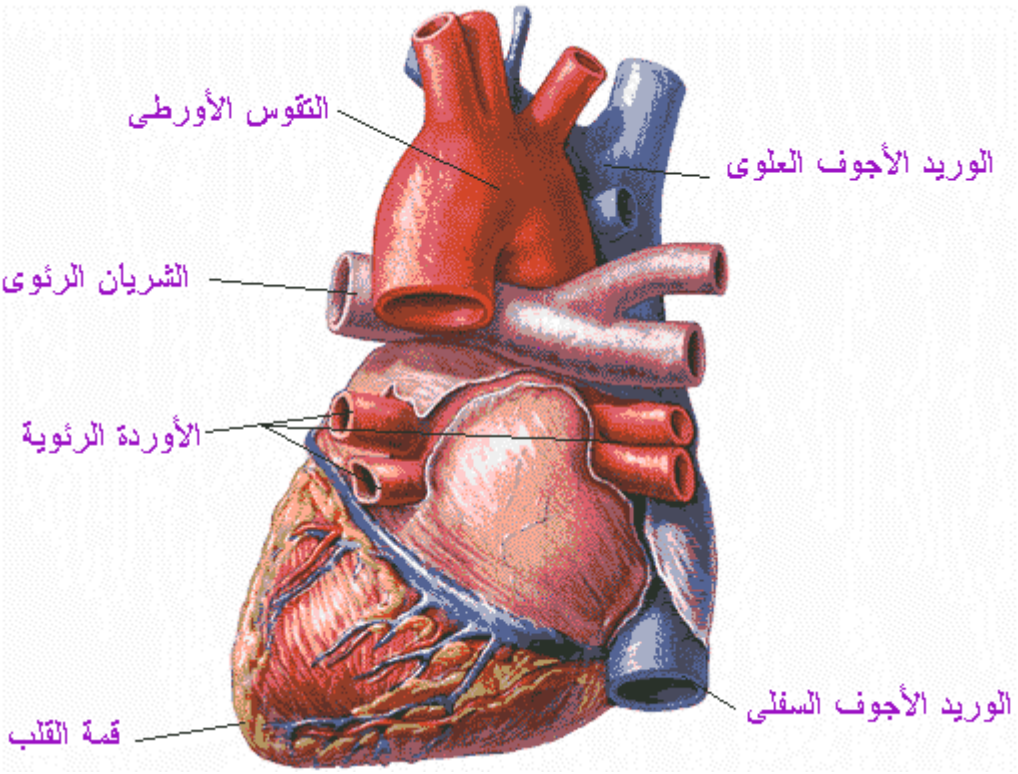
المحاضرة 4

فيزيولوجيا جهاز الدوران (4)

The Circulation(4)

4.1. مقدمة:

يعمل الدوران على تأمين حاجات النسـج من الغذيات وتخليصـها من الفضـلات ونقل الهرمونات والحفاظ على بيئة ملائمة لحياة الخلايا لذلك فإن الجريان الدموي يوافق حاجات النسـج، بحيث يعمل القلب على تأمين حصيل كاف بضغط ملائم لحاجات الأنسجة وفق مختلف ظروف متطلباته الحيوية.

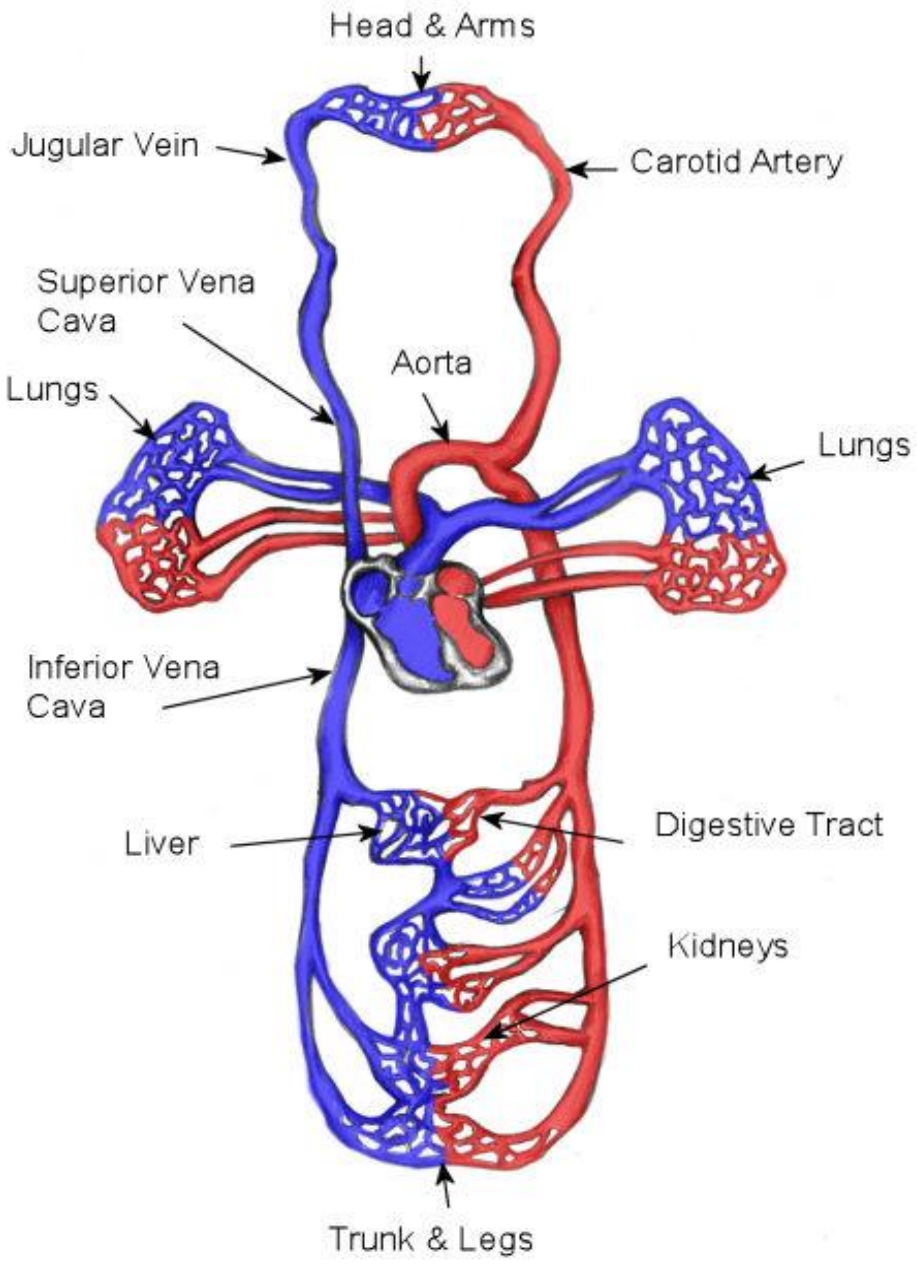


يقسم الدوران إلى دوران جهازي أو كبير ودوران رئوي أو صغير.

يؤمن الدوران الجهازي Systemic Circulation الدم للنسـج عدا الرئتين ويبدأ من الأذينة اليسـرى فالبطين الأيسر ليمر إلى الشريان الأبهر ومنه إلى فروعه المختلفة ثم عبر الشرينات إلى الشعريات

في مختلف الأنسـجة حيث يتم التبادل ليعود الدم ويتجمع في الوريدات التي تصـب في الأوردة ومنها إلى الوريدين الأجوف العلوي والأجوف السفلي الذين يصبان في الأذينة اليمنى.

الدوران الكبير (الجهازي) والدوران الصغير (الرئوي)



يبدأ الدوران الرئوي Pulmonary Circulation من الأذينة اليمنى حيث يمر الدم الوريدي إلى البطين الأيمن ومنه إلى الرئتين عبر الشريان الرئوي حيث يتم التبادل الغازي في الشعريات الرئوية ليعود الدم المؤكسج في الأوردة الرئوية الأربعة إلى الأذينة اليسرى.

إن وظيفة الشـــرايين نقل الدم إلى النســـج لذلك تكون جدرها كبيرة وجريان الدم فيها ســـريع، أما الشرينات فتعمل كدسامات تتحكم بمرور الدم إلى الشعريات وهي تملك جدرا عضلية تستطيع إغلاق لمعة الشـرينات تماما أو توسـعها عدة أضـعاف حسـب حاجة النسـج، تتميز جدر الشـعريات برقتها ونفوذيتها العالية لذلك يتم عبرها تبادل السوائل والغذيات والشوارد والمواد الأخرى.

تعمل الوريدات على جمع الدم وهي تجتمع لتشـــكل الأوردة التي بدورها تعيد الدم من النســـج إلى القلب، وتتميز جدر الأوردة بأنها رقيقة وعضـلية مما يسـمح لها بالتمدد والتقلص لذلك فهي ليسـت ممرا للدم فقط وإنما تعمل كمستودع كبير للدم خاصة وأن الضغط فيها منخفض أيضا.

يعمل جهاز الدوران وفق ثلاث مبادئ أساسية هي:

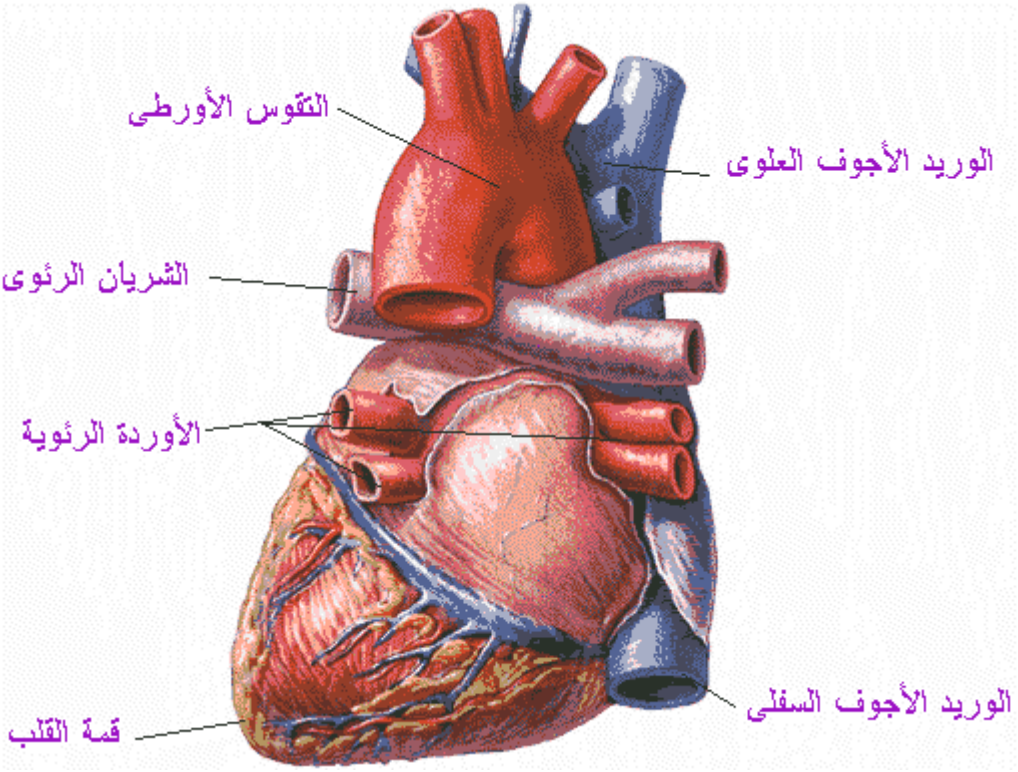
- ضبط الجريان الدموي إلى كل نسيج بدقة وفق حاجاته والتي تختلف كثيرا بين الراحة والجهد.
- تنظيم النتاج القلبي بوساطة الجريان الموضعي للدم الذي إذا زاد يعود للقلب الذي يضخه بالكامل.
- يرتبط الضغط الشرياني بالنتاج القلبي وبالجريان الدموي الموضعي.

يتعلق الجريان الدموي بعاملين هما:

- فرق الضغط بين طرفي الوعاء الدموي وهذا يعود للفعالية القلبية ويشكل القوة الدافعة للدم.
- إعاقة الجريان عبر الوعاء بوساطة مقاومة الوعاء.

4.2. القلب THE HEART

4.2.1. التشريح الوظيفي لعضلة القلب:



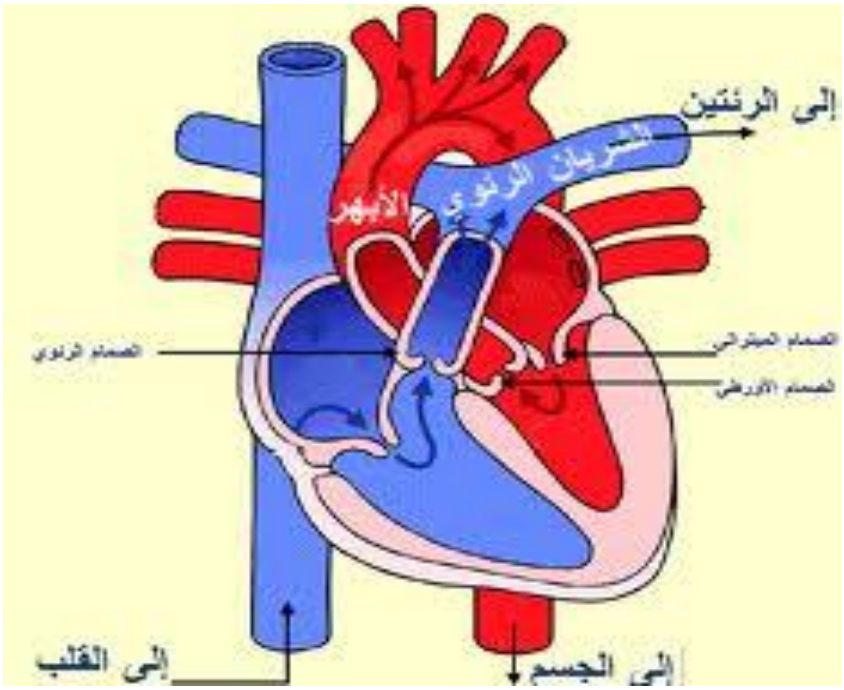
القلب عبارة عن عضو عضلي أجوف يتألف من كتلة من العضلات المخططة اللاإرادية بشكل هرم بحجم قبضة اليد. وزنها 300 غ عند الرجل البالغ، مجوفة من الداخل ومبطنة بالشغاف يغلفها من الخارج التامور. تحوي أربعة أجواف (أذينان وبطينان) تتصل بعضها ببعض بشكل ثنائي (أذينة – بطين) مشكلة قلبا أيسر وقلبا أيمن.

تتلقى الأذينة اليمنى الدم المرجع من أوردة الدورة الدموية الكبرى (الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي) وتتصل مع البطين الأيمن بفوهة يسدها الدسام مثلث الشرف، يمر الدم من الأذينة إلى البطين الأيمن الذي يدفعه إلى الرئتين عبر الشريان الرئوي.

تتلقى الأذينة اليسرى الدم من الرئتين عبر الأوردة الرئوية الأربعة ليمر الدم منه إلى البطين الأيسر مارا عبر الدسام التاجي الذي يفصل بين الأذين والبطين في الأيسر، ثم يندفع الدم أثناء الانقباض البطيني من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر ومنه عبر مختلف فروعه إلى كل نسج الجسم.

نسيجيا:

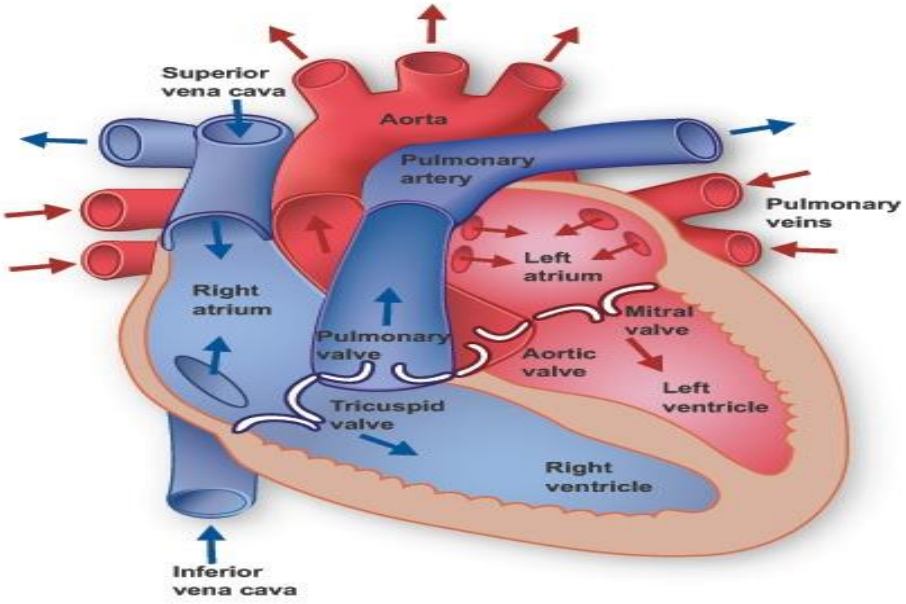
يتألف القلب من ألياف عضـلية ودسـامات ونسـيج عقدي وألياف عصـبية وأوعية دموية، يجب أن نعرف أن جدار البطين الأيسـر أكثر سـماكة من جدار البطين الأيمن لذلك الضـغط الناتج عن تقلص البطين الأيسر أكبر من الضـغط الناتج في الأيمن. يفصـل البطينين حجاب عضـلي يدعى الحاجز بين البطينين، ويفصـل بين الأذينين حاجز غشـائي. الألياف العضـلية للأذينات والبطينات معزولة تماما عن بعضـها بنسيج ليفي.



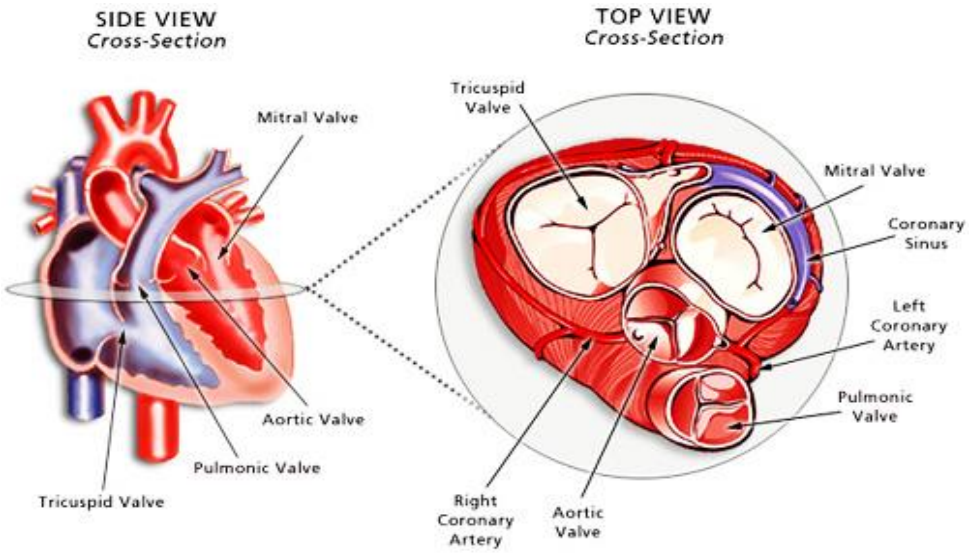
4.2.2. الدسامات القلبية (الصمامات):

تتألف من نسـيج ليفي تفصـل بين الأجواف وتقوم بتوجيه التيار الدموي خلال مروره في القلب وفق مسرى وحيد الاتجاه.

تعمل الدسامات بشكل منفعل تحت تأثير فرق الضغط. الدسامات الأذينية – البطينية وهي: في الأيمن مثلث الشرف وفي الأيسر التاجي. الدسامات البطينية – الشريانية وتسمى كذلك بالسينية أو الهلالية وهي: في الأيمن الرئوي وفي الأيسر الأبهري.

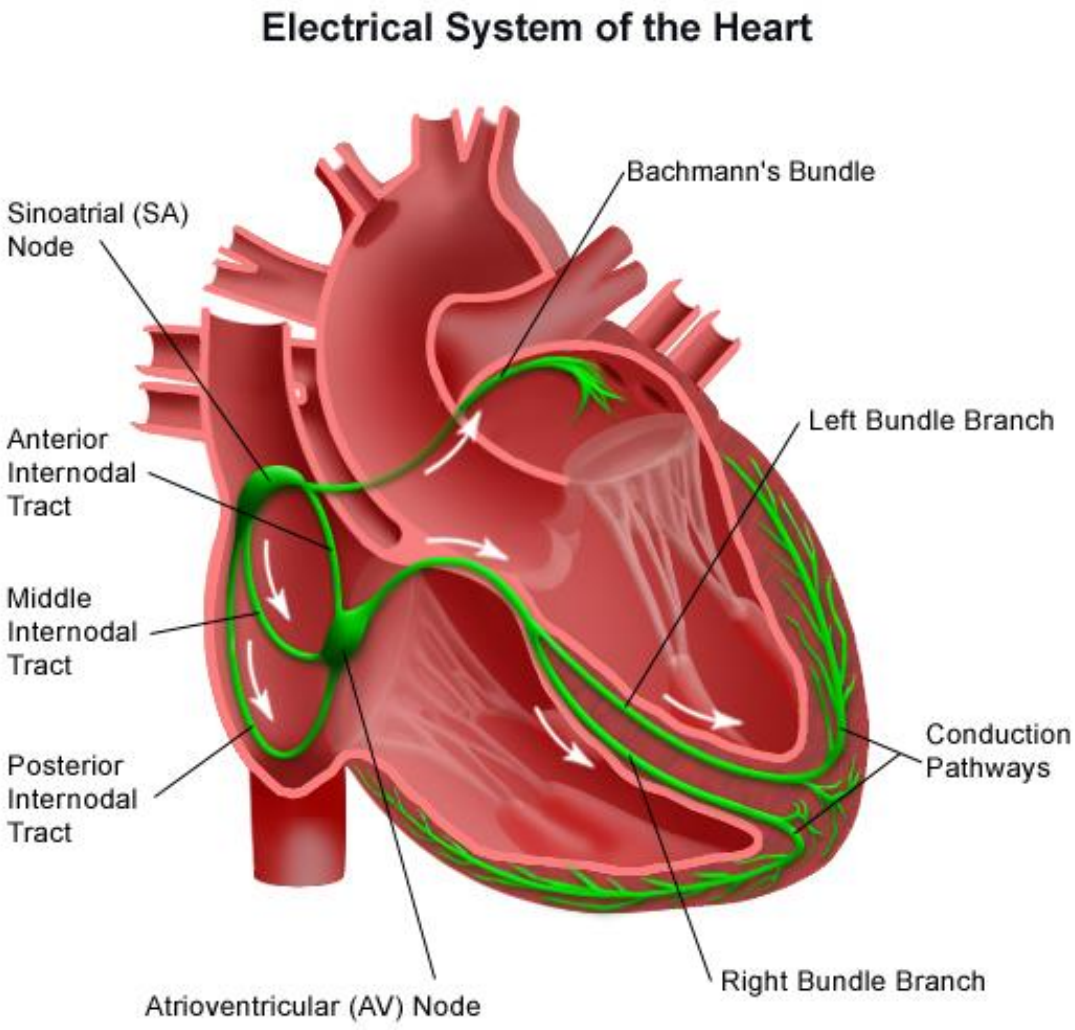


الدسامات القلبية:



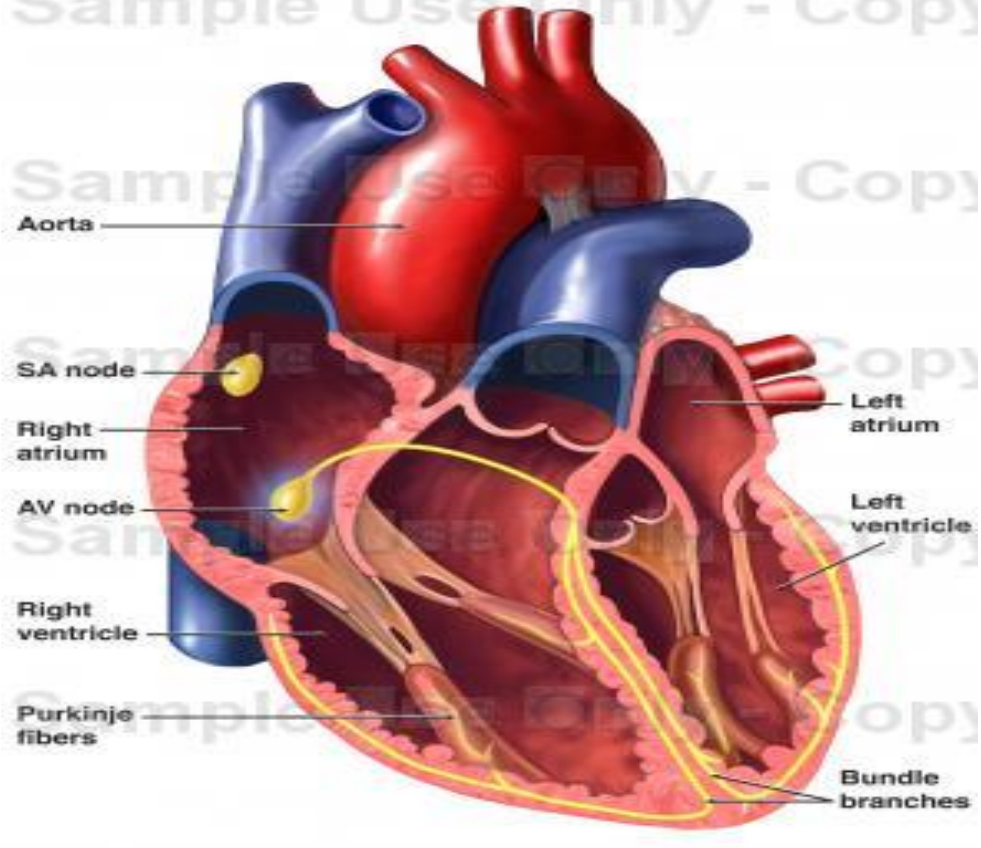
4.2.3. النسيج العقدي:

هو بالأساس نسيج عضلي قلبي فقد قدرته على التقلص وامتلك قدرة خاصة على توليد التنبيه ونقله بسرعة أكبر من النقل عبر الألياف العضلية، يتألف من تجمعات خلوية ذات توضع ثابت تشكل العقد وأليافا ناقلة. يشمل النسيج العقدي:



- **العقدة الجيبية الأذينية** Sino –Atrial Node: أو الجيبية وتتوضع في الجدار الخلفي للأذينة اليمنى وهي ناظم الخطى.

- **المســالك بين العقد** Internodal Tracts: أثبتت الدراســات النســيجية الفيزيولوجية وجود ثلاثة سبل ناقلة عبارة عن ألياف متميزة متخصصــة تنقل التنبيه من العقدة الجيبية إلى العقدة الأذينية البطينية.
- **العقدة الأذينية البطينية** Atrio – Ventricular Node: تتوضـع أسفل الحاجز بين الأذينين في الأيمن، يصلها التنبيه عبر سبل خاصة أو مباشرة من العضل الأذيني، وتتميز بأنها 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 الأذينين نحو البطينين، وتحتوي ألياف غزيرة ودية ولا ودية.
- **حزمة هيس** Bundle of Hiss: تلي العقدة الأذينية البطينية وتنقسم إلى شعبتين يمنى ويسرى على جانبي الحاجز بين البطينين ثم تتفرع إلى كامل العضــلة من خلالشــبكة ألياف بوركنج Purkinje Fibers، التي تمثل ألياف ناقلة ذات سرعة نقل عالية.



أجزاء النسيج العقدي الناقل في القلب

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

4.2.4. أعصاب القلب:

يعصـب القلب ألياف عصـبية من الجملة العصـبية الذاتية ودية ونظيرة ودية. تأتي الألياف نظيرة الودية من العصب المبهم العاشر، وسيطها الأستيل كولين وتعمل على:

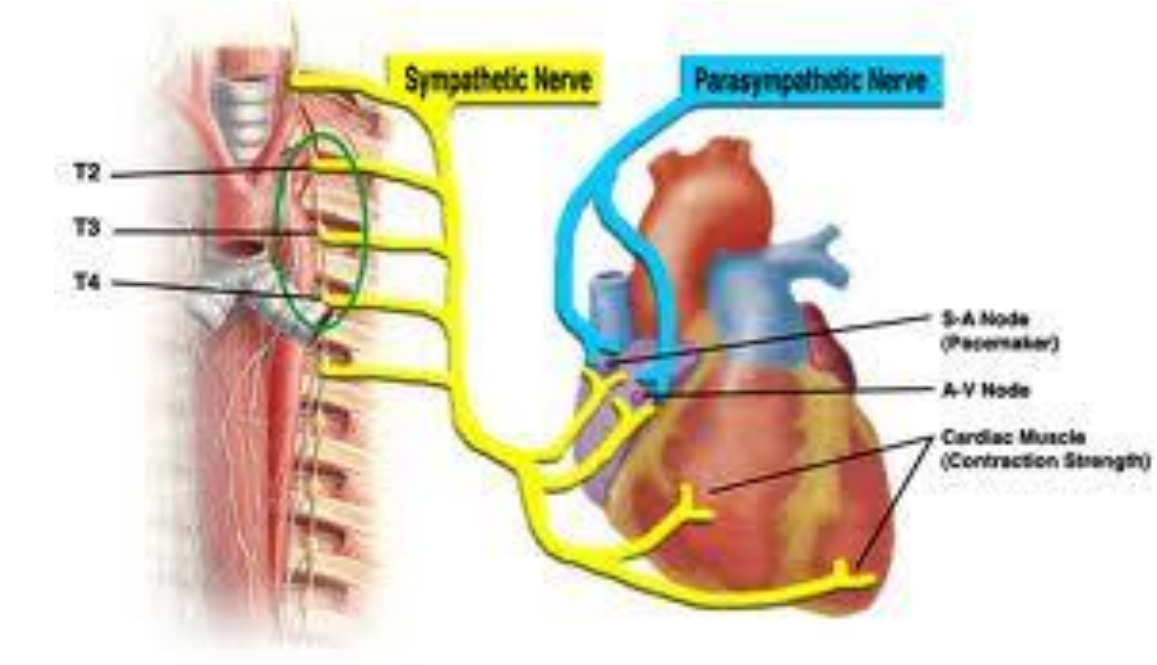
- إنقاص معدل القلب
- إنقاص القدرة التقلصية للقلب
- إنقاص النقل حتى مستوى حزمة هيس.

بالنتيجة يقل عمل القلب والنتاج القلبي والحاجة الأكسجينية للقلب.

أما الألياف الودية فتأتي من السـلاسـل الودية جانب الفقرات، وسـيط الألياف الودية النورأدرينالين والأدرينالين وتعمل على:

- زيادة معدل القلب
- زيادة قدرته التقلصية
- زيادة قدرة النقل

بالنتيجة يزداد عمل القلب والنتاج القلبي والحاجة الأكسجينية للقلب.



4.2.5. الأوعية التاجية:

يتفرع من الأبهر شرايين تغذي القلب هي الشريان التاجي الأيسر والأيمن وكل منهما يتفرع لفروع عديدة تغذي جدران البطينات. تتوضع الشبكة الشعرية في سماكة الجدار البطيني لذلك يتأثر جريان الدم فيها بعمل الألياف القلبية العضلية أثناء الإنقباض والإنبساط فيقل الجريان أثناء الانقباض ويزداد أثناء الإنبساط. يعود الدم بشكل أساسي عبر الجيب الإكليلي الذي يصب مباشرة في الأذينة اليمنى.

4.3. الخصائص البيولوجية للعضلة القلبية:

تتميز العضلة القلبية بأربع خصائص بيولوجية أساسية تكسبها القدرة على القيام بوظيفتها.

4.3.1. قابلية التنبيه أو الإثارة EXITIBILITY:

يستجيب القلب لمنبه ذي شدة ومدة تطبيق ملائمين وهذه القابلية تزول دوريا أثناء فترة العصيان.

4.3.2. القلوصية CONTRACTILY:

استجابة القلب للمنبه الكافي تكون بالتقلص، لاحتوائه على الخيوط البروتينية اللازمة للتقلص، هذه الاستجابة لا تزداد إذا زادت شدة المنبه أي أن القلب يخضع لقانون كل شيء أو لا شيء، وإن كانت قوة تقلص العضلة القلبية تتغير لكن ليس بتغير شدة المنبه وإنما بتأثير عوامل أخرى أهمها طول الليف قبل التقلص، إذ تزداد قوة التقلص بزيادة طول الليف البدئي (آلية فرانك- ستارلنغ)، زيادة

تركيز شـوارد الكالسـيوم داخل الليف القلبي تزيد من قوة التقلص. الأدرينالين والديجيتال يزيدان قوة التقلص بينما الكحول والسـموم ونقص الأكسـجين تنقص قوة التقلص. لا يتعب القلب لتعاقب فترات الراحة والعمل.

4.3.3. التلقائية أو الذاتية AUTOMATICITY:

يمتلك القلب قدرة على تفعيل ذاته بذاته دون الحاجة لمنبه خارجي، يعود ذلك لوجود جهاز خاص عبارة عن ألياف عضـلية تميزت وفقدت قدرتها على التقلص لكن يمكنها إطلاق كمونات عمل أسـرعها تواترا هو معدل إطلاق العقدة الجيبية لذلك تعمل كناظم خطى ومعدل القلب يوافق معدل التنبيهات الصادرة عن هذه العقدة، في الحالة الطبيعية يساوي 70 نبضة /د إذا توقفت هذه العقدة عن العمل لسبب ما تسيطر العقدة الأذينية البطينية لكن بمعدل أقل يتراوح بين 40 – 60 نبضة / د.

يتراوح معدل النظم وانتظامه بعوامل كثيرة مثل درجة توفر الأكسـجين وتراكم الشـوارد خاصـة الصـوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والهيدروجين وكذلك درجة الحرارة التي إذا ارتفعت يزداد معدل القلب.

4.3.4. قابلية النقل أو التوصيل CONDUCTIVITY

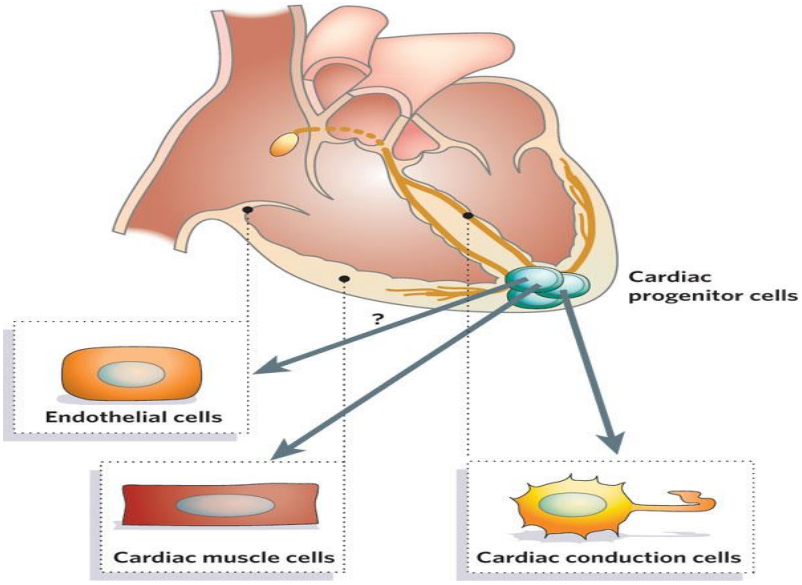
ينتشـر التنبيه المتولد في العقدة الجيبية عبر النسـيج الناقل ويصـل إلى العقدة الأذينية البطينية، يتأخر قليلا مما يسـمح بانقباض الأذينات قبل الإنقباض البطيني، ينتشـر التنبيه بعدها عبر حزمة هيس ثم عبر ألياف بوركنج بسـرعة نقل عالية جدا ليتابع الإنتشـار عبر الألياف العضـلية القلبية مما يسـمح بتقلص مؤقت للبطينات وبالنتيجة تعمل العضلة القلبية كليف عضلي واحد.

4.4. الفعالية الكهربائية القلبية:

تشـمل الفعالية الكهربائية كمون العمل لخلايا النسـيج العقدي وانتشـاره وكمون عمل الخلايا العضـلية القلبية.

4.4.1. كمون الفعل ACTION POTENTIAL في الألياف العضلية القلبية:

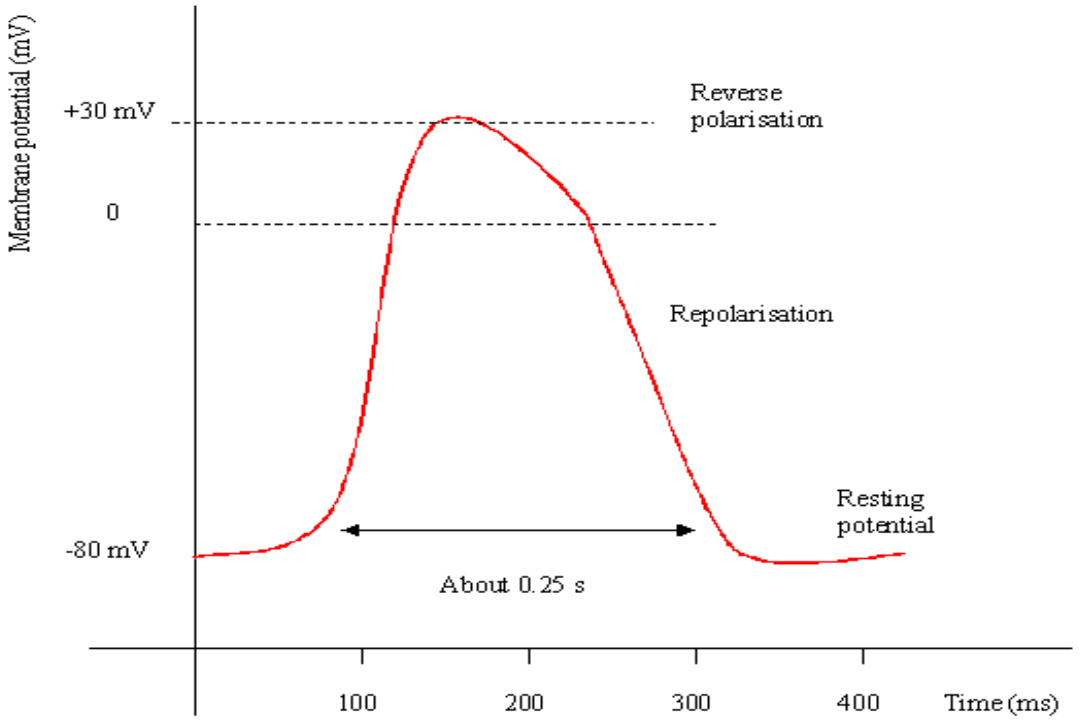
يبلغ كمون الراحة للخلايا العضلية القلبية 85-90 ميلي فولت ويعود لاختلاف التوزع الكمي للشوارد على طرفي الغشاء الخلوي.



كمون عمل ليف عضلي، وليف بوركنج

عندما تحرض خلية عضلية قلبية بمحرض كهربائي ذو شدة مناسبة يزول استقطاب الغشاء وينعدم فرق الكمون حتى ويأخذ قيمة موجبة تبلغ +20 ميلي فولط. يبقى الغشاء مزال الاستقطاب 0.2 – 0.3 ثانية، يتلو ذلك عود استقطاب مفاجئ. هذه الاستمرارية لزوال الاستقطاب تعطي لكمون الفعل شكل هضبة، مما يؤدي لدوام التقلص العضلي القلبي لمدة 10-15 مرة أكثر من الليف العضلي الهيكلي.

ينجم كمون العمل في العضلات الهيكلية عن انفتاح مفاجئ لأقنية الصوديوم السريعة التي تبقى مفتوحة لمدة 10000/1 من الثانية ثم تنغلق فجأة. أما في العضلة القلبية فتنفتح أقنية الصوديوم نفسها ثم تنفتح مجموعة أخرى من الأقنية هي أقنية الصوديوم – الكالسيوم البطيئة، وهي أبطأ ولكنها تستمر لفترة أطول، فتدخل كميات كبيرة من الكالسيوم والصوديوم، وتحافظ على فترة أطول لكمون الفعل وأيضا تلعب شوارد الكالسيوم دورا مهما في إثارة التقلص. خلال فترة عمل الأقنية البطيئة تنقص النفوذية لشوارد البوتاسيوم فينقص خروج البوتاسيوم وعند إغلاق الأقنية البطيئة تزداد النفوذية للبوتاسيوم مما يعيد كمون الغشاء إلى مستواه خلال الراحة.



فترة العصيان:

وهي الفترة التي لا يستطيع أي تنبيه أن يعيد إثارة منطقة مثارة سابقا وتعادل 0.2-0.3 ثانية وهي نفس مدة كمون العمل تقريبا وتطابقها وتسمى بفترة العصيان المطلق.

يوجد أيضا فترة عصيان نسبية حوالي 0.05 ثانية تحتاج العضلة خلالها لمنبه بشدة أكبر من الطبيعي لكي تتنبه.

فترة العصيان في الأذينات أقصر منها في البطينات فهي أقل من 0.15 ثا عصيان مطلق +0.02 ثا عصيان نسبي.

4.4.2. اقتران الفعالية الحركية بالفعالية الكهربائية: أو ثنائية الاستثارة – تقلص:

عندما ينطلق كمون الفعل فوق غشاء العضلة القلبية فإنه ينتشر داخل الليف وعلى جهاز أقنية T ويؤثر على أغشية الأنابيب الهيولية العضلية الطولانية، فتتحرر كميات كبيرة من شوارد الكالسيوم إلى الهيولى العضلية من الشبكة الهيولية وتنتشر إلى داخل الليفات وتحرض ال ATPase على رؤوس الميوزين فتنطلق الطاقة اللازمة لانزلاقها على خيوط الأكتين ويحدث التقلص العضلي. إن

هذا يحدث في العضـلات الهيكلية أيضـا ولكن الفارق في العضـلة القلبية هو دخول كميات ضـخمة إضـافية من شـوارد الكالسـيوم عبر أقنية الصـوديوم – كالسـيوم البطيئة مما يزيد من قوة التقلص العضلي.

تعتمد قوة تقلص العضلة القلبية على تركيز شوارد الكالسيوم في السوائل خارج الخلايا، بسبب انفتاح نهايات النبيبات T مباشـرة خارج ألياف العضـلة القلبية سـامحة للسـائل خارج الخلايا أن يرشـح عند النبيبات T وعلى وجود أقنية الصوديوم – كالسيوم البطيئة ودورها في كمون العمل.

في نهاية هضـبة كمون الفعل يتوقف تدفق شـوارد الكالسـيوم إلى داخل الليف بشـكل مفاجئ وتضـخ الشوارد الموجبة من الداخل إلى الخارج فيتوقف التقلص.

تبدأ العضلة القلبية بالتقلص بعد بضعة ميلي ثانية من بدء كمون الفعل وتستمر بالتقلص لبضعة ميلي ثوان بعد انتهائه ولذلك فإن مدة تقلص العضـــلة القلبية تدل على مدة كمون الفعل وهي 0.2 ثانية في الأذينات و0.3 ثا في البطينات.

4.5. الفعالية الكهربائية في النسيج العقدي وانتشار السيالة الكهربائية القلبية:

تتميز العقدة الجيبية بفعالية كهربائية نظمية عفوية وبدرجة أقل في العقدة الأذينية البطينية وحزمة هيس وشبكة بوركنج. في العضلة القلبية ثلاثة أنماط من الأقنية:

- أقنية الصوديوم السريعة
- أقنية الكالسيوم – الصوديوم البطيئة
- أقنية البوتاسيوم

إن كمون الراحة القليل السـلبية (- 55) ميلي فولط في الألياف العقدية يعطل عمل قنوات الصـوديوم السريعة (لأن أي كمون أقل سلبية من (- 60) ميلي فولط يعطل عمل أقنية الصوديوم السريعة حيث تبقى بوابات التعطيل مغلقة)، تميل شـوارد الصـوديوم بشـكل طبيعي للنفوذ إلى داخل الألياف العقدية عبر قنوات الغشاء فيرتفع كمون الغشاء ونجد كمون الراحة يزداد تدريجيا حتى يصل (- 40) ميلي فولط فتنفتح أقنية الصـوديوم – الكالسـيوم وتدخل شـوارد Ca،Na فيحدث كمون الفعل بعد الانفتاح ب (100-150) ميلي ثانية، تنغلق هذه الأقنية وتنفتح أقنية البوتاســـيوم ويعود كمون الغشـــاء إلى حوالي (- 55)، (- 60) ميلي فولط.

بعد ذلك وخلال بضعة أعشار من الثانية تنغلق أقنية البوتاسيوم وتفوق شوارد الصوديوم المتسربة نحو الداخل شـوارد البوتاسـيوم المتدفقة نحو الخارج مما يرفع كمون الراحة إلى (- 40) ميلي فولت وتنطلق دورة جديدة.

تمتلك معظم النسـج القلبية القدرة على إصـدار التنبيهات والعمل كناظم خطى، إلا أن سـرعة التفريغ في العقدة الجيبية أكبر بكثير منها في العقدة الأذينية – البطينية أو المناطق الأخرى لذلك تدعى العقدة الجيبية بناظم الخطى البدئي.

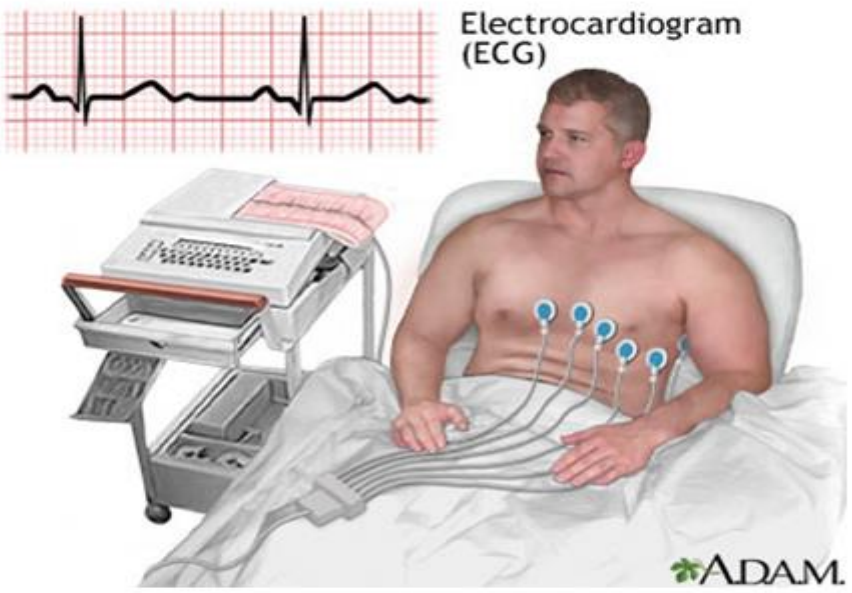
إن سـرعة النظم في العقدة الأذينية البطينية (40-60) نبضـة / د وفي حزمة هيس (20-40)ن / د. وأقل من ذلك في ألياف بوركنج. أما في العقدة الجيبية (70) ن /د.. تنتقل إزالة اسـتقطاب النسـيج العقدي على شـكل موجة من الفعالية الكهربائية تنتشـر لتؤثر كمحرض من نقطة إلى أخرى في العضـلة القلبية، فينتقل كمون الفعل الناشـئ في العقدة الجيبية نحو الخارج إلى الألياف العضـلية الأذينية وينتشر عبر كامل ألياف العضلة ثم إلى العقدة الأذينية – البطينية.

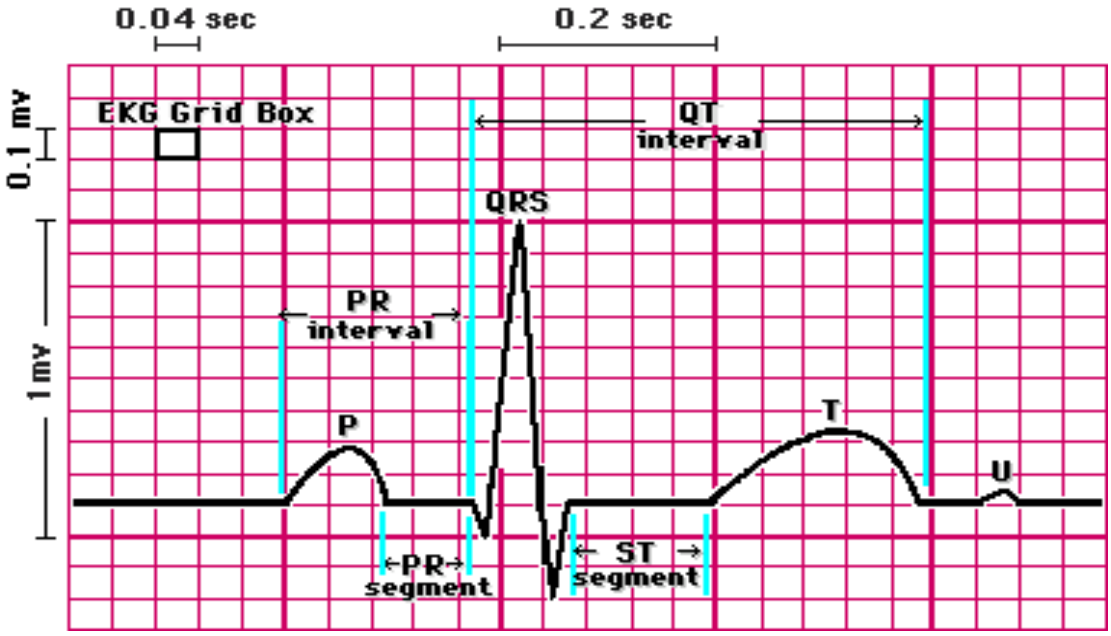
تقارب سرعة التوصيل في العضلة الأذينية 0.3 م / ثا. توجد ثلاث حزم في العضلة الأذينية أسرع توصـيلا وتبلغ سـرعة التوصـيل فيها 1 م / ثا. يتأخر انتقال الدفعات من الأذينات إلى البطينات مما يسـمح للأذينات بأن تتقلص وتفرغ محتواها قبل أن يبدأ التقلص البطيني. يحدث تأخير حوالي 0.13 ثا، يعود التأخير لوجود فولتاج منخفض ومقاومة كبيرة للشوارد بسبب نقص عدد الفسحات في العقدة الأذينية – البطينية.

العضلة الأذينية مفصولة كهربائيا وحركيا عن البطينات ويتم التوصيل عبر الحزمة الأذينية البطينية باتجاه واحد، ليمر بعدها عبر ألياف بوركنج الضخمة والتي تنقل الكمون بسرعة 1.5 – 4 م / ثا مما يسمح بنقل فوري للتنبيهات.

4.6. تخطيط القلب الكهربائي:

هو تسجيل تبدلات الفعالية الكهربائية للقلب بوضع مسار متعددة في أماكن مختلفة على سطح الجسم، توصـل هذه المسـاري إلى جهاز تخطيط القلب الكهربائي، الجهاز عبارة عن مقياس غلفاني يقيس تغيرات الكمون ويضـخمها ويسـجلها على ورق ميليمتري خاص، يقسـم ورق التسـجيل إلى مربعات صغيرة وكل خمسة مربعات صغيرة تشكل مربعا كبيرا. يمثل المحور الأفقي محور الزمن وسرعة الجهاز (25) ملم \ ثا. أي كل مربع صـغير يعادل (0.04) ثا بينما المحور العمودي يمثل محور الجهد الكهربائي بحيث كل (1) ميلي فولت يعادل عشرة مربعات صغيرة.





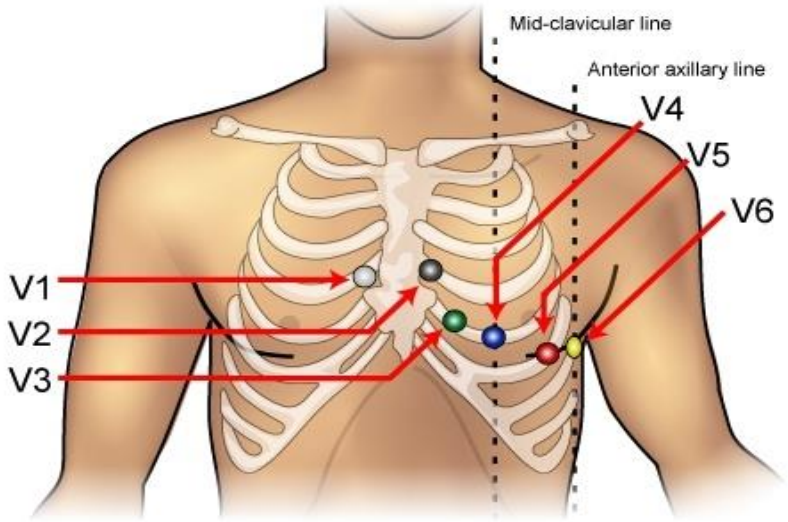
4.6.1. شروط إجراء تخطيط القلب الكهربائي:

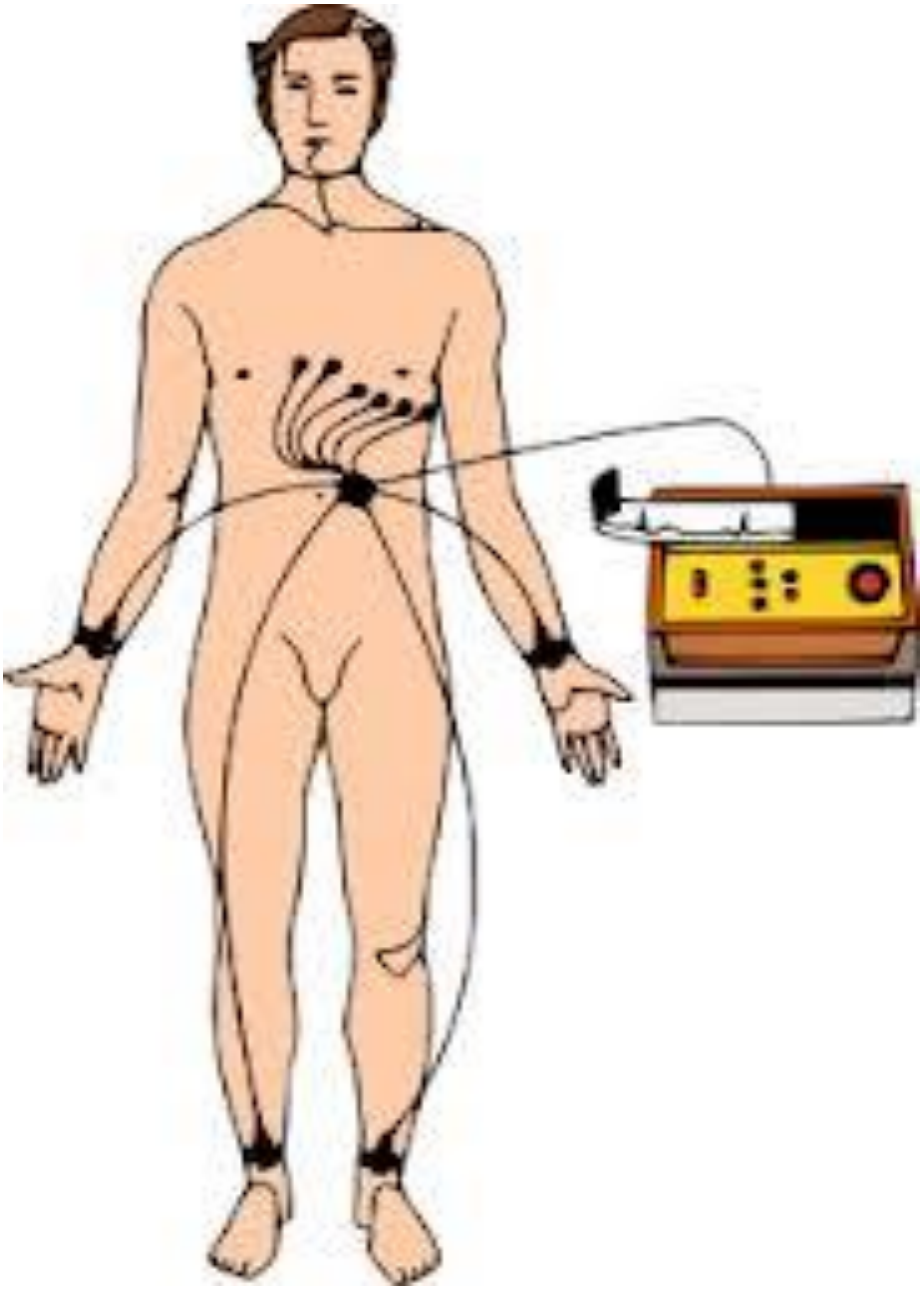
- -يجب أن تكون درجة حرارة المكان الذي يجري فيه التخطيط معتدلة.
- -يجب أن يكون المريض بوضعية راحة جسمية ونفسية ويكون مستلقيا على سرير مريح.

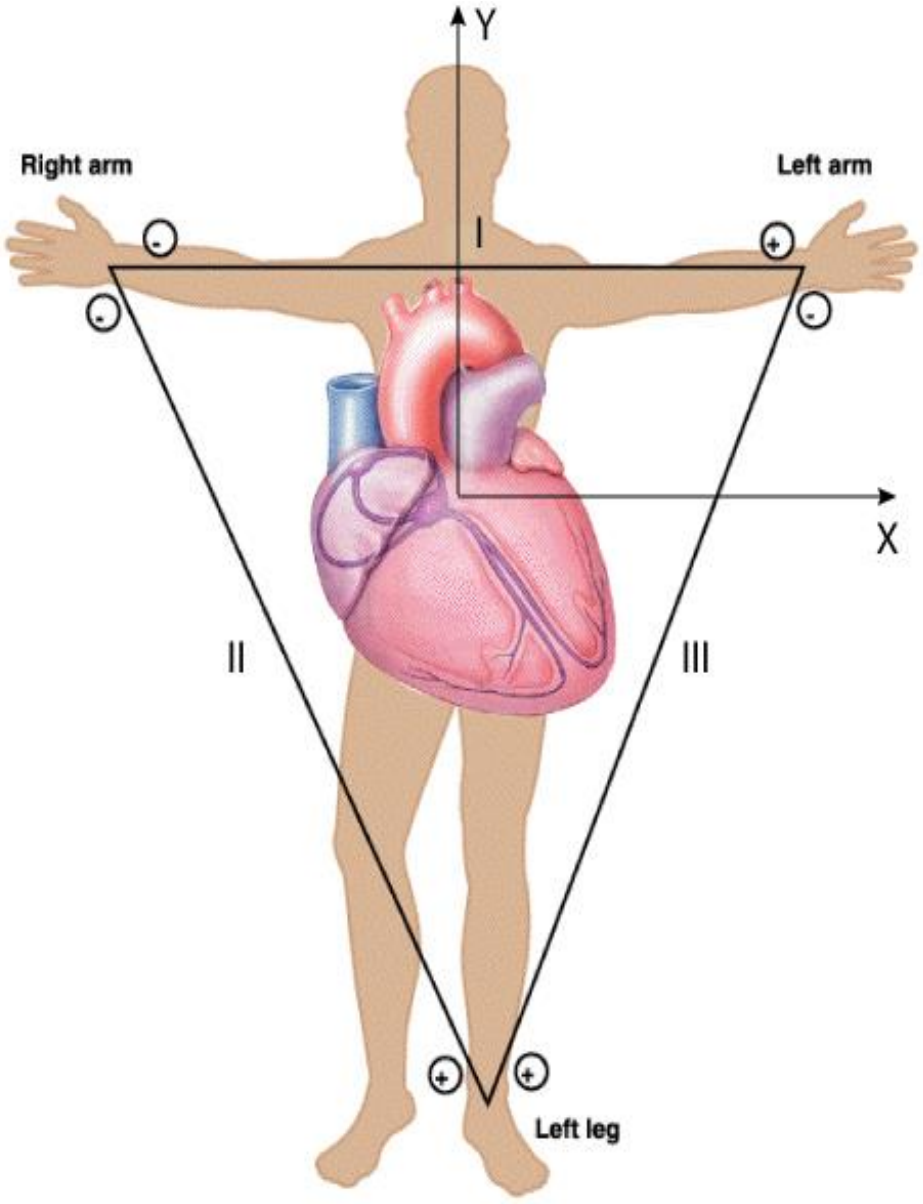
- -يجب تأريض المريض والجهاز لمنع تداخلات التيار المتناوب
- -يجب معايرة جهاز التخطيط بحيث يعطي كل فرق في الكمون مقداره 1 ميلي فولت انحرافا في مؤشر الجهاز مقداره 10 ملم.
- -تحدد سرعة الورق المطلوبة وهي عادة 25 ملم \ ثا.

4.6.2. مكونات مخطط القلب الكهربائي:

بتألف مخطط القلب الكهربائي في الحالة الطبيعية من: موجة P، مركب QRS وموجة T، يتألف مركب QRS من موجة S ، موجة R ، موجة Q







الاتجاهات القلبية

- **الموجة P:** تمثل الموجة P التبدل الناجم عن زوال اســتقطاب الأذينات ، مدتها 0.08 – 12.0 ثا، سعتها لا تتجاوز 2.5 ملم
- **القطعة PQ:** تمثل الفترة الزمنية الفاصــلة بين زوال اســتقطاب الأذينات وبدء زوال اســتقطاب البطينات وهي تنطبق على خط السواء الكهربائي، مدتها بين 0.12 – 0.2 ثا.

- **المركب البطيني QRS:** يعبر عن زوال استقطاب البطينين ويتألف من ثلاث موجات هي:

- الموجة Q: تمثل زوال الاستقطاب في الحاجز بين البطينين وهي سلبية دائما ولا يتجاوز عمقها 2 ملم في الاتجاهات القياسية.
- الموجة R: وهي أول موجة إيجابية تلي الموجة Q وهي تمثل زوال الاستقطاب في جدران البطينين، سعتها تتراوح بين 5-20 ملم في الاتجاهات القياسية، أما في الاتجاهات الصدرية فهي تزداد تدريجيا من V1 حتى V6 ولا تزداد سعتها في هذه الاتجاهات عن 25 ملم
- الموجة S وهي سلبية دائما وتلي الموجة R ، تمثل زوال الاستقطاب في قاعدة البطينين، سعتها الوسطية 6 ملم، في الاتجاهات الصدرية تتناقص سعة الموجة S بدءاً من الاتجاه V1 وحتى الاتجاه V6.

- **القطعة ST**: تمثل بدء عود الاستقطاب إلى البطينين، وهي تقع على خط السواء الكهربائي، مدتها متبدلة حسب سرعة النظم القلبي وتتراوح بين 0 - 0.15 ثا.
- **الموجة T**: تمثل عودة الاستقطاب إلى البطينين، سعتها لا تتجاوز 6 ملم ومدتها 0.15 – 0. 20 ثا.

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

4.6.3. فوائد دراسة مخطط القلب الكهربائي:

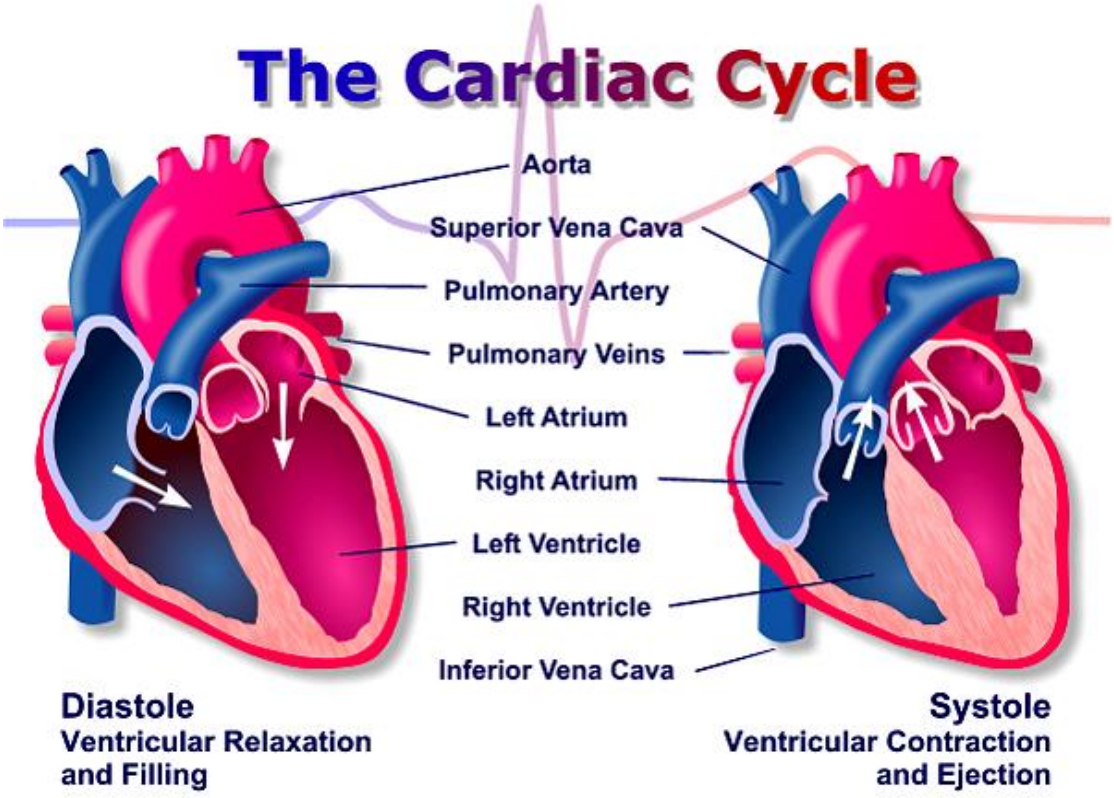
- **تحديد مصدر وانتظام النظم القلبي**: من خلال دراسة مخطط القلب الكهربائي يمكن بدقة تعيين طبيعة النظم القلبي الذي يكون في الحالات الطبيعية جيبيا منتظما، يتميز هذا النظم ب: 1- وجود الموجة P واضحة قبل كل مركب QRS. 2- مدة القطعة PQ ثابتة في كل الاتجاهات.
- **تحديد تواتر القلب** أي معرفة عدد ضربات القلب في الدقيقة، يتم ذلك بحساب عدد المربعات الكبيرة (قطر كل منها 5 ملم) الفاصلة بين موجتي R-R وتقسيم العدد 300 على عدد المربعات فنحصل على تواتر القلب. هذا في حال كان النظم القلبي منتظما، أما في حال عدم الانتظام فيمكن حساب عدد المركبات QRS في 6 ثوان (30 مربع بقطر 5 ملم)، ثم نضرب الناتج برقم 10 فنحصل على عدد الضربات في دقيقة.
- **تشخيص ومراقبة كثير من الأمراض القلبية** مثل اضطرابات النظم القلبي، خناق الصدر (الذبحة القلبية)، احتشاء العضلة القلبية..... الخ.

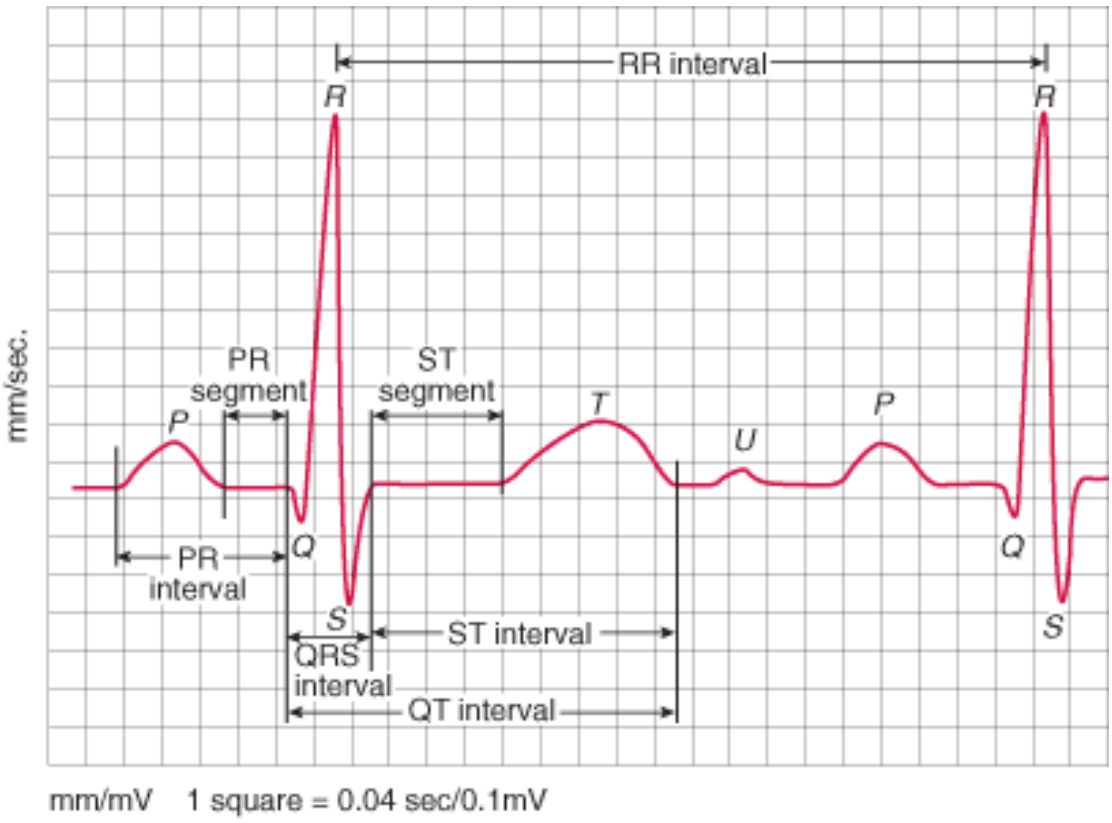
4.7. الدورة القلبية THE CARDIAC CYCLE

هي فعالية مستمرة تمر عبر مراحل متكررة طيلة الحياة وخلال كل دورة يمر كل جزء من العضلة القلبية بفعالية حركية تليها حالة راحة استجابة لإزالة الإستقطاب وعودته.

الدورة القلبية: هي الفترة الممتدة من بدء ضربة قلبية إلى بدء الضربة التالية. تتكرر حوادث الدورة القلبية بانتظام وتستغرق 0.8 ثا عندما يكون النظم 72 ن\د

يطلق على المرحلة التي توافق التقلص بالانقباض Systole وهو أذيني وبطيني أيمن وأيسر ، والمرحلة التي توافق الاسترخاء بالانبساط Diastole، وهو كذلك أذيني وبطيني أيمن وأيسر. وبشكل عام عند الحديث عن الانقباض والانبساط نقصد الانقباض والانبساط البطيني.





4.7.1. مراحل الدورة القلبية في القلب الأيسر:

4.7.1.1. الانقباض الأذيني:

تبدأ به حوادث الدورة القلبية. عادة ينقبض الأذينان معا انقباضا ضعيف القوة، يتم والدسامات الأذينية البطينية مفتوحة، يرتفع الضغط داخل الأذينة ولكنه يبقى أقل من الضغط داخل الأوردة الرئوية لذلك لا يعود الدم إلى الأوردة، بينما يكون الضغط في البطينات أقل لذلك تبقى الدسامات مفتوحة حتى نهاية الانقباض الأذيني.

70 % من الدم الواصل للبطينات يمر بالانسياب من الأذين للبطين، والتقلص الأذيني يعمل على ضخ الكمية الباقية أي 20 – 30 % من الدم الواصل إلى البطينات.

4.7.1.2. الانبساط الأذيني:

يلي الانقباض الأذيني، ويسمح بامتلاء الأذينة وتساعد الحركات التنفسية على ذلك.

4.7.1.3. الانقباض البطيني: يقسم إلى:

- الانقباض متساوي الحجم: يرتفع الضغط مع بدء الانقباض البطيني فينغلق الدسام ثابتا، ويرتفع الضغط داخل البطينات، يبقى طول الألياف طبيعيا ويزداد توترها.

يسمع التاجي دون أن ينفتح الأبهري. تستمر هذه المرحلة 0.05 ثا يبقى الحجم فيها الصوت القلبي الأول الذي ينجم عن انغلاق الدسامات التاجي ومثلث الشرف.

- مرحلة القذف أو الإفراغ: وهي

- *مرحلة القذف السريع*: مع استمرار تقلص البطين يرتفع الضغط ليصبح أعلى من الضغط داخل الأبهر، فينفتح الدسام الأبهري ويندفع الدم بكمية كبيرة. 80% من الكمية الكلية المقذوفة نحو الشريان تخرج في هذه المرحلة، يتناقص الحجم البطيني نتيجة لتقاصر أقطار القلب. يستمر سماع الصوت الأول في هذه المرحلة.
- *مرحلة الإفراغ البطيء أو المقلل*: يتوقف الانقباض البطيني، لكن يبقى الضغط مرتفعا أعلى بقليل منه في الأبهر فيستمر الدم بالخروج، وتخرج 20% الباقية من حجم الدفقة الكلي، مدة الدورة 0.11 ثا وفيه تبقى الدسامات السينية مفتوحة والأذينية البطينية مغلقة. يدعى الحجم المقذوف في كل انقباض بحجم الدفقة ولا يشكل سوى 50- 65 % من الحجم في نهاية الانبساط، أما الباقي فيشكل احتياطيا لزيادة حجم الدفقة عند اللزوم.

ينتهي الانقباض البطيني بانخفاض مفاجئ في الضغط البطيني ، فتنغلق الدسامات السينية ويحدث الصوت القلبي الثاني.

4.7.1.4. الانبساط البطيني: ويقسم إلى:

- *الانبساط متساوي الحجم*: توافق هذه المرحلة فترة انغلاق الدسام الأبهري وعدم انفتاح التاجي ويبقى الضغط في البطين الأيسر عاليا نسبيا، زمنها 0.08 ثا، ويسمع خلالها الصوت القلبي الثاني.
- *فترة الامتلاء البطيني*: وتشمل مرحلتين
- *مرحلة الإمتلاء البطيني السريع*: يستمر استرخاء العضلة البطينية فينخفض الضغط في البطين ويفتح الدسام التاجي ويمر 80 % من الدم الموجود في الأذينة إلى البطين ومدة هذا الطور 0.11 ثا
- *مرحلة الامتلاء البطيني*: خلال هذه المرحلة يكون الفرق في الضغط بين الأذين والبطين قليلا، ويمر حوالي 20% من الدم إلى البطين تحت تأثير الأنقباض الأذيني.

إن وصول الدم إلى البطين أثناء الامتلاء السريع وارتطامه بجدار الوعاء يحدث الصوت الثالث أما الصوت الرابع فينجم عن التقلص الأذيني الفعال.

مراحل الدورة القلبية في القلب الأيمن نفس المراحل في القلب الأيسر مع بعض الاختلافات البسيطة.

4.7.2. التظاهرات السريرية للدورة القلبية:

تسمح الدراسة بتحديد صدمة القلب وأصوات القلب والنبض:

4.7.2.1. صدمة القلب:

يمكن معاينة صدمة القلب في الورب الخامس الايسر بتقاطعه مع الخط الناصف للترقوة، على شكل تقبب منتظم بخاصة بعد إجراء التمارين الرياضية. ويمكن أن نجس صدمة منتظمة بنفس هذا المكان وتوافق صدمة القمة الانقباض البطيني،

4.7.2.2. أصوات القلب:HEART SOUND

يترافق عمل القلب بظهور أصوات معينة يحدثها التصاعد والتخافض في حركة الدم ضمن القلب ويمكن أن تسمع بشكل مباشر بوضع الأذن على الصدر أو بمسماع طبي. عدد أصوات القلب أربعة: الصوتان الأول والثاني طبيعيان أما الثالث والرابع فهما لا يسمعان في الحالة العادية.

الصوت الأول:

يظهر مع بداية الانقباض البطيني المتساوي الحجم ويعود إلى انغلاق الدسامات الأذينية البطينية ويوافق الموجة النبضية، وهو صوت طويل وغليظ ومنخفض اللحن بالنسبة للصوت الثاني ويستغرق 0.14 ثا، أفضل مكان لسماع الصوت القلبي الأول الناجم عن انغلاق الدسام التاجي في نقطة تقاطع الخط الناصف للترقوة مع الورب الخامس أيسر القص أي مكان صدمة القلب (فوق البطين الأيسر)، أما الصوت الأول الناجم عن انغلاق الدسام مثلث الشرف فيسمع بشكل أفضل أسفل عظم القص في منطقة الشرسوف (فوق البطين الأيمن).

الصوت الثاني:

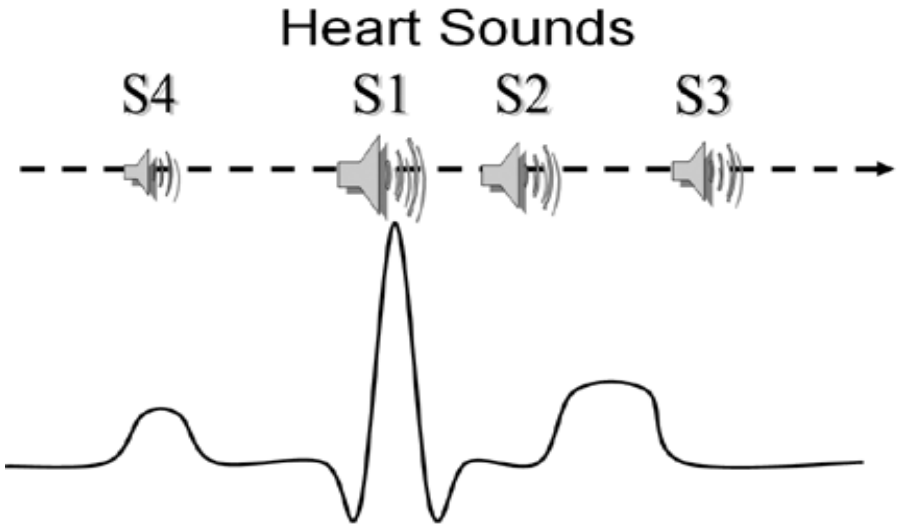
يسمع مع بداية الاسترخاء البطيني وهو صوت حاد وقصير نسبيا 0.11 ثا وينشأ من انغلاق الدسامات الهلالية واهتزازات عودة الدم إلى البطين بسبب هبوط الضغط داخله. له مركبتان أبهرية ورئوية. المكان المفضل لسماع الصوت الثاني المركبة الأبهرية في الورب الثاني أيمن القص (على مسار الشريان الأبهر)، أما أفضل مكان لسماع المركبة الرئوية للصوت الثاني فهو الورب الثاني أيسر القص (على مسار الشريان الرئوي).

الصوت الثالث:

نادرا ما يسمع عند البالغين، يمكن سماعه عند الأطفال واليافعين بعد الصوت الثاني، أفضل بؤرة لسماعه هي قمة القلب والحافة اليسرى للقلب والشخص مستلق على ظهره، يترافق مع التمدد السريع للبطين خاصة في الحالات التي يزداد فيها حجم الامتلاء البطيني. يعتبر استمرار سماعه بعد سن الأربعين علامة مرضية.

الصوت الرابع:

يسمع أحيانا قبل الصوت الأول وينجم عن الانقباض الأذيني الفعال بخاصة في نهاية استرخاء بطيني غير مطاوع مترافق بارتفاع توتر شرياني أو قصور الدسام التاجي، وهو مرضي دائما.



4.7.2.3. النبض THE PLUSE:

عبارة عن ضربات منتظمة يمكن الشعور بها حين جس شريان سطحي وتعود لمرور الموجة النبضية الناجمة عن تدفق الدم أثناء الأنقباض عبر جدار الشريان. أفضل مكان لتحديد النبض هو جس الشريان الكعبري فوق الميزابة الكعبرية في نهاية الساعد الوحشية بالضغط الخفيف على الشريان، يمكن جس النبض بجس الشريان الفخذي، شريان ظهر القدم، الشريان الصدغي، الشريان الوجهي.....

فوائد جس النبض:

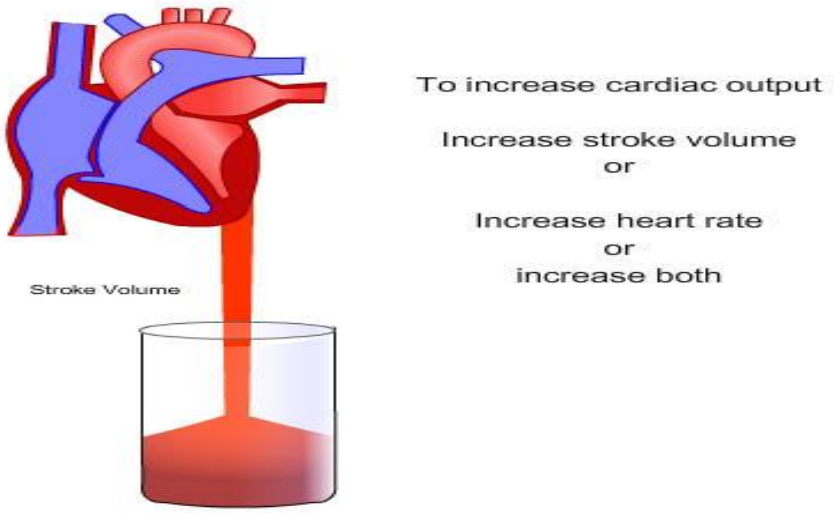
- تحديد تواتر ضربات القلب: في الحالة الطبيعية عدد النبضات يوافق عدد دقات القلب. في بعض الحالات مثل النبض المتناوب لا نحس بجميع الضربات القلبية بجس جدار الشريان لأن

قسم منها يكون ضعيفا ولا يضخ سوى كمية قليلة من الدم لا تحدث تبدلا في الضغط المطبق على جدار الشريانز

- تحديد طبيعة النظم القلبي: عندما يكون القلب منتظما تكون الفترة الفاصلة بين النبضات متساوية.
- تحديد قوة انقباض البطين الأيسر: يمكن تحديد قوة الانقباض البطيني من خلال الشعور بالموجة النبضية التي تعبر جدار الشريان المجسوس، عندما يكون الضغط النبضي المركزي منخفضا كما في حالة الصدمة النزفية مثلا يكون الشعور بالموجة النبضية ضعيفا ويسمى النبض المحيطي.
- تقييم حالة الشرايين المحيطية: كلما كانت مرونة جدر الشرايين جيدة كان انتقال الموجة النبضية فيها عاليا، لذلك في حالات الإصابة بتصلب الشرايين أو انسدادها يضعف أو يغيب النبض أسفل مكان الإصابة.

4.8. نتاج القلب CARDIAC OUTPUT

الغاية الوظيفية لجهاز القلب والدوران هي تأمين تروية دموية كافية وفق المتطلبات الاستقلابية الآنية. وما يحدد نتاج القلب هو الحاجة المحيطية (يقصد بنتاج القلب نتاج القلب الأيسر وهو يساوي نتاج القلب الأيمن). نتاج القلب هو كمية الدم التي يقذفها القلب في الدقيقة ويساوي:



حجم الدفقة * معدل القلب، يقدر في الحالة الطبيعية 5 – 6 ل \ د

لكي نستطيع مقارنة نتاج القلب عند أشخاص مختلفي القامة تحسب نسبة نتاج القلب إلى مساحة سطح الجسم (تعطي المساحة من جداول خاصة حسب طول ووزن الشخص) ونحصل على ما يسمى بالمشعر القلبي Cardiac Index.

المشعر القلبي = نتاج القلب \ مساحة الجسم وهو عند الرجل 3 ل \دام 2 وعند المرأة أقل بقليل.

يتوزع النتاج على الأنسجة بنسب مختلفة تناسب استهلاكها للأكسجين مع ملاحظة أن بعض الأعضاء تصلها نسبة أكبر بكثير من حاجتها الاستقلالية لكن هذه الأعضاء عادة تقوم بوظائف تخص كامل العضوية عن طريق الدم، فالدم الواصل إلى الكلية مثلا ليس فقط لتغذيتها وإنما لتنقية الدم نفسه أي أن الدوران فيها تغذوي ووظيفي وكذلك الأمر بالنسبة للرئة أو الكبد.

4.8.1. العوامل المنظمة لنتاج القلب:

بما أن النتاج = حجم الدفقة * معدل القلب

فإن كل ما يؤثر على حجم الدفقة وعلى معدل القلب سيؤثر على النتاج.

4.8.1.1. معدل القلب HEART RATE:

يمكن قياسه عن طريق جس النبض. يزداد النتاج بزيادة التردد لكن ضمن حدود. لأنه إذا ارتفع المعدل كثيرا يقل زمن الانبساط ويتناقص حجم نهاية الانبساط وبالنتيجة يتناقص حجم الدفقة والنتاج. يمثل الانبساط أثناء الراحة – وهو زمن الامتلاء – أكثر من نصف الدورة القلبية وعندما يصل معدل القلب إلى 160 ن\د يصبح أقل من ربع زمن الدورة القلبية. يتراوح المعدل الأعظمي للقلب بين 150 – 200 حسب العمر وفق العلاقة: المعدل الأعظمي = 220 – العمر (مقدر بالسنوات) ن \ د

الآلية المسؤولة عن تنظيم معدل القلب هي آلية عصبية فالتنبيه الودي يسرع القلب بينما التنبيه نظير الودي يبطئه مع ملاحظة أن التنظيم العصبي لمعدل القلب يجعل منه آلية سريعة لتعديل النتاج القلبي. ارتفاع الحرارة والجهد يسرعان القلب بينما الراحة والنوم تنقصه، ارتفاع الضغط يبطئ عمل القلب بشكل انعكاسي، بينما هبوط الضغط يسرع القلب انعكاسيا أيضا.

4.8.1.2. حجم الدفقة STROKE VOLUME:

حجم الدفقة = حجم نهاية الانبساط – حجم نهاية الانقباض

إذن حجم الدفقة يتأثر بعاملين أساسيين هما:

- كمية الدم الموجودة في البطين في نهاية الانبســـاط: يزداد حجم نهاية الانبســـاط بزيادة كل من زمن الامتلاء البطيني وحجم الدم الجائل والعود الوريدي والتقلص الأذيني، تتأثر هذه العوامل في حالات كثيرة مثل النزوف، فقر الدم، ضياع السوائل من الجسم.
- القدرة التقلصـية للعضـلة القلبية: كلما ازدادت القدرة التقلصـية للعضـلة القلبية يقل حجم نهاية الانقباض، وهي تتعلق بطول الألياف قبل التقلص وقوة تقلصـها. تزداد قوة التقلص بزيادة طول الألياف العضـلية القلبية قبل التقلص وفق ألية فرانك – سـتارلنغ، هذه الآلية مهمة لتأمين نتاج قلبي متعادل لكل من البطين الأيمن والبطين الأيســـر وعند تنبيه الجملة الودية وتســـرع القلب ضـــمن الحدود الطبيعية، كذلك عند إعطاء بعض الأدوية مثل الديجيتال والغلوكاكون والكورتيزون. بالمقابل تنقص القدرة التقلصـية للعضـلة القلبية في حالات كثيرة: تأثير السـموم والحموض، نقص الأكســـجين، تنبيه الجملة نظيرة الودية، احتشـــاء العضـــلة القلبية، الآفات الصمامية وغيرها.

يزداد النتاج القلبي بشكل عام أثناء التمارين لزيادة العود الوريدي وتسرع القلب.

إضافات مدرس المقرر