محاضرات طلبة الدكتوراه

كلية التربية البدنية
وعلوم الرياضة

المحاضرة السادسة

الجهاز القلبي الوعائي

التنظيم الفسيولوجي والتكيفات الناتجة عن التدريب الرياضي

الجزء الأول

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:

- شرح البنية التشريحية للقلب ومسار الدم في الدورتين الرئوية والجهازية.
- تمييز طبقات جدار القلب وخصائص العضلة القلبية الوظيفية.
- تفسير مسار التوصيل الكهربائي ومراحل جهد الفعل القلبي.
- تحليل مراحل الدورة القلبية ومؤشرات حجم الضربة والكسر القذفي.
- ربط التنظيم العصبي للقلب باستجابته لمتطلبات الجهد البدني.

وظيفة الجهاز القلبي الوعائي أثناء الجهد

يزداد طلب العضلات النشطة على الأوكسجين والوقود، ويعمل الجهاز القلبي الوعائي على دعم هذا الطلب مع المحافظة على الاتزان الداخلي.

القلب يضخ الدم ← الأوعية توزّع الدم ← الأنسجة تتبادل المواد

تزداد التروية للعضلات العاملة، ويُسهم الدم في نقل الحرارة والفضلات الأيضية.

مساران متصلان :الدورة الدموية



.المسار الرئوي يؤكسج الدم، والمسار الجهازي يوصله إلى الأنسجة ثم يعيده إلى القلب

الأوعية الدموية ومسار عودة الدم

الوعاء	اتجاه الجريان	وظيفته العامة
الشرايين	من القلب إلى الأنسجة	توزيع الدم تحت ضغط أعلى
الشُرينات	نحو الشعيرات	تنظيم المقاومة وتوزيع التدفق
الشعيرات	بين الشُرينات والوريدات	تبادل الغازات والمواد
الأوردة	من الأنسجة إلى القلب	إعادة الدم ودعم العود الوريدي

حجرات القلب والصمامات

الأذين الأيمن	الأذين الأيسر
الصمام ثلاثي الشرفات	الصمام التاجي
البطين الأيمن	البطين الأيسر
الصمام الرئوي ← إلى الشريان الرئوي	الصمام الأبهري ← إلى الأبهر

تفتح الصمامات وتغلق تبعًا لفروق الضغط، فتحد من رجوع الدم.

سمك الجدار يعكس عبء الضخ

الجزء	الدور	السمك التقريبي كما ورد في المادة
الأذينان	استقبال الدم ودفعه إلى البطينين	2–3 ملم
البطين الأيمن	ضخ الدم إلى الرئتين	5–8 ملم
البطين الأيسر	ضخ الدم إلى الدورة الجهازية	10–11 ملم

ارتفاع مقاومة الدورة الجهازية يفسر زيادة سمك جدار البطين الأيسر.

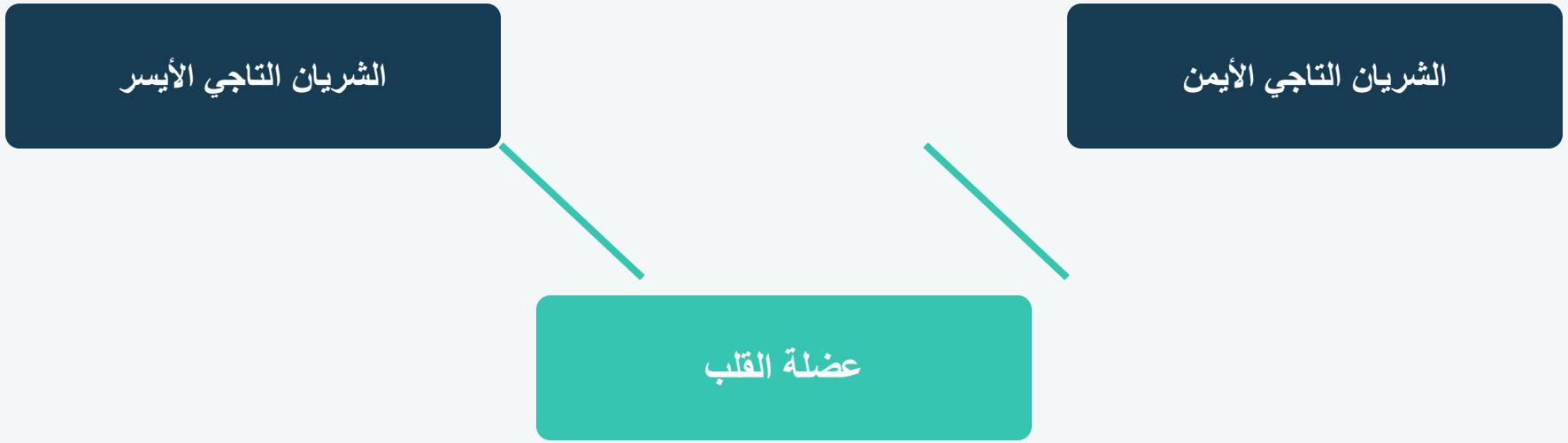
طبقات جدار القلب

الطبقة	الموقع	الدور
Epicardium النِّخاب	الخارج	حماية وتقليل الاحتكاك
Myocardium العضلة القلبية	الوسط	توليد القوة وضخ الدم
Endocardium الشِّغاف	الداخل	تبطن الحجرات والصمامات وتسهّل الجريان

خصائص العضلة القلبية

- الاستثارة الذاتية: توليد النبضات تلقائيًا، ويبدأ الإيقاع الطبيعي من العقدة الجيبية.
- التوصيل: نقل الإشارة بين الحجرات عبر مسار قلبي متخصص.
- الانقباضية: تحويل الإشارة الكهربائية إلى قوة بمشاركة أيونات الكالسيوم.
- فترة مقاومة طويلة: تمنع التتني وتدعم تعاقب الانقباض والانبساط.
- الأقراص البينية: تربط الخلايا وتسمح بتنسيق النشاط الكهربائي والميكانيكي.

التروية التاجية تواكب عمل القلب

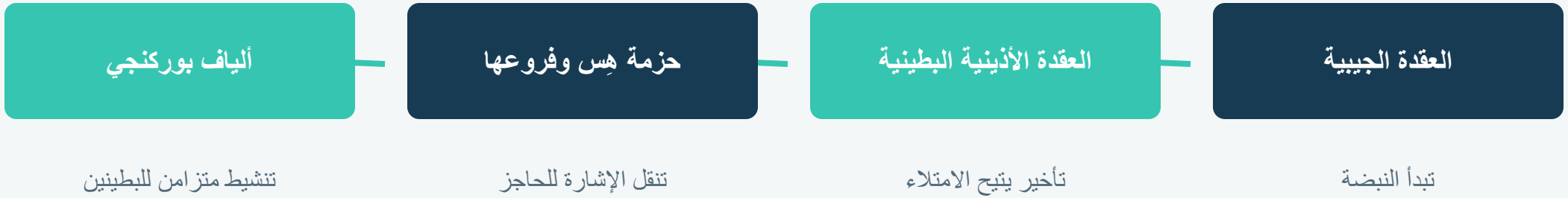


- يحدث معظم الجريان التاجي خلال الانبساط، عندما ينخفض ضغط جدار البطين.
- يزداد الجريان مع الجهد عبر توسع وعائي يستجيب لإشارات أيضية موضعية.
- استخلاص القلب للأوكسجين مرتفع أصلًا، لذلك يعتمد رفع الإمداد أساسًا على زيادة التدفق.

العضلة القلبية نسيج هوائي عالي الكفاءة

- تعتمد الخلايا القلبية بدرجة كبيرة على الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندريا.
- تستخدم الأحماض الدهنية والغلوكوز، ويتغير إسهام الركائز مع حالة الراحة والجهد.
- أثناء الجهد الشديد يمكن للقلب أكسدة اللاكتات القادم من العضلات العاملة.
- غزارة الشعيرات وكثافة الميتوكوندريا تدعمان استمرار إنتاج الطاقة.

جهاز التوصيل القلبي



تسلسل التوصيل ينسق انقباض الأذينين أولًا ثم البطينين.

مراحل متتابعة :جهد الفعل البطيني

0الطور	1الطور	2الطور	3الطور	4الطور
Na^+دخول سريع لـ	K^+خروج عابر لـ	K^+وخروج Ca^{2+}دخول	وزيادة Ca^{2+}غلق قنوات K^+خروج	استقرار الجهد
إزالة الاستقطاب	إعادة استقطاب أولية	طور الهضبة	إعادة الاستقطاب	تهيؤ لنبضة جديدة

الهضبة تطيل جهد الفعل وتدعم الانقباض، مع فترة مقاومة تحول دون التتني القلبي.

الطور المسطح يربط الكهرباء بالانقباض



الطور المسطح يطيل فترة المقاومة القلبية إلى مئات المللي ثانية، بخلاف جهد الفعل القصير في العضلة الهيكلية.

النتيجة الوظيفية: انقباض يعقبه ارتخاء وامتلاء قبل النبضة التالية.

دورة القلب في الراحة

امتلاء بطيني	معظم الامتلاء سلبي
انقباض أذيني	دفعة إضافية للبطين
انقباض متساوي الحجم	ارتفاع الضغط مع ثبات الحجم
قذف	خروج الدم عبر الصمامات الهلالية
ارتخاء متساوي الحجم	انخفاض الضغط قبل الامتلاء

دقيقة تقريبًا/نبضة 75ثانية عند 0.8تستغرق الدورة نحو.

حجم الضربة والكسر القذفي



الكسر القذفي هو نسبة حجم الضربة إلى حجم نهاية الانبساط، وترد قيمته التقريبية في المادة بنحو 55–65%.

ماذا يتغير عند ارتفاع شدة الجهد؟

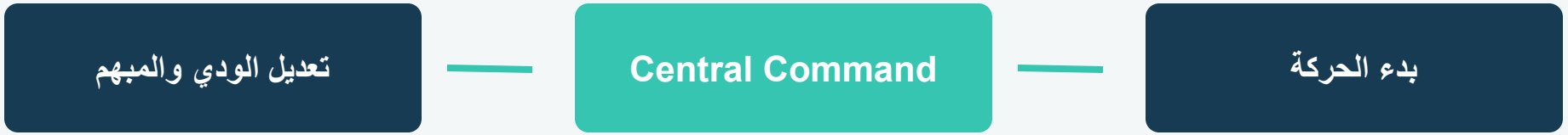
المتغير	في الراحة	مع الجهد
معدل القلب	أبطأ	يرتفع لتلبية الطلب
زمن الدورة	ثانية 0.8نحو	يقصر، ويقصر الانبساط أكثر
النتاج القلبي	أقل	يرتفع بزيادة معدل القلب وحجم الضربة
الامتلاء البطيني	زمن كافٍ نسبيًا	يتطلب ارتخاءً سريعًا وعودًا ورديًا أكبر

التنظيم العصبي للقلب

الأثر القلبي	الناقل والمستقبل	المسار
زيادة النبض والتوصيل والانقباضية	نورأدرينالين، β_1	**الودي**
خفض النبض وإبطاء التوصيل الأذيني البطيني	أستيل كولين، M_2	**نظير الودي**

في الراحة يغلب التأثير المبهمي، بينما يزيد التنبيه الودي مع شدة الجهد.

الاستجابة السريعة والانعكاسات القلبية



- تسهم القيادة المركزية في رفع النبض سريعًا عند بدء التمرين.
- تستشعر مستقبلات الضغط تغير الضغط الشرياني وتعدل الخرج العصبي للقلب.
- أثناء التمرين يعاد ضبط منعكس الضغط ليسمح بارتفاع الضغط مع المحافظة على الاستقرار.

خلاصة وأسئلة للمناقشة

- كيف يختلف مسار الدم في الدورة الرئوية عن الدورة الجهازية؟
- كيف تضمن الصمامات اتجاه الجريان عبر حجرات القلب؟
- ما أهمية الطور المسطح وفترة المقاومة في عضلة القلب؟
- كيف تتغير أزمنة الدورة القلبية عند ارتفاع معدل القلب؟
- ما دور التوازن بين الودي ونظير الودي في الاستجابة للجهد؟