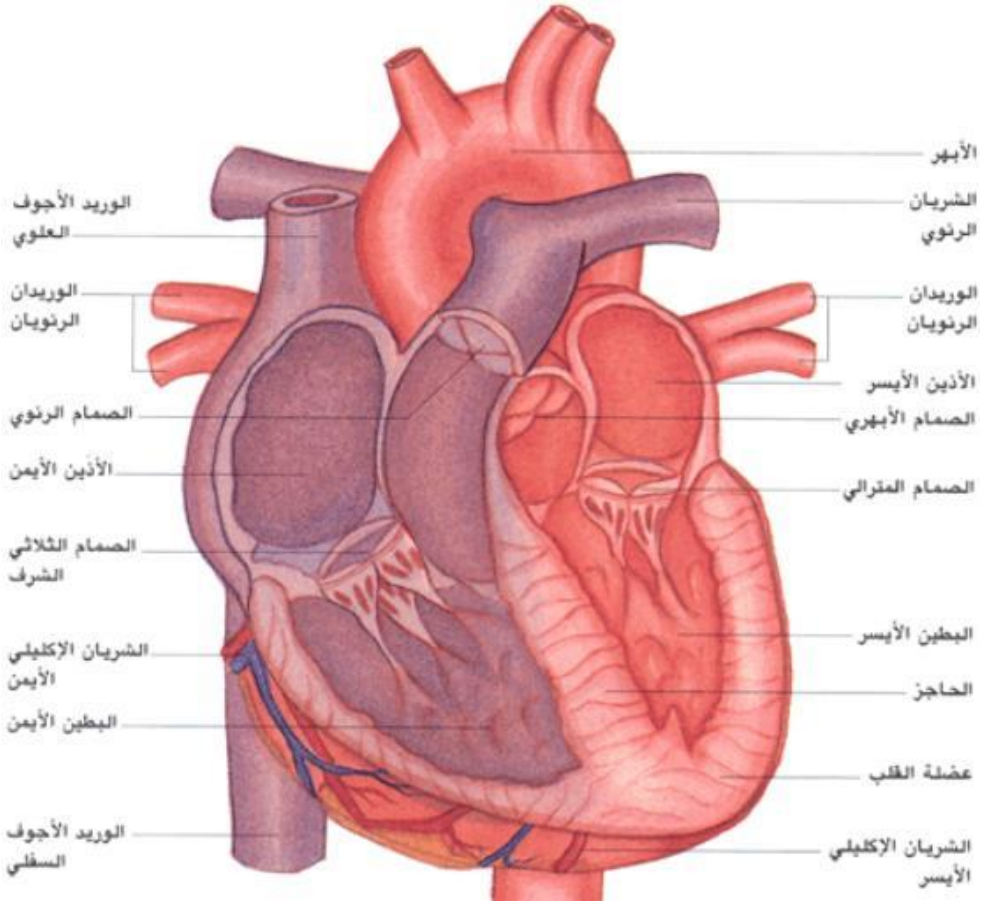
القلب

اعداد
أ.م.د شيماء محمد ابوزيد

تشريح القلب

القلب عضو عضلي ذو اربعة تجاويف موجود في جوف الصدر يحتل الناحية الوسطى الواقعة ما بين الرئتين وهو مخروطي الشكل تقع قمته في الزاوية اليسرى السفلى وتسمى بقمة القلب بينما تقع قاعدته في الزاوية اليمنى العليا . يقع القلب بشكل مائل نحو الاسفل واليسار بحيث يكون حوالي ثلثي القلب الى اليسار من الخط الناصف للجسم ، ويكون حجمه مساويا لحجم قبضة اليد اما وزنه فيتراوح ما بين (250-350) غم ، كما ينقسم طولياً بحاجز يعزل النصف الايمن عن الايسر ويتكون من الياف عضلية خاصة مخططة لا ارادية ويوجد في القلب اربعة اجواف وثلاث سطوح (وجوه) وقمة ويتالف من اربعة حجرات ويحاط بغشاء التامور.



يحتوي الجدار العضلي للقلب على ثلاث طبقات : بطانة داخلية رقيقة (الشغاف) وكتلة من العضل العامل (العضلة القلبية) ، وسطح خارجي (النخاب).

تتصف العضلة القلبية بانها الطبقة الثخينة الرئيسية لعضلة القلب وتتكون من خلايا عضلية مفردة تعمل معاً بهدف تقليص حجرات القلب (انقباضها) وإرخائها بشكل دقيق ، ويتكون القلب من اربع حجرات رئيسية (الأذينان والبطينان) .

الاذينان

هما الحجرتان الصغيرتان اللتان تتلقيان الدم العائد من الجسم (الاذين الايمن) أو من الرئتين (الاذين الايسر) ، ورغم تقلص الاذينين الا ان هذا التقلص ضعيف نسبيا ويفيد بشكل رئيسي في دفع الدم نحو البطينين ، يكون كل اذين بحجم كرة الغولف تقريبا وتقل ثخانة جدار الاذين الايمن بنحو (0.3) سم عن الاذين الايسر الذي يكون اكثر ثخانة وقوة ولكن حجمه مماثل تقريباً ، كما يستطيع القلب ضخ دم كاف الى الجسم حتى وان لم يتقلص الاذينان مطلقاً ولكن تقلصهما يسهم في الكفاءة الاجمالية للقلب ويسمح له بضخ مزيد من الدم بجهد اقل وتكون هذه الكفاءة الاضافية هامة عند تعرض البطينين للضرر المرضي بشكل خاص.

البطينان

هما الحجرتان الرئيسيتان اللتان تضخان الدم في القلب حيث يتم دفع الدم الى الرئتين والجسم ، يكون سمك جدار البطين الايمن اقل من الايسر بثلاث مرات اذ يعد البطين الايسر أقوى حجرة في القلب على الاطلاق وذلك بسبب وظيفته حيث يقوم بدفع الدم الى جميع انحاء الجسم ما عدا الرئتين.

يخفق القلب (100000) مئة الف خفقة في اليوم تقريبا وفي الحالات الطبيعية ، وله أداة ناظمة تسمى العقدة الجيبية الاذينية وتقع عند منطقة اتصال الوريد الاجوف العلوي بالاذين الايمن حيث تتولد اشارات كهربائية من هذه العقدة وتنتشر في البداية في الاذينين مسببة انقباضهما ودفع الدم الى البطينين ، وبعد فترة تاخر قصيرة تسمح بامتلاء البطينين تمر الاشارات في البطينين الذين ينقبضان ويضخان الدم الى الجسم والرئتين وقد تعاني هذه الناظمة (pacemaker) احيانا من خلل وظيفي يجعل القلب يخفق بشكل ابطئ أو اسرع مما ينبغي له وفي مثل هذه الحالات يمكن تركيب ناظمة اصطناعية من اجل تنظيم سرعة القلب ونظمه.

يعمل القلب بتوقيت وانسجام تامين وذلك لان:

1. العضلات القلبية تتالف من الياف مرتبطة ببعضها وبذلك تؤلف مندمج وظيفي فاذا تحفز ليف عضلي قلبي معين فان اثر التحفيز ينتقل بسرعة الى الالياف العضلية المجاورة بعكس الالياف العضلية الهيكلية والتي هي منفصلة عن بعضها وظيفياً .
2. وجود منظم خطي وجهاز ينقل موجة التهيج للنبض القلبي بسرعة وتوقيت دقيق الى عضلات القلب المختلفة.
3. وجود صمامات قلبية بين الاذينين والبطينين وفي بداية الابهر والشريان الرئوي تنظم عملية امتلاء وتفريغ الاذينين والبطينين .

يصل حجم القلب بالنسبة للرجال في المتوسط (700–800) سم^3 والسيدات (500–600) سم^3 ويزيد عادة بالنسبة للرياضيين (100–300) سم^3 بحيث يمكن ان يصل في بعض الاحيان الى (1000–1200) سم^3 ، اما طوله فيبلغ في المتوسط 14سم والعرض 12سم ويبلغ حجم تجاويف البطينين

حوالي 250–3000 ملم ويقل بعض الشيء بالنسبة للسيدات ، ونظراً لارتباط حجم القلب بطول ووزن الجسم يفضل مراعاة ذلك عند حساب حجم القلب نسبة الى تلك القياسات ، وقد اتضح ان لكل كيلو غرام من وزن الجسم يبلغ حجم القلب 11 سم^3 لغير الرياضيين ، بينما يبلغ 13–14 سم^3 للرياضيين .

تتضمن الدورة القلبية كل الوظائف التي تحدث بين ضربتين متتابعتين للقلب في حالتي الانقباض والاسترخاء ، وتقيس الدورة القلبية الواحدة الوقت بين الانقباض الواحد والذي يليه ومع انه من المعروف ان القلب يعمل بشكل مستمر الا انه يقضي بخفة شديدة فترة راحة بين كل دورة والتي تليها ويظهر ذلك واضحا لدى الرياضيين المدربين الذين يتمتعون بمعدل قلب بطيء اثناء الراحة اذ تزداد لديهم فترة راحة او استشفاء معدل القلب مقارنة بالأفراد العاديين .

نظام التوصيل الكهربائي في القلب

يتالف جهاز التوصيل في قلب الانسان من الاجزاء التالية :

1. العقدة الجيبية الاذينية (SA node) :

وهي كتلة صغيرة من النسيج العضلي توجد في جدار الاذين الايمن بالقرب من النقطة التي يصب عندها الوريد الاجوف العلوي في الاذين الايمن ، وتتكون هذه العقدة من الياف عضلية متحررة والياف عصبية عصبية وبعض الخلايا العصبية ، ويعتقد انها تنشأ من جدار الجيب الوريدي للقلب .

2. العقدة الاذينية البطينية (AV node):

وتوجد ايضا في جدار الاذين الايمن ولكن من اسفل الحاجز الذي يفصل بين الاذينين وتتكون هذه العقدة من نسيج مشابه لنسيج العقدة الاولى .

3. الحزمة الاذينية البطينية (AV bundle):

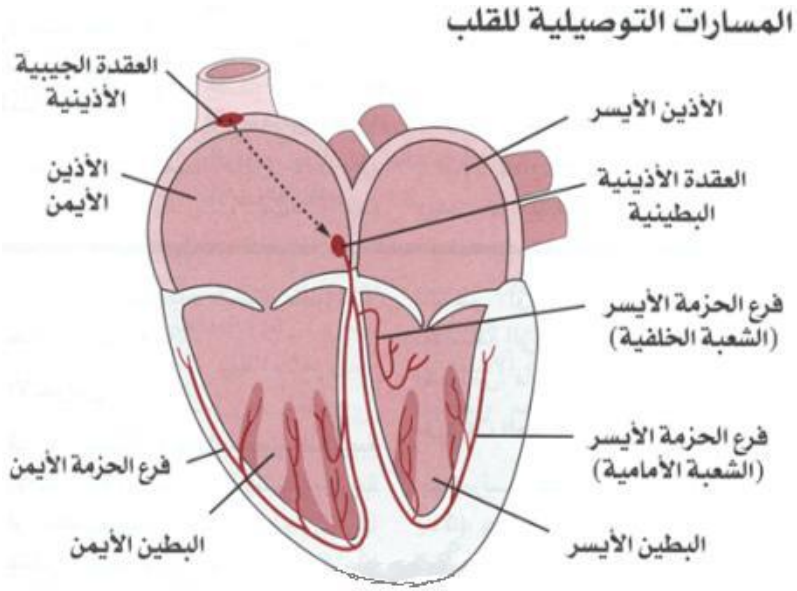
وتسمى ايضا حزمة هيس ، وتنشا من العقدة (AV) ثم تمتد الى اسفل لمسافة قصيرة تتفرع بعدها الى فرعين (ايمن وايسر) ، فرع لكل بطين ثم يمتد الفرعان بعد ذلك الى اسفل على جانبي الحاجز الذي يفصل بين البطينين حتى يصلا الى قمة القلب المستديرة ، ثم يصعد الفرعان بعد ذلك الى اعلى في اتجاه قاعدة القلب ويمتد كل فرع موازيا الجدار الجانبي للبطين .

4. شبكة بركنجي :

يتفرع كل فرع في النهاية الى فروع كثيرة صغيرة تصغر تدريجيا وتكون شبكة دقيقة من الخيوط والالياف تدعى (شبكة بركنجي) وتوجد هذه الشبكة بصورة رئيسية اسفل البطانة الداخلية لكل بطين ، كما تصل الياف الشبكة ايضا الى الجزء الرئيسي من عضلة القلب والذي يكون سمك الجدار ، ويعتقد بان كل ليفة عضلية في البطين تتصل باحدى الياف شبكة بركنجي .

يتلقى القلب الايعازات من الاعصاب السمبثاوية والباراسمبثاوية وتطلق الاعصاب السمبثاوية النورابنفرين بصورة رئيسة بينما تطلق الباراسمبثاوية الاستيل كولين ، ومن خلال التنبيه بالعصب السمبثاوي تزداد ضربات القلب وبالتالي تزيد من كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة لاكثر من 100% ، كما يزيد من

تقلص القلب أي من صغر قطر البطين الايسر في الانقباض ، أما العصب الباراسمبثاوي فهو متصل بالعصب التائه (الحائر) وهو العصب الدماغي العاشر بينما تخرج الالياف العصبية السمبثاوية من العقد العصبية السمبثاوية العنقية والصدرية ، يعمل العصب الباراسمبثاوي على تثبيط عمل العصب السمبثاوي بمعنى تقليل نبضات القلب واحيانا ربما يوقف النبضات لبضع ثواني .



تعد العقدة الجيبية المنشأ السوي للدفعة الكهربائية ، اذ تمثل الناظمة الطبيعية للقلب وتسير الدفعة الكهربائية ضمن الخلايا المجاورة لجهاز التوصيل ، ويؤدي جريان الدفعة هذا بدوره الى ظهور تيار كهربائي يمر بعد ذلك من خلية الى اخرى ، اما الجزء الثاني من نظام التوصيل فهو المسالك الكهربائية في الاذين والتي يسير عبرها التيار الكهربائي في رحلته نحو البطينين ، اما الجزء الثالث لنظام التوصيل فهو العقدة الاذينية البطينية (AV node) وتشبه هذه العقدة بوابة تبطيء التيار الكهربائي قبل ان تسمح له بالعبور للبطينين ، ويضمن تاخر التوصيل هذا عند العقدة الاذينية البطينية تقلص الاذينين لفترة قصيرة قبل تقلص البطينين مما يسمح بمزيد من الوقت لامتلاء البطينين ، بعد مغادرة التيار للعقدة الاذينية البطينية يتجه نحو نسيج توصيل متخصص يدعى جهاز هيس–بركنجي ، وينشر جهاز المسالك المتفرعة هذا الموجود في نسيج التوصيل الكهربائي المخصص التيار بسرعة عبر الخلايا العضلية للبطينين الايسر والايمن .

تكون الفترة الفاصلة بين بدء الدفعة الكهربائية في العقدة الجيبية واكتمال وصولها عبر نظام التوصيل الى خلايا العضلة القلبية قصيرة اذ تبلغ نحو ثانية وسطيا عندما ينقبض القلب بمعدل 72 ن/د وينجم نحو نصف هذه الفترة عن التاخير المبيت عند العقدة الأذينية البطينية .

في نظام التوصيل يمر التيار الى الخلايا المجاورة ويحدث الشيء نفسه في خلايا العضلة القلبية ، لكن فضلا عن ذلك يفعّل التيار الكهربائي الجهاز التقلصي (التقلص) للخلية العضلية فعندما يتفعل نظام

التقلص هذا يبدأ فعل الضخ في العضل القلبي وهكذا يكون نظام التوصيل في العقدة الجيبية وما بعدها نزولاً مسؤولاً عن التحكم بسرعة تقلص نظم القلب .

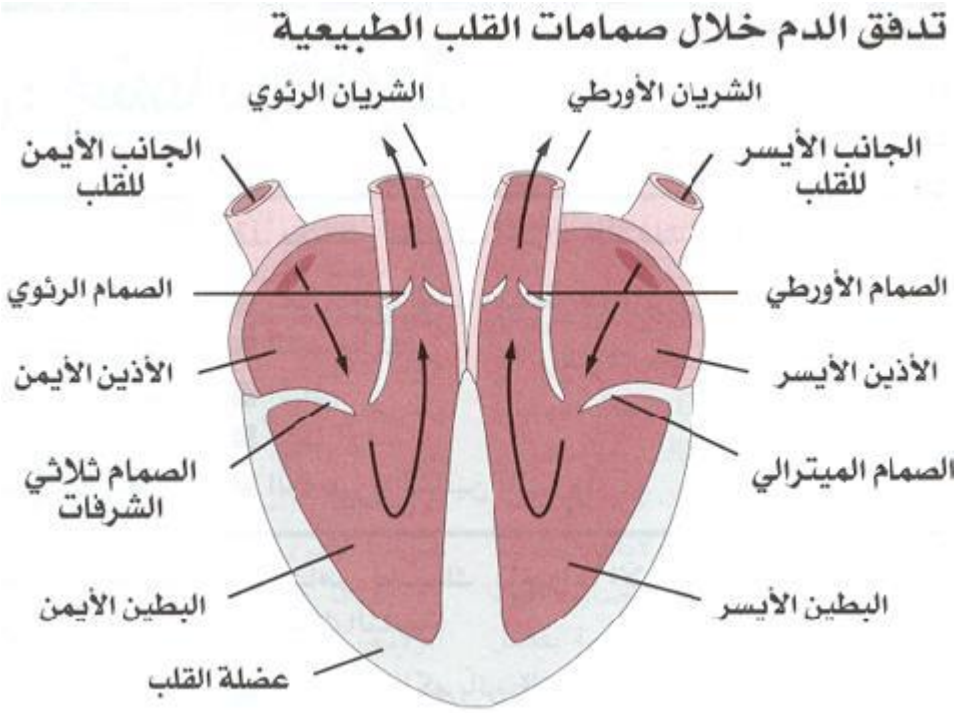
يمكن للخلايا القلبية ان تبدأ دفعاتها الكهربائية الذاتية وتقلصاتها بنفسها ، ومع ان جهازك العصبي يمكنه تعديل سرعة ضربات قلبك غير انه لا يمثل القوة المسئولة عن ضرباته فحتى لو استؤصل القلب من الجسم فانه يمكنه ان يستمر بالتقلص لفترة من الزمن وفي الواقع حتى اذا اخفقت العقدة الجيبية في العمل يمكن ان تاخذ مواضع اخرى مكانها كناظمة وظيفية .

أصوات القلب

ان الشخص الذي يستمع الى اصوات القلب بواسطة سماعة فانه لا يسمع اصوات انفتاح الصمامات لانها عملية بطيئة نسبيا ولا تولد أي صوت أو ضجيج ولكن عندما تنغلق الصمامات تهتز وريقاتها والسوائل المحيطة بها تحت تاثير التباين الضغطي المتولد فانه يعطي صوتاً ينتشر في كل الاتجاهات خلال الصدر .

يتقلص البطينان اولاً فينفتح الصمامان التاجي والرئوي وينغلق الصمامان بين الاذينين والبطينين ولكن هذا الصوت يكون واطئا ويكون طويلا نسبياً وهو الصوت الأول للقلب ، ويعود سبب انغلاقهما الى فرق الضغط اذ يكون الضغط داخل البطينين أكبر من منه داخل الاذينين ، وبعد خروج الدم من البطينين عبر الصمامين التاجي

والرئوي يسمع صوت انغلاق مفاجيء وسريع لأن هذين الصمامين ينغلقان بسرعة كبيرة ويهتز ما يحيطهما لفترة قصيرة جداً وهو الصوت الثاني للقلب .



وظيفة الصمامات:

الصمامات الأذينية البطينية : يمنع الصمامان ثلاثي الشرف والثنائي الشرف الجريان الشروعي للدم من البطينين الى الاذينين أثناء الانقباض كما يمنع الصمامان الهلاليان (الابهري والرئوي) الجريان الرجوعي من الشريانين الرئوي والابهري الى البطينين أثناء الانبساط وتفتح وتغلق هذه الصمامات بطريقة منفعلة ، أي أنها تغلق عندما يدفع مدروج الضغط الرجوعي الدم الى الوراء وتفتح عندما يدفع مدروج الضغط التقدمي باتجاه أمامي، ولأسباب تشريحية واضحة لا تحتاج الصمامات الغشائية الرقيقة الى أي جريان رجوعي تقريبا لتقلصها بينما تحتاج الصمامات الهلالية الاسمك منها الى جريان رجوعي اشد نسبيا ولبعض مليثواني لتقلصها .

أما عن وظيفة **العضلات الحليمية** فانها تتصل بوريقات الصمامين (الثنائي والثلاثي الشرف) بواسطة الحبال الوترية وتتقلص هذه العضلات عند تقلص جدار البطين ولكن بعكس المتوقع فهي لا تساعد الصمامين على الانغلاق وبدلا من ذلك فانها تسحب وريقات الصمامين الى الداخل نحو البطينين لتمنع بروزها الى مسافة كبيرة رجوعيا نحو الاذينين اثناء التقلص البطيني ، واذا ما انقطع حبل احد الاوتار اصيبت احد العضلات الحليمية بالشلل ، يبرز الصمام رجوعيا الى الاذين واحيانا لحد يجعله كثير التسرب ويسبب عجز القلب الشديد الذي قد يؤدي الى الموت .

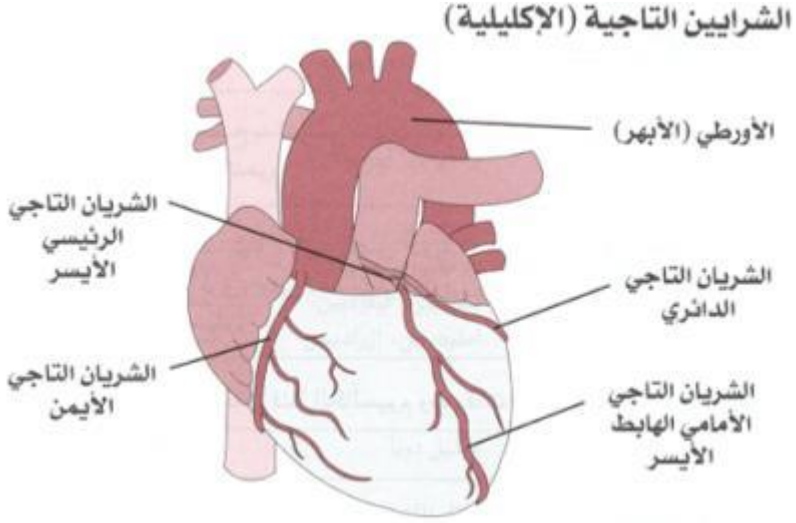
تغذية القلب

ان عضلة القلب مثل أي نسيج اخر تحتاج الى امداد مستمر بالدم لكي تبقى وتعيش ويجدر بالذكر ان نظام تغذية القلب هوائي فقط حيث لا يتغذى الا بوجود الدم المحمل بالاوكسجين ، تقوم الشرايين التاجية بتوفير الدم لعضلة القلب حيث يحدث مرض الشريان التاجي عندما تتلف تلك الشرايين بسبب ما يترسب فيها من دهون كما يحدث في حالة التصلب العصيدي للشرايين ، وتلك الدهون تعوق سريان الدم الى عضلة القلب ، وسميت هذه الشرايين بالتاجية لانها تلتف حول القلب مثل التاج أو الاكليل (الاكليلية) حول الراس ويتفرع الشريانان التاجيان (الايمن والايسر) من الشريان الابهر (الوتين،الاورطي) في جزءه الأول المسمى بالشريان الصاعد .

يرسل الابهر (وهو اكبر شرايين الجسم) الدم الى الشريان التاجي الرئيسي الايسر ويتفرع هذا الاخير بدوره الى فرعين هما الشريان الامامي الهابط والشريان الدائري وهذا الفرعان يحملان الدم الى الاجزاء الامامية والجانبية والخلفية من القلب ، اما الشريان التاجي الايمن فيتفرع من الشريان الابهر ويغذي الجانب الايمن والجزء السفلي من القلب .

تتغذى عضلة القلب من خلال الشرايين التاجية (الاكليلية) تملأ هذه الاوعية في مرحلة انقباض البطينين ، ويتم نقل المغذيات لعضلة القلب في مرحلة الانبساط ، ينتهي الدم بعد ان ينتقل من الشرايين التاجية الى الاوردة التاجية ومنها ليصب في الاذين الايمن .

تستعمل العضلة القلبية الطاقة الكيميائية لانجاز عملية التقلص وهي تستمد هذه الطاقة من العمليات الايضية الهوائية لاكسدة الاحماض الدهنية وبدرجة اقل من المواد المغذية الاخرى وخاصة الاحماض الامينية والكلوكوز ، وواحدة من عمليات تغذية القلب هي تحويل حامض اللاكتيك بوجود الاوكسجين الى حامض البيروفيك مع ايون الهيدروجين ويؤكسد جزء كبير لتكوين كميات كبيرة من (ATP) وهذه تستخدم في التمارين الشاقة الطويلة كطاقة اضافية للقلب غير ان عملية التمثيل الغذائي الهوائي يتم داخل جسيمات المايتوكوندريا بالالياف العضلية وتمتاز عضلة القب بكثرة بيوت الطاقة والتي تصل الى (40%) من الحجم الكلي لليفة .



التامور :

وهو كيس يحيط بالقلب وللكيس التاموري غشاءان يشكلان طبقتين داخلية وخارجية ، ويوجد سائل منزلق بينهما وهذا ما يمكن القلب من النبضان باقل احتكاك ممكن مع البنى المجاورة مثل الرئتين , تكون البطانة الداخلية للتامور بشكل غشاء رقيق ورطب ، اما الطبقة الخارجية المتينة فتلتصق بعدد من المناطق في جوف الصدر لتثبيت القلب في مكانه ، ورغم ان التامور يؤمن بعض الدعم والتزليق للقلب فانه يكون قابلا للتمدد نوعا ما كما يمكن العيش بدون التامور ويمكن استئصاله جراحيا وخصوصا في حالات التهابه ، وقد تؤدي بعض الامراض الى زيادة السائل في الكيس التاموري ، فاذا تراكم مقدار كبير من السائل يمكن ان يضغط على جدار القلب مما ينقص قدرته على التمدد وتلقي الدم خلال الانبساط ، وقد تؤدي هذه الحالة التي تدعى الاندحاس القلبي (Cardiac Tamponade) الى الحد من وظيفة الضخ الفعال للقلب مما قد يستدعي سحب السائل بابرة تدخل برفق عبر جدار الصدر ، اما التهاب التامور فهي حالة يمكن ان تؤدي الى الم الصدر وقد يؤدي بعض انماط التهاب التامور الى تثخن التامور وتيبسه مع الوقت مما يطوق القلب ضمن حاوية قاسية ويدعى ذلك التهاب التامور المضيق الذي قد يقود ايضا الى نقص الوظيفة القلبية مما يمكن ان يستدعي الاستئصال الجراحي للتامور .

حجم الضربة :

ويرمز له بالرمز (SV) ، تسمى كمية الدم التي يتم اندفاعها من البطين الايسر اثناء انقباضه بحجم الدم الديستولي (EDV) بينما كمية الدم المتبقية في البطين بعد خروج الدم الى الابهر تسمى الحجم السيستولي (ESV) والفرق بينهما يمثل حجم الضربة الحقيقية . **(SV= EDV – ESV)**

الجزء المقذوف :

ويرمز له بالرمز (EF) ، يعرف الجزء المتبقي من الدم بين كل انقباض وارتخاء لعضلة القلب بفرق القيمة أو بفرق الجزء المندفع من البطين ، وهي توضح كمية الدم الداخل الى البطين والذي تم ضخه فعلاً أثناء عملية الانقباض ويعبر عنه بنسبة مئوية تتراوح من 60–70% وقت الراحة ويزداد عندما ينقبض البطينان في حالة بذل الجهد البدني وكلما زادت نسبة الدم الخارجة دل ذلك على قوة انقباض القلب. (EF=SV / EDV)

الدفع القلبي (الناتج القلبي) :

ويرمز له بالرمز (C.Q) ، وهو الحجم الكلي للدم الذي تم ضخه بواسطة البطين الايسر في الدقيقة وهو حاصل ضرب معدل ضربات القلب (HR) في حجم الضربة (SV) أثناء الراحة وتختلف باختلاف وضع الجسم والجهد الذي يؤديه . **(C.Q = SV . HR)**

خصائص العضلة القلبية

1. **التوصيل** : تجمع العضلة القلبية خصائص كل من العضلات الملساء والعضلات الهيكلية اذ انها مخططة نتيجة لترتيب الخيوط البروتينية السميكة (المايوسين) والخيوط الرقيقة (الاكتين) ولكنها اقصر واكثر تفرعا من الخلايا العضلية الهيكلية ، وترتبط نهايات الخلايا ببعضها بتراكيب تسمى الاقراص البينية **(الاقراص المقحمة)** والتي تسمح بانتشار حر للايونات بحيث تنتقل جهود الفعل من خلية الى اخرى الامر الذي يجعل قابلية التوصيل بين الخلايا القلبية عالية جدا.

2. **الاستثارية** : تبدو هذه الخاصية عندما تظهر الاستثارة تحت تاثير مختلف المثيرات ، ويجب ان لا تقل مدة الاستثارة عن العتبة الفارقة ((**الحد الادنى الذي يمكن ان تستجيب له عضلة القلب**)) وتخضع عضلة القلب الى قانون الكل او اللاشيء **(ALL OR NONE LAW)** .

لا ترتبط درجة انقباض عضلة القلب بقوة المثير فقط ولكن ايضا بدرجة امتطاطها قبل الانقباض وكذلك درجة حرارة ومكونات الدم المغذي لها . وتعتبر ظاهرة ايقاع القلب من الظواهر المعروفة والمستمرة طول استمرار الحياة ويرجع السبب في ذلك الى حقيقة ان عضلة القلب لا يمكن ان تتقلص (انقباض مستمر) مثل العضلة الهيكلية ويرجع السبب في ذلك الى طول الفترة التي تبقى فيه عضلة القلب غير قابلة للاستثارة ، حيث ينقسم الى فترة الانقباض ومن ثم فترة الكمون وفترة الارتخاء.

3. **فترة العصيان** : أي عدم الاستجابة للحوافز على الرغم من قوة الحافز اذا كانت العضلة في مرحلة التقلص غير انها تستجيب في مرحلة الانبساط ولكن يعقبها مرحلة انبساط طويلة أي عدم الاستجابة الى حافز اخر حتى ولو تعرضت لذلك ، وهي من الخصائص المهمة لعضلة القلب لانها تحافظ على وظيفة القلب كمضخة لدفع الدم من خلال الامتلاء في مرحلة الانبساط والانقباض لقذف الدم .

4. تمتاز عضلة القلب بانها **ذاتية الانقباض** أي عضلية الانقباض ، اذ تحتوي على خلايا متخصصة ذات قابلية على ازالة واعادة الاستقطاب وبالتالي تحفيز الألياف العضلية لعضلة القلب ، وتدعى تلك الخلايا المتخصصة بالعقدة الجيبية.

5. **تتأثر عضلة القلب بالأملاح المعدنية** من خلال ازالة واعادة الاستقطاب فيها والذي يحدد تلك الحركة عبر غشاء الخلية هو الفرق بالتركيز على جانبي الغشاء ، اذ ان الكالسيوم والصوديوم يؤثران في عملية زوال الاستقطاب وتقلص العضلة، اما البوتاسيوم فهو مؤثر في عملية الانبساط وإطالة طوره.

6. لا تتم **تغذية القلب** من خلال جريان الدم داخل حجرات القلب بل تستلم امداداتها من الشرايين التاجية.

7. ان عضلة القلب تسد حاجتها من الطاقة من خلال العمليات الايضية **الهوائية فقط** .

التنظيم الداخلي لضخ القلب (آلية فرانك–ستارلنك)

ان كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة الواحدة تتعين بسرعة جريان الدم من الأوردة اليه ويسمى ذلك بالمرتجع الوريدي **(Veinous Return)** أي ان كل نسيج محيطي في الجسم يتحكم بجريان الدم فيه ويعود المجموع الكلي للدم من المجاري الموضعية خلال الانسجة المحيطية الى الأذين الأيمن عن طريق الاوردة ، ويضخ القلب هذا الدم الوارد اوتوماتيكيا الى الشرايين الجهازية لكي يتمكن من الدوران مرة اخرى ، وتسمى هذه المقدرة للقلب الداخلية على التكيف عن تغير حجم الدم الوارد اليه بآلية فرانك – ستارلنك للقلب تقديرا لعالمي الفيزيولوجيا فرانك وستارلنك منذ قرابة قرن مضى ، وتعني آلية فرانك – ستارلنك أساسا : انه كلما كان امتلاء القلب بالدم اكبر اثناء الانبساط كبرت كمية الدم التي يضخها الى الابهر وبمعنى اخر يضخ القلب ضمن حدود فيزيولوجية كل الدم الذي يصله دون ان يسمح بتراكم كميات كبيرة منه في الاوردة .

ان تعليل فرانك – ستارلنك لآليتهم هي انه يتمدد القلب الى درجة اكبر عندما تجري اليه كمية اضافية من الدم ويسبب ذلك بدوره تقلص عضلاته بشدة اكبر لان خيوط الاكتين والمايوسين تقرب الان الى الدرجة الأمثل للتعشيق ولتوليد تقلص اشد . ويضخ القلب بسبب زيادة قدرته على الضخ اوتوماتيكيا كمية الدم الإضافية الى الشرايين ، اذ ان قدرة العضلة الممددة لمقدار مناسب على التقلص بشدة اكبر هي من خواص كل العضلات المخططة. بالإضافة للتأثير المهم لتمديد العضلة القلبية هنالك عامل اخر يزيد من ضخ القلب عندما يزداد حجمه ، اذ ان تمديد جدار الأذين الأيمن يزيد بشكل طردي سرعة القلب بمقدار (10–20)% ، ويساعد هذا ايضا في زيادة كمية الدم التي تضخ في الدقيقة الواحدة بالرغم من ان هذه المساهمة هي اقل كثيرا من مساهمة آلية فرانك – ستارلنك .

تاثير الايونات على التقلص والانبساط :

تسبب زيادة البوتاسيوم في السوائل خارج خلايا عضلة القلب الى تمدد شديد في عضلة القلب وتبطئ سرعته واذا كانت نسبة الزيادة كبيرة فانه من الممكن ان تحصر توصيل الدفعات القلبية من الأذينين الى البطينين عبر حزمة **(AV)** كما ان تضاعف تركيز البوتاسيوم يولد قلبا ضعيفا جدا ونظمية شاذة بحيث يؤديان الى الموت وهذا سببه ان التركيز العالي للبوتاسيوم في السوائل خارج الخلايا يولد نقصا في جهد الراحة لاغشية الياف العضلة القلبية وعندما يهبط جهد الغشاء تهبط ايضا شدة جهد الفعل مما يضعف تقلص القلب باستمرار .

اما الكالسيوم فان لزيادة ايوناته تاثيرا معاكسا تماما لما تولده ايونات البوتاسيوم وتؤدي الى تقلص القلب تشنجيا وهذا سببه التاثير المباشر لايونات الكالسيوم في استثارة عملية تقلص القلب وعلى العكس فان نقص ايونات الكالسيوم يؤدي الى ارتخاء العضلة القلبية شبيه بتاثير البوتاسيوم ولكنه بسبب ان مستوى ايونات الكالسيوم في الدم ينظم عادة ضمن حدود ضيقة فمن النادر ان تكون هذه التاثيرات التي تتولد عن شذوذ تركيزه امرا مقلقاً.

أما الصوديوم فان إحداث فرق جهد الفعل **(زوال الاستقطاب في العضلة)** يكون الصوديوم هو العامل المؤثر فيه، عند بروز جهد فعل الى غشاء العضلة القلبية فانه ينتشر داخل الليف العضلي القلبي خلال النبيبات المستعرضة وتعمل جهود فعل هذه النبيبات بدورها على اغشية النبيبات الطولانية للهيولي العضلية فتؤدي الى التحرير الفوري لكميات كبيرة من ايونات الكالسيوم الى الهيولي العضلي للعضلة من شبكتها ، وفي خلال اجزاء من الثانية تنتشر ايونات الكالسيوم الى الليفات العضلية وتحفز التفاعلات الكيميائية التي تستحدث انزلاق خيوط الاكتين والمايوسين على بعضها البعض فيولد ذلك بدوره تقلص العضلة.

تعتمد شدة تقلص العضلة القلبية بدرجة كبيرة جدا على تركيز ايونات الكالسيوم في السائل خارج الخلايا ، ثم ينقطع فجاة تسرب ايونات الكالسيوم الى داخل الليف العضلي بعد نهاية هضبة جهد الفعل وكنتيجة لذلك يتوقف التقلص الى ان يتولد جهد فعل جديد .

جهد فعل العضلة القلبية:

يبلغ جهد فعل الراحة في العضلة القلبية السوية –85 الى –95 مليفولط تقريبا وهو يبلغ حوالي –90 الى –100 مليفولط في الالياف الموصلة المتخصصة (الياف بركنجي) ويبلغ جهد الفعل المسجل من العضلة البطينية حوالي 105 مليفولط وهذا يعني ان جهد الغشاء يرتفع من حده السوي السلبي الى مستوى موجب بحوالي 20 مليفولط ويسمى الجهد الموجب جهد التجاوز ويبقى الغشاء بعد ذلك مزال الاستقطاب لمدة 0.2 من الثانية في العضلة الاذينية ولمدة 0.3 من الثانية في العضلة البطينية ومشكلا هضبة ، ثم يتلو ذلك عند نهاية الهضبة زوال الاستقطاب المفاجئ . ويسبب وجود هذه الهضبة في جهد الفعل دوام التقلص لمدة 3 الى 15 مرة اطول في العضلة القلبية مما هو في العضلة الهيكلية .

العوامل المؤثرة على ضربات القلب

ان المعدل الطبيعي لضربات القلب للانسان تكون بحدود (70–80) ض/د ولكن لا يمكن التحدث عن نبض واحد للافراد وهذا يعتمد على :

1. **العمر** : يكون بحدود (130–150) ض/د عند الولادة ، وينخفض الى 120 ض/د في السنة الاولى و 90 ض/د عند عمر الـ 10 سنوات ويستمر بالانخفاض الى ان تحصل زيادة بسيطة في فترة المراهقة نتيجة للافرازات الهرمونية والانفعالات الا انه يعود للانخفاض في سن (17–18) ليصل الى (72–75) ض/د ثم بزيادة العمر لمرحلة الرجولة المتاخرة يرتفع النبض لمعدل (80–90) ض/د .

2. **أوقات اليوم الواحد** : تنخفض في ساعات النوم الى (10–30)%ض/د عن معدله في اليقظة ، اما عند الاستيقاظ فاقلها عند ساعات الصباح الباكر ثم ترتفع وقت (12–2) بعد الظهر ثم تنخفض في المساء (4–7) مساءا وهذا مهم جدا في تحديد وقت الوحدة التدريبية بشكل ينسجم مع الكفاءة البيولوجية .

3. **الجنس** : بسبب كفاءة الاجهزة الحيوية الجسمية وحجمها وكتلتها وقياساتها الاخرى يحصل ارتفاع في ضربات القلب لدى النساء عن الرجال ، اذ ان صغر حجم عضلة القلب لدى الاناث وصغر تجاويف حجرها فضلا عن كبر حجم الدم لدى الرجال الامر الذي يؤدي الى سد حاجة الجسم من النقص في الدم المؤكسج من خلال زيادة عدد الضربات .

4. **وضع الجسم** : عند الاستلقاء ينخفض عما هو عليه في الجلوس والاخير اقل من حالة الوقوف والاختلاف يكون بين (1–5) ض/د والاهمية تكمن في الاهتمام بالانسجام في الشدة والحجم اثناء التمرين البدني والمهاري لما له من تاثير يرفع معدل ضربات القلب ويتضح ذلك في تمارين رفع الاثقال وبناء الاجسام التي تؤدى باوضاع مختلفة .

5. **الحرارة** : ان ارتفاع درجة حرارة الجسم والمحيط تزيد من ارتفاع ضربات القلب والعكس بالعكس وتبرز الاهمية في اعداد المناهج التدريبية في الصيف عنها في الشتاء لان له التاثير على الكفاءة الوظيفية .

6. **المرتفعات** : في المرتفعات ينخفض الضغط الجزيئي للاوكسجين مما يقلل من تشبع الهيموغلوبين بالاوكسجين الامر الذي يؤدي الى زيادة ضربات القلب لتعويض الجسم من النقص الحاصل لذا يجب التدرج في الصعود للمرتفعات لاحداث التكيف وعدم اضافة اعباء على القلب بصورة مباشرة .

7. **الضغط الاذيني** : ويسبب زيادة في سرعة ضربات القلب وينتج جزء من هذه الزيادة عن التاثير المباشر لزيادة حجم الاذين الذي يمدد العقدة الجيبية وهو يؤثر على زيادة سرعة القلب (15%) كما تنتج الزيادة الاضافية في السرعة عن منعكس (بينبريدج) اذ تنقل الاشارات الواردة من مستقبلات التمدد في الاذين التي يولدها منعكس بينبريدج خلال النخاع المستطيل الذي يزيد سرعة القلب من خلال الاعصاب السمبثاوية .

8. **الحوافز العصبية** : حيث تاتي من الاعصاب السمبثاوية والباراسمبثاوية لتتحكم بمعدل ضربات القلب حيث الاول يزيد منها والاخر يثبطها وكلاهما يكون متوازنا تبعا لحاجة الجسم من الدم ، ففي الاحمال الكبيرة تزيد الاعصاب السمبثاوية من تنبيهاتها الى حد معين يقوم الباراسمبثاوي بتثبيطها .

9. **التمرين البدني** : حيث ان التدريب المنظم لـ 3 سنوات يخفض معدل ضربات القلب وكذا اذا استمر التدريب المنظم يؤدي الى انخفاض اكثر .

الاختبارات الشائعة للقلب

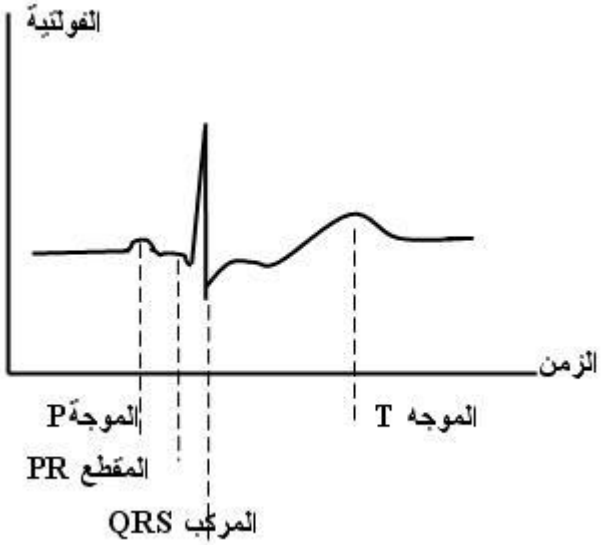
هناك الكثير من الاختبارات التي تستخدم في قياسات واختبارات جوانب متعددة للقلب ومنها :

1.عينات الدم :

تقيس معظم الاختبارات الدموية الشائعة التي تجري في امراض القلب بشكل خاص مستوى شحميات الدم (الكوليسترول وثلاثي الجليسريد) والانزيمات القلبية والمحتوى من الاكسجين وزمن البروثرومبين (وهو الزمن اللازم ليتخثر دمك) ويعتبر من اسهل الاختبارات القلبية على الاطلاق ويقوم بها الفاحص بدون حاجة لجهاز في سحب الدم وطريقة سحب الدم معلومة وغالبا ما تجرى من قبل اشخاص عاديين وبمساعدة المجهر .

2.جهاز تخطيط القلب (ECG) :

ويسمى احياناً (EKG) وهو اجراء لا غنى عنه في تقييم الكثير من امراض القلب وهو ببساطة تسجيل للنشاط الكهربائي للقلب ويمكن عرض المرتسم النهائي للتخطيط على شريط ورقي أو على شاشة (Monitor) ، ويجري اكتشاف النشاط الكهربائي للقلب بواسطة الكترودات موصلة بالجلد ، حيث تنقل هذه الالكترودات الاشارات الكهربائية في القلب الى مخطاط كهربائية القلب وبمساعدة سوائل الجسم التي تعمل على نقل الاشارة الكهربائية لاسطح الجلد ، وتسجل الاشارات الكهربائية عادة بشكل موجات تظهر على ورق التخطيط الذي يتحرك في هذا الجهاز بسرعة محددة ، ومن الجدير بالذكر ان هذه الالكترودات تحاول كشف تيارات كهربائية صغيرة جداً لذا لابد من المحافظة على تماس جيد مع الجلد وتستعمل مادة هلامية (Gel) لتحسين هذا التوصيل ، وفي الرسم البياني الذي يظهر يمثل الخط الافقي المخطط الزمني بينما يمثل لخط العمودي الفولتية أو قوة الدفعات الكهربائية للقلب .



تتكون القراءة التي يعطيها تخطيط كهربائية القلب من مجموعة موجات تظهر الكثير حول الاشارات الكهربائية في اجزاء القلب ، فالموجة "P" تبدي الدَّفعة وهي تسير عبر الأذين ، ثم ياتي المقطع "PR" بعد الموجة P وهي جزء منبسط يمثل زمن مرور الدَّفعة عبر العقدة الاذينية البطينية ، ويظهر المركب "QRS" عندما تسير الدَّفعة عبر البطينين ، بينما تتشكل الموجة "T" خلال استعادة العضلة القلبية لكهربائيتها السوية تحضيراً للضربة اللاحقة .

ممكن ان يساعدنا جهاز تخطيط القلب في معرفة :

1. سرعة القلب
2. نظم القلب
3. ما اذا حدثت نوبة قلبية
4. عدم كفاية المدد الدموي والاوكسجين للعضلة القلبية
5. شذوذات البنية القلبية

يعتبر تصوير الصدر بالاشعة السينية اختبارات أساسياً وهاما في تقييم امراض القلب واستقصائها وهي تعطي معلومات قيمة عن القلب والرئتين

3. الاشعة السينية (X- Ray) :

يجري التصوير بتسليط الاشعة السينية الى منطقة الصدر ووضع قطعة كبيرة من فيلم فوتوغرافي على الجهة الاخرى من المفحوص حيث يتم امرار حزمة من الاشعة السينية عبر الجسم وتخترق هذه الاشعة مناطق مختلفة بطرق مختلفة قبل ان تصل الى الفيلم ويبدو القلب فاتحاً على الفيلم ، لان الاشعة السينية القادرة على اختراق السائل أو الدم والوصول الى الفيلم تكون قليلة ، اما الرئتان فتبدوان داكنتان لانهما شفافتان لذلك يتلقى الفيلم خلف الرئتين تعرضاً كبيراً لهذه الاشعة .

وتظهر الاشعة انماطاً كثيرة من المعلومات الهامة في تقييم الجهاز القلبي الوعائي مثل :

1. حجم القلب وشكله

2. الترسبات الكلسية
3. حالة الرئتين

4.المفراس :

حيث تحقن كميات قليلة من مادة مشعة في المجرى الدموي ، وتعطي مواد الاقتفاء مقادير صغيرة من الطاقة (الاشعاع) الذي يكتشف بكاميرات خاصة وتعالج كميات الاشعاع بالحاسوب وتنتج صورة واستناداً الى المادة المشعة الاستشفافية والنمط النوعي للتفريسة ممكن معرفة الكثير عن عضلة القلب ومنها :

1. حجم حجرات القلب
2. قدرة الضخ البطيني
3. الجريان الدموي الى العضلة القلبية
4. الجريان الدموي الى الرئتين

وممكن الحصول على معلومات اخرى من المفراس بإجرائه مع اختبار الجهد بالتمرين .

5.تخطيط صدى القلب (Echo):

وفي هذا المقياس يستخدم صوت مرتفع جداً لا يسمعه الانسان **(أمواج فوق الصوتية)** حيث ترسل هذه الموجات الى البنى الحشوية وترتد عنها (يرجع الصدى) والجهاز المرسل يسمى الترجام (Travducer) وهو جهاز خاص شبيه بمكبر الصوت ، يستعمل الحاسوب هذه المعلومات لبناء صورة للقلب أو تحليل الجريان الدموي عبره .

تمكن طرائق تخطيط صدى القلب **(تخطيط صدى القلب الاحادي البعد والثنائي البعد)** من اظهار ابعاد القلب وقياسها بدقة ، وتحديد قدرة العضلة القلبية على الضخ ، وقياس الضغوط والمداريج (التدرجات) (التصنيفات) في الصمامات والاوعية ويمكننا هذا الاختبار من ملاحظة :

1. حجم القلب
2. قوة الضخ
3. تضرر العضلة القلبية
4. شدة المشاكل الصمامية ونمطها
5. نماذج اضطراب الجريان الدموي
6. شذوذات البنى القلبية
7. الضغط الدموي في الشرايين الرئوية

وطريقة إجرائه تتم باستلقاء المفحوص على ظهره أو جانبه الايسر حيث يمسح بالهلام أو زيت خاص على الصدر لتحسين انتقال الموجات فوق الصوتية ويتم تحريك الترجام ويطلب من المفحوص ان يقوم بالزفير أو حبس النفس لان الهواء في الرئتين يعيق ظهور الصورة .

6.القسطرة:

وتساعد على تقييم عمل العضلة القلبية والصمامات القلبية الأربعة كما تعطي معلومات حول حالة الشرايين الاكليلية وهو الاختبار الوحيد الذي يقدم خريطة طريق للشرايين التي تقوم بتزويد العضل القلبي بالدم الغني بالاوكسجين .

يُدخَل انبوب مرن طويل ودقيق الى الوعاء الدموي حيث تحقن مادة **(صبغة)** في الوعاء الدموي لتعزيز ظهور الوعاء على فيلم الاشعة السينية حيث يجري العمل في وحدة تنظير مجهزة بالاشعة السينية تحتوي على كاميرات وشاشات مراقبة ومعدات اخرى اذ يتم ادخال الانبوب المرن ليسيّره الفاحص عبر الأوعية الدموية ، وغالباً ما يتم الادخال عن طريق الذراع (أوعية الذراع) وهكذا حتى الوصول الى المنطقة المطلوبة ، وقد يستخدم للحصول على عينة من النسيج اقلبي (خزعة) ، كما تستخدم لمعالجة داء الشرايين الاكليلية أو الأمراض الصمامية ، وهناك بعض مشاكل القلب لا يمكن اكتشافها الا بواسطة القسطرة .

هناك عدة انماط من القسطرة **(القنطرة)** ، كل نمط يستعمل للحصول على معلومات معينة وتشتمل انماط القسطرة على :

1. تصوير الاوعية الاكليلية
2. تصوير البطين الايسر
3. تصوير الأوعية الدموية المحيطية
4. القنطرة القلبية بحثاً عن العيوب الخلقية أو الولادية
5. تصوير الأوعية الرئوية
6. الخزعة

ومن الجدير بالذكر ان هذه الطريقة تنطوي الى درجة من الخطر وهو تمزق الأوعية الدموية وحدوث نزيف داخلي كما يستخدم معها البالون لفتح بعض التجلطات والتضيقات في الأوعية الدموية .

7.التصوير بالرنين المغناطيسي:

ويقوم على استعمال الحقول المغناطيسية والموجات الراديوية ويستطيع الجهاز كشف اشارات الطاقة الصغيرة الصادرة عن الذرات التي تتركب منها الانسجة في الجسم ثم يقوم باعادة بناء الصور اعتمادا على هذه المعلومات .

يمكن اللجوء الى هذا الاجراء لكشف العيوب الولادية والأورام وأمراض الصمامات القلبية والتامور وتتميز هذه الطريقة للاختبار ان نتائجها فيها الكثير من التفاصيل .

التدريب الرياضي وأثره على القلب:

تحصل تغيرات في حجم وكتلة ووزن وعضلة القلب وسمك جدرانها كتهيئة للظروف اللازمة للدم العائد وضخه الى جميع أجزاء الجسم وتشمل هذه التغيرات الصمامات القلبية بأجمعها والتي يجب أن تتناسب هي الأخرى مع الزيادة الحادثة فيه مثلاً الزيادة الحاصلة في قطر جذع الشريان الأبهر نتيجة التدريب

المنظم والمستمر يؤدي الى كبر الصمام الهلالي لكي يضمن عمله في أحكام الأغلاق وعدم عودة الدم بالأتجاه المعاكس ، أن النشاط الرياضي الطويل والمنطم يكون تأثيره على البطين الأيسر اكبر من باقي أجزاء الجسم.

يحصل نمو في عضلة القلب أذا كانت معدلات الأيض البنائي اكبر من معدلات الأيض الهدمي فيما يحصل الضمور أذا قل المعدل البنائي وهذا مايحدث عند الانقطاع عن التدريب أو في حالة الأصابة الرياضية ، أن أنعكاس هذه العملية على عضلة القلب هو بزيادة حجم وكتلة وسمك الياف العضلة القلبية وخصوصآ في تدلريبات المطاولة العامة بشدة متوسطة والتي ترفع من معدل ضربات القلب وحجم الخفة والذي يسمح بايصال الغذاء والأوكسجين بصورة كافية للالياف العضلية القلبية عن طريق الشريان الأكليلي.

أن هذه الزيادة في حجم مقاطع الألياف العضلية هي بسبب :

1-زيادة في بناء البروتين العضلي.

2-زيادة عدد بيوت الطاقة وزيادة مساحتها وخزينها من الطاقة.

3-زيادة كمية الميوجلوبين(حامل الأوكسجين) في القلب على الرغم من أعتماد تحرير الطاقة في عضلة القلب بالطريقة الهوائية ، ولكن في حالات التغيير السريع تستغل لسد النقص الحادث.

4-زيادة خزين الطاقة.

5- زيادة خمائر الطاقة.

6-زيادة الأنزيمات.

7-كبر المقاطع العرضية للشريان والأوعية الدموية وتفتح أوعية شعرية جديدة في العضلة القلبية.

تأثير التمرين وأنقطاعه على عضلة القلب:

أن نسبة تأثير التدريب الرياضي على عضلة القلب تتراوح بين (30-60%)والباقي يترك للنضج والوراثة أذ أن التدريب المستمر يزيد من بروتينات الليف العضلي وان عملية زيادتها في العضلة بسبب تفسخ ونقصان في كمية بروتينات التقلص وايقاف عمل عدد من بيوت الطاقة مسببة صغر المقطع العرضي لليف العضلي وبالتالي المقطع الكلي للعضلة وهذا مانلاحظه في قلوب جميع الرياضيين ولاسيما لاعبي التحمل التي تمتاز قلوبهم بكبر التجاويف والحجم والوزن الكبير فأن الطول الحادث في الألياف والتمدد لاسيما في طور الأنبساط النهائي يتراجع بسبب الأنقطاع عن التدريب أذ يقل حجم ووزن العضلة وكتلتها وقطر الأنبساط النهائي وقطر التقلص النهائي بشكل ينسجم مع كمية الدم العائد للقلب ومستوى الحوافز العصبية السمبثاوية لقوة التقلص وحاجة الجسم من الدم الدائر فيه بل يسري ذلك حتى على أنخفاض في حجم الدم وعدد كريات الدم الحمراء وحجم الهيموغلوبين الى الوضع السوي تقريبآ.

أن ذوي الأعمار التدريبية الطويلة تكون الوظيفة التراكمية الناتجة عن التدريب المنظم لديهم بطيئة الفقدان نتيجة الأنقطاع عن التدريب مقارنة بذوي الأعمار التدريبية القليلة أو غير المدربين حيث ان التكيف لدى

الممارسين يفقد ببطئ وأثاره تبقى حتى مع تقدم العمر على الرغم من أنخفاض في جميع القدرات الوظيفية ولكنها الأفضل مقارنة مع غير الممارسين .

أن قياسات عضلة القلب لاتغيير كثيرآ لدى المتدربين على القوة الثابتة أذ هي تكون مقارة لأحجام وأوزان الأصحاء لان طبيعة التدريب لايتطلب تدفق الدم لفترات طويلة كما في فعاليات التحمل ولكنه يصاحب ذلك زيادة في سمك الحاجز للبطين وسمك الجدار الخلفي لعضلة القلب ولا سيما البطين الأيسر كما أن معدلات ضربات القلب تنخفض أذ تتراوح بين (65–70%) ض/د اذ أن أستخدام تمارين القوة الثابتة لاتحتاج أثناء العمل ان يدور الدم بصورة كبيرة لأعتمادها على تحرير الطاقة لا أوكسجينيآ،أما في التقلص المتحرك فأن الأداء يسمح بجريان الدم بشكل أفضل من التقلص الثابت مع أرتفاع في معدل ضربات القلب وأن كان أقل من التقلص الثابت ، ويكون الدين الأوكسجيني قليلآ بالمقارنة مع سابقه وعدم الأرتفاع في مستوى حامض اللاكتيك مع زيادة الدم العائد وعليه فان التمارين ذات التقلص المتحرك تزيد أساع تجاويف عضلة القلب بشكل اكبر مما عليه في تدريبات التقلص الثابت.

يلاحظ في أنظمة انتاج الطاقة (الفوسفاجيني– اللاكتيكي– الهوائي)ان الجهد البدني له تأثير على قطر الأذين الأيسر وهذا يعود للتمدد في قطر الأذينيين والتي تحفز الجيبية لزيادة معدل ضربات القلب ولكن يلاحظ ان تلك الزيادة في القطر منسجمه مع الأرتفاع بمعدل الضربات القلبية أذ أنه في النظام الهوائي هي أقل قطرآ مما هو عليه في النظامين الأخرين (اللاكتيكي–الفوسفاجيني) ودلت بعض الدراسات على تغيير في وسع قطر البطين الايسر بزيادته بعد أداء الجهد ولا سيما الهوائي، أما في النظامين الأخرين فأن ذلك أمرآ طبيعيآ كون ارتفاع معدل ضربات القلب ينسجم وفق حوافز الجهاز العصبي المركزي والذي يتماشى مع زيادة الجهد البدني وهو أكثر شدة في النظامين (اللاكتيكي–الفوسفاجيني) .