محاضرات طلبة الدكتوراه

كلية التربية البدنية
وعلوم الرياضة

المحاضرة السابعة

الجهاز القلبي الوعائي

التنظيم الفسيولوجي والتكيفات الناتجة عن التدريب الرياضي

الجزء الثاني

الدكتور محمد توفيق عثمان أغوان

أستاذ فسلجة التدريب الرياضي

العام الدراسي2025–2026

مخرجات التعلم

بنهاية هذا الجزء، يُتوقع من طالب الدكتوراه أن يكون قادرًا على:

- تحليل استجابة معدل القلب وحجم الضربة والناتج القلبي للتمرين.
- تفسير أثر العود الوريدي والتحميل القبلي والبعدي والانقباضية في حجم الضربة.
- شرح تنظيم ضغط الدم والمقاومة الوعائية وتوزيع الجريان أثناء النشاط.
- مقارنة التكيفات القلبية الوعائية الوظيفية والبنيوية بحسب نوع التدريب.
- تمييز سمات القلب الرياضي عن المؤشرات التي تستدعي تقييمًا طبيًا.

مؤشر سريع للاستجابة :معدل القلب

- معدل القلب (HR)هو عدد الضربات في الدقيقة، ويبدأ إيقاعه من العقدة الجيبية.
- في بداية الجهد يرتفع سريعًا مع سحب التأثير المبهمي، ثم يسهم التنبيه الودي في استمرار الزيادة.
- HRيؤثر العمر واللياقة ووضع الجسم والحرارة والقلق والارتفاع في قيم.
- في الراحة عند كثير من الرياضيين HRيميل التدريب الهوائي إلى خفض.

الضبط العصبي لمعدل القلب



تتغير الموازنة بين المسارين بما يلائم ضغط الدم والطلب الأيضي.

استجابة القلب أثناء الجهد المستمر



في جهد دون أقصى ثابت قد تظهر الحالة الثابتة خلال دقائق قليلة، مع اختلاف الزمن حسب الشدة واللياقة.

الانجراف القلبي الوعائي

- تدريجيًا رغم ثبات الحمل الخارجي HRفي الجهد المستمر، قد يرتفع.
- فقد السوائل يخفض حجم البلازما والعود الوريدي، فينخفض حجم الضربة.
- توسع أوعية الجلد لتبديد الحرارة يعيد توزيع جزء من الدم بعيدًا عن الامتلاء البطيني.
- جزئيًا، ويزداد الانجراف مع الحرارة والجفاف SVهبوط HRيعوض ارتفاع.

الجهد الديناميكي والجهد الساكن

الأثر القلبي	الاستجابة الوعائية	النمط
ارتفاع الجريان والنتاج القلبي	توسع أوعية العضلات العاملة	**ديناميكي**
زيادة الحمل الضغطي	ضغط العضلة على الأوعية وارتفاع المقاومة	**ساكن أو مقاومة شديدة**
قد يقل العود الوريدي وحجم الضربة	ارتفاع الضغط داخل الصدر مؤقتًا	**مناورة فالسالفا**

.التنفس المنتظم وتجنب حبس النفس مهمان عند أداء المقاومة، خصوصًا لدى ذوي عوامل الخطورة

العلاقة بين معدل القلب واستهلاك الأوكسجين

- يرتبط بعلاقة طردية شبه خطية لدى الفرد VO_2 و HR ضمن الجهد دون الأقصى.
- تُستخدم استجابة HR للمساعدة في تقدير شدة التدريب ومتابعة الحمل.
- تتأثر العلاقة بالعمر والحرارة والجفاف والارتفاع والأدوية والحالة الانفعالية.
- تقل دقة التقدير عند الاقتراب من الشدة القصوى أو تغير الظروف البيئية.

كمية الدم في كل انقباضة :حجم الضربة

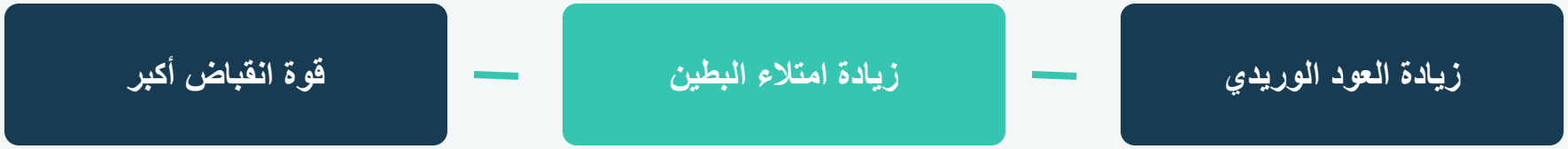


يزداد حجم الضربة مع تحسن الامتلاء والانقباضية أو انخفاض المقاومة البعدية.

ما الذي يحدد حجم الضربة؟

العامل	المعنى الوظيفي	SVالأثر المعتاد في
Preloadالتحميل القبلي	امتلاء البطين قبل الانقباض	SVزيادته قد ترفع
Afterloadالتحميل البعدي	المقاومة أمام قذف الدم	SVارتفاعه قد يخفض
Contractilityالانقباضية	قوة العضلة عند شروط تحميل ثابتة	SVزيادتها ترفع

ستارلينغ–العود الوريدي وقانون فرانك



تساعد مضخة العضلات والتنفس والتقبض الوريدي والصمامات الوريدية على عودة الدم نحو القلب.

تغير حجم الضربة مع شدة التمرين

السمة	غير المدرب	رياضي التحمل
في الراحة	قيمة أقل نسبيًا	قيمة أعلى غالبًا
مع زيادة الشدة	يرتفع ثم يميل إلى الثبات	قد يستمر الارتفاع إلى شدات أعلى
عند الجهد العالي	HRأكثر على زيادة Qيعتمد	Qبدرجة أكبر في رفع SVيسهم

.الاستجابات تتباين بين الأفراد بحسب التدريب والحجم الجسمي وطريقة القياس

الناتج القلبي يربط القلب بالطلب الأيضي

$$Q = HR \times SV$$

- Q يمثل حجم الدم الذي يضخه القلب في الدقيقة.
- في الراحة يكون عادة قريبًا من 5 لترات/الدقيقة لدى البالغين الأصحاء.
- يرتفع أثناء الجهد بزيادة HR وSV، وتكون القيم القصوى أعلى لدى رياضيي التحمل.
- وفق مبدأ فيك، يتحدد استهلاك الأوكسجين بحاصل Q الوريدي الشرياني الأوكسجين في فرق.

وضع الجسم يعيد توزيع الدم

- في الوضع القائم يتجمع جزء من الدم في الأطراف بفعل الجاذبية.
- قد يقل العود الوريدي والامتلاء البطيني مقارنة بالاستلقاء.
- تتدخل مضخة العضلات والتقبض الوريدي والمنعكسات للمحافظة على الضغط والتروية.
- ، لذلك ينبغي تثبيته عند المقارنة والقياسSVو HRيغير وضع الجسم استجابة.

النتاج القلبي والمقاومة الوعائية :ضغط الدم

متوسط الضغط الشرياني يرتبط تقريبًا بـ Q × المقاومة الوعائية المحيطية



يتأثر الضغط كذلك بحجم الدم ومرونة الشرايين ولزوجة الدم وتنظيم الكلى.

تصحيح سريع للتغيرات :منعكس الضغط



.يقل نشاط المستقبلات، ويزداد الودي ويحدث تقبض وعائي :عند انخفاض الضغط تنعكس الاستجابة

.المنعكس يعمل خلال ثوانٍ، بينما تسهم الكلى في الضبط طويل الأمد لحجم الدم

المقاومة الوعائية وسريان الدم

- يتناسب الجريان طرديًا مع فرق الضغط وعكسيًا مع المقاومة.
- نصف قطر الوعاء من أهم محددات المقاومة، إذ يتغير أثره بقوة مع تغير القطر.
- تتحكم الشُرينات بتوزيع الجريان بين الأنسجة عبر التقبض والتوسع.
- تقل المقاومة في العضلات العاملة بفعل الإشارات الموضعية والتوسع الوعائي.

كيف يعود الدم الوريدي إلى القلب؟

الآلية	كيف تعمل	المساهمة
مضخة العضلات	ضغط العضلات للأوردة أثناء الحركة	دفع الدم باتجاه القلب
المضخة التنفسية	تغير الضغط الصدري والبطني مع التنفس	تعزيز الجريان الوريدي
التقبض الوريدي	تقليل سعة تخزين الدم في الأوردة	زيادة الدم المتجه إلى القلب
الصمامات الوريدية	تحد من رجوع الدم للخلف	تدعم الجريان أحادي الاتجاه

توزيع الدم أثناء النشاط البدني

- يزداد تدفق الدم إلى العضلات النشطة لتلبية حاجتها للأوكسجين والوقود.
- تتوسع أوعية الجلد في الحر لتسهيل فقدان الحرارة، ما يرفع العبء الدوري.
- تساعد الإشارات العصبية والأيضية على إعادة توزيع الجريان بين الأعضاء.
- الحرارة والرطوبة قد تزيدان الانجراف القلبي وتسرعان ظهور التعب.

التكيفات الوظيفية للتدريب الهوائي

- تحسن العود الوريدي وامتلاء البطين وحجم الضربة.
- ينخفض معدل القلب في الراحة وعند حمل دون أقصى مماثل لدى كثير من المتدربين.
- يرتفع الحد الأقصى للنتاج القلبي مع التدريب، خصوصًا لدى رياضيي التحمل.
- تحسن التروية الطرفية وكفاءة إيصال الأوكسجين واستخدامه.

أنماط إعادة التشكيل :تدريب التحمل والقوة

النمط البنيوي	التكيف السائد	نوع الحمل
تضخم لا مركزي متناسق	زيادة الامتلاء وحجم التجويف	**التحمل، حمل حجمي**
زيادة سماكة الجدار نسبيًا	مواجهة ضغط أعلى أثناء القذف	**القوة، حمل ضغطي**
تغير فسيولوجي بحسب الجرعة	تحسن الوظيفة مع تروية داعمة	**التدريب المنتظم**

خصوصية التكيف تعتمد على نوع التدريب وشدته ومدته وتاريخ الرياضي.

تكيف يحتاج إلى تفسير دقيق :القلب الرياضي

- قد يترافق التدريب المزمن مع بطء القلب الراحي وزيادة حجم البطين أو كتلته.
- التكيف الفسيولوجي يكون غالبًا متناسقًا ويحافظ على الوظيفة القلبية.
- لا تكفي علامة منفردة لتحديد سلامة القلب أو وجود اعتلال.
- تساعد القصة الطبية والفحص وتخطيط القلب والتصوير في التمييز عند وجود مؤشرات مقلقة.

خلاصة وأسئلة للمناقشة

- كيف تسهم آليات العود الوريدي في زيادة حجم الضربة؟
- لماذا يرتفع معدل القلب تدريجيًا في الانجراف القلبي رغم ثبات الحمل؟
- كيف يتفاعل النتاج القلبي مع المقاومة الوعائية لضبط ضغط الدم؟
- ما الفروق المتوقعة بين تكيف القلب مع التحمل وتكيفه مع القوة؟
- كيف نفرق علميًا بين التكيف الرياضي والتغير المرضي؟