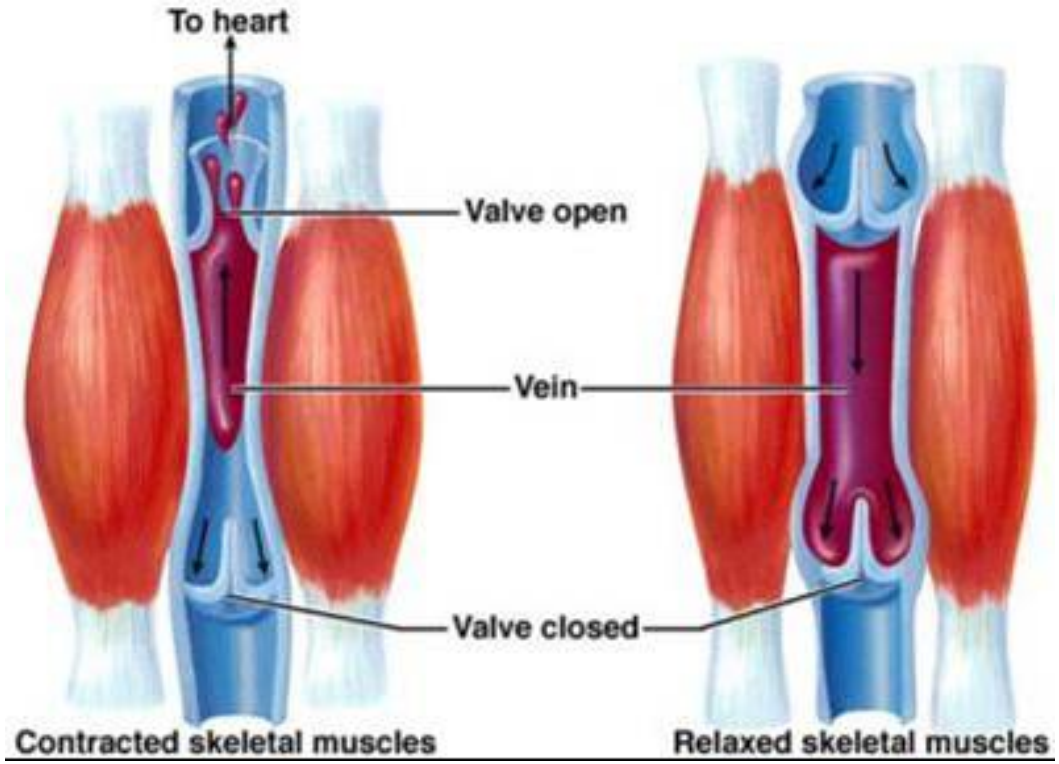
تفاوت دیواره شریان و ورید



- جریان خون پرفشار در شریان دیواره ضخیم شریانی
- عضلانی تر با تعداد سلولهای ماهیچه ای صاف بیشتر
- الاستیک تر با داشتن الاستین بیشتر

- جریان خون کم فشار در ورید
- دیواره نازک وریدی
- بدون خاصیت الاستیک

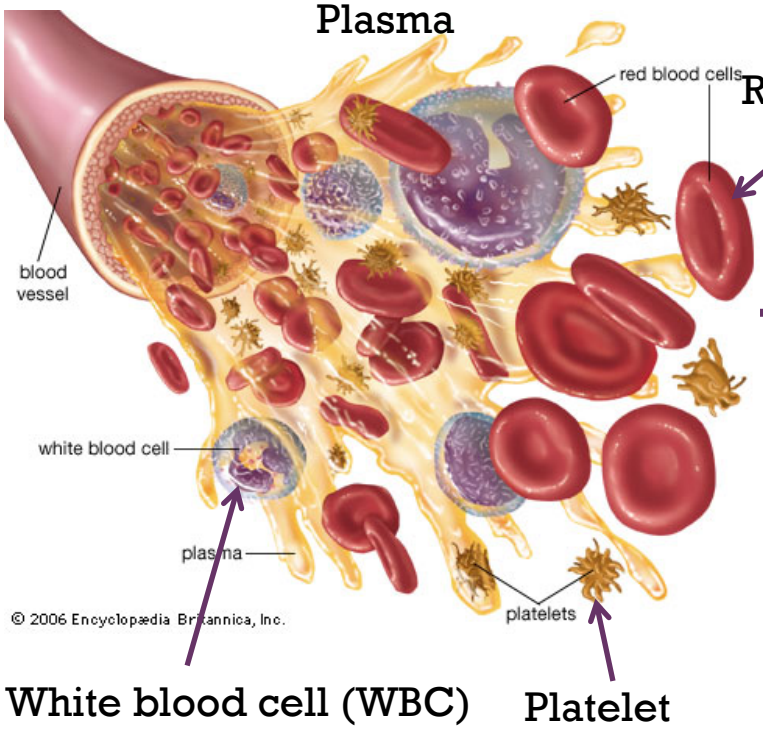
حضور دریچه های لانه کبوتری در وریدها



- عبور جریان خون در وریدها به سمت قلب با انقباض عضلات اطراف وریدها و باز شدن دریچه های لانه کبوتری
- دریچه های یک طرفه ضامن عبور جریان خون به سمت قلب و نه بالعکس

جریان خون در رگها

اجزاء خون



خون

پلاسما: ٪۵۵ خون مایع نسبتا شفاف زرد رنگ شامل پروتوئینها، چربیها، املاح معدنی و آلی، هورمونها

ذرات:

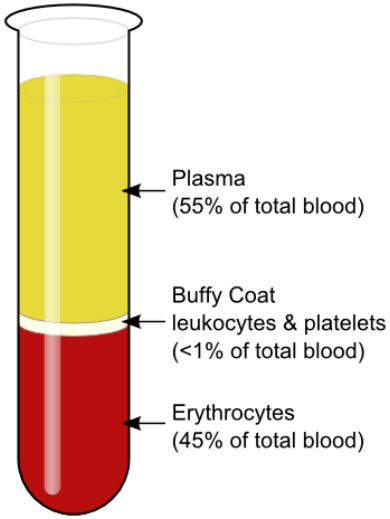
گلبولهای قرمز **erythrocyte**: دیسک مسطح قطر ۷ میکرون، ٪۴۵ حجم خون، ۵ میلیون در هر میلی متر مکعب خون،انتقال اکسیژن و دی اکسید کربن

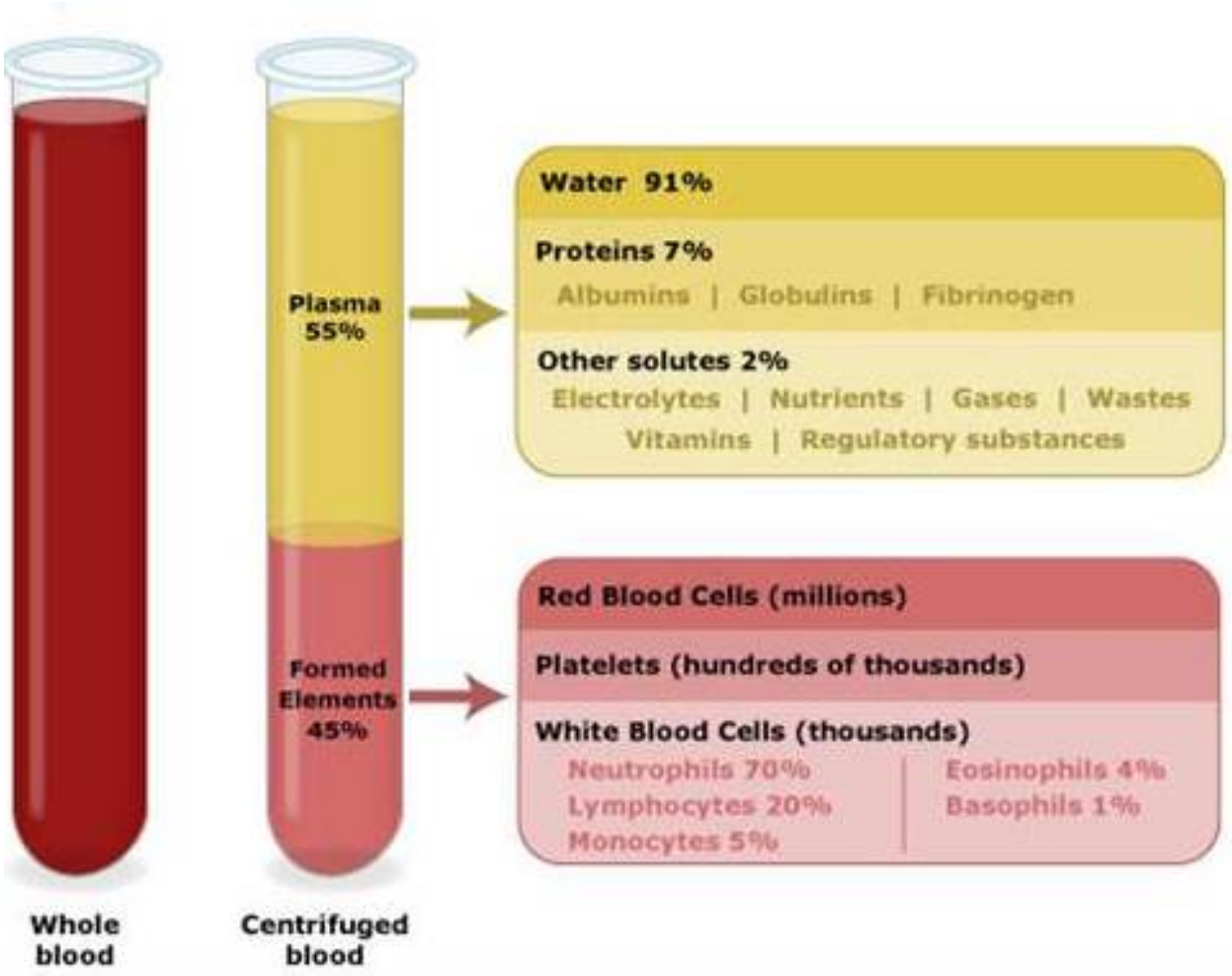
گلبولهای سفید **leukocyte**: کروی با قطر ۵-۹ میکرون، حدود ۸۰۰۰ در هر میلی متر مکعب خون، مقابله با بیماریها

پلاکتها **hrombocyte**: کروی با قطر ۱-۴ میکرون، حدود $۳*۱۰^{۵}$ در هر میلی متر مکعب خون، انعقاد خون

ترکیب خون

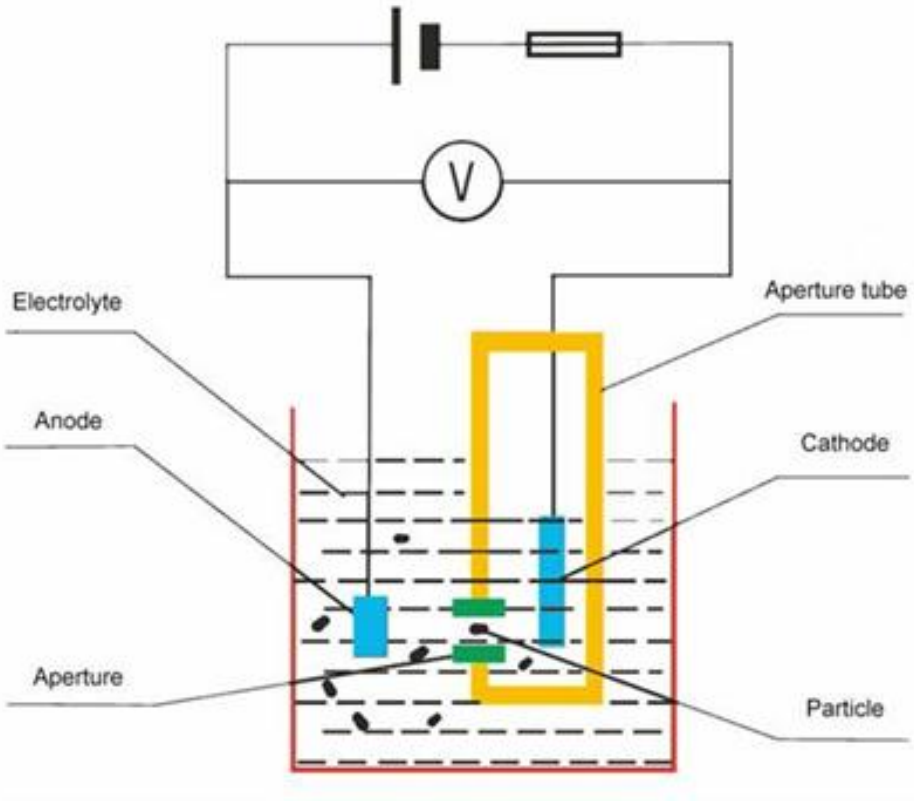
After blood centrifuge





شمارش سلولهای خونی

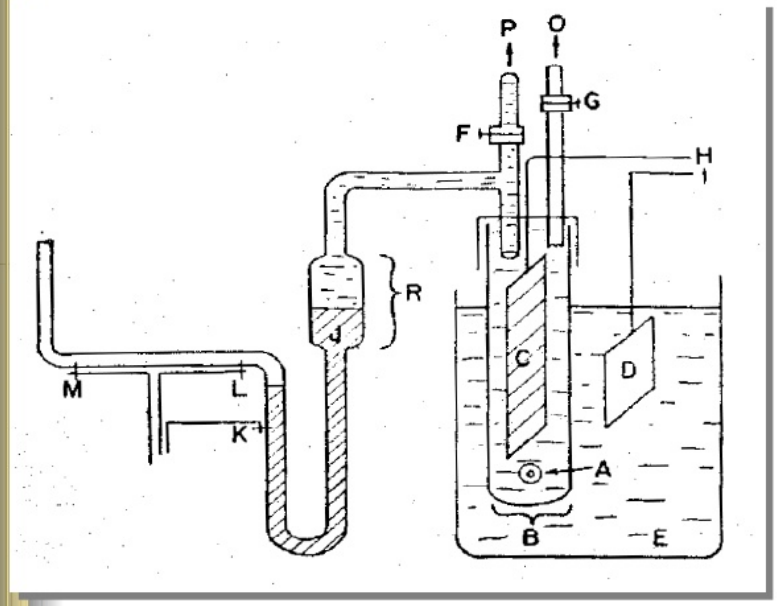
روش قدیمی: گذاشتن قطره خون رقیق شده روی لام شیشه ای و شمارش تعداد سلولها زیر میکروسکوپ: روشی خسته کننده با میزان دقت حدود ۱۵٪



شمارشگر کولتر: اختراع در سال ۱۹۵۰:
عبور خون رقیق شده از یک لوله مویین نازک در میان دو الکترود و اندازه گیری مقاومت الکتریکی در عرض لوله – تغییر مقاومت با عبور سلول از لوله

شمارشگر کولتر
Coulter Counter

The first Coulter Counter



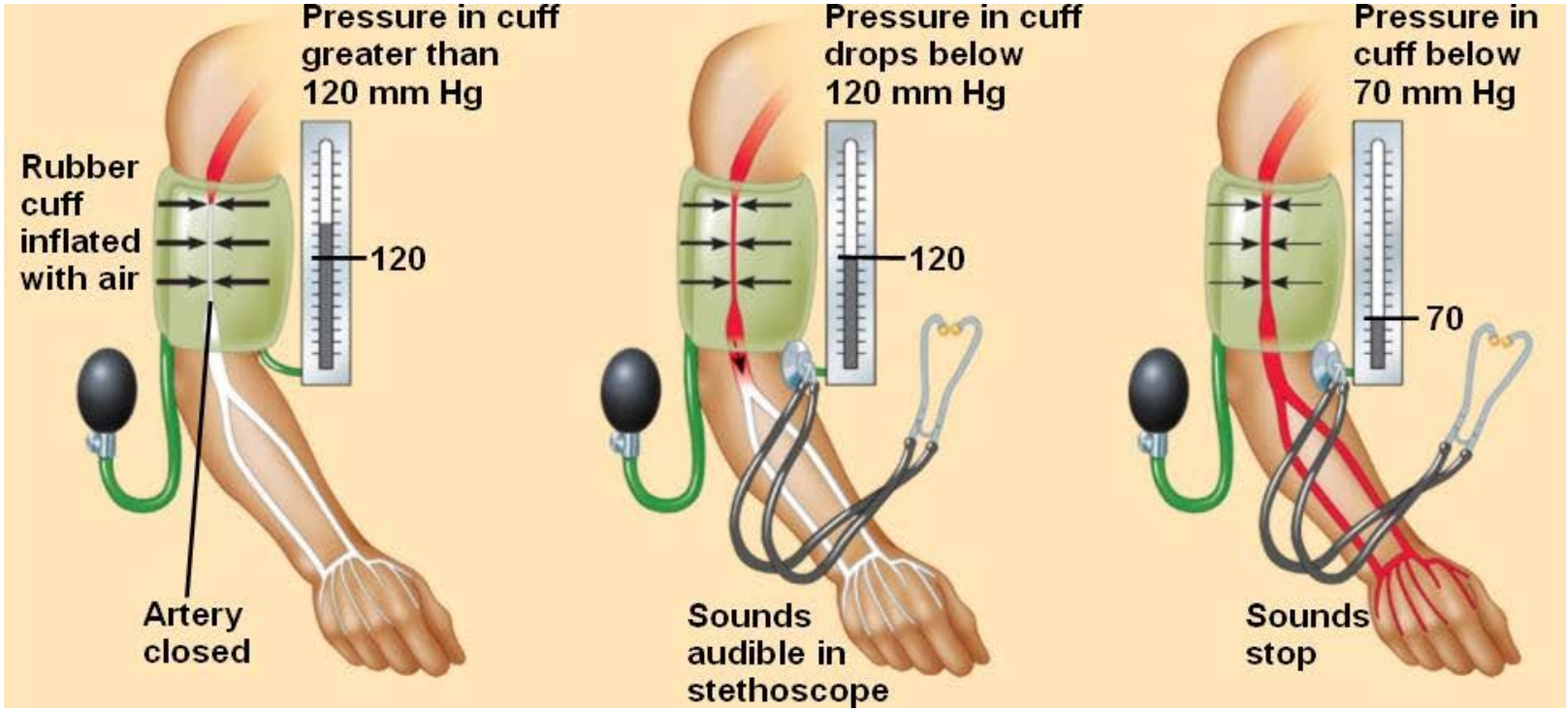
اندازه گیری فشار خون

اولین اندازه گیری فشار خون تحت عنوان « نیروی خون »
سال ۱۷۳۳ توسط **Stephan Hales**
استفاده از مانومتر آبی برای اندازه گیری فشار خون شریانی حیوانات

اندازه گیری فشار خون

اندازه گیری فشار خون با اسفیگمومانومتر

شنیدن شروع و پایان صداهای ناشی از ورود جریان خون متلاطم به رگ بسته شده ساعد دست و فشار معادل آنها در بازوبند



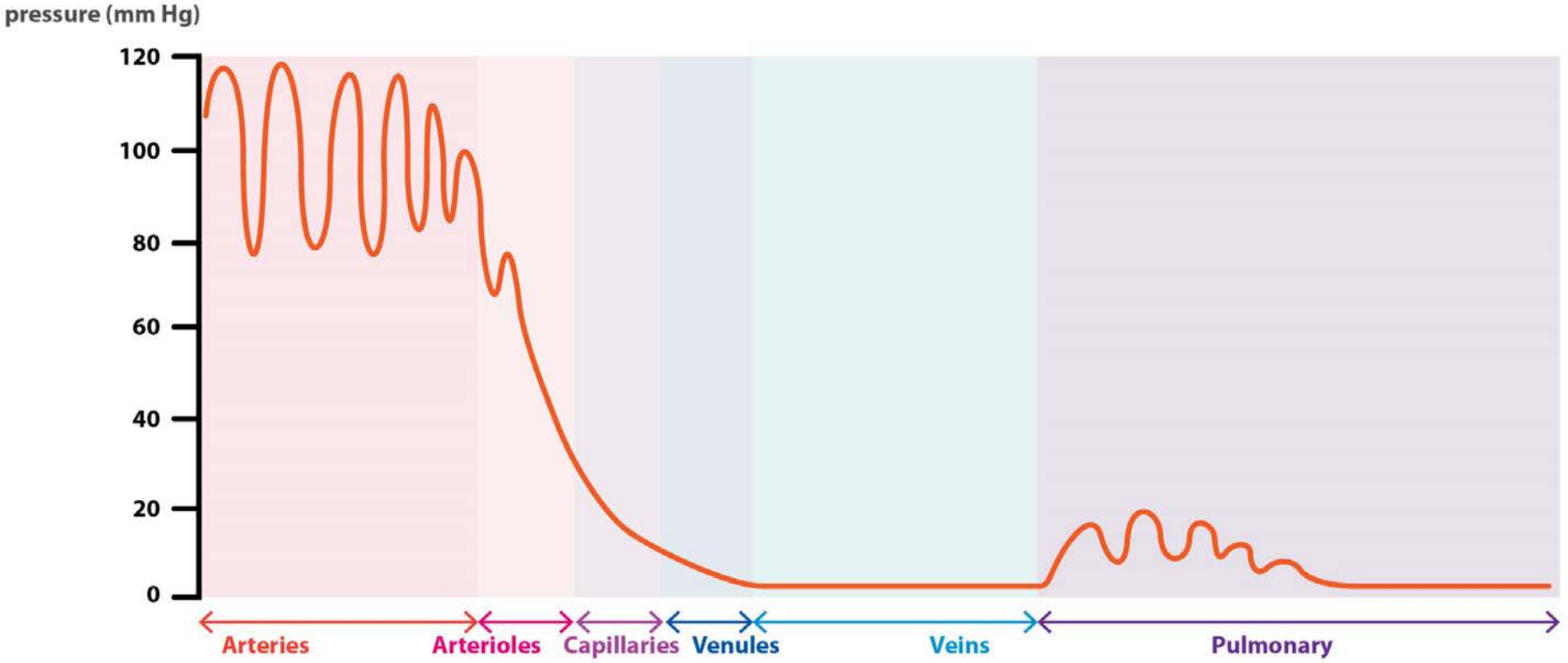
اندازه گیری فشار خون

انواع دستگاههای اسفیگمومانومتر

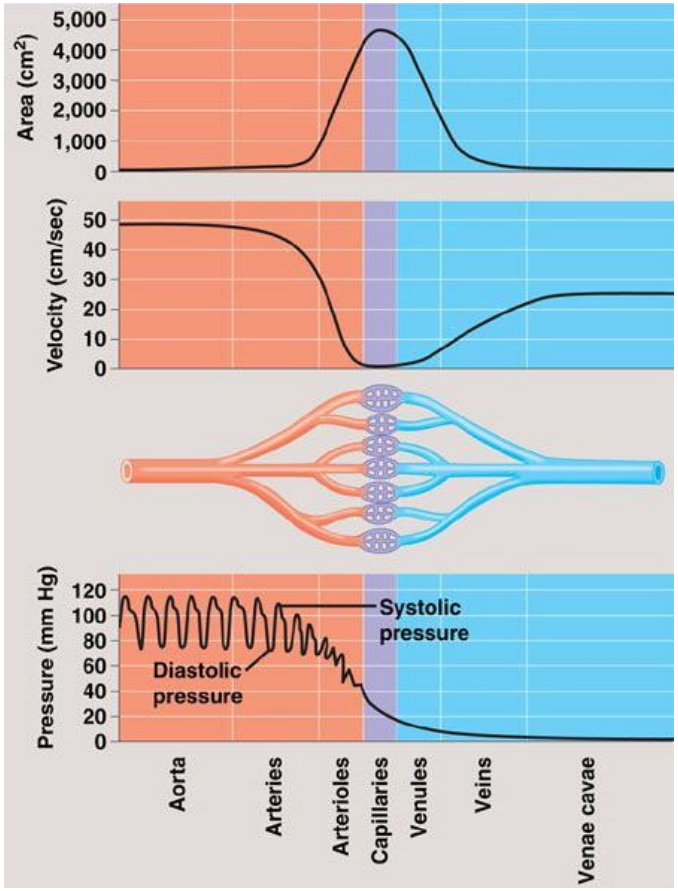
توزیع فشار خون در عروق

جریان خون پالسی در شریانهای بزرگ

جریان خون پیوسته در دیگر عروق بدن



تغییرات سرعت خون در عروق



ثابت = سرعت خون ❊ سطح مقطع عبور خون = دبی خون خروجی از / ورودی به قلب

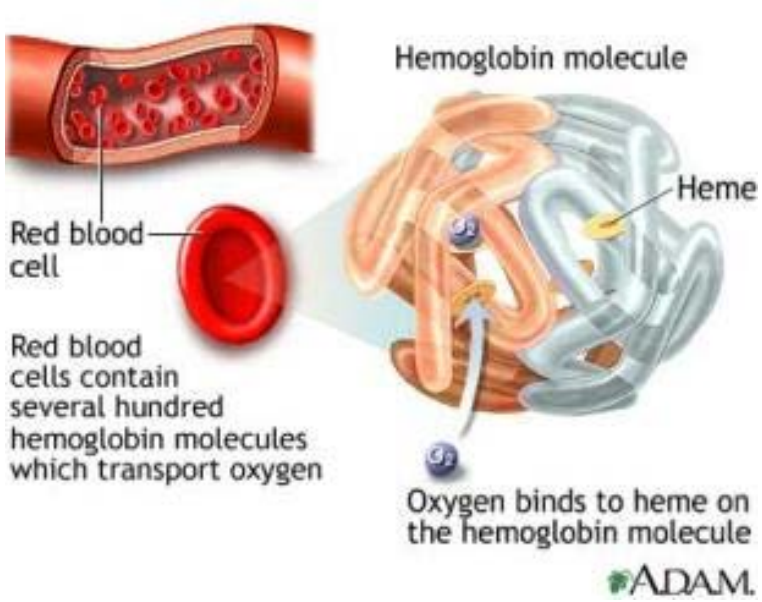
حمل اکسیژن در خون

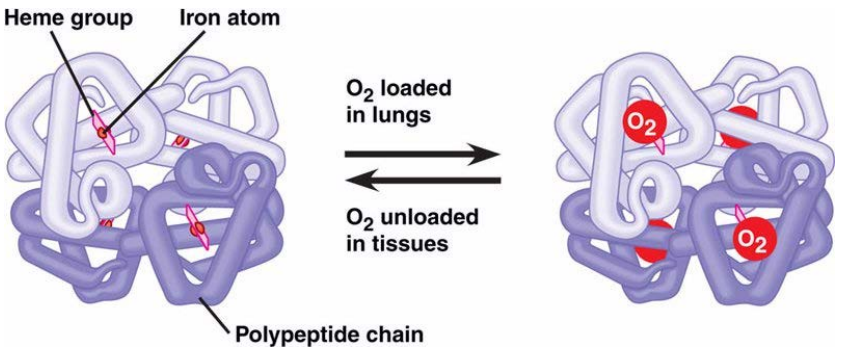
هموگلوبین مسؤول اصلی حمل اکسیژن در خون

Hemoglobin (Hb) : Heme + Globin

پروتئینی با قابلیت حمل مولکول دی اکسید کربن

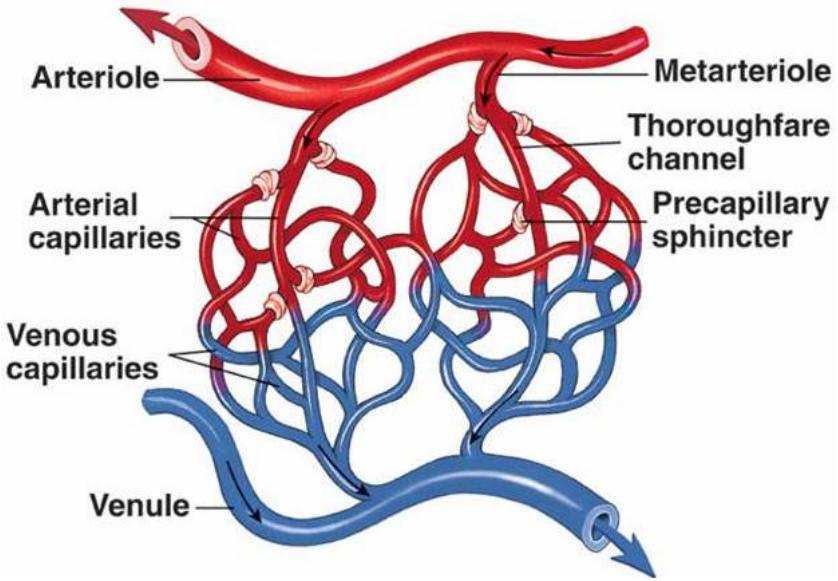
۴ رنگدانه آهن دار با ظرفیت حمل ۴ مولکول اکسیژن





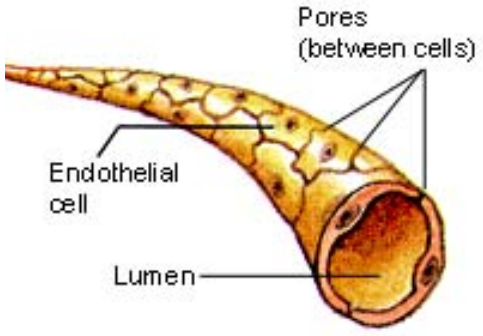
گردش خون در رگهای ریز
میکروسیرکولیشن microcirculation

گردش خون در رگهای ریز بدن با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرون
شریانچه ها + مویرگها + وریدچه ها



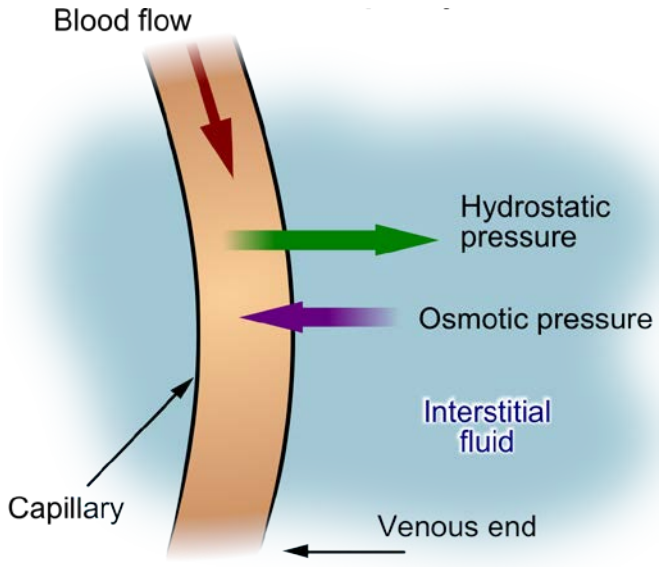
دارای دیواره نفوذپذیر برای تبادل آب ، اکسیژن، دی اکسید کربن ، مواد مغذی و مواد زاید بین بافت و خون
تنظیم جریان خون در مویرگها به کمک اسفنکترها

گردش خون در رگهای ریز
میکروسیرکولیشن microcirculation



جداره مویرگ : متشکل از یک لایه سلول اندوتلیال نفوذپذیر
عدم وجود لایه مدیا و اکسترنا

ضخامت مویرگ : ۰/۵ میکرون **قطر مویرگ** : ۹-۴ میکرون



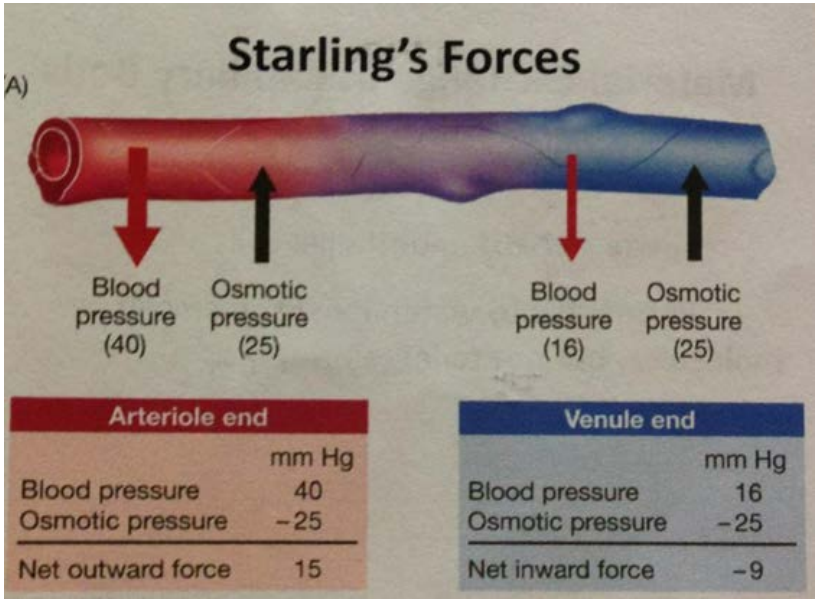
قانون استارلینگ

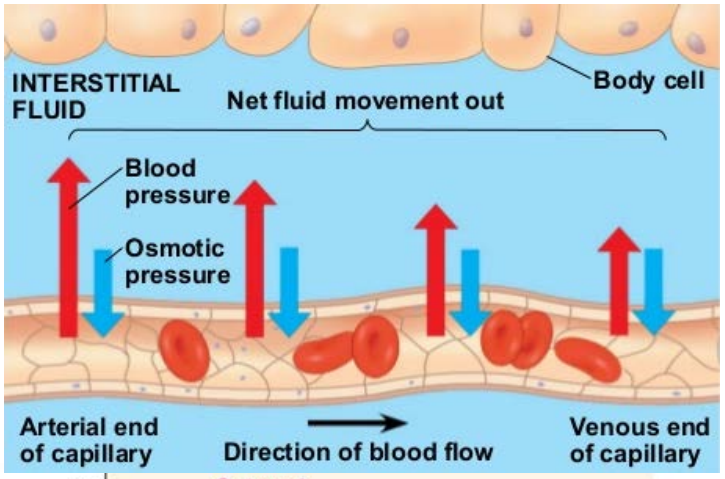
- اختلاف فشار هیدروستاتیکی عامل انتقال مواد از خون به بافت
- اختلاف فشار اسمتیک عامل انتقال مواد از بافت به خون

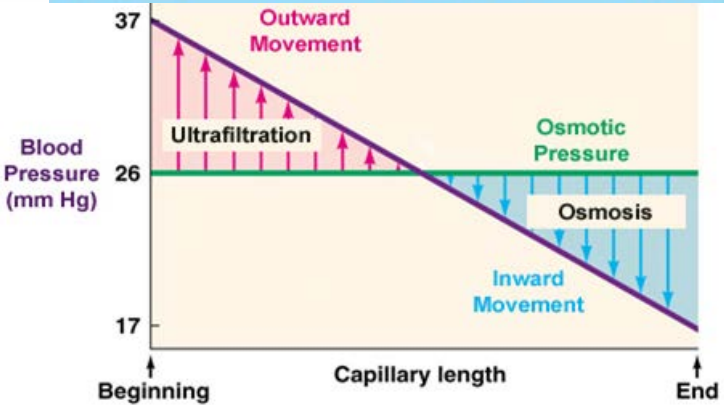
گردش خون در رگهای ریز
قانون استارلینگ

فشار اسمزی – فشار هیدروستاتیک = فشار خالص

(ورود به مویرگ) (خروج از مویرگ)

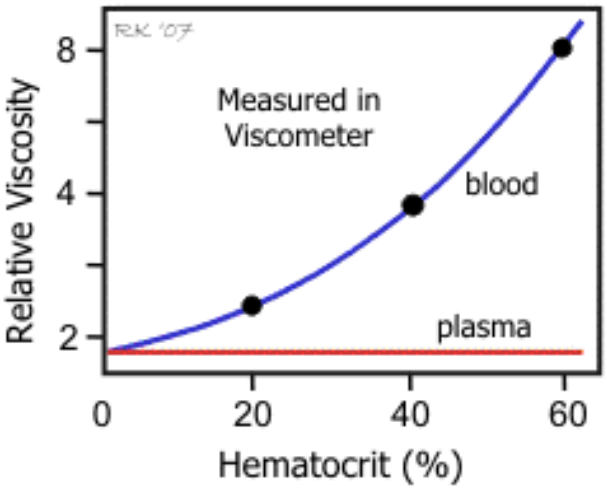






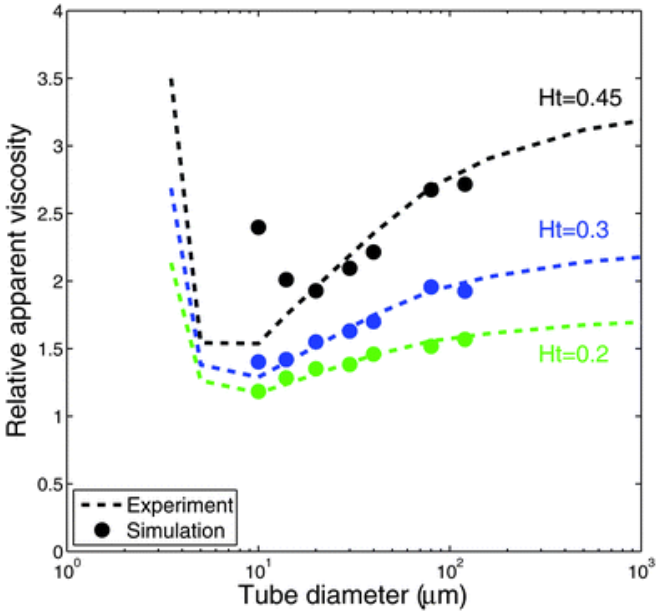
ویسکوزیته خون

ویسکوزیته خون تابعی از
هماتوکریت خون

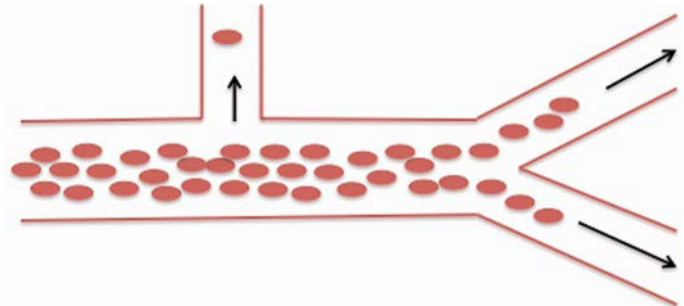


بیماری پلی سایتمی:
افزایش ویسکوزیته خون

Fahraeus-Lindqvist Effect

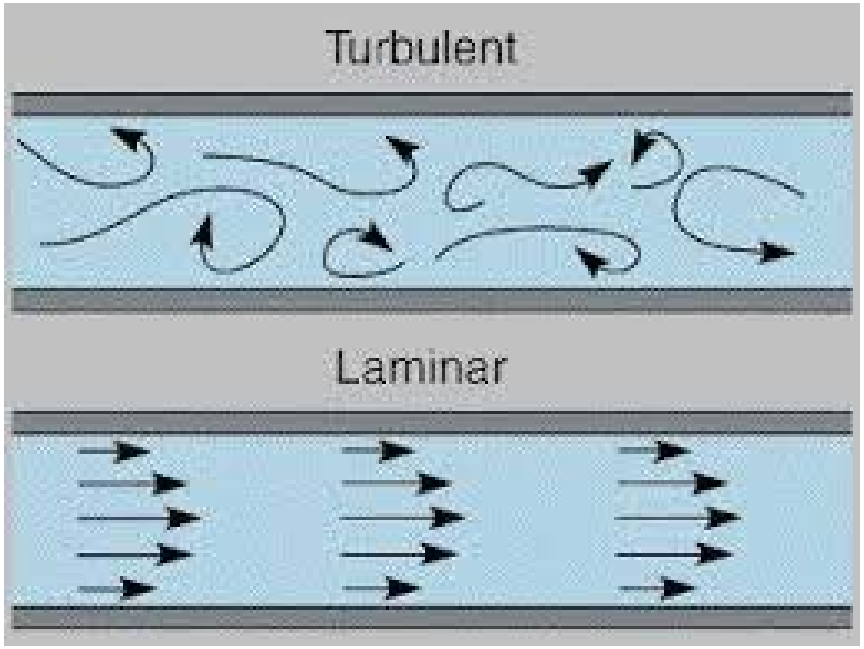


کاهش ویسکوزیته خون با کاهش قطر رگ تا مویرگها و بعد از آن افزایش ویسکوزیته خون



جریان آشفته؟
جریان آرام؟

تعیین نوع جریان به کمک عدد رینولدز

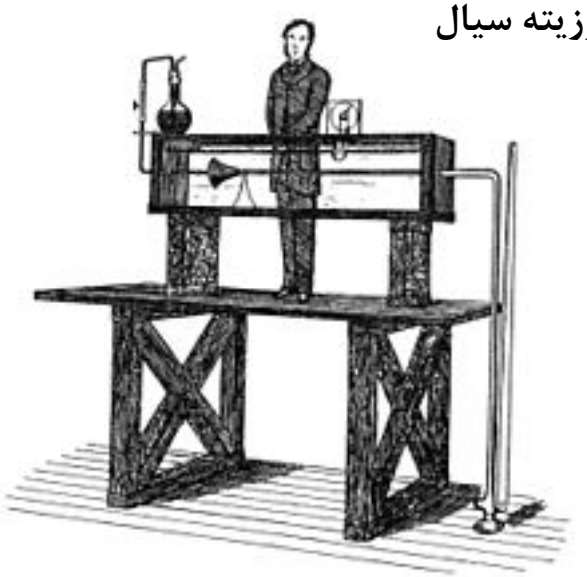


جریان آشفته
(درهم)

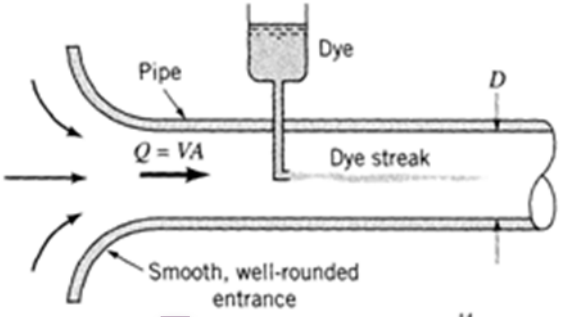
جریان آرام
(لایه ای)

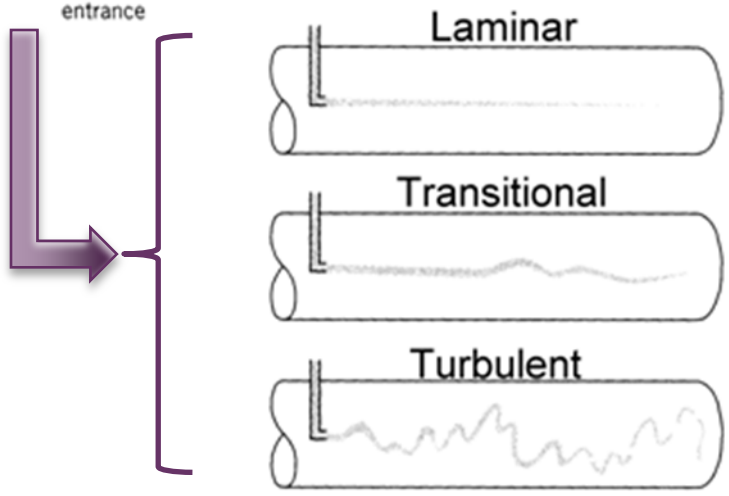
سرعت سیال
دانسیته سیال
قطر لوله
ویسکوزیته سیال

Reynolds No. $Re = \frac{\rho u D}{\mu}$

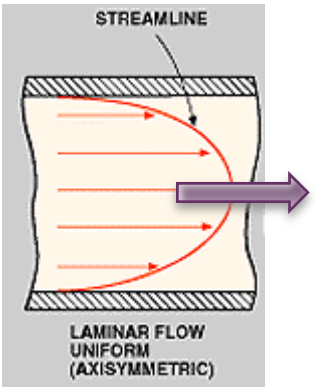


جریان سیال در لوله



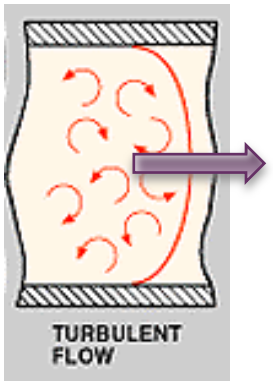


Re < 2300 **جریان لایه ای**



2300 < Re < 4000 **جریان گذرا**

Re > 4000 **جریان درهم**

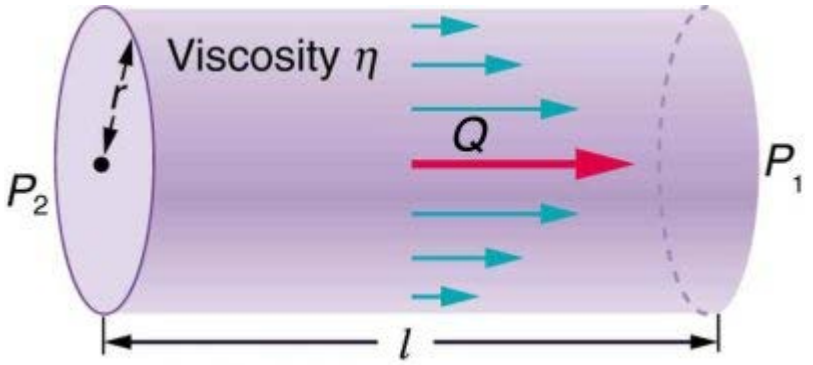


جریان خون به جز رگهای بزرگ در اغلب رگهای بدن جریان آرام و لایه ای است

مقاومت جریان سیال در لوله

معادله پوازی

معادله پوازی : جریان پایا و آرام سیال در لوله دایروی صلب



$$Q = \frac{\Delta P}{R} = \frac{\Delta P}{\frac{8\mu l}{\pi r^4}} = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\mu l}$$

نیروی محرک جریان

دبی جریان

مقاومت سر راه جریان

واحد مقاومت محیطی
Peripheral Resistance Unit

واحد مقاومت محیطی (PRU): مقاومت موجود در برابر جریان سیال وقتی افت فشار **mmHg** ۱ و دبی جریان **ml/s** ۱ باشد.

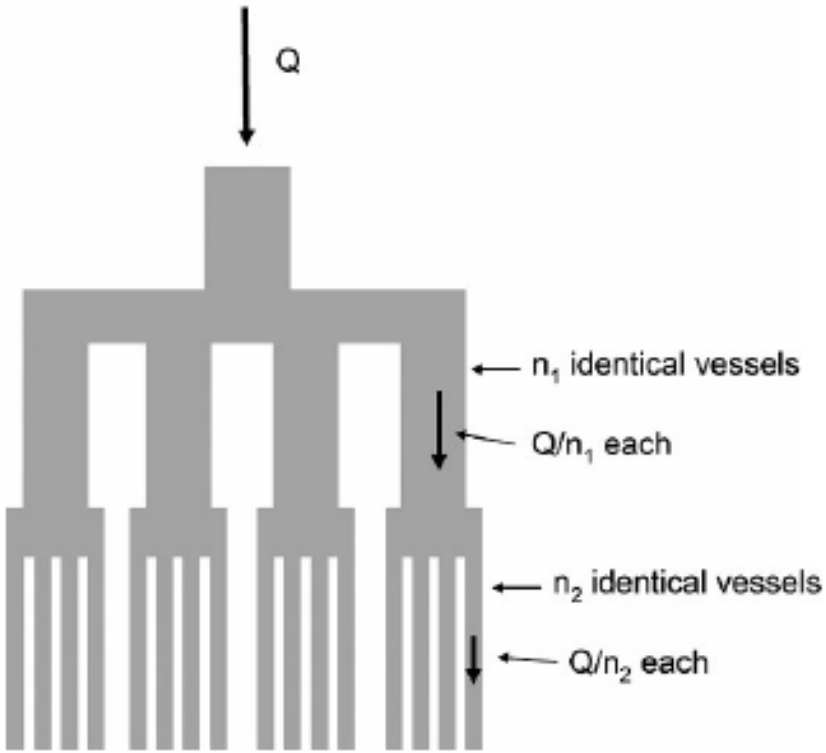
مقاومت موجود در برابر جریان خون در یک رگ به شعاع ۱ سانتیمتر و طول ۱ سانتیمتر چند **PRU** است؟ (ویسکوزیته خون: **pa.s** ۰/۰۰۴)

تخمین مقاومت عروق

vessel	diameter (mm)	length (mm)
aorta	25.0	400
large arteries	6.5	200
main artery branches	2.4	100
terminal artery branches	1.2	10
arterioles	0.1	2
capillaries	0.008	1
venules	0.15	2
terminal venules	1.5	10
main venous branches	5.0	100
large veins	14.0	200
vena cava[a]	30.0	400

افت فشار عمده در کدام قسمت سیستم عروقی ؟!

$$Q = 80\ \frac{cm^3}{s}$$



	تعداد	شعاع cm	طول cm
آئورت	۱	۱/۲۵	۱۰
شریانهای بزرگ	۲۰۰	۰/۲	۷۵
شریانهای کوچک	۵ ×۱۰^۵	۰/۰۰۳	۰/۶
مویرگها	۱۰^۱۰	۰/۰۰۰۳۵	۰/۲

فیزیک بیماریهای قلبی عروقی

فاکتورهای ریسکی: محرک بیماریهای عروقی

جنسیت، سن، وزن، وراثت، سلامت عمومی و ...

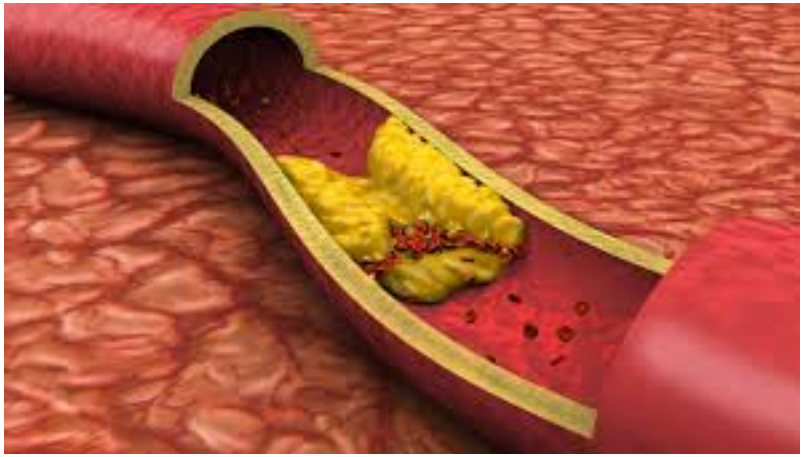
فشار خون: فشار خون سیستولی بیشتر از ۱۴۰ میلیمتر جیوه و فشار خون دیاستولی بیشتر از ۹۰ میلیمتر جیوه

کلسترول: سنتز شده از چربیهای اشباع شده توسط کبد، دو نوع LDL و HDL

استعمال دخانیات: تنفس دود حاوی مونواکسید کربن و فشار به قلب

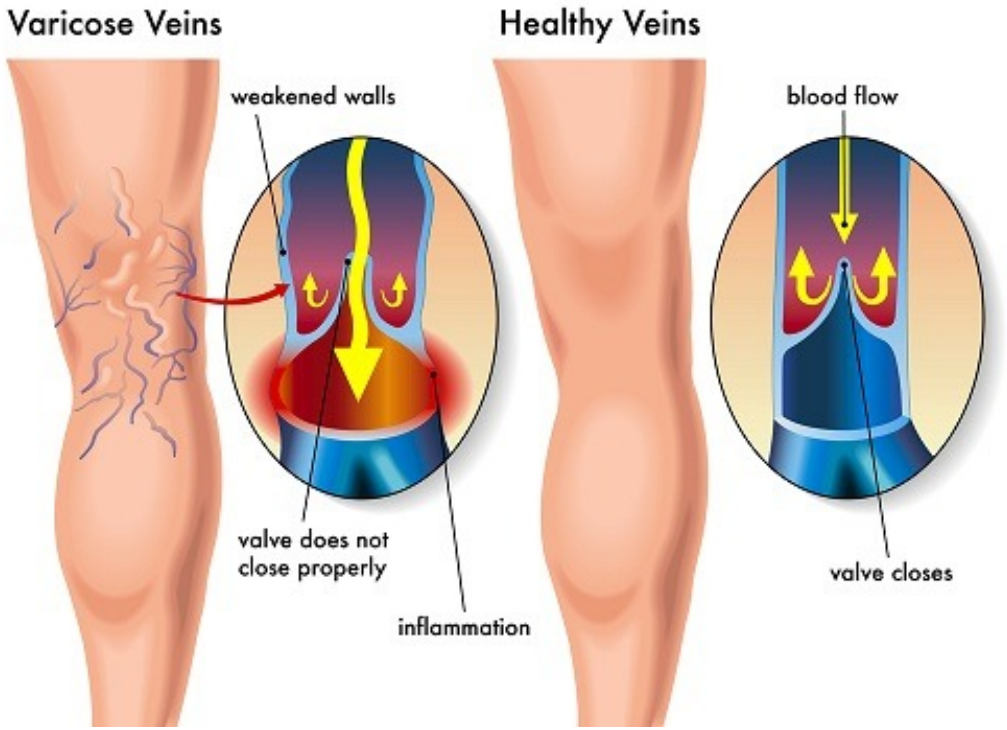
آترواسکلروز
Atherosclerosis

- رسوب مواد چربی روی دیواره عروق
- تشکیل پلاکهای اسکلروتیک
- کاهش قطر سرخرگ و افزایش سرعت خون
- کنده شدن پلاک روی دیواره و حرکت با جریان خون و رسوب در یک رگ کوچکتر



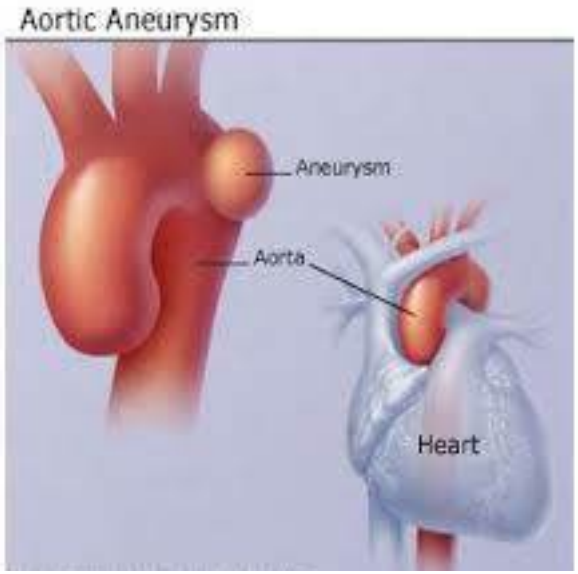
واریس
Varicose

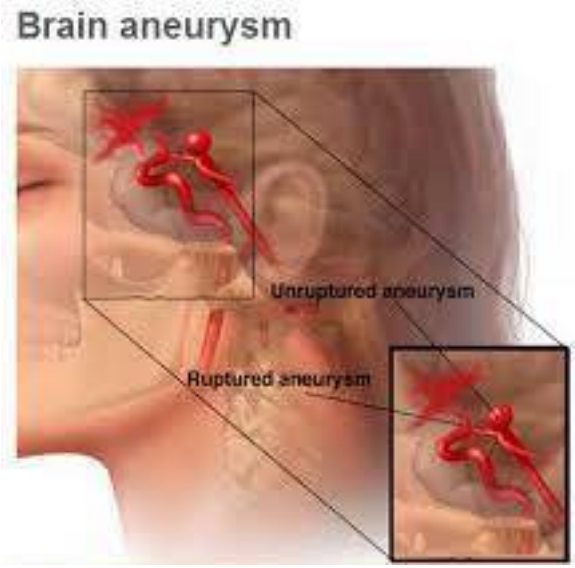
نارسایی دریچه های یک طرفه سیاهرگها و گشادی سیاهرگهای سطحی پا



آنوریسم
Aneurysm

ضعف دیواره سرخرگ و افزایش قطر آن

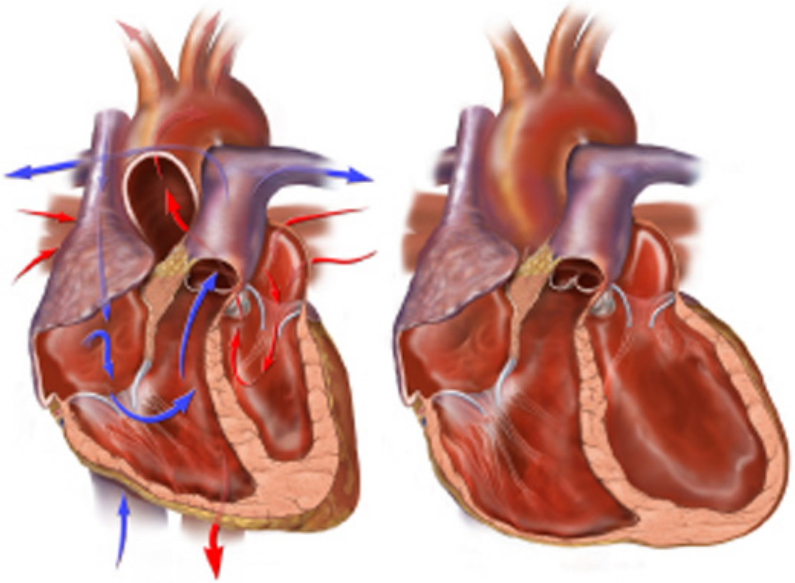




نارسایی احتقانی قلب
Congestive Heart Failure

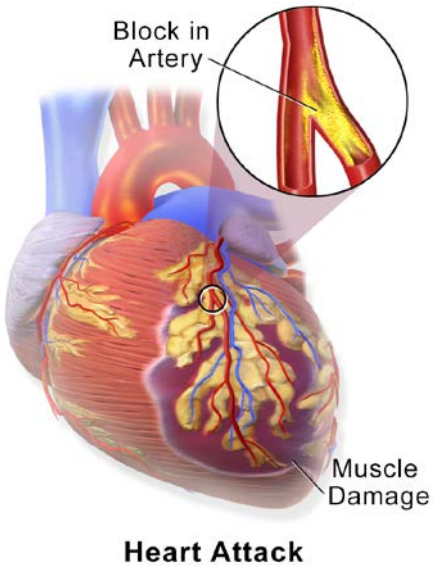
عدم توانایی قلب در پمپاژ صحیح و کامل خون، بزرگ شدن قلب، پس زدن خون به وریدها خصوصا ریه و کبد

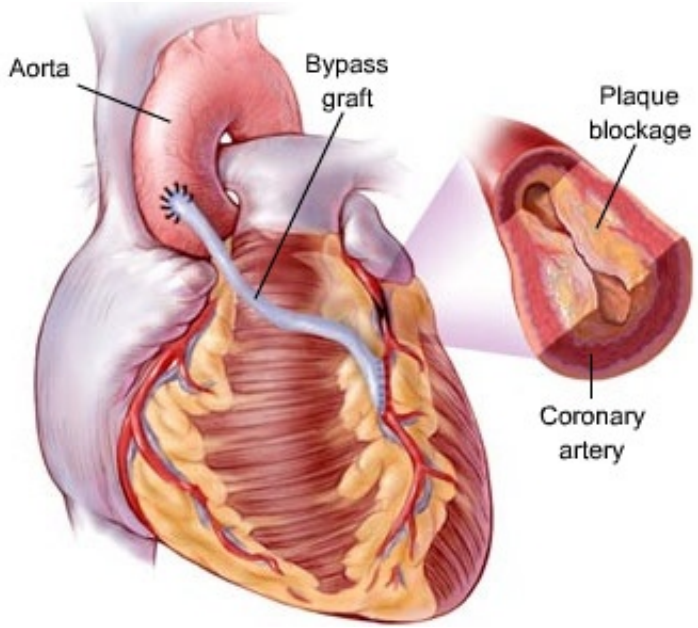
عامل اولیه این بیماری: بیماری دریچه های قلبی، فشار خون بالا، نامنظمی ضربان قلب، بیماری شدید ریه



حمله قلبی
Heart Attack

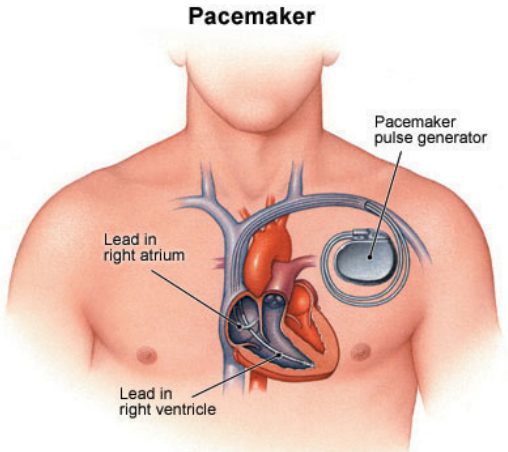
گرفتگی یک یا چند سرخرگ ماهیچه قلب و مرگ آن قسمت از ماهیچه قلب در اثر عدم خونرسانی



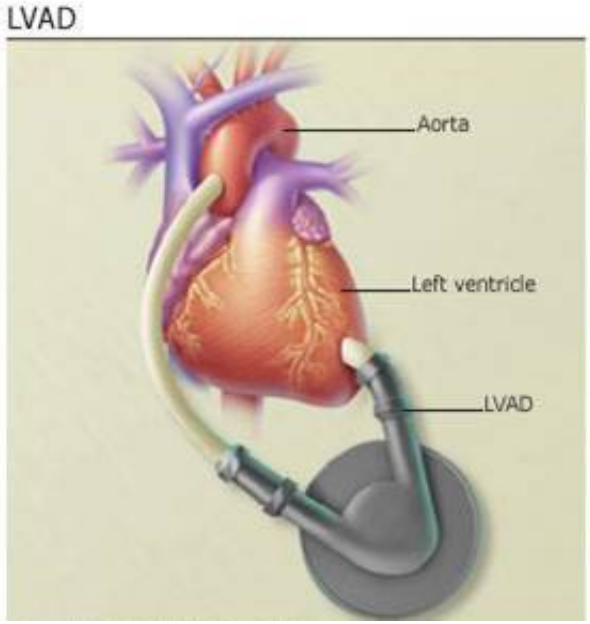


ابزارهای کمکی قلبی

ضربان ساز
Pacemaker



وسیله کمکی بطن چپ
Left Ventricle Assisted Device



دریچه قلبی مصنوعی