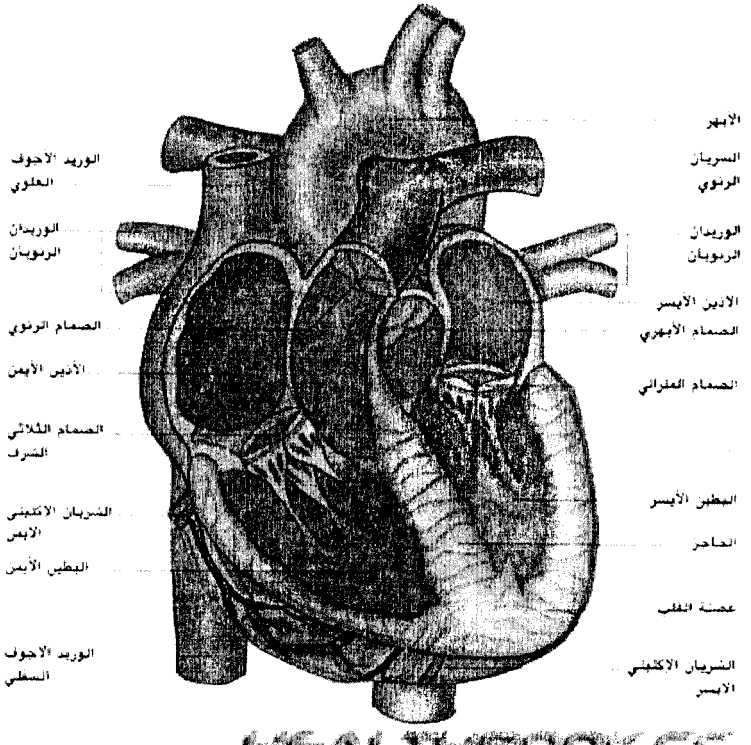
الفصل الحادي عشر

فسيولوجيا القلب والجهاز الدوري



HEALTHBOOK.CC

فسيولوجيا القلب والجهاز الدوري

يتألف الجهاز الدوري أساسًا من:

أولًا: القلب

القلب عبارة عن كيس كبير مقسم إلى أربعة تجاويف، وهذا الكيس محاط بجدار من العضلات وعندما تنقبض هذه العضلات يصغر حجم الكيس من الداخل فيندفع الدم إلى الأوعية الدموية والصمامات الموجودة في القلب وفي الأوعية الدموية والتي تحفظ جريان الدم في اتجاه واحد والقلب، والقلب بحجم قبضة اليد ويقع خلف القص مع انحراف بسيط نحو اليسار، وعظم القفص هو العظم الذي يمتد على طول الصدر في المنتصف تمامًا.

يتكون القلب من نسيج عضلي ويؤدي وظيفته بانقباض عضلاته وارتخائها فعندما تنقبض العضلة تقصر ويزداد توترها فإذا ما ارتخت عادت العضلات إلى حالتها الطبيعية فيزداد طولها وتصبح لينة.

ولا تنقبض عضلات القلب في وقت واحد بل ينقبض جانب منها ثم يتلوه جانب آخر ولا شك أن انقباض جدران غرفات القلب يقلل من الحجم الداخلي لهذه الحجرات مما يؤدي إلى دفع ما قد تحتويه الغرفات من دماء إلى الخارج.

ويطلق على الأوعية الدموية التي تحمل الدم إلى القلب (الأوردة) ويتجمع الدم الوارد من الرأس والأطراف والأحشاء في وريدين كبيرين يصبان في الغرفة العليا اليمنى للقلب أي الأذين الأيمن.

ولقد أتم هذا الدم عمله من تقديم الأكسجين والغذاء للخلايا وفي رجوعه إلى القلب حمل معه ثاني أكسيد الكربون الذي لا تحتاج إليه الخلايا.

ولكن يجب ألا نعتبر الدم الذي يوجد في الأوردة دمًا فاسدًا لأنه يحمل مخلفات خلايا الأنسجة ذلك لأن بعضًا منه وهو الوارد من الأمعاء يحمل مواد غذائية جديدة كما أن هذا الدم يحمل بعضًا من المواد الكيماوية لا يستطيع القلب أن يعمل بدونها وزيادة على ذلك فإن ثاني أكسيد الكربون الذي يحمله الدم الوريدي له فائدته التي يؤديها قبل خروجه مع الزفير فهو يساعد على تنظيم حركة القلب والرئتين ويدخل الدم الوريدي الغرفة العليا اليمنى للقلب وهي الأذين الأيمن بمجرد أن يمتلئ الأذين فإنه ينقبض دافعًا الدم إلى الغرفة السفلى اليمنى وهي البطين الأيمن ويوجد بين هاتين الغرفتين صمام يسمح بمرور الدم في اتجاه واحد من الأذين إلى البطين لذلك فإنه يبقى مفتوحًا حتى يمتلئ البطين ثم يقفل بإحكام حتى لا يرجع الدم للغرفة العليا.

وفي اللحظة التي يتم فيها امتلاء البطين يبدأ في الانقباض فيندفع الدم في وعاء دموي كبير يحمله من القلب إلى الرئتين.

وتسمى الأوعية التي تحمل الدم بعيدًا عن القلب بالشرايين ويسمى هذا الوعاء بالشريان الرئوي وله فرعان واحد لكل رئة.

وفي الرئتين يتخلص الدم الوريدي من ثاني أكسيد الكربون ويأخذ كمية جديدة من الأكسجين وتسمى هذه العملية بتبادل الغازات.

ويسمى الدم الذي يحمل الكمية الجديدة من الأكسجين بالدم الشرياني ولونه أحمر قان بخلاف الدم الوريدي فلونه أحمر قاتم.

يحمل الدم من الرئتين إلى القلب وعاءان كبيران من كل جانب. وتسمى الأوعية الدموية التي تحمل الدم إلى القلب (أوردة) ولذلك يسمى هذان الوعاءان بالوريدين الرئويين ولو أنهما يحملان دمًا شريانيًا وفي هذه المرة يسري الدم في الأوردة الرئوية

ويصب في الغرفة العليا اليسرى للقلب أي الأذين الأيسر. وعندما يتم امتلاء الأذين الأيسر بالدم ينقبض دافعًا الدم إلى الغرفة السفلى وهي البطين الأيسر.

وبين هاتين الغرفتين صمام يشبه الصمام الموجود بين الأذين والبطين الأيمنين إلا أن الأخير يتكون من ثلاث وريقات ولذلك سمي بالصمام ذو الثلاث شرفاتَ في حين أن الصمام بين الأذين والبطين في القلب الأيسر له وريقتان ولذلك سمى الصمام ذا الشرفتين ويصل الدم بهذه الطريقة إلى مرحلة نهائية في دورته داخل أنسجة الجسم.

إن البطين الأيسر هو أقوى غرفات القلب وعندما ينقبض يدفع الدم بقوة بحيث يستطيع أن يدور في الجسم دورة كاملة في ستين ثانية تقريبًا ونلاحظ أن قلب عصفور الكناري يدق ألف مرة في الدقيقة وقلب الفيل يدق خمسًا وعشرين دقة فقط ويدق قلب الإنسان بسرعة أكبر إذا ما ارتفعت درجة حرارة جسمه في إحدى الحميات أو إذا كان متهيج الشعور وتقل السرعة أثناء النوم.

ولابد أن يصل الدم الذي يخرج من البطين الأيسر إلى كل خلية حية في جسم الإنسان لهذا فإن الشريان الذي يحمله من القلب سميك الجدران قويًا ويبلغ قطره حوالي بوصة وهذا هو الشريان الرئيسي في الجسم ويسمى الأبهر الأورطي.

وعندما ينقبض البطين الأيسر القوي فإنه يدفع الدم في الشريان الأورطي فتتمدد جدران هذا الشريان الكبير ولكنها تنكمش بعد ذلك ويساعد هذا الانكماش على دفع الدم إلى الأمام لأن هذا التمدد والانكماش المتواليين يحدثان في جدران الشرايين موجة اهتزازية تسمى بالنبض.

وفي الشخص السليم تكون نبضاته قوية منتظمة ويبلغ عددها سبعين أو ثمانين نبضة في الدقيقة الواحدة.

أما في الشخص المريض فإن النبض يصبح ضعيفًا وقد يكون أسرع أو أبطأ من ذلك.

ويخرج الأورطي من الجهة الأمامية للقلب ولكنه يتجه في قوس إلى الخلف ومن ثم

ينزل في الجسم أمام العمود الفقري مباشرة وهو يشبه في تفرعاته تفرعات مصدر المياه لمدينة كبيرة.

ويتفرع الأورطى إلى عدة فروع إلا أن فروعه الأولى صغيرة وتسمى الشرايين التاجية التي ترجع إلى القلب لتغذيته، فبدون التغذية والأكسجين لا يستطيع القلب الحصول على الطاقة اللازمة لعمله الشاق في دفع الدم إلى شتى أنحاء الجسم.

وتخرج من قوس الأبهر فروع تحمل الدم للذراعين والرقبة والرأس وعندما ينثني الأبهر نازلًا في الصدر تخرج منه فروع أخرى حاملة الدم إلى الرئتين والحجاب الحاجز، وعندما يصل إلى البطن تخرج الفروع التي تغذي الكليتين والجهاز الهضمي. وفي النهاية ينقسم الأبهر إلى فرعين يحملان الدم إلى الساقين.

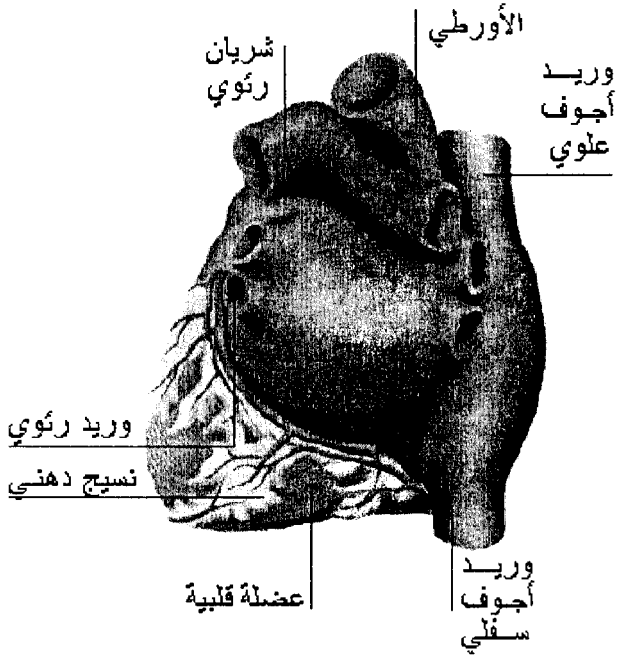
ويتفرع كل فرع من أفرع الأبهر إلى فروع أصغر ثم أصغر حتى تصل إلى فروع لا نكاد نراها بالعين المجردة. وتسمى هذه الأنابيب بالشعيرات، بمعنى أنها أدق من الشعر.

وفي الحقيقة فإن هذه الأنابيب من الدقة بحيث لا تستطيع الكرات الدموية الحمراء المرور داخلها إلا واحدة واحدة.

وفي بعض الأماكن وخاصة عندما تنثني الشعيرة وتغير اتجاهها نجد أن الكرة الحمراء تنثني على نفسها تمامًا حتى تستطيع المرور في الشعيرة ولا يمكن للغذاء والأكسجين الوصول إلى خلايا الأنسجة إلا من خلال جدار الشعيرات.

فجدار الشرايين والشرينات سميكة جدًّا لا تسمح بمرور شيء خلالها. ولكن جدار الشعيرة مكون من طبقة واحدة من الخلايا تستطيع جزيئات الغذاء والأكسجين المرور من بينها لتصل إلى خلايا الأنسجة المجاورة. وفي الواقع فإن شبكة الشعيرات التي تتخلل جميع أنسجة الجسم هي التي تبقينا أحياء في صحة جيدة فكل المواد الغذائية التي نحتاج إليها للحصول على الطاقة ولنمو الجسم تصل إلى خلايا الجسم من خلال جدران الملايين من هذه الأنابيب الدقيقة، وفي الوقت الذي يتخلى فيه الدم عن بعض

ما يحتويه من مواد غذائية وأكسجين فإنه يأخذ من الخلايا ما يتخلف عن نشاطها من ثاني أكسيد الكربون وغيره من المخلفات التي تصل إليه بطريقة مثالية خلال جدر الشعيرات. وبذلك يتحول الدم في الشعيرة إلى دم وريدي استعدادًا للرجوع إلى القلب داخل الأوردة، فالشعيرات يتصل بعضها ببعض مكونة أوردة صغيرة يتجمع بعضها مع بعض مكونة أوردة أكبر فأكبر. وفي النهاية يصل الدم الوريدي في وريدين كبيرين إلى الغرفة العليا من الجانب الأيمن للقلب أي الأذين الأيمن ومن ثم تبدأ دورة ثانية للدم.



وعضلة القلب مخروطية الشكل قاعدتها إلى الأعلى وقمتها إلى الأسفل

يقع القلب بين الرئتين ويرتكز على الحجاب الحاجز وهو عضو أجوف لا يعرف الكلل يعادل حجمه في الإنسان البالغ حجم قبضة اليد ويتراوح وزنه بين ٥٠٠- ٣٠٠ غرام يقسم حاجز رئيسي القلب جسم إلى نصفين: يضخ الجانب الأيسر من القلب الدم

إلى جميع أنحاء الجسم، مما يجعله عضلة أكثر نموًا من عضلة الجانب الأيمن الذي يضخ الدم باتجاه الرئتين حيث يؤكسج.

حجرات القلب:

للقلب ٤ حجرات:

اثنان علوية: الأذين الأيسر والأذين الأيمن

اثنان سفلية: البطين الأيسر والبطين الأيمن.

يفصل بين الأذين الأيسر والأيمن جدار فاصل يدعى بالجدار ما بين الأذينين وهو جدار طولي.

يفصل بين البطين الأيسر والبطين الأيمن جدار فاصل يدعى بالجدار ما بين البطنين وهو جدار طولي.

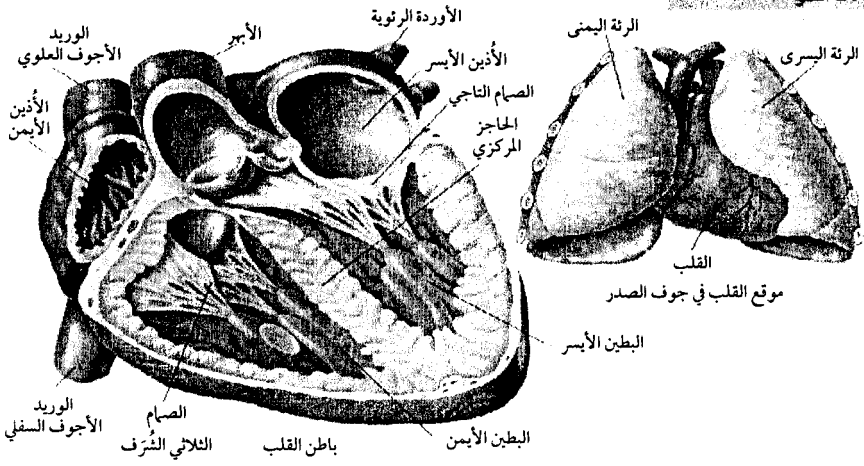
كذلك يفصل بين الأذينين والبطنين جدار عرضي فاصل يسمى بالجدار الأذينين البطنين نسبة إلى وجوده بين الأذينين والبطنين، وهناك فتحتين في هذا الجدار الفاصل تحرسهما صمامين.

صمامات القلب:

الصمام ثلاثي الشرف يسمح بمرور الدم من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن عند إغلاقه (يحدث خلال انقباض البطنين).

الصمام ثنائي الشرف:

يسمح بمرور الدم من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر عند إغلاقه (يحدث خلال انقباض البطنين).



فتحات الأوعية الدموية لحجرات القلب:

الأذين الأيمن: يستلم الدم الأذين الأيمن من فتحتين هما:

١ - فتحة الوريد الأجوف العلوي.

٢ - فتحة الوريد الأجوف السفلي.

الأذين الأيسر: يستلم الأذين الأيسر الدم من ٤ فتحات هي:

١ - فتحتين للوريدين الرئويين من الرئة اليسرى.

٢ - فتحتين للوريدين الرئويين من الرئة اليمني.

البطين الأيمن: يدفع البطين الأيمن الدم إلى الرئتين من فتحه هي فتحه الجذع الرئوي أو الشريان الرئوي.

البطين الأيسر: يدفع البطين الأيسر الدم إلى الجسم من فتحة هي فتحة الشريان الأبهر (الأورطي).

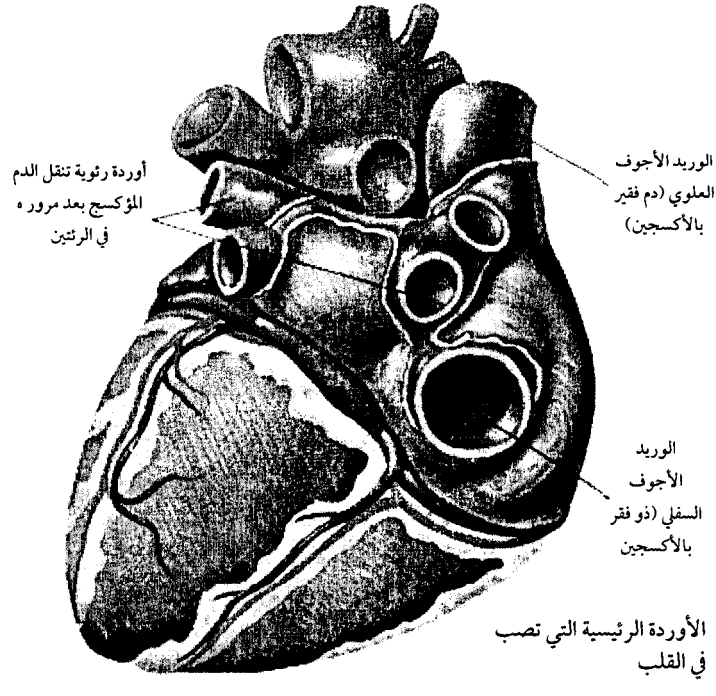
ملاحظة هامة:

- يحرس فتحة الشريان الرئوي والشريان الأبهر (الأورطي) صمامان هما على التوالي:

١ - الصمام شبه الهلالي الرئوي.

٢ - الصمام شبه الهلالي الأبهر.

- يتوالد النبض طبيعيًا في القلب.
- ينظم معدل ضربات القلب جهازين هما الجهاز السمبثاوي والجهاز البار اسمنثاوي.
- تتكون عضلة القلب من خليط من الألياف الحمراء والبيضاء مع ارتفاع نسبة الأولى.



الجهاز الشرياني:

يدفع البطين الأيسر الدم إلى الجسم عبر الجهاز الشرياني والذي يبدأ بالأبهر (الأورطي):

يحرس مدخله صمام شبه هلالي يدعى بالصمام شبه الهلالي الأبهر.

مباشرة بعد الصمام هناك فتحتين هما:

١- الشريان التاجي الأيسر.

٢- الشريان التاجي الأيمن.

يمكن تقسيم الأبهر إلى :

١- الأبهر الصاعد.

٢- قوس الأبهر.

٣- الأبهر النازل.

أولًا: الأبهر الصاعد وينقسم إلى:

- الشريان التاجي الأيسر (١٠).
- الشريان التاجي الأيمن (١٣).

ثانيًا: قوس الأبهر (الأورطي):

يتفرع إلى ٣ فروع هي من الأيمن إلى الأيسر:

١- الشريان العضدي الرأسي (٥)، ويشمل:

(١) الشريان السباتي المشترك الأيمن.

(٢) الشريان تحت الترقوة الأيمن.

(٣) الشريان السباتي المشترك الأيسر (٦).

(٤) الشريان تحت الترقوة الأيسر (٧).

ملاحظات هامة جدًّا:

كل من الشريان السباتي المشترك الأيمن والأيسر يتفرعان إلى فرعين هما:

- الشريان السباتي الداخلي: يغذي ٨٠٪ من المخ.
- الشريان السباتي الخارجي.

الشرايين المتفرعة من قوس الأبهر تغذي:

١- الرأس. ٢- الرقبة.

٣- الأطراف العليا. ٤- الجزء العلو ي من جدار القفص الصدري.

١- الوريد المنفرد.

٢- الشريان الأورطي (الأبهر) الصاعد.

٣- قوس الأورطي.

٤- الجذع العضدي الرأسي.

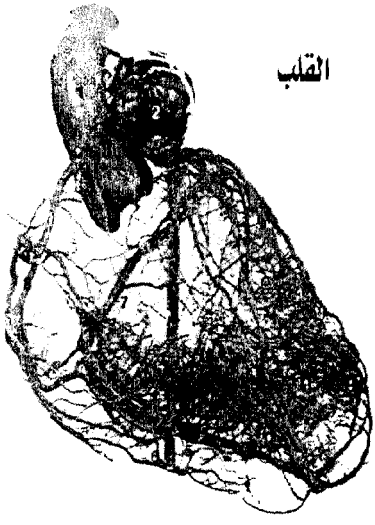
٥- الشريان السباتي المشترك الأيسر.

٦- الشريان تحت الترقوة الأيسر.

٧- الشريان التاجي الأيسر.

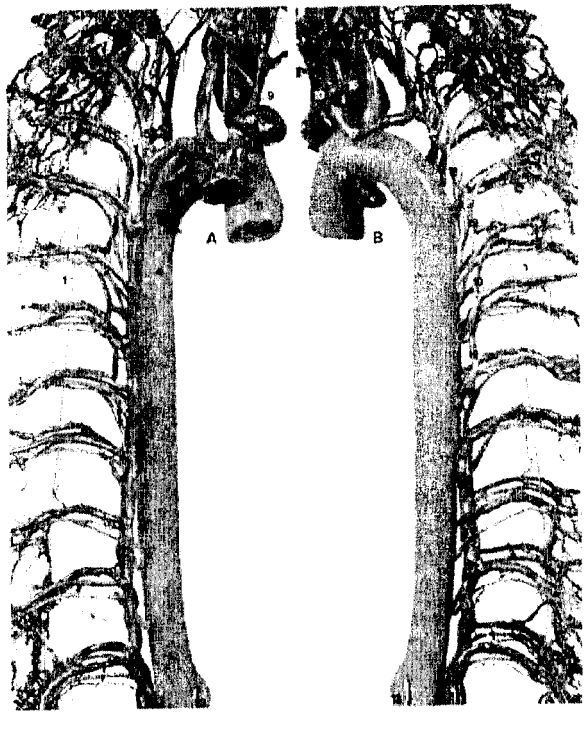
٨- الشريان التاجي الأيمن.

٩- الوريد الأجوف العلوي.



القلب

The Aorta الأورطى



- تنتج ضربات القلب نتيجة تقلص البطين وتحدث كل ضربة أو تقلص بفعل دفعة كهربائية تسري إلى جميع خلايا القلب كالشرارة وتنشأ في كتلة صغيرة من النسيج العصبي يعرف بالنسيج العقدي.
- طوال حياة الإنسان يؤدي القلب نوعين من الحركات بشكل متناوب: الانقباضات (تقلصات تطرد الدم من القلب) والانبساطات (حركات تمددية يمتلئ القلب فيها بالدم الذي يصل إلى الأذينين عبر الأوردة الجوفاء والرئوية الكبيرة).
- تتألف كل دورة قلبية أو ضربة من ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى:

وتشمل الانقباض الأذيني والانبساط البطيني (١) يتقلص الأذينان فينتقل الدم من الأذينين إلى البطينين اللذين يمتلآن ثم تغلق الصمامات الثلاثية الشرف التاجية.

المرحلة الثانية:

الانقباض البطيني (٢) يتقلص البطينان فيرتفع الضغط فيهما ويخرج الدم من القلب عبر الشرايين.

المرحلة الثالثة:

الانبساط العام (٣) بعد تفريغ الدم يسترخي القلب وتتوسع الأذينان البطينان مما يؤدي إلى دخول الدم من جديد من الأذينين.

- يحمل الشريان الرئوي الذي يخرج من البطين الأيمن الدم الوريدي المدفوع باتجاه الرئتين للتخلص من ثاني أكسيد الكربون وأخذ الأكسجين. من جهة أخرى يخرج الأبهر من البطين الأيسر ويتفرع في أنحاء الجسم.

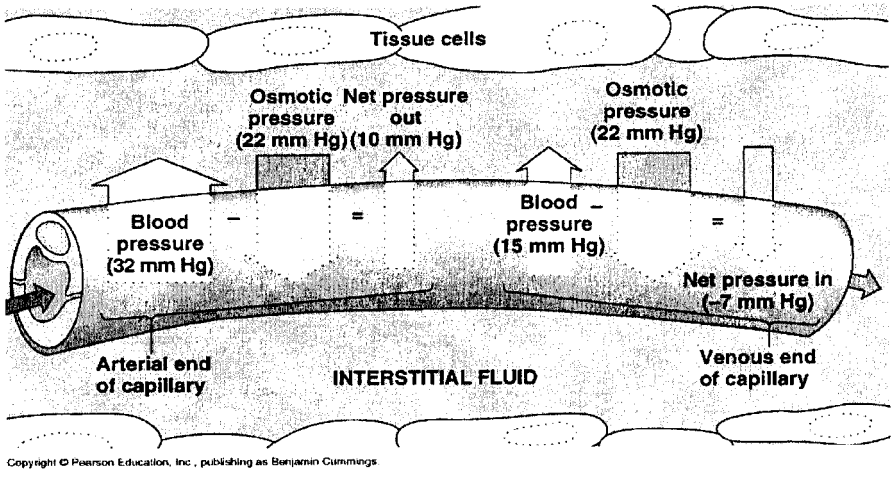
ثانيًا: الأوعية الدموية:

وهي التي تحمل الدم إلى أجزاء الجسم المختلفة لتمد كل خلية بالعناصر اللازمة للحياة.

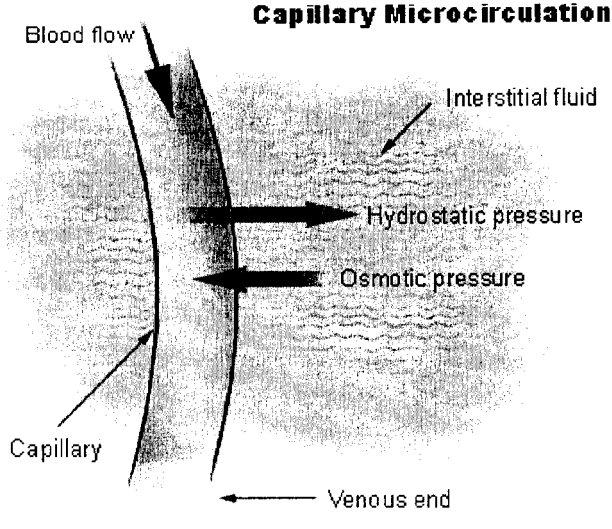
أنواع الأوعية الدموية: تشمل الأوعية الدموية على ثلاثة أنواع هي:

١- الشرايين : وهي عبارة عن أوعية دموية تحمل الدم المشبع بأكسجين من القلب إلى جميع أجزاء الجسم عدا الشريان الرئوي.

٢- الأوردة: وهي تحمل الدم غير المشبع بالأكسجين والعائد إلى القلب ـ عدا الأوردة الرئوية الأربعة.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings



٣- الشعيرات الدموية: ويتم خلالها عملية تبادل الغازات وهي همزة الوصل بين الشرايين والأوردة.

الشعيرات الدموية عبارة عن قنوات دقيقة جدًّا، تشبه الشعر يتراوح قطرها ما بين ٠,٠٠٧ - ٠,٠١٤ ملم، ويتراوح طول الشعيرة ما بين ٠,٥ - ١ ملم، ويتكون جدراها من طبقة خلوية واحدة، يبلغ عددها عشرة بلايين شعيرة، وطولها مجتمعة حوالي ٨٠ ألف كلم . ومساحتها مجتمعة حوالي ٥٠٠ متر مربع.

تعتبر مفتاح الجهاز الدوري الدموي حيث تربط الشرايين الصغيرة بالأوردة الصغيرة، وتمتاز بالنفاذية التي تسهل انتشار العناصر الغذائية والفضلات والغازات بين الدم داخل الشعيرات وبين السائل المحيط بخلايا الجسم interstitial fluid.

وتشكل شبكة واسعة من الأنابيب الضيقة جدًّا، حيث يسمح ضيق قطرها للدم بالجريان البطيء لكي يتسنى لها تأدية وظيفتها التبادلية للغازات والعناصر الغذائية.

وظائف الشعيرات الدموية:

الشعيرات الدموية تقوم بالوظائف التالية:

- تبادل exchange الغازات gases بين الدم وأنسجة الجسم.
- تبادل العناصر الغذائية nutrients وحواصل الاستقلاب بين الدم والجسم.
- تصفية وتنقية الدم من المواد السامة والفضلات wastes عبر تجمع شعيرات في الكلية تعرف بـ «الكبة الكلوية».
- خلق مقاومة طرفية أمام جريان الدم.
- المساهمة في الحفاظ على العود الوريدي وحصيل القلب والضغط الشرياني.

الضغط الدموي داخل الشعيرات:

الضغط الدموية داخل الشعيرات ليس ثابتًا أو متشابهًا، فهو في الطرف الشرياني

حوالي ٤٠ ملم زئبق، ويقل تدريجيًا كلما اتجهنا نحو الطرف الوريدي فيصبح في وسطها ٣٠ ملم زئبق، وينخفض عند الطرف الوريدي ليصل إلى ١٥ ملم زئبق.

ويعتمد الضغط داخل الشعيرات على حالة الشرينات المغذية، والأوردة، فتوسع الشرينات يزيد من ضغط الدم داخل الشعيرات، وبالمقابل فإن تضيق الأوردة المتصلة بالشعيرات يرفع ضغط الدم داخل الشعيرات.

وهناك عدة عوامل تؤثر على الضغط داخل الشعيرات الدموية:

- **عوامل عصبية:**

فإثارة الأعصاب المضيقة للشعيرات تؤدي إلى رفع الضغط داخلها.

- **عوامل كيميائية:**

أ- هرمون مضاد التبول A.D.H. مضيق للشعيرات وبالتالي يرفع الضغط الدموي داخلها.

ب- حواصل الاستقلاب مثل ثاني أكسيد الكربون أو الهستامين وحامض اللبن توسع الشعيرات فتخفض الضغط الدموي داخلها.

ت- الأدرينالين ونور أدرينالين يضيقان الشعيرات فيرتفع الضغط داخلها.

ث- الاستيل كولين موسع للشعيرات فينخفض الضغط داخلها.

- **عوامل آلية:**

أ- قطر الشرينات: تمدد الشرينات يؤدي إلى تدفق كمية كبيرة من الدم إليها فتتوسع.

ب- الضغط الوريدي: ازدياد الضغط على الأوردة يمنع خروج الدم من الشعيرات إليها، فيرتفع الضغط داخل الشعيرات.

ت- الجاذبية الأرضية: تخفض الضغط داخل الشعيرات أعلى مستوى القلب، وترفع الضغط داخل الشعيرات أسفل مستوى القلب.

■ **عومل فيزيائية:**

أ- الدفء يعمل على تمددها وانخفاض الضغط داخلها.

ب- البرد يعمل على تضيقها ويرتفع الضغط داخلها.

ويمر بالقلب ما بين ٦ - ٤ لترات من الدم أكثر من ١٠٠٠ مرة في اليوم ولكن ما هو الدم؟

ما هو الدم وما هي وظائفه؟

الدم سائل أحمر لزج يجري في شبكة الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية ويمر في جميع أنحاء الجسم.

وظائف الدم:

يؤدي الدم وظيفتين هامتين جدًّا:

١- نقل الأكسجين والمواد المغذية إلى جميع خلايا الجسم.

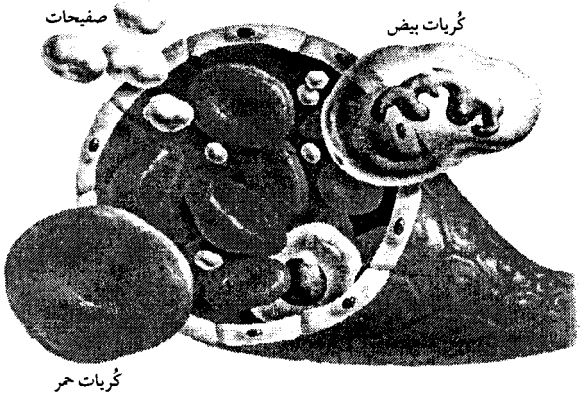
٢- أخذ فضلات الخلايا لتطرح بعد ذلك خارج الجسم عبر الكليتين والجهاز الهضمي والجلد والرئتين.

يحتوي جسم الإنسان البالغ على نحو خمسة لترات من الدم يضخها القلب بلا كلل.

تكوين الدم:

يتكون الدم من سائل يعرف باسم البلازما تسبح فيه أنواع مختلفة من الخلايا أو الكريات، ويتألف الدم بنسبة ٥٠٪ من البلازما التي تتألف بدورها من الماء بنسبة ٩٠٪ ولهذا السبب يشكل الدم وسيلة نقل جيدة كما أنه فعال في امتصاص الحرارة وتحتوى البلازما أيضًا على مواد أخرى مثل البروتين والسكر والمعادن والأملاح والهرمونات وغيرها.

خلايا الدم



مقطع لشعيرة دموية

تنقسم خلايا الدم إلى:

١- الصفائح الدموية.

٢- الكريات الحمراء.

٣- الكريات البيضاء.

٤- سائل البلازما.

(١) الصفائح الدموية:

تخثر الدم: يتخثر الدم نتيجة الصفائح الدموية ويوجد٢٠٠٠٠٠٠ إلى ٣٥٠٠٠٠ صفيحة دموية في كل مليمتر مكعب من الدم وهي صغيرة جدًّا ومسطحة وعديمة النواة وتتكون الصفائح الدموية في نقي (لب) العظم.

يشمل التخثر عدة عمليات مختلفة ففي الأوعية الدموية الدقيقة مثلًا قد تكون عملية تضيق الأوعية (ب) كافية لإغلاق الجرح ـ ولكن عندما يطال الجرح أوعية دموية متوسطة الحجم تتراكم الصفائح الدموية، كما لو أنها أحجار بناء حتى تسد الفتحة.

وعندما يكون الجرح كبيرًا جدًّا، فإن الصفائح الدموية تشكل بنية دعم تعمل كالملاط الذي يلصق أحجار الحائط بعضها ببعض: إنها مادة الفبرين التي تكون شبكة تعرف بالجلطة تسخن في داخلها كريات الدم الحمراء، فتكون سدادة تحول دون خروج الدم من الفتحة.

عندما يكون الطقس باردًا تتقلص الأوعية الدموية لمنع تبدد الحرارة بالمقابل تتوسع الشعيرات بفعل الحرارة لتسهيل ابتراد الجسم.

(٢) الكريات الحمراء:

الكريات الحمراء خلايا عديمة النواة قرصية الشكل تعمل على نقل الأكسجين

وثاني أكسيد الكربون، تشكل الكريات الحمراء ٤٥٪ من حجم الدم الإجمالي وهي تبلغ ٤٠٠٠٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠٠٠ كرية حمراء في كل مليمتر مكعب من الدم ـ ويحملها دفق الدم في الأوعية إلى جميع أنحاء الجسم، وتعزى قدرة الكريات الحمراء على نقل الأكسجين إلى احتوائها على جزئ مميز جدًّا هو الهموجلوبين، أي الصباغ الذي تعطي الدم لونه الأحمر المعروف ـ تعيش الكرية الحمراء ١٢٠ يومًا وتتكون في النقي الأحمر للعظام الطويلة، تنتج الكريات الحمراء بشكل متواصل ـ إذ يتلف في الطحال حوالي مليوني كرية حمراء هرمة في الثانية الواحدة ومن الضروري استبدالها بأسرع ما يمكن.

(٢) الكريات البيضاء:

تتولى الكريات البيضاء أمر الدفاع عن الجسم ضد هجوم الجراثيم والفيروسات وغيرها من الكائنات المجهرية الغازية، والكريات البيضاء خلايا عديمة النواة أكبر حجمًا من الكريات الحمراء ولكن أقل عددًا منها: هناك ٥٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ كرية بيضاء في كل مليمتر مكعب من الدم.

تنقسم الكريات البيضاء إلى صنفين:

١ - المحببة. ٢ - اللا محببة.

وهناك ثلاثة أنواع مختلفة من الكريـة المحببة هي :

١ - (العدلة - وهي الأكثر فعالية في الدفاع ضد العـدوى وتشكـل ٧٠ - ٦٠ ٪ من مجمـل الكريـات البيضـاء).

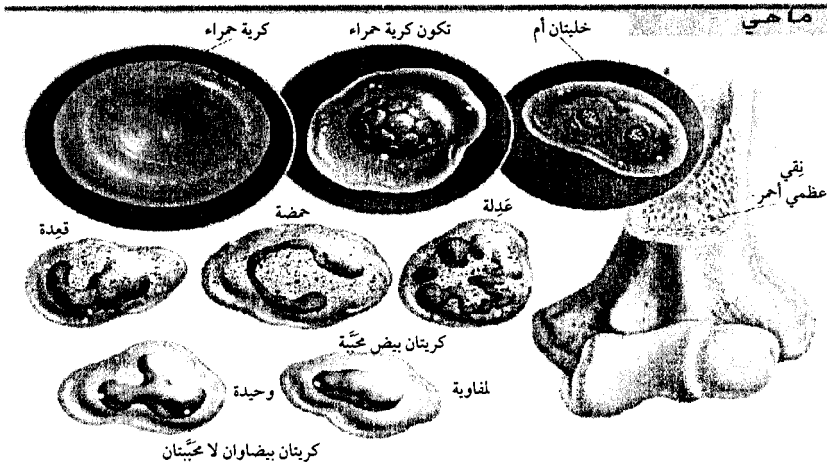
٢ - الحمضات.

٣ - القعدات.

أم اللامحببات فهي نوعين هما:

١ - اللمفاويات. ٢ - الوحيدات.

ماهي



(أ) تستطيع الكريات البيضاء التحرك بنفسها بواسطة أرجل كاذبة كما تستطيع الخروج من الأوعية الدموية للتوجه إلى المناطق التي تشهد غزوًا جرثوميًا معاديًا تسبح الكريات البيضاء عادة في بلازما الدم حتى تكتشف وجود جرثومة أو جسم غريب عندئذ تتوجه الكرية البيضاء بسرعة إلى العامل المهاجم وتحيط به لتدخله في سيتوبلازماها، أخيرًا تبدأ الكرية البيضاء بهضم العامل الغازي عن طريق البلغمة، لكن حياة كريات الدم البيضاء في الدم قصيرة جدًّا تموت الكريات البيضاء أثناء محاربتها الجراثيم الغازية.

(ب) يبين الرسم كيف تلتقط كرية بيضاء كرية حمراء هرمة وتقوم الكرية البيضاء بعد ذلك بابتلاعها وهضمها ويسحب الكثير من الكريات الحمراء من الخدمة بهذه الطريقة.

(ج) عندما يصاب الجسم بعدوى أو التهاب كالتهاب الزائدة مثلًا يزداد عدد الكريات البيضاء كرد فعل دفاعي وتصبح بالتالي أكثر استعدادًا لمواجهة العدوى لذلك تتوزع في الجسم أعضاء مختلفة قادرة على صنع الكريات البيضاء مثل: عقد اللوزتين ـ التوتة ـ عقد الإبط ـ الطحال ـ لفات باير ـ نقي العظم.

(٤) سائل البلازما:

هو سائل شفاف عديم اللون يحتوي على المواد السكرية، والزلالية، والدهنية والأملاح مذابة فيه يوزعها على جميع أنسجة الجسم لتغذيتها، ثم ينقل من هذه الأنسجة جميع الفضلات نتيجة الاحتراق الدائم إلى الأعضاء الخاصة بفرز هذه الفضلات ويتخلص الجسم منها.

يسبح في السائل كرات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية.

ضغط الدم BLOOD PREASURE

إن القلب حينما ينقبض، فإنه يدفع الدم بقوة لكي يسري ويجري بسهولة خلال الشرايين والأوردة الكبيرة، ولكنه يحتاج إلى دفعة أقوى وقوة أكبر لكي يستمر سريانه خلال

الشعيرات الدموية الضيقة، وخصوصًا إذا علمنا أن الدم سائل سميك لزج، فأننا يمكن أن نتصور مدى المقاومة التي يقابلها أثناء مروره في هذه الشعيرات الدموية الدقيقة والضيقة.

ومن أجل هذه المقاومة التي يقابلها الدم، فإن القلب يستمر في الدفع والضخ بطريقة مستمرة ومنتظمة تضمن وصول الدم إلى هذه الشعيرات الدموية الضيقة.

هناك نوعان من ضغط الدم:

- **المستوى الانقباضي الأعلى: (SYSTOLIC)**

وهو ما يحدث عند انقباض بطين القلب لدفع الدم.

- **المستوى الانبساطي الأسفل: (DIASTOLIC)**

وهو ما يحدث عند انبساط بطين القلب.

كيف يمكن قياس ضغط الدم؟

يمكن قياس ضغط الدم باستخدام جهاز خاص يعرف باسم (جهاز قياس الضغط) وهو جهاز زئبقي به مؤشر يدل على نوعي الضغط (الانقباضي والانبساطي) ويتعرف الطبيب على ذلك باستخدام سماعة طبية (STETHOSCOP). يضعها على عضد المريض لسماع الأصوات المختلفة أثناء سريان الدم في شريان العضد.

ما هو المستوى الطبيعي لضغط الدم؟

يعتبر ١٢٠ / ٨٠ هو المستوى الطبيعي لضغط الدم، حيث يمثل الرقم (١٢٠) المستوى الانقباضي الأعلى، أما الرقم (٨٠) فيمثل الرقم الانبساطي الأسفل.

هل يتغير ضغط الدم بتغير العمر؟

تحدث زيادة بطيئة تدريجية في مستوى الضغط كلما تقدم الإنسان في العمر، ولكن الزيادة المفاجئة العالية في الضغط تشكل خطورة كبيرة على حياة الإنسان إذا لم يكن يتعاطى العلاج المناسب له ويسمى هذا بمرض ضغط الدم المرتفع (Hypertension).

ما هي خطورة الارتفاع في ضغط الدم؟

قد يحدث ذلك انفجارا في الشعيرات الدموية الموجودة بالمخ مسببة الإغماء أو شللًا في الأطراف، أما انفجار الشعيرات الدموية بالعين فإنه يسبب فقدان البصر المفاجئ.

ما هي خطورة الانخفاض المفاجئ في ضغط الدم؟

إذا حدث هبوط مفاجئ في ضغط الدم فإن أول الأعضاء التي تتأثر بذلك هو المخ محدثًا فقدانًا في الوعي (Schock).

فصائل الدم Blood Groups

هناك أربعة فصائل رئيسية للدم:

- مجموعة (A).
- مجموعة (B).
- مجموعة (A B).
- مجموعة (O).

النبض Puls

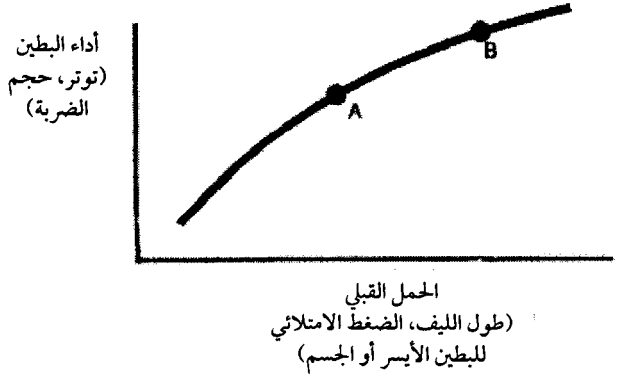
النبض هو الموجة الدموية التي تحدث داخل الشرايين كلما انقبض القلب وطرد الدم فيها، وتحس في الشرايين السطحية مثل رسغ اليد وأمام الأذن.

الفيزيولوجيا الدورانية للقلب

يعتقد أن التفاعل بين الميوزين والأكتين، مع الـ ATP الناجم عن الفسفرة المؤكسدة، هو أساس انقباض كل ليف من الألياف العضلية ومن ثم انقباض القلب ككل.

لكل ليف من الألياف القلبية خاصة تسمى خاصة التقلص (أو القوة الانقباضية Inotropic) التي تتمثل بقدرة الليف على إحداث قوة تقلصية، والقوة الناجمة عن الليف لاتتأثر فقط بقدرة الليف على الانقباض ولكن تتأثر أيضًا بطوله قبل الانقباض، ذو الحمل البعدي، تبعًا لقانون ستارلنغ (الشكل التالي) ويمكن أن تنطبق هذا ليس فقط على ليف واحد ولكن على وظيفة القلب ككل.

لذا فعلى المخطط البياني فإن السن الذي كان يسمى الحمل القبلي أو طول الليف يصبح الضغط الامتلائي للبطين الأيسر أو الحجم (شدة تمدد الليف العضلي في الانبساط)، أما العين التي كانت تسمى قوة الشد، تصبح حجم الضربة أو عمل الضربة (قدرة القلب على توليد التوتر).



الشكل يوضح منحنى وظيفة البطين الطبيعي. عندما يزداد الحمل القبلي من أ إلى ب، تظهر على المنحنى الزيادة الناجمة عن التوتر الحادث أو الزيادة في عمل القلب ككل.

أما الحمل البعدي فيصف العائق أو المقاومة يجب أن يتقلص القلب ضدها،

وقبل الحمل القبلي، فيمكن للحمل البعدي أن يطبق إما على ليف عضلي واحد أو على القلب ككل.

يقارب الحمل البعدي الضغط الشرياني، العائق الأساسي لانقباض العضلة القلبية.

ففي العضلة القلبية السليمة فإن الحمل البعدي يحدد كمية الدم التي يستطيع القلب ضخها بوجود حالة ثابتة من قوة الانقباض ومن الحمل القبلي، فكلما ارتفع حمل العمل الذي يجب على القلب أن يعمل ضده كلما نقصت كمية الدم المضخوخة، والعكس بالعكس.

لذا فإن مخطط عمل القلب سينحرف إلى الأعلى والأيسر عندما ينقص الحمل البعدي، وينحرف إلى الأسفل والأيمن عند زيادة الحمل البعدي، ويكون هذا الانحراف في وظيفة البطين باختلاف الحمل البعدي قليلًا في البطين الطبيعي ولكنه بارزًا في القلب المسترخي.

سرعة القلب هي عامل آخر يقرر عمل القلب، ومع أن زيادة الطلب لنتاج القلب تزيد من تقلص القلب ومن حجم الضربة عبر تفعيل الجهاز الودي، فإن أهم استجابة لتفعيل الجهاز الودي الذي يؤدي إلى زيادة نتاج القلب هو زيادة سرعة القلب (نتاج القلب = حجم الضربة × سرعة القلب).

النقص في نتاج القلب أو الضغط الشرياني يؤدي إلى زيادة الصبيب الودي ونقص اللاودي، عبر آلية المستقبلات الضغطية.

التغذية العصبية للقلب (النشاط الكهربائي للقلب)

يتكون الجهاز التوصيلي العصبي للقلب من الأجزاء الآتية:

- العقدة الجيبية الأذينية.
- العقدة الأذينية البطينية.

- الحزمة الأذينية البطينية وفروعها في الجهة اليمنى واليسرى للقلب.
- ألياف بركنجي.

ويبدأ الانقباض القلبي (الضربة القلبية) من العقدة الجيبية الأذينية وهي مجموعة من الخلايا العضلية المتخصصة بشكل عقدة صغيرة تقع في الجزء العلوي الخلفي من الأذين الأيمن وعلى جهة اليمين من فتحة الوريد الأجوف العلوي في الأذين الأيمنتولد هذه العقدة عبارة عن نبضا كهربائيا قصيرا يتردد كل ٧٢ مرة في الدقيقة، ينتشر بسرعة في الأذينين بحيث ينقبضان معا بنفس الوقت تصل النبضة بعد ذلك إلى العقدة الأذينية البطينية التي تقع في الجزء الأسفل من الحاجز الأذيني فوق الصمام الثلاثي الشرفات وهي أيضًا تتكون من الخلايا العضلية المتخصصة.

تنتشر بعدها الدفعة القلبية بواسطة الحزمة الأذينية البطينية (حزمة هيس) والتي تعد الوحيدة التي تعمل على التوصيل بين الأذينين والبطينين في القلب.

والحزمة الأذينية البطينية تنزل خلف الصمام الثلاثي لتصل إلى الجزء الغشائي من الحاجز البطيني حيث تنقسم عند جزءه العلوي إلى فرعين واحد لكل بطين، حيث يسير الفرع الأيمن إلى الأسفل على الجانب الأيمن ويعبر الجدار نحو البطين الأيمن ويصبح متواصلًا مع شبكة (ألياف) بركنجي، أما الفرع الأيسر للحزمة يخترق الحاجز ويسير على جانبه الأيسر وهي عادة تنقسم إلى فرعين يصبحان في النهاية متواصلين. ومن الجدير بالذكر أن النبض في القلب يولد تياراتًا كهربائية يمكن الكشف عنها على سطح الجسم ويسمى تسجيل التغييرات الكهربائية في دورة انقباض العضلة بالتخطيط الكهربائي للقلب (electrocardiogram).

التدريب الرياضي وأثره على القلب

تحصل تغيرات في حجم وكتلة ووزن وعضلة القلب وسمك جدرانها كتهيئة للظروف اللازمة للدم العائد وضخه إلى جميع أجزاء الجسم وتشمل هذه التغيرات

الصمامات القلبية بأجمعها والتي يجب أن تتناسب هي الأخرى مع الزيادة الحادثة فيه مثلًا الزيادة الحاصلة في قطر جذع الشريان الأبهر نتيجة التدريب المنظم والمستمر يؤدي إلى كبر الصمام الهلالي لكي يضمن عمله في إحكام الإغلاق وعدم عودة الدم بالاتجاه المعاكس، أن النشاط الرياضي الطويل والمنظم يكون تأثيره على البطين الأيسر أكبر من باقي أجزاء الجسم.

يحصل نمو في عضلة القلب إذا كانت معدلات الأيض البنائي أكبر من معدلات الأيض الهدمي فيما يحصل الضمور إذا قل المعدل البنائي وهذا مايحدث عند الانقطاع عن التدريب أو في حالة الإصابة الرياضية، أن انعكاس هذه العملية على عضلة القلب هو بزيادة حجم وكتلة وسمك ألياف العضلة القلبية وخصوصًا في تدريبات المطاولة العامة بشدة متوسطة والتي ترفع من معدل ضربات القلب وحجم الخفة والذي يسمح بايصال الغذاء والأوكسجين بصورة كافية للألياف العضلية القلبية عن طريق الشريان الأكليلي.

إن هذه الزيادة في حجم مقاطع الألياف العضلية هي بسبب:

١-زيادة في بناء البروتين العضلي.

٢-زيادة عدد بيوت الطاقة وزيادة مساحتها وخزينها من الطاقة.

٣-زيادة كمية الميوجلوبين (حامل الأوكسجين) في القلب على الرغم من اعتماد تحرير الطاقة في عضلة القلب بالطريقة الهوائية، ولكن في حالات التغيير السريع تستغل لسد النقص الحادث.

٤-زيادة خزين الطاقة.

٥- زيادة خمائر الطاقة.

٦-زيادة الأنزيمات.

٧-كبر المقاطع العرضية للشريان والأوعية الدموية وتفتح أوعية شعرية جديدة في العضلة القلبية.

تأثير التمرين وانقطاعه على عضلة القلب

إن نسبة تأثير التدريب الرياضي على عضلة القلب تتراوح بين (٣٠-٦٠٪)والباقي يترك للنضج والوراثة إذ أن التدريب المستمر يزيد من بروتينات الليف العضلي وإن عملية زيادتها في العضلة بسبب تفسخ ونقصان في كمية بروتينات التقلص وإيقاف عمل عدد من بيوت الطاقة مسببة صغر المقطع العرضي لليف العضلي وبالتالي المقطع الكلي للعضلة وهذا ما نلاحظه في قلوب جميع الرياضيين ولاسيما لاعبي التحمل الذين تمتاز قلوبهم بكبر التجاويف والحجم والوزن الكبير، فإن الطول الحادث في الألياف والتمدد لاسيما في طور الانبساط النهائي يتراجع بسبب الانقطاع عن التدريب إذ يقل حجم ووزن العضلة وكتلتها وقطر الانبساط النهائي وقطر التقلص النهائي بشكل ينسجم مع كمية الدم العائد للقلب ومستوى الحوافز العصبية السمبثاوية لقوة التقلص وحاجة الجسم من الدم الدائر فيه بل يسري ذلك حتى على انخفاض في حجم الدم وعدد كريات الدم الحمراء وحجم الهيموجلوبين إلى الوضع السوي تقريبًا.

أن ذوي الأعمار التدريبية الطويلة تكون الوظيفة التراكمية الناتجة عن التدريب المنظم لديهم بطيئة الفقدان نتيجة الانقطاع عن التدريب مقارنة بذوي الأعمار التدريبية القليلة أو غير المدربين حيث إن التكيف لدى الممارسين يفقد ببطء وأثاره تبقى حتى مع تقدم العمر على الرغم من انخفاض في جميع القدرات الوظيفية ولكنها الأفضل مقارنة مع غير الممارسين.

إن قياسات عضلة القلب لاتغيير كثيرًا لدى المتدربين على القوة الثابتة إذ هي تكون مقاربة لأحجام وأوزان الأصحاء لأن طبيعة التدريب لايتطلب تدفق الدم لفترات طويلة كما في فعاليات التحمل ولكنه يصاحب ذلك زيادة في سمك الحاجز للبطين وسمك الجدار الخلفي لعضلة القلب ولاسيما البطين الأيسر كما أن معدلات ضربات القلب تنخفض إذ تتراوح بين (٦٥-٧٠٪) ض/ د إذ أن استخدام تمارين القوة الثابتة لا تحتاج أثناء العمل ان يدور الدم بصورة كبيرة لاعتمادها على تحرير الطاقة لا أوكسجينيًا،

أما في التقلص المتحرك فإن الأداء يسمح بجريان الدم بشكل أفضل من التقلص الثابت مع ارتفاع في معدل ضربات القلب وإن كان أقل من التقلص الثابت، ويكون الدين الأوكسجيني قليلًا بالمقارنة مع سابقه وعدم الارتفاع في مستوى حامض اللاكتيك مع زيادة الدم العائد وعليه فإن التمارين ذات التقلص المتحرك تزيد اتساع تجاويف عضلة القلب بشكل أكبر مما عليه في تدريبات التقلص الثابت.

يلاحظ في أنظمة إنتاج الطاقة (الفوسفاجيني ـ اللاكتيكي ـ الهوائي) أن الجهد البدني له تأثير على قطر الأذين الأيسر وهذا يعود للتمدد في قطر الأذينيين والتي تحفز الجيبية لزيادة معدل ضربات القلب ولكن يلاحظ أن تلك الزيادة في القطر منسجمة مع الارتفاع بمعدل الضربات القلبية إذ أنه في النظام الهوائي هي أقل قطرًا مما هو عليه في النظامين الآخرين (اللاكتيكي ـ الفوسفاجيني) ودلت بعض الدراسات على تغيير في وسع قطر البطين الأيسر بزيادته بعد أداء الجهد ولا سيما الهوائي، أما في النظامين الآخرين فإن ذلك أمرًا طبيعيًا كون ارتفاع معدل ضربات القلب ينسجم وفق حوافز الجهاز العصبي المركزي والذي يتماشى مع زيادة الجهد البدني وهو أكثر شدة في النظامين (اللاكتيكي ـ الفوسفاجيني).

الشرايين

الشرايين هي الأوعية الدموية التي يجرى فيها الدم من القلب إلى أنسجة الجسم وأعضائه المختلفة ولكي يصل الدم الشرياني إلى جميع أنحاء الجسم يجب أن يدفعه القلب بقوة كبيرة لذلك فإن الدم يجرى داخل الشرايين بفعل الضغط.

يخرج من القلب شريانان:

١- الأبهر (الأورطي): الذي يتفرع في جميع أنحاء الجسم وينقل الدم في الدورة الدموية الكبرى.

٢- الشريان الرئوي: الذي ينقل الدم إلى الرئتين لأكسجته في الدورة الدموية الصغرى.

تكوين الشريان:

تتكون جميع شرايين الجسم من ثلاث طبقات خلوية مختلفة هي:

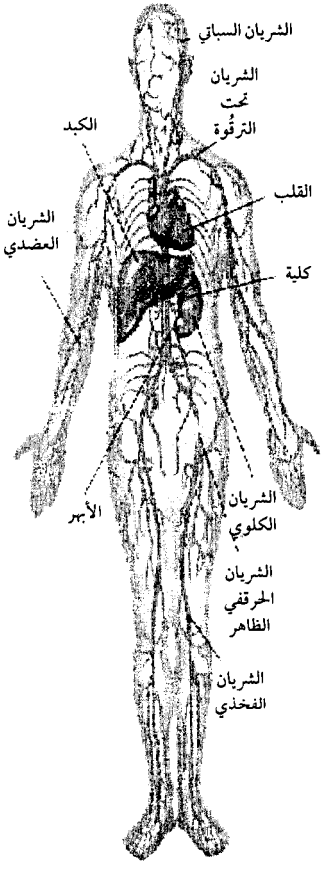
١- الطبقة الخارجية (الغلالة البرانية) التي تتألف من طبقة من النسيج الضام تغطي الشريان من الخارج.

٢- الغلالة الوسطانية: التي تتألف من ألياف عضلية ملساء قوية ومرنة تستطيع تغيير قطر الشريان حسب الحاجة.

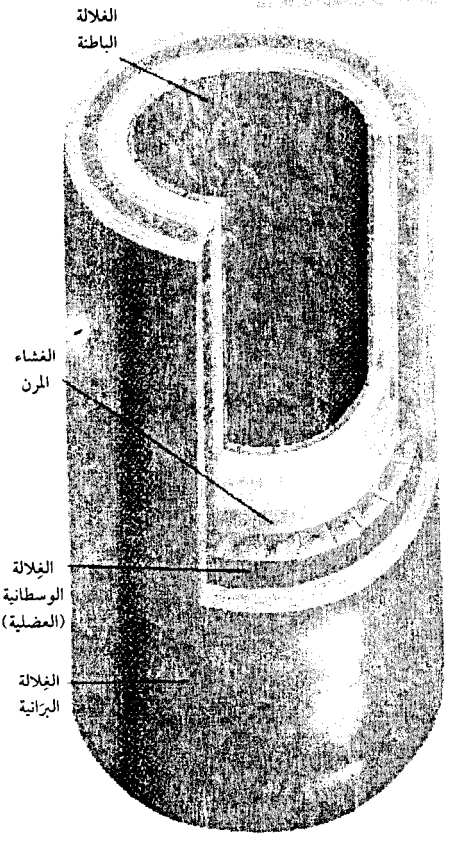
٣- الغلالة الباطنية: التي تتألف من نسيج بطاني يسمح للدم بالانزلاق بسهولة داخل الشريان.

الشرايين

ما هو

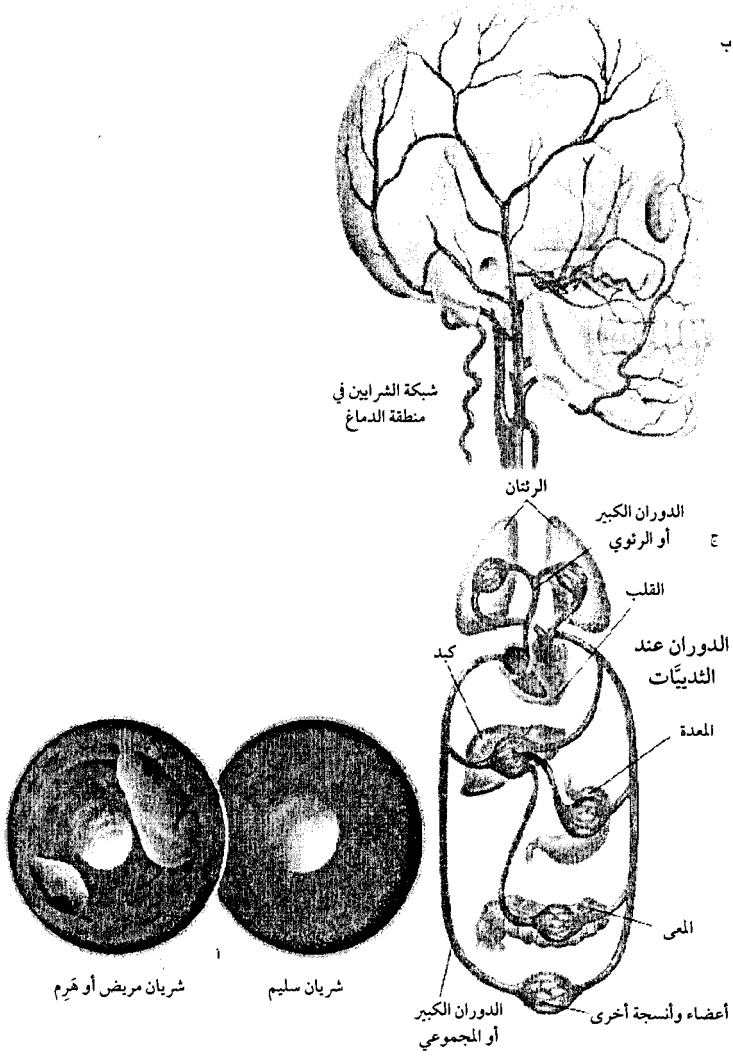


الجهاز الدوراني



مقطع في شريان

(أ) الشرايين السليمة والشابة أنابيب مرنة ذات جدار ملساء يجري فيها الدم بسرعة ودون احتكاك يذكر لكن مع تقدم السن أو بسبب الأمراض يأخذ باطن الشرايين بالتحول تدريجيًا للشرايين الهرمة والمتصلبة (جدر خشنة صلبة وسريعة العطب تتسبب بمشكلات دورانية خطيرة ويجري الدم فيها بسرعة أقل ويسهل تشكل الجلطات التي يمكن أن تسد الأوعية الدموية وتتسبب بأضرار خطيرة جدًّا.



(ب) عندما يخرج الدم الشرياني من القلب يتوجه إلى أماكن مختلفة مثل الكبد والدماغ والأمعاء وأصابع القدمين وغيرها، إلا أن بعض نواحي الجسم تظهر شبكة كاملة ومعقدة من الشرايين التي تؤمن للأعضاء الحيوية مثل الدماغ الكمية الكافية من الأكسجين والمواد المغذية.

الأوردة

٦٥٪ من الدم موجود في الأوردة.

يمتد في الجسم جهاز وريدي كامل يتولى إعادة الدم إلى القلب من جميع أنحاء الجسم التي غذتها الشعيرات الشريانية بالدم النظيف تشبه تكوين الأوردة تكوين الشرايين فهى تتألف مثلها من ثلاث طبقات متتالية من النسيج لكن الغلالة الوسطانية أقل سماكة من الشريانية، مما يجعل الأوردة أكثر ليونة وهشاشة وأقل مرونة.

- تتميز الأوردة عامة بجدر أكثر سماكة ولكن أقل مرونة من الجدر الشريانية ويجري فيها الدم الوريدي الفقير بالأكسجين والمحمل بثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية الاحتراق.
- وتشكل الأوردة الرئوية الأوردة الوحيدة التي تنقل الدم الشرياني إلى القلب إذ أنها تخرج من الرئتين وتنقل الدم المؤكسج.
- تمتد بقية الأوردة بموازاة الشرايين وتنقل الدم الوريدي وعند ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم يتحول اللون الأحمر للهيموجلوبين الموجود في الكريات الحمراء إلى اللون الأزرق المميز للدم الوريدي ولا يجري الدم في الأوردة بمثل قوة جريانه في الشرايين نظرًا إلى بعد دفعات القلب. ولهذا السبب تحتوي الأوردة الكبيرة على جهاز غريب من الدسامات التي تمنع تراجع الدم.

وظيفة الأوردة:

بعد مرور الدم الوريدي في الشعيرات يقوم الدم بجمع الفضلات من الخلايا التي يمر بها ويعود بعد ذلك إلى القلب.

تغادر الكريات الحمراء شبكة الشعيرات الشريانية وتصل إلى منطقة تجتمع فيها الشعيرات الوريدية لتشكل أوردة متزايدة الحجم (أوردة كلوية - أوردة كبدية...) تتحد جميعها لتشكل الوريد الجوفي الذي يصب بدوره في الأذين الأيمن للقلب.

(أ) يصل إلى أذيني القلب نوعان من الأوردة مختلفان:

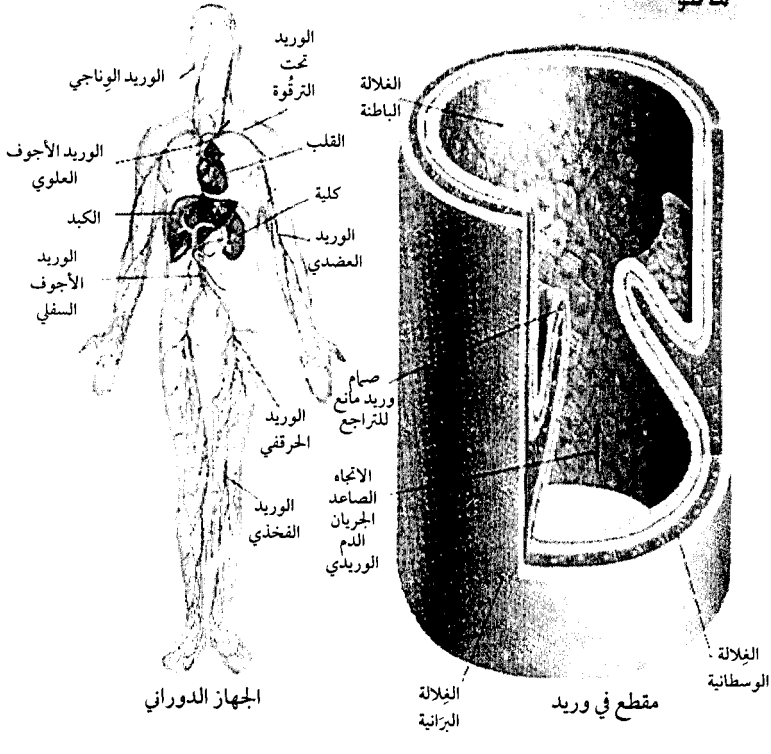
١ - الأوردة الجوفاء محملة بدم فقير بالأكسجين القلب، بينما تعود الأوردة الرئوية إلى القلب ناقلة الدم المؤكسج بعد مروره في الرئتين.

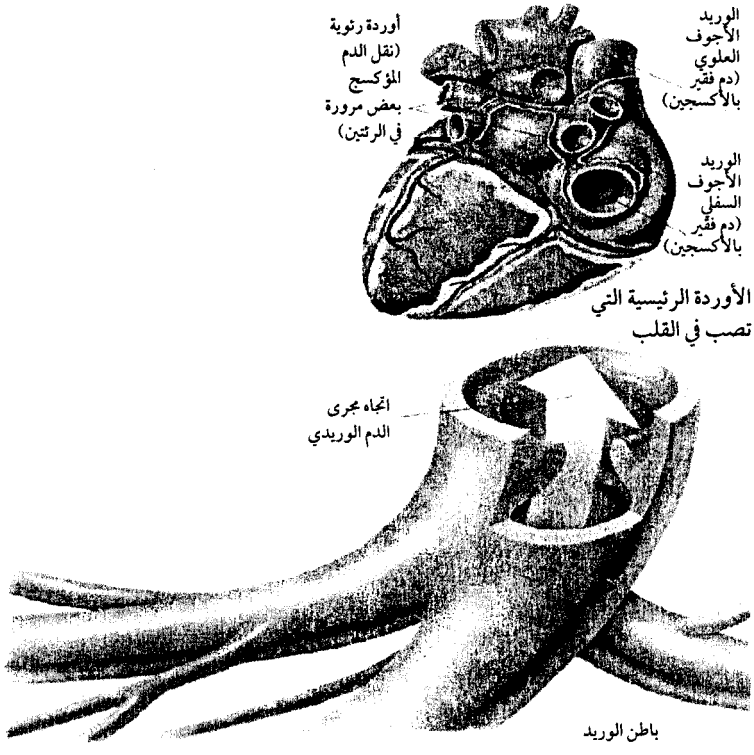
٢ - يطلق عادة اسم الشريان على جميع الأوعية الدموية التي تنقل الدم من القلب إلى أعضاء وأنسجة الجسم، أما الأوردة فهي الأوعية الدموية التي تعيد الدم إلى القلب من أنحاء الجسم الأخرى.

(ب) تقوم الدسامات الموجودة داخل الأوردة الكبيرة بمنع الدم من تغيير اتجاهه، وهي طريقة تضمن جريان الدم دائمًا في الاتجاه الصحيح وتلعب هذه الدسامات دورًا مهمًا جدًّا، إذ يقوم الدم بجهد كبير للصعود من طرف أصابع القدمين مثلًا إلى القلب.

الأوردة

ما هو





الدورة الكبرى (الدوران الشعيري)

يبدأ الدم رحلته الطويلة من القلب وينهيها فيه، بعد مروره في الأعضاء والخلايا، قاطعًا آلاف الكيلومترات، ويدور الدم دورة كاملة حول الجسم مرة كل ٦٠ ثانية أي بمعدل ١٤٤٠ مرة في اليوم الواحد.

يبدأ الدم المؤكسج رحلته باتجاه أنسجة الجسم من البطين الأيسر عبر الأبهر (الأورطي) ويصل إلى جميع خلايا الجسم، بما فيها خلايا الجلد ويصعد الدم في قوس الأبهر، ثم ينتقل إلى الشرايين الثلاثة الكبيرة التي تنقله إلى الجزء العلوي من الجسم.

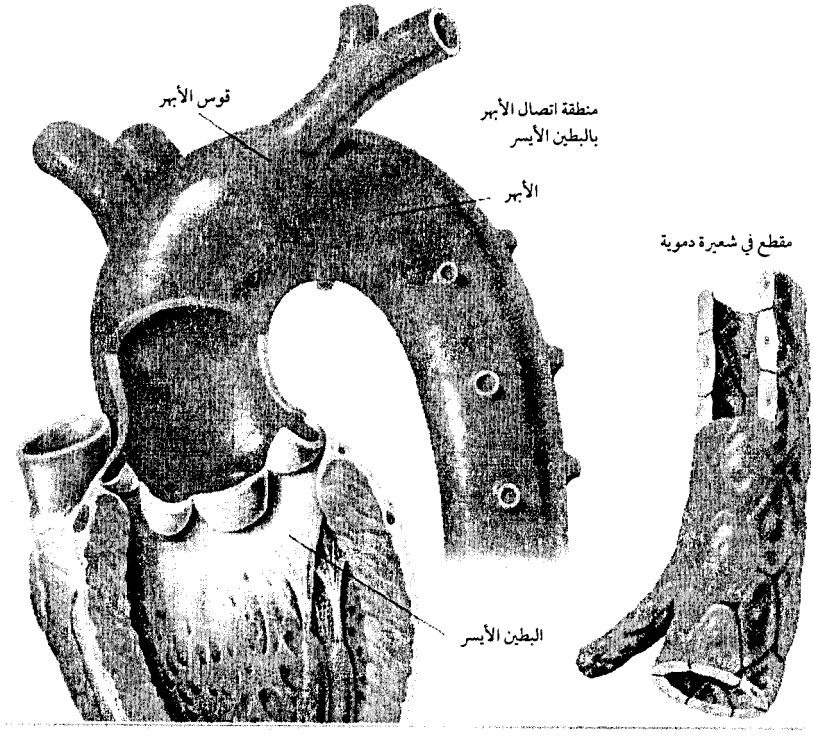
يتفرع الأبهر بعد ذلك لتشكيل الشرايين المختلفة التي تغذي أعضاء الجسم كافة.

تتفرع الشرايين من جديد داخل كل عضو فينخفض قطرها شيئًا فشيئًا حتى تشكل الشبكة الشريانية الشعيرية التي تحمل المواد المغذية والطاقة إلى جميع الخلايا.

ينقل الدم بالإضافة إلى الأكسجين هرمونات تفرزها الغدد وأيونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم وفيتامينات ودهونًا وسكريات وبروتينيات وأملاحًا معدنية ومواد ضرورية عامة لحياة خلايا الجسم.

الدوران الشعيري

ما هو



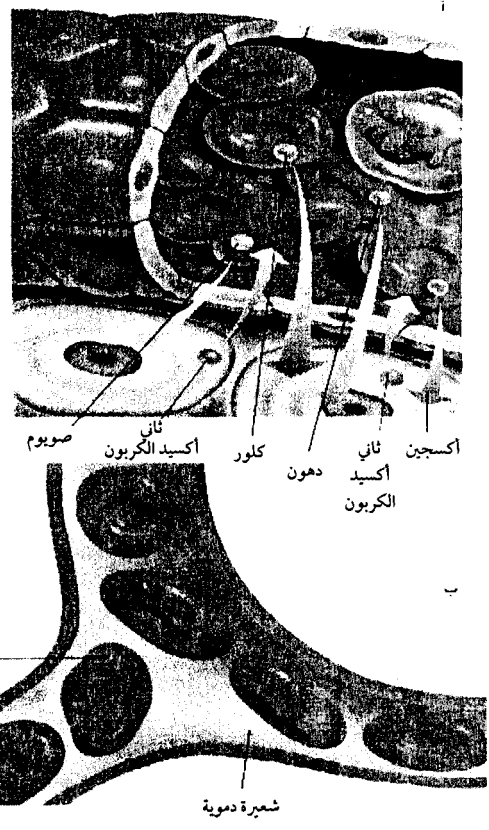
وظيفة الشعيرات الدموية:

- يحمل القسم الأكبر من الأنسجة شبكة كاملة وكثيفة من الشعيرات بحيث لا تبعد أي خلية أكثر من ٤٠٠٠ مليمترات عن أقرب مصدر للدم بعد حدوث

التبادل مع خلايا الأنسجة العضوية، تتحول الشعيرات الشريانية إلى شعيرات وريدية وتبدأ بحالة العودة إلى القلب.

(أ) يشكل مرور الشعيرات في الأنسجة أهم جزء من دورة الدم في الجسم نظرًا إلا أن تبادل المواد (الأملاح المعدنية ـ أيونات. الخ) والغازات يحدث بين الشعيرات والخلايا.

في هذا التبادل تؤمن الكريات الحمراء الغذاء والأكسجين لجميع الخلايا وتأخذ منها كمية قليلة من ثاني أكسيد الكربون الذي ينقل القسم الأكبر منه إلى الرئتين مذابًا في بلازما الدم ويعرف تبادل الغازات الذي يحدث في الخلايا باسم التنفس الخلوي.



مسار الكريات الحمراء في شعيرة

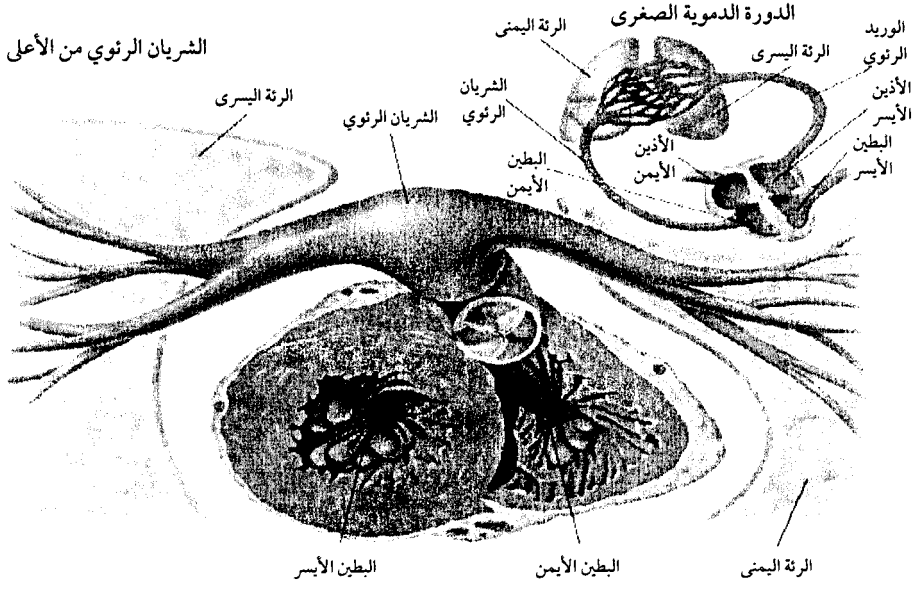
(ب) الشعيرات أوعية دموية دقيقة جدًّا يساوي قطرها قطر الشعرة وتتألف جدارها من طبقة واحدة من الخلايا وهذه الشعيرات رفيعة بحيث يمر فيها الكريات الحمراء الواحدة تلو الأخرى وتسهل دقة هذه الأوعية تبادل المواد والغازات مع خلايا الأنسجة التي تمر فيها.

الدورة الصغرى (الدوران الرئوي)

الدورة الدموية الصغرى أو الرئوية هي جريان الدم من القلب إلى الرئتين ثم عودته إلى القلب محملًا بالأكسجين.

- في الدورة الصغرى يضخ القلب الدم إلى الرئتين بقوة أقل مما يضخه في الأبهر إذ يجب أن يدفع الدم بلطف في هذا الجزء من الدورة ولذا يحتوي البطين الأيمن على ألياف عضلية أقل بأربعة أضعاف من ألياف البطين الأيسر.
- يكون الدم الخارج من القلب عبر البطين الأيمن فقيرًا بالأكسجين غنيًا بثاني أكسيد الكربون (الذي يعطيه لونه الأزرق) ويتفرع الشريان الرئوي إلى شريانين يتوجه كل منهما إلى رئة وينقسم كل فرع بعد ذلك إلى أوعية يتناقص قطرها لتشكل شبكة من الشعيرات التي يجري فيها الدم ببطء لتسهيل التبادل الغازي في الأسناخ الرئوية.
- يمتلئ ويفرغ السنخ في اليوم الواحد من التنفس الطبيعي أكثر من ١٥٠٠٠ مرة تحتوي الرئتين على حوالي ٣٠٠ مليون سنخ.

ما هو



يعبر الأكسجين جدار الأسناخ وينتقل إلى الشعيرات الدموية التي تحيط بالسنخ كالشبكة بعد وصول الدم المؤكسج إلى البطين الأيسر عبر الأوردة الرئوية ينتقل إلى البطين الأيسر ثم يضخ منه لتوزيع الأكسجين على جميع خلايا الجسم.

وظيفة الدورة الدموية الصغرى:

إضافة إلى وجود ثاني أكسيد الكربون في الدم يحتوي الدم على مواد أخرى مؤذية يتخلص منها الجسم عبر أعضاء مختلفة مثل الكبد والطحال والكليتين.

(أ) الكبد هو أكبر غدة في جسم الإنسان ويزن ١,٥ كيلو غرامات ويتكون من ٥٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ فصيصة كبدية وينقي الكبد جميع كمية الدم الموجودة في الجسم، فيرشح الدم الداخل إليه عبر وريد الباب: يوزع الدم في أنحاء الكبد عبر أوردة متناقصة الحجم حتى يصل إلى سطح الفصيصات الكبدية التي تقوم بتنظيف وتنقية الدم.

(ب) الطحال عضو يزن ٢٠٠ غرام تقريبًا يعمل في الحالات الطارئة فيطلق الدم المخزون في داخله، ويزيد بذلك التغذية الدموية وأكسجة الأنسجة ويشكل الطحال أيضًا (مقبرة) الكريات الحمراء التالفة إذ يتلف حوالي مليوني كرية حمراء في الثانية الواحدة.

(ج) تحتوي كل كلية على أكثر من مليون كليون ينقي فيها الدم عند مروره في مجموعة معقدة من الشعيرات تعرف بالكبيبات وتطرح الفضلات بعد ذلك على شكل بول.

التغيرات الفسيولوجية المرتبطة بالتدريب الرياضي

يؤدي التدريب الرياضي إلى تغيرات فسيولوجية متعددة على أعضاء الجسم المختلفة وكلما كان التدريب جيدًا ومخططًا له ومعدًا على وفق الشروط العلمية كان إيجابيا في تقدم كافة أجهزة الجسم وأهم هذه التغيرات:

١- التغيرات الكيميائية الحيوية:

وهذا النوع من التغيرات يحدث في خلايا الأنسجة وتشمل التغيرات في طريقة إنتاج الطاقة (هوائي، لاهوائي) وكذلك في كمية الألياف العضلية السريعة والبطيئة وتشمل التغيرات الهوائية للعضلة من جراء التدريب زيادة المايكلوبين وأكسدة الكلايكوجين وعدد وحجم المايتوكندريا (بيوت الطاقة) وزيادة فاعلية إنزيمات التمثيل الغذائي ودورة كريبس وزيادة مخزون الكلايكوجين بالعضلة وزيادة أكسدة الدهون وزيادة مخزون ثلاثي الكلسرين وزيادة قدرة العضلة على استخدام الدهون كوقود للطاقة، أما التغيرات اللاهوائية في العضلة فتشمل زيادة إنتاج الطاقة اللاهوائية بنظام (ATP-P.C) وزيادة خزين العضلة من الـ(ATP)وزيادة نشاط الإنزيمات المساعدة في إنتاج الطاقة اللاهوائية وكذلك زيادة قدرة العضلة على استخدام الكلايكوجين لإنتاج الطاقة بغياب الأوكسجين بينما تشمل التغيرات النسبية للألياف العضلية السريعة والبطيئة وزيادة

كفاءتها الهوائية وزيادة قدرة الألياف السريعة على إنتاج الطاقة اللاهوائية عن طريق الكلايكوجين وزيادة حجم الألياف العضلية.

٢- تغيرات الجهاز الدوري:

إن تأثير التدريب الرياضي في الجهاز الدوري من خلال زيادة نقل واستهلاك الأوكسجين إذ تظهر التغيرات على شكل كبر في تجويف القلب بالنسبة لفعاليات التحمل، وسمك عضلة القلب بالنسبة للأنشطة الأخرى، وزيادة في حجم الدم الذي يدفعه القلب في الضربة الواحدة وزيادة كثافة الشعيرات الدموية في العضلات الهيكلية.

لذلك نرى حجم قلب الرياضي يساوي ضعف حجم قلب غير الرياضي، فإذا كان قلب الإنسان الاعتيادي (٥٠٠-٦٠٠سم^3) فإن حجم قلب الرياضي يساوي ثلاثة أضعاف كمية الدم المدفوع لدى الإنسان الاعتيادي فإذا كانت النبضة الواحدة تساوي (٧٠سم^3) عند غير المتدرب فهي تساوي (٢٠٠سم^3) للأشخاص المتدربين، لذلك نرى أن الرياضي يوصل كمية الدم المطلوبة إلى الجسم بأقل عدد من الضربات بسبب كبر كمية الدم المدفوع في كل ضربة بينما نرى غير الرياضي تزداد عدد نبضات قلبه كي يستطيع قذف الدم المطلوب إلى أنحاء الجسم أما أهم **التغيرات التي تحدث في القلب نتيجة النشاط الرياضي هي:**

أولًا: تغيرات في الشكل الظاهري:

أ- تضخم القلب.

ب- زيادة سمك الألياف واتساع الغرف.

ثانيًا: التغيرات الفسيولوجية:

أ- انخفاض عدد ضربات القلب.

ب- زيادة فترة الراحة للقلب.

جـ- سرعة ضربات القلب عند الرياضيين أثناء المجهود أقل منها عند غير الرياضيين وذلك في حالة تساوي المجهود المبذول.

د- عودة القلب الرياضي إلى حالته الطبيعية بمعدل أسرع عند الرياضيين من غير الرياضيين.

٣- تغيرات الجهاز التنفسي:

يحدث التغير في الجهاز التنفسي من خلال زيادة التهوية الرئوية وتحدث هذه الزيادة من خلال زيادة حجم الهواء المستنشق في المرة الواحدة وانخفاض معدل التنفس في الدقيقة الواحدة، وتنشط التهوية الرئوية إذ يتجه معظم الأوكسجين إلى العضلات وكذلك يتم زيادة حجم الرئتين مما يؤدي إلى زيادة كمية تبادل الغازات مع الدم.

٤- تغيرات فسيولوجية أخرى:

هناك تغيرات أخرى مرتبطة بالتدريب الرياضي إذ تنخفض نسبة الكوليسترول وثلاثي الكليسرين بالدم وكذلك ضغط الدم وزيادة القدرة على العمل في الجو الحار، ونلاحظ نقص الدهن في الجسم مع زيادة في الوزن بدون شحوم ونقص الوزن الكلي، ويعمل التدريب على قوة العظام والأربطة والأوتار.

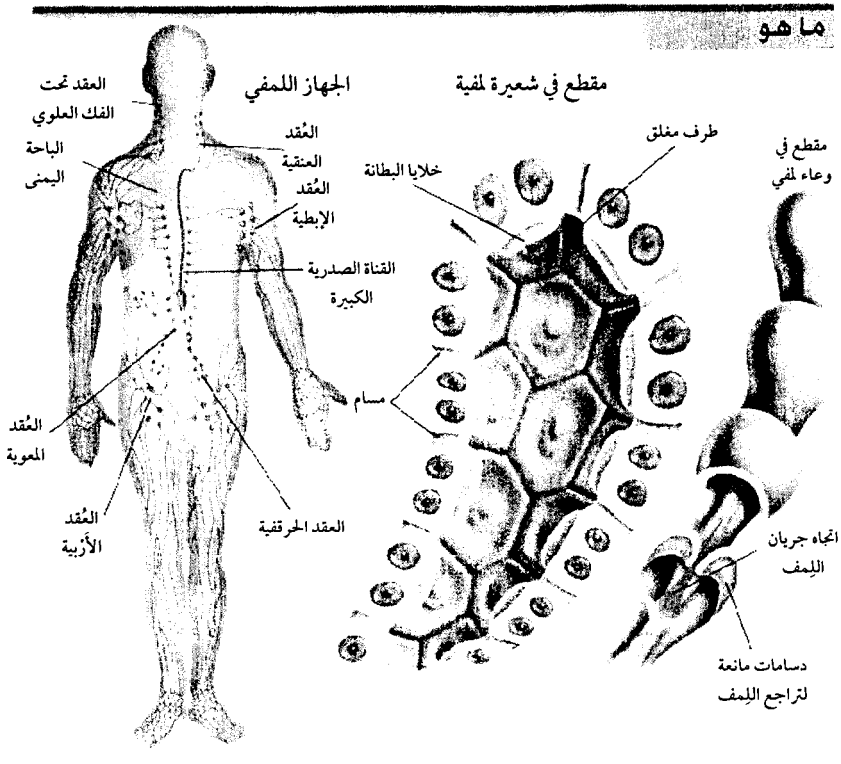
الجهاز اللمفي

يشكل الجهاز اللمفي جهازًا دورانيًا يجري في أوعية اللمف بدلًا من الكريات الحمراء واللمف سائل ضارب للبياض ينقل البروتينات وغيرها من الجزيئات التي لا يسمح لها لكبر حجمها بدخول الشعيرات الدموية وللمف نفس تركيب البلازما تقريبًا، لكنه يحتوي على كمية أقل من الأوكسجين والبروتين وعدد أكبر من اللمفاويات تتشابك الشبكتان الشعيرتان الدموية واللمفية إذ تمتد الشعيرات اللمفية دائمًا بجوار

الشعيرات الدموية وتتمثل وظيفتها الرئيسية في تجميع البلازما التي مرت من الشعيرات الدموية إلى الأنسجة، ثم نقلها وإعادتها إلى الدم. ويحول إنزاخ الشعيرات فائض اللمف دون إغراق الأنسجة بالسائل.

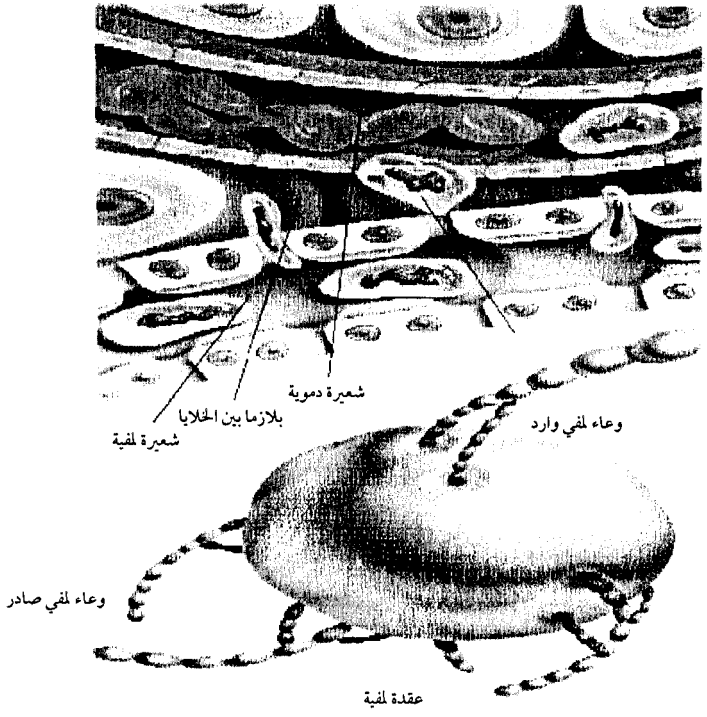
الجهاز اللمفي

ما هو

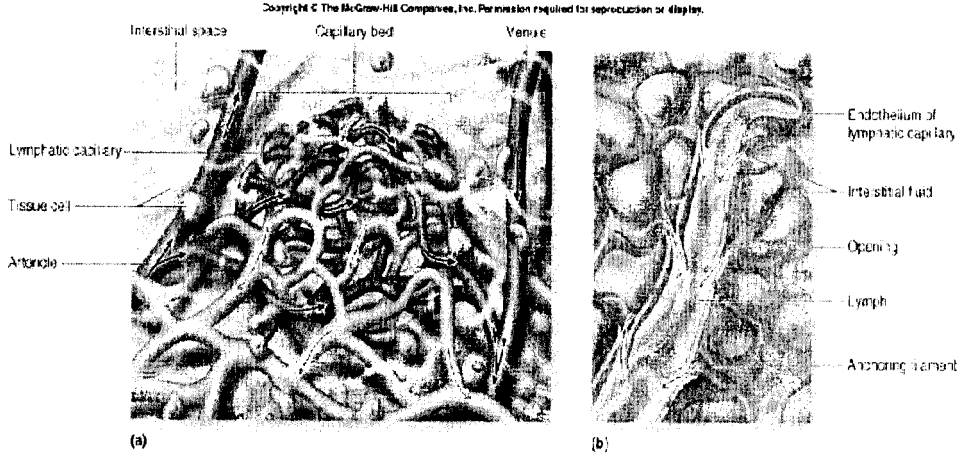


يتألف الجهاز اللمفي من شبكة من الشعيرات تتحد لتشكل أوعية أكبر حجمًا مثلما يحدث في الجهاز الوريدي. بمرور البروتينات والجزيئات الكبيرة التي لا يمكن للشعيرات الدموية امتصاصها، تحمل الأوعية اللمفاوية في داخلها دسامات هلالية تجبر اللمف على الجريان باتجاه واحد فقط. ولا يضم الجهاز اللمفي عضوا لضخ اللمف، بل يجري اللمف بدفع من التدليك الذي تقوم به حركة عضلات الجسم ومن الفعل الماص للتنفس اللذين يضغطان الأوعية ويدفعان اللمف في الاتجاه الوحيد الممكن.

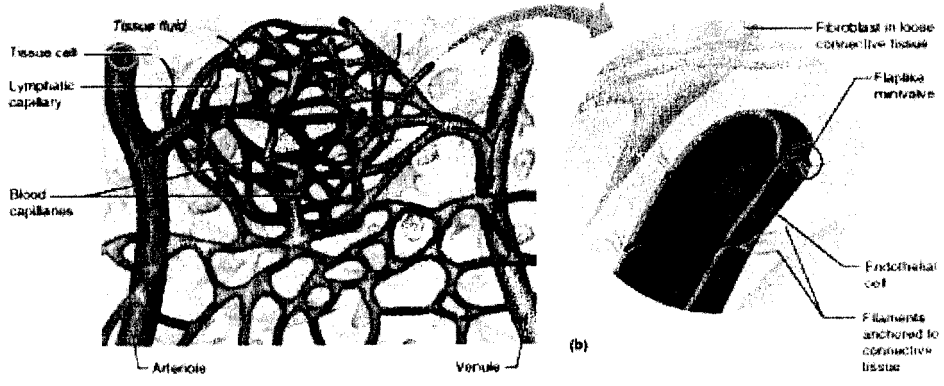
انتقال البلازما بين الشعيرات الشريانية والواردية وشعيرات الجهاز اللمفي



صورة الشعيرات الليمفاوية lymphatic capillaries



صورة الأوعية الليمفاوية Lymphatic Vessels



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

وظائف الجهاز اللمفي:

(أ) تتميز الشعيرات اللمفية بأطرافها المغلقة الشبيهة بأصابع القفاز. والشعيرات اللمفية أوعية دقيقة جدًّا تتكون من النسيج البطاني مشبه الأوردة في بنيتها لكن جدار الشعيرات اللمفية أكثر رقة من جدار الأوردة وتحمل مجموعة من المسام يدخل منها اللمف.

ينقل اللمف في جريانه جزيئات غذائية لا يسمح لها لكبر حجمها بالمرور عبر الشعيرات الدموية، ويتم تبادلها مع البلازما بين الخلايا. يجري اللمف ببطء شديد ويغذي بعض الأنسجة بشكل مباشر (مثل الغضاريف التي لا تغذيها أية أوردة دموية).

(ب) ويقوم الجهاز اللمفي أيضًا بوظيفة دفاعية ضد هجوم الجراثيم والكائنات المجهرية إذ تقع على طول الأوعية اللمفية حوالي مئة عقدة لمفية تنضح في داخلها اللمفاويات والبلاعم التي تتولى الدفاع عن الجسم ضد أي عدوى محتملة إضافة إلى ذلك، تحتوي هذه العقد على حواجز من النسيج الغشائي

يستطيع اللمف المرور عبره، لكنه يعمل كشبكة تلتقط الجراثيم وغيرها من العوامل الغريبة.

الطحال Spleen

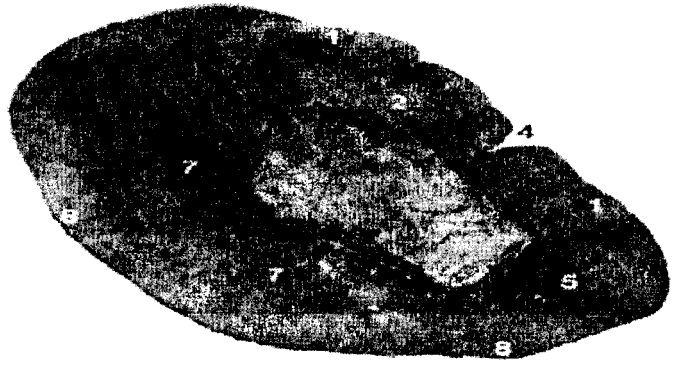
يعتبر الطحال أكبر الغدد الليمفاوية في الجسم، حيث يبلغ طوله حوالي خمس بوصات. يوجد الطحال في الجزء الأيسر من البطن، خلف المعدة، وأعلى الكلية اليسري. ويحتوي الطحال على نسيج ليمفاوي متكاثف غني بالخلايا الليمفاوية (lymphocytes).

وظيفة الطحال:

يعتبر الطحال مصنعًا كبيرًا وعظيمًا للخلايا الليمفاوية التي تقوم بتصنيع الأجسام المضادة التي تهاجم الجراثيم والميكروبات، ولذلك نجد الطحال متخمًا ومؤلمًا عند إصابة الإنسان بأمراض معدية.

يعتبر الطحال مخزنًا عظيمًا للدم، حيث أنه يمكن أن يخزن حوالي ثلاث حجم الدم، وعند حدوث أي نزيف مفاجئ فإن الطحال ينقبض، ويدفع هذا الدم المختزن إلى الدورة الدموية ليعوض هذا النزيف.

يقوم الطحال بتصنيع كرات الدم الحمراء والبيضاء.



تأثير النشاط الرياضي على الجهاز الدوري

١- زيادة حجم الدم بنسبة ٣٠٪.

٢- زيادة عدد كرات الدم الحمراء والبيضاء زيادة طبيعية.

٣- زيادة كمية الهيموجلوبين.

٤- زيادة كفاءة الدم على حمل كمية أكبر من الأكسجين.

٥- تحسين عملية تجلط الدم.

٦- زيادة حجم القلب مع قوة اللياقة.

٧- انخفاض معدل ضربات القلب أثناء الراحة.

٨- تغذية القلب بصورة أفضل.

٩- تزداد قدرة القلب على دفع المزيد من الدم كل دقيقة أثناء المجهود البدني.

١٠- رياضة التحمل الدوري التنفسي يؤدي إلى زيادة عدد الشعيرات الدموية لكل ليف عضلي.

١١- رياضة القوة القصوى والقدرة لا تؤدي إلى زيادة عدد الشعيرات الدموية ولا تقل من العدد، بل أنها تؤدي إلى انخفاض كثافة الشعيرات (زيادة حجمها).

الأوعية الدموية والنشاط الرياضي Blood Vessels

تعتبر هي الجزء المكمل للجهاز الدوري حيث يتكون من القلب والأوعية الدموية وكلا الاثنان يعملان على تسهيل حركة سريان الدم بالجسم حيث يقوم القلب بضخ الدم والأوعية الدموية تستقبل هذا الدم لتقوم بتوزيعه على جميع أنسجة الجسم ثم تعود به مرة أخرى للقلب استكمالًا للدورة الدموية، وتختلف الأوعية الدموية من حيث تركيبها ووظيفة كلا منها. وتسمى الأوعية الدموية التي تحمل الدم من

القلب بشرايين وتتفرع هذه الشرايين إلى شريانان التي تنقسم بدورها إلى الشعيرات الدموية الشريانية وهذه الشعيرات هي التي تكون شبكة دموية بين خلايا أنسجة الجسم. وبعد عملية الأكسدة في الأنسجة يتجمع الدم بواسطة مجموعة أخرى من الشعيرات وتسمى الشعيرات الوريدية وهذه الشعيرات تتحد لتكون الوريدات التي تتجمع لتكون الأوردة التي تعود بالدم إلى القلب إلا أن بعض الأوردة لا يوصل الدم مباشرة إلى القلب وتسمى بالأوردة البابية وإذا انتهى بالكبد يسمى بالوريد الكبدي وإذا انتهى بالكلية يسمي بالوريد الباب الكلوي وتجدر الإشارة إلى أن الأوردة البابية تبتدئ بشعيرات دموية وتنتهى أيضا بتلك الشعيرات ثم يخرج من هذا العضو بواسطة وريد آخر ذاهب إلى القلب وجميع الشرايين بالجسم تحمل دم مؤكسد عدا الشريان الرئوي وفروعه وتتميز الشرايين بسمك الطبقة العضلية في جدارها فنجدها تتكون من أربع طبقات كالتالي: نسيج ضام ثم عضلات ناعمة، نسيج مطاط ثم طبقة وعائية ملساء بينما الأوردة تتكون من ثلاث طبقات فقط وبها صمامات داخلية تسمح بتحرك الدم في اتجاه واحد وتتميز أيضا الشرايين بأنها أكثر تحملا من الأوردة إلا أن الأوردة أدق من الشرايين وأقل سمكا، ونلاحظ أيضا أن الشعيرات الدموية صغيرة جدًّا وتقوم بمهمة إمداد خلايا الجسم بالغذاء والأكسجين وتخليصها من نواتج عمليات الأكسدة . وتعتبر الشعيرات الدموية أهم جزء وظيفي للدورة الدموية حيث يتم من خلالها تبادل الغازات نظرا لطبيعة تكوينها من طبقة واحدة رقيقة ويختلف عددها في مختلف فهي تزيد في الأنسجة التي يزيد فيها التمثيل الغذائي كما يختلف ضغط الدم في مختلف الشعيرات الدموية حيث يتراوح ما بين ٨ - ٤٠ مم زئبق كما إن ضغط الدم لا يتساوى في الشعيرة الواحدة حيث يزيد في الجهة الشريانية ويقل في الجهة الوريدية . وفي أثناء الراحة تعمل بعض الشعيرات أما الباقي فيعمل أثناء النشاط البدني وتتفتح ويزيد سريان الدم الموضعي حيث ثبت أن ١مم٢ من مساحة العضلة الهيكلية تعمل به ٣٥ - ٨٥ شعيرة أثناء الراحة بينما يزيد أثناء النشاط البدني ليصل إلى ٢٥٠٠ - ٣٠٠٠ شعيرة .

الأوعية الرئيسية المتصلة بالقلب

أولا: الشرايين:

١ - **الشريان الأبهر**: وينقسم إلى الأبهر الصاعد، وقوس الأبهر والأبهر الهابط.

حيث أن الشريان الأبهر هو الشريان الرئيسي في الجسم حيث يغذي جميع أجزاء الجسم ويبدأ من قاعدة البطين الأيسر .

٢- **الشريان الرئوي**: وهو الشريان الوحيد الذي ينقل الدم المختزل إلى الرئتين لأكسدته ويتفرع داخل الفسحة المقعرة للقوس الأبهري إلى شريان رئوي أيمن ويتجه إلى الرئة اليمني وشريان رئوي أيسر يتجه إلى الرئة اليسري وهو يحتوي على أوعية دموية دقيقة لتغذيتها ويتألف جدار الشريان من ثلاث طبقات هما:

(١) الغشاء البطاني.

(٢) الطبقة الوسطي.

(٣) الطبقة الخارجية.

ثانيا: الأوردة الرئيسية المتصلة بالقلب:

١ - الوريد الأجوف العلوي.

٢- الوريد الأجوف السفلي.

٣- الأوردة الرئوية.

الأوعية الدموية والتدريب الرياضي

أولًا: دور الأوعية الدموية في توزيع الدم على الجسم:

حيث تقوم الأوعية الدموية بإمداد أعضاء الجسم بالدم اللازم لها ويزيد حجم هذا الدم نتيجة:

١ - زيادة حجم الدفع القلبي.

٢ - إعادة توزيع الدم حيث يقل توجيه الدم إلى الأعضاء غير العاملة ليتجه معظمه إلى الأعضاء العامل .

ويعتبر زيادة الدفع القلبي وإعادة توزيع الدم بين الأعضاء العاملة وغير العاملة وأنسجة الجسم من أهم استجابات الجهاز الدوري أثناء العمل العضلي:

١) إمداد المخ بالدم:

ثبت أن إمداد الدم لأجزاء المخ يتغير تبعًا لتغير هذه الأجزاء وكمثال على ذلك زيادة سريان الدم في المناطق المسئولة عن الحركة أثناء النشاط الحركي بحوالى ٥٠٪ أزيد من مستواها أثناء الراحة في الوقت الذي لا يتغير سريان الدم الكلي للمخ.

حيث أن ثبات استمرار الدم بالمخ له أهميته في الحفاظ على وظائف المخ الحيوية ولا تتأثر الأوعية الدموية في المخ بدرجة كبيرة بتأثيرات الأعصاب السمبثاوية وكذلك الهرمونات ويؤدي توتر الأكسجين بالدم الشرياني إلى تأثير عكس ثاني أكسيد الكربون فعند نقص الأكسجين تتسع الأوعية الدموية وعند زيادته تضيق فعند استنشاق هواء غني بالأكسجين ذلك يؤدي إلى ضيق الأوعية الدموية بالمخ وعادة يبقي توتر الأكسجين في الدم الشرياني بدون تغيير في الظروف العادية وكذلك عند أداء العمل العضلي فيما عدا حالة المرتفعات.

٢) إمداد القلب بالدم:

يزيد إمداد القلب بالدم والأكسجين أثناء العمل العضلي عن طريق زيادة سريان الدم في الشرايين التاجية حيث يتغير فرق الأكسجين الشرياني الوريدي بدرجة قليلة أثناء النشاط البدني بالمقارنة بحالة الراحة حيث أن أقصى استهلاك للأكسجين في القلب أثناء العمل العضلي حوالي ٤ - ٥ مرات بالمقارنة بوقت الراحة ويتم إمداد القلب بالدم بفضل شبكة كبيرة من الشعيرات الدموية وهذا يساعد على تسهيل نفاذية الأكسجين إلى

ألياف القلب لاستهلاكه ويتغير سريان الدم في القلب خلال الدورة القلبية حيث يقل في وقت الانقباض ويزيد في وقت الانبساط وعند زيادة معدل القلب أثناء العمل العضلي تقل فترة الانبساط لعضلة القلب ولذا فإن هذا يصعب من عملية إمداد عضلة القلب بالدم خاصة بالنسبة للبطين الأيسر.

٣) إمداد التجويف البطني بالدم:

تشمل أعضاء التجويف البطني أعضاء الجهاز الهضمي والكبد الطحال والغدد تحت المعدة حيث أن الأوعية الدموية بالتجويف البطني لها سعة كبيرة فإنها تحتوي على حوالي متر دم أثناء الراحة ويمكن اعتبار أن أعضاء التجويف البطني تمثل مخازن الدم في الجسم حيث يتم استخدامه عند الحاجة وعند زيادة شدة الحمل البدني تضيق الأوعية الدموية بالتجويف البطني وينضم جزء من الدم في التجويف البطني إلى الدورة الدموية ويرتبط هبوط سريان الدم في التجويف البطني بمقدار استهلاك الأكسجين حيث يزداد انخفاضه مع زيادة استهلاك الأكسجين.

٤) إمداد الجلد بالدم:

عادة ما يزيد إمداد الدم للجلد عن ما هو ضروري لإمداده بالأكسجين والتمثيل الغذائي بحوالي ٢٠ - ٣٠ مرة أو أكثر ويرجع هذا إلى أن وظيفة الدورة الدموية في الجلد هي تنظيم حرارة الجسم عن طريق إفراز العرق للمحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم وتبعا لما تتطلبه عملية تنظيم درجة حرارة الجسم تتغير سرعة سريان الدم بالجلد في اتجاه الزيادة أو النقص حوالي ١٠٠ مرة . ونظرا لاتساع شبكة الأوعية الدموية بالجلد فأنها تعتبر أيضا من أهم مخازن الدم في الجسم ويظهر دورها عند أداء النشاط العضلي لفترة طويلة في حالة البرودة حيث يمكن أن ينتقل الدم من الجلد إلى الدم الساري للدورة الدموية ويتحدد حجم الدم في الجلد تبعًا لدرجة حرارة الجو والجسم.

٥) إمداد العضلات بالدم:

أثناء النشاط البدني يزيد سريان الدم تبعًا لزيادة شدة الحمل البدني حيث يمكن أن

يصل من٢٠ - ٣٠ مرة أزيد من سريان الدم أثناء الراحة ويبلغ مجموع الدم من الفرد إلى الفرد غير المدرب أكثر من ٢٠لتر/ ق عند العمل العضلي الذي تشترك فيه ٢/ ٣ عضلات الجسم أي حوالي ٢٠كجم من الكتلة العضلية فإن معدل سريان الدم يبلغ حوالي ١٠٠ مل لتر دم ويساعد على زياد الإمداد بالدم أثناء العمل العضلي وجود شبكة غنية بالشعيرات الدموية حيث تساعد في توصيل كمية أكبر من الأكجسين والغذاء للعضلة وكذا في التخلص من فضلات الطاقة وعند الانقباض العضلي المتحرك بشدة مرتفعة ينخفض سريان الدم في العضلات بصورة كبيرة ويختفي سريان الدم في العضلة إذا زادت قوة الانقباض العضلي الثابت عن ٦٠ - ٧٠ ٪ من القوة العظمي ولذا فإن العمل العضلي الإيقاعي يلعب دورًا مهمًا في عملية الضخ العضلي لزيادة عودة الدم إلى القلب أثناء العمل العضلي .