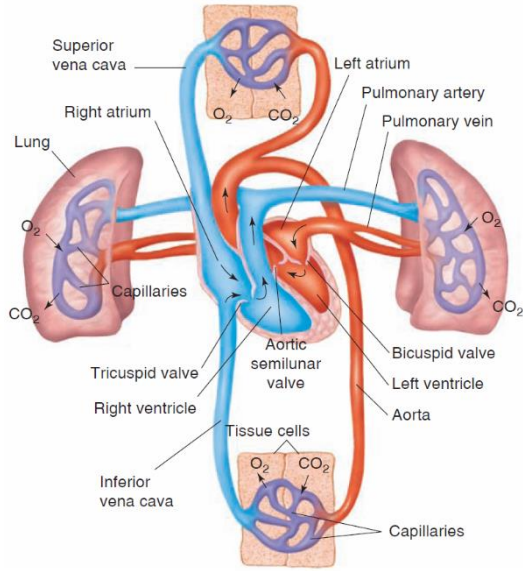


فيزيولوجيا القلب والدوران:

Heart and circulatory System Physiology

إن وظيفة الشرايين نقل الدم إلى النسيج لذلك تكون جدرانها كبيرة وجريان الدم فيها سريع، أما الشريينات فتعمل كدسامات تتحكم بمرور الدم إلى الشعريات وهي تملك جداراً عضلية تستطيع إغلاق لمعة الشريينات تماماً أو توسعها عدة أضعاف حسب حاجة النسيج.

تتميز جدر الشعريات برقتها ونفوذيتها العالية لذلك يتم عبرها تبادل السوائل والمغذيات والشوارد والمواد الأخرى.



تعمل الوريدات على جمع الدم وهي تجتمع لتشكل الأوردة التي بدورها تعيد الدم من النسيج إلى القلب، وتتميز جدر الأوردة بأنها رقيقة وعضلية مما يسمح لها بالتمدد والتقلص لذلك فهي ليست ممرراً للدم فقط وإنما تعمل كمستودع كبير للدم.

القلب : The Heart

يتألف القلب من ألياف عضلية مخططة لا إرادية ودسامات ونسيج عقدي وألياف عصبية وأوعية دموية.

جدار البطين الأيسر أكثر سماكة من جدار البطين الأيمن لذلك الضغط الناتج عن تقلص البطين

الأيسر أكبر من الضغط الناتج في الأيمن. يفصل

البطينين حجاب عضلي يدعى الحاجز بين البطينين،

ويفصل بين الأذنين حاجز غشائي. الألياف العضلية

للأذنين والبطينات معزولة عن بعضها تماماً بنسيج

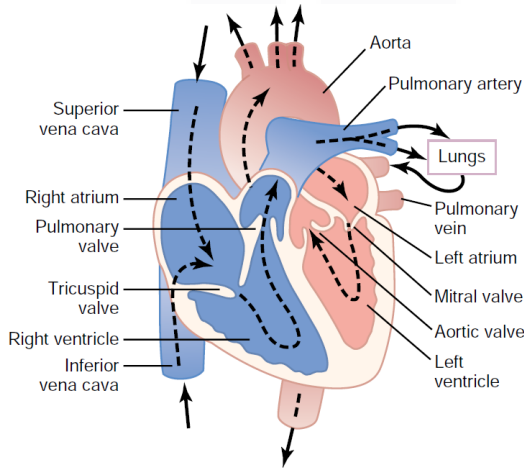
ليفى. يبطن القلب من الداخل الشغاف

endocardium، ويحيط به غشاء رقيق غير مرن

يعرف بالتامور Pericardium الذي يتألف من غشائين

رقيقين يوجد بينهما مادة سائلة تسمى السائل

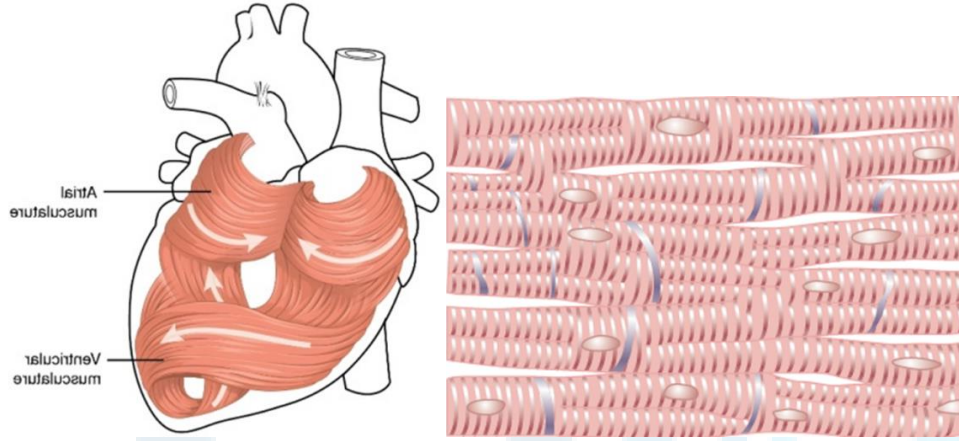
التاموري تعمل على تسهيل حركة القلب أثناء انقباضه وانبساطه.





جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

القلب من الناحية النسيجية: يتألف من ألياف عضلية مخططة لا إرادية



الدسامات القلبية: نسيج ليفي يفصل بين الأجواف، تقوم بتوجيه التيار الدموي خلال مروره في القلب وفق مسار وحيد الاتجاه.

تعمل الدسامات بشكل منفعل تحت تأثير فرق الضغط.

• الدسامات الأذينية

البطينية:

في الأيمن مثلث الشرف،

وفي الأيسر التاجي.

• الدسامات البطينية

الشريانية وتسمى كذلك

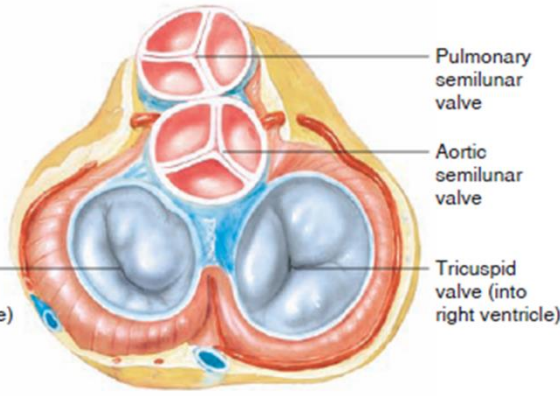
بالسينية أو الهلالية

وهي: في الأيمن الرئوي وفي الأيسر الأبهري.

النسيج العقدي: نسيج عضلي قلبي فقد قدرته على التقلص. له قدرة خاصة على توليد التنبيه ونقله بسرعة أكبر من النقل عبر الألياف العضلية. يشمل النسيج العقدي:

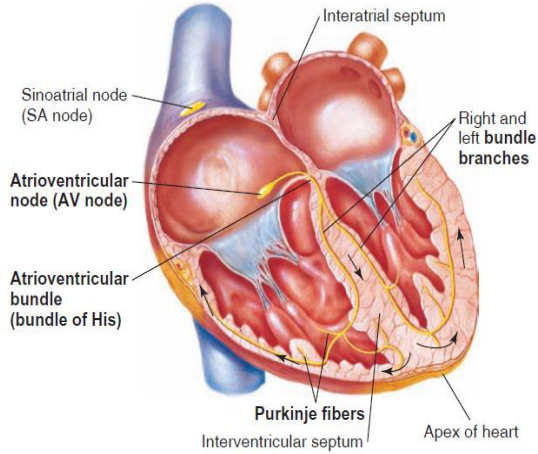
• العقدة الجيبية الأذينية أو الجيبية Sino atrial node: تتوضع في الجدار الخلفي للأذينة اليمنى وهي

ناظم الخطى pacemaker.



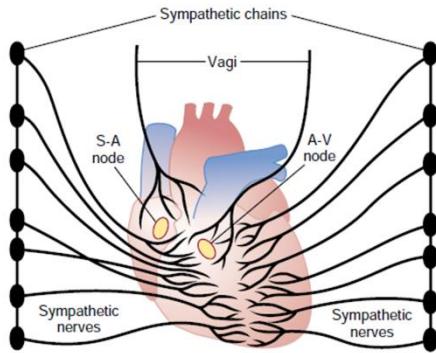
(a)

- المسالك بين العقد: ثلاثة سبل ناقلة Internodal tracts تنقل التنبيه من العقدة الجيبية إلى العقدة الأذينية البطينية.
- العقدة الأذينية البطينية: Atrio-ventricular node تتوضع أسفل الحاجز بين الأذنتين في الأيمن، قادرة على توليد تنبيه خاص لكن بمعدل أقل من العقدة الجيبية، ويتعرض التنبيه القادم من العقدة الجيبية لإبطاء فجائي، وهي تمرر التنبيه باتجاه واحد فقط من الأذنين نحو البطينين.
- تلي العقدة الأذينية البطينية حزمة هيس: Bundle of His وتنقسم إلى شعبتين يمينى ويسرى على جانبي الحاجز بين البطينين، ثم تتفرع إلى كامل العضلة من خلال شبكة ألياف بوركنج Purkinje fiber التي تمثل أليافا ناقلة ذات سرعة نقل عالية.



كل أجزاء النسيج العقدي تمتلك القدرة على توليد التنبيه، لكن بمعدلات إطلاق مختلفة، والنظم الأسرع هو نظم العقدة الجيبية لذلك تسيطر وتعمل كناظم خطى، تعمل بقية أجزاء الجهاز الناقل على نقل مناسب للتنبيه لتأمين فعالية عضلية تحقق دورة قلبية طبيعية.

أعصاب القلب:



يعصب القلب ألياف عصبية من الجملة العصبية الذاتية الودية ونظيرة ودية.

تأتي الألياف نظيرة الودية من العصب المهم، وسيطها الأستيل كولين وتعمل على:

- إنقاص معدل القلب
- إنقاص القدرة التقلصية للقلب
- إنقاص النقل حتى مستوى حزمة هيس
- بالنتيجة يقل عمل القلب والنتاج القلبي، والحاجة الأكسجينية للقلب.



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

يعصب القلب أعصاباً ودية من الضفيرة الرقبية، وسيط الألياف الودية النورأدرينالين (والأدرينالين المفرز من

لب الكظر)، وتعمل على:

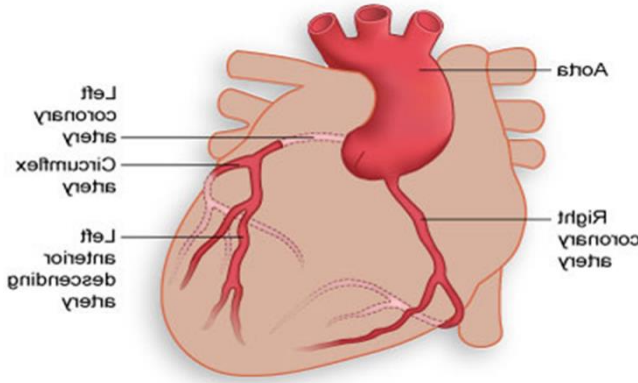
- زيادة معدل القلب

- زيادة قدرته التقلصية.

- زيادة قدرة النقل.

بالنتيجة يزداد عمل القلب والنتاج القلي وتزداد الحاجة الأكسجينية للقلب.

أوعية القلب:



تتوضع الشبكة الشعرية في سماكة الجدار

البطيني لذلك يتأثر جريان الدم فيها بعمل

الألياف القلبية العضلية أثناء الانقباض

والانبساط، فيقل الجريان أثناء الانقباض

ويزداد أثناء الانبساط.

الخصائص البيولوجية للعضلة القلبية:

● قابلية التنبه والإستثارة: Excitability:

يستجيب القلب لمنبه ذي شدة ومدة تطبيق ملائمين، هذه القابلية تزول أثناء فترة العصيان.

● القلوصية: Contractility:

○ تخضع لقانون كل شيء أو لا شيء

○ تزداد قوة التقلص بزيادة طول الليف البدئي (آلية فرانك • ستارلينغ)

○ تزداد بزيادة تركيز شوارد الكالسيوم داخل الليف القلبي

○ تزداد ب الأدرينالين والديجيتال

○ تنقص ب الكحول والسموم ونقص الأكسجة

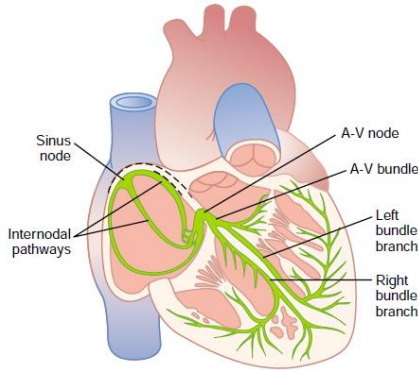
○ لا يتعب القلب بسبب تعاقب فترات الراحة والعمل

● التلقائية أو الذاتية Automaticity: قدرة القلب على تنبيه ذاته بذاته دون الحاجة لمنبه خارجي. تعمل

العقدة الجيبية كناظم الخطى بإطلاق التنبيهات، بمعدل 70 نبضة/د. تعمل العقدة الأذينية

البطينية بمعدل 40-60 نبضة/د. يتأثر معدل النظم وانتظامه ب:

○ درجة توفر الأكسجين



- تراكم الشوارد خاصة H^+ و Ca^{2+} و K^+ و Na^+
- درجة الحرارة التي إذا ارتفعت يزداد معدل القلب
- قابلية النقل والتوصيل Conductivity يتأخر النقل قليلا في العقدة الأذينية البطينية مما يسمح بانقباض الأذيتان قبل الانقباض البطيني

كمون الراحة الغشائي في القلب

:Resting Membrane Potential

تحافظ خلايا القلب في الشروط القاعدية على استقطابها في أثناء الراحة مع فرق في الكمون عبر غشائها Polarization يصل إلى نحو - 90 ميلي فولط، يدعى كمون الراحة الغشائي، حيث تصطف الشوارد الموجبة في هذه الحالة على طول السطح الخارجي للخلية، في حين تصطف الشوارد السالبة على طول السطح الداخلي للغشاء الخلوي مما يولد طبقة ثنائية القطب يفصل بينهما الطبقة الشحمية المضاعفة لغشاء الخلية والتي تعمل كعازل كهربائي، وتبقى الشحنات الموجبة والسالبة موزعة بشكل متكافئ في كل نقطة من الوسطين داخل الخلية وخارجها.

كمون الفعل action potential:

يؤدي التنبيه المجدي من حيث الشدة والمدة إلى زوال الاستقطاب Depolarization action وظهور كمون جديد مخالف لكمون الراحة الغشائي بالشحنة وقادر على الانتشار يسمى كمون الفعل، حيث يرتفع كمون الغشاء في أثناء الراحة من قيمته السوية السالبة جداً إلى قيمة إيجابية تعادل +20 ميلي فولط.

يمر كمون الفعل بمرحلتين: زوال الاستقطاب السريع Depolarization، عود الاستقطاب Repolarization

تتألف مرحلة زوال الاستقطاب من ثلاث أطوار وهي:

الطور 0 أو طور زوال الاستقطاب السريع: ينجم عن التنبيه المجدي الذي يؤدي إلى تغير نفوذية الغشاء الخلوي، حيث تصبح شديدة بالنسبة لشوارد الصوديوم، ويحدث ذلك نتيجة لانفتاح قنوات الصوديوم السريعة مع تدفق سريع لهذه الشوارد عبر مدروجها الكيميائي والكهربائي من الوسط خارج الخلوي إلى داخل الخلايا وحدوث زوال استقطاب سريع (يصبح فيه السطح الخارجي للخليا مشحوناً سلبياً بالنسبة للسطح الداخلي، ويرتفع به كامن الغشاء حتى يتجاوز قيمته السلبية إلى قيمة إيجابية تعادل نحو +20 ميلي فولط).

الطور 1 أو عود الاستقطاب البدئي: ينخفض فيه كامن الفعل نحو 10 ميلي فولط في نهاية الجزء الذروي، وينجم عن انغلاق قنوات الصوديوم السريعة.

الطور 2 أو طور الهضبة Plateau: يلي مباشرة الطور 1 وينجم عن انفتاح قنوات الكالسيوم البطيئة، التي تساهم في إثارة التقلص العضلي. بسبب وجود الكمون الهضبي إطالة أمد زوال الاستقطاب بشكل كبير مما يؤدي إلى استمرارية تقلص عضلة القلب أكثر من استمرارية تقلص العضلة الهيكلية، وبالتالي فإن فترة عصيانها Period Refractory طويلة نسبياً مما يمنع تكزز العضلة القلبية.

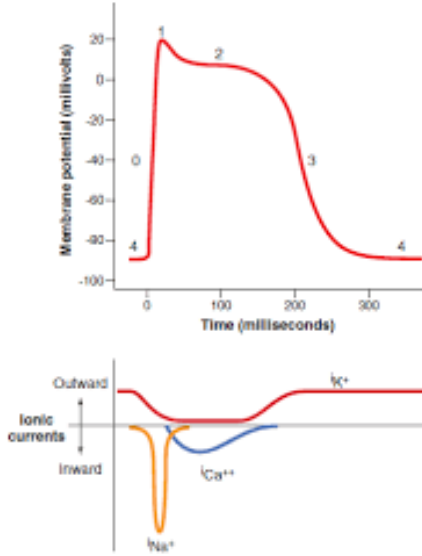


Figure 9-4. Phases of action potential of cardiac ventricular muscle cell and associated ionic currents for sodium (Na⁺), calcium (Ca²⁺), and potassium (K⁺).

مرحلة عود الاستقطاب: تنجم عن انغلاق قنوات الكالسيوم البطيئة وانفتاح سريع جداً ومديد لأقنية البوتاسيوم، مما يؤدي إلى تدفق هذه الشوارد عبر مدروجها من الوسط داخل الخلية إلى خارج الخلايا، وبعدها يتم عودة جميع الشوارد إلى وضعها البدئي الذي كانت عليه قبل الإثارة ويتم خروج شوارد الصوديوم التي دخلت إلى الخلية بواسطة مضخة الصوديوم البوتاسيوم، وتخرج معظم شوارد الكالسيوم بواسطة مبادلة الصوديوم مع الكالسيوم.

تلعب شوارد الكالسيوم دوراً مهماً في إثارة التقلص وذلك عن طريق تحريض تحرر كالسيوم اضافي من الشبكة السيتوبلاسمية الباطنية.

فترة العصيان refractory period:

هي الفترة التي لا يستطيع أي تنبيه أن يعيد إثارة منطقة مثارة سابقاً، وهي نفس مدة كمون العمل تقريباً وتطابقها، وتسمى بفترة العصيان المطلق. يحدث الانقباض خلال فترة كمون العمل أي فترة العصيان لذلك لا تستجيب عضلة القلب لأي منبه أثناء انقباضها وبالتالي عضلة القلب لا يصيبها التكرز.

الطور 0: ازالة الاستقطاب دخول Na

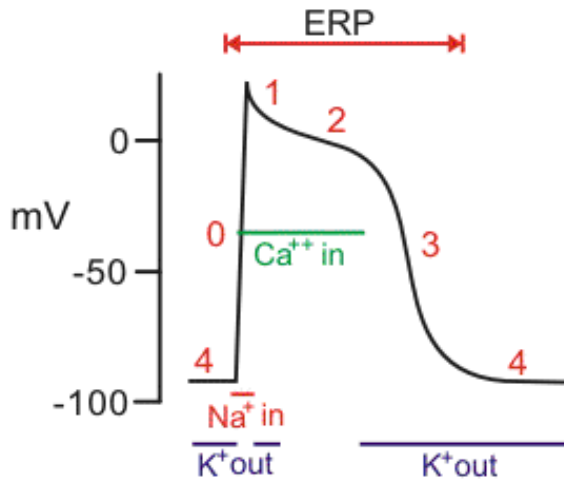
الطور 1: دخول Ca وخروج البوتاسيوم، عودة الاستقطاب المبكرة

طور الهضبة 2: دخول Ca

الطور 3: دخول البوتاسيوم

الطور 4: عودة الاستقطاب

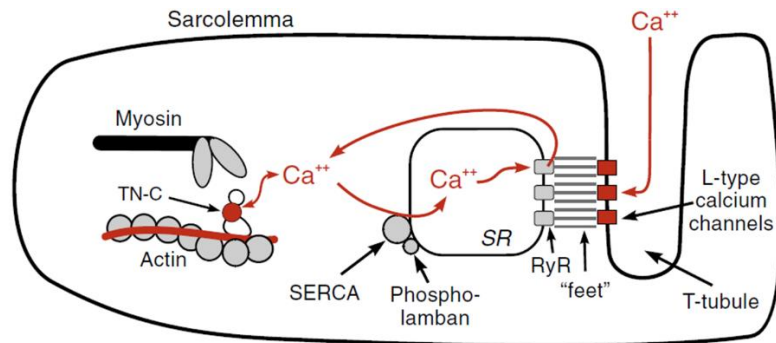
فترة العصبان ERP



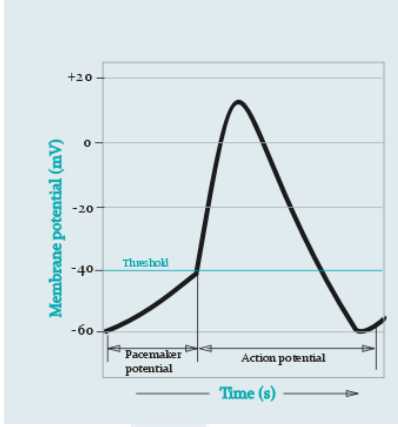
اقتران الفعالية الحركية بالفعالية الكهربائية: أوثنائية الاستثارة-تقلص

Excitation-contraction coupling

عندما ينطلق كمون الفعل فوق غشاء العضلة القلبية تتحرر كميات كبيرة من شوارد الكالسيوم إلى السيتوبلازما من الشبكة الهيولية، وتنتشر إلى داخل اللييفات، وتحرض الـ ATPase على رؤوس الميوزين، فتنتقل الطاقة اللازمة لانزلاقها على خيوط الأكتين ويحدث التقلص العضلي.



الفعالية الكهربائية في النسيج العقدي:

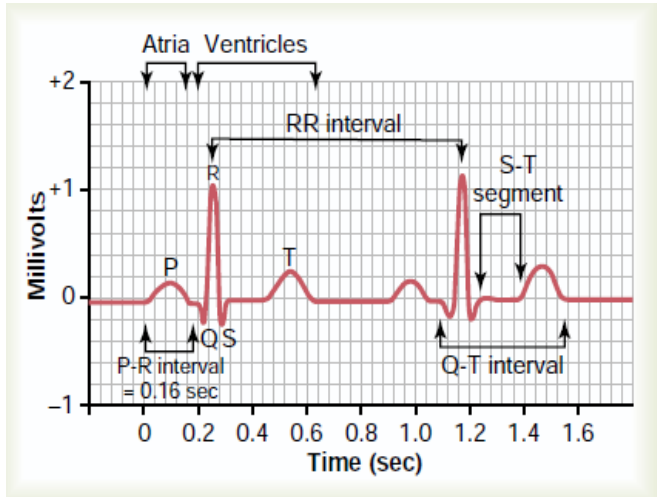


تتميز العقدة الجيبية بفعالية كهربائية تنظيمية عفوية، وبدرجة أقل في العقدة الأذينية البطينية وحزمة هيس وشبكة بوركنج. تميل شوارد الصوديوم بشكل طبيعي للنفوذ إلى داخل الألياف العقدية عبر قنوات الغشاء، فيرتفع كمون الغشاء من حوالي -60mV أو -70mV إلى -40mV، ويؤدي لانفتاح أقنية الكالسيوم الحساسة لتغير الفولتاج، ودخول شوارد الكالسيوم وإطلاق كمون عمل، وبما أن أقنية تسريب الصوديوم مفتوحة يتكرر التنبيه.

تمتلك معظم النسيج القلبية القدرة على إصدار التنبيهات والعمل كناظم خطي، إلا أن سرعة التفريغ في العقدة الجيبية أكبر بكثير منها في العقدة الأذينية- البطينية، أو المناطق الأخرى لذلك تدعى العقدة الجيبية بناظم الخطي للقلب.

يتأخر انتقال الدفعات من الأذينات إلى البطينات مما يسمح للأذينات بأن تتقلص وتفرغ محتواها قبل أن يبدأ التقلص البطيني.

مخطط القلب الكهربائي ECG electrocardiogram:



عندما تمر الدفعة القلبية عبر القلب ينتشر تيار كهربائي إلى النسيج حول القلب وإلى سطح الجسم في كافة الاتجاهات، ويمكن تسجيل الكمونات الناجمة بوضع مساري في أماكن محددة ونحصل على مخطط كهربائية القلب الذي يتألف من:

موجة P، مركب QRS وموجة T

- تنتج الموجة P عن زوال استقطاب الأذينات.

- ينتج المركب QRS عن زوال استقطاب البطينات.

أما الموجة T فتنتج عن عودة استقطاب البطينات.

إذاً يتألف مخطط القلب من موجات زوال استقطاب وموجات عودة استقطاب.

يتم تسجيل الفعالية بواسطة جهاز التخطيط وهو آلة تقيس تغيرات الكمون وتسجلها على ورق ميليمتري خاص، هذه التغيرات تمر عبر أقطاب موضوعة على كافة أطراف الجسم. ينتقل التغير في الكمون إلى جهاز مضخم في جهاز التخطيط الذي يحوي إبرة تتحرك على ورق ميليمتري.

يمثل المحور الأفقي مجور الزمن، بينما المحور العمودي يمثل محور الجهد الكهربائي.

الدورة القلبية The Cardiac Cycle:

تشمل الدورة القلبية كل الأحداث التي تتم خلال ضربة قلبية واحدة وهي الفترة الممتدة من بدء ضربة قلبية إلى بدء الضربة التالية وخلال كل دورة يمر كل جزء من العضلة القلبية بفعالية حركية تليها حالة راحة استجابة لإزالة الاستقطاب وعودته. تتكرر حوادث الدورة القلبية بانتظام وتستغرق 0.8 ثا عندما يكون النظم 72 نبضة/د.

يطلق على المرحلة التي تو افق التقلص

بالانقباض Systole، وهو أذيني وبطيني

أيمن و أيسر، والمرحلة التي تو افق

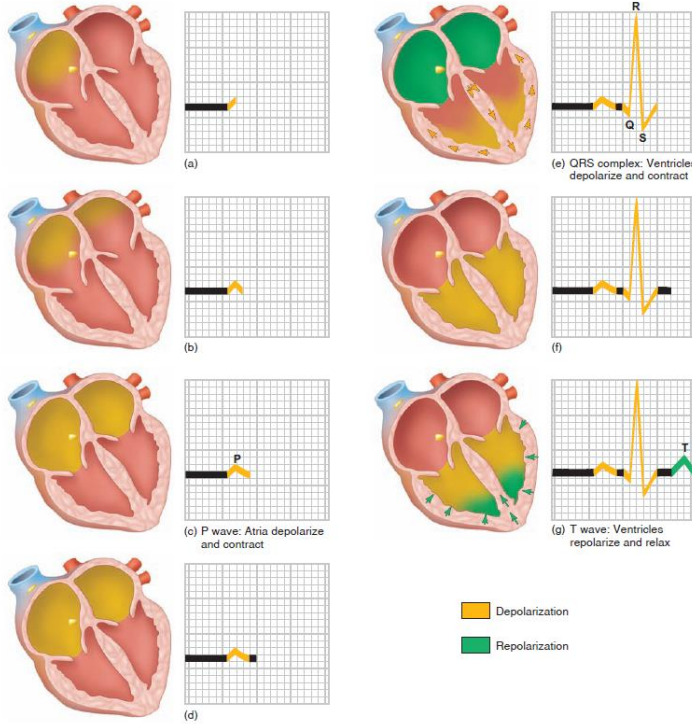
الاسترخاء بالانقباض Diastole، وهو

كذلك أذيني وبطيني أيمن و أيسر.

وبشكل عام عند الحديث عن الانقباض

والانقباض نقصد الانقباض والانقباض

البطيني.



مراحل الدورة القلبية:

الانقباض الأذيني: الدسامات الأذينية البطينية مفتوحة، الدسامات السينية مغلقة، يمر 70% من الدم إلى الأذينات للبطينات بالانسياب، و20-30% بالتقلص الأذيني.

الانقباض البطيني: تنغلق الدسامات الأذينية البطينية (الصوت الأول) وتفتح الدسامات السينية، يمر 80% من الدم من البطينات إلى الشرايين عبر الانقباض البطيني، ثم يمر طور بطيء: يتوقف فيه التقلص البطيني مع بقاء الدسامات السينية مفتوحة وهنا يمر 20% من الدم.

الانبساط البطيني: انغلاق الدسام السيني (الصوت الثاني)، عدم انفتاح الدسام الأذيني البطيني، يستمر استرخاء العضلة البطينية، يفتح الدسام الأذيني البطيني يمر الدم الموجود في الأذينة إلى البطين معطياً (الصوت الثالث).

التظاهرات السريرية للدورة القلبية:

صدمة القمة: Apex beat توافق الانقباض البطيني.

أصوات القلب Heart sound:

الأول: انغلاق الدسامات الأذينية البطينية

الثاني: انغلاق الدسامات السينية (الأهري والرئوي)

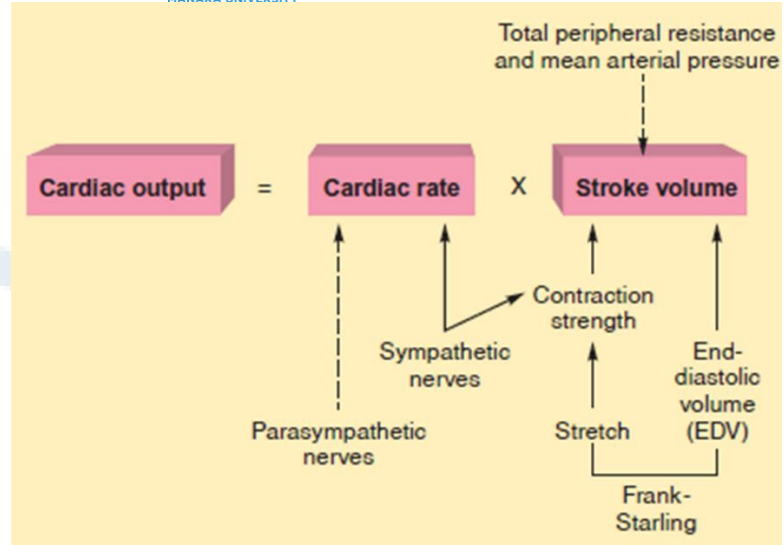
الثالث: التمدد السريع للبطين وامتلائه بالدم

الصوت الرابع: ينجم عن الانقباض الأذيني الفعال

The Pulse النبض: يوافق معدل القلب

نتاج القلب Cardiac output: هو كمية الدم التي يقذفها القلب في الدقيقة ويقدر في الحالة الطبيعية 6-1

ل/د. ويساوي: معدل القلب، × حجم الدفقة



العوامل المؤثرة في معدل القلب:

- يزداد نتاج القلب إلى حد معين بازدياد معدل القلب: يقل زمن الانبساط ويتناقص حجم نهاية الانبساط، وبالنتيجة يتناقص حجم الدفقة.
- يزداد معدل القلب بالتنبيه الودي
- ينقص بالتنبيه نظير الودي
- يزداد بارتفاع الحرارة والجهد
- ينقص عند الراحة والنوم
- ينقص بشكل انعكاسي بارتفاع الضغط ويزداد بانخفاضه

العوامل المؤثرة في حجم الدفقة:

حجم الدفقة = الحجم في نهاية الانبساط - الحجم المتبقي بعد القذف

يزداد حجم الدفقة بزيادة كل من:

- زمن الامتلاء
- حجم الدم الجائل
- العود الوريدي
- التقلص الأذيني
- طول الألياف قبل التقلص (آلية فرانك-ستارلينغ)
- قوة تقلص الألياف