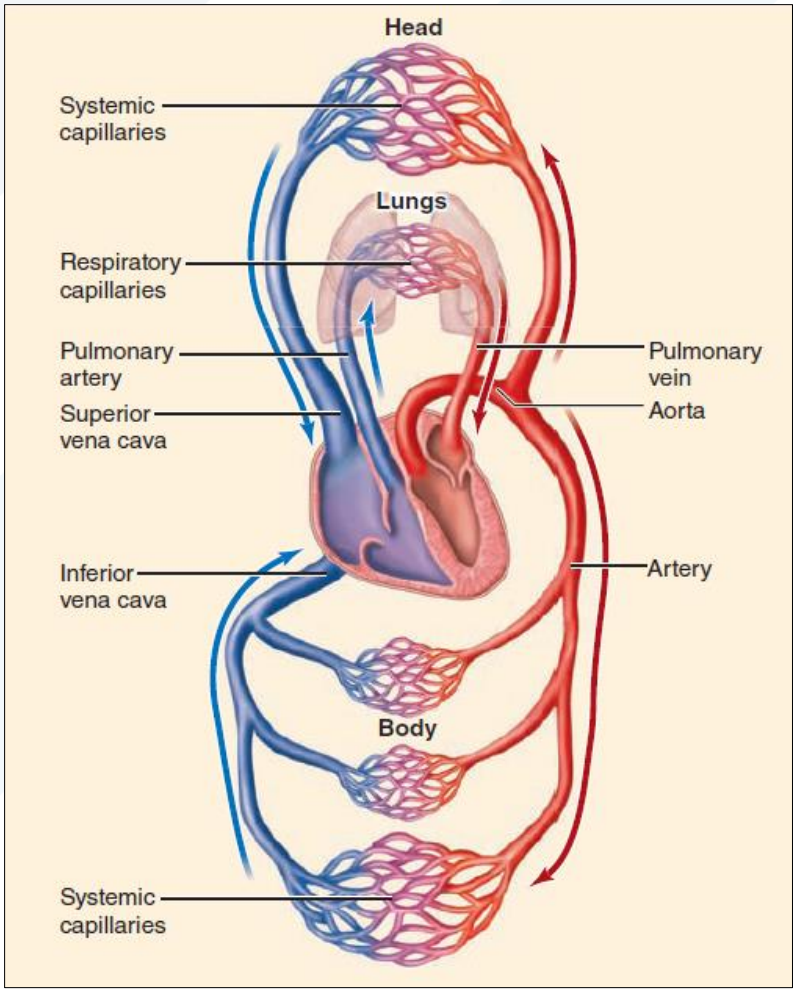
المحاضرة الخامسة

الجهاز القلبي الوعائي (1)

يغادر الدم القلب من خلال أوعية دموية تدعى **الشرايين** Arteries تتفرع وتتشعب بدورها لتشكل ما يشبه الشجرة لتصل إلى جميع أعضاء الجسم، وتدعى هذه التشعبات الأصغر **بالشرينات** Arterioles. ينقل الدم من الشرينات إلى **الشعيرات الدموية** Capillaries وهي شبكة من الأنابيب الضيّقة ذات جدران رقيقة جداً، وبعد أن يعبر الدم الشعيرات الدموية يتجمّع في **الوريدات** Venules التي تنقل الدم إلى أوعية دموية أكبر تسمى **الأوردة** Veins ترجع الدم إلى القلب، الشكل (1).

وبالتالي تشكل الأوعية الدموية في جسم الإنسان **جهازاً دورانياً مغلقاً** لاستلام المواد وتسليمها Closed Delivery System؛ إذ يبدأ بالقلب وينتهي به.

تختلف الأنماط الثلاثة من الأوعية الدموية (الشرايين، والأوردة، والشعريات) بالطول، والقطر، وثخانة الجدار، والنسيج المكون لها.



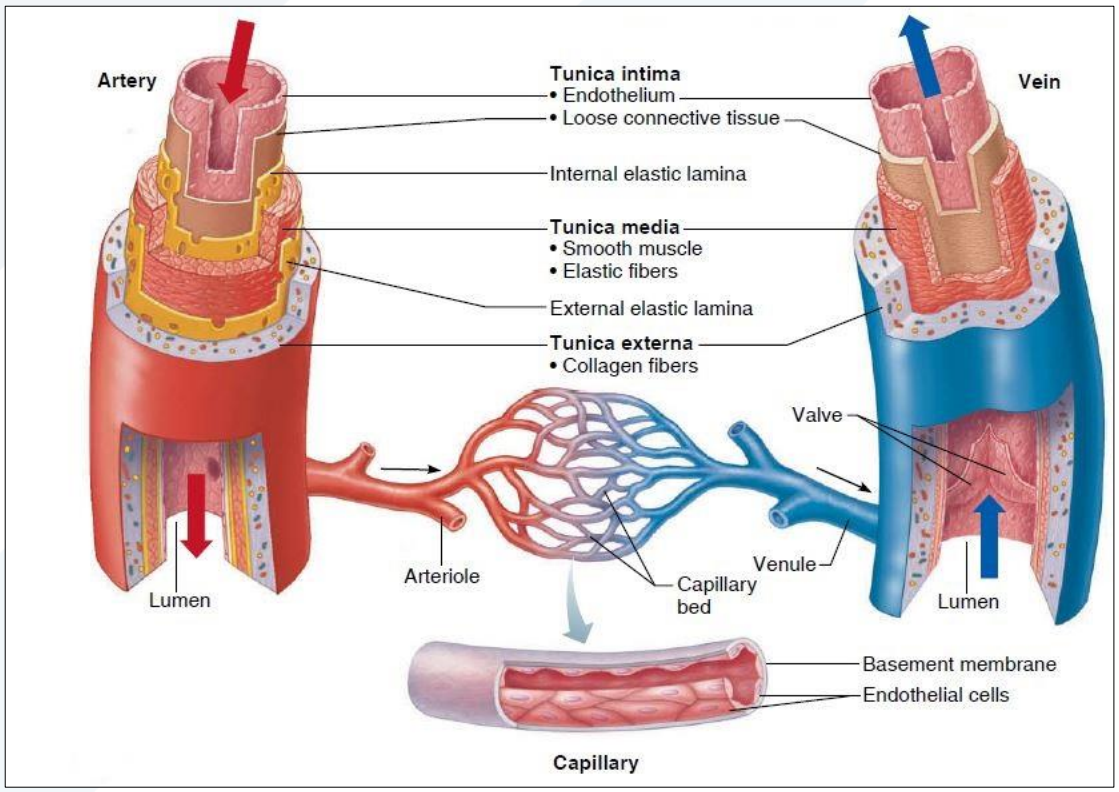
الشكل (1): الأوعية الدموية في الجسم.

تتكون **جدر** جميع الأوعية الدموية من **ثلاث** طبقات (غلالات) تحيط بلمعة الوعاء (**باستثناء** الشعريات الدموية) ومرتبة من الداخل إلى الخارج على النحو الآتي، الشكل (2):

1. **الطبقة (غلالة) داخلية (باطنة) Tunica intima (intema) or interna:** تتألف من بطانة **ظهارية رصفية** (حرشفية) Endothelium ناعمة ملساء (تخفف كثيراً من احتكاك الدم مع جدر الوعاء) تغطيها طبقة رقيقة من النسيج **الضام الرخو** Loose connective tissue.

2. **الطبقة الوسطى (وسطانية) Tunica media:** تتألف من خلايا **عضلية ملساء** Smooth muscle دائرية التوضع يتخللها طبقات من **الألياف المرنة** (المرنين أو الإيلاستين) Elastic fibers، تسمح الألياف العضلية الملساء **بتقبيض** الوعاء **وتوسيعه**، بينما تسمح الألياف المرنة **بتمدده** (تمططه) **وارتداده** Stretch and Recoil (نلاحظ أن هذه الطبقة تكون **ثخينة** في الشرايين الكبيرة مع وجود **طبقتين** من الألياف المرنة مقارنة مع الأوردة الكبيرة).

3. **الطبقة الخارجية (البرانية أو الظاهرة) Tunica externa or adventitia:** تتكون بصورة **أساسية** من **ألياف الكولاجين** Collagen fibers المحبوكة ضمن نسيج ضام (رخو) Connective tissue، وظيفتها **حماية** الوعاء الدموي **ودعمه**، **وتثبيته** على البنى المجاورة له.



الشكل (2): تركيب الجدار عند كل من الشريان Artery والوريد Vein، والشعيرة Capillary.

أما **الشعيرات الدموية Capillaries** فهي **أصغر** الأوعية الدموية **قطراً**، تصل ما بين الشُرينات (التي تمدها بالدم) والوُريدات (التي تنزح منها الدم)، وتقتصر **بنية** جدارها على طبقة أو غلالة **داخلية بطانية** رقيقة محاطة بغشاء **قاعدي** من ألياف **الكولاجين**، تجعلها شديدة التلاؤم مع دورها **الوظيفي** المتمثل في **تبادل** المغذيات والشوارد والهرمونات وغيرها من المواد بين الدم والسائل الخلالي.

التدفق (الجريان) الدموي

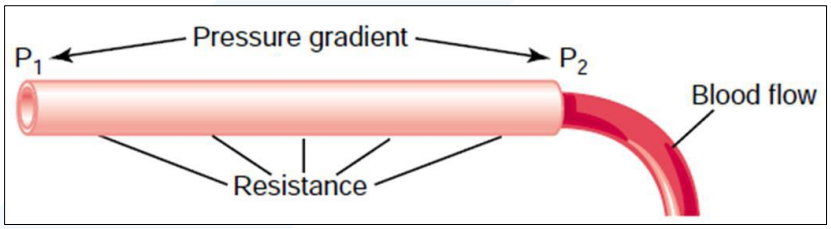
يعني **كمية** الدم التي تجتاز **نقطة** معينة من الدوران خلال فترة زمنية **محددة**، ويعبر عنه عادة بالميليلتر أو الليتر في الدقيقة. يبلغ التدفق الدموي الإجمالي (الكلي) لشخص **بالغ** في حالة **الراحة** 5000 مل/د (5 ل/د) وهذا يعادل **النتاج القلبي** Cardiac output؛ لأنه يمثل كمية الدم التي يضخها القلب خلال فترة من الزمن وهي الدقيقة.

تخضع **حركة الدم** ضمن الأوعية الدموية لتأثير قوتين أساسيتين، الشكل (3):

1. **فرق الضغط** بين طرفي الوعاء الدموي، وينجم عن الفعالية القلبية.
2. **مقاومة الجريان** أو **المقاومة الوعائية**: وهي **إعاقة** (ممانعة) **جريان** (تدفق) الدم في الوعاء، وهي تقيس مقدار **الاحتكاك** الذي يواجهه الدم عندما يمر في الوعاء، وهناك مصطلحان: المقاومة **المحيطية** الكلية، والمقاومة **الرئوية** الكلية.

وتتعلق المقاومة الوعائية بـ:

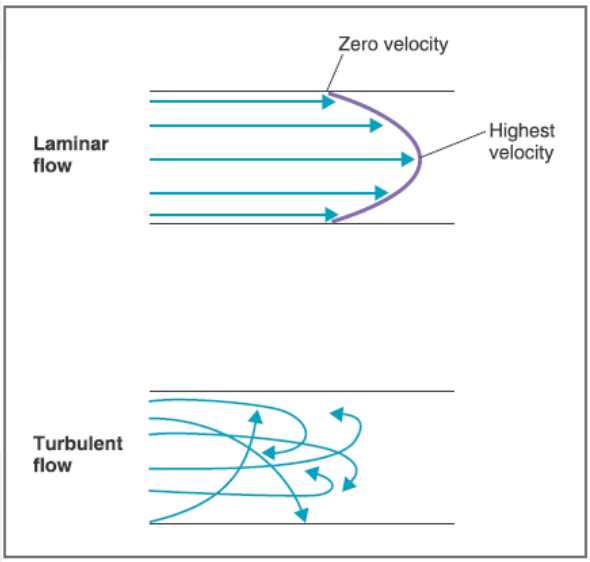
- **لزوجة الدم** (التي تتعلق بعدد الكريات الحمر، وبروتينات المصورة)؛ حيث تزداد بزيادة اللزوجة.
- **نصف قطر الوعاء**؛ حيث تتناسب مقاومة الجريان عكساً مع نصف قطر الوعاء.



الشكل (3): العوامل المؤثرة على الجريان الدموي.

يكون الجريان في الحالة الطبيعية بشكل **صفائحي انسيابي** على شكل دوائر متحدة المركز؛ إذ يكون الجريان أسرع في المركز.

قد يصبح **الجريان مضطرباً** Turbulent، عندما تصبح سرعة الجريان **كبيرة جداً**، أو عندما يجتاز **عائقاً** في الوعاء، أو عندما **يغيّر** اتجاهه بحدة، أو عندما **يمر** فوق سطح **خشن**، ويقصد بالجريان المضطرب أن الدم يجري بشكل **عرضاني** إضافة إلى **جريانه** على طول الوعاء، ويشكل عادة التفافات Whorls في الدم تدعى **تيارات الدوامة** Eddy currents، الشكل (4).

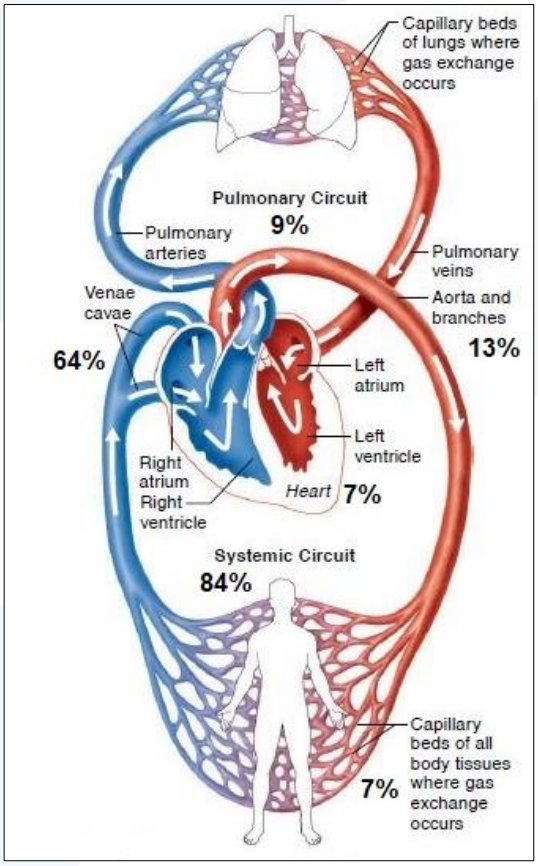


الشكل (4): مقارنة بين الجريان الصفائحي Laminar والجريان المضطرب Turbulent.

حجوم الدم في الأقسام المختلفة لجهاز الدوران

يبيّن الشكل (5)، النسبة **العظمى** من الدم الموجودة في الأوعية الدموية:

- الدوران المحيطي (الجهازي): 84 %، ويضم:
  - الشرايين: 13 %.
  - الشرينات والشعيرات: 7 %.
  - الوريدات والأوردة: 64 %.
- القلب: 7 %.
- الدوران الرئوي: 9 %.



الشكل (5): الأقسام والأجزاء الوظيفية لجهاز الدوران، وتوزع لحجم الدم بينها.

الدوران الشرياني

يتميز **بارتفاع** متوسط الضغط فيه، وبوجود **تبدلات** مرتفعة وآنية، تمتاز الشرايين **الكبيرة** وخاصة الأبهر والفروع الكبيرة المتشعبة عنه **بالمرونة** لغنى طبقاتها المتوسطة **بالألياف المرنة**، مما يسمح لها **بالتمدد** تحت تأثير الضغط المطبق عليها وتعود إلى قطرها الأولي بعد زوال الضغط.

تتجلى **أهمية المرونة** بتحويل نتاج القلب إلى **جريان مستمر**، وتوفير في الطاقة؛ إذ **تمتص** الصدمة الناجمة عن الدفقة الدموية أثناء **الانقباض** لتعيدها أثناء **الانبساط**.

فكّر ثم أجب:

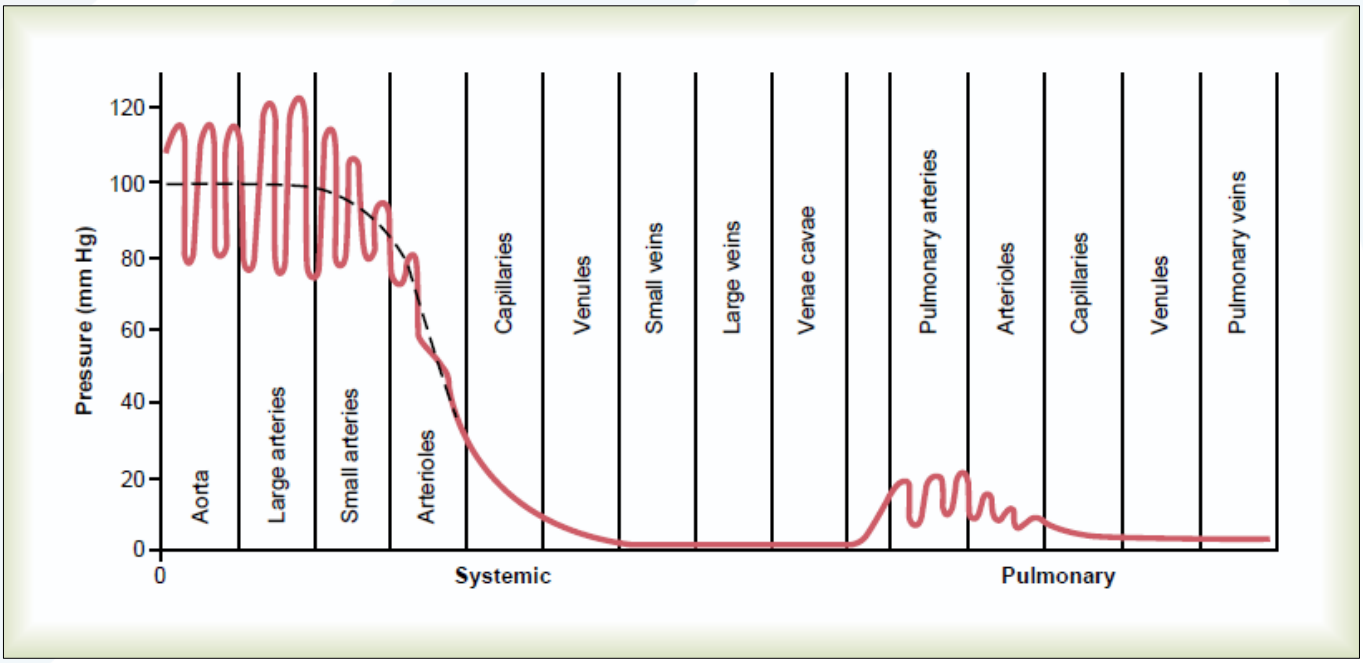
يدعى حجم الدم الموجود في الشرايين بالحجم المُجهَد Stressed volume.

التنظيم العصبي قصير الأمد للضغط الشرياني

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

يتغير الضغط في الدورة القلبية بين **ضغط أعظمي** (الانقباضي) ويبلغ **120 مل زئبقي** ويمكن أن يتراوح في الحالة الطبيعية بين **110 – 130 مل زئبقي**، أما الضغط الأصغري (الانبساطي) فيبلغ **80 مل زئبقي** ويتراوح بين **60 – 90 مل زئبقي**، الشكل (6)، والجدول (1).

يتأثر الضغط الشرياني بالانفعالات، والنوم، ونوع الغذاء، وممارسة الرياضة، كما يتعلق نسبياً بالعمر والوزن والجنس (ذكر أم أنثى).



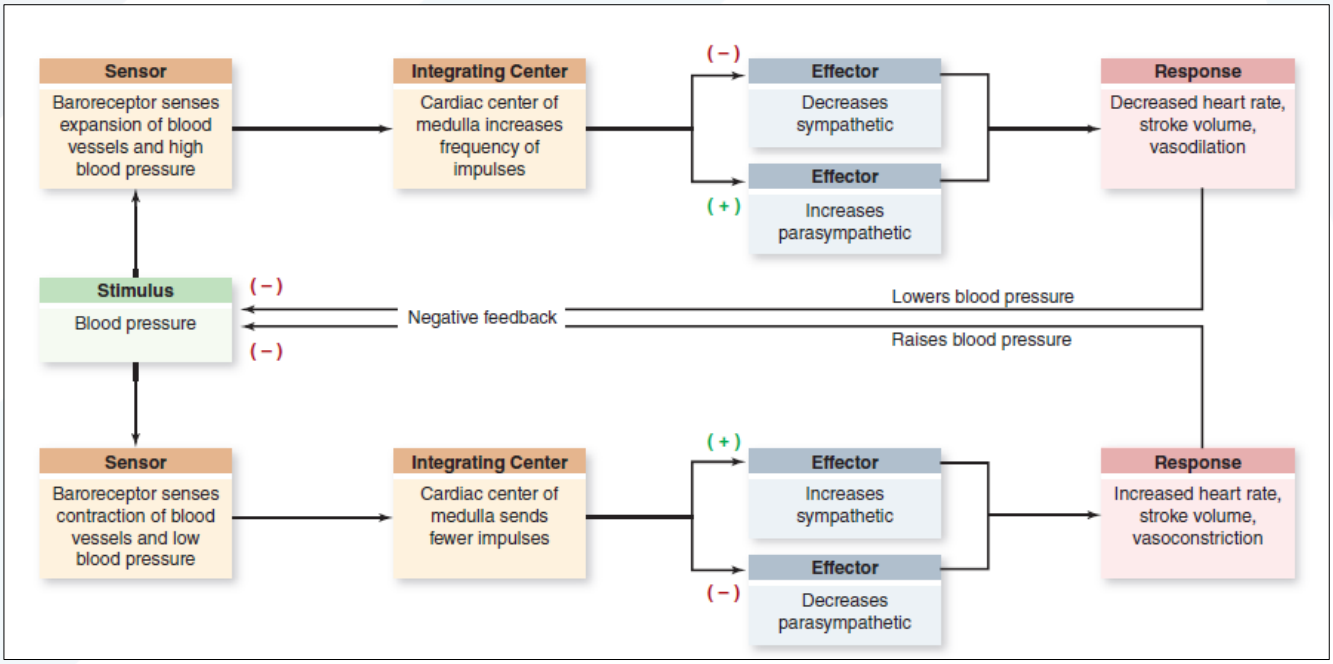
الشكل (6): ضغط الدم في مختلف أقسام جهاز الدوران.

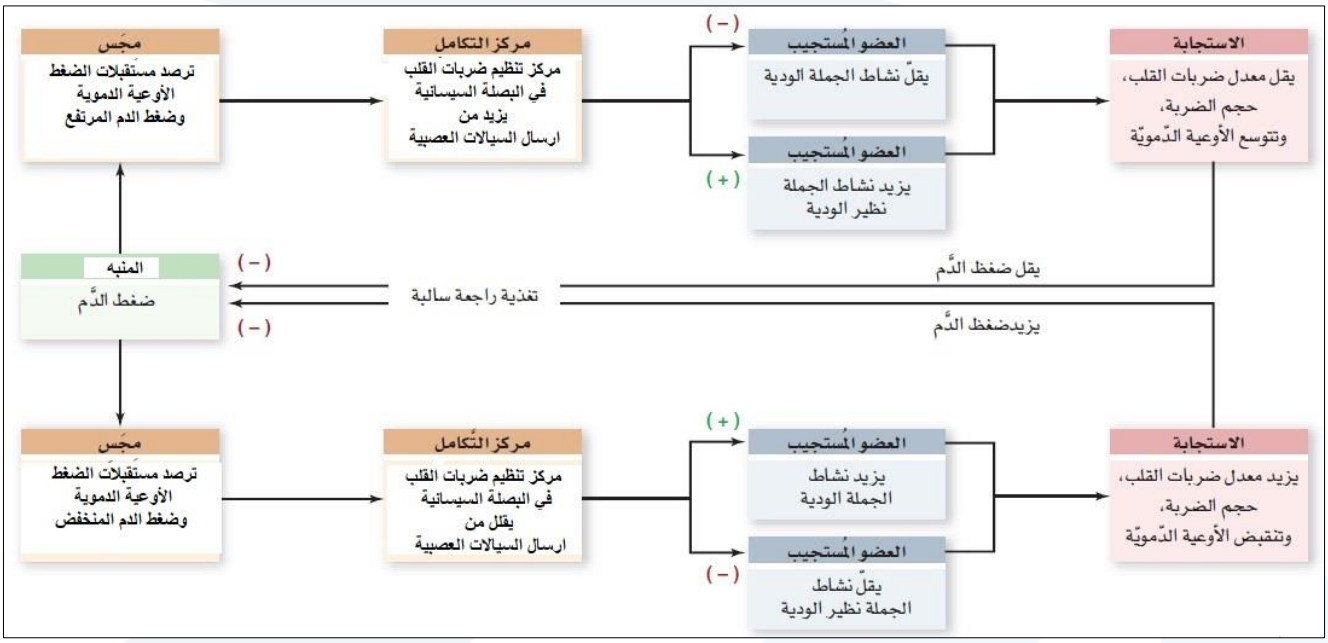
الجدول (1): الضغوط في الجهاز القلبيّ الوعائيّ.

الموقع	الضغط الوسطيّ (mm Hg)
الجهازي	
الأبهر	100
الشرايين الكبيرة	100 (انقباضي، 120؛ انبساطي، 80)
الشُّريّنات	50
الشعريّات	20
الوريد الأجوف	4
الأذينة اليمنى	2-0
الرئوي	
الشريان الرئويّ	15 (انقباضي، 25؛ انبساطي، 8)
الشعريّات	10
الوريد الرئويّ	8
الأذينة اليسرى[a]	5-2

عند انخفاض (هبوط) الضغط الشرياني، يتم **تفعيل القسم الودي** الذي **يقبّض** الأوعية، فيرفع المقاومة الوعائية المحيطية، ويزيد معدل وقلوصية القلب، فيزداد النتاج القلبي ويرتفع الضغط الشرياني.

وبالعكس عند **زيادة** الضغط الشرياني فإن المركز العصبي المحرك **يثبّط** عمل الجهاز الودي **فتتوسع** الأوعية، و**يتحرّض** بنفس الوقت القسم **نظير الودي** الذي ينقص معدل القلب وقلوصيته، بالنتيجة ينقص الضغط الشرياني، الشكل (7).



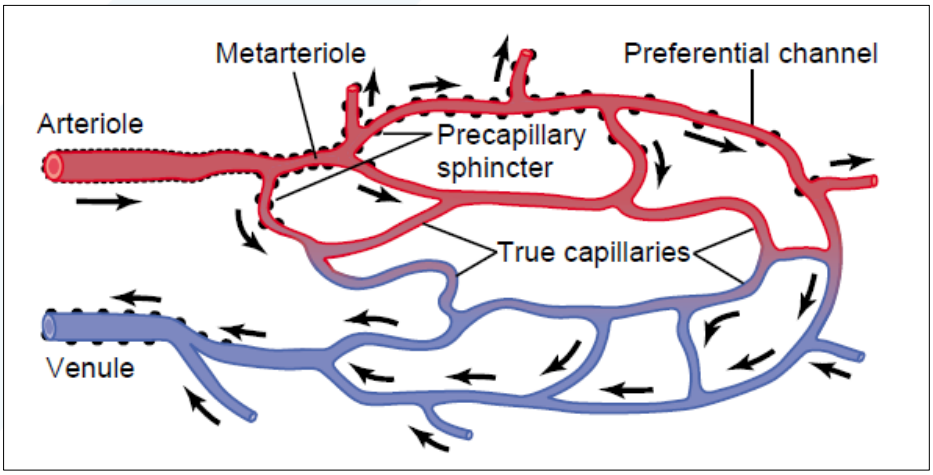


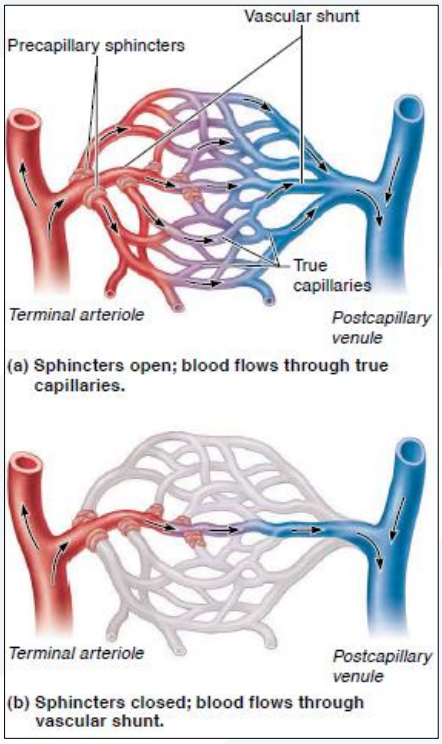
الشكل (7): التنظيم العصبي للضغط الشرياني

الدوران الشعري

يتحقق الهدف من **الدوران (التبادل)** في مستوى الشعريات الدموية، وهو **إمداد** الأنسجة بالأكسجين والمغذيات الضرورية، **وتخليصها** من فضلات الاستقلاب وذلك بسبب **النفوذية العالية** للشعريات.

تتألف الشعيرات كما ذكرنا سابقاً من طبقة من **الخلايا البطانية** (ظهارة رصفية) تستند على غشاء قاعدي، تحاطالشعيرات 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، الشكل (8).

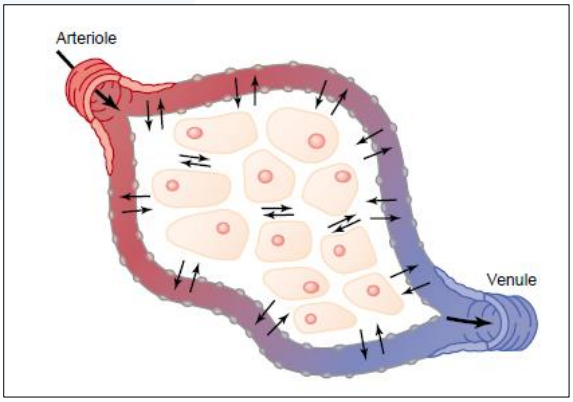




الشكل (8): بنية الشعيرات الدموية (السرير الشعري) وعمل المصرة قبل الشعرية Precapillary sphincter.

عندما يمر **الدم خلال الشعيرات الدموية**، فإن تبادلاً مستمراً يحدث في السائل خارج الخلوي بين مصورة الدم وبين هذا السائل الذي يملأ الأفضية بين الخلايا الشكل (9)، وكما يلاحظ فإن الشعيرات نفوذه بحيث أن كمية كبيرة من السوائل والعناصر المنحلة فيها تستطيع الانتشار Diffuse جيئة وذهاباً بين الدم والأفضية النسيجية.

إن **عملية الانتشار** هذه تنجم عن الميل الحركي Kinetic للجزيئات في المصورة والسوائل الخلالية، ولذلك فإن السوائل والجزيئات المنحلة تتحرك باستمرار جيئة وذهاباً في كل الاتجاهات داخل السائل نفسه وعبر المسام والأفضية الخلوية.



الشكل (9): انتشار السوائل عبر جدر الشعيرات الدموية وعبر الأفضية الخلالية (المسافات البينية).

لا توجد أية خلية في الجسم تبعد تقريباً عن الشعيرات الدموية أكثر من 25 – 50 ميكرومتر، وهذا يؤمن انتشار لكل مادة تقريباً من الشعيرات الدموية إلى الخلية في غضون بضعة ثوانٍ. ولذلك فإن السوائل خارج الخلايا تكون في كل مكان

في الجسم سواء تلك السوائل في المصورة، أو في الأفضية الخلالية، كما أنها تُمزج باستمرار للمحافظة على التجانس التام نسبياً.

تعمل **ربع** الأوعية الشعرية في حالة **الراحة** وتزداد أثناء الجهد، وتختلف **كثافة** الشبكة الشعرية من **عضو لآخر** بشكل يتناسب **طرداً** مع **فعالية** العضو، فكثافتها مثلاً في البطين الأيسر أضعاف ما هي عليه في الجلد.

يوجد نوعان للدوران الشعري:

1. **دوران شعيري تغذوي**: يؤمن فقط تغذية العضو، وهذا ينخفض كثيراً في حالة الراحة ليزداد في حالة الجهد.
2. **دوران شعيري وظيفي**: ويؤمن (بالإضافة إلى التغذية) وظيفة هامة للعضوية ككل مثل الرئة والكلية والكبد.

الدوران الوريدي

يقوم **بجمع** الدم الذي خضع للتبادل في الأنسجة وفي الرئتين **ويعيده** إلى القلب.

خصائصه

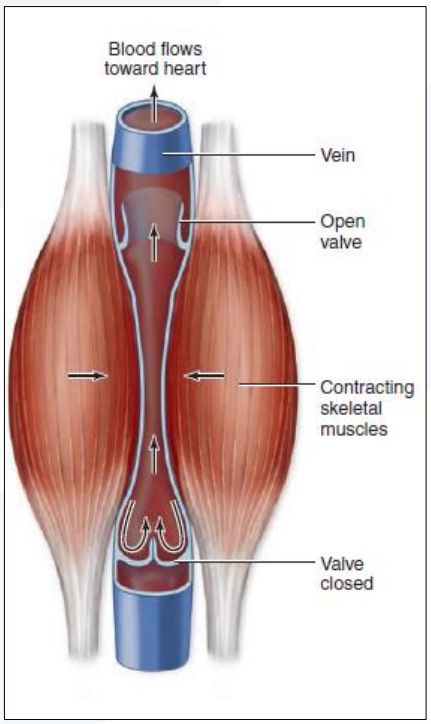
1. يتبدل **حجم** الدم في الأوردة حسب الظروف، ويختلف من عضو إلى آخر.
2. **الضغوط** في الدوران الوريدي **أقل** بكثير من الضغوط في الشرايين، تكون قريبة من الصفر في الأوردة الكبيرة قرب القلب، عد إلى الشكل (6)، والجدول (1).

العود الوريدي

هو كمية الدم المتدفقة من الأوردة إلى الأذينة اليمنى كل دقيقة.

العوامل التي تؤمن عودة الدم إلى القلب

1. **فرق الضغط الدموي الحركي** (الهيموديناميكي) بين نهايتي الدوران الوريدي وهذا يعود للفعالية القلبية.
2. **الحركات التنفسية:** يزداد العود الوريدي أثناء الشهيق؛ إذ يتقلص الحجاب الحاجز فيرفع الضغط داخل البطن، ويساعد على تحريك الدم من الأحشاء باتجاه القلب.
3. **التقلص العضلي:** يرفع تقلص العضلات الهيكلية الضغط داخل أوردة العضلات والأوردة المجاورة، لذلك يعتبر المشي والرياضة من العوامل المهمة لتنشيط الدوران الوريدي الشكل (10).
4. **الدسامات الوريدية:** تعمل هذه الدسامات على جعل جريان الدم في أوردة الطرف السفلي باتجاه واحد نحو القلب.



الشكل (10): تدفق الدم داخل الوريد باتجاه واحد نحو القلب.

انتهت المحاضرة ... بالتوفيق للجميع.