الباب الثاني
فيزيولوجيا الدوران

مقدمة :

يؤمن جهاز الدوران – القلب والأوعية الدموية – الدوران الدائم والمستمر للدم في جسم الإنسان . ويتحقق هذا الدوران بواسطة القلب . لذلك فإن دراسة هذا العنصر لها أهمية خاصة . وقد جذب اهتمام العلماء منذ القديم . ولكنهم لم يتمكنوا من فهمهم مبدأ عمل القلب ودوران الدم لمدة طويلة . فقد اعتقدوا في وقت من الأوقات أن الدم يجري فقط في الأوردة . ويجري في الشرايين الهواء الذي تنقل إلى الجسم روح الحياة . وتصوروا أن مركز الدوران هو الكبد ، وأنه يوجد نوعان من الدم – الدم الفاتح الذي يغذي الدماغ ، والدم الأسود الذي يغذي الأعضاء الكثيفة .

وقد افترض جالينوس في القرن الثاني وجود ثقوب في الحاجز البطيني للقلب ، يمر من خلالها الدم من النصف الأيمن إلى النصف الأيسر ، حيث يتزود بالهواء القادم من الرئتين ليكون روح الحياة التي تسري في الشرايين .

وفي القرن الثالث عشر (١٢٦٨ م) أثبت ابن النفيس وفي القرن السادس عشر سيرفيتس (١٥٥٣ م) وكولومبس Colombus (١٥٥٧) . أنه لا وجود لهذه الثقوب بين نصفي القلب ولكن يصل الدم من الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الرئتين . وهكذا فإن هؤلاء العلماء أثبتوا وقبل هارفي وجود الدورة الدموية الصغرى .

ويعود أمر اكتشاف الدوران حسب التصورات الحالية . إلى الطبيب الإنكليزي وليام هارفي ١٦٥٧ . الذي أثبت عن طريق التجربة أن الدم يجري في أوعية مغلقة وأنه لا وجود للثقوب في الحاجز البطيني الذي اعتقد جالينوس بوجودها . وأكد أن الدم يصل من القلب إلى الأنسجة عن طريق الشرايين ويعود

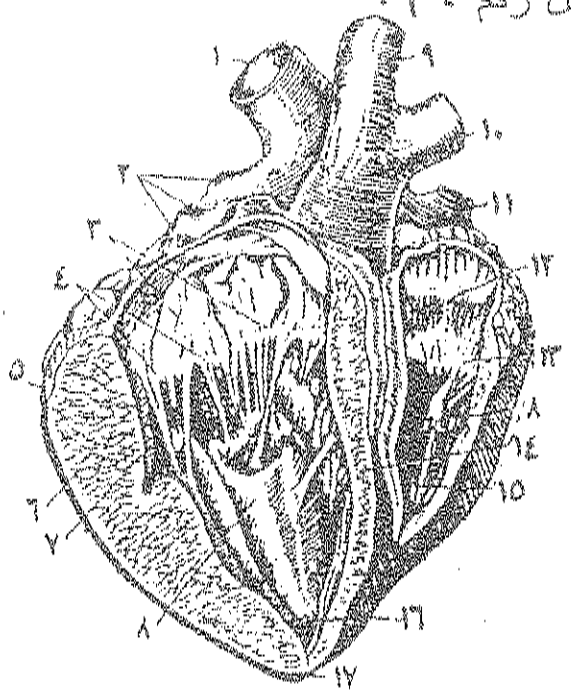
إليه عن طريق الأوردة . وقد قام بقياس حجم دم البطين الأيسر . حيث أكد أن كميته لا تزداد في أثناء عمل القلب . ولكن هذا العالم لم يشاهد الشعيرات الدموية الواصلة بين الشرايين والأوردة لعدم وجود المجاهر في ذلك الوقت . لذلك افترض وجود ثقوب في العضلات . وبقي هذا التصور إلى أن كان اكتشاف المجهر وروية مالبيكي Malpight في عام /١٦٦١/ للشعيرات الدموية .

وفيما يتعلق بدراسة تنظيم عمل القلب وتأثير الجملة العصبية في الدورة الدموية فقد تمت بعد ذلك بكثير . حيث قام بها العلماء بافلوف Pavlove وستارلنج Starling /١٨٣٣/م ومن الثابت الآن أن نشاط الدوران المستمر هو الذي يؤمن استمرارية حركة الدم في الجسم ونتيجة لذلك يحقق الدم وظائف النقل الخاص به.

الفصل الأول
فيزيولوجيا القلب

التشريح الوظيفي للقلب وبنيته :

يتوضع القلب عند الإنسان في جوف القفص الصدري خلف عظم القص وبين الرئتين وفوق الحجاب الحاجز . ويأخذ القلب شكل هرم ثلاثي مقلوب ، ويسمى جزؤه العلوي حيث يتصل بالأوعية الدموية قاعدة القلب ونهايته السفلية تشكل ذروة القلب (شكل رقم ٤) .



شكل رقم (٤) : يوضح بنية القلب .

١- الشريان الرئوي . ٢- أوردة رئوية . ٣- الدسام الإهليلي . ٤- الحبال الوترية . ٥- ظهارة القلب . ٦- العضلة الوترية . ٧- الشغاف . ٨- العضلات الحليمية . ٩- قوس الأبهر . ١٠- الجذع الشرياني . ١١- الوريد الأجوف الأعلى . ١٢- الأذينة اليمنى . ١٣- الدسام مثلث الشرف . ١٤- الحاجز البطيني ١٥- البطين الأيمن . ١٦- حواجز عضلية . ١٧- ذروة القلب . ١٨- الفتحة الأذينية - البطينية . ١٩- العضلة المستعرضة للقلب . ٢٠- الدسامات الهلالية (السينية) .

والقلب عند الإنسان عبارة عن عضو عضلي أجوف يتميز بقدرته على التقلص التلقائي أو الذاتي المنتظم . هذا التقلص الذاتي للقلب يؤمن جريان وضخ

الدم إلى شرايين الجسم ، كما يساهم بشكل أساسي بخلق ضغط دموي داخل الأوعية الدموية .

ويتألف القلب عند الإنسان من نصفين أيمن وأيسر منفصلين عن بعضهما بوساطة حاجز من نسيج عضلي . ويضم كل نصف منهما على جوفين الأول أذيني والثاني بطيني يتصلان مع بعضهما بوساطة الفوهة الأذينية البطينية وهكذا يتكون القلب من ٤ حجرات – أذينين وبطينين .

أ- الأذينات : تشكل الأذينات من الناحية الوظيفية كتلة عضلية منفصلة عن البطينين بحلقة ليفية . ويتكون نسيج الأذينات من ألياف عضلية مخططة ذات بناء خلوي متفاعر مع بعضه بشدة حيث يشكل شبكة خلوية وظيفية واحدة . وتقوم الأذينات أثناء تقلصها بدفع الدم الوريدي المتجمع بها إلى البطينين عبر الفوهة الأذينية البطينية .

ب- البطينات : يؤدي البطينان لا سيما الأيسر منهما الجزء الأهم من الوظيفة الحركية للقلب . ويتألف نسيج البطينات من ألياف عضلية مخططة تشبه تماماً الألياف الأذينية من حيث كونها ذات بناء خلوي متفاعر بشدة بحيث تشكل شبكة خلوية وظيفية واحدة . وجدار البطينان أسمك من جدار الأذينات وخصوصاً جدار البطين الأيسر فهو أسمك بـ ٣ مرات من جدار البطين الأيمن . وهذا يناسب العمل الذي يقوم به البطين الأيسر حيث يقوم هذا البطين بدفع الدم إلى شبكة وعائية واسعة في الجسم .

وكما ذكرنا سابقاً أن القلب عند الإنسان يتكون من نصفين أيمن وأيسر أن كل نصف منهما يتكون من أذينة وبطين ينفصل بينهما الفتحة الأذينية البطينية ، هذا ويوجد في كل فتحة أذينية بطينية دسام أو صمام ليفي مغطى بشغاف القلب ويلتحم بالحلقة الأذينية البطينية الليفية التي تفصل بين الأذينات والبطينات . ويتألف الدسام الأذيني البطيني من ٢ شرفة في النصف الأيمن من القلب ومن شرفتان في النصف الأيسر . وتفتح هذه الدسامات فقط باتجاه البطينات ولا تستطيع الانفتاح في اتجاه الأذينات وذلك لاتصالهما من نهاياتها

بالعضلات الحليمية البطينية بواسطة الحبال الوترية المتصلة بجدار البطينات . وتقوم الدسامات الأذينية البطينية بغلق الفتحات الأذينية البطينية أثناء انقباض البطينات وتمنع بذلك عودة الدم باتجاه الأذينات ، ويساعدها في ذلك العضلات الدائرية المحيطة بالفتحات الأذينية البطينية .

ويخرج من البطين الأيسر للقلب الشريان الأبهر الذي ينقل الدم إلى كافة شرايين الجسم ومن البطين الأيمن الشريان الرئوي الذي ينقل الدم إلى الرئتين . ويوجد عند فتحات هذه الأوعية الدموية حيث تبدأ دسامات مؤلفة من ٣ جيوب ، وهذه الجيوب تأخذ شكلاً نصف دائري لذلك سميت بالدسامات الهلالية أو السينية . وتفتح هذه الدسامات باتجاه الأبهر والشريان الرئوي أثناء انقباض البطينات مما يؤدي إلى مرور الدم إلى هذه الأوعية . بعد ذلك تغلق هذه الدسامات لتمنع عودة الدم إلى البطينات . وهذه الدسامات لا توجد عند فتحات الوريدين الأجوفين الأمامي والخلفي في الأذينة اليمنى ولا في فتحة الوريد الرئوي في الأذينة اليسرى . ولمنع ارتداد الدم من الأذينات إلى هذه الأوردة أثناء انقباض الأذينات تقوم الحلقات العضلية حول مدخل هذه الأوردة بالانقباض والتقلص لتغلقها بحركة تشبه المصرة .

ويتألف جدار القلب من الداخل إلى الخارج من :

التأمور : وهو طبقة ظهارية تفرش السطح الداخلي للأجواف القلبية بشكل منتظم يليها الطبقة العضلية للقلب . وبعدها الوريقة الحشوية للطبقة المصلية التامورية ثم الوريقة الجدارية للطبقة المصلية التامورية والتي تتصل بالطبقة الليفية الخارجية .

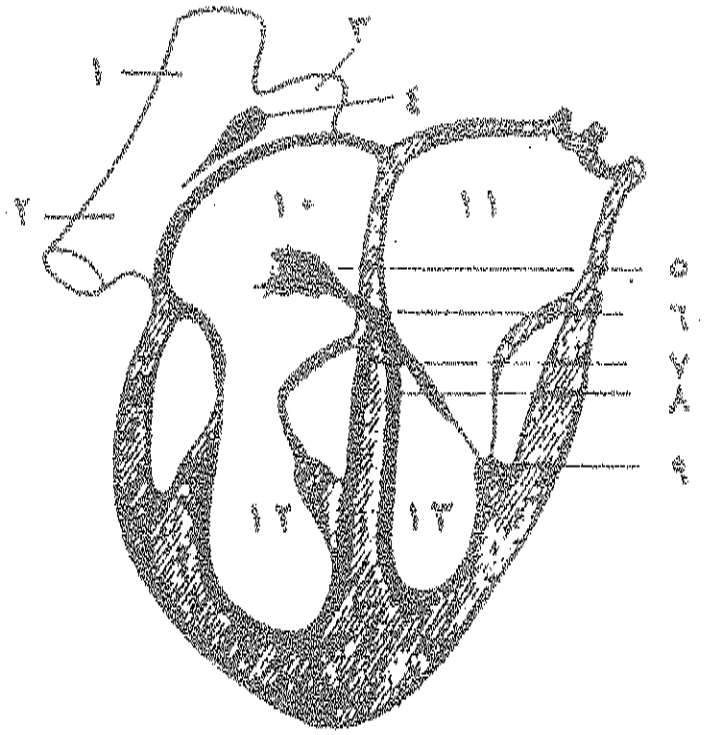
هذا ويوجد فراغ بسيط بين الوريقة الجدارية والوريقة الحشوية للتامور يسمى الجوف التامورى وهو يحتوي على طبقة سائلة بسيطة لزجة تسهل عملية انزلاق الوريقتين عن بعضهما . ومن وظائف التامور أنه يضع حداً لتوسع أجواف القلب أثناء امتلائها بالدم .

المبحث الأول

النسيج العقدي للقلب ومصدر نظم القلب :

تعد منطقة التقاء جيب الوريد الأجوف الأمامي بالأذينة اليمنى للقلب الجزء الناظم لضربات القلب الذاتية ومكان نشوء التنبيه ومصدره . حيث تتوضع هذا العقدة الجيبية الأذينة Sino-atrial-Node أو عقدة كيث وفلاك .

وتتكون هذه العقدة من خلايا عضلية متحورة ، تتميز بأنها رقيقة ومغزلية الشكل وأصغر من خلايا العضلة القلبية وتحتوي على هيولى غزيرة (شكل رقم ٥) .



شكل رقم (٥) : يبين الجملة الناقلة للتنبيه في القلب .

١ – الوريد الأجوف الأعلى . ٢ – الوريد الأجوف السفلي . ٣ – الأذينة اليمنى .

٤ – العقدة الجيبية – الأذينية . ٥ – العقدة الأذينية البطينية . ٦ – حزمة هيس . ٧ – ٨ – الأفرع الأيمن والأيسر لحزمة هيس . ٩ – العضلات الحليمية . ١٠ – ١١ – الأذينات اليمنى واليسرى . ١٢ – ١٣ – البطينات الأيمن والأيسر .

وتتناسب العقدة الجيبية الأذينية إلى الجملة الناقلة للتنبيه في القلب . وتعد الجزء الناظم لضربات القلب ومكان نشوء التنبيه الذاتي المسيطر للقلب . وقد ثبت

بعدة طرق أن هذه العقدة هي مصدر النظم الذاتي القلبي ومكان نشوئه ومن هذه الطرق نذكر :

١- الطريقة الإلكتروفيزيولوجية : وتعتمد على تسجيل فرق الكمون الكهربائي بوساطة مسار كهربائية دقيقة ومباشرة من نقاط مختلفة من القلب . وقد ثبت بهذه الطريقة أن التغيرات الكهربائية التي تعتبر الصفة الأساسية لعملية التنبيه تنشأ أولاً من العقدة الجيبية الأذينية ومن ثم تنتشر إلى الأذينتين فالبطينين .

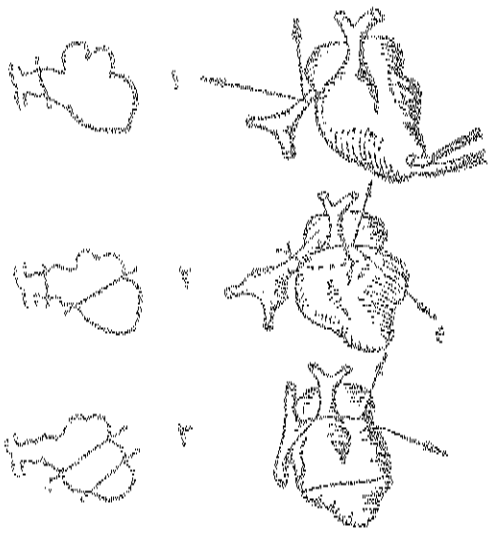
٢- تسخين أو تبريد العقدة الجيبية الأذينية : يلاحظ بأن تبريد هذه العقدة يؤدي إلى إبطاء ضربات القلب وتسخينها يؤدي إلى إسراع هذه الضربات .

٣- استئصال العقدة الجيبية الأذينية أو تسديمها ببعض المواد السامة يؤدي إلى إبطاء نظم القلب ويمكن أن يحدث توقف القلب عن العمل نهائياً .

٤- أربطة ستانيوس الأول والثاني على قلب الضفدع (شكل رقم ٦)

ويعمل رباط ستانيوس الأول على قلب الضفدع وذلك بعقد خيط حول اتصال الجيب الوريدي بالأذينة اليمنى .

ويلاحظ عند ذلك أن نظم الجيب الوريدي يستمر بالسرعة الطبيعية ، بينما تتوقف الأذينتان والبطين عن العمل فترة من الزمن يعود بعدها لهما النظم الذاتي إلا أن عدد ضربات الأذينات والبطين يكون أقل من الطبيعي . أما رباط ستانيوس الثاني فيعمل بربط الخيط (عقدة) على الحد الفاصل بين الأذينات والبطين فيلاحظ استمرار الجيب الوريدي والأذينات في نظمها الطبيعي بينما يتوقف البطين عن العمل والحركة ويبقى في حالة استرخاء لمدة من الزمن يعود بعدها للحركة ولكن بنظم بطيء مما هو عليه قبل الربط وذلك تحت تأثير العقدة الأذينية البطينية .



شكل رقم (٦) : يوضح مخطط وضع أربطة ستانيوس :

١ – رباط ستانيوس الأول . ٢ – رباط ستانيوس الثاني . ٣ – رباط ستانيوس الثالث .

هذه الحقائق السابقة الذكر مجتمعة تثبت أن العقدة الجيبية الأذينية هي المناظم الحقيقي للحركات الذاتية للقلب . وهي مصدر ومكان نشوء التنبيه الذي يؤدي إلى حركة القلب .

العقدة الأذينية البطينية (عقدة أشوف وتوارا) :

تنتمي هذه العقدة إلى الجملة الناقلة للتنبيه في القلب وهي تتوضع في الأذينة اليمنى أسفل الحاجز الأذيني البطيني من الجهة اليمنى وبجوار فتحة الجيب الإكليلي وبالقرب من الحلقة الليفية للقلب . وتعد هذه العقدة وسيلة الاتصال الوحيدة بين النسيج العضلي الأذيني والنسيج العضلي البطيني . وتبدأ من هذه العقدة حزمة هيس التي تعبر الحلقة الليفية الأذينية البطينية إلى الحاجز البطيني حيث تنقسم إلى شعبتين على جانبي الحاجز البطيني نسبة للبطين الأيمن والأخرى

للبطين الأيسر ، تنتهي تفرعات هاتين الشعيرتين فيما يسمى بألياف بركينج التي تنتهي في ذروة القلب (انظر الشكل رقم ٦) .

كيف تنتقل موجة التنبيه في العضلة القلبية :

ينتشر التنبيه الناشئ في العقدة الجيبية الأذينية بشكل شعاعي : أولاً إلى الألياف العضلية للأذينة اليمنى ومن ثم إلى الألياف العضلية للأذينة اليسرى ليصل بعدها إلى العقدة الأذينية البطينية التي توصل التنبيه إلى ألياف حزمة هيس المتفرعة عند دخولها الحاجز البطيني إلى شعيرتين تنقل إحداهما التنبيه إلى البطين الأيمن والأخرى إلى البطين الأيسر . هذا وتعد الشبكة الواسعة المنتشرة تحت الشغاف لألياف بركنج والتي تتصل مع الألياف العضلية عند ذروة البطين هي التفرعات النهائية للجملة الناقلة للقلب حيث يصل التنبيه عن طريق تفرعاتها إلى ذروة القلب .

المبحث الثاني

الخصائص الفيزيولوجية للعضلة القلبية

تتمتع العضلة القلبية ببعض الخصائص الهامة والتي تلعب الدور الهام في المحافظة على المستوى الثابت والمنتظم لعمل القلب عند الإنسان وهذه الخصائص هي :

١ – التلقائية أو الذاتية Acutomaticity :

التلقائية هي القدرة على التقلص المنتظم تحت تأثير التنبيهات الناشئة في القلب نفسه ودون أي تدخل للجملة العصبية أو المحرضات الخارجية . أو هي قدرة العضلة القلبية على خلق تنبيهات داخلية ذاتية وإظهار تقلصات عفوية ذاتية بعد عزلها عن الجسم .

وأسهل طريقة لمشاهدة التلقائية أو الذاتية تجريبياً هي ملاحظتها على القلب المنزوع من جسم الضفدع والموضوع في سائل مغذ (محلول رنجر) هذا القلب المعزول يمكن أن ينبض لساعات عديدة (١٨–٢٤ ساعة) . كما أن قلوب الحيوانات الثديية تنبض أيضاً خارج الجسم إذا ما رويت (غذية) بدم غير قابل للتخثر أو بمحلول مغذي مثل محلول (رينجر لوك) المشبع بالأوكسجين والمضاف إليه كمية كافية من الغلوكوز مع الحفاظ على درجة حرارة تقارب ٣٧° مئوية . وتعتبر العقدة الجيبية الأذينية أكثر أجزاء القلب تلقائية . وهي مركز التلقائية من الدرجة الأولى ثم العقدة الأذينية البطينية وهي مركز التلقائية من الدرجة الثانية تليها حزمة هيس وألياف بيركنج .

وإلى الآن لم توضح طبيعة التلقائية في القلب ، ويرتبط تخليق الدفعات المنظمية التلقائية بوظائف النسيج العضلي الخاص في العضلة القلبية وليس بالتشكيلات العصبية للقلب . ويعتبر منشأ التلقائية للقلب هو النسيج العضلي الخاص المتحور والمتوضع في الجهاز العقدي الناقل للقلب وذلك للأسباب التالية :

١ – ينبض قلب رشيم الدجاج بدءاً من الساعة /٣٦/ للتكوينه وذلك قبل اتصال الأعصاب به . علماً بأن العناصر العصبية تظهر في رشيم الدجاج بعد اليوم الخامس أو السادس لتكوينه .

٢ – تنبض ذروة قلب الضفدع إذا قطعت ووضعت في محلول مناسب علماً بأنها خالية من الأعصاب .

٣ – تبدأ الخلايا القلبية المضغية عند جنين الثديات بالنبضات ابتداءً من اليوم ٢١ لتكوينها . في حين أن العناصر العصبية تأخذ بالظهور بعد اليوم الثلاثين .

٤ – إن شلل (تخدير) العناصر العصبية داخل القلب بمخدر مثل الكوكائين لا يحول دون ظهور التقلصات التلقائية في هذا القلب .

٥ – إن سرعة انتشار موجة التنبيه في الألياف العضلية القلبية أبطأ مما هي عليه في الأعصاب . فمثلاً تبلغ سرعة انتشار موجة التنبيه في عضلة القلب / ٠,٧٠ م/ ثا بينما تبلغ / ٢٠م/ في الأعصاب الحركية للثدييات .

العوامل الضرورية للتلقائية أو الذاتية القلبية :

يحتاج القلب للاستمرار بالتقلص التلقائي المنتظم إلى عوامل متعددة من أهمها :

١ – الحرارة : تؤثر تغيرات درجة حرارة الجسم في النظم الذاتي للقلب تأثيراً كبيراً ، وذلك عن طريق تأثيرها على مختلف التفاعلات الأنظيمية في القلب وبالتالي على الاستقلاب الخلوي فيه فزيادة درجة حرارة الجسم تؤدي إلى تسرع نظم القلب وإلى زيادة عدد مرات التنفس ، كما أن ارتفاع درجة حرارة الجسم عند الإنسان إلى ما فوق ٤٠ مئوية أو انخفاضها إلى ما دون ٥ مئوية يسبب توقف التقلص التلقائي المنتظم للعضلة القلبية .

٢ – الأوكسجين : ضروري جداً للمحافظة على العمل التلقائي المنظم للقلب . حيث يؤدي نقصه إلى اضطراب واضح في ذاتية القلب كما أن الحرمان المطلق من الأوكسجين يؤدي إلى توقف عمل القلب .

٣- الغلوكوز : من العوامل الضرورية لعمل وتقلص القلب إذا يتوقف القلب المعزول من الشريان والمروي بسائل مغذ إذا لم يحتوي هذا السائل على كمية كافية من الغلوكوز .

٤- تفاعل الدم (PH الدم) : يؤثر تفاعل الدم في نظم القلب التلقائي إذ أن ميل PH الدم نحو الحموضة يؤدي إلى حدوث الانبساط في العضلة القلبية في حين أن ميل PH الدم نحو القلوية يؤدي إلى الانقباض ، ويتعلق هذا التأثير بفعل الأنزيمات التي لها علاقة بتقلص القلب وانبساطه والتي تتطلب تفاعلاً محدوداً في عملها .

٥- الشوارد المعدنية Ca++ : تلعب شوارد الكالسيوم دوراً هاماً في التقلص التلقائي المستقل للعضلة القلبية حيث أنها تلعب دوراً أساسياً في تقلص الألياف العضلية القلبية ، وذلك من خلال مشاركتها في نشوء كمون العمل في هذه الألياف العضلية ويمكن التأكد من ذلك تجريبياً إذ أن إضافة كمية قليلة كلوريد الكالسيوم إلى محلول رينجر لوك المغذي للقلب المعزول يؤدي إلى تحسين تقلص القلب المعزول لفترة وجيزة مما يدل على أهمية وجود عنصر الكالسيوم .

٦- الاستثارية (قابلية التنبيه) :

وهي قابلية العضلة القلبية وعقدتها على التنبه بالمنبهات المختلفة : الكهربائية ، الكيميائية ، الحرارية ، الآلية . وتعتبر أفضلها المنبهات الكهربائية (أي التيار الكهربائي البسيط المتواصل والناتج عن أجهزة خاصة) وذلك لأنها لا تسبب الأذى للنسج الحية حتى عند تكرار تطبيقها عليها ، كما أنه من السهل تنظيم شدة وتواتر ومدة تأثير المنبه الكهربائي . هذا وتبدي أصغر شدة تنبيه كهربائية قادرة على إحداث استجابة وظيفية تلامسية بعتبة التنبيه (الريوباز) . وعموماً حتى تحدث الاستثارية في العضلة القلبية ومن ثم تتقلص يجب أن تكون قيمة أو شدة المنبه الكهربائي المطبق على العضلة تساوي العتبة الدنيا أو تفوقها بقليل . فإذا كانت قوة المنبه المطبقة تحت العتبة الدنيا فإنه لا يحدث استجابة في

العضلة القلبية على الإطلاق . وفي حال التنبيه بمنبه كهربائي بقوة العتبة الدنيا أو فوقها بقليل فإننا نلاحظ حدوث انقباض للعضلة القلبية بأقصى قوة واستجابة . وعند رفع قوة المنبه المطبق بعد ذلك إلى ما فوق العتبة الدنيا أو حتى أقوى منها بكثير فإنه لا يزيد من قوة وسعة انقباضه العضلة القلبية . وهذا يعني أن العضلة القلبية إما أنها لا تستجيب إطلاقاً للتنبيه ولا تتقلص إذا كانت قوة المنبه (شدته) المطبق عليها تحت العتبة الدنيا . أو أنها تستجيب بأقصى قوة وسعة تقلص إذا كانت شدة المنبه تساوي العتبة الدنيا أو تفوقها بقليل . ومن هذا يمكن القول أن العضلة القلبية تخضع لقانون الكل أو اللاشيء .

هذا وقد سهلت إمكانية تنبيه العضلة القلبية بالمنبهات الكهربائية على الاستعمال الواسع في الطب . وتستخدم عادة كمصدر للتنبيه الكهربائي أجهزة خاصة تسمى مصرعنات كهربائية (Stimilater) .

٣ - القلوصية (قابلية الانقباض) Contractilety :

من الخصائص الأساسية للعضلة القلبية قابليتها للانقباض المنتظم . والتنبيه والانقباض هما من وظائف البنية المستقبلة للنبض العضلي القلبي . فالتنبيه هو وظيفة الغشاء الخارجي للخلية العضلية ، فأثناء التنبيه يتغير الفرق في الكمون الكهربائية الناشئة بين الجزء المستثار من الغشاء الخلوي / ذي الشحنة السالبة وغير المستثار ذي الشحنة الموجبة وهذا يؤدي إلى ظهور القوة الكهربائية المحركة للعضلة القلبية ومقدارها من /٠,٠٠ - ١٢٠/ ميلي فولت . أما الانقباض فهو من وظائف الليفات العضلية ذات البنية الميولية الخاصة .

وتتعلق قوة الانقباضية للعضلة القلبية (شدة التقلص) بالطول البدئي للألياف العضلية قبل الانقباض مباشرة . ففي حالة زيادة جريان السائل المغذي للقلب المحمول وزيادة امتلاء القلب به ونتيجة لذلك تتمدد عضلاته . نلاحظ زيادة قوة انقباضة العضلة القلبية وسرعتها . هذه الخاصية للعضلة القلبية اكتشفها العالم ستارلنج وسميت قانون القلب : وهو كلما زاد الطول البدئي لليف العضلي القلبي زادت قوة الانقباضة .

من جهة أخرى إن قوة الانقباضة في العضلات الهيكلية تابعة لقوة التنبيه. أما في عضلة القلب فهي مرتبطة بشكل أساسي مع تأثير العوامل العصبية الخلطية . فمثلاً إن تنبيه العصب الودي الذي يعصب القلب والذي يفرز من نهايته الأدرينالين يزيد من قوة وسعة الانقباض للعضلة القلبية . أما تنبيه العصب المبهم (الحائر) نظير الودي المعصب للقلب والذي يفرز من نهايته الأستيل كولين ينقص من قوة وسعة التقلص للعضلة القلبية .

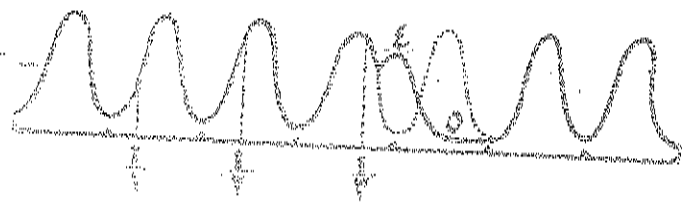
٤- طور الحران (العصيان) للعضلة القلبية :

يشكل طور الحران (العصيان) في العضلة القلبية أهم خصائصها : وهذا ما يميزها عن بقية أنواع العضلات في الجسم من حيث الاستجابة للمنبهات المتتالية .

ويعرف طور الحران بعدم مقدرة العضلة القلبية على الإجابة للتنبيه الثاني الناشئ نتيجة للتنبيه الخارجي أو الدفعة الواصلة إلى العضلة القلبية من ناظمة القلب ويقسم طور العصيان إلى :

أ- طور الحران (العصيان) المطلق :

في هذا الطور تنعدم الاستثارية (قابلية التنبيه) في العضلة القلبية انعداماً كلياً عند بدء انقباضها وطيلة دور التقلص فيها ، فلا يمكن تنبيه القلب في هذه الفترة مهما كانت قوة المنبه (شكل رقم ٧) .



شكل رقم (٧) : يبين الانقباضة الانبساطية (الخارجية) والاستراحة المعاوضة .
١-٢-٣- تمثلت أحداث التنبيه الخارجي . ٤- الانقباضة الانبساطية . ٥- الاستراحة المعاوضة .

ب- طور الحران (العصيان) التصبي :

تستعيد العضلة القلبية مع انتهاء دور العصيان المطلق قابلية التنبيه (الاستثارة) تدريجياً حتى تصل إلى المستوى الطبيعي .

وهذا الطور يوافق طور الاسترخاء للعضلة القلبية . وفي هذه الفترة تستطيع العضلة القلبية الاستجابة للتنبيهات القوية الزائدة عن الحد الأساسي للتنبيه فقط .

ج- الانقباضة الخارجية : (انظر الشكل ٧)

في حال تم تنبيه عضلة القلب في طور الحران النسبي بمنبه كهربائي شديد القوة ، نلاحظ حدوث انقباضة خاصة (خارجية) تعقبها فترة راحة طويلة تسمى الراحة المعاوضة . ويفسر طول فترة الراحة هذه بأن الانقباضة الخارجية تشبه الانقباضة السوية في خصائصها ، حيث أن لها أطوار حران مطلق ونسبي ، لذلك يكون دور الراحة المعاوضة ، مساوياً للفترة التي نقصت من الاستجابة السابقة نتيجة للانقباضة الخارجية مضافاً إليها فترة الراحة العادية للانقباضة .

مما سبق نرى أن العضلة القلبية تتمتع بصفات فيزيولوجية خاصة دون غيرها وهي :

١- طول طور الحران المطلق : وهذا ما يؤمن الراحة الطويلة للقلب مما يساعد على عمله المنتظم طيلة الحياة .

٢- عدم قدرة العضلة القلبية على الاستجابة للتنبيهات المتكررة السريعة بتقلصات مستمر (تقلص تكززي) كما يحدث عند تنبيه عضلة فخذ الضفدع بتنبيهات متتالية والذي لو حدث في القلب لتسبب في توقف الدوران والموت الأكيد .

د- خفقان أو رجفان الأذينات Atrialfibrillation :

الرجفان : هو شكل خاص لتشوش نظم ضربات القلب والمتصف بالتقلصات السريعة اللاتوافقية Asynchrony للألياف العضلية للأذينات والبطينات ، والتي تصل إلى ٤٠٠ رجفة في الدقيقة (أثناء الخفقان) وإلى ٦٠٠ أثناء الرجفان ،

ويمكن أن يؤدي رجفان البطينات Ventricular إلى موت الحيوان ، وذلك لتشوش دفع وحركة الدم في الأوعية الدموية . ويمكن إيقاف رجفان البطينات بصدمة كهربائية قوية (شديدة) والتي تسبب التنبيه والاستثارة لكل الألياف العضلية البطينات واستعادة التقلصات المتوافقة . هذا ولا يشكل رجفان الأذينات Atrial fibrelation خطراً على الحياة ولو استمر لمدة طويلة من الزمن .