

معدل ضربات القلب في الراحة وفي الجهد البدني وتأثير التدريب البدني عليها

ضربات القلب لدى الإنسان

منذ القدم وضربات القلب لها دلالاتها لدى الإنسان، فنكاد نجزم أن أول معلومة عرفها الإنسان عن وظائف جسمه كانت تلك المتعلقة بدقات قلبه (أو نبض قلبه). فالإنسان عرف منذ أمد بعيد أن معدل ضربات قلبه يزداد عندما يمتلكه الخوف، وأدرك أنها تصبح مرتفعة جداً عند قيامه بنشاط بدني، كالكر أو الفر، أو أثناء مطاردة الفريسة، كما أنه أيقن تمام اليقين أن ضربات القلب تخنفي تماماً عند موت الإنسان. كل هذه المعارف والمعلومات (الإكلينيكية إن صح التعبير) عرفها الإنسان قبل اختراع السماع الطبية أو جهاز تخطيط القلب، بل قبل معرفته بفن الطبابة. في هذه الفصل، نستعرض بعض المعلومات الأساسية المتعلقة بضربات القلب، بما في ذلك معدلاتها في الراحة وأثناء الجهد البدني، وطرق قياسها وتقديرها، وكذلك تأثير التدريب البدني على معدلات ضربات القلب، وكيفية استخدام معدل ضربات القلب في وصفة النشاط البدني وفي وصفة التدريب.

وغني عن القول أن لضربات القلب دلالاتها في الصحة وفي المرض، فانخفاض معدل ضربات القلب في الراحة أو تجاوزها حدود معينة له دلالاته المرضية. كما أن عدم انتظام ضربات القلب أو ضعف النبض له أيضاً دلالاته الإكلينيكية. أما معرفة معدل ضربات القلب القصوى للفرد أثناء الجهد البدني الأقصى، ومدى وصولها إلى المعدل المتوقع للشخص تبعاً للعمر، فتعين في التنبؤ بالحالة الصحية للقلب، وهي مفيدة جداً في التأكد من وصول الشخص لمستوى ضربات قلبه القصوى المتوقعة عند إجراء اختبار الجهد البدني التدريجي. بالإضافة إلى ما سبق، فإن ضربات القلب تستخدم في وصفة النشاط البدني، سواء لتعزيز الصحة أو لتنمية اللياقة البدنية، سواء للعامّة، أو للمرضى، أو للرياضيين، كما سنرى ذلك لاحقاً.

كيفية قياس معدل ضربات القلب؟

يتم قياس معدل ضربات القلب بالعديد من الوسائل التي تتراوح من البسيط جداً إلى الأكثر كلفة وتعقيداً، ومن أكثر الوسائل استخداماً في قياس أو تقدير معدل ضربات القلب ما يلي:

استخدام السماع الطبية:

في هذه الطريقة يمكن لنا سماع ضربات القلب مباشرة أثناء انقباض عضلة القلب وانبساطها. ويعد الفراغ بين الضلعي الثالث في الجهة اليسرى من الصدر هو أفضل موقع لسماع دقات

القلب بوضوح. إلا أن سماعه الطبيب ليست مخصصة في المقام الأول لقياس معدل ضربات القلب، بل أن الغرض الأساسي للسماعة هو سماع أصوات القلب، وهي الأصوات التي يحدثها مرور الدم عبر صمامات القلب المختلفة. واستخدام السماعة الطبية كمقياس لمعدل ضربات القلب إجراء غير عملي على الإطلاق خاصة أثناء الجهد البدني.

بواسطة جهاز تخطيط القلب الكهربائي:

يمكن الاستدلال بدقة على معدل ضربات القلب من خلال قراءة تخطيط القلب، بواسطة جهاز تخطيط القلب الكهربائي، كما عرفنا ذلك من الفصل السابق.

بواسطة أجهزة رصد ضربات القلب (Heart rate monitor):

وهي أجهزة تعد صغيرة الحجم في الغالب، وتتكون من جهاز مرسل (Transmitter) يوضع على الصدر وآخر مستقبل (Receiver) يمكن وضعه بالقرب من دراجة الجهد أو قريب من المفحوص أو حتى على معصمه، وفكرتها شبيهة بأجهزة تخطيط القلب، لكنها على هيئة أبسط وذات كلفة أقل ولا تقوم بغير رصد معدل ضربات القلب، ويتوافر منها أنواع لا سلكية ظهرت في السنوات العشر الماضية قادرة على تخزين المعلومات لعدة أيام، وسوف نتطرق لبعض منها في نهاية هذا الفصل.

بواسطة أجهزة رصد معدل النبض (Pulse meter):

وهي أجهزة تقوم برصد ذبذبات النبض (التي تعبر بطريقة غير مباشرة عن معدل نبض القلب)، وغلباً ما يستخدم مجس النبض في أحد أصابع اليدين، غير أن بعض من المجسات يقيس النبض في موقع شحمة الأذن. وتأتي في وقتنا الحاضر معظم أجهزة السير المتحرك ودراجات الجهد التجارية مزودة بجهاز رصد النبض، غير أن بعض من هذه الأجهزة غير دقيق.

بواسطة تحسس نبض القلب:

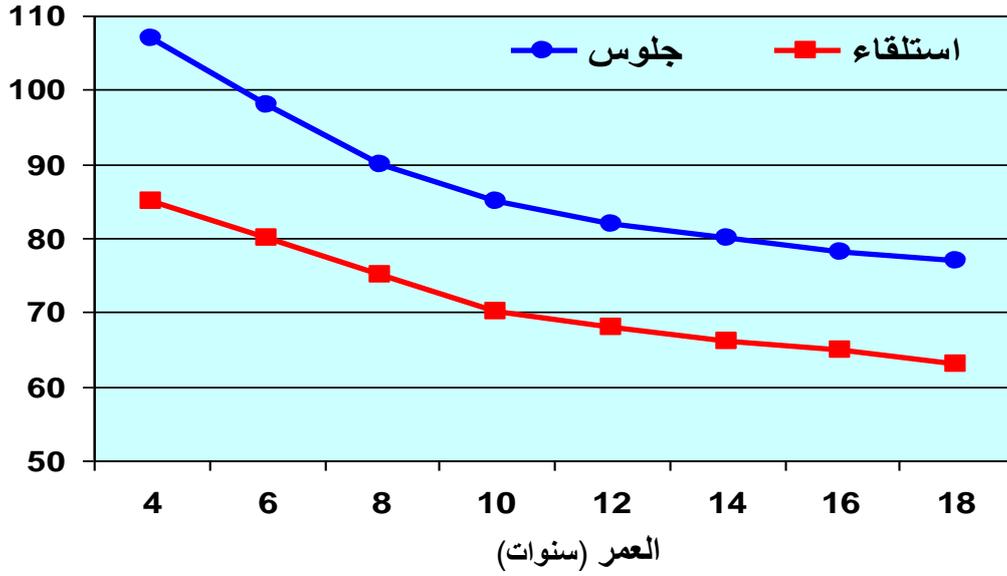
يمكن معرفة معدل ضربات القلب بسهولة ويسر من خلال تحسس نبض القلب. فالمعروف أن ضخ الدم بواسطة عضلة القلب إلى أجزاء الجسم يتم على هيئة نبضات تتزامن مع ضربات القلب، وعليه يمكننا تحسس هذا النبض الدموي عبر الشرايين عند وضع إصبعين أو ثلاثة من أصابع اليد على شرايين معينة في الجسم وبالتالي تقدير معدل ضربات القلب في الدقيقة. ومن أهم المواقع التي يمكن من خلالها تحسس النبض هما موقع الشريان السباتي الموجود على جانبي الرقبة، والشريان الكعبري الموجود فوق عظمة الكعبرة عند مفصل الرسغ. ويتم قياس نبض الدم بالضغط برفق على موقع الشريان بإصبعين أو ثلاثة من أصابع اليد حتى الشعور بالنبض، ثم بعد ذلك حساب عدد مرات النبض في مدة عشر ثواني ثم ضرب الناتج في الرقم 6

حتى نحصل على معدل النبض في الدقيقة، أو قياس معدل النبض لمدة ستة ثواني ثم ضرب الناتج في الرقم 10 لنحصل على المعدل في الدقيقة، ومن المهم عدم الضغط بقوة على الشرياني السباتي حتى لا يؤدي ذلك إلى تنبيه مستقبلات الضغط، مما يقود في النهاية إلى انخفاض ضربات القلب.

استجابة معدل ضربات القلب في الراحة

تبلغ ضربات القلب في الراحة أعلى مستوى لها لدى المولود حديثاً ثم تتناقص بالتدرج مع التقدم في العمر، فعلى سبيل المثال، يبلغ معدل ضربات القلب في الراحة لدى الطفل في عمر 4 سنوات من 100 - 110 ضربة في الدقيقة، ثم تنخفض تدريجياً مع التقدم في العمر لتصل إلى ما يعادل 70 - 80 ضربة في الدقيقة لدى الشخص السليم غير الرياضي في العشرين من عمره. ويعني ذلك أن القلب يدفع كمية محددة من الدم (تبلغ حوالي 60 ملي لتر للذكر البالغ المتوسط الحجم) في كل ضربة من ضرباته. وبحساب مجمل عدد ضربات القلب في الراحة لدى الشخص السليم نجد أنها تتجاوز 100 ألف ضربة في اليوم الواحد (أي أكثر من 37 مليون ضربة في السنة). ويوضح الشكل البياني رقم (1) معدلات ضربات القلب في الراحة أثناء كل من الجلوس مقارنة بالاستلقاء (في الصباح الباكر قبل مغادرة الفراش Basal rate) لدى الأطفال من عمر 4 سنوات حتى سن الرشد، والمعدلات الموضحة في الشكل هي لمتوسط ضربات القلب لدى الذكور والإناث معاً، علماً بأن معدل ضربات القلب لدى الإناث يزيد قليلاً عن الذكور. ونظراً لأن عملية الاستلقاء تؤدي إلى زيادة الدم العائد إلى القلب (العائد الوريدي من الدم) بفعل انخفاض تأثير الجاذبية، الأمر الذي يزيد من حجم الضربة (حجم الدم الذي يضخه القلب في كل ضربة من ضرباته)، وبالتالي انخفاض معدل ضربات القلب أثناء الاستلقاء مقارنة مع الجلوس أو الوقوف.

ويوضح الجدول رقم (1) معدلات ضربات القلب في الراحة لدى كل من الإنسان الرياضي وغير الرياضي مقارنة بضربات القلب لدى بعض الحيوانات، ويبدو بشكل عام أنه كلما ازداد حجم الجسم تبعاً لنوع الكائن انخفضت ضربات القلب في الراحة، فالحوت والفيل اللذان يعدان من أضخم الحيوانات تقل معدلات ضربات القلب لديهما عن الحيوانات الأخرى الأقل حجماً ووزناً، بينما يعد حجم الأرنب أو القط أو الفأر صغيراً مقارنة بحجم جسم الإنسان مما يجعل معدل ضربات القلب لدى تلك الحيوانات الصغيرة مرتفعاً، علماً بأن معدل ضربات القلب الموضحة في الجدول للطائر الطنان هي أثناء الطيران.



شكل رقم (1): معدل ضربات القلب (ضربة في الدقيقة) أثناء الاستلقاء والجلوس تبعاً للعمر. البيانات تمثل متوسط كلا الجنسين، الذكور والإناث (المصدر: Malina R, Bouchard C. Growth, (Maturaton, and Physical Activity, 1991).

جدول رقم (1): معدل ضربات القلب في الدقيقة في الراحة لدى الإنسان مقارنة ببعض الأنواع الأخرى من الحيوانات.

النوع	معدل ضربات القلب (ضربة/ق)
الإنسان غير الرياضي	80 - 70
الإنسان الرياضي	60 - 40
الحوت	15
الفيل	25
الحصان	30 - 25
القط	150
الأرنب	220
الفأر	600 - 500
الطائر الطنان	1000

والمعروف أن تجاوز ضربات القلب في الراحة لدى الشخص البالغ معدل 100 ضربة في الدقيقة يدعى حالة تسارع (Tachycardia) في ضربات القلب (خفقان)، بينما نقصان معدل ضربات القلب عن 60 ضربة في الدقيقة يسمى بطء ضربات القلب (Bradycardia). إلا أن التدريب البدني المنتظم يقود إلى تكيف فسيولوجي في عضلة القلب مما يؤدي إلى رفع كفاءة القلب، وبالتالي انخفاض طبيعي في عدد ضرباته في الراحة. لهذا نجد أن بعض رياضيين التحمل (مثل

الماراثون) تنخفض لديهم ضربات القلب في الراحة لتصل إلى ما دون الخمسين ضربة في الدقيقة، ولقد سجل معدل لضربات القلب في الراحة لعداء ماراثون بلغ 28 ضربة في الدقيقة، كما أن أحد لاعبي كرة الماء بلغ معدل ضربات قلبه في الراحة 26 ضربة في الدقيقة، وهذه معدلات منخفضة جداً. وتلعب عوامل عدة في انخفاض معدل ضربات القلب في الراحة انخفاضاً طبيعياً (فسيولوجياً)، من أهمها الحالة التدريبية والعامل الوراثي، ويؤدي التدريب البدني إلى خفض حدة النشاط السمبثاوي وزيادة حدة النشاط نظير السمبثاوي، مما يجعل ضربات القلب في الراحة تنخفض لدى الرياضيين بمعدل يتراوح من 15-20 ضربة في الدقيقة عن الشخص العادي. ولو تم فقط إزالة التأثير النظير السمبثاوي (وهو التأثير المثبط لضربات القلب) تماماً عن القلب، فإن معدل ضربات القلب لدى الإنسان الشاب تصبح 105 ضربة في الدقيقة تقريباً.

وهناك العديد من العوامل والمؤثرات التي من الممكن لها التأثير على معدل ضربات القلب سواء في الراحة أو أثناء الجهد البدني. ويبيّن الجدول رقم (2) وصفاً لتلك العوامل ونوعية التأثير، والملاحظ عند التمعن في تلك العوامل نجد أن معظمها تؤثر على معدل ضربات القلب في الراحة وكذلك أثناء الجهد البدني، علماً بأن ضربات القلب، خاصة القصوى منها، تنخفض بشكل مطرد بدءاً من العقد الثالث من العمر.

جدول رقم (2): العوامل المؤثرة على معدل ضربات القلب، التي ينبغي أخذها بالحسبان عند قياس ضربات القلب في الراحة وأثناء الجهد البدني مركز أبحاث

التأثير		العامل
أثناء الجهد البدني	في الراحة	
↑	↑	ارتفاع درجة الحرارة الخارجية
↑	↑	ارتفاع الرطوبة النسبية
—	↑	ارتفاع مستوى الضجيج
↑	↑	المرتفعات (عن سطح البحر)
↑	↑	الحرمان من النوم
↑	↑	تناول وجبة غذائية دسمة
↑ إلى حد أقل	↑	التوتر النفسي
↑	↑	ارتفاع حرارة الجسم الداخلية
↓	↓	تحسن اللياقة البدنية
↓	↓	وضع الجسم أفقياً (مقارنة بالجلوس)
↓	↓	التقدم في العمر

↓ انخفاض معدل ضربات القلب

↑ ارتفاع معدل ضربات القلب

كما أن ضربات القلب سواء في الراحة أو أثناء الجهد البدني تتأثر بشكل واضح بالتغيرات الحاصلة في درجة الحرارة الخارجية والرطوبة النسبية، ويوضح الجدول رقم (3) نتائج إحدى التجارب العلمية التي أُجريت لمعرفة تأثير ارتفاع درجة الحرارة من 21 درجة مئوية إلى 35 درجة مئوية مع تثبيت نسبة الرطوبة عند 50%، وكذلك تأثير ارتفاع الرطوبة النسبية من 50% إلى 90% مع تثبيت درجة الحرارة الخارجية عند 21 درجة مئوية على معدل ضربات القلب لدى الإنسان، ويظهر بوضوح من الجدول أن معدلات ضربات القلب ازدادت بشكل ملحوظ في كلتا الحالتين، لكن كانت الزيادة بصورة أشد في حالة ارتفاع درجة الحرارة الخارجية.

استجابة معدل ضربات القلب أثناء الأنشطة البدنية المختلفة

من المعروف أن معدل ضربات القلب يرتفع أثناء ممارسة النشاط البدني، ويعتمد مقدار الارتفاع على شدة الجهد البدني المبذول، وعلى نوعية النشاط الممارس. ففي الأنشطة التي يتم فيها استخدام كتلة عضلية صغيرة من الجسم (مثل الذراعين فقط) فإن ضربات القلب لا يمكن أن تبلغ أثناءها أقصاها، مقارنة بتلك التي يتم فيها استخدام كتلة عضلية كبرى (مثل الفخذين والساقين). ومن أمثلة الأنشطة البدنية التي يتم فيها استخدام كتلة عضلية كبرى: الهرولة والجري وصعود الدرج وركوب الدراجة والتزلج والتجديف. أما في رياضة كالسباحة والتي يتم فيها أيضاً توظيف كتلة عضلية كبرى، فإن ضربات القلب القصوى لا تصل خلالها إلى مستوى ما تصل إليه أثناء الجري، ويعزى ذلك إلى أسباب عديدة من أهمها اختلاف وضع الجسم أثناء السباحة عنه أثناء الجري، وبالتالي سهولة عودة الدم الوريدي إلى القلب أثناء السباحة، مما يجعل القلب يضح كمية أكبر من الدم في كل ضربة من ضرباته (يصبح حجم الضربة أكبر في وضع الاستلقاء مقارنة بوضع الجلوس أو الوقوف، وبالتالي انخفاض معدل ضربات القلب).

جدول رقم (3): تأثير ارتفاع درجة الحرارة الخارجية أو الرطوبة النسبية على ضربات القلب.

المتغير	ضربات القلب في الراحة	ضربات القلب أثناء الجهد
تغير درجة الحرارة (الرطوبة: 50%): 21 درجة مئوية (70 فهرنهايت) 35 درجة مئوية (95 فهرنهايت)	60	165
	70	195
تغير نسبة الرطوبة (الحرارة: 21 درجة): 50 % 90 %	60	165
	65	175

المصدر: Wilmore J, Costill D. Physiology of Sports & Exercise, 1994, p. 11

كما أن هناك أنشطة بدنية أخرى يتم خلالها استخدام الانقباض العضلي الثابت (مثل رفع الأثقال وبناء الأجسام وبعض رياضات الدفاع عن النفس) تقود إلى ارتفاع ضغط الدم الشرياني بصورة أكبر مما يحدث في الأنشطة التي تسمى حركية، مثل: الجري أو المشي. في هذا النوع من الرياضات التي توظف الانقباض العضلي الثابت لا تصل عادة ضربات القلب خلالها إلى مستوى مرتفع، على الرغم من ارتفاع العبء الملقى على القلب من جراء ممارسة هذا النوع من الرياضة (العبء الملقى على القلب هو مزيج من ارتفاع ضربات القلب وارتفاع ضغط الدم الشرياني، وفي هذا النوع من الرياضة يكون العبء الملقى على القلب هو بسبب ارتفاع ضغط الدم بصورة أكبر). وعلى العكس من ذلك، فإن الأنشطة الحركية مثل المشي والهولة والجري والسباحة وما شابه ذلك لا تؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في ضغط الدم الشرياني عند ممارستها بشدة معتدلة. ويوضح الجدول رقم (4) بيانات لمتوسطات ضربات القلب لرياضيين سعوديين أثناء ممارستهم لبعض الأنشطة الرياضية. ويظهر بوضوح الفرق بين استجابة ضربات القلب للأنشطة الحركية مثل الجري وكرة القدم مقارنة بالأنشطة الرياضية التي يتم فيها استخدام الانقباض العضلي الثابت كرياضتي رفع الأثقال وبناء الأجسام.

جدول رقم (4): مستويات ضربات القلب في الدقيقة لدى الرياضيين السعوديين أثناء ممارستهم بعض الأنشطة الرياضية المتنوعة.

مركز أبحاث
نمط الحياة والصحة

نوع الرياضة	متوسط ضربات القلب	أعلى ضربات للقلب
جري مسافات طويلة	183	193
اسكواش	173	189
بناء الأجسام	127	161
رفع الأثقال	129	156
كرة القدم	165	192

المصدر: الهزاع، الدورية السعودية للطب الرياضي، 1998.

ويؤدي ارتفاع معدل ضربات القلب إلى انخفاض زمن كل من فترتي الانقباض والانقباض مقارنة بالراحة. والمعروف أنه كلما انخفض كثيراً الزمن الذي تنبسط خلاله عضلة القلب أدى ذلك إلى انخفاض كمية الدم التي تدخل إلى القلب (أي انخفاض حجم الدم في نهاية مرحلة انقباض القلب End diastolic volume)، وبالتالي لا يحدث إمتلاء القلب بالدم بشكل كافٍ، الأمر الذي يقود في النهاية إلى انخفاض حجم الضربة (حجم الضربة هو نتاج الفرق بين حجم الدم في نهاية فترة

انقباض القلب وحجم الدم في نهاية مرحلة انقباض القلب)، خاصة عندما يتجاوز معدل ضربات القلب 160 ضربة في الدقيقة.

والمتتبع للمدة التي يقضيها القلب في فترتي الانقباض والانقباض أثناء الراحة مقارنة بالمدة التي يقضيها القلب في تلك الفترتين عند ارتفاع معدلات ضربات القلب من جراء الجهد البدني، يلاحظ أيضاً أن نسبة الزمن الذي يقضيه القلب في الانقباض إلى الزمن الكلي لكل ضربة من ضربات القلب يتناقص، ويعود سبب ذلك إلى أن هذا التناقص الذي يحدث في زمن الانقباض مع ارتفاع معدل ضربات القلب يكون أعلى من التناقص الذي يحدث لفترة الانقباض مع زيادة معدل ضربات القلب، كما هو موضحاً في الجدول رقم (5)، حيث يمثل زمن انقباض القلب بالنسبة للزمن الكلي ما نسبته 63% عند معدل من ضربات القلب يبلغ 50 ضربة في الدقيقة، لكن تلك النسبة تنخفض إلى 40% عند وصول معدل ضربات القلب إلى 150 ضربة في الدقيقة. أي أن ارتفاع معدل ضربات القلب، خاصة أثناء الجهد البدني المرتفع الشدة، يقلل من الزمن المتاح لامتلاء القلب بالدم، لكن ذلك يتم تعويضه جزئياً بقوة انقباض القلب مع زيادة شدة الجهد البدني، مما يجعل القلب قادراً على تفريغ النسبة نفسها من الدم الذي بداخله.

جدول رقم (5): المدة التي يقضيها القلب خلال فترتي الانقباض والانقباض عند معدلات متفاوتة من ضربات القلب.

معدل ضربات القلب في الدقيقة	زمن الانقباض بالثانية	زمن الانقباض بالثانية	نسبة زمن الانقباض إلى الزمن الكلي (%)
50	0.44	0.76	63
87	0.33	0.36	52
150	0.24	0.16	40

معدل ضربات القلب القصوى

يُعد معدل ضربات القلب من المؤشرات المهمة التي يمكن من خلالها الاستدلال على شدة العبء الملقى على الجسم أثناء الجهد البدني. فاضربات القلب ترتفع بصورة مطردة مع زيادة الجهد البدني، إلى أن تصل أقصى معدل لها أثناء الجهد البدني الأقصى. وفي المعتاد فإن معدل ضربات القلب القصوى تصل لدى الشاب السليم إلى حوالي 200 ضربة في الدقيقة. ومع التقدم في العمر، خاصة بعد العشرينيات من العمر، تنخفض ضربات القلب القصوى تدريجياً وبمعدل يصل إلى حوالي ضربة في الدقيقة كل سنة. أي حوالي 10 ضربات في كل عقد من

الزمن. ويوضح الجدول رقم (6) وصفاً لمعدلات ضربات القلب القصوى لدى مجموعات من السعوديين الذكور الذين أجري لهم اختبار الجهد البدني التدرجي الأقصى في مختبر فسيولوجيا الجهد البدني بجامعة الملك سعود، سواء باستخدام السير المتحرك أو دراجة الجهد الثابتة. ويتبين من الجدول أن ضربات القلب القصوى لدى الصغار تصل في بعض الأحيان إلى 214 ضربة في الدقيقة، ويظهر جلياً تناقص معدلات ضربات القلب القصوى مع التقدم في العمر بعد سن العشرين من العمر. كما يتضح من الجدول أن هناك مدى في معدلات ضربات القلب القصوى في حدود 10-15% (20-30 ضربة في الدقيقة) بين الأفراد في الفئة العمرية نفسها. كما يبدو بوضوح انخفاض معدل ضربات القلب القصوى أثناء استخدام دراجة الجهد مقارنة باستخدام السير المتحرك.

جدول رقم (6): معدلات ضربات القلب القصوى في الدقيقة لدى السعوديين الذكور في نهاية جهد بدني أقصى.

وسيلة الإجهاد	المدى	معدل ضربات القلب القصوى	العمر (بالسنوات)
السير المتحرك	211-181	194	9-7
السير المتحرك	214-182	199	11-9
السير المتحرك	211-182	198	13-11
السير المتحرك	212-184	199	15-13
السير المتحرك	211-175	191	25-18
دراجة الجهد	202-174	187	23-20
دراجة الجهد	201-166	183	29-20
دراجة الجهد	194-164	178	39-30
دراجة الجهد	190-158	171	49-40

البيانات من دراسات متعددة أجريت في مختبر فسيولوجيا الجهد البدني ومختبر التنفس بجامعة الملك سعود.

ومن الملاحظ أن ضربات القلب لا تبلغ حدها الأقصى أثناء الجهد البدني الأقصى عند استخدام كتلة عضلة صغرى (عضلات الذراعين مثلاً) مقارنة بالكتلة العضلية الكبرى (عضلات الفخذين)، ويعود سبب ذلك إلى أن التنبيه المرسل إلى النخاع أثناء أداء الجهد البدني باستخدام كتلة عضلية صغرى لا يكون كافياً، كما أن التغذية الراجعة والقادمة من العضلات العاملة تكون غير كافية، وعليه فالوصول إلى ضربات القلب القصوى يتطلب توظيف وحدات حركية أكبر حتى نضمن كفاية التنبيه الموجه إلى مركز التحكم في ضربات القلب في النخاع (من خلال

حفز التنبيه المركزي القادم من القشرة الحركية والتنبيه المحلي القادم من المستقبلات الحسية والكيميائية). وتشير البحوث التي قمنا بإجرائها على الناشئين السعوديين (سباحون ولاعبو كرة قدم وغير رياضيين) إلى أن ضربات القلب القصوى قد بلغت لديهم من 196-200 ضربة في الدقيقة باستخدام عضلات كبرى من الجسم (الجري على السير المتحرك حتى التعب)، بينما تراوحت ضربات القلب العليا لديهم من 177-182 ضربة في الدقيقة باستخدام كتلة عضلية صغرى (استخدام مجهاد اليدين). أما عند القيام بجهد بدني دون الأقصى يتطلب نفس القدرة مستخدمين مرة كتلة عضلية صغرى ومرة أخرى كتلة عضلية كبرى، فالملاحظ أن ضربات القلب تكون أعلى في حالة استخدام كتلة عضلية صغرى، ويعود ذلك لانخفاض العائد الوريدي وبالتالي انخفاض حجم الضربة مما يتطلب الأمر زيادة معدل ضربات القلب من أجل الوفاء باحتياج الجهد البدني من نتاج القلب ومن استهلاك الأكسجين.

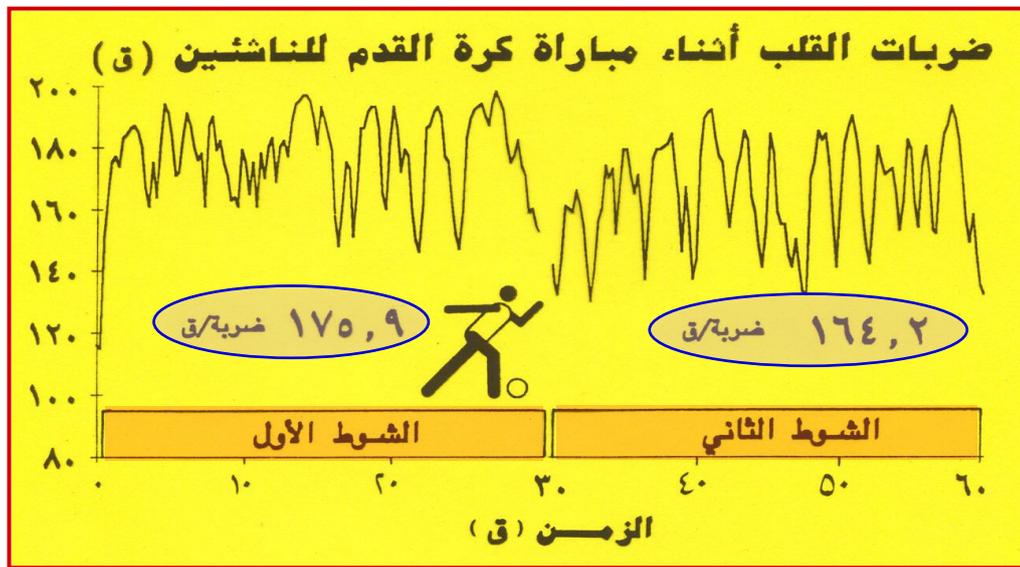
تأثير التدريب البدني على ضربات القلب

يقود التدريب البدني المنتظم إلى جملة من التغيرات الوظيفية الإيجابية للعديد من أجهزة الجسم المختلفة بما في ذلك القلب والأوعية الدموية. ويظهر هذا التحسن في كفاءة القلب على شكل انخفاض في ضربات القلب في الراحة، وانخفاض في ضربات القلب أثناء الأنشطة البدنية غير القصوى (أي أن جهداً بدنياً محدداً يؤدي إلى رفع ضربات القلب بعد التدريب بدرجة أقل مما هو قبل التدريب). وهذا التكيف الناتج من جراء التدريب البدني يعني أن القلب أصبح قادراً على ضخ الكمية نفسها من الدم إلى العضلات بضربات قلب أقل. أما ضربات القلب القصوى فيعتقد أنها تنخفض قليلاً أو لا تتأثر على الإطلاق بالتدريب البدني، وهذا يتيح احتياطاً أكبر لضربات القلب أثناء الجهد البدني دون الأقصى بعد التدريب مقارنة بما قبل التدريب، علماً بأن احتياطي ضربات القلب أثناء الجهد يساوي ضربات القلب القصوى مطروحاً منها ضربات القلب أثناء الجهد البدني.

قياس ضربات القلب عن بعد (HR Telemetry)

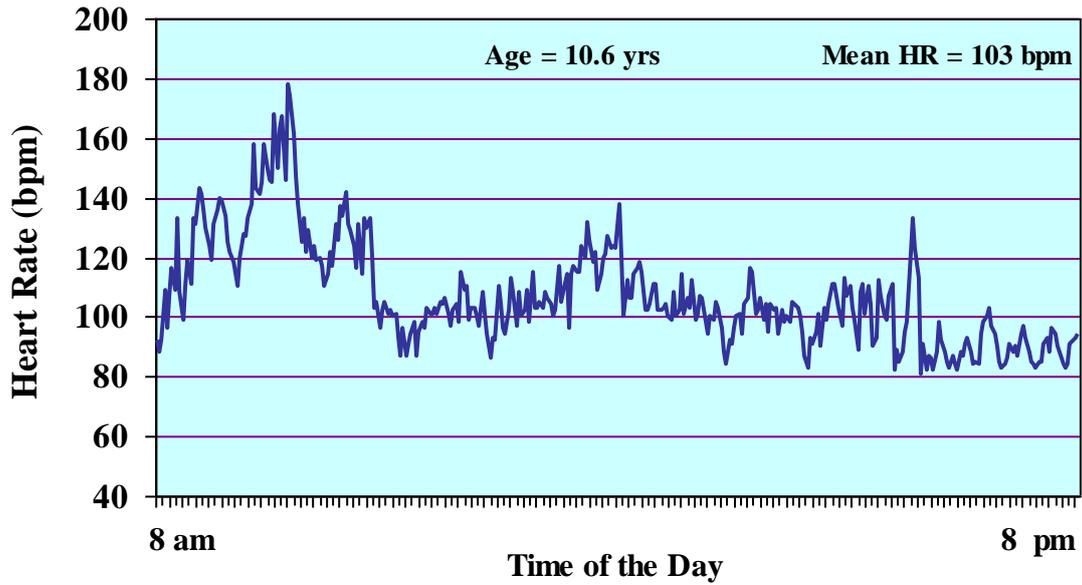
قبل أكثر من ثلاثة عقود من الزمن استخدم العلماء الأوائل أجهزة لقياس ضربات القلب عن بعد، تم فيها تسجيل ضربات القلب بواسطة الإشارات الراديوية (Radio - telemetry) وبعد ذلك بفترة وجيزة ظهرت أجهزة هولتر (Holter) لمراقبة ضربات القلب عن بعد وتسجيلها في شريط يمكن بعد ذلك مراجعته. لكن ظلت هذه الأجهزة محدودة الاستخدام في الرياضة وقاصرة على المجال الطبي، نظراً لارتفاع تكلفتها وكبر حجمها وثقل وزنها. غير أن السنوات العشر الماضية شهدت تطوراً كبيراً في تقنية المعالجات الدقيقة (Microprocessors) الذي قاد إلى إنتاج أجهزة صغيرة

الحجم وخفيفة الوزن يمكنها التقاط ضربات القلب بدقة وتخزينها لفترة تصل إلى أكثر من 60 ساعة متواصلة. من هذه الأجهزة ما أنتجته شركة بولار (Polar) الفنلندية، ويوضح الشكل البياني رقم (2) نتائج الرصد المتصل الذي حصلنا عليه لمعدل ضربات القلب لأحد الناشئة طوال مباراة تجريبية لكرة القدم في أحد الأندية الممتازة في مدينة الرياض، ويتضح منه أن معدلات ضربات القلب قد بلغت خلال الشوط الأول حوالي 176 ضربة في الدقيقة، لكنها انخفضت في الشوط الثاني لتبلغ حوالي 164 ضربة في الدقيقة، كما يتبين من الشكل النمط المتذبذب صعوداً وهبوطاً في معدلات ضربات القلب خلال الشوطين، وما ذلك إلا لطبيعة لعبة كرة القدم ذات الوتيرة الفترية.



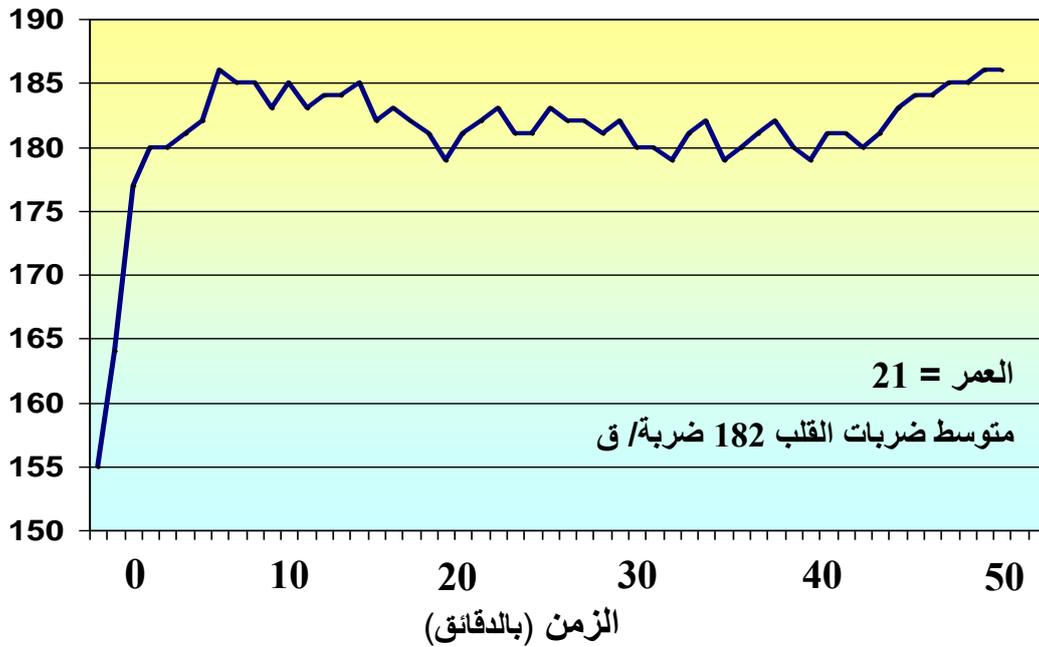
شكل رقم (2): رصد متصل لمدة 60 دقيقة لضربات القلب لدى أحد الناشئة السعوديين أثناء مباراة لكرة القدم، ويبدو داخل الرسم معدل ضربات القلب خلال كل من الشوط الأول والثاني من المباراة (المصدر: (Al-Hazzaa H. In: Science and Football, 1995).

ويوضح الشكل البياني رقم (3) رسداً متصلاً خلال 12 ساعة لأحد الأطفال المشاركين ضمن بحوث فسيولوجيا النشاط البدني لدى الأطفال السعوديين، ممن كان عمره آنذاك 10.6 سنة، ولقد بلغ متوسط ضربات القلب لديه خلال مجمل زمن الرصد ما يعادل 103 ضربة في الدقيقة، وهذا المعدل من ضربات القلب لا ينم عموماً عن مستوى نشاط مرتفع لدى هذا الطفل، والفترة الوحيدة التي تجاوزت خلاله ضربات قلبه مستوى 140 ضربة في الدقيقة كان أثناء حصة التربية البدنية في المدرسة عند حوالي الساعة التاسعة صباحاً⁽¹⁴⁾، كما يُلاحظ تنذباً في معدلات ضربات القلب في الدقيقة خلال ساعات اليوم تبعاً لحالتي النشاط والخمول البدني لدى الطفل.



شكل رقم (3): رصد متصل لمدة 12 ساعة لضربات القلب لدى أحد الأطفال السعوديين (المصدر: (Al-Hazzaa H. Saudi Med J, 2002).

أما الشكل البياني رقم (4) فيستعرض رسداً متصلًا لمعدل ضربات القلب عن بعد لأحد عدائي المسافات الطويلة السعوديين أثناء سباق لمسافة 15 كم، ويظهر جلياً اختلاف نمط معدلات ضربات القلب في هذا الشكل عن نمط معدلات ضربات القلب خلال مباراة كرة القدم التي اشرفنا إليه سابقاً. ويتبين من الرسم البياني أن معدل ضربات القلب كان محصوراً بين 179-187 ضربة في الدقيقة طوال فترة السباق التي دامت حوالي 50 دقيقة.



شكل رقم (4): معدل ضربات القلب في الدقيقة لعداء سعودي أثناء سباق 15 كم (المصدر: الهزاع، الدورية السعودية للطب الرياضي، 1998م).

استخدام معدل ضربات القلب في وصفة النشاط البدني وفي التدريب البدني

نظراً لأن معدل ضربات القلب، كما عرفنا، يعد مؤشراً جيداً للعبء الملقى على القلب وبالتالي على الجسم، ونظراً لسهولة قياس (أو تقدير) ضربات القلب بأجهزة بسيطة وغير مكلفة، فإنها تستخدم كثيراً في وصفة النشاط البدني، سواء للأصحاء أو للمرضى، وكذلك في تقنين الحمل التدريبي للرياضي. والمعروف أنه ينبغي لاكتساب اللياقة البدنية أو الحصول على الفائدة الصحية من جراء ممارسة النشاط البدني، أن تكون شدة النشاط البدني عند حد معين من ضربات القلب. كما أن ضبط شدة النشاط البدني الممارس بناءً على معدل ضربات القلب يحول دون تجاوز الحدود الموصى بها من الشدة، وبالتالي يجنب الشخص من إجهاد نفسه أثناء الممارسة، وخاصة للمبتدئين منهم. ولهذا يتم عند وصفة النشاط البدني للأفراد استخدام ضربات القلب المستهدفة (Target heart rate)، وهي المدى من ضربات القلب التي ينبغي ممارسة النشاط البدني عندها (أي ليس عند أقل منها، وبدون تجاوزها بشكل ملحوظ). فانخفاض ضربات القلب دون مستوى ضربات القلب المستهدفة يعني عدم الحصول على الفائدة الصحية المثلى (أو الفائدة المرجوة من التدريب بالنسبة للرياضي)، كما أن تجاوز الحد الأعلى لضربات القلب المستهدفة يعني تعريض الممارس للإجهاد غير المرغوب فيه. بمعنى آخر، يمكن القول أن ضربات القلب المستهدفة هي المستوى الأمثل والأمن للممارسة.

ويتم تحديد ضربات القلب المستهدفة تبعاً لمعدل ضربات القلب القصوى، أو بناءً على احتياطي ضربات القلب، وطبقاً للتوصيات العلمية الصادرة من الهيئات الصحية كالكلية الأمريكية للطب الرياضي، فإن ضربات القلب المستهدفة يجب أن لا تقل عن 65% من ضربات القلب القصوى (للمبتدئين يمكن البدء بنسبة 55%) وأن لا تتجاوز معدلات ضربات القلب نسبة 90% من ضربات القلب القصوى. أما كنسبة من احتياطي ضربات القلب فيجب أن لا تقل ضربات القلب عن 50% (للمبتدئين يمكن البدء بنسبة 40%) ولا تزيد عن 85% من احتياطي ضربات القلب.

حساب ضربات القلب المستهدفة بناءً على النسبة من ضربات القلب القصوى:

كمثال توضيحي، لنفترض أن شخصاً عمره 40 سنة ويرغب في ممارسة النشاط البدني الكفيل بتحسين كفاءة القلب والرئتين لديه، فما هي ضربات قلبه المستهدفة طبقاً للنسبة من ضربات قلبه القصوى؟ يتم أولاً قياس ضربات قلبه القصوى أثناء جهد بدني أقصى أو تقديرها من خلال العمر باستخدام أي من المعادلتين التنبؤيتين التاليتين:

$$\text{ضربات القلب القصوى} = 220 - \text{العمر بالسنوات}$$

أو : ضربات القلب القصوى = 208 - (0.7 × العمر بالسنوات).

والمعادلة الثانية، والتي نُشرت في عام 200م، ثبت أنها أكثر دقة في تقدير معدل ضربات القلب القصوى من المعادلة الأولى المعروفة منذ زمن طويل (وهي: 220 - العمر)، كما أن نتائج دراسة نُشرت حديثاً قامت بتحليل بيانات ضربات القلب القصوى طويلاً، أكّدت على أن المعادلة القديمة (220- العمر) تزيد من تقدير ضربات القلب القصوى (Overestimate) للأشخاص دون عمر 40 سنة، وتنقص من تقدير ضربات القلب القصوى (Underestimate) لمن هم فوق 40 سنة، وتؤيد تلك الدراسة استخدام معادلة تاناكا وزملاءه (أي المعادلة الثانية) لتقدير معدل ضربات القلب القصوى، ولقد توصلت تلك الدراسة أيضاً إلى معادلة تقديرية خطية مشابهة إلى حد كبير لمعادلة تاناكا وزملاءه، وهي على النحو التالي:

ضربات القلب القصوى (ضربة في الدقيقة) = 206.9 - (0.67 × العمر بالسنوات)

علماً بأن عملية تقدير معدل ضربات القلب القصوى باستخدام المعادلات السابقة الذكر لا تصلح لتقدير ضربات القلب القصوى لدى مرضى القلب الذين يستخدمون أدوية مثبطات بيتا كما اشرنا إلى ذلك سابقاً، نظراً لأن هذه الأدوية تخفض من معدل ضربات القلب في الراحة وفي الجهد البدني الأقصى وما دون الأقصى.

وبناءً على نتيجة المثال السابق، فإن تقدير ضربات قلبه القصوى عن طريق معادلة (220 - العمر بالسنوات) أظهر أنها تبلغ 180 ضربة في الدقيقة. نقوم بعد ذلك بحساب الحد الأدنى من ضربات قلبه المستهدفة كالتالي:

$$65\% \times 180 = 117 \text{ ضربة في الدقيقة.}$$

ثم نختار نسبة 10% فوق هذا الحد، أي 75%، ونحسب الحد الأعلى لضربات القلب المستهدفة على النحو التالي:

$$75\% \times 180 = 135 \text{ ضربة في الدقيقة.}$$

لاحظ أن كلا الحدين الأدنى والأعلى لضربات القلب المستهدفة هما ضمن الحدود الموصى بها (65% - 90% من ضربات القلب القصوى). وعليه، فإن ضربات القلب المستهدفة لهذا الشخص هي بين 117 و 135 ضربة في الدقيقة، أي أن عليه ممارسة نشاط بدني عند مستوى من الشدة تقود إلى رفع ضربات قلبه إلى 117 ضربة في الدقيقة أو أكثر، على أن لا تتجاوز 135 ضربة في الدقيقة.

حساب ضربات القلب المستهدفة بناءً على النسبة من احتياطي ضربات القلب:

يتم أولاً حساب احتياطي ضربات القلب على النحو التالي:

احتياطي ضربات القلب = ضربات القلب القصوى - ضربات القلب في الراحة

ويتم بعد ذلك ضرب النسبة المستهدفة في مقدر احتياطي ضربات القلب ثم إضافة معدل ضربات القلب في الراحة إلى الناتج لنحصل على ضربات القلب المستهدفة، وفي حالة استخدامنا المثال السابق مع معرفتنا لمعدل ضربات القلب في الراحة لدى ذلك الشخص على أنها 80 ضربة في الدقيقة، فسيكون حساب 60-70% من احتياطي ضربات القلب كالتالي:

$$\text{احتياطي ضربات القلب} = 180 - 80 = 100 \text{ ضربة في الدقيقة}$$

$$60\% \text{ من احتياطي ضربات القلب} = (100 \times 0.60) + 80 = 140 \text{ ضربة في الدقيقة}$$

$$70\% \text{ من ضربات القلب القصوى} = (100 \times 0.70) + 80 = 150 \text{ ضربة في الدقيقة}$$

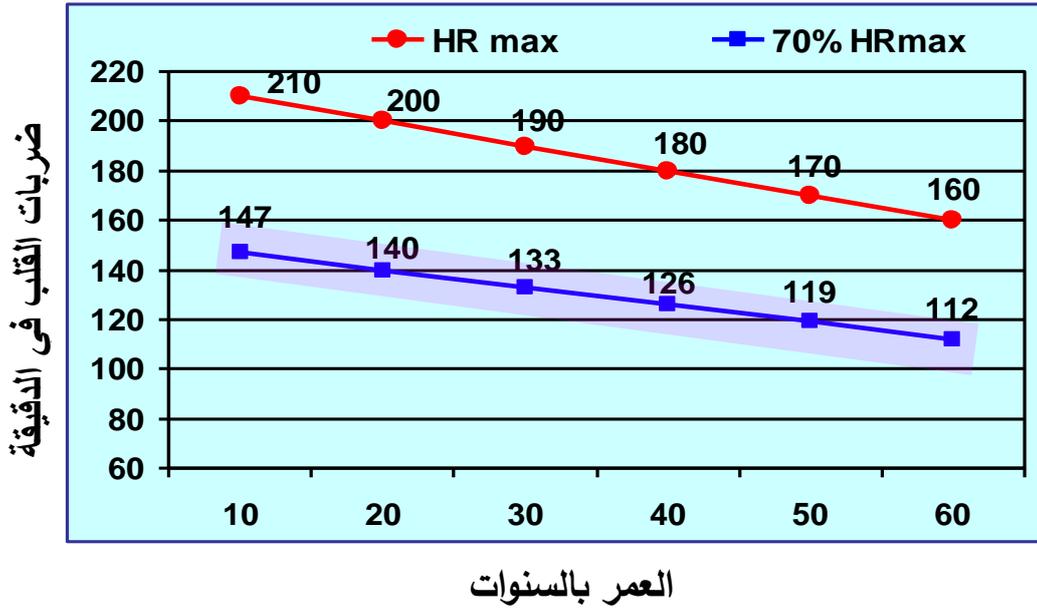
إذاً، تصبح ضربات القلب المستهدفة تتراوح من 140-150 ضربة في الدقيقة.

ويوضح الجدول رقم (7) شدة الجهد البدني تبعاً للنسبة من ضربات القلب القصوى أو من احتياطي ضربات القلب، ويتبين من الجدول أن شدة الجهد البدني المعتدل على سبيل المثال تعادل حوالي 40-60% من احتياطي ضربات القلب، لكن الشدة المعتدلة كنسبة من ضربات القلب القصوى تساوي 64-76%، أما الشدة العالية فتعادل 60-84% من احتياطي ضربات القلب، لكنها تساوي 77-93% كنسبة من ضربات القلب القصوى. وما ذلك الاختلاف إلا نتيجة لأن النسبة من احتياطي ضربات القلب تأخذ في الحسبان ضربات القلب في الراحة. أما الشكل البياني رقم (7) فيوضح معدلات ضربات القلب القصوى تبعاً للعمر بناءً على تقديرها من المعادلة التالية: 220 - العمر بالسنوات، ويظهر في الشكل خط انحداري آخر يمثل ضربات القلب المستهدفة عند 70% من ضربات القلب القصوى.

جدول رقم (7): شدة الجهد البدني تبعاً للنسبة من احتياطي ضربات القلب أو النسبة من ضربات القلب القصوى.

شدة الجهد البدني	النسبة من احتياطي ضربات القلب القصوى	النسبة من ضربات القلب القصوى
خفيف جداً	أقل من 20%	أقل من 50%
خفيف	20-39%	50-63%
معتدل	40-59%	64-76%
عال	60-84%	77-93%
عال جداً	85% فما فوق	94% فما فوق
أقصى	100%	100%

المصدر: Howley E. Med Sci Sports Exerc, 2001.



شكل رقم (7): ضربات القلب القصوى تبعاً للعمر (220-العمر)، ويظهر في الرسم خط انحداري يوازي 70% من ضربات القلب القصوى (اللون الأزرق). الشريط المظلل حول ضربات القلب المستهدفة هو مدى (Range) يمثل 65-75% من ضربات القلب القصوى %.

Lifestyle & Health
Research Center

المصدر: الهزاع، هزاع محمد. فسيولوجيا الجهد البدني: الأسس النظرية والإجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية. دار نشر جامعة الملك سعود: الرياض، 2009.