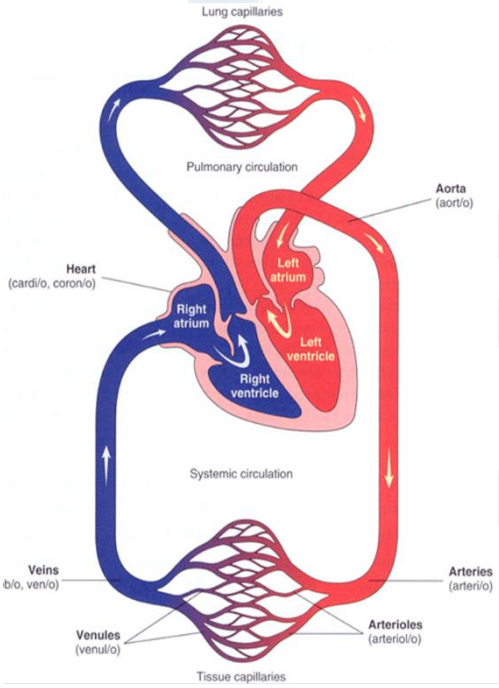
جهاز الدوران

Circulatory System

يتضمن جهاز الدوران الدموي: الشرايين arteries، والشعيرات الدموية capillaries، والأوردة veins.



عندما يتقلص القلب يندفع الدم إلى الشرايين الكبيرة ثم إلى الشرايين الأصغر قطراً فالشرينات التي تحمل الدم إلى الشعيرات الدموية.

يعود الدم من الشعيرات عبر وريدات تندمج لتشكل أوردة أكبر حجماً بحيث تنتهي أخيراً بأوردة كبيرة تعيد الدم إلى القلب.

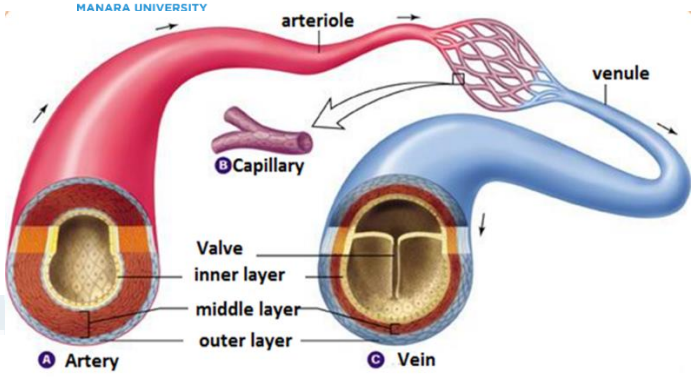
تختلف الأنماط الثلاثة من الأوعية بالطول والقطر وثخانة الجدار والنسيج المكون لها.

تتكون جدر جميع الأوعية الدموية من ثلاث طبقات (Tunica) تحيط بلمعة الوعاء ومرتبة من الداخل إلى الخارج على النحو التالي:

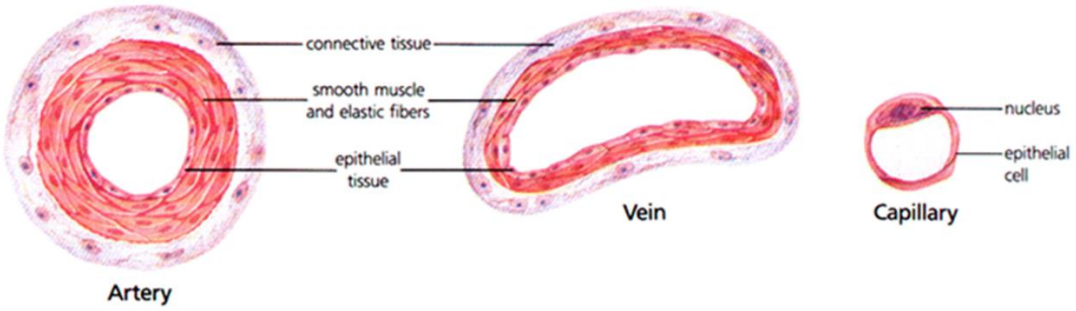
• طبقة داخلية أو باطنة: Tunica Intima or Interna وتتألف من بطانة وعائية ظهارية Endothelium تخفف من احتكاك الدم مع جدار الوعاء.

• طبقة وسطى Tunica media وتتألف من خلايا عضلية ملساء يتخللها طبقات من الإيلاستين وتكون هذه الطبقة ثخينة في الشرايين مقارنة مع الأوردة.

• طبقة خارجية Tunica externa وتتكون من ألياف ووظيفتها حماية الوعاء الدموي.



At any given moment, about 30% of the blood in your systemic circulation will be found in the arteries, 5% in the capillaries and 65% in the vein.



الدوران الشرياني Arterial circulation

- تتميز الشرايين الكبيرة بالمرونة لغنى طبقتها المتوسطة بالألياف المرنة (الإيلاستين) فتتمدد تحت تأثير الضغط المطبق عليها، وتعود إلى قطرها الأولي بعد زوال الضغط.
- تحول الشرايين نتاج القلب المتقطع إلى جريان مستمر.
- تتميز الشرايين المتوسطة والصغيرة بغزارة الألياف العضلية الملساء في طبقتها المتوسطة (تكون أكثر قابلية على التقلص وأقل على التمدد)، تساهم بتقلصها في تنظيم الضغط الضروري لتأمين مستوى كافٍ من تروية النسيج.

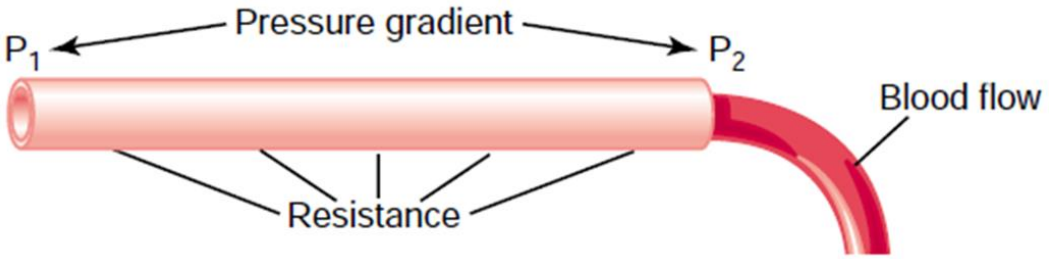
الجريان الدموي Blood Flow

- **هو كمية الدم التي تجتاز نقطة معينة من الدوران خلال فترة معينة من الزمن ويعبر عنه عادة بالميلي لتر في الدقيقة.**
- يتحدد الجريان الدموي بـ:
  - فرق الضغط بين طرفي الوعاء الدموي، وينجم عن الفعالية القلبية.

❖ مقاومة الجريان أو المقاومة الوعائية الجهازية:

تزداد بزيادة لزوجة الدم (عدد الكريات الحمر وبروتينات المصورة).

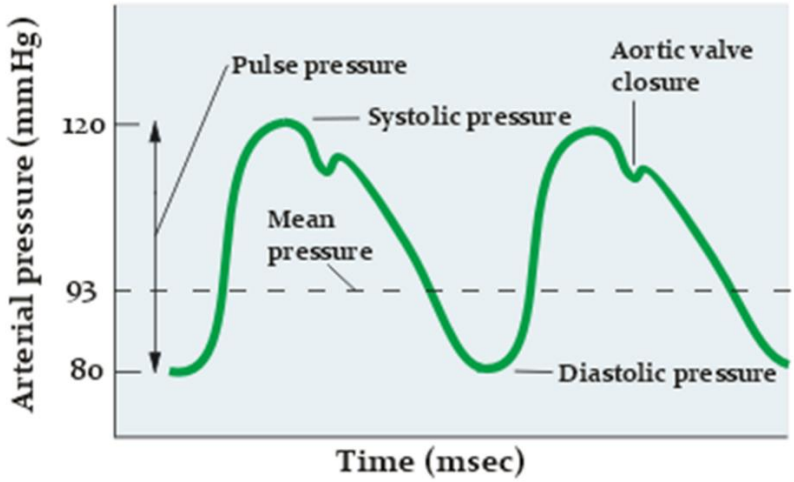
تتناسب عكساً مع نصف قطر الوعاء.



يكون الجريان الدموي في الحالة الطبيعية بشكل صفائحي انسيابي، عندما يجري الدم بسرعة ثابتة في وعاء أملس طويل فإنه يجري في خطوط انسيابية streamline بحيث تحافظ كل طبقة من الدم على المسافة نفسها بينها وبين جدار الوعاء، ويبقى القسم المركزي من الدم في مركز الوعاء ويدعى هذا النمط من الجريان بالجريان الصفائحي أو الانسيابي laminar flow

الضغط الشرياني Arterial Pressure

▶ هو الضغط الذي يمارسه الدم على جدار الشرايين المرنة أثناء مروره فيها ويقاس بالملمتر زئبقي، وينجم عن محصلة عاملين هما الفعالية القلبية (نتاج القلب) والمقاومة الوعائية.



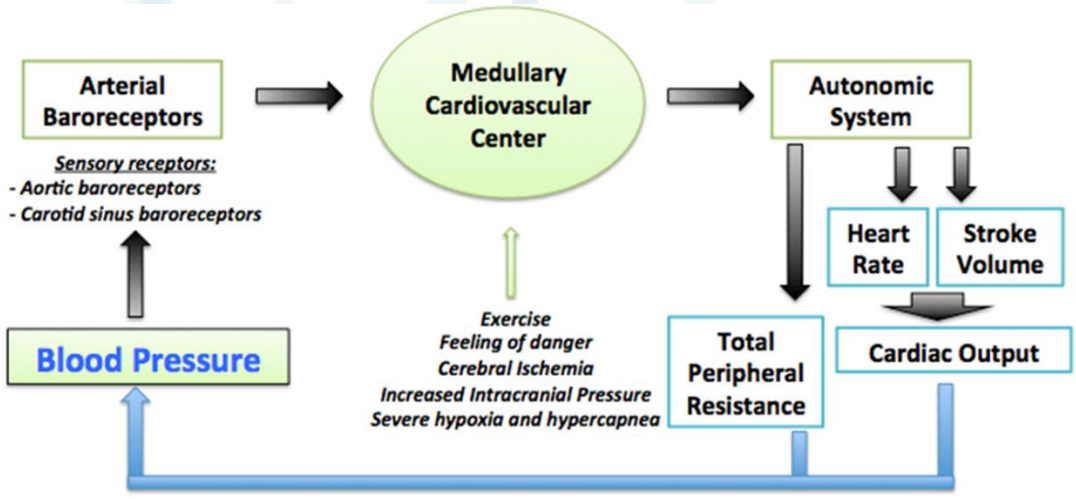
▶ يتغير في الدورة القلبية بين ضغط أعظمي (الانقباضي) وضغط أصغري (الانبساطي)

تنظيم الضغط الشرياني Regulation of arterial pressure

- **عمل القلب (نتاج القلب):** هو كمية الدم المدفوعة من القلب في الدقيقة.
- يتعلق بمعدل القلب من جهة، وبحجم الدفقة؛
- يتحدد حجم الدفقة ب:
  - حجم الدم الكلي
  - حجم الدم العائد إلى القلب
  - القوة التقلصية للعضلة القلبية
- **المقاومة الوعائية المحيطية vascular resistance: هي ممانعة تدفق الدم في الوعاء وهي تعبر عن مدى الاحتكاك الذي يواجهه الدم عندما يمر في الوعاء، تتعلق ب:**
  - طبيعة جريان الدم
  - لزوجة الدم
  - نصف قطر الوعاء

التنظيم العصبي للضغط الشرياني

neuronal regulation of arterial blood pressure



إذا هبط الضغط الشرياني: يتم تفعيل الجهاز الودي الذي يقبض الأوعية، فيرفع المقاومة الوعائية المحيطية، ويزيد معدل وقلوصية القلب، فيزداد النتاج القلبي ويرتفع الضغط الشرياني.

وبالعكس عند زيادة الضغط الشرياني فإن المركز المحرك يثبط عمل الجهاز الودي فتتوسع الأوعية، ويتحرض بنفس الوقت الجهاز نظير الودي الذي ينقص معدل القلب وقلوصيته، بالنتيجة ينقص الضغط الشرياني.

أهمية التنظيم العصبي للضغط الشرياني:

- إمكانية تدخله للوقاية من الارتفاع أو الهبوط في الضغط،
- سرعة تدخله العالية، تمثل أسرع آلية لتنظيم الضغط الشرياني،
- غير أنها **تفقد أهميتها في التنظيم المديد للضغط الشرياني** لأنها تتكيف مع أي مستوى من الضغط تتعرض له خلال 2-3 أيام.

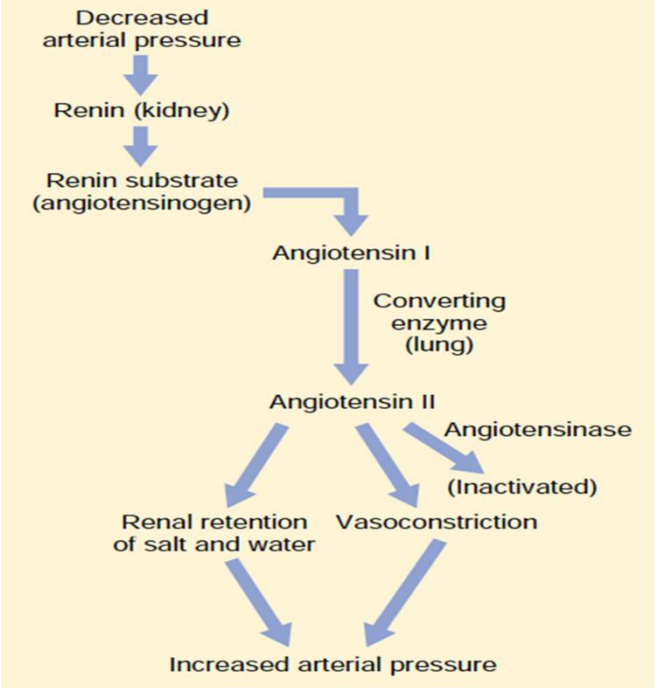
التنظيم الخلطي للضغط الشرياني humoral regulation of Arterial Pressure

العوامل الخلطية الرافعة للضغط الشرياني:

- جملة الرينين-أنجيوتنسين Ⅱ
- الألدوسترون والهرمون المضاد للإدرار ADH.
- الأدرينالين: يفرز من لب الكظر، ويؤثر على مستقبلات β1 القلبية، فيزداد معدل القلب وقلوصيته مما يزيد من نتاج القلب وبالتالي يرتفع الضغط الشرياني. وهو كذلك مقبض للأوعية الدموية عدا الإكليلية، لذلك يرفع أيضاً المقاومة الوعائية المحيطية.
- النورأدرينالين: يفرز من النهايات العصبية الودية، ومن لب الكظر، وهو مقبض وعائي شديد وله تأثير ايجابي على عمل القلب.
- هرمونات الدرق: تسرع القلب وترفع الضغط الشرياني.
- الهرمونات الجنسية تحبس الماء والملح فترفع الضغط الدموي.
- القشرانيات السكرية (الكورتيزول): تفرز من قشر الكظر، وترفع الضغط الشرياني لأنها تحبس الماء والملح وتزيد حساسية الأوعية للمقبضات

https://manara.edu.sy/

جملة الرينين أنجيوتنسين II



هبوط الضغط الشرياني يؤدي الى نقص الارواء الكلوي، وبالتالي يزداد إفراز الرينين من الكلية الذي يحول طليعة الأنجيوتنسين (تتركب في الكبد) الى أنجيوتنسين 1، الذي يتم تحويله في الرئتين الى أنجيوتنسين 2 بتواسط الأنظيم المحول للأنجيوتنسين.

الأنجيوتنسين 2 هو مقبض وعائي قوي، كما يزيد الامتصاص الكلوي للماء والأملاح وبالتالي هو رافع قوي للضغط الشرياني، كما يؤدي الى:

ADH Releaseتحرير هرمون ADH النخامي.

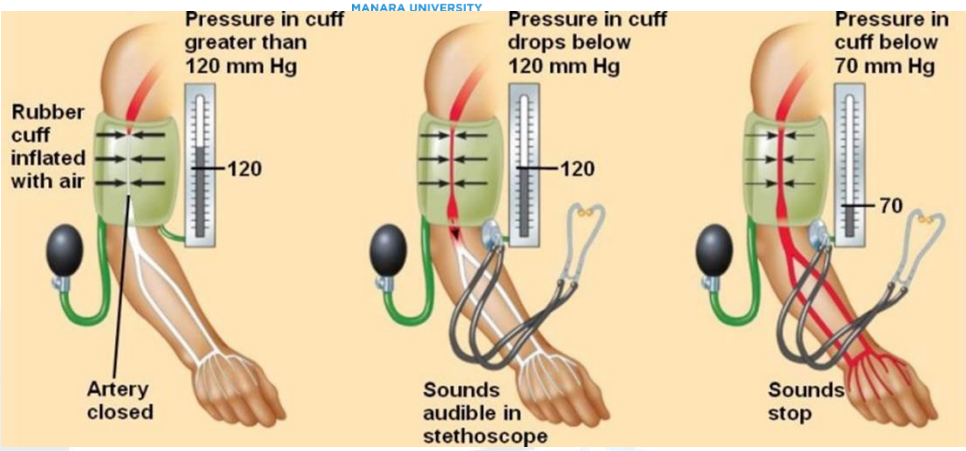
Aldosterone Releaseتحرير الألدوستيرون الكظري.

العوامل الخلطية الخافضة للضغط الشرياني:

- بعض المركبات مثل البراديكينين والهيستامين والبروستاغلاندينات، تخفض الضغط الشرياني لتأثيرها الموسع للأوعية.
- وكذلك لفضلات الاستقلاب مثل حمض اللبن وحمض الكربون وبعض الشوارد مثل البوتاسيوم والمغنيزيوم تأثير خافض للضغط الشرياني بسبب تأثيرها الموسع للأوعية الدموية.

قياس الضغط الشرياني ABP measurement

نلف كم جهاز الضغط حول العضد فوق الحفرة المرفقية، ونضع السماعة على مسير الشريان العضدي أسفل الكم. في البداية لا نسمع أي صوت. نبدأ بنفخ الهواء في الكم فيرتفع الضغط تدريجياً ونسمع أصوات تسمى أصوات كورتكوف، نستمر في نفخ الهواء حتى تغيب الأصوات وأعلى قليلاً فيكون عندها الضغط داخل الكم تجاوز الضغط الانقباضي الأعظمي وتوقف مرور الدم عبر الشريان.



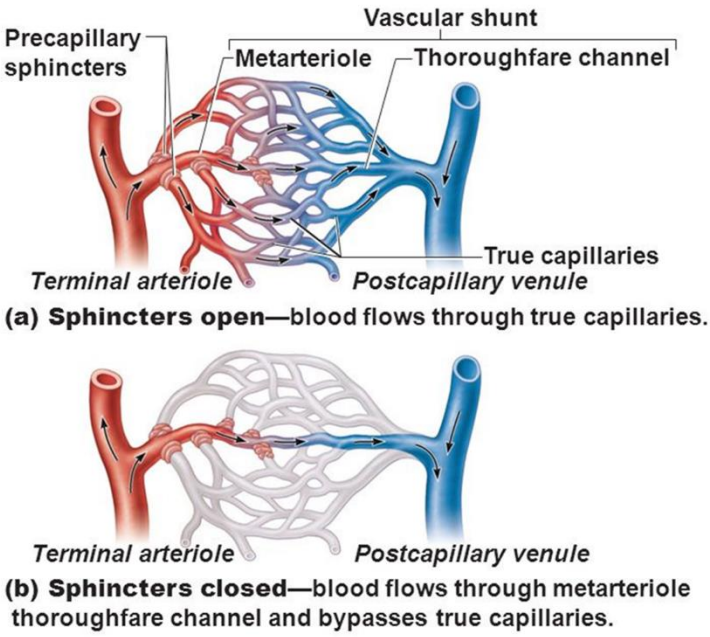
نفتح البزال الخاص قليلاً فيبدأ الهواء بالخروج من الكم، وينخفض الضغط تدريجياً، عندما يتساوى الضغط داخل الكم مع الضغط الانقباضي داخل الوعاء يبدأ الدم بالدخول إلى الوعاء الفارغ فنسمع صوت ارتطام الدم بجدران الوعاء الفارغ (أصوات كورتكوف)، ونقرأ قيمة الضغط المسجلة على الجهاز الذي يساوي عندها الضغط الانقباضي. نستمر بإفراغ الهواء ببطء حتى يختفي الصوت فجأة أو ينخفض بشدة ونقرأ قيمة الضغط المسجلة الموافقة لاختفاء أو تبدل الصوت بشدة، هذا الضغط يوافق الضغط الانبساطي.

الدوران الشعري

Microcirculation

- يتحقق الهدف من الدوران (التبادل) في مستوى الشعريات الدموية، أي إمداد الأنسجة بالأكسجين والغذيات الضرورية، وتخليصها من فضلات الاستقلاب وذلك بسبب النفوذية العالية للشعريات.
- تتألف من طبقة من الخلايا البطانية تحاط في بدايتها بعضلة تدعى المصرة قبل الشعرية precapillary sphincter، ينتهي الوعاء الشعري في وُرَيد دون مصرة عضلية لذلك يمكن للتبدلات الهيموديناميكية الوريدية أن تنعكس على الشعريات.
- تعمل ربع الأوعية الشعرية في حالة الراحة وتزداد أثناء الجهد.
- كثافة الشبكة الشعرية تختلف من عضو لآخر بشكل يتناسب طرداً مع فعالية العضو. كثافتها مثلاً في البطين الأيسر أضعاف ما هي عليه في الجلد.
- يختلف الدوران الشعري في نفس العضو بين الراحة والنشاط.

- يمكن لكثير من العوامل أن تؤثر على درجة انفتاح المصرة قبل الشعرية فتغير بالتالي من حجم الجريان الدموي الشعري.



يوجد نوعان للدوران الشعري:

دوران شعيري تغذوي: يؤمن فقط تغذية العضو، وهذا ينخفض كثيراً في حالة الراحة ليزداد في الجهد.

دوران شعيري وظيفي: ويؤمن (بالإضافة إلى التغذية) وظيفة هامة للعضوية ككل مثل الرئة والكلية والكبد.

تبادل الأغذية والمواد بين الدم والسائل الخلالي عبر جدار الوعاء الشعري:

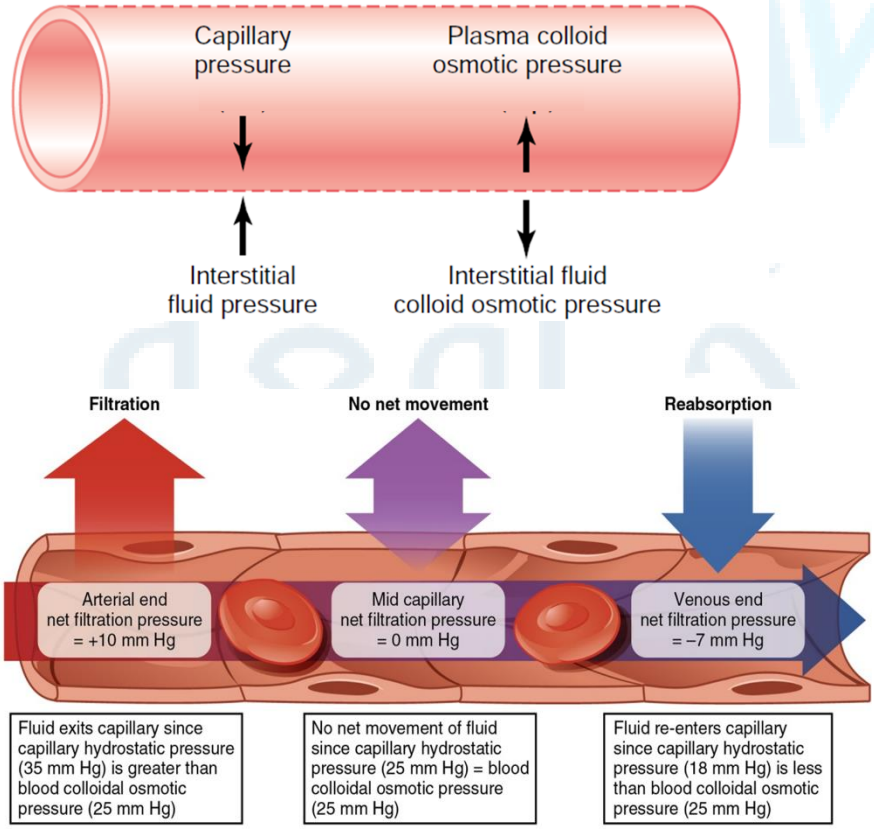
- يشكل الانتشار diffusion الطريقة الأكثر أهمية لانتقال المواد بين بلازما الدم والسائل الخلالي.
- تنتشر جزيئات الماء والجزيئات المنحلة بالماء عبر الثقوب في جدار الوعاء الشعري وتتباين قابلية النفوذ لمختلف المواد تبعاً لحجمها وشحنتها.
- أما المواد المنحلة في الشحوم فتنتشر من الوسط عالي التركيز إلى الوسط الأقل تركيزاً عبر أغشية الخلايا البطانية للوعاء الشعري دون الحاجة للعبور عبر الثقوب مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.
- يختلف معدل انتشار مادة ما عبر الغشاء باختلاف تراكيز هذه المادة على جانبي الغشاء.

https://manara.edu.sy/

- يتم ضبط حركة السائل عبر جدار الوعاء الشعري بواسطة القوى الرئيسية الأربعة التالية:

- الضغط السكوني للدم ويميل لدفع السوائل باتجاه الخارج نحو الخلال.
- الضغط السكوني للسائل الخلالي ويميل لدفع السائل إلى داخل الوعاء الشعري عندما يكون موجباً وإلى دفعه نحو الخارج عندما يكون سالباً (تعود السلبية إلى دور الجهاز اللمفاوي الذي يسحب السوائل من النسيج ويضخها إلى الدوران اللمفاوي).
- الضغط الغرواني أو التناضحي للبلاسما ويميل لسحب السائل إلى داخل الوعاء الشعري.
- الضغط الغرواني أو التناضحي للسائل الخلالي ويميل لسحب السائل نحو الخارج باتجاه الخلال.

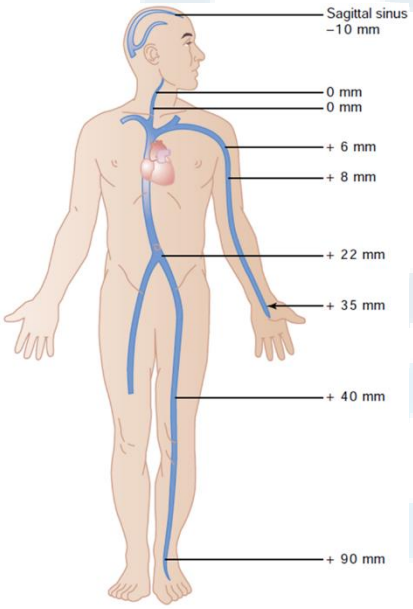
ضغط الترشيح = محصلة القوى التي تدفع السائل نحو الخارج – محصلة القوى التي تدفعه نحو داخل الوعاء



الدوران الوريدي

The Venous Circulation

- جمع الدم الذي خضع للتبادل في الأنسجة وفي الرئتين واعادته إلى القلب
- حجم الدم في الأوردة 65% من حجم الدم الإجمالي
- الضغوط في الدوران الوريدي أقل بكثير من الضغوط في الشرايين، فهي 15 ملم زئبقي في الوريدات، تصل حتى الصفر في الأوردة الكبيرة قرب القلب.



العود الوريدي Venous return

- هو كمية الدم المتدفقة من الأوردة إلى الأذينة اليمنى كل دقيقة وهو يعادل نتاج القلب الأيمن تماماً.
- العوامل التي تؤمن عودة الدم إلى القلب هي:
  - فرق الضغط الدموي الحركي (الهيموديناميكي): بين نهايتي الدوران الوريدي وهذا يعود للفعالية القلبية.
  - الحركات التنفسية: يزداد العود الوريدي أثناء الشهيق.
  - التقلص العضلي: يرفع تقلص العضلات الهيكلية الضغط داخل أوردة العضلات والأوردة المجاورة، لذلك يعتبر المشي والرياضة من العوامل المهمة لتنشيط الدوران الوريدي.
  - الدسامات الوريدية: تعمل هذه الدسامات على جعل جريان الدم في أوردة الطرف السفلي باتجاه واحد نحو القلب.

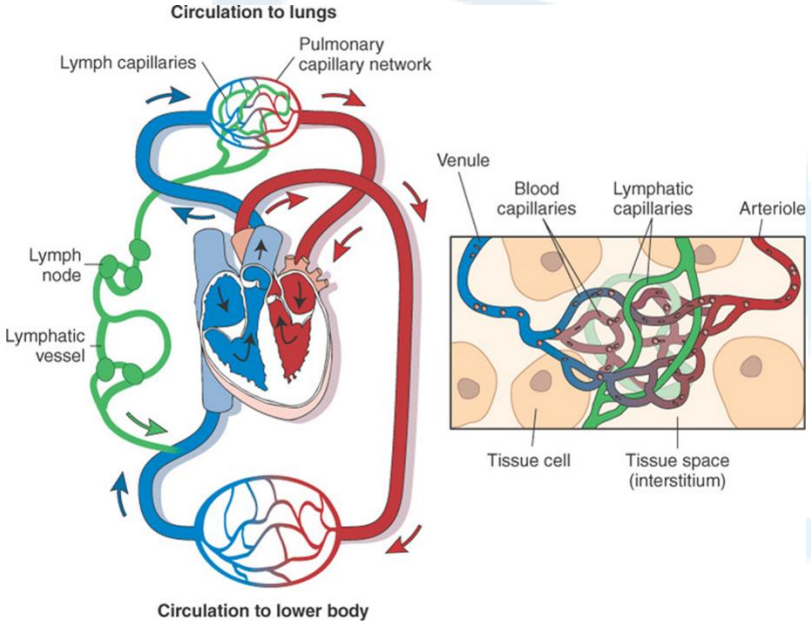
الدوران اللمفاوي

Lymphatic circulation

- معدل الترشيح في وعاء شعري يتجاوز بنسبة صغيرة معدل عودة الامتصاص أي أن قسم من السوائل لا يعود بالدوران الوريدي وإنما بالدوران اللمفاوي والذي في النهاية ينضم إلى الدوران الوريدي.
- يلعب الدوران اللمفي دوراً هاماً في حركة السوائل ضمن العضوية، والأهمية ليست كمية وإنما نوعية لأنه الطريق الوحيد لعودة البروتينات التي قد تتسرب إلى الخلال.

- تركيب اللمف: سائل شفاف مائل للصفرة يشبه تركيب البلاسما إلا أن تركيز البروتين فيه أقل بكثير، وهو قابل للتخثر لاحتوائه على مولد الليفين، ويختلف حسب العضو الذي يأتي منه، فاللمف القادم من الأمعاء غني بالدسم التي تكون قد امتصت من لمعة الأمعاء.

- تتجمع الشعريات اللمفاوية المنتشرة في الأنسجة لتشكل أوعية جامعة تحوي دسامات تسمح بحركة اللمف باتجاه الأوعية الأكبر توجد على مسيرها العقد اللمفاوية، تجتمع الأوعية لتشكل جذوع لمفية تصب في القناة الصدرية والوريد اللمفي الكبير ومنهما إلى الوريد الأجوف العلوي.



- توجد العقد اللمفية على مسار الجذوع الكبيرة، تتوضع في أماكن عديدة كالعنق وتحت الإبط وجذر الفخذ والبطن ولها وظيفة مناعية حيث تعمل على إنتاج الخلايا اللمفاوية وتنقي اللمف من العناصر الغريبة.

وظائف اللمف:

- يقوم بنقل الأغذية والسوائل والمواد المنحلة المرتشحة إلى الأنسجة من الدم إلى الدوران اللمفاوي ثم الوريدي.
- هو الممر الوحيد لعودة البروتينات التي خرجت من الأوعية للنسج.
- يعود بالعناصر الغذائية الممتصة في جهاز الهضم خاصة الدسم.
- له دور دفاعي مهم جداً لأن المواد السامة والجراثيم توقف في العقد اللمفاوية الموجودة على مسير الأوعية، وهذه العقد تلعب دور مصفاة تنقي اللمف من الجراثيم وتعمل على إنتاج الخلايا اللمفاوية.

الطحال Spleen: هو عضو لمفاوي كبير يقوم بـ:

- إنتاج الكريات الدموية الحمر في المرحلة الجنينية، تكوين الخلايا اللمفاوية لدى البالغين.

- مخزناً هاماً للدم.
- تحطيم كريات الدم الحمر الهرمة.
- تخزين الحديد، وإنتاج أصبغة الصفراء.
- مقاومة الجراثيم لأن الخلايا اللمفاوية الموجودة فيه تنتج أجساماً مضادة تقضي على الجراثيم والأجسام الغريبة بطريقة مناعية، كما أن الخلايا الشبكية للطحال يمكنها أن تلتهم الجراثيم والأجسام الغريبة.

الدوران الموضعي Local Circulation

نقص الأكسجة يؤدي الى إطلاق مواد توسع المصرات مثل حمض اللبن وثاني أكسيد الكربون والأدينوزين والبوتاسيوم، وبالتالي تزداد كمية الدم الواردة وتتوسع الشرايين الكبيرة بتأثير العامل البطاني المرخي لزيادة كمية الدم الواردة endothelium dependent vasodilation (NO)

- في حالة نقص الأكسجة المديد يتم تفعيل عامل النمو البطاني endothelial growth factor والأنجيوجنين angiogenin وبالتالي يزداد عدد وقد الأوعية الدموية وتتحسن التروية.

https://manara.edu.sy/