السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

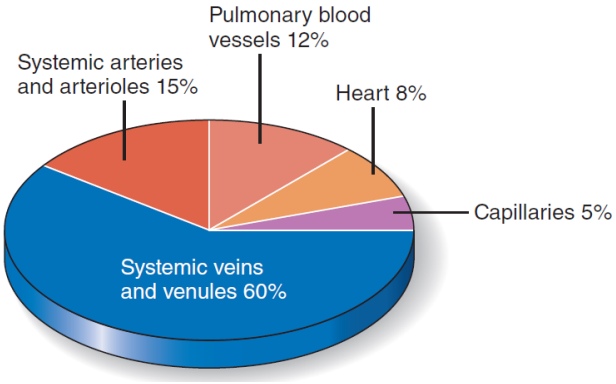
الفهرس

الفقرة		الصفحة
الدوران الوريدي The Venous Circulation	الجملة الوريدية العميقة والسطحية في الأطراف + التشريح الوظيفي للأوردة	2
	حركة الدم بالأوردة	3
	الضغوط الوريدية	4
	النبض الوريدي	7
الدوران اللمفي The Lymphatic Circulation	التشريح الوظيفي	9
	سرعة جريان اللمف	10
	وظائف اللمف	12
	الوذمة اللمفية Lymphedema	13
الدوران الرئوي The Pulmonary Circulation	الخصائص المميزة للدوران الرئوي	15
	حجم دم الرئتين ووظيفة الادخار	16
	العوامل المؤثرة في جريان الدم بالرئتين	17
	اختلاف توزع الدم بين قمة الرئة وقاعدتها	18
	موازنة الماء في الرئة والآلية التي تبقى بها الأسناخ جافة + الانضمام الرئوي الكتلي Massive + Pulmonary Embolism الوذمة الرئوية Pulmonary Edema	19
	ارتفاع الضغط الشرياني الرئوي	20

مقدمة

في نهاية المحاضرة السابقة تحدثنا عن الجمل الوعائية منخفضة الضغط وبدأنا بالأوعية الشعرية، ونكمل لكم في محاضرة اليوم بقية هذه الجمل.

The Venous Circulation الدوران الوريدي



يعد الدوران الوريدي من أهم عوامل الدوران الدموي العام لأنه يحدد مدى امتلاء أجواف القلب، وبالتالي كمية الدم المقذوفة منها أثناء تقلصها، فهو يقوم بجمع الدم من الشعيرات الدموية ويدفعه نحو القلب، كما يؤمن حجماً مدخراً من الدم قابلا للتحرك عند الحاجة، حيث تحوي الأوردة الجهازية ما يقارب 60% من حجم الدم الكلي معظمها في الوريدات والأوردة الصغيرة.

الجملة الوريدية العميقة والسطحية في الأطراف

- في الأطراف يكون هناك جملة وريدية عميقة مرافقة للشرايين وجملة سطحية مساعدة غير مرافقة للشرايين.
- تكون الجملة العميقة مزدوجة في الطرفين العلويين عادة، ما عدا الوريد الإبطي الذي يكون مفرداً.
- أما في الطرفين السفليين فتكون الجملة العميقة مزدوجة تحت الركبة فقط، أما فوق الركبة فالوريد الفخذي يكون وحيد عادة[1].
- الجملة السطحية في الطرف العلوي هي الوريد القاعدي والوريد الرأسي وفروعهما، وفي الطرف السفلي لدينا الوريد الصافن الكبير والوريد الصافن الصغير وفروعهما.
- تتصل الأوردة السطحية في الطرف السفلي مع الجملة العميقة بمجموعة أوردة فريدة تسمى الأوردة الثاقبة التي تحتوي أيضاً على صمامات هامة وظيفياً.

التشريح الوظيفي للأوردة

- تقسم الوردة من الناحية التشريحية الوظيفية إلى **ثلاثة** أقسام هي الكبيرة والمتوسطة والوريدات.
- وتشبه نسيجياً الشرايين إلا أن جدرها أرق ولمعتها أكبر وتحتوي على دسامات.

ملاحظة

يسمى الشريان الذي يتفرع من شريان أكبر منه بالفرع Branch، أما الأوردة فيكون الفرع الصغير عبارة عن رادف Tributary للوريد الأكبر ولا يسمى فرعا.

[1] يوجد وريدان فخذيان في 33٪ من البشر.

- وبسبب رقة الجدر تكون أكثر قابلية للغزو والارتشاح الورمي خاصة في المنصف.
- يختفي القميص المتوسط في أوردة الدماغ والسحايا والشبكية، كما يزول القميص الخارجي من الأوردة الرئوية المتوسطة.

حركة الدم بالأوردة

سرعة جريان الدم بطيئة نسبياً لذلك الخثرات الوريدية **شائعة كثيراً** عكس الخثرات الشريانية.

يتحرك الدم بالأوردة نتيجة لتأثير عوامل متعددة هي:

1) الاستنشاق الصدري (مضخة الصدر):

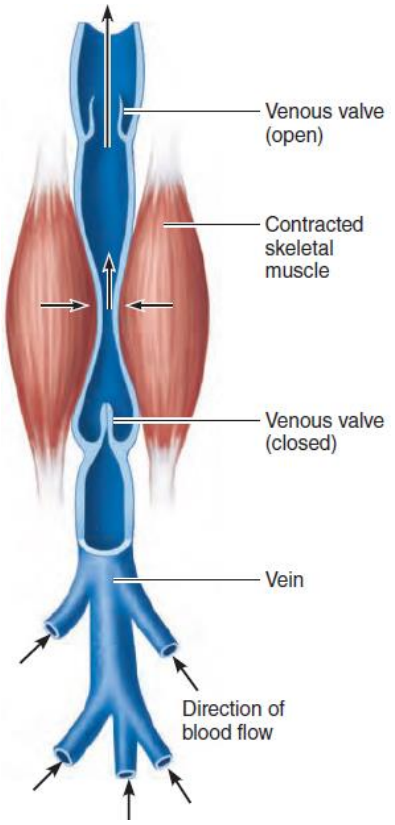
- يستعمل تعبير الاستنشاق الصدري أو مضخة الصدر للدلالة على الفعل الذي يؤدي إلى تحرك الدم الوريدي **تجاه القلب** نتيجة لتغير الضغط في جوف الصدر في أثناء الحركات التنفسية.
- إذ يحدث خلال فترة الشهيق انخفاض الضغط داخل جوف الصدر *-2,5 ملم ز* إلى *-6 ملم ز* (أي يزداد الضغط السلبي).
- ينتقل هذا الضغط المنخفض إلى الأوردة الكبيرة والأذينين، نظراً لدقة جدرها مما يؤدي إلى تحرك الدم نحوها.
- كما أن تقلص عضلة الحجاب الحاجز في أثناء الشهيق يسبب انضغاط أحشاء البطن وأوردته مسبباً تحرك الدم فيها تجاه القلب.

  ↵ هذا يسبب زيادة العود الوريدي إلى القلب الأيمن خلال الشهيق بينما لا تحدث زيادة عود وريدي رئوي إلى القلب الأيسر[2]، مما يسبب تقبب الحجاب بين البطين بشكل طفيف **نحو الأيسر** خلال الشهيق ونقصان الضغط الشرياني بشكل طفيف خلال الشهيق *<10٪*.

2) التقلص العضلي، مضخة العضلات:

- يحدث تقلص العضلات الهيكلية ضغطاً خارجياً على الأوردة لا سيما في الطرفين السفليين فتفرغ ما فيها من دم ويدخل إليها دم جديد في أثناء الاسترخاء العضلي.
- ويتضح تأثير التقلص العضلي في دفع الدم الوريدي تجاه القلب في أثناء التمارين، لذلك تعد الحركات الاعتيادية كالمشي والاستثنائية كالرياضة من العوامل الهامة لتنشيط الدوران الوريدي الذي يحدد امتلاء أجواف القلب وبالتالي مقدار نتاجه.

[2] لأن الشعيرات والأوردة الرئوية موجودة في جوف الصدر وليس خارجه كما في الشعيرات والأوردة الجهازية.



- وتعمل الدسامات الوريدية على جعل جريان الدم باتجاه واحد أي من المحيط باتجاه القلب وتمنع عودته تحت تأثير ثقله، المرتبط بالجذب الذي يتلقاه لا سيما في أوردة الطرفين السفليين.
- تغيب الدسامات في أوردة الدماغ.

3) تأثير تقلص البطين الأيمن:

يؤدي تقلص البطين الأيمن إلى انخفاض الحاجز الأذيني البطيني نحو ذروة القلب مسبباً ازدياد حجم الأذينتين، وانخفاض الضغط بداخلهما، الأمر الذي يساعد على تحرك الدم الوريدي باتجاه القلب، أي باتجاه الضغط المنخفض في الأذينتين والناجم عن تقلص البطين الأيمن.

4) تأثير استرخاء البطين الأيمن:

يساعد استرخاء البطين الأيمن على تحرك الدم بالأوردة باتجاه القلب، لأن الجوف البطيني يصبح أثناء الاسترخاء على اتصال مع الجوف الأذيني، وبالتالي مع الجملة الوريدية.

وبما أن الضغط في هذه اللحظة يكون في الأذينة اليمنى والجملة الوريدية **أعلى** بضعة ميلي مترات زئبقية من الضغط في البطين الأيمن، فإن الدم يتحرك من الاتجاه الوريدي نحو البطين الأيمن، ويحدث ما يشبه امتصاص للدم من قبل ذلك البطين.

5) تأثير النبض الشرياني:

يستفيد الدوران الوريدي من النبض الشرياني كـ**قوة دافعة** عندما يكون الوريد على تماس مباشر مع الشريان وفي غمد واحد.

الضغوط الوريدية

- إن معرفة الضغوط الوريدية وكيفية تنظيمها يساعد كثيراً في فهم وظائف الأوردة فالدم يجري عبر جميع الأوردة الجهازية ليصب في الأذين الأيمن بوساطة الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي.
- ويدعى الضغط في الأذين الأيمن بـ*الضغط الوريدي المركزي Central Venous Pressure*، ومن الواضح أن كل ما يؤثر عليه يؤثر في الضغط الوريدي في كل مكان في الجسم.

العوامل المؤثرة في الضغط الوريدي المركزي

1. قلوصية القلب:

يضخ القلب في الشروط الوظيفية ما يرد إليه من دم، مما يؤدي إلى ميل لنقص الضغط في الأذينة اليمنى، فإن نقص قلوصية القلب الأيمن لسبب ما تفضي لرفع الضغط في الأذينة اليمنى وحدوث وذمات محيطية وحبن وانصباب جنب.

2. جريان الدم:

إن كل ما يسبب جرياناً سريعاً للدم من المحيط إلى الأذينة اليمنى يميل إلى رفع ضغطه ومن هذه الأسباب:

زيادة حجم الدم، زيادة الضغوط الوريدية المحيطية، توسع الشرينات الذي يسمح لها بجريان سريع للدم منها إلى الأوردة.

- وهكذا نرى أن العوامل التي تنظم ضغط الأذينة اليمنى تدخل كذلك في تنظيم نتاج القلب.
- ويساوي الضغط الوريدي المركزي صفر ملم ز تقريباً، وهو يعادل الضغط الجوي حول الجسم، ويمكن أن يرتفع حتى 20-30 ملم ز في حالات مرضية معينة مثل قصور القلب الشديد.
- يصل الحد الأدنى للضغط في الأذينة اليمنى عادة 3- ملم ز وحتى 5- ملم ز، وهو الضغط في جوف الصدر المحيط بالقلب، ويحدث ذلك:
  - عندما يهبط جريان الدم من الأوردة المحيطية إلى القلب بشكل كبير كما في التجفاف.
  - بعد النزف الشديد.
- ويكون الضغط الوريدي منخفضاً وأقل بكثير من الضغط الشرياني وأخفض من الضغط في الشعيرات الدموية، وهو يتناقص تدريجياً من المحيط (الوريدات) إلى المركز (القلب) وهذا أمر طبيعي لأنه العامل الرئيس الذي يحدد عودة الدم بالأوردة نحو القلب.
- وبشكل عام لا يخضع الدم الوريدي إلى تغيرات دورية منتظمة واضحة متواقتة مع عمل القلب من تقلص واسترخاء كما في الضغط الشرياني.

✓ يكون الضغط في الوريدات نحو 12-18 ملم ز.

✓ ينخفض في الأوردة الكبيرة خارج الجوف الصدري نحو 5,5 ملم ز.

✓ يهبط في الأوردة الكبيرة داخل الجوف الصدري إلى نحو 4 ملم ز.

✓ يكون أقل من ذلك في الأذين الأيمن حيث يساوي الصفر تقريباً.

تأثير الضغط المائي السكوني على الضغط الوريدي

- يكون الضغط على سطح الماء في أي مجمع مائي مساوياً الضغط الجوي.
- غير أن الضغط يرتفع بمعدل 1 ملم ز كلما ابتعدنا 13.6 ملم تحت هذا السطح.
- وينتج هذا الضغط عن وزن الماء ويدعى الضغط المائي السكوني *Hydrostatic Pressure*.
- ويحدث الضغط المائي السكوني كذلك في الجهاز الوعائي بسبب وزن عمود الدم في الأوعية.
- فعندما يقف المرء يبقى الضغط الوريدي المركزي نحو الصفر ملم ز لأن القلب يضخ إلى الشرايين أي دم إضافي يحاول التراكم فيه عند هذه المرحلة.

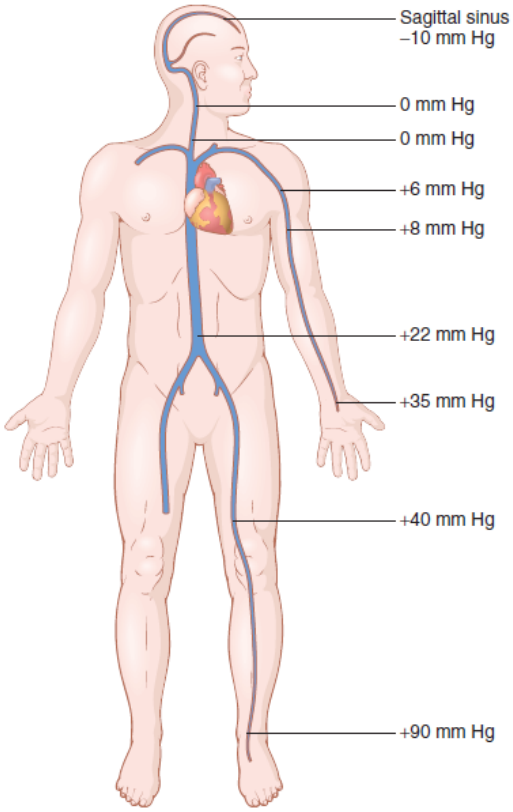


Figure 15-10. Effect of gravitational pressure on the venous pressures throughout the body in the standing person.

- ويبلغ الضغط في أوردة القدم عند الإنسان البالغ في وضعية الوقوف والاستقرار المطلق نحو *90* ملم ز بسبب وزن الدم في الأوردة بين القلب والقدم.
- ويبلغ الضغط في أوردة الذراع عند مستوى الضلع العلوية عادة نحو *6* ملم ز، والسبب هو انضغاط الوريد تحت الترقوة عند مروره فوق هذا الضلع.
- ويحدد الضغط المائي السكوني فوق الأماكن الواقعة أسفل هذه الضلع على طول الذراع بالبعد عن مستوى الضلع.
- وبناء على ذلك إذا كان فرق الضغط المائي السكوني بين مستوى الضلع واليد 29 ملم ز يجب أن يضاف هذا الضغط إلى 6 ملم ز الناجمة عن انضغاط الوريد تحت الترقوة عند تقاطعه مع الضلع، مما يؤدي إلى ضغط كلي في أوردة اليد مقداره *35* ملم ز.
- ويكون الضغط في الجيب السهمي (داخل الجمجمة) في حالة الوقوف نحو *-10* ملم ز بسبب المص المائي السكوني بين أعلى الجمجمة وقاعدتها.

الدسامات الوريدية والضغط الوريدي

- تلعب الدسامات الوريدية دوراً هاماً في تبدلات الضغط الوريدي.
- ولولا وجودها في الأوردة لأدى تأثير الضغط المائي السكوني إلى بقاء الضغط الوريدي في القدم نحو 90 ملم ز بشكل دائم عند الإنسان البالغ.

- لكن في كل مرة يتحرك بها الشخص تتقلص العضلات، وتنضغط الأوردة الموجودة بها والمتاخمة لها مما يؤدي لتحريك الدم تجاه القلب.

- وتمنع الدسامات الوريدية عودة الدم إلى الأسفل، الأمر الذي يسبب انخفاض الضغط في أوردة القدم في أثناء الحركة لأقل من 25 ملم ز.

كثيراً ما تصاب الدسامات الوريدية بالقصور، ويحدث ذلك بشكل خاص عندما تتمدد الأوردة بشدة نتيجة للضغط الوريدي الزائد الذي يستمر لأسابيع أو أشهر.

كما يحدث في الحمل أو حالات الوقوف المديد، ويؤدي توسع الأوردة إلى زيادة مقطعها المعترض، لكن الدسامات لا تزداد مساحتها ولا تستطيع عندئذ إغلاق الأوردة بشكل تام.

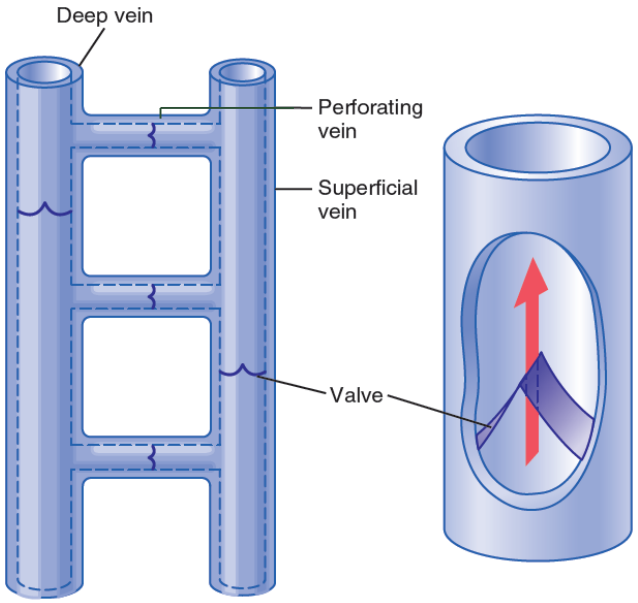


Figure 15-11. Venous valves of the leg.

وعندما يحدث ذلك يستمر الضغط في أوردة القدمين بالارتفاع مما يسبب قصور المضخة الوريدية وزيادة قطر الأوردة أكثر.

وهذا ما يسمى بـ**الأوردة الدوالية**[3] التي تتميز بنتوءات بصلية كبيرة تحت جلد كامل الساق وخصوصاً القسم السفلي منها.

ويؤدي ارتفاع الضغوط الوريدية والشعرية إلى إصابة الدسامات في الجملة العميقة وتسرب السائل من الأوعية الشعيرية وحدوث وذمة ثابتة في الساقين عندما يقف الشخص مدة من الزمن.

وتمنع الوذمة بدورها الانتشار الكافي للغذيات من الشعيرات إلى العضلات المجاورة، لذلك تصبح هذه العضلات مؤلمة وضعيفة.

كذلك يصاب الجلد بالتقرح والموت بسبب نقص الغذيات وتتشكل القرحة الوريدية.

النبض الوريدي

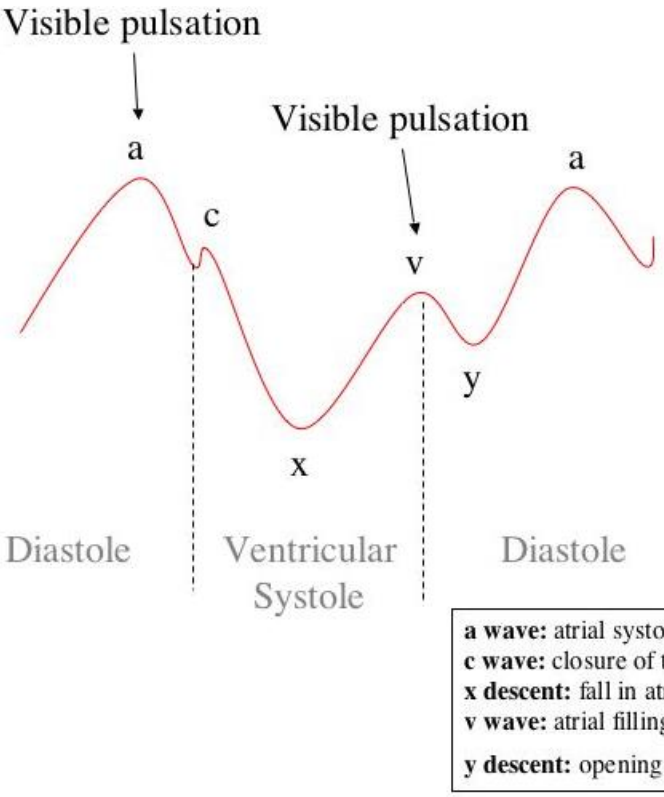
- **يغيب** النبض بالأوردة المتوسطة والصغيرة، ويمكن الشعور به في الأوردة الكبيرة والقريبة من القلب.

- وهو ناجم عن الركودة الدموية المؤقتة الحادة نتيجة لإعاقة حركة الدم نحو القلب في أثناء تقلص الأذينين.

- وعلى مخطط النبض الوريدي الوداجي نميز ثلاث موجات يرمز لها **A, C, V**، و بينهما انخفاضان **x** و **y**.

[3] عند إصابة الدسامات في الأوردة السطحية.

- تنتج الموجة A عن تقلص الأذينة اليمنى وبالتالي انسداد فوهتي الوريدين الأجوفين وحدوث الركودة الدموية فيهما.
- في حين تنجم الموجة C عن انغلاق مثلث الشرف.
- أما الموجة V تنتج عن امتلاء الأذينين بالدم القادم من الأوردة، حيث يسبب هذا الامتلاء مع انغلاق الصمامات الأذينية البطينية ضغطاً بالأوردة القريبة من القلب نتيجة لعدم إمكان دخول كميات أخرى من الدم في ظروف سابقة.

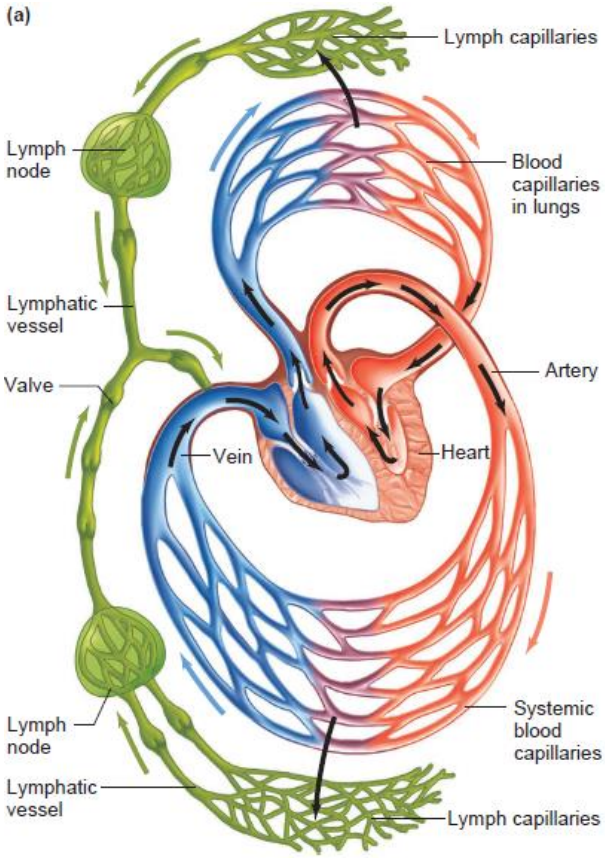


a wave: atrial systole
c wave: closure of the tricuspid valve
x descent: fall in atrial pressure during ventricular systole
v wave: atrial filling against a closed tricuspid valve
y descent: opening of tricuspid valve

الخثار الوريدي العميق (DVT)

- أهم الأسباب هي الركودة الدموية وخاصة الحاصلة عند المرضى طريحي الفراش لمدة طويلة حيث يحصل تخثر في الأوردة العميقة للطرف السفلي يبدأ بأوردة الربلة ويمتد إلى الوريدين المأبضيين وقد يصل حتى الأوردة الحرقفية.
- يحدث تورم في الطرف السفلي واحمرار وحرارة وألم شديد، وقد يكون الطرف مهدداً في الحالات الشديدة، وقد تكون الحالة صامتة لامرضية.
- بحال حدوث الشفاء يحدث في المستقبل قصور وتخرب الصمامات الوريدية ووذمة في الطرف وألم مزمن، وفي الحالات الشديدة قد تحدث قرحات وريدية، ولكن الأخطر من ذلك هو تحرك بعض الخثرات من الوريد وجريانها عبر الأجوف السفلي إلى البطين الأيمن ثم إلى مسببة حدوث صمة رئوية و احتشاء رئوي قد يكون مميتاً.

الدوران اللمفي The Lymphatic Circulation



- اللمف سائل شفاف مائل للصفرة، ذو تفاعل قلوي خفيف.
- وهو قابل للتخثر إذا ما تم فصله من الجسم لاحتوائه على مولد الليفين.
- يشبه تركيب البلازما الدموية ويختلف عنها، بشكل أساسي بتركيز البروتين إذ يبلغ 2 غ/ دل في اللمف المتشكل من معظم الأنسجة عدا الكبد.
- كما يصبح غنياً بالمواد الدسمة بعد تناول الطعام نظراً للدور الهام الذي يقوم به في نقل الدسم الممتصة من الأمعاء.
- ويشكل جهاز اللمف طريق إضافي يمكن للسوائل أن تجري عبره من الأفضية الخلالية إلى الدم.
- كما أن هذا الجهاز يمكنه أن يحمل البروتينات والجزيئات الضخمة (التي لا يمكن إزالتها بالامتصاص المباشر إلى الشعيرة الدموية) بعيداً عن الأفضية الخلالية.

التشريح الوظيفي

- لا تكون الشعيرات الدموية على اتصال مباشر مع الجملة الدورانية فهي تنشأ من رتج بطاني علاقته مع النسج المجاورة هي علاقة الشعيرات نفسها.
- توجد الشعيرات اللمفية في جميع أنسجة الجسم تقريباً **باستثناء** عدد قليل منها كالأجزاء السطحية من الجلد، والجهاز العصبي المركزي، والأجزاء العميقة من الأعصاب المحيطية، والأغماد المحيطة بالألياف العضلية.

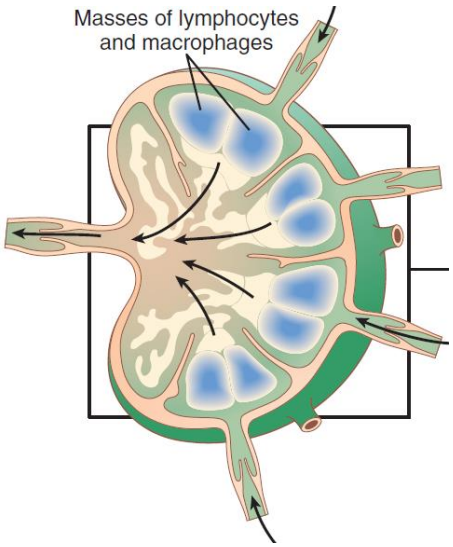
وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأنسجة الخالية من الشعيرات اللمفية تمتلك قنوات خلالية دقيقة تدعى ما قبل الأوعية اللمفية Prelymphatics يمكن للسائل الخلالي أن يجري عبرها ثم ينتهي في الأوعية اللمفية أو السائل الدماغي الشوكي.

- وبشكل عام يجري جميع لمف القسم السفلي من الجسم للأعلى باتجاه القناة الصدرية التي تصب في الجهاز الوريدي عند اتصال الوريد الوداجي الباطن الأيسر مع الوريد تحت الترقوة.

- ويدخل اللمف القادم من الجانب الأيسر للرأس والذراع اليسرى، وأقسام من منطقة الصدر القناة الصدرية قبل أن تصب في الجهاز الوريدي.

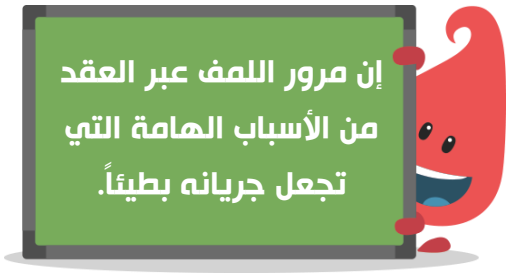
- بينما يدخل اللمف القادم من الجانب الأيمن للرأس والعنق والذراع اليمنى وبعض أقسام الصدر إلى قناة اللمف اليمنى التي تصب بعد ذلك بالجهاز الوريدي عند اتصال الوريد تحت الترقوة الأيمن مع الوريد الوداجي الباطن.

- يمتلك الجهاز اللمفي أجهزة صمامية في الأوعية الكبيرة، ويوجد على مسير الأوعية اللمفية عقد لمفية وهي كتل بيضوية أو دائرية، متباينة القطر، تتوضع في أماكن متعددة من الجسم كالعنق والإبط وجذر الفخذ والصفاق...



- وتلعب هذه العقد دوراً هاماً في تكوين الخلايا اللمفاوية، والتخلص من العوامل الممرضة الغازية، وترشيح الدقائق الغريبة.

- لا تحتوي الشعيرة اللمفية على غشاء قاعدي كامل، وتكون الخلايا المبطنة أكثر تباعداً خلافاً للشعيرات الدموية، مما يسهل حدوث الانتقالات السرطانية والخمجية الجرثومية والفيروسية وحدوث ضخامات بالعقد التي ترتشح بالخلايا الورمية الخبيثة أو العوامل الممرضة كالجراثيم والفيروسات.



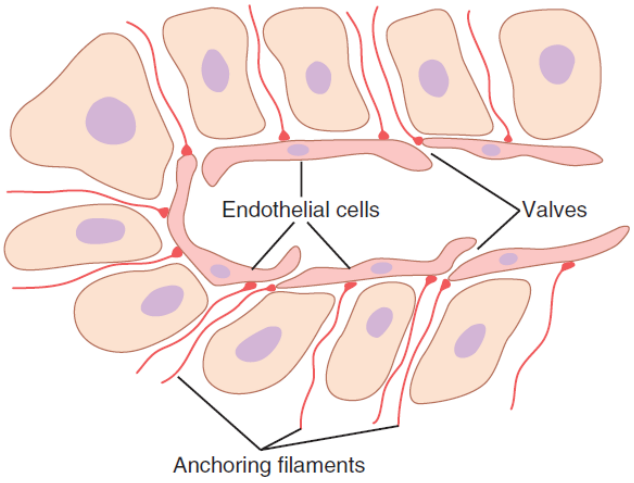


Figure 16-8. Special structure of the lymphatic capillaries that permits passage of substances of high molecular weight into the lymph.

سرعة جريان اللمف

يكون جريان اللمف، بصورة عامة، بطيئاً حيث يجري نحو 100 مل منه عبر القناة الصدرية في الساعة عند الإنسان وهو بحالة الراحة، ولا تتجاوز سرعة جريان اللمف في القناة الصدرية 4 ملم في الثانية كما يكون ضغطه منخفض جداً.

العوامل المؤثرة في الجريان اللمفي

1) ضغط السائل الخلالي:

يزداد جريان اللمف بازدياد ضغط السائل الخلالي، لذلك فإن العوامل التي ترفع من هذا الأخير سوف تؤدي إلى زيادة جريان اللمف ومن هذه العوامل:

- ✓ **ارتفاع ضغط الشعيرات الدموية:** عندما يزداد الضغط الشعيري الوسطي عن 17 ملم ز فإن محصلة القوى التي تميل إلى ترشيح السائل نحو الأفضية الخلالية تزاد زيادة واضحة مما يؤدي إلى زيادة الجريان اللمفي.
- ✓ **نقص الضغط الجرمي للبلازما (الضغط التناضحي الغرواني):** يزيد تركيز البروتينات في البلازما مرتين أو ثلاث على تركيزها في السائل الخلالي، وبما أن هذه البروتينات ذوابة في البلازما وفي السائل الخلالي وهي لا تنتشر بسهولة عبر الغشاء، لذلك الضغط الجرمي الناتج عنها في البلازما والذي **يفوق** الضغط الجرمي للسائل الخلالي يسعى لجذب السائل نحو الشعيرات الدموية، وبناء على ذلك فإن نقص الضغط الجرمي للبلازما يزيد من مقدار السائل الخلالي وجريانه والعكس صحيح.
- ✓ **زيادة نفوذية الشعيرات الدموية:** تؤدي زيادة نفوذية الشعيرات الدموية لأسباب خمجية، أو دوائية أو سمية، أو استقلابية إلى زيادة عبور السائل إلى الأقنية الخلالية، وبالتالي زيادة الجريان اللمفي.

2) تقلص العضلات الهيكلية (مضخة العضلات):

يتأثر جريان اللمف بشدة بتقلص العضلات الهيكلية التي تكون ضغطاً خارجياً يسبب دفع اللمف نحو المركز، وإن وجود أجهزة صمامية في الأوعية اللمفية الكبيرة تمنع عودته[4].

3) الاستنشاق الصدري (مضخة الصدر):

يساعد الضغط السلبي داخل الجوف الصدري، والذي يزداد بالقيمة المطلقة في أثناء الشهيق، (أي يزداد سلبية) على جريان اللمف.

4) الضخ داخلي المنشأ بوساطة الأوعية اللمفية:

- تظهر الصور المتحركة للأوعية اللمفية المكشوفة في كل من الإنسان والحيوان، أن هذه الأوعية عندما تتمدد بسبب امتلائها بالسائل اللمفي فإنها تتقلص تلقائياً، ويرجع ذلك لوجود الألياف العضلية الملس بجدرانها.

[4] مثل الأوردة يعني :D

- ويتناسب التقلص مع درجة الامتلاء، وهذا ما يساعد على حركة اللمف، كما تعمل كل قطعة من **الوعاء** اللمفي موجودة بين صمامين متتاليين كـ**مضخة تلقائية منفصلة** إذ إن امتلاء القطعة يسبب تقلصها، وبالتالي ضخ اللمف منها عبر الصمام إلى القطعة التالية مما يؤدي إلى امتلائها ثم تقلصها.
- وتتواصل العملية على طول كامل الوعاء اللمفي إلى أن يفرغ السائل أخيراً.

5) يساعد تدليك الجسم وكذلك الحركات المنفعلة على جريان اللمف.

6) مضخة الشعيرة اللمفية:

يعتقد معظم الاختصاصيين بالفيزيولوجيا أن **الشعيرة** اللمفية قادرة أيضاً على ضخ اللمف بسبب الامتلاء إذ تحتوي الخلايا للشعيرات على خيوط الأكتين والميوزين القلوصة.

وظائف اللمف

1) دور الجملة اللمفية في المحافظة على حجم السائل الخلالي:

- يجري معظم السائل الذي يرشح من الشعيرات الدموية بين الخلايا ويعاد امتصاصه آخر الأمر من النهايات الوريدية للشعيرات الدموية.
- ولكن جزء من هذا السائل يدخل الشعيرات اللمفية ويعود إلى الدم عبر الجهاز اللمفي بدلا من الوريدي.
- لذلك فمن الواضح أن الأوعية اللمفية تعمل كآلية جريان إضافي **Overflow Mechanism** تعيد إلى الدوران فائض السائل من الأفضية الخلالية وبذلك تسهم بالمحافظة على حجم السائل الخلالي.

2) دور الجملة اللمفية في الحفاظ على تركيز البروتين بالسائل الخلالي:

تقوم الأوعية اللمفية بإعادة كمية لا بأس بها من البروتينات التي تدخل الأفضية الخلالية النسيجية لا سيما الكبد والأمعاء إلى الدوران الوريدي، بسبب النفوذية الشديدة لجدارها حيث تستطيع الجزيئات البروتينية اجتيازها.

> بذلك **تمنع** الجملة اللمفية تجمع البروتينات في السائل الخلالي.

3) دور الجملة اللمفية بالمحافظة على الضغط الجرمي للسائل الخلالي:

بما أن الجملة اللمفية تعيد إلى الدوران البروتينات، وفائض السائل من الأفضية الخلالية، لذلك فإنها تساهم، بشكل رئيسي في المحافظة على الضغط الجرمي للسائل الخلالي ضمن حدود معينة.

4) دور الجملة اللمفية بنقل الغذيات الممتصة:

يعد الجهاز اللمفي طريقاً أساسياً لنقل الحموض الدسمة والكوليسترول، بعد امتصاصها من الأمعاء، وفي الواقع تحتوي القناة الصدرية على مقدار كبير من الدسم بعد تناول وجبة غنية بالمواد الدسمة.

عند إصابة أو انقطاع القناة الصدرية يتوقف نقل نواتج استقلاب ثلاثيات الغليسريدات إلى الدم، لذلك نلجأ إلى تغذية المريض بثلاثيات غليسيريدات ذات حموض دسمة متوسطة طول السلسلة Medium chain triglycerides (MCTs) التي تمتص عن الطريق الدموي في الأمعاء وليس اللمفي.

5) دور الجملة اللمفية في نقل الجزيئات الكبيرة:

تقوم الأوعية اللمفية بنقل الجزيئات الكبيرة (إضافة إلى البروتينات) التي يمكن أن تشق طريقها إلى الأفضية الخلالية مثل بعض الإنزيمات كالهيستاميناز **Histaminase**، إلى الدم.

6) تلعب الجملة اللمفية بما تحتويه من عقد لمفية دوراً هاماً في مقاومة العوامل الممرضة الغازية

وذلك لأن العقد:

- تعد مرشحة تعمل على إيقاف تلك العوامل.
- تسهم في تكوين الخلايا اللمفاوية التي تلعب الدور الرئيس في المناعة.
- تعمل على اقتناص بعض الجزيئات الكبيرة الجائلة بالدوران وتسعى إلى تخريبها.

الوذمة اللمفية Lymphedema

تحدث الوذمة اللمفية عند حدوث أي **عائق مهم لجريان السائل اللمفي** في إحدى نواحي الجسم، مما يؤدي إلى ازدياد ذلك السائل في النسج المحيطة، وخاصة منها أحد الطرفين السفليين أو كلاهما، ويمكن تصنيف الوذمة اللمفية إلى بدئية أو ثانوية.

الوذمة اللمفية البدئية

- تعد الوذمة اللمفية **الولادية** التي تظهر لدى الولادة أو بعدها.

- وتصيب خاصة أحد الطرفين السفليين من الوذمات البدئية، وهي غير شائعة وتشكل أقل من 10% من الوذمات البدئية.

- ويعتقد سببها وجود عدد غير كافي من الأوعية اللمفية في الطرف المصاب أو ضمور تلك الأوعية خلقياً أو قصور دساماتها.

الوذمة اللمفية الثانوية

- إذا كانت الأوعية اللمفية سليمة بالأساس وحدث ما يسبب انسدادها، امتلأت تلك الأوعية بالسائل اللمفي وتعسر امتصاص السائل النسيجي الذي يتجمع حينئذ في الناحية المصابة مشكلا الوذمة.

- وتتوسع الأوعية اللمفية حتى تصبح دساماتها قاصرة مما يزيد من حمل الأقنية للسائل اللمفي، وتتفاقم الوذمة، وهكذا تدخل الناحية المصابة في حلقة معيبة.

Figure 12.48
Elephantiasis is a disease resulting when mosquito-borne filarial worms block the return of lymph to the vascular system.

- ويعد أهم سبب لإصابة الأوعية اللمفية هو الإصابة بـالطفيليات، وبخاصة منها الفيلاريا (الفخرية البنكروفتية) التي تنتقل عبر البعوض وتتكاثر في الأوعية اللمفية مسببة داء الفيل.

- أما الأسباب الأخرى للوذمة اللمفية الثانوية في الطرف العلوي أو السفلي فهي الأورام الخبيثة (بدئية أو انتقالية)، التي تؤدي إلى انسداد الأوعية اللمفية.

- والعمليات الجراحية التي تستأصل فيها العقد اللمفية كاستئصال الثدي الجذري Radical Mastectomy واستئصال النسيج اللمفي الإربي المغبني.

- كما يمكن أن تحدث الوذمة اللمفية الثانوية بسبب المعالجة الشعاعية، وبعض الأخماج كالتدرن والافرنجي... وبعض الإصابات بالفطور والتهاب الوريد الخثري.

- وبغض النظر عن سبب الوذمة اللمفية، فهي وذمة مطاطية غير انطباعية في المنطقة المصابة (بعكس وذمة التخثر الوريدي) وتكون لينة وقابلة للتراجع في البدء، إلا أنها تقسو مع مرور الزمن بتشكل التليف...

- ومتى تأسست الوذمة اللمفية فستتطور عادة نحو الأسوأ، ويمكن تخفيف تطورها باستخدام المشدات والأربطة الضاغطة.

الدوران الرئوي The Pulmonary Circulation

- إن الكمية نفسها التي تمر بالدوران الجهازي تعبر الرئتين، وهذا ما يسمى **الدوران الصغري أو الرئوي**، الذي يبدأ من الشريان الرئوي حيث يتلقى الدم الوريدي بعد ضخه من البطين الأيمن ثم يتفرع بعد مسير لا يتجاوز 4 سم خلف قمة البطين الأيمن إلى فرعين رئيسين، أيمن وأيسر، يزود كل منهما الرئة الموافقة بالدم، لكي يتم التبادل الغازي بين دم الشعيرات الرئوية، وبين هواء الأسناخ.
- ثم يجمع الدم المؤكسج فيما بعد من السرير الشعيري بوساطة الوريدات التي تتحد لتكون الأوردة الكبيرة الأربعة والتي تصب بدورها في الأذين الأيسر.
- ويبدو للوهلة الأولى أن الدورة الدموية الصغرى مشابهة للكبرى التي تبدأ من الأبهر وتنتهي بالأذين الأيمن، إلا أنه في الواقع هناك بعض **الخصائص المميزة للدوران الرئوي** تتعلق بتوزع جريان الدم والحرائك الدموية الأخرى، ونوجزها فيما يلي:

1. الجانب الأيمن من القلب:

- يكون البطين الأيمن **مطوقاً** من نصف محيطه بالبطين الأيسر الذي يبدو متبارزاً في أثناء التقلص بسبب فرق الضغط بين البطينين، بالإضافة إلى أن شدة تقلص البطين الأيسر تكون أكبر.
- ولما كان البطينان يضخان الكمية نفسها من الدم لذلك فإن جدار البطين الأيمن يتقبب نحو الخارج ويأخذ شكلاً **هلالياً** مكيفا نفسه لضخ حجم مماثل من الدم.

2. الأوعية الدموية:

تتصف الشجرة الوعائية الشريانية الرئوية برقة جدرها وقابليتها الكبيرة للتمدد، الأمر الذي يكسبها **مطاوعة عالية** تسمح لها بالتكيف مع حجم نتاج الدقة القلبية للبطين الأيمن.

3. الضغوط في الجملة الوعائية الرئوية:

أ- الضغط الشرياني الرئوي:

- إن مقاومة جريان الدم في الدوران الرئوي ضعيفة جداً، إذ إن الضغط الشرياني الرئوي الوسطي نحو 17 ملم ز بحيث يكون الضغط **الانقباضي** 30-25 ملم ز و**الانبساطي** 14 ملم ز.

- وبناءً على ما تقدم نلاحظ أن الضغط الشرياني الرئوي منخفض بالنسبة للضغط الشرياني في الدوران الكبير، إذ يعادل نحو سعة فقط.

ب- الضغط في الشعيرات الرئوية:

يبلغ مقدار الضغط الوسطي في الشعيرات الرئوية نحو 7 ملم ز، وهذا ما سيناقش لاحقاً.

ت- الضغط في الأوردة الرئوية:

يكون الضغط في الأوردة الرئوية الكبيرة نحو 4 ملم ز، بينما لا يتجاوز معدل الضغط فيها 2 ملم ز.

يتناسب مع هذه الضغوط المنخفضة المميزة للدوران الرئوي كون جدران الشريان الرئوي وفروعه رقيقة بشكل ملفت للنظر، وهي تحتوي على عدد قليل نسبياً من الألياف العضلية الملس، بعكس ما هو عليه في شرايين الدوران الكبير التي تمتلك جدراً سميكة، وتحتوي بخاصة على نسبة كبيرة من الألياف العضلية الملس.

4. تتميز الشعيرات الرئوية بأنها محاطة عمليا بالغاز:

لأن الأسناخ مبطنة بطبقة رقيقة جداً من الخلايا الظهارية المسطحة، لذلك يكون الإسناد الذي يأتي من هذه الخلايا للشعيرات قليلاً جداً.

بالنتيجة تكون عرضة للانكماش والاتساع تبعاً للضغوط التي بداخلها أو حولها، وإن الضغوط حول الشعيرات قريب للغاية من الضغط داخل الأسناخ.

حجم دم الرئتين ووظيفة الادخار

- يبلغ حجم دم الرئتين حوالي 450 مل أي ما يعادل 9٪ من إجمالي حجم دم الدوران العام، ويكون 70٪ منه في الشعيرات الرئوية، بينما يتوزع الباقي بالتساوي تقريباً بين الشرايين والأوردة.
- يمكن لكمية الدم في الرئتين أن تتغير تبعاً لشروط وظيفية ومرضية مختلفة، وقد يكون التغير طفيفاً لا يتجاوز 50٪ وقد يكون عظيماً يصل إلى 200٪ كما في حال النفخ بالبوق.

"Every human life is worth the same and worth saving"

العوامل المؤثرة في جريان الدم بالرئتين

7. تأثير نقص الأوكسجين:

- **يماثل** حجم الدم الجائل في الرئتين بالضرورة نتاج القلب، لذلك فهو يتأثر بالعوامل نفسها المنظمة له لاسيما المحيطة بها.
- وتكون الأوعية الرئوية في غالب الأحيان **منفعلة** تتوسع لمعتها بازدياد الضغط بداخلها وتنكمش بانخفاضه.
- ولكن لكي يتأمن إشباع كافٍ بالأوكسجين لابد للدم من أن يتوزع في أجزاء الرئة التي تمتلك أسناخاً ذات أكسجة ممتازة، ويتم إنجاز هذا العمل بالآلية الآتية:

يتأثر الدوران الرئوي بشكل جلي واضح عندما **ينخفض** التوتر الجزئي للأوكسجين في الأسناخ، حيث **تتقلص** العضلات الملس في جدر الشريانات الموجودة في منطقة نقص الأوكسجين مما يؤدي إلى تضيقها.

- ✓ أما المعلومات عن آلية حدوث هذا التقلص وبالتالي التضيق الوعائي كاستجابة على نقص الأوكسجين، فما زالت غير كافية لا سيما أن هذه الاستجابة معاكسة لما يحدث في الأوعية الجهازية الأخرى التي تميل إلى التوسع نتيجة نقص الأوكسجين.
- ✓ وتشير بعض الاستقصاءات الحديثة إلى أن التقلص الوعائي يمكن أن يحدث في رئة مستأصلة ومعزولة، مما يؤكد أنه **لا** علاقة للجهاز العصبي المركزي بذلك، كما لوحظ أن الشدفات المستأصلة من الشريان الرئوي تتضيق عندما توجد في بيئة تعاني من نقص الأوكسجين.
- ✓ تعزو إحدى الفرضيات التضيق الوعائي الناجم عن نقص الأوكسجين في الأسناخ الرئوية إلى تحرر **مواد مضيقة للأوعية من النسيج الرئوي المجاور** غير مكتشفة حتى الآن، ويعتقد أنها تفرز من الخلايا الظهارية السنخية عندما تنقص أكسجتها، والمثير في هذه العملية هو أن التوتر الجزئي للأوكسجين بالهواء السنخي وليس في الدم الشرياني هو الذي يحدد الاستجابة، إذ أمكن إثبات ذلك تجريبياً بإرواء رئة بدم يكون فيه التوتر الجزئي للأوكسجين مرتفعاً مع إبقاء التوتر الجزئي للغاز نفسه بالأسناخ منخفضاً.

ملاحظة

وللتأثير المقبض للأوعية والناجم عن نقص الأوكسجين في الأسناخ أهمية وظيفية كبيرة في توزيع الدم الذي يندفع إلى الأماكن الأكثر فعالية، إذ إنه عندما تكون بعض الأسناخ فقيرة التهوية لسبب ما ينخفض التوتر الجزئي للأوكسجين بها، فتتقبض الأوعية المحيطة بها مما يؤدي إلى تحول الدم تجاه المناطق ذات التهوية الجيدة من أجل تحقيق أكسجة دموية أفضل، كأنما هناك تنظيم ذاتي لجريان الدم وتوزيعه إلى المناطق الرئوية المختلفة بشكل يتناسب مع تهويتها.

2. تأثير الجهاز العصبي المستقل:

- يؤدي تنبيه الألياف العصبية **الودية** المعصبة للرئتين إلى **زيادة** طفيفة في المقاومة الوعائية.
- يسبب تنبيه الألياف **اللاودية** الرئوية إلى **نقص** طفيف في المقاومة الوعائية.
- لذلك فإن الجهاز العصبي المستقل **لا** يقوم بدور بارز في التحكم بجريان الدم الرئوي.

اختلاف توزع الدم بين قمة الرئة وقاعدتها

- على الرغم من أن جميع أجزاء جهاز الدوران الرئوي متماثلة في عملها واستجابتها، إلا أن هناك تبايناً واضحاً بالنسبة لجريان الدم بين قاعدة الرئة وقمتها.
- فعندما يكون الشخص منتصباً يتناقص جريان الدم في الرئة طولياً من الأسفل إلى الأعلى حيث يصبح قليلاً جداً في القمة.
- في حين أنه عندما يستلقي على ظهره يزداد جريان الدم في القمة ويبقى على حاله في القاعدة.
- وبالنتيجة يصبح التوزع متساوياً، غير أن جريان الدم في المناطق الخلفية من الرئة (أي المنطقة السفلية في هذه الوضعية) يفوق ما هو عليه في المناطق الأمامية.
- يتعلق على الأغلب التباين في توزيع جريان الدم باختلافات الضغط المائي الساكن (الضغط الهايدروستاتي) في الأوعية الدموية.
- فإذا افترضنا الجزء الشرياني من جهاز الدوران الرئوي بمثابة عمود واحد من الدم، فإن الفرق في الضغط بين قمة الرئة وقاعدتها يكون 33 ملم ز إذا كان ارتفاع الرئة 30 سم، وإن الفرق المذكور يعد كبيراً لجهاز منخفض الكثافة كما هو الحال في الجهاز الدوراني الرئوي.

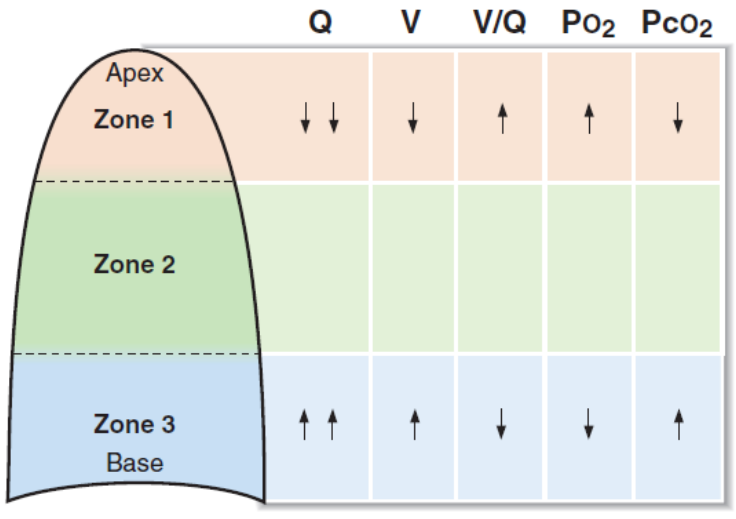


FIGURE 4.12 Regional variations in the lung of perfusion (blood flow [Q]), ventilation (V), V/Q, P_{O_2}, and P_{CO_2}.

موازنة الماء في الرئة والآلية التي تبقى بها الأسناخ جافة

- تبقى مسألة بقاء الأسناخ الرئوية جافة (خالية من السائل) دقيقة وحرجة نظراً لكون سمك النسيج الذي يفصل الدم الشعيري عن هواء الأسناخ نحو 0,2-0,4 ميكرو متر.
- ويخضع تبادل السائل عبر الجدار الشعيري لـ**قانون ستارلينغ**، حيث يعمل الضغط المائي الساكن في الشعيرات على تحريك السائل إلى خارجها نظراً لتفوقه على الضغط المائي الساكن للسائل الخلالي.
- أما القوة التي تسحب السائل إلى داخل الشعيرات فهي حصيلة الضغط الجرمي لبروتينات الدم، مطروحاً منها الضغط الجرمي لبروتينات السائل الخلالي.
- وبما أن فرق الضغط الجرمي أعلى من فرق الضغط الساكن، فإن **الفرق بين الضغطين يعمل بصورة دائمة على امتصاص السائل من الأسناخ الرئوية التي تبقى نتيجة لذلك جافة**.

الانضمام الرئوي الكتلي Massive Pulmonary Embolism

- الصمة **Embolus** الرئوية، واحدة من أخطر المضاعفات التي تلي العمل الجراحي، إذ يميل المرضى طريحو الفراش لمدة طويلة إلى تطوير تخثر واسع في الأوردة الساقية بسبب بطء جريان الدم والركودة الوريدية.
- كما تكثر الحوادث من التخثر الواسع في الأوردة بعد الولادة.
- فتنفصل هذه الخثرات لتبتعد عن مكان تكونها البدئي لاسيما عندما يمشي المريض لأول مرة بعد الرقود المديد بالفراش دون حركة، تسير الخثرات إلى القلب الأيمن فالشريان الرئوي.
- تدعى هذه الخثرة الحرة بالصمة، وإن **انسداد أحد فرعي الشريان الرئوي** ليس قاتلا عادة لأن الرئة المقابلة قادرة أن تتلاءم مع جريان الدم بالكامل.
- لكن الخثرات الدموية تميل إلى التنامي والكبر، وتصبح الصمة لذلك أكبر فأكبر، وعندما تمتد إلى الفرع الرئيس الآخر للشريان الرئوي تسبب الوفاة.

الوذمة الرئوية Pulmonary Edema

- تنجم الوذمة الرئوية عن تراكم كميات متزايدة من السائل في المسافات الخلالية.
- ويمكن في المرحلة اللاحقة أن يعبر الظهارة السنخية إلى الفسح السنخية، وعندما يحدث هذا **تمتلئ الأسناخ واحدة بعد الأخرى بالسائل**، مسببة انعدام التهوية، وبالتالي انعدام أكسجة الدم الذي يمر حولها.

توجد **أسباب** عدة تجعل السائل يعبر إلى الفسح السنخية، مثل:

- ازدياد الضغط في الشعيرات الرئوية نتيجة لقصور البطين الأيسر.
- حدوث زيادة كبيرة في نفوذية جدر الشعيرات بسبب الأمراض الانتانية والسموم المختلفة وغير ذلك...

ملاحظة

تعد الوذمة الرئوية من الأسباب كثيرة التواتر في تسبب الوفاة لانعدام القدرة على إشباع الدم بالأوكسجين.

ارتفاع الضغط الشرياني الرئوي

يمكن تصنيف أسباب ارتفاع الضغط داخل الشرايين إلى 3 أصناف:

أسباب شعرية: ناتجة عن تخرب الأسناخ الرئوية والشعيرات الرئوية المرافقة، مما يسبب ارتفاع الضغوط الشريانية الرئوية نتيجة انخفاض حجم الشجرة الوعائية الرئوية.

وينتج ذلك عادة عن **الآفات الرئوية المخربة** مثل النفاخ الرئوي والسل الرئوي.

أسباب بعد شعرية: ناتجة بشكل رئيسي عن قصور القلب وتضيق الصمام التاجي، حيث يرتفع ضغط الأذينة اليسرى وينعكس ذلك بشكل راجع على الأوردة والوريدات الرئوية التي يحدث فيها تقبض معاوض ثم تسمك وتكيف بالجدران، فيحدث فرط توتر شرياني رئوي من منشأ بعد شعري.

أسباب قبل شعرية: تنتج بشكل رئيسي عن فرط جريان الدم إلى الشجرة الشريانية الرئوية بسبب **الآفات القلبية الولادية** مثل الفتحة بين البطينين أو بين الأذينتين أو بقاء القناة الشريانية سالكة حيث يعبر قسم من الحجم الدموي إلى الرئتين بدل مسيره الطبيعي إلى الشرايين الجهازية **Shunt**، فيحدث في البداية تقبض انعكاسي بالشريانات الرئوية ثم تسمك وتكيف الجدران وحدوث فرط توتر شرياني رئوي غير عكوس.

ملاحظة: مع مرور الزمن يحدث ارتفاع مترقي بالمقاومة الوعائية الرئوية حتى تتجاوز المقاومة الوعائية الجهازية وتصبح الضغوط في البطين الأيمن والشريان الرئوي أعلى من الضغوط في البطين الأيسر والأبهر مما يسبب **انقلاب جهة جريان الدم** عبر الفتحة بين البطينين أو الأذينتين أو القناة الشريانية فتصبح يمنى ⟵ يسرى بدلاً من يسرى ⟵ يمنى وهذا ما يسمى **متلازمة ايزنمنغر** (تتظاهر بزرقة هامة ولا يعد بمقدورنا إغلاق الفتحة).