المحاضرة الثالثة

الأوعية الدموية

1- نظام الأوعية الدموية

يحتوي نظام الأوعية الدموية على سلسلة من الأوعية التي تنقل الدم من القلب إلى الأنسجة والرجوع من هذه الاخيرة إلى القلب: الشرايين والشعيرات الدموية والأوردة.

الشرايين هي أوعية عضلية كبيرة ومرنة تحمل الدم من القلب إلى الشرايين. الشريان الأورطي هو أكبر شريان ينقل الدم من البطين الأيسر إلى جميع مناطق الجسم حيث يتفرع في النهاية إلى شرايين أصغر فأصغر . الشرايين هي الموقع الذي يتحكم فيه الجهاز العصبي السمبتاوي بشكل أكبر في الدورة الدموية ، لذلك تسمى الشرايين أحيانًا بأوعية المقاومة. يتم تنبيه الشرايين بقوة من قبل الجهاز العصبي اسمبتاوي وهي الموقع الرئيسي للتحكم في تدفق الدم إلى أنسجة معينة. من الشرايين ، ينتقل الدم إلى الشعيرات الدموية التي تعتبر أضيق وأبسط الأوعية في الجسم. عمليا كل التبادل بين الدم والأنسجة يحدث على مستوى الشعيرات الدموية. يغادر الدم الشعيرات الدموية لبدء رحلة العودة إلى القلب في الأوردة ، وتشكل الأوردة أوعية أكبر - الأوردة. الوريد الأجوف هو الوريد الكبير الذي ينقل الدم إلى الأذين الأيمن من جميع مناطق الجسم فوق وأسفل القلب(الوريد الأجوف العلوي) (الوريد الأجوف السفلي) .

2- نماذج الأوعية الدموية: تتكون جدران الشرايين من ثلاث طبقات: غلالة داخلية مكونة من بشرة، وغلالة وسطى مكونة من نسيج عضلي أملس ونسيج مرن، وغلالة خارجية مكونة من ألياف غرائية وألياف مرنة وهي الطبقة الأسمك والأقوى بين الطبقات الثلاث.

أما الأوعية الشعرية فليس لها سوى طبقة واحدة مكونة من البشرة المبطنة وكذلك حال الوريّدات. أما الأوردة فلها تركيب كثير الاختلاف، وتكون غلالتها الوسطى أرق من التي تقابلها في الشرايين. تصنف الشرايين تبعاً لتركيبها الى: شرايين مرنة وشرايين عضلية وشرينات.

1- الشرايين المرنة arteries of the elastic type: وهي ذات قطر كبير تشمل الأبهر والجذع العضدي الرأسي والشريانين السباتيين المشتركين والشريانين تحت الترقوة. تسمح مرونة جدار الأبهر بحصول توسع هام في لمعته أثناء الانقباض مما يحوّل الانسياب المتقطع للدم إلى انسياب مستمر لكنه نابض.

2- الشرايين العضلية arteries of the muscular type: تسمى أيضا شرايين التوزيع، وهي ذات قطر متوسط، وتشكل فروعاً وامتدادات للشرايين المرنة. تحوي جدرانها إضافة إلى النسيج المرن نسيجاً عضلياً أملس.

3- الشريّنات arterioles: وهي أصغر الشرايين، ويبلغ قطرها أقل من 100 ميكرون. ينخفض الضغط الدموي كثيراً حين مروره في الشريّنات.

- الأوعية الشعرية capillaries: تشكل شبكة تفاغرية يصب فيها دم الشريّنات. وتتصف جدران الأوعية الشعرية بأنها نصف نفوذة.

- الوريّدات venules: تصرف الدم من شبكة الأوعية الشعرية، وتتحد فيما بينها لتشكل الأوردة.

ـ الأوردة veins: لونها أزرق غامق في الشخص الحي. ترافق الأوردة العميقة الشرايين ولها أسماء الشرايين ذاتها (مع بعض الاستثناءات). تستخدم الأوردة السطحية (بخاصة في الطرف العلوي) في الممارسة الطبية لسحب الدم أو إعطائه وحقن الأدوية.

3-الشرايين الرئيسة:

يغادر الدم القلب عبر شريانين هما: الأبهر والجذع الشرياني الرئوي.

1- الأبهر aorta: ينطلق من البطين الأيسر بدءاً من الصمام الأبهري. يتكون الأبهر من قسمين صدري وبطني. للأبهر الصدري ثلاثة أقسام واقعة في منصف الصدر وهي الأبهر الصاعد وقوس الأبهر والأبهر النازل. وينتهي الأبهر البطني في مستوى الفقرة القطنية الرابعة منقسماً إلى فرعين هما الشريانان الحرقفيان المشتركان.

ـ فروع الأبهر:

أ ـ فروع الأبهر الصدري الصاعد: يمثلها شريانان هما الشريان الإكليلي الأيسر left coronary artery والشريان الإكليلي الأيمن right coronary artery اللذان ينشآن من بداية الأبهر ويغذيان العضلة القلبية.

ب ـ فروع قوس الأبهر: تشمل الشرايين التي تغذي الرأس والعنق والطرفين العلويين وهي:

ـ الجذع العضدي الرأسي brachiocephalic trunk: الذي يصعد قليلاً في منصف الصدر، وينقسم في مستوى فتحة الصدر العلوية إلى شريانين هما الشريان السباتي المشترك الأيمن والشريان تحت الترقوة الأيمن.

ـ الشريان السباتي المشترك الأيسر left common carotid artery : ينشأ من القوس مستقلاً عن الشريان تحت الترقوة الأيسر ويسير في المنصف قبل أن يخرج من فتحة الصدر العلوية. ينقسم كل من الشريانين السباتيين المشتركين الأيمن والأيسر في العنق حذاء مستوى العظم اللامي إلى فرعين انتهائيين هما الشريان السباتي الظاهر external carotid artery والشريان السباتي الباطن internal carotid artery اللذان يغذيان الرأس والعنق والدماغ.

ـ الشريان تحت الترقوة الأيسر left subclavian artery: يسير أيضاً في منصف الصدر ويخرج منه عبر فتحة الصدر العلوية وهو يغذي الطرف العلوي الأيسر إضافة إلى أنه يعطي الشريان الفقري الذي يسهم في تغذية الدماغ. يتمادى كل من الشريانين تحت الترقوة بالشريان الإبطي الذي يتمادى في العضد بالشريان العضدي الذي ينقسم في المرفق إلى شريانين كعبري وزندي. يقاس الضغط الدموي للشريان العضدي في أعلى المرفق، يتم الشعور بنبض الشريان الكعبري بجسه مباشرة مقابل الوجه الأمامي للنهاية السفلية لعظم الكعبرة في منطقة تعرف باسم ميزابة النبض.

ج ـ فروع الأبهر الصدري النازل: تشمل الشرايين الوربية (أي الشرايين بين الأضلاع) وفروعاً إلى القصبات والمريء.

د ـ فروع الأبهر البطني: يسير الأبهر البطني أمام أجسام الفقرات وعلى يسار الوريد الأجوف السفلي. يعطي هذا القسم من الأبهر فروعاً جدارية تسمى الشرايين القطنية وفروعاً حشوية إلى أحشاء البطن، وينتهي منقسماً إلى فرعين انتهائيين هما الشريانان الحرقفيان المشتركان الأيمن والأيسر. تشمل الفروع الحشوية

الشريانين الكلويين والشريانين التناسليين (الخصويين أو المبيضيين) والجذع البطني والشريان المساريقي العلوي والشريان المساريقي السفلي. تغذي الشرايين الثلاثة الأخيرة جهاز الهضم.

ينقسم الشريان الحرقفي المشترك في كل جانب إلى شريانين: شريان حرقفي باطن يغذي أحشاء الحوض وشريان حرقفي ظاهر يتمادى بالشريان الفخذي الذي يغذي الطرف السفلي.

2- الجذع الرئوي pulmonary trunk**:** وهو شريان ينشأ من البطين الأيمن بدءاً من الصمام الرئوي وينقسم إلى شريانين هما الشريان الرئوي الأيسر والشريان الرئوي الأيمن، ينقل هذا الجذع الدم الوريدي إلى الرئتين من أجل أكسجته.

4- الأوردة الرئيسة

تعود الأوردة بالدم من أنحاء الجسم باتجاه القلب، ينتهي في القلب وريدان رئيسان هما الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي.

- الوريد الأجوف العلوي superior vena cava: يعود بالدم الوريدي من الرأس والعنق والطرفين العلويين، وهو يتكون من اجتماع وريدين أيمن وأيسر هما الوريدان العضديان الرأسيان، يتشكل كل وريد عضدي رأسي من اجتماع وريدين هما الوريد الوداجي الباطن (العائد من الرأس والعنق) والوريد تحت الترقوة (العائد من الطرف العلوي)، يتلقى الوريد تحت الترقوة وريداً يسمى الوريد الوداجي الظاهر الذي يعود بالدم من الأقسام السطحية للرأس والعنق.

يتكون الوريدان العضديان الرأسيان في مستوى فتحة الصدر العلوية ثم يتحدان ويشكلان الوريد الأجوف العلوي الذي يسير في منصف الصدر على يمين الأبهر الصاعد ويتلقى قوس الوريد الفرد قبل أن يصب في الأذينة اليمنى.

- الوريد الأجوف السفلي inferior vena cava: يعود بالدم من الطرفين السفليين وجدار الظهر وجدران البطن ومن الحوض وأحشاء البطن والحوض، وهو يتكون من اجتماع الوريدين الحرقفيين المشتركين، يتشكل كل وريد حرقفي مشترك من اجتماع وريدين هما الوريد الحرقفي الظاهر (العائد من الطرف السفلي) والوريد الحرقفي الباطن (العائد من الحوض).

يبدأ الوريد الأجوف السفلي في مستوى تشعب الأبهر، ويصعد في جدار البطن الخلفي متوضعاً أيمن الأبهر، ثم يخترق الحجاب الحاجز ويصب في الأذينة اليمنى ويتلقى الوريد الأجوف السفلي روافد أهمها الوريدان الكلويان والوريدان الكظريان والأوردة الكبدية.

الوريد الفرد vena azygos: هو وريد يعود بالدم من أقسام من جدار الصدر والبطن، وهو يصب بقوس في الوريد الأجوف العلوي.

5- الجهاز اللمفي lymphatic system

يشمل الجهاز اللمفي أوعية لمفية ونسيجاً لمفياً. يوجد النسيج اللمفي في بعض الأعضاء مثل المعي، كما يكون بذاته أعضاء مستقلة مثل العقد اللمفية.

الأوعية اللمفية lymphatic vessels: تعمل الأوعية اللمفية على تلقي الجزيئات الكبيرة التي لا تمر عبر جدران الأوعية الشعرية الدموية، كما أن الأوعية اللمفية تحمل الخلايا اللمفية من الأنسجة اللمفية إلى الدم، يسمى السائل الذي تحمله هذه الأوعية اللمف.

تتكون الأوعية اللمفية من: أوعية شعرية مكونة من أنابيب بطانية بسيطة، وأوعية جامعة تحوي إضافة إلى الخلايا البطانية أليافاً عضلية ملساً وبعض النسيج الضام، والجذوع اللمفية التي تحوي في غلالتها الخارجية قدراً أكبر من النسيج الضام والألياف العضلية الملس. تقوم الأوعية الشعرية اللمفية في مخاطية المعي بنقل الكيلوس أو الشحم المستحلب الناتج من عملية الهضم.

توجد الأوعية اللمفية في معظم أعضاء الجسم وتغيب من بعض الأجهزة والأعضاء مثل الجملة العصبية المركزية والعضلات.

تتقارب الجذوع اللمفية باتجاه جذر العنق حيث تصب في الأوردة موصلة بذلك اللمف إلى المجرى الدموي الوريدي، ومن أهم الجذوع اللمفية قناة تسمى القناة الصدرية التي تمتد من أعلى جوف البطن حتى جذر العنق.

ـ **اللمف:** سائل تنقله الأوعية الشعرية اللمفية، وهو رائق غير ملون ما عدا في أوعية المعي حيث يكون بعد الهضم أبيض حليبياً. اسم اللمف مشتق من المصطلح اللاتيني lympha الذي يعني الماء.

ـ النسج والأعضاء اللمفية: يشمل النسيج اللمفي lymphatic tissue خلايا لمفية مختلفة الحجم ومحاطة بخلايا وألياف. ويوجد هذا النسيج في: العقد اللمفية والأغشية المخاطية والتوتة (التيموس) والطحال.

تتجمع بعض كتل من النسيج اللمفي في الأغشية المخاطية مشكلة اللوزات مثل اللوزتين الحنكيتين.

تكون العقد اللمفية lymphatic nodes متبدلة الحجم والشكل واللون، ويختلف قطرها ما بين 1 و20مم. وقد تتضخم العقد اللمفية حين الإصابة بالأخماج.

الوظيفة الرئيسة للنسج والأعضاء اللمفية هي إنتاج الخلايا اللمفية التي تعمل للدفاع عن الجسم ضد الجراثيم والفيروسات

6- الضغط الشرياني

ضغط الدم هو الضغط الذي يمارسه الدم على جدران الأوعية ، ويشير المصطلح عمومًا إلى ضغط الدم. يتم التعبير عنه برقمين: ضغط الدم الانقباضي (SBP) وضغط الدم الانبساطي (DBP).

أعلى رقم هو الضغط الانقباضي ؛ يمثل أعلى ضغط دم يحدث أثناء الانقباض البطيني. يدفع الانقباض البطيني الدم عبر الشرايين بقوة هائلة ، وتضع هذه القوة ضغطًا مرتفعًا على جدران الشرايين.

الرقم الأدنى هو الضغط الإنبساطي ويمثل أدنى ضغط في الشريان ، وهو ما يقابل الانبساط البطيني عند امتلاء البطين.

يمثل الضغط الشرياني المتوسط (MAP) متوسط الضغط الذي يمارسه الدم عندما يدور في الشرايين. نظرًا لأن الانبساط يستغرق حوالي ضعف طول الانقباض في الدورة القلبية العادية ، يمكن تقدير متوسط الضغط الشرياني من PAD و SBP على النحو التالي:

MAP = 2/3 DBP + 1/3 SBP.

بالتناوب،

(MAP = DBP + [0.333 □ (SBP - DBP)].

(SBP - DBP) يسمى أيضًا الضغط التفاضلي.

للتوضيح ، مع ضغط الدم الطبيعي أثناء الراحة

120 مم زئبق أكثر من 80 مم زئبق ،

MAP = 80 + [0.333 ×(120-80)] =93 مم زئبق.

7- ضغط الدم أثناء الممارسة الرياضية

أثناء تمارين التحمل ، يرتفع ضغط الدم الانقباضي بشكل متناسب مع زيادة شدة التمرين, ومع ذلك ، فإن الضغط الانبساطي لا يتغير بشكل كبير وقد ينخفض، بسبب زيادة الضغط الانقباضي ، يزداد ضغط الدم. يمكن أن يتجاوز الضغط الانقباضي الذي يبدأ عند 120 مم زئبق عند الشخص السليم في حالة الراحة 200 مم زئبق في أقصى قدر من المجهود, تم الإبلاغ عن ضغوط انقباضية تتراوح بين 240 و 250 مم زئبق عند الرياضيين العاديين والمتدربين تدريباً عالياً في أقصى شدة للحمولة الهوائية. ينتج ارتفاع ضغط الدم الانقباضي عن زيادة التدفق القلبي (Q.) المصاحب لزيادة معدل المجهود, ويساعد هذا الارتفاع في ضغط الدم على تسهيل زيادة تدفق الدم عبر نظام الأوعية الدموية. بالإضافة إلى ذلك ، فإن ضغط الدم (أي الضغط الهيدروستاتيكي) يحدد إلى حد كبير كمية البلازما التي تغادر الشعيرات الدموية وتدخل الأنسجة وتحمل الإمدادات اللازمة. وبالتالي ، فإن الزيادة في الضغط الانقباضي تسهل إمداد العضلات العاملة. بعد الزيادة الأولية ، يستقر الضغط الشرياني المتوسط أثناء المجهود المستقر ذو الشدة اقل من الحد الأقصى لتمارين التحمل, ويزداد ضغط الدم الانقباضي أيضًا مع زيادة شدة المجهود.

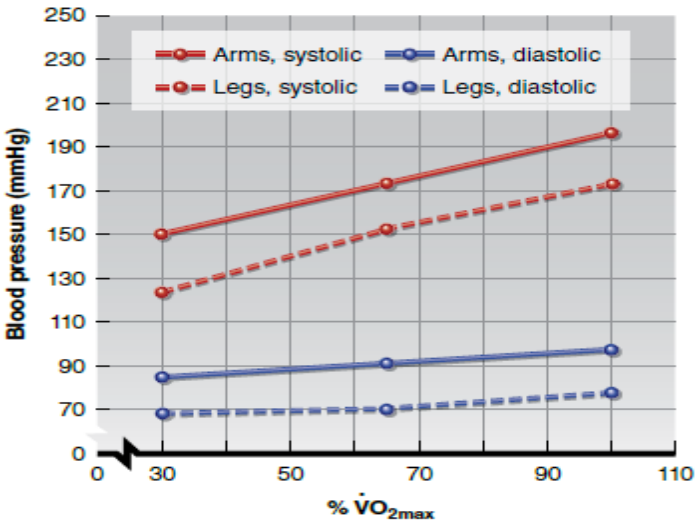
إذا طالت شدة المجهود المستقر ، فقد يبدأ الضغط الانقباضي في الانخفاض تدريجيًا ، لكن الضغط الانبساطي يظل ثابتًا. وإذا حدث الانخفاض الطفيف في ضغط الدم الانقباضي فهذا يعني استجابة طبيعية ويعكس ببساطة زيادة توسع الأوعية في العضلات النشطة ، مما يقلل المقاومة المحيطية الكلية ، أو TPR (حيث أن متوسط الضغط الشرياني = الناتج القلبي × المقاومة المحيطية الكلية).

يتغير ضغط الدم الانبساطي قليلاً أثناء التمرين الديناميكي دون الحد الأقصى ؛ ومع ذلك ، خلال تمارين ذات شدة قصوى قد يرتفع ضغط الدم الانبساطي بشكل طفيف.

نضع في الحسبان أن الضغط الانبساطي يعكس الضغط الذي يحدث ففي الشرايين الشرايين عندما يكون القلب في حالة راحة (انبساط). أما مع التمرين الديناميكي ، هناك زيادة عامة في النغمة الودية للأوعية الدموية ، مما يتسبب في تضيق الأوعية بشكل عام.

ومع ذلك ، ضيق الأوعية يقل خلال المجهود في العضلات القائمة بالجهد عن طريق إطلاق موسعات الأوعية المحلية ، وهي ظاهرة تسمى انحلال السنبتاوي. وبالتالي ، في خالة توازن بين ضيق الأوعية للدورات الدموية غير النشطة وتوسع الأوعية في العضلات الهيكلية النشطة ، فإن الضغط الانبساطي لا يتغير بشكل كبير.

ومع ذلك ، في بعض حالات أمراض القلب والأوعية الدموية ، تحدث زيادة في الضغط الانبساطي بمقدار 15 ملم زئبقي أو أكثر كاستجابةً للمجهود البدني وهي واحدة من العديد من المؤشرات لإيقاف اختبار التمرين التشخيصي على الفور. يوضح الشكل 4 استجابة ضغط الدم النموذجية في موضوع سليم أثناء تمرين ركوب الدراجات في الساق والذراع مع زيادة شدة التمرين.



الشكل4 استجابات ضغط الدم الانقباضي والانبساطي لدوران الساق والذراع مع زيادة كثافة التمرين النسبية (V. O2max ٪)

على الرغم من أن العديد من الآليات الفسيولوجية المسؤولة عن إعادة توزيع تدفق الدم أثناء التمرين البدني، إلا أنها تعمل معًا بطريقة متكاملة. لتوضيح ذلك ، فلنضع في الاعتبار ما يحدث لتدفق الدم أثناء التمرين ، مع التركيز على المحرك الأساسي للاستجابة وهو متطلبات تدفق الدم المتزايدة لممارسة العضلات الهيكلية.

عند بداية التمرين العضلات الهيكلية النشطة تتطلب بسرعة إمدادًا متزايدًا للأكسجين, حيث يتم تلبية هذه الحاجة جزئيًا عن طريق التحفيز السمبتاوي

(الودي) للأوعية في المناطق التي يجب تقليل تدفق الدم فيها (على سبيل المثال ، الدورة الدموية الحشوية والكلوية), ويسمح التضييق الوعائي الناتج في هذه المناطق بتوزيع المزيد من تدفق الدم (المتزايد) إلى العضلات الهيكلية التي تقوم بالجهد البدني, ويزداد أيضًا التحفيز الودي في العضلات الهيكلية للألياف التي تقوم بتضيق الجدران الشريانية, فيتم مع ذلك تحرر مواد توسع الأوعية الدموية المحلية من العضلة التي تقوم بالتمرين البدني ويتم التغلب على تضيق الأوعية الودي ، مما ينتج عنه توسع الأوعية الكلي في العضلات (انحلال سمبتاوي).

يتم تحرير العديد من المواد الموضعية التي تقوم بتوسيع الاوعية أثناء المجهود الذي تقوم به العضلات الهيكلية، لاجل أن تزداد نسبة التمثيل الغذائي للنسيج العضلي خلال المجهود الرياضي، فتبدا الفضلات بالتراكم.

تؤدي زيادة التمثيل الغذائي إلى زيادة الحموضة (زيادة أيونات الهيدروجين وانخفاض درجة الحموضة) وثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة في الأنسجة العضلية، هذه بعض التغييرات المحلية التي تؤدي إلى توسع الأوعية وزيادة تدفق الدم عبر الشرايين التي تزود الشعيرات الدموية المحلية، ويحدث أيضًا توسع الأوعية الموضعي بسبب انخفاض الضغط الجزئي للأكسجين في الأنسجة أو انخفاض الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين (زيادة الطلب على الأكسجين) ، وفعل تقلص العضلات وربما المواد الأخرى النشطة في الأوعية (بما في ذلك الأدينوزين) التي يتم إطلاقها بعد تقلص العضلات.

عند أداء التمرين الرياضي في بيئة حارة تكون هناك أيضًا زيادة في تدفق الدم إلى الجلد للمساعدة في التخلص من حرارة الجسم، ويعد التحكم السمبتاوي في تدفق الدم الجلدي فريدًا من نوعه من حيث وجود الألياف التي تقوم بتضييق الأوعية الودية (على غرار العضلات الهيكلية) وألياف نشطة للتوسع الوعائي السمبتاوي (الودي) تتفاعل على معظم سطح الجلد. أثناء التمرين الديناميكي، مع ارتفاع درجة حرارة الجسم المركزية، يحدث في البداية انخفاض في تضيق الأوعية الودي، مما يتسبب في توسع الأوعية السلبي. بمجرد

الوصول إلى عتبة معينة من درجة حرارة الجسم الأساس المركزية ، يبدأ تدفق الدم في الجلد في الزيادة بشكل كبير من خلال تنشيط نظام موسع الأوعية الودي النشط. وزيادة تدفق الدم إلى الجلد أثناء التمرين يعزز فقدان الحرارة لأن الحرارة الأيضية من أعماق الجسم لا يمكن إطلاقها إلا عندما يتحرك الدم بالقرب من الجلد. هذا يحد من معدل ارتفاع درجة حرارة الجسم.