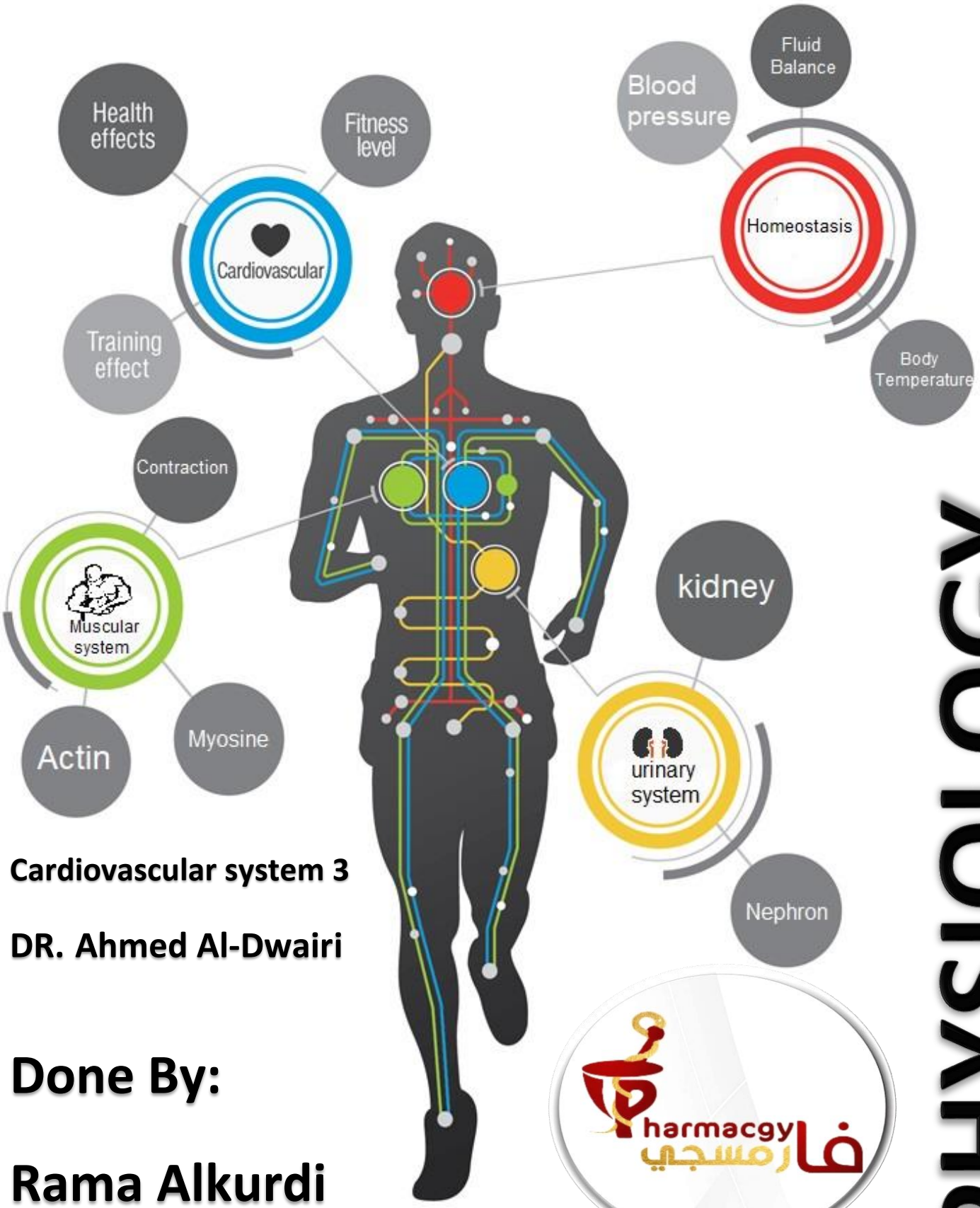


PHYSIOLOGY

Cardiovascular system 3

DR. Ahmed Al-Dwairi

Done By:

Rama Alkurdi

CARDIAC CYCLE : BLOOD VOLUMES & PRESSURE

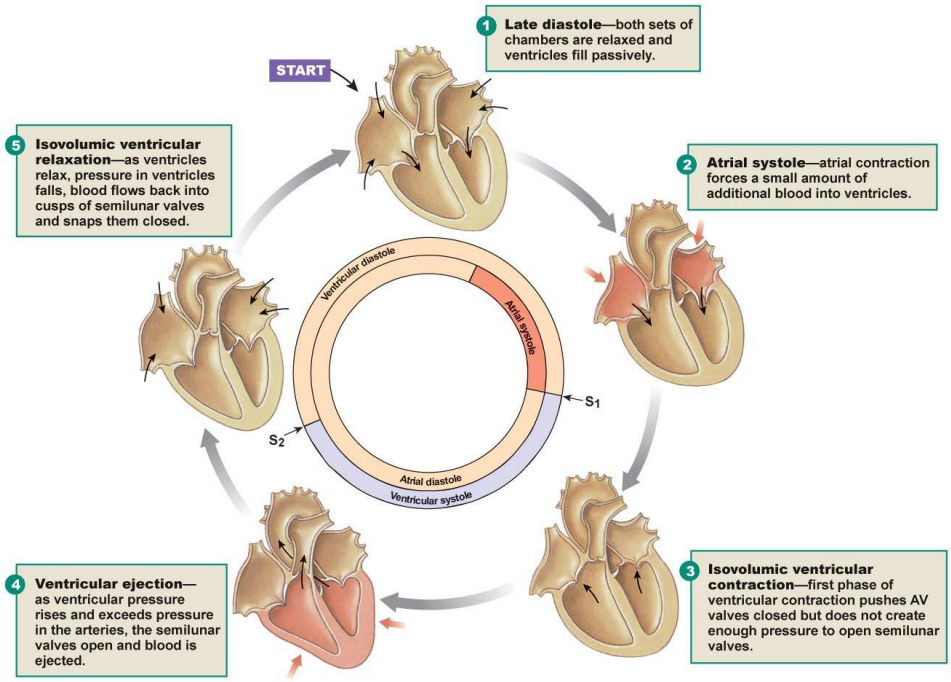
- As we said in the previous lecture :
  *__Arteries__ ⟶ Pressure reservoir .
  *__Veins__ ⟶ Blood reservoir .

*حكينا بالمحاضرة السابقة إنه الشرايين هي pressure reservoir (مخزن للضغط) لأنها بتمتلك خصائص مرنة , بينما الأوردة تسمى ب Blood reservoir(مخزن الدم) لأنها قادرة على التوسع لأستيعاب كمية من الدم .

و أنه بشكل عام في عندي مرحلتين بمر فيهم القلب اثناء ضخ الدم :

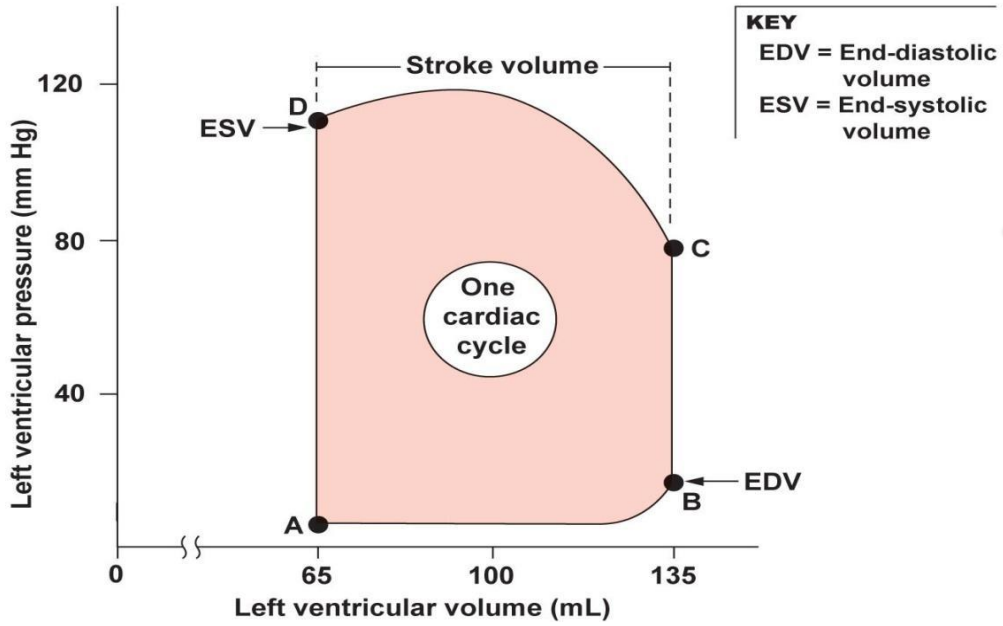
Systole ⟶ (period of **contraction**).
Diastole ⟶(period of **relaxation**) .

و هاي الصورة كان تلخيص لأخر اشي حكينا بالمحاضرة الماضية:



In this lecture we will talk about the blood pressure and the blood volume and the factors that affecting them.

End-diastolic volume & End-systolic volume.



احنا هون بنحكي بس عن ال

Left ventricle

EDV : the volume of the ventricle at the end of *diastole*.

* blood pressure … **low** ↓
* blood volume … **high** ↑

ESV : the volume of the ventricle at the end of systole.

* blood pressure … **high** ↑
* blood volume … **low** ↓

*في هاي الرسمة بنحكي عن اشي كتير مهم الي هو End-diastolic volume(EDV) من اسمها هي كمية او حجم الدم الموجود في البطين الايسر بس في مرحلة الاسترخاء diastole , ف بكون البطين في مرحلة الrelaxation يعني حجم الدم بكون كتير كبير و بالمقابل الضغط قليل و قريب من الصفر.
و في ESV العكس؛ يعني كمية الدم في البطين بس في مرحلة الانقباض systole , يعني حجم الدم قليل و الضغط عالي.

Cardiac output(CO) : is the volume pumped by the left ventricle each time. Or how much blood is ejected per minute.

The cardiac output is influenced by two factors :

1. **Stroke volume (SV).**
2. **Heart rate (HR).**

Note

The different between EDV , ESV is *stroke volume(SV)*.

SV = EDV – ESV

- ***Stroke volume*** : is the amount of blood pumped by left ventricle each beat .

SV = 135 ml – 65 ml = 70 ml

- ***Heart rate*** : (beat per minute) have range between (70 – 80)

- To measure cardiac output ➔ **CO = HR * SV**

CO = 70 ml * 72 bpm = 5040 ml /min = 5.04 L/min

-طيب سؤال لطيف سريع ؟؟ هاي الارقام الي فوق ثابتة ؟

- لاااا , هاي الارقام مش ثابتة لأنها بتعتمد على physiological situation و أشياء تانية ؛يعني مثلاً في عنا أشياء بتزيد ال stroke volume و بالتالي بزيد الheart rate. (مثل exercises , stress , some diseases) ف ما رح تضل هاي الارقام ثابتة بتختلف اشي بسيط.

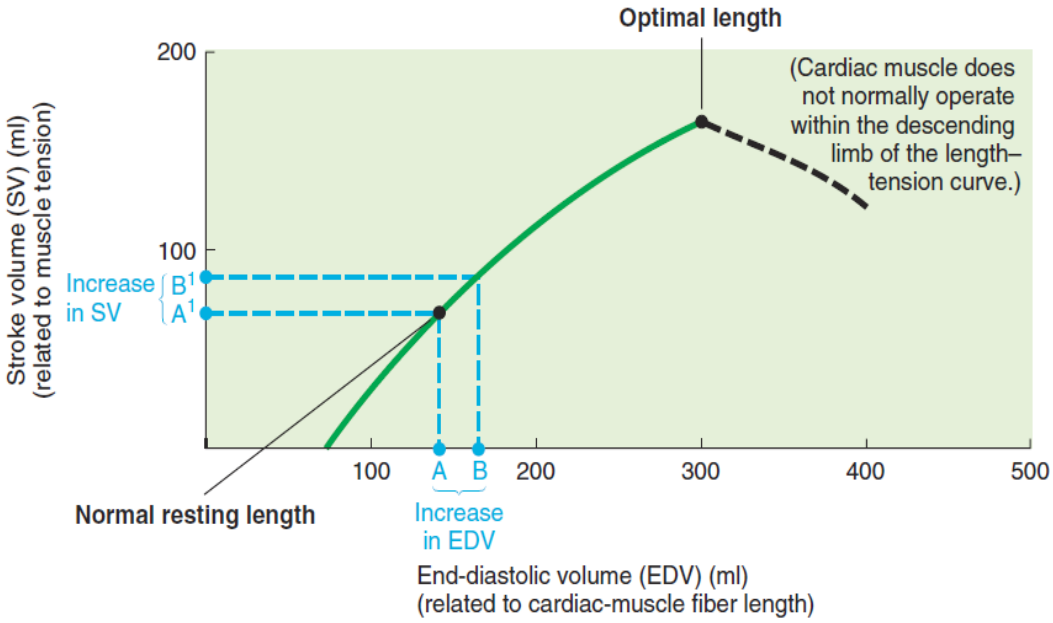
-طيب معلومة لطيفة و سريعة:

**** each cardiac cycle → 1 heart beat → stroke volume.**

يعني من الاخر انا عندي كمية دم في القلب , صار عندي انقباض و طلع أغلب الدم من القلب و ضل نتفة صغيرة , هاي النتفة هي الESV , تمام!! , طيب اغلب الكمية الي طلعت هاي الEDV . طيييب الفرق بينهم ؟ الفرق بينهم هو ال stroke volume (SV) .

Cardiac output

The Relationship between EDV & stroke volume.



The relationship between EDV and SV → liner up to <u>certain limit.</u>

- العلاقة بين الEDV و الstroke volume علاقة طردية لنقطة محددة (certain point) و بعدين بتنعكس و بتصير العلاقة بينهم عكسية .

****

Factors influence stroke volume :

1. **PreLoad** : how much blood is in the ventricle before contraction(at the end of the diastole).

   * or The amount of *<u>stretch</u>* within the *<u>contractile myocardial</u>* fibers, represents the “load” placed on the muscle fibers before they contract.

   * (AV valve is going to open → the blood is going to go from the atria to ventricle → filling the ventricle >> and that's increase the stroke volume).

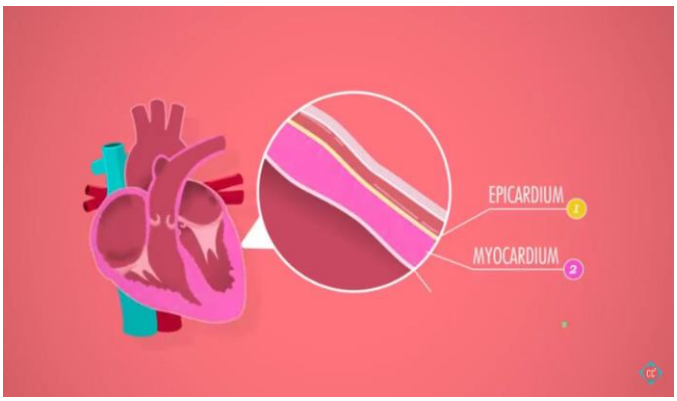
ال preload هو **حجم الدم** الموجود في البطين قبل الانقباض .

او بتعريف تاني انه ال preload هو كمية الامتداد بالياف عضلة القلب ؛ شو يعني؟؟

حكينا انه جدار البطين هو جدار سميك و هاد الجدار بيتمتد مع كمية الدم الي بتفوت على البطين ؛

و هاد الجدار بيتكون من ألياف عضلية ,مقدار الامتداد في هاي الألياف لما يفوت دم على البطين اسمها ال preload.

*يعني هون بالصورة ال myocardium لما يفوت دم على البطين رح يتمدد و كمية التمدد هاي بتمثل ال Preload.



*الصورة للتوضيح

- للتوضيح اكتر (amount of stretch) : خلينا نتخيل انه في واحد معاه مطاطة و بده يرمي اشي فيها مثلاً زي الحجر , لما نشد هاي المطاطة بقوة معينة رح يندفع الحجر, بنشدها اكتر شوي بيندفع الحجر اكتر أما لما نشدها زيادة رح تنقطع لانه الها limit معين و نفس الاشي ال cardiac tissue اله limit معين (يعني هو لا مطاط ولا بالون عشان يتمدد زيادة) ف بوصل ل certain point و بوقف .و هاي العلاقة بتمثل ال **frank- starling law of the heart**.

** **كلما زادت ال EDV رح تزداد ال stroke volume.**

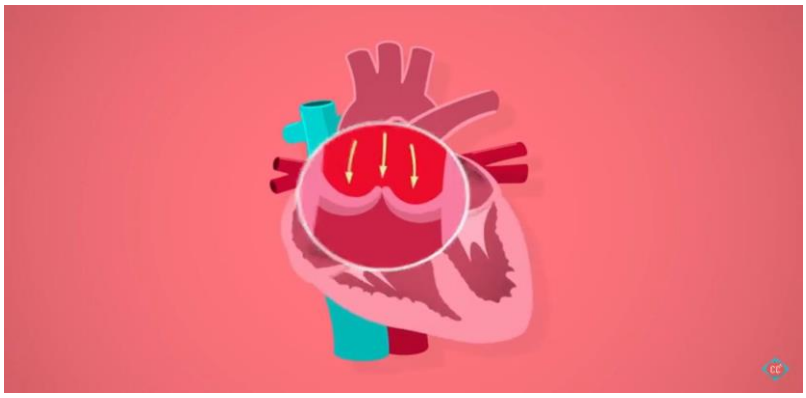
و طبعاً كلما زاد ال preload بتزيد ال stroke volume .

-venous return : the amount of the back flow of the blood from the veins to the heart.

يعني قديش ال veins رجعولنا دم , احنا حكينا بالمحاضرة الي قبل انه الدم موجود اكتر اشي بال veins و عشان هيك سميناهم blood reservoirs . فكل ما رجعنا دم اكتر بتزيد ال EDV ,, و كل ما زادت ال EDV رح تزيد ال stroke volume .

2. **After load**: is the pressure required to open the valves and get the blood out of the ventricle.

هو الضغط اللازم عشان افتح الصمام الي بين ال left ventricle وال aorta , لأنه اساساً بكون في عندي ضغط على الصمام من الدم الموجود في الaorta , ف انا بدي ضغط اكبر منه عشان يفتح الصمام و اوصل الدم لكل الجسم .



3. **Contractility** : the squeeze of the ventricle to push the blood out.

-يعني كمية الضغط على البطين عشان يدفع الدم خارجه.

– **Stronger contraction = larger stroke volume**

– Due to inotropic agents:

Epinephrine, Norepinephrine, Digitalis* are (+) inotropic agents (increase contractibility)

ACh is a (-) inotropic agent (decrease contractibility).

- *digitalis – a cardiac glycoside drug that lowers Na+/K+ ATPase activity and therefore the NCX transporter activity, resulting in elevated ICF Ca2+ which creates a stronger graded contraction.

ديجيتاليس هو عبارة عن دواء يعمل على تقليل عمل مضخة الصوديوم البوتاسيوم فتزداد كمية الكالسيوم داخل الخلية مما يؤدي الى زيادة في انقباض العضلة.

نرجع نتذكر هالمعلومة :

venous return : the amount of the back flow of the blood from the veins to the heart.

Venous return driven by:.

- **skeletal muscle pump** :

when muscles contract they push the blood from the veins back to the heart → increase the amount of venous return → increase EDV.

Remember ::

The veins contain valves, these valves help to push the blood in one direction back to the heart.

- **Respiratory pump** :

  When the muscles contract they push the blood from veins → increase venous return → increase EDV. (the same mechanism as the skeletal muscle pump but with respiratory muscles.

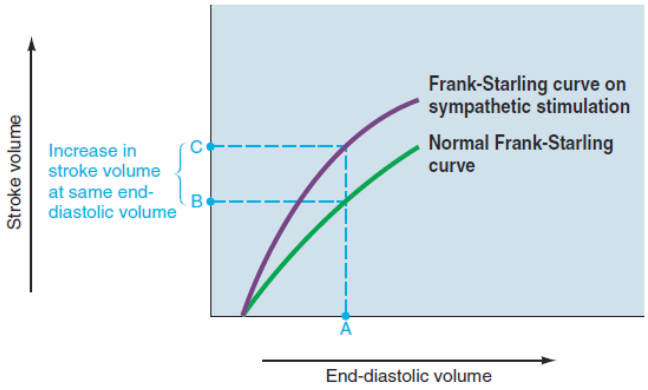
- **Atrial suction** :

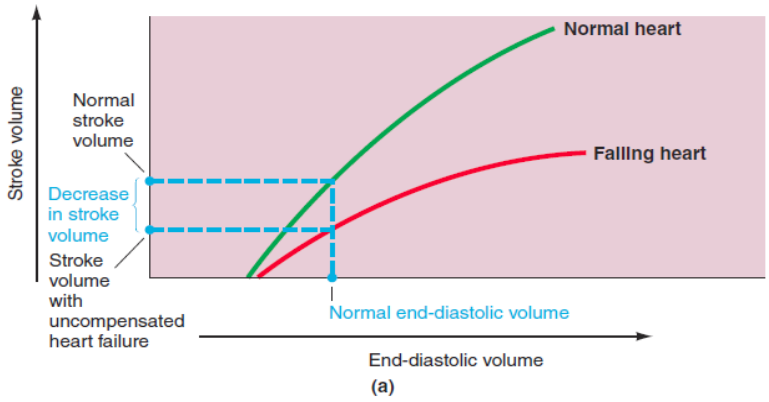
(artery (the highest pressure)→ **arteriole** → **capillary** → **venues** → **veins**(the lowest pressure) **)**

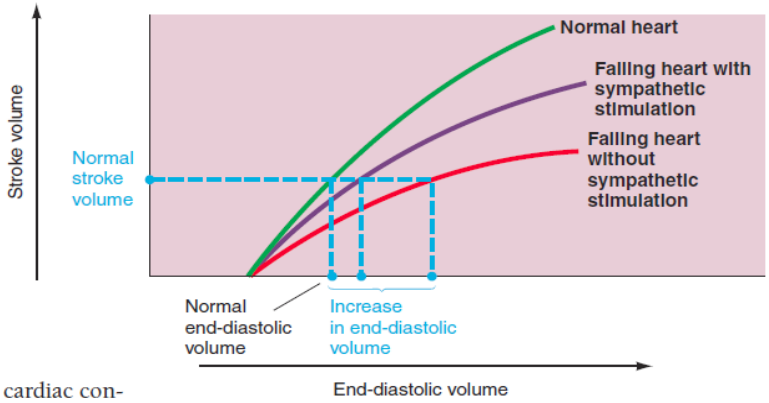
***حكينا انه ال Blood pressure في الVeins بيكون من 0-120 و بكون بالartery من 80-120 ,, طيب بالarteriole و الblood vessels التانية ؟بكون اقل .**
طيب ليش بالartery ما بينزل للصفر ؟ لأنه في عندي elastic fibres(tissue) بخزنوا الضغط.

● FIGURE 9-22

Shift of the Frank-Starling curve to the left by sympathetic stimulation. For the same end-diastolic volume (point A), there is a larger stroke volume (from point B to point C) on sympathetic stimulation as a result of increased contractility of the heart. The Frank-Starling curve shifts to the left by variable degrees, depending on the extent of sympathetic stimulation.



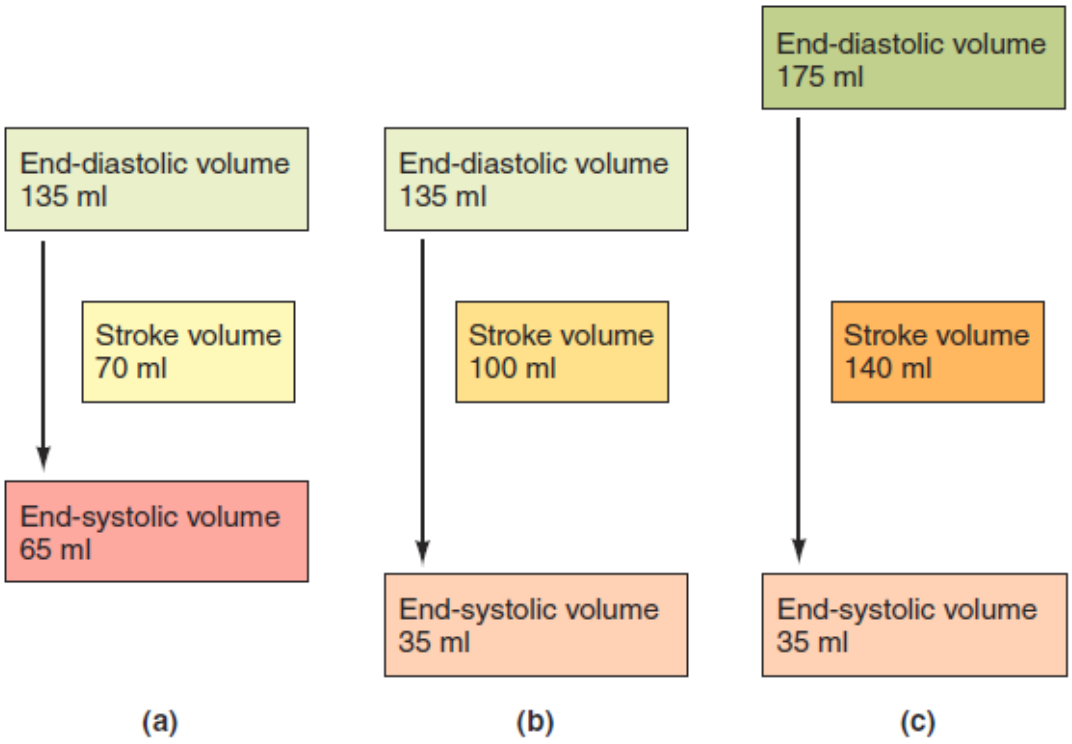




cardiac con-

frank's law can be shifted to the right or to the left , when there is:

→decrease in SV → shift to the right
→increase SV → shift to the left



Effect of sympathetic stimulation on stroke volume.

(a) Normal stroke volume.

(b) Stroke volume during sympathetic stimulation

(c) Stroke volume with combination of sympathetic stimulation and increased end diastolic volume.

➢ Factors influencing Heart Rate

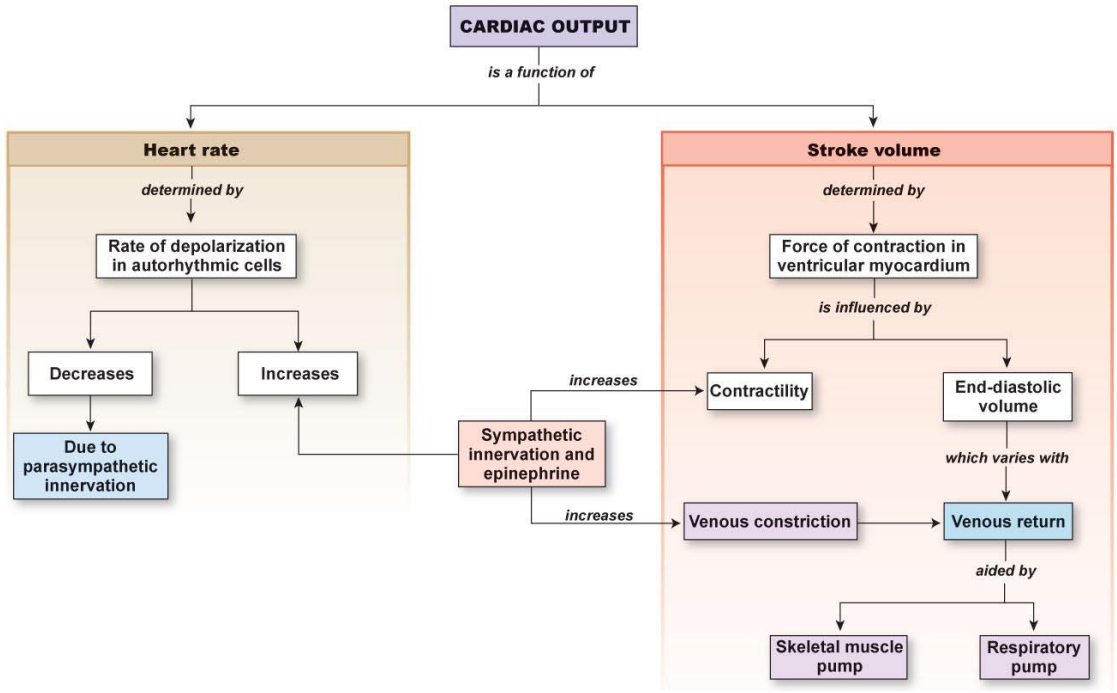
-Rate is set by pacemaker cells rate of depolarization

- Chronotropic effects may be excitatory

Sympathetic activity

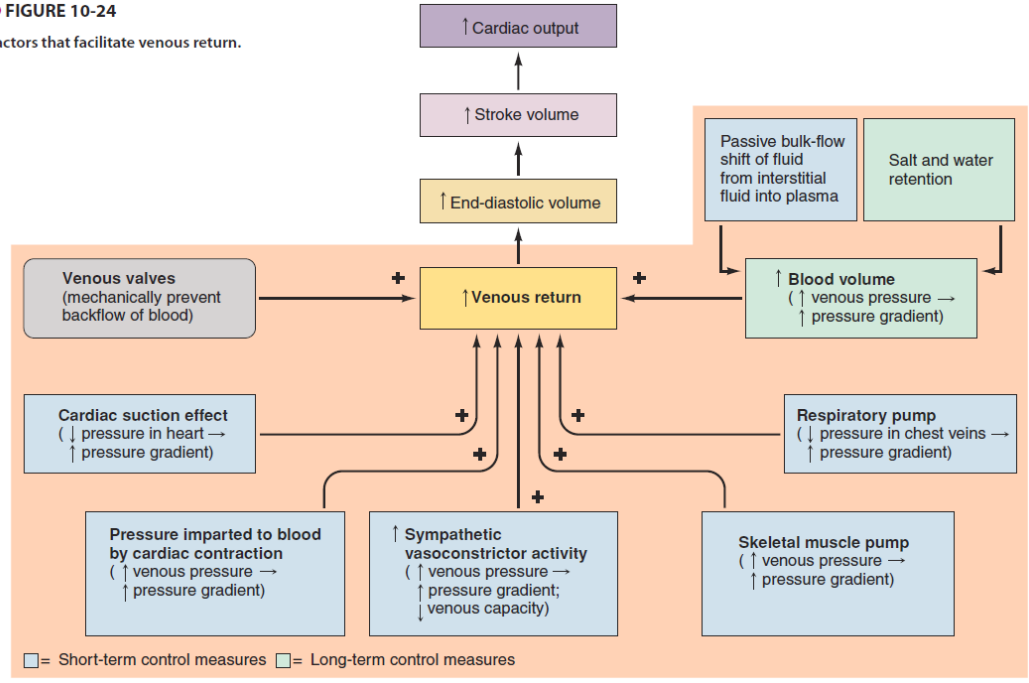
- Or inhibitory

Parasympathetic activity



● FIGURE 10-24

Factors that facilitate venous return.



Blood flow and blood pressure control

❖ **Cardiac Output**: how much blood is ejected per minute and is influence by both ***intrinsic & extrinsic factors***

*زي ما حكينا هو كمية الدم المتدفق من القلب في كل دقيقة و يتأثر بعوامل داخلية و خارجية.

✓ Extrinsic factors (besides ANS) include

blood vessels & blood pressure

blood volume & viscosity

capillary exchange & the lymphatic return

cardiovascular disease

*العوامل الخارجية المؤثرة في cardiac output:

-الاوعية الدموية و ضغط الدم .

-حجم الدم و لزوجته .

-التبادل الذي يحدث بالشعيرات الدموية و عودة السائل الليمفي .

-امراض القلب .

ملاحظة للتذكير::

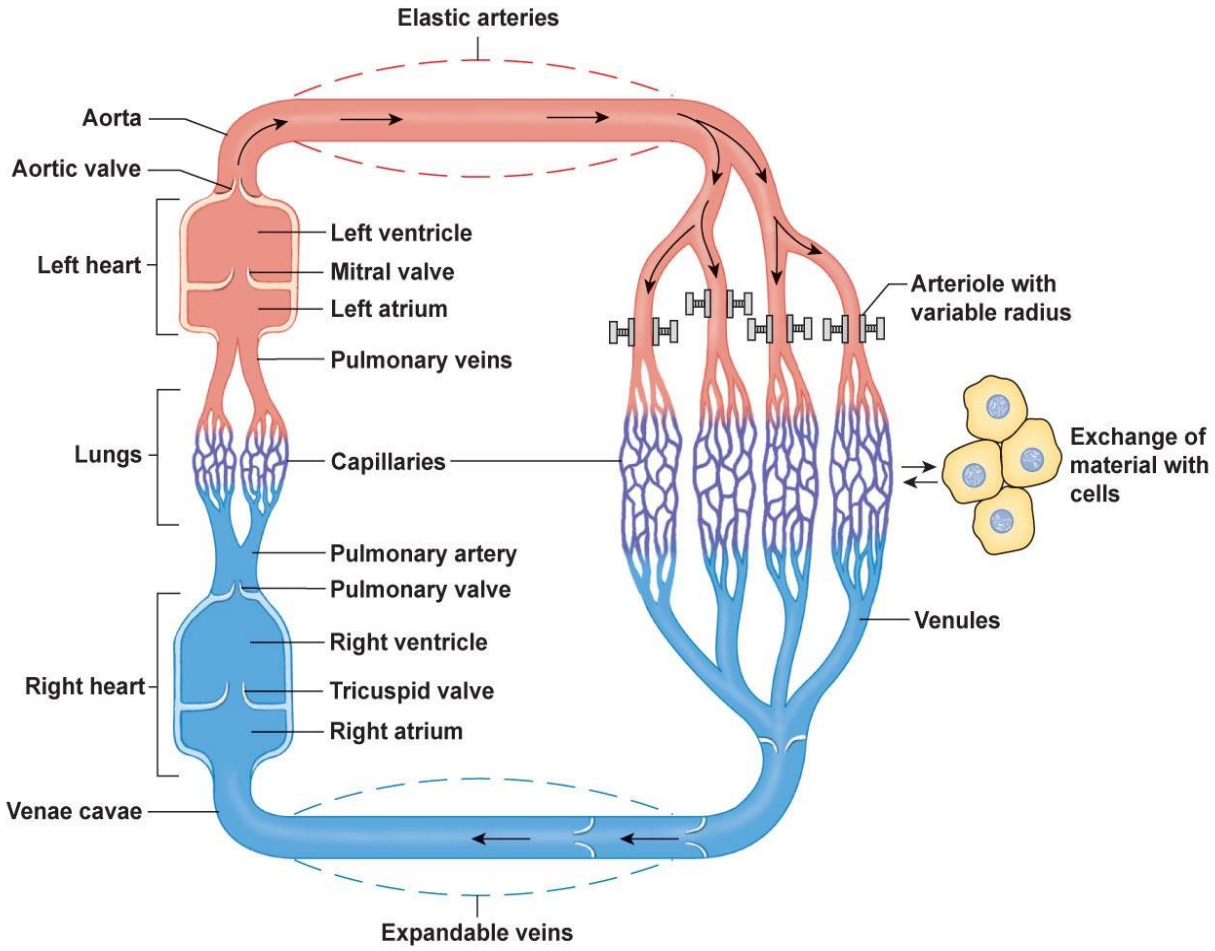
normal pressure (of blood vessels) = 120/80 mmHg (systole/diastole)

Systole → contraction → 120mmgh

Diastole → relaxation → 80mmgh

This amount of pressure is required in order to pump blood to all body organs.

- **Blood Vessels Function** to
  - Provide route (arteries – away, veins – visit).
  - Allow for exchange (capillaries).
  - Control & regulate blood pressure.



Physically as the diameter of the tubule ***decrease , the pressure ***increases*** .**

بنحكي بالفيزيا انه كلما قل قطر الانبوب بزيد ضغطه ..(علاقة عكسية).

Biologically (in the case of blood vessels) as the diameter of the blood vessel ***increases**, the pressure will ***increase*** ,and if the diameter ***decrease*** , the pressure will ***decrease*** .**

في حالة الأوعية الدموية العلاقة بتختلف ؛ اذا قل القطر بقل الضغط و العكس صحيح ..(علاقة طردية).

**عشان هيك على الرغم من انه قطر ال arteriole اصغر من قطر ال artery و فيزيائيا لازم الضغط فيه(arteriole) يكون اكبر ؛ بس ما بكون هيك و السبب انه احنا ما بنحكي عن single arteriole ,, بنحكي عن total arteriole throughout the body و عدد الarteriole كتير كبير بالمقارنة مع عدد ال artery .

EX:

When blood flows from the arteries to Exarterioles (less in diameter) ,blood pressure will decrease ,why?

>> Because blood will be divided into so many arterioles and the cross sectional area of all arterioles in the body is much larger than the cross sectional area of artery and the pressure will drop down to less than 120/80 mmHg.

****

- Blood Vessel Structure enables specific functions:

Arteries:

serve as rapid-transit passageways to the organs and as a pressure reservoir.

Aorta

absorb pulse pressure (systolic pressure – diastolic pressure) and release energy creating diastolic pulse.

Large arteries:

conduct and distribute blood to regional areas.

Arterioles :

Their main function is to control blood flow ,because they have smooth muscles in their walls ,which can do vasoconstriction or vasodilation and this feature can't be found in the other blood vessels .

قادرة على الانقباض و التوسع لانها تمتلك عضلات ملساء داخل جدرانها و هذا يساعد في التحكم بضغط الدم و هذه الخاصية لا توجد في باقي الاوعية الدموية.

Note: If someone is doing exercises most blood should be supplied to skeletal muscle so the arterioles will have vasodilation and blood flow will increase but the arterioles that supply the kidney will have vasoconstriction.

بالتمارين الرياضية معظم الدم رح يروح للعضلات ؛ عشان هيك الشرينات الي بتزود هاي العضلات بتتوسع عشان تزيد تدفق الدم الواصل للعضلات , اما الشرينات الي بتزود الكلية رح تنقبض و يقل تدفق الدم الها.

➔ So arteries are responsible for blood resistance in all the parts of circulation.

**Total blood resistance : is the blood resistance generated by the blood vessels .

**Arterioles contribute for the total blood resistance the most (Arterioles are the major resistance vessels).

*ال total blood resistance : هي عبارة عن مجموعة من المقاومات المتولدة من الاوعية للدم , و بما انه الشرييانات قادرة على التوسع و التضييق فتسهم بالنسبة الأكبر منها .

Capillaries :

Allow the materials exchange (oxygen,CO2,nuitirants ,waste products ,…) and that's because it is composed of single layer of endothelial cells .

Venules :

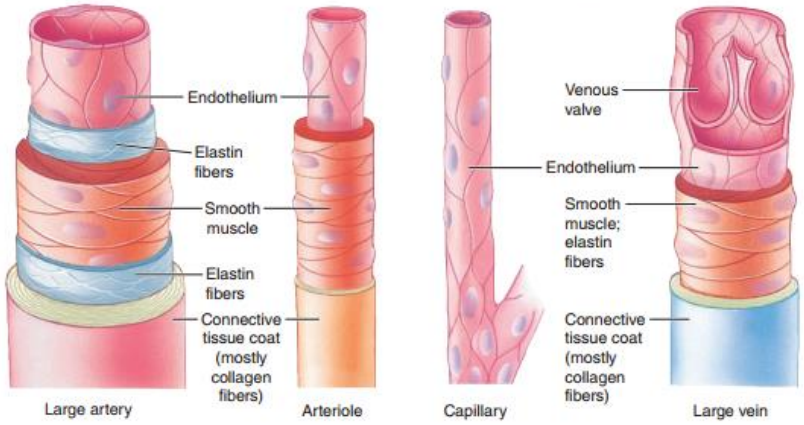
Collect and direct blood to veins.

Veins (blood reservoir):

Return blood to heart , doesn't have elastic tissue , have valves that help to push the blood in one direction.

هاي الصورة عبارة عن مقارنة بين كل انواع الاوعية الدموية

TABLE 10-1 Features of Blood Vessels

Feature	Arteries	Arterioles	Capillaries	Veins
Number	Several hundred*	Half a million	10 billion	Several hundred*
Special features	Thick, highly elastic, walls; large radii*	Highly muscular, well-innervated walls; small radii	Very thin walled; large total cross-sectional area	Thin walled compared to arteries; highly distensible; large radii*
Functions	Passageway from the heart to organs; pressure reservoir	Primary resistance vessels; determine distribution of cardiac output	Site of exchange; determine distribution of extracellular fluid between plasma and interstitial fluid	Passageway to the heart from organs; blood reservoir
Structure				
Relative thickness of layers in wall				

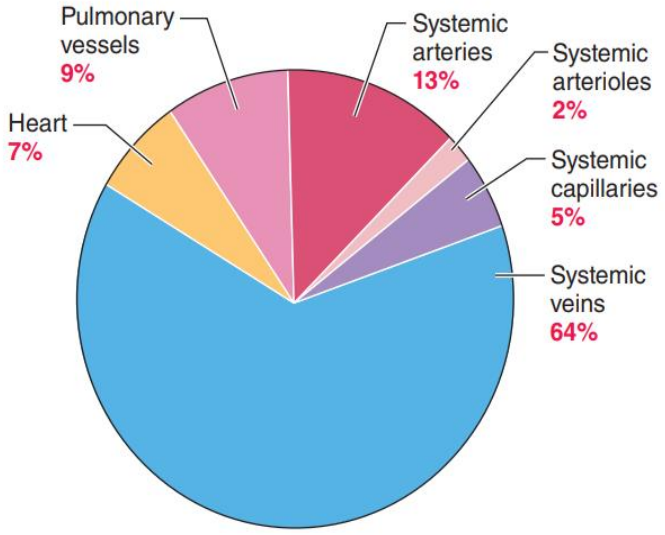
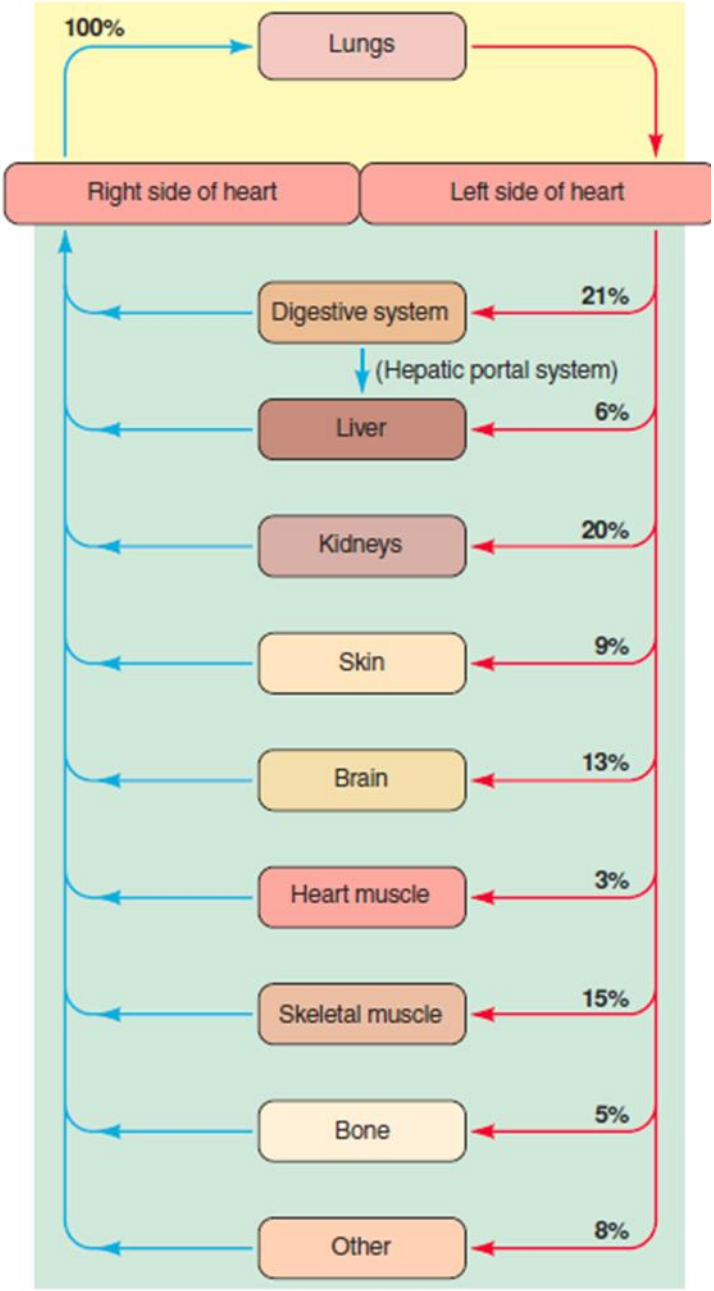


Figure 10-24 Percentage of total blood volume in different parts of the circulatory system.

Distribution of cardiac output at rest

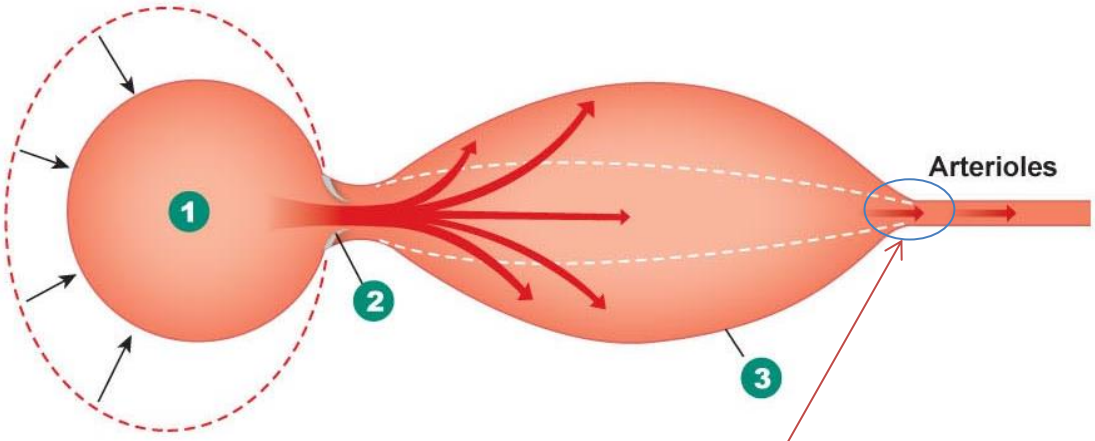
الصورة بتحكي عن نسبة الدم الي رح تروح لكل عضو او نسيج من انسجة الجسم , و هاي النسب مش ثابتة لانها بتعتمد على arterioles الي الها القدرة على الانبساط و الانقباض .



Blood Flow & Blood Pressure Controls

Blood vessels and blood pressure :

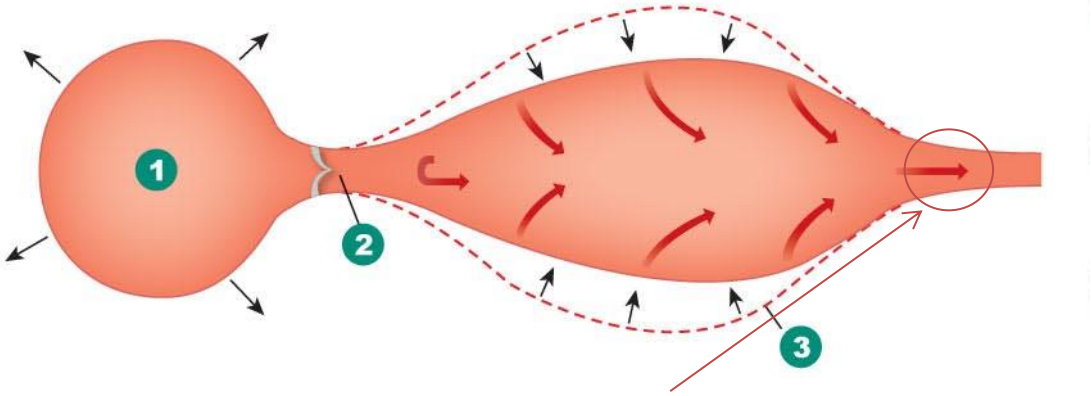
❖ systolic pressure:



- → Usually around 120 mm Hg

- →The pressure is created by the ventricles contraction .

❖ Diastolic Pressure



- →Usually around 80 mm Hg

→**The pressure that is created by the recoil of the aorta AND the closure of the aortic semilunar valve.**

للتوضيح :

لو جبنا جهاز ضغط و قسنا ضغط دمنا رح يطلع عنا قيمتين فوق بعض ؛

القيمة الفوق ← **systolic pressure** ← و هو الضغط الي بتكون اثناء انقباض العضلة

و لازم يكون **120** mmHg .

اما القيمة الي تحت ← **diastolic pressure** ← و هو الضغط الي بتكون في مرحلة استراحة العضلة ← و لازم يكون **80** mmHg.

✓ *Pulse pressure*

Important note:

The difference between the systolic and the diastolic pressures are called ***pulse pressure*** and happens only for arteries.

Pulse pressure is responsible for the feeling of pulse in the arteries near our skin in large arteries , it represents the force that the heart generates each time it contracts.

For example, if resting blood pressure is 120 mmHg then the pules pressure is 40 mmHg.

Pules pressure = 120mmHg – 80mmHg = 40 mmHg

Why do we care about systolic, diastolic and pulse pressures?

We can determine the average pressure within the arterial system = *mean arterial pressure (MAP).*

*__**MAP**__ is proportionate to the cardiac output and the amount of peripheral resistance.

Mean arterial pressure (MAP) =diastolic pressure +1/3 pulse pressure

=80mmHg + 1/3(120-80)mmHg

=93mmHg.

•Determination the general health of cardiovascular system

** •If cardiac output increases ,but resistance to the outflow does not change.

➔Then more blood is flowing into the system than out and arterial

pressure must go up to allow inflows to equal outflows.

__موضوع مهم:__

ال**pules pressure** هو فرق الضغط بين الsystolic , diastolic pressure و هو المسؤول عن الإحساس بالنبض القريب من الجلد .

يعني على سبيل المثال اذا كان ضغط الدم عند الراحة 120 /80 فإن الضغط النبضي(pules pressure) هو 40 .

__**MAP:**__ هو متوسط الضغط في شرايين الشخص خلال دورة قلبية واحدة و هاد الاشي بيتناسب مع الناتج القلبي (cardiac output) و مقدار المقاومة المحيطة .

و بعتمد الMAP على الضغط النبضي (pules pressure) , و بنحسبه عن طريق هاي المعادلة اللطيفة:

MAP = diastolic pressure +1/3 pulse pressure

__Arterial__ contribute the most for (MAP).

**طيبيبيب, هسا اذا زادت كمية الدم الي بتضخ من القلب و المقاومة ضلت ثابتة فإن كمية الدم الي بتدفق __إلى__ الأجهزة رح تكون __اكبر__ من كمية الدم الي رح تخرج منها عشان هيك بتقوم الشرينات بزيادة ضغط الدم , عشان تكون كمية الدم الي بتدخل الاجهزة بتساوي كمية الدم الي بتطلع منها .

The opposition to blood flow in the arterioles:

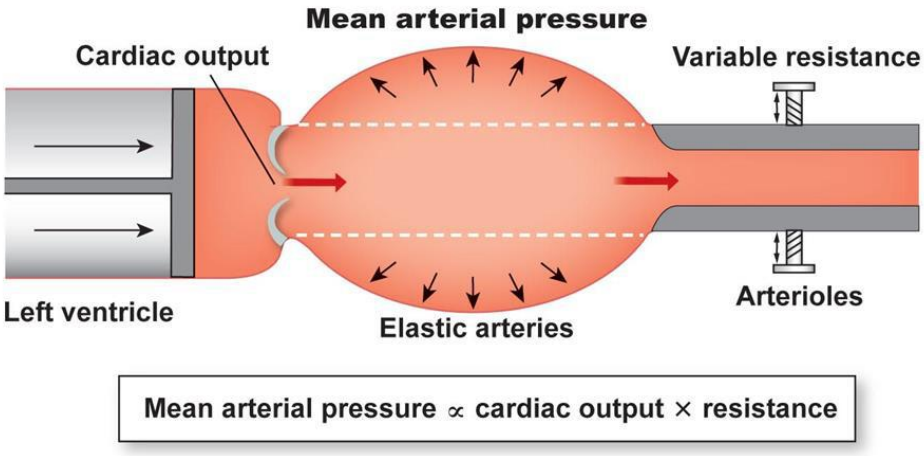
Resistance is directly proportional to the length (L) of the vessel, and the viscosity(η) (thickness) of the blood and inversely proportional (to the 4th power) of the vessel radius, so….

$$R \propto L\ \eta/r^4$$

However as the L and η should remain relatively constant, we can determine that peripheral resistance is mainly a factor of the vessel diameter.

$$R \propto 1/r^4$$

** يعني مقاومة تدفق الدم تتناسب طردياً مع طول الاوعية الدموية و لزوجة الدم و تتناسب عكسياً مع قطر الأوعية.



*viscosity (depends on : red blood cells) ⟵ resistance علاقة طردية مع ال

*length of the blood vessels ⟵ resistance علاقة طردية مع ال

*vessels radius ⟵ resistance علاقة عكسية مع ال

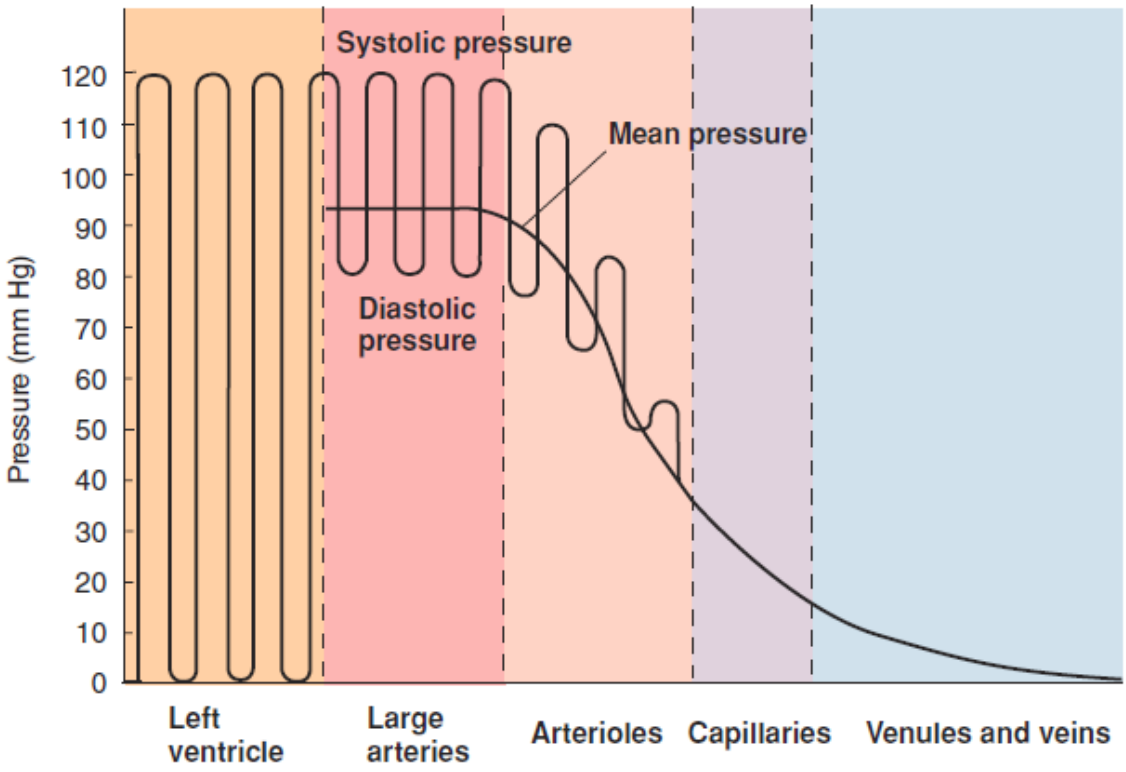
Factors determining MAP :

*Cardiac output

*Total peripheral resistance

*Diameter (radius)

****



هاي الصورة مهمة و كتير ركز عليها الدكتور**

Blood pressure ranges from (120mmhg-systolic pressure) and (80mmhg-diastolic pressure) in arteries , but in arterioles (smaller in diameter) the blood pressure drops down and in capillaries the cross sectional area will increase which leads to even more drop down in pressure , so the pressure will keep on decreasing until we reach the heart and it will be zero ,so the pressure entering the heart is zero.

*زي ما حكينا من قبل انه ضغط الدم بكون اكتر اشي بالشريان و بعدين ببلش يقل فبيوصل للشرينات و بقل اكتر و في الشعيرات الدموية اقل برضو و رح يستمر الانخفاض في الضغط حتى يوصل القلب و بكون صار صفر, و بالتالي فإن الضغط الذي يدخل القلب هو صفر.

Blood moves from : *نرجع نتذكر كيف بمشي الدم

Arteries → arterioles → capillaries → venules → veins

****

::: هاي الاشياء موجودة بالسلايدات و الدكتور ما ركز عليها

- The controls of vessel diameter are both local and systemic

– Enables tissues to control their own blood flow

– Local controlling mechanisms include:

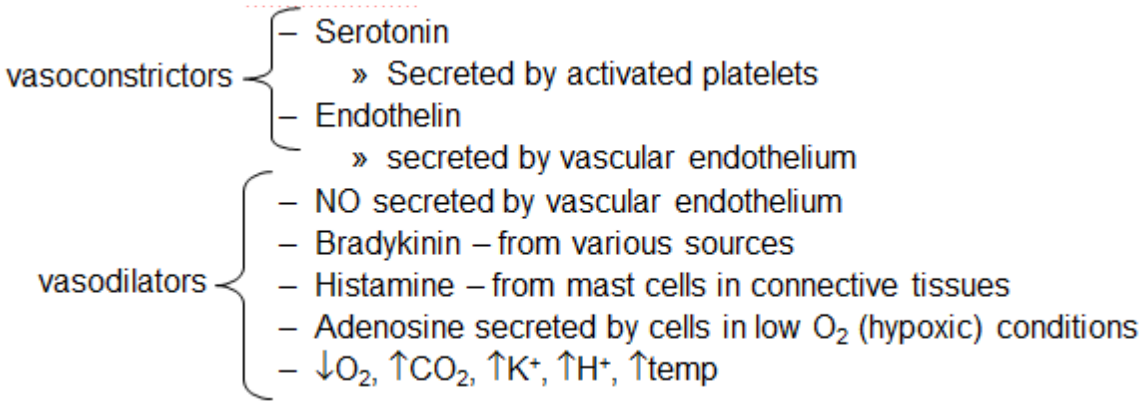
  - Myogenic response by smooth muscle of arterioles

– Increased stretch due to increasing blood pressure causes vessel constriction due to mechanically gated Ca^{2+} channel activation

- Paracrines – local substances which alter smooth muscle activity

****

What causes vasodilation and vasoconstriction ??

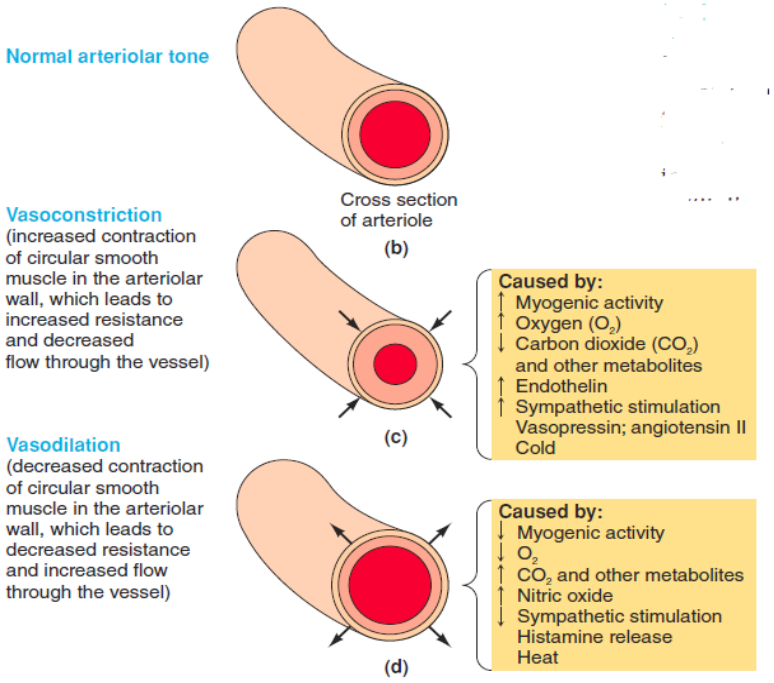


**specific substances that can act on the arterioles and they are 2 types :

-Vasoconstrictor substances.

-Vasodilator substances.

vascular tone ::



a balance between the vasoconstrictor and vasodilators influence.

*هاي حالة خاصة بالاوعية الدموية بحيث انها بتكون بحالة وسطية بين الانقباض و الانبساط (يعني لا هي منقبضة بشكل كامل ولا منبسطة بشكل كامل يعني نص نص نص).

الصورة حفظ

****

Neural Regulation of Blood Pressure

- *CNS contains the Medullary Cardiovascular Control Center*
  - *Receives inputs from carotid and aortic baroreceptors*
  - *Creates outflow to sympathetic and parasympathetic pathways*
    - *Sympathetic to SA & AV nodes and myocardium as well as to arterioles and veins*
    - *Parasympathetic to the SA Node*
  - *Baroreceptors initiate the **baroreceptor reflex***

This pressure is controlled by baroreceptor reflex , cardiovascular control center found in medulla oblongata in brain stem, this center controls blood pressure by receiving signals from baroreceptor (pressure sensors).those baroreceptors are found in cardiac arteries.

** *How can this system control blood pressure ?*

When blood pressure change by either increasing or decreasing, these baroreceptors will sense this change and increase their firing (stimulation) and this stimulation will be sent sensor neurons in cardiovascular control center and then the center will affect the sympathetic and parasympathetic nervous system to adjust blood pressure by adjusting :

1) heart rate **2) force of contraction** **3) blood vessels diameter/length**

اذاً عندما يتغير ضغط الدم رح يستشعر هاد التغير اشي اسمه **baroreceptors و هدول باعتبار حساسات لتغير الضغط , فيتم تحفيزها و هاد التحفيز ينتقل الى العصب الحسي في ال cardiovascular control centre في الدماغ , و بدوره رح يقوم هاد المركز بتحفيز إما الparasympathetic N.S او الsympathetic N.S لتقوم اما بالتحكم في تسارع نبضات القلب او قوتها او قطر الاوعية الدموية حتى تتمكن من إعادة ضغط الدم الى معدله الطبيعي.

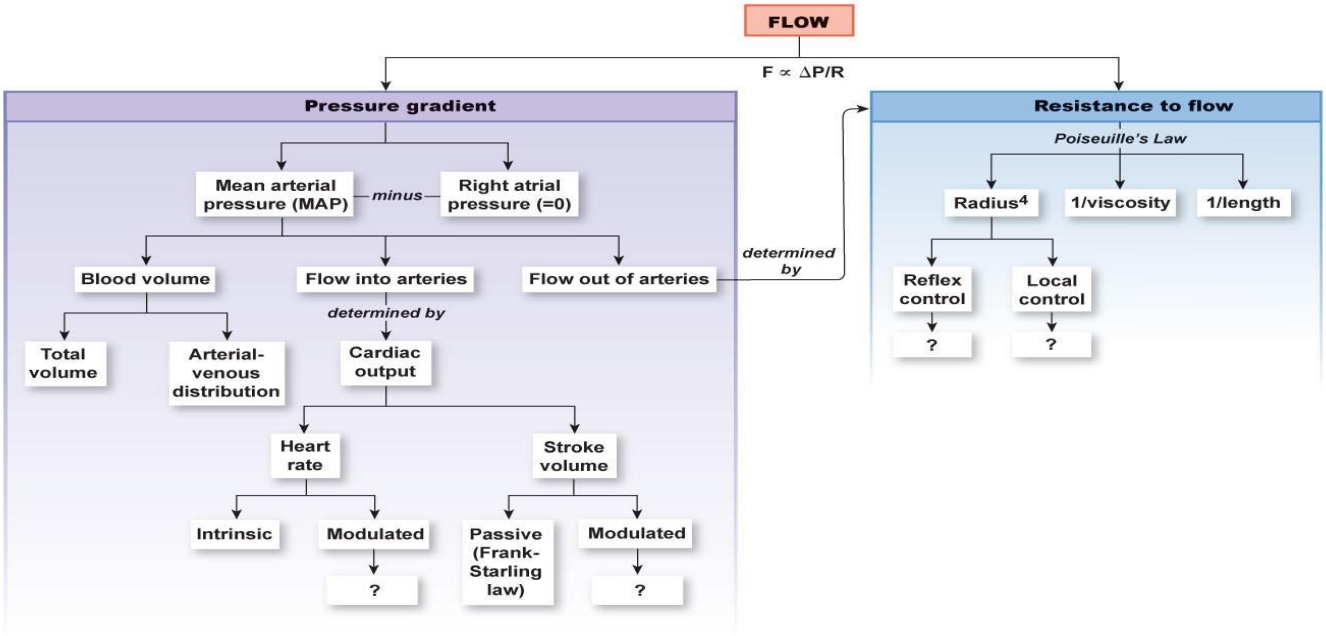
Note:

When blood pressure increase (hypertension) , the sympathetic N.S will be inhabited and the parasympathetic activity will be stimulated .

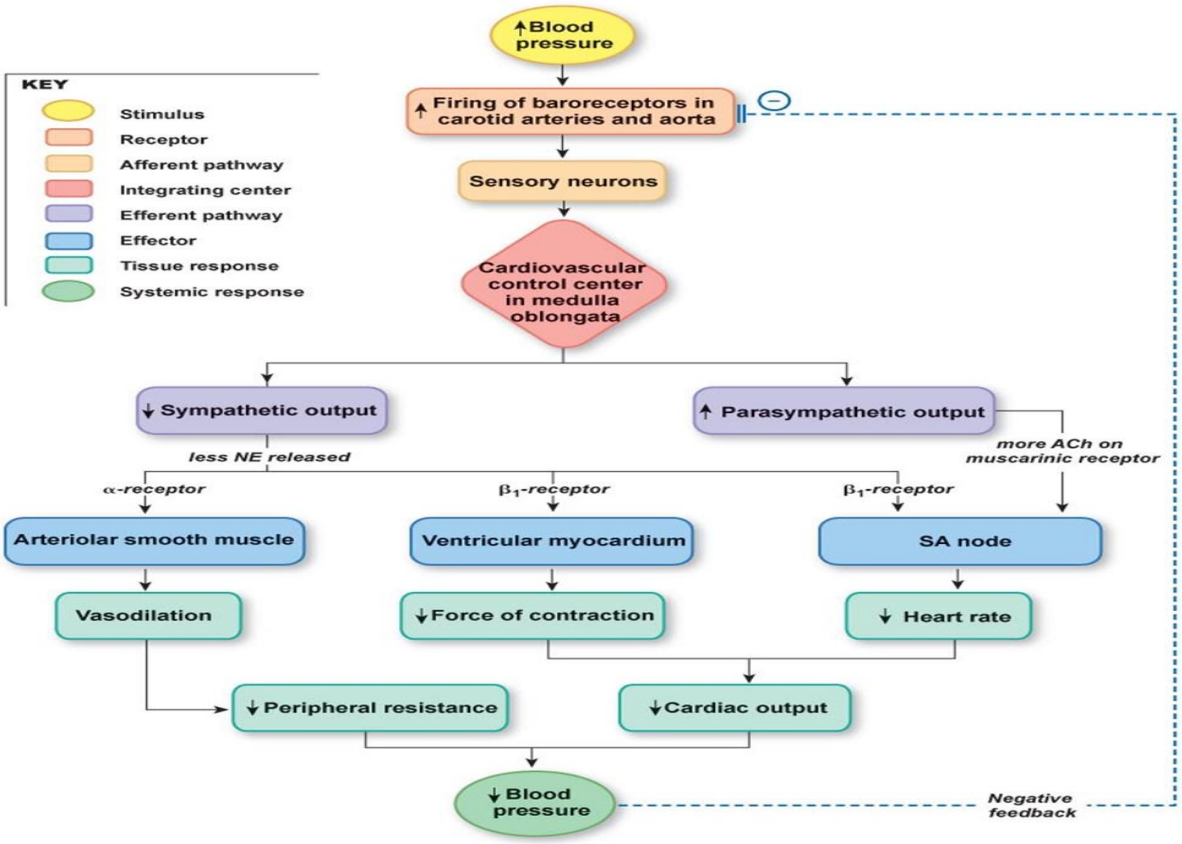
When blood pressure decrease (hypotension) in response to(bleeding , diarrhea , stressful situations), sympathetic N.S activity will increase and parasympathetic will be less .

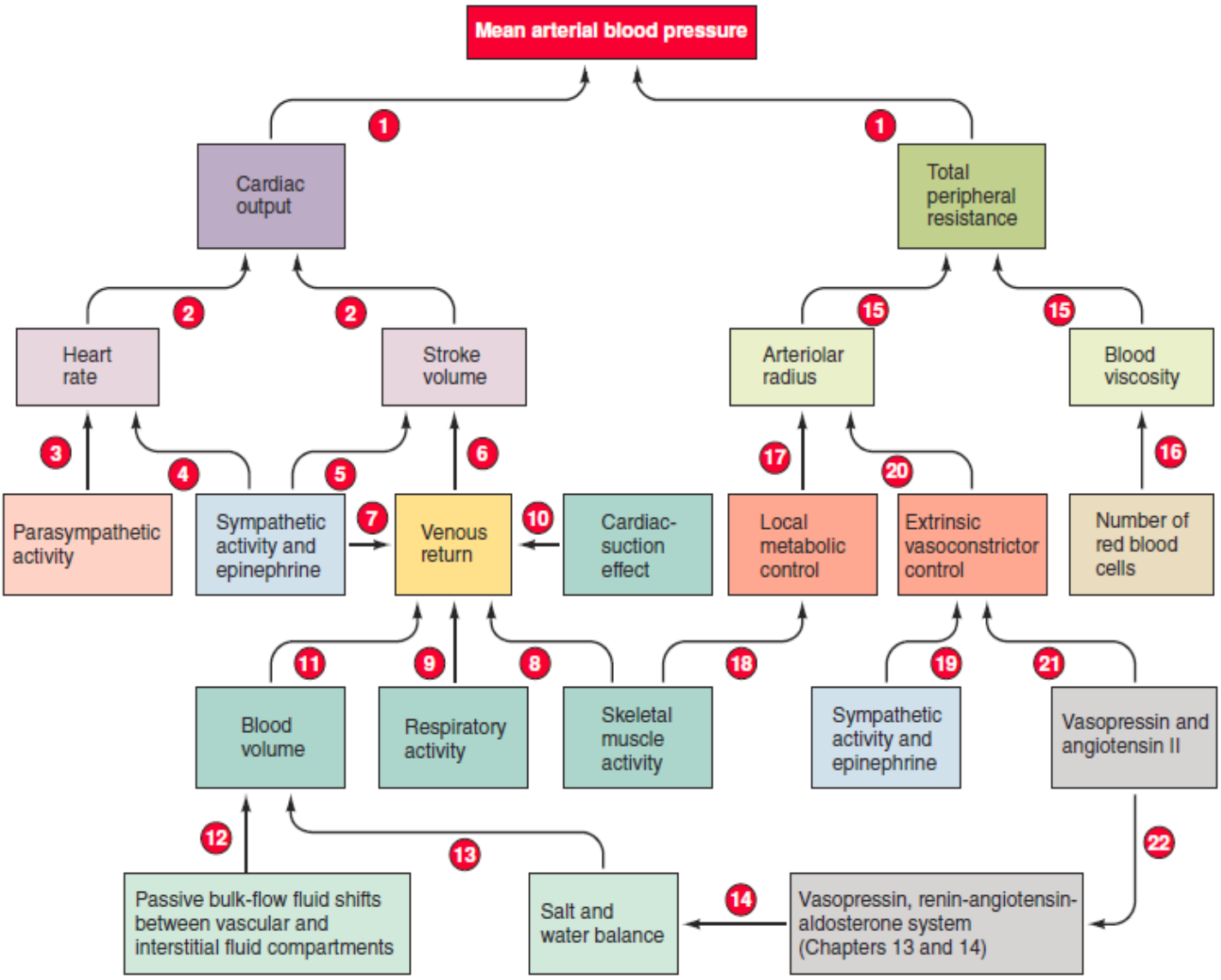
*يعني عند زيادة ضغط الدم يتم تثبيط عمل ال sympathetic و ذلك لانها مسؤولة عن زيادة ضغط الدم و بدلاً من ذلك يزداد تحفيز ال parasympathetic لانها مسؤولة عن تقليله و العكس صحيح.

Review of Factors Influencing Blood Flow:



The Baroreceptor Reflex Pathways:




Mean arterial blood pressure
1
1
Cardiac output
Total peripheral resistance
2
2
15
15
Heart rate
Stroke volume
Arteriolar radius
Blood viscosity
3
4
5
6
17
20
16
Parasympathetic activity
Sympathetic activity and epinephrine
7
Venous return
10
Cardiac-suction effect
Local metabolic control
Extrinsic vasoconstrictor control
Number of red blood cells
11
9
8
18
19
21
Blood volume
Respiratory activity
Skeletal muscle activity
Sympathetic activity and epinephrine
Vasopressin and angiotensin II
12
13
22
Passive bulk-flow fluid shifts between vascular and interstitial fluid compartments
Salt and water balance
14
Vasopressin, renin-angiotensin-aldosterone system (Chapters 13 and 14)