



12-31-2014

The Application of Age-Predicted Maximal Heart Rate in Acute Myocardial Infarction Patients

Yan-Wen Chen

Yan-Kai Wen

Shyi-Kuen Wu

Chih-Yang Tang

Shin-Tsu Chang

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

Recommended Citation

Chen, Yan-Wen; Wen, Yan-Kai; Wu, Shyi-Kuen; Tang, Chih-Yang; Chang, Shin-Tsu; and Lu, Shin-Shan (2014) "The Application of Age-Predicted Maximal Heart Rate in Acute Myocardial Infarction Patients,"

Rehabilitation Practice and Science: Vol. 42: Iss. 1, Article 1.

DOI: [https://doi.org/10.6315/2014.42\(1\)01](https://doi.org/10.6315/2014.42(1)01)

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol42/iss1/1>

This Review Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact twpmrscore@gmail.com.

The Application of Age-Predicted Maximal Heart Rate in Acute Myocardial Infarction Patients

Authors

Yan-Wen Chen, Yan-Kai Wen, Shyi-Kuen Wu, Chih-Yang Tang, Shin-Tsu Chang, and Shin-Shan Lu

綜說

以年齡預估最大心跳率在急性心肌梗塞病患運用之探討

陳彥文^{1,2} 溫雁凱¹ 吳錫昆³ 唐誌陽² 張幸初^{1,4} 呂欣善²

臺中榮民總醫院復健醫學科¹ 國立台灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班²
弘光科技大學物理治療系³ 國防醫學院醫學系復健醫學科⁴

心率是一個非常便於偵測的數值，可作為監測心臟對運動反應的簡易指標，最大心跳率被廣泛使用於相關疾病族群的臨床診斷、運動耐受度及復健運動處方。傳統最大心跳率預估公式(220-年齡)有較大的誤差(高估或低估)現象，可能無法反應實際的心臟負荷量。心肌梗塞是臨床常見的心臟疾患，心肌梗塞後的運動訓練的安全性及有效性顯得特別重要，特別是運動強度的設定。文獻回顧建議，經由實際檢測之最大心跳率，作為設定運動強度的基礎較為適當。而當實施運動測試的檢測設備欠缺或限制下，發展急性心肌梗塞病患特定最大心跳率預估公式是有其必要性，提供臨床設定運動處方時的替代參考依據。(台灣復健醫誌 2014; 42(1): 1-9)

關鍵詞：最大心跳率(Maximal heart rate)，急性心肌梗塞(Acute myocardial infarction)，運動處方(Exercise prescription)，乙型交感阻斷劑(β -adrenergic blockers)

前 言

心臟復健主要是根據病患個別化的差異，為了因應心臟疾病發生後的身體狀況的改變及功能性的限制，所訂定以運動為主軸的訓練計畫^[1]。心臟復健是臨床心臟疾病照護上重要的一環，從過去一些整合分析文獻結果發現，藉由運動訓練可有效降低罹病後死亡率約 20%至 32%，降低相關危險因子及心肌梗塞復發率，並且可以有效提升病患生活品質^[2,3]。

為了顧及心肌梗塞後運動訓練計畫的安全性及有效性，運動強度如何設定就顯特別重要。設定心肺耐力訓練強度的方法，主要透過最大心跳率(Maximum heart rate)及最大攝氧量(Maximal oxygen consumption)來訂定。要知道患者的最大心跳率，臨床主要透過運動心肺功能測試(Cardiopulmonary exercise test)的實施，利用漸進式增強的生理負荷使病患達到極限運動狀態，實際去測得其最大心跳率，再利用 Karvonen 等人提出的心儲備率(heart rate reserve)公式來設定病

患訓練所需的目標心跳率(target heart rate)。但運動心肺功能測試設備昂貴且非普及使用於臨床醫療單位，在這些臨床環境、經費與設備限制情況下，常見的最大心跳率預估公式(220-年齡)被廣泛的運用來作為強度設定的依據。近十年來，許多學者對此傳統公式的有效性提出質疑。經研究發現，傳統公式對於健康人最大心跳率的預估有較大的誤差(高估或低估)^[4]。部分文獻支持由 Tanaka 等人所發展的預估公式(208-0.7*年齡)比傳統(220-年齡)預估公式更能準確地預估最大心跳率^[5-7]。就急性心肌梗塞或其他心臟疾病的病患而言，持續沿用傳統(220-年齡)預估公式做為運動強度設定的替代依據，可能無法確實反應心臟實際的負荷量。執行的運動強度可能不符預設的強度範圍，不及或超出可能影響病患實施運動的安全性。回顧對以年齡預測最大心跳率公式的文獻，建議應該針對實施的不同特定對象與族群，去發展個別化的預估迴歸公式，比起沿用傳統預估公式更能有效去反應實際的最大心跳率反應^[5,8,9]。

急性心肌梗塞接受臨床經皮冠狀動脈介入性治療

投稿日期：102 年 11 月 12 日 修改日期：103 年 3 月 18 日 接受日期：103 年 4 月 7 日

通訊作者：呂欣善教授，國立台灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班，台中市 404 雙十路一段 16 號

電話：(04) 22213135 轉 1304 E-mail：sslu@ntupes.edu.tw

doi: 10.6315/2014.42(1)01

後，為降低再梗塞發生率及改善病患預後，需配合相關抗缺血藥物的治療，常見的用藥如氮血管擴張劑、乙型腎上腺素接受器阻斷劑(β -adrenergic blockers)、鈣離子通道阻斷劑(Ca^{2+} channel blockers)。乙型腎上腺素接受器阻斷劑又名乙型交感阻斷劑或 β 阻斷劑，美國心臟病學院/美國心臟協會(American College of Cardiology/American Heart Association)曾發表聲明，建議在急性心肌梗塞後，所有病患應當使用乙型交感阻斷劑，所以乙型交感阻斷劑成為當今臨床上治療心肌梗塞後最常見的用藥，可以有效降低心跳率，減少心肌作功率，預防再梗塞的發生^[10]。針對急性心肌梗塞後病患在乙型交感阻斷劑服用與否，最大心跳反應的差異度少有被探討。而本文主要藉由了解以年齡預測最大心跳率公式從健康族群衍生運至心臟疾病患者，討論最大心跳率預估公式的準確性及與實際最大心跳率差異性存在與否來作探究的文獻回顧。

年齡與心跳率反應之相關探討

心臟搏動節律受竇房結控制，調節心肌的收縮速率，其正常神經反應心跳速率為 60-100 下/分鐘，心臟除了自主的節律器外，也容易受自律神經興奮而影響心跳反應。隨著年齡增長，雖然休息心跳率不會受影響，但最大運動心跳率卻隨年齡增加而有下降的趨勢。從 20 歲到 85 歲其最大心跳率可下降最多超出 30%。而最大心跳率的下降，主要取決於心輸出量下降與心臟本身結構改變(如心肌肥大或纖維化)^[11]。此外，部分學者則認為此下降乃因固有心跳率(intrinsic heart rate)降低所造成^[4,12,13]。所謂的固有心跳率，指的是在缺乏自律神經影響下由竇房結產生的自發性心律。從動物研究發現，老化的大白鼠，竇房結功能出現下降趨勢，固有心跳率下降約 $18\pm 3\%$ ，竇房結的動作電位反應時間會增加 $11\pm 3\%$ ，而不僅竇房結功能退化，動作電位傳遞也有延遲的現象。此延遲也可能與心臟傳導纖維及心肌細胞間隙的 Cx43 連結蛋白(Cx43 protein)減少有關^[13]。Collison 等人及 Opthof 等人針對人體研究，從 20 歲至 71 歲的年齡增長，也發現固有心跳率下降(107 下/分鐘降至 69 下/分鐘)趨勢的類似結果^[14]。隨年齡增長，固有心跳率約每十年下降約 5-6 下/分鐘。因為細胞自然凋亡的現象，竇房結的節律細胞到 50 歲時存活約剩下 50-70%，到了 70 歲，節律細胞的存活率更是小於 10%。節律細胞的減少，主要因素可能與脂肪組織、澱粉樣蛋白及膠原組織沉積有關，竇房結本身結構的改變可能使本身節律器生物電流產生與傳導產生延遲，進而影響心肌細胞電氣的活

性^[15,16]。另一方面，心肌興奮-收縮耦聯(Excitation-contraction coupling)反應也是被提出討論的研究重點，認為竇房結的基因表現，會因年齡的增長，其本身的肌漿網內鈣離子釋放活性會隨之降低，並且導致負責鈣離子釋放的主要通道第 2 型止痛裸麥(ryanodine, RYR2)受體作用降低。因此，可能造成心跳率反應降低的原因^[13]。經上述文獻回顧發現，竇房結本身結構與功能上的改變，是造成年齡增長而最大運動心跳率伴隨降低的主要可能原因，因此，人類自律神經系統相對就必須扮演代償作用，藉以維持正常的心跳率反應^[17]。從平均年齡 28 到 72 歲的成年人，施打非選擇性乙型交感阻斷劑的普洛諾錠(propranolol: 0.15 mg/kg IV)，進行劇烈腳踏車運動，發現年老族群比起年輕族群伴隨有較低的最大心跳率及心肌縮收力，而這樣的結果，可能與乙型交感神經接受器反應性降低有關^[18]。此外，年長受測者，在阿托品(atropine)M 蕈毒鹼受器阻斷劑的作用下，心跳率反應性的增加比年輕受測者來得低，顯示交感神經對刺激的興奮性與迷走神經回縮的張力均隨著年齡增加而下降^[19]。總結，隨年齡增長，最大運動心跳率下降的機轉，目前傾向於竇房結本身結構與功能調節的下降及乙型交感神經接受器反應性降低有關，但主要機轉仍未被明確證實，需未來研究作進一步去探討。

急性心肌梗塞後心跳率反應之相關探討

動脈粥樣硬化的病生理過程，心跳率也扮演重要的角色，它是決定心肌缺血的因素，心跳率也被證實是影響缺血性心臟病及鬱血性心衰竭預後的因素並被認為與心臟病罹患者未來出現冠狀動脈風險事件再發率(如斑塊不穩定或破裂)相關聯^[20, 21]。急性心肌梗塞後伴隨交感神經過度活化，腎上腺素接受器過度活化引起諸多惡化動脈粥樣硬化的機制，諸如血流動力學(心跳過速、高血壓、血液粘稠)或代謝反應(高胰島素血症，高血糖，血脂異常)等。休息心跳率的增加，可能造成相關生理的改變，包括:(1)施加於動脈血管壁機械負荷(牽張應力)的大小及時間加劇，影響內皮細胞功能；(2)心室舒張(填充)期時間縮短及整體收縮時間延長易造成血管剪切應力對動脈粥狀硬化斑塊的刺激風險；(3)心肌灌流時間的縮短與心肌耗氧的增加^[21-23]。Stokes 等人指出，心肌梗塞病患休息心跳率(平均每分鐘 78.5 下)比起健康對照組(平均每分鐘 69.5 下)來的高^[24]。另外，Steg 等人追蹤調查涵蓋歐洲、美洲、非洲、中東和亞洲/太平洋地區等 45 個國家，罹患冠心

病(共 33,438 人)後的心跳率反應及疾病控制調查發現,有 44% 休息心跳率每分鐘大於 70 下,有 75% 患者使用 β 阻斷劑。研究發現當每分鐘心跳率大於 70 下者,視為獨立且有較高且嚴重程度心絞痛的發生率,證據顯示,無使用降心跳率用藥者,亦有較高的風險出現心肌缺血^[20]。類似的結果在 Heidland 等人研究中也提到,休息心跳率超過每分鐘大於 80 下者與血中斑塊發生破裂情況呈正相關,而與使用 β 阻斷劑呈負相關^[25]。心肌梗塞後心跳率的變化除較高的休息心跳率外,相對在運動時有較低的最大心跳率反應,造成達無氧閾值時或達最大運動極限時其攝氧量均相對比健康成年人來的低^[26]。在達最大運動極限下存在相對較低的心跳反應,稱之為節律性不足(chronotropic incompetence)。一般當執行運動心肺功能測試時其最大心跳率未達 85% 的年齡預估最大心跳率者即定義為節律性不足^[27]。在心肌梗塞後受交感神經過度活化的影響,造成有較高的休息心跳率及較低的最大心跳率反應,促使病患有較低的最大攝氧量及運動耐受度不佳的情形。節律性不足患者據研究發現比起沒有節律性不足現象的患者有較差的運動耐受度^[28]。Hsu 等人研究發現,經由為期 3 個月的有氧運動訓練可以改善節律性不足患者的運動耐受度(最大攝氧量增加 28.7%)及最大心跳率(改善 13%),且 61% 節律性不足患者其最大心跳率可回復至正常(大於 85% 的年齡預測最大心跳率)範圍^[26]。節律性不足患者經運動訓練可達到無節律性不足問題者的功能活動程度,說明適當的治療心跳過快及監測運動心跳反應,配合個別化運動訓練介入,可有效的改善心肌梗塞患者長期預後與死亡率。總結,當心肌的氧氣需求量大過於供給量,可能造成心肌缺血或不可逆的損傷,而心跳率是決定心肌耗氧量及心肌血液供給的重要控制因子。不論是健康成人或心臟疾患者,常見以心跳作為心肺適能的運動強度的監測參數,對心肌梗塞病患而言,如何在不造成心肌供需失衡的狀態下,以適當心跳率來設定運動訓練的強度,對患者運動訓練的安全性及成效特別顯得重要。

乙型交感阻斷劑對心跳率影響之 相關探討

交感神經具兩種型態的神經突觸接受器,為 α 接受器及 β 接受器, α 接受器主要在動脈端,興奮使血管收縮, β 接受器多分布在心臟,興奮使心跳加速及心臟收縮增強,支氣管平滑肌受器則促使氣管舒張^[29]。當交感神經受刺激,會刺激心跳加速及心肌收縮增強,相對其心肌耗氧量隨之增加,對於心肌梗塞患者,乙

型交感阻斷劑是常見的使用藥物,降低心臟做功,藉以改善心肌缺血現象。

乙型交感阻斷劑的使用效果早在西元 1960 年間研究被提出發表,發現對心肌梗塞患者具有二級預防效果(降低 23-28% 再梗塞率)及降低約 19-48% 的死亡率^[30]。1990 年美國心臟病學院/美國心臟協會提出第一個臨床指引,在剔除乙型交感阻斷劑禁忌者(如心衰竭、糖尿病、間歇性跛行、慢性阻塞性肺部疾病及老年人等)外,建議基本上所有心肌梗塞(ST 段上升之心肌梗塞/非 ST 段上升之心肌梗塞)後患者需給予乙型交感阻斷劑治療^[10]。乙型交感阻斷劑目前已成為治療心血管疾病最常用的處方藥物,而乙型交感阻斷劑主要為抑制 β 腎上腺接受器,直接且最明顯的效應即為降低心跳率。早期研究也指出除了會降低最大心跳率,在次大量運動時明顯降低心跳率約 20-30%。但最大心跳率的百分比與最大攝氧量百分比相關性不受影響^[31-33]。

在不同年齡族群,針對非選擇性乙型交感阻斷劑(propranolol)使用對最大心跳率的影響,在 Fleg 等人研究中發現,施打乙型交感阻斷劑後,在 30 歲年齡層族群最大心跳約每分鐘降低 44 下的變化,而年齡 70 歲者則每分鐘降低約 18 下。給予乙型交感阻斷劑對其最大心跳率變化的立即反應,年輕人比年長者來的明顯,休息心跳率則無顯著差異^[12,18]。而導致乙型交感阻斷劑使用在不同年齡層對最大心跳率下降的差異性,主要原因認為與年長者的 β 腎上腺素接受器反應性(responsivity)降低有關。Brawner 等人針對冠狀動脈疾病(40-80 歲)並存乙型交感阻斷劑使用患者,進行運動心肺功能測試,研究發現有服用乙型交感阻斷劑者的最大心跳率比未服用乙型交感阻斷劑者約每分鐘低 20 下^[9]。上述乙型交感阻斷劑使用與否或服用者年齡層的差別,對心跳率的影響均具顯著差異,而針對心肌梗塞後病患早期服用乙型交感阻斷劑與否對最大心跳率的影響,臨床上則少有研究進一步作探討。

以年齡預估最大心跳率公式之 相關探討

心跳率可以說是一個非常容易測量的心血管測量數值,可作為監測心臟對運動反應的簡易指標^[34]。而最大心跳率在臨床診斷、運動心肺功能測試及相關族群復健運動訓練處方上被廣泛使用且方便監測。能否準確地量測或估算最大心跳率將是決定有氧耐受度及運動訓練計畫能否獲得成效的關鍵。最大心跳率的定義是透過身體承受遞增性的負荷做功,當身體達到極限程度時其最高的心跳率^[8]。最大心跳率做為運動訓

練強度依據主要透過最大心跳率的百分比或最大心跳率儲備率百分比來設定目標心跳率來完成^[35,36]。

現今臨床評估相關疾病族群的最大心肺適能、心血管疾病風險、診斷與運動訓練處方設定依據，主要是透過運動心肺功能測試來評估。藉檢測個案達自主運動極限下之最大攝氧量，來代表個案之最大運動耐受度單一指標。當身體負荷作功持續增加，最大攝氧量卻無法上升時的心跳率即定義為最大運動心跳率。測得最大運動心跳率，可作為設定運動訓練的強度依據。但相關臨床醫療單位或健康事業單位不見得都能具備完善的運動心肺功能測試設備。在這些專業施測人才與設備限制的環境，運動心肺功能測試的施測並不可行，而往往普遍以年齡預估最大心跳率公式作為病患運動強度的設定依據^[4, 8]。

以年齡作為預估最大心跳率的公式備受重視與廣泛運用。從過去至今仍最被推崇的預估公式，是在 1970 年由 Fox 及 Haskell 兩位學者提出，他們認為年齡與最大心跳率成負相關變化，並提出(220-年齡)最大心跳率預估公式，公式主要是作者回顧(非原創性研究)早年探討有關身體活動與心跳率間相關的研究報告，從少數十一篇以男性為主要的研究數據作出的建議，試圖提供心血管疾病患者適切的運動指導方針^[5,34,37]。歷經四十幾年，這預估公式被許多專業領域(諸如運動生理、運動醫學、復健醫學等)所廣泛使用，且在相關教科書中可視為預估最大心跳率的指標性公式，但對於作者所提出(220-年齡)的原創性研究過程竟也無法正確解析^[38]。然而，Karvonen 學者早在 1957 年提出的心跳儲備率概念，即為(最大心跳率-休息心跳率)，西元 2000 年美國運動醫學會(American College of Sports Medicine)也將(220-年齡)預估公式藉以作為健康促進及心肺復健運動處方的訓練強度設定依據。其次，最大心跳率也被廣泛地用於測定最大有氧耐受能力(maximal aerobic capacity)時確認個案是否到達最大運動耐受極限的判定標準^[4]。在一些臨床設置上，進行次大量運動心肺功能測試(submaximal exercise test)時，當受試者達到年齡預測最大心跳率一定比例(達 85% 的最大心跳率)時被視為已達最大努力並作為終止測試的依據標準^[39]。市面上幾乎所有運動心肺功能測試相關設備，內建最大心跳率的常模均以(220-年齡)公式作為原始設定基準。上述可以了解傳統(220-年齡)預估公式，至今可被視為傳奇性的最大心跳率預估公式^[34]。具歷史背景且被廣泛使用的(220-年齡)預估公式，在了解本身是由少數文獻回顧產生之估算結果，其公式預估的有效性備受許多學者提出相關檢驗與質疑，希望透過實際最大心跳率測量來檢驗其傳統公式對於個體

運動最大心跳率的預估效果。一些文獻研究顯示，最大心跳率預估公式和實際最大心跳率有良好的相關性，而在另一些國家的研究卻發現兩者相關性卻顯得較薄弱^[4,5,7,8,35,40-42]。這些學者將這些結果部分歸因於實驗條件差異(如人口資料的類型，樣本數不足，和不同的評估步驟及設備進行分析與測力計使用)所造成。Tanaka 等人結合系統整合分析及實驗室交叉試驗的研究數據顯示，不論性別差異，最大心跳數與年齡呈現強烈負相關($r=-0.90$)，最大心跳率隨年齡增加而下降。研究發展新預估最大心跳率的迴歸公式為(208-0.7*年齡)，公式明顯與傳統(220-年齡)預估公式不同(標準差約每分鐘 10 下)。從兩公式比較發現，40 歲約為分界年齡，小於 40 歲者傳統公式明顯高估實際最大心跳率，反之，大於 40 歲者其傳統公式明顯低估實際最大心跳率，而老年人(預估心跳誤差可能超過每分鐘 20 下)低估現象更是顯著^[4]。此研究發表之後，許多學者陸續針對 Tanaka 提出(208-0.7*年齡)與傳統 220-年齡公式進行檢驗，Camarda 等人從 2047 位坐式生活的參與者(平均 12 至 69 歲)的運動心肺功能測試數據發現，實際測得心跳率與 Fox 公式、Tanaka 公式的預估心跳率比較，實際最大心跳率與 Fox、Tanaka 兩預估公式心跳率有顯著差異^[41]。Valter 等人也針對 Tanaka 等人所發現傳統公式對老年人最大心跳率預估存在低估的現象，對巴西當地老年女性(平均年齡 67.1±5.16 歲)進行檢測，研究發現，兩種預估公式均明顯高估參與者的實際最大心跳率^[43]。在縱向研究(longitudinal modeling)中，長期追蹤 132 位(27 至 78 歲)參與者，追蹤 25 年間，實施總共約 908 人次的運動心肺功能測試結果發現，發展出的(207-0.7*年齡)最大心跳率預估公式，明顯與傳統(220-年齡)公式不同，文獻支持 Tanaka 學者的發現，(220-年齡)公式，研究發展出的迴歸公式(207-0.7*年齡)與目前認為較為準確預測的最大心跳率公式(208-0.7*年齡)兩者非常相似^[5]。而這樣的看法也在其他的研究發表備受支持^[6-8,44-47]。

由上述相關文獻回顧顯示，對於傳統(220-年齡)預估公式運用的有效性探討，(220-年齡)預估公式依據年齡層的分佈差異，對於實際最大心跳率的預估存在著高估或低估的現象，年齡越大其公式預估的誤差就越大(可能每分鐘>20 下)，這也反映傳統公式的預估數值可能無法趨近於實際最大心跳率的表現。如果沿用(220-年齡)預估公式作為臨床心肺復健之運動強度的設定依據，可能導致訓練強度不足或過度，超出原設定的目標訓練強度，因此，可能造成心血管系統的過度負荷，對於病患的訓練安全性實為堪慮。

性別、身體活動程度及身體質量等變異數值在年

齡預估最大心跳率相關研究中，被檢視對其心跳率變化的影響，Tanaka 等人研究發現，最大心跳率迴歸公式在男、女及身體活動程度(坐式生活與運動習慣)差異上並無顯著性差異。而這樣的結果在其他研究也被證實。Nes 等人研究指出，平均年齡約 19 到 89 歲的健康成人(1726 位男性及 1594 位女性)，隨著年齡增加在最

大心跳率下降情形與性別、身體活動程度、吸菸、BMI 間的交互作用未顯著。且年齡與最大攝氧量交互作用在性別間也未達顯著差異(P=0.19)^[4,5,8]。這也說明過去一直藉單一年齡變項來預估最大心跳率公式被廣泛運用原因。(相關文獻提出迴歸最大心跳率預測公式比較，如表 1)

表 1 以年齡預測最大心跳相關文獻探討

作者(年代)	受測者族群	收案人數	研究模式	比較先前預測公式	新迴歸最大心跳預測公式	標準誤差值	主要結果
Whaley 1992 ⁴¹	健康成人 年齡(14-77 歲)	n:2010 (男:1256/女:754)	橫斷分析/性別特 異性迴歸分析	220-age	214-0.8*年齡(男性) 209-0.7*年齡(女性)	10.2(分鐘/下)	針對老年人，220-年齡方程式出現低估 HRmax 現象。
Fairbairn 1994 ⁴⁵	健康成人 年齡(20-80 歲)	n:426 (男:231/女:231)	橫斷分析/多變項 線性迴歸分析	N/A	207-0.8*年齡(男性) 209-0.9*年齡(女性)	男/女(26/23)	新公式可以有效預估男女 HRmax 且性別間未達顯著差異。
Tanaka 2001 ⁴	健康成人 年齡(18-81 歲)	(統)n:18712/(實) n:514(男:237/ 女:277)	統合分析與實驗 室檢測進行交叉 試驗，執行多變項 線性迴歸分析	220-age	208-0.7*年齡	10	1.220-年齡方程式明顯低估中老年人 HRmax，可能無法反應真實心臟負荷水準。 2.性別及身體活動程度差異對 HRmax 預估之影響未達顯著差異。
Brawner 2004 ⁹	CAD 患者 年齡(40-80 歲)	n:462 (NoBB:128/BB:334)	橫斷分析/多變項 線性迴歸分析	220-age	164-0.7*年齡	18	1.實際 HRmax 與預估 HRmax 顯著差異(高估約 40 下/分鐘)。 2.新迴歸公式有效預估 CAD 且服用 BB 患者的 HRmax。
Valter 2007 ⁴²	健康老年人 年齡(61-81 歲)	n:93(女)	橫斷分析 /ANOVA/皮爾森 關係係數分析	220-age 208-0.7*age	N/A	N/A	1.Fox 與 Tanaka 方程式明顯高估實際 HRmax(p < 0.001)，平均差異(7.4 與 15.5 下/分鐘)。
Faff 2007 ⁴⁶	運動員 年齡(13-31 歲)	n:2769 (男:1589/女:1180)	橫斷分析/多變項線 性迴歸分析/皮爾森 關係係數分析	220-age	208.5-0.8*年齡	10.9	Fox 傳統公式明顯高估實際 HRmax，不同測力器實施在 HRmax 表現可能造成差異。縱向研究結果支持 Tanaka 提出公式比 Fox 傳統公式準確預估 HRmax。
Gellish 2007 ⁵	健康成人 年齡(30-75 歲)	n:132 (男:100/女:32)	縱向分析(長期追蹤 同一人約 25 年)多 變項線性迴歸分析	220-年齡	207-0.7*年齡	8	實際 HRmax 和 Fox 和 Tanaka 方程式心跳數均具很好相關性(r=0.72)。
Sérgio 2008 ⁴⁰	坐式生活成人 年齡 12-69 歲)	n:2047 (男:1091/女:956)	橫斷分析/皮爾森 關係係數分析/配 對樣本 t 檢定	220-年齡 208-0.7*年齡	N/A	N/A	縱向研究結果顯示，Fox 與 Tanaka 預估公式會高估實際 HRmax。
Zhu 2010 ³⁴	健康成人 年齡(18-50 歲)	n:1574	縱向分析(長期追蹤 同一人約 20 年)多 變項線性迴歸分析	220-年齡 208-0.7*年齡	199-0.63*年齡	N/A	研究結果支持 Tanaka 公式較準確預估 HRmax。但個案差異仍顯著存在。
Mahon 2010 ⁶	健康青少年 年齡(7-17 歲)	n:52 (男:31/女:21)	橫斷分析/配對樣 本 t 檢定	220-年齡 208-0.7*年齡	N/A	N/A	1.Fox 傳統公式明顯高估實際 HRmax。2.Tanaka 公式較有效預估青少年實際 HRmax。
Machado 2011 ⁷	健康青少年 年齡(10-16 歲)	n:69(男)	橫斷分析 /ANOVA/皮爾森 關係係數分析	220-年齡 208-0.7*年齡	N/A	N/A	1.小於 30 歲者，兩公式均明顯高估實際 HRmax。 2.HRmax 與性別、身體活動程度、抽菸、VO2Peak 及 BMI 交互作用不顯著，建議以年齡預估 HRmax 是可行的。
Nes 2012 ⁸	健康成人 年齡(19-89 歲)	n:3320 (男:1726/女:1594)	橫斷分析/多變項 線性迴歸分析	220-年齡 208-0.7*年齡	211-0.64*年齡	10.8	

n=人數;HRmax=最大心跳數;VO2Peak=最大攝氧量;BMI=身體質量指數;CAD=冠狀動脈血管疾病;NoBB=未服用乙型交感阻斷劑;BB=服用乙型交感阻斷劑

急性心肌梗塞病人接受經皮冠狀動脈介入術(PTCA)治療後，心臟復健的實施主要依據病人的病情及體能狀況，藉由個別化運動計畫的擬訂與實施，安全有效的方法促進心肺耐力，修正高血壓、高血糖、高血脂及坐式不活動的生活方式等危險因子危害的程度，提升生活品質與恢復工作的自信心^[1]。在兩篇系統性回顧文獻指出，提供心臟復健訓練之缺血性心臟病患者可以有效降低總死亡率(27%)及心血管死亡率(31%)，並且合併運動為主軸的心臟復健計畫比起單一醫療照護者可獲得更佳的生活品質^[48,49]。這顯示在心肌梗塞後提供病患完善的個別化運動計畫是重要的，而運動訓練的有效性，其中一個很重要的決定因子即為運動訓練強度，臨床對於心肌梗塞病患實施運動訓練時，強度依據仍以運動目標心跳率監測作為基礎，因為心跳率是一個直接且簡單測量的心血管生理反應的指標參數。美國運動醫學會所提出的運動強度建議如最大心跳率的百分比或最大心跳儲備率百分比來設定訓練目標心跳率，最大心跳率值是主要考量因素^[50]。臨床最大心跳率的測定主要需透過執行運動心肺功能測試來檢測，但運動心肺功能測試設備昂貴或設置限制，無法普及於各地區醫院來實施，傳統(220-年齡)公式仍常用作為簡易心臟復健運動強度的設定依據。以運用的適當性而論，實證文獻發現傳統(220-年齡)公式對健康人最大心跳率預估存在誤差性的問題，心肌梗塞後病人有心跳節律性不足的反應及最大心跳率降低情形，再加上控制心跳用藥(常見為乙型交感阻斷劑)的使用，為提供病患一個安全且有效的訓練計劃，替代性使用傳統(220-年齡)公式作為設定運動強度的適當性可視為臨床重要議題，但臨床實證基礎尚未被明確的證實。

臨床實施運動心肺功能測試時，評估心臟病患者是否達最大運動耐受程度常以預估最大心跳率公式(220-年齡)作為基準(達 85% 預估最大心跳率)，但傳統預估公式主要以少數個案為基礎建構，對心血管疾病及服用乙型交感阻斷劑患者運用適切性及有效性無法被確認。Brawner 等人針對(平均 40-80 歲)服用乙型交感阻斷劑之缺血性心臟病患者，檢測運動最大心跳率反應，研究結果發現，(220-年齡)預測公式與實際最大心跳率有顯著差異(兩公式預估誤差約每分鐘 40 下)，明顯高估實際最大心跳率，發展最大心跳率公式： $164-0.72 \times \text{年齡}$ ，具較小的預估誤差(約 -0.4 ± 19 下)，建議新公式能較有效預估缺血性心臟病且服用乙型交感阻斷劑患者之最大心跳率^[51]。儘管文獻針對過去罹患心肌梗塞後患者提出的建議，但文中並未明確記錄其發病至進行測試相距期間長短。而隨著心肌梗塞臨床

治療的進展，住院天數的縮短與病患盡早回歸日常生活，發展此特定族群替代性新預測公式的有效性與運用性，需進一步作探討。如何提供心肌梗塞後早期實施有氧運動訓練，運動強度設定符合趨近於實際心臟負荷的強度預估是特別重要的。

結 論

年齡預測最大心跳率迴歸公式被廣泛運用作為運動強度設定的依據，目前少有文獻以急性心肌梗塞患者為對象，進行相關最大心跳率預估之探討。文獻回顧資料顯示，傳統(220-年齡)預估最大心跳率明顯高估實際最大心跳率，沿用傳統(220-年齡)預估公式作為運動訓練強度之依據，可能會造成病患訓練強度超出原設定強度範圍。本文建議， $(164-0.72 \times \text{年齡})$ 預估公式較傳統(220-年齡)公式更能有效預估缺血性心臟病患者之最大心跳率。儘管如此，仍需進一步去發展急性心肌梗塞患者的最大心跳率迴歸預估公式，藉以提供訂定此特定族群的個別化運動強度之重要參考基礎。

參考文獻

1. 賴金鑫、林昀毅、李啓明等：急性 ST 節段升高之心肌梗塞患者第一期心臟復健。台灣復健醫學雜誌 2012;40:25-33。
2. Heran BS, Chen JMH, Ebrahim S, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. Cochrane Database of Systematic Reviews;2011:1-92.
3. Jolliffe JA, Rees K, Taylor RRS, et al. Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. Cochrane Database of Systematic Reviews 2009:1-62.
4. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001;37:153-6.
5. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, et al. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. Med Sci Sports Exerc 2007;39:822-9.
6. Mahon AD, Denadai BS. Evaluating the prediction of maximal heart rate in children and adolescents. Res Q Exerc Sport 2010;81: 466-71.
7. Machado FA, Denadai BS. Validity of Maximum Heart Rate Prediction Equations for Children and Adolescents. Arq Bras Cardiol 2011;97:136-140.

8. Nes BM, Janszky I, Wisløff U, et al. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23:697-704.
9. Brawner CA, Clinton A, Jonathan K, et al. Predicting maximum heart rate among patients with coronary heart disease receiving beta-adrenergic blockade therapy. *Am Heart J* 2004;148:910-4.
10. Stoschitzky K. Beta-blockers in acute coronary syndrome. *Cardiology* 2010;115:170-1.
11. North BJ, Sinclair DA. The intersection between aging and cardiovascular disease. *Circ Res* 2012;110:1097-108.
12. Christou DD, Seals DR. Decreased maximal heart rate with aging is related to reduced b-adrenergic responsiveness but is largely explained by a reduction in intrinsic heart rate. *J Appl Physiol* 2008;105:24-9.
13. Tellez JO, McZewski M, Yanni J, et al. Ageing-dependent remodelling of ion channel and Ca²⁺ clock genes underlying sino-atrial node pacemaking. *Exp Physiol* 2011;96:1163-78.
14. Jones SA, Lancaster MK, Boyett MR. Ageing-related changes of connexins and conduction within the sinoatrial node. *J Physiol* 2004;560:429-37.
15. Cheitlin MD. Cardiovascular Physiology-Changes With Aging. *AJGC* 2003;12:9-13.
16. Apostolos K, Lazaros G, Tsiachris D, et al. Aging and the Cardiovascular System. *Hellenic J Cardiol* 2010;51:421-7.
17. Ophhof T. The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovascular Research* 2000;45:177-84.
18. Fleg JL, Schulman S, O'Connor F, et al. Effects of acute beta-adrenergic receptor blockade on age-associated changes in cardiovascular performance during dynamic exercise. *Circulation* 1994;90:2333-41.
19. Stratton JR, Levy WC, Caldwell JH, et al. Effects of aging on cardiovascular responses to parasympathetic withdrawal. *Journal of the American College of Cardiology* 2003;41:2077-83.
20. Steg PG, Ferrari R, Ford I, et al. Heart rate and use of beta-blockers in stable outpatients with coronary artery disease. *PLoS One* 2012;7:362-84.
21. Orso F, Baldasseroni S, Maggioni AP. Heart rate in coronary syndromes and heart failure. *Prog Cardiovasc Dis* 2009;52:38-45.
22. Parodi G, Bellandi B, Valenti R, et al. Heart rate as an independent prognostic risk factor in patients with acute myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Atherosclerosis* 2010;211:255-9.
23. Giannoglou GD, Chatzizisis YS, Zamboulis C. et al. Elevated heart rate and atherosclerosis: an overview of the pathogenetic mechanisms. *Int J Cardiol* 2008;126:302-12.
24. Singh BN. Increased heart rate as a risk factor for cardiovascular disease. *European Heart Journal* 200;35:G3-G9.
25. Heidland UE, Strauer BE. Left Ventricular Muscle Mass and Elevated Heart Rate Are Associated With Coronary Plaque Disruption. *Circulation* 2001; 104:1477-82.
26. Hsu CJ, Chen SY, Lan C, et al. Exercise Training May Enhance Functional Capacity and Improve Heart Rate Impairment in Coronary Artery Disease Patients with Chronotropic Incompetence *TJPMR* 2007;35:189-96.
27. Brubaker PH, and Kitzman DW. Chronotropic Incompetence and Management. *Circulation* 2011;123:1010-20.
28. Meine M, Achteлик M, Hexamer M, et al. Assessment of the Chronotropic Response at the Anaerobic Threshold: An Objective Measure of Chronotropic Function. *PACE* 2000;23:1457-67.
29. 吳英黛：呼吸循環系統物理治療基礎實務。三版。台北：金名圖書有限公司；2010。p88-90。
30. Everly MJ, Heaton PC, Cluxton RJ. Beta-blocker underuse in secondary prevention of myocardial infarction. *Ann Pharmacother* 2004;38:286-93.
31. Eston RG, Thompson M. Use of ratings of perceived exertion for predicting maximal work rate and prescribing exercise intensity in patients taking atenolol. *Brjr Sports Med* 1997;31: 114-9.
32. Freemantle N, Cleland J, Young P, et al. β Blockade after myocardial infarction: systematic review and meta regression analysis. *BMJ* 1999;318:1730-7.
33. Gottlieb SS, McCarter RJ, Vogel RA, et al. Effect of beta-blockade on mortality among high-risk and low-risk patients after myocardial infarction. *N Engl J Med* 1998;339:489-97.

34. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the “HRmax=220-age”. *Journal of Exercise Physiologyonline* 2002;5:1-10.
35. Zhu N, Suarez J , Sidney S, et al. Longitudinal examination of age-predicted symptom-limited exercise maximum HR. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1519-27.
36. Karavirta L, Tulppo MP, Nyman K, et al. Estimation of maximal heart rate using the relationship between heart rate variability and exercise intensity in 40-67 years old men. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:25-32.
37. Fox SM, Haskell IL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* 1971;3:404-32.
38. Franklin BA. American College of Sports Medicine. ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkinss;2000.p.170-1.
39. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing: Summary Article: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Circulation* 2002;106:1883-92.
40. Fleg JL, Morrell CH, Bos AG, et al. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation* 2005;112:674-82.
41. Camarda SRdA, Tebexreni AS , Páfaró CN, et al. Comparison of Maximal Heart Rate Using the Prediction Equations Proposed by Karvonen and Tanaka. *Arq Bras Cardiol* 2008;91:285-8.
42. Whaley MH, Kaminsky KL, Dwyer GB, et al. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Med. Sd. Sports Exerc* 1992;24:1173-9.
43. Silva VAPd, Bottaro M, Justino MA, et al. Maximum heart rate in brazilian elderly women: comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol* 2007;88:314-20.
44. Whaley MH, Kaminsky LA , Dwyer GB, et al. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Med. Sd. Sports Exerc* 1992;24:1173-9.
45. Verschuren O, Maltais DB, Takken T. The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescents. *Dev Med Child Neurol* 2011;53:861-4.
46. Fairbairn MS, Blackie SP, McElvaney NG, et al. Prediction of Heart Rate and Oxygen Uptake During Incremental and Maximal Exercise in Healthy Adults. *Chest* 1994;105:1365-9.
47. Faff J, Sitkowski D, Ładyga M, et al. Maximal heart rate in athletes. *Biol.Sport* 2007;24:129-42.
48. Heran BS, Chen JMH, Ebrahim S, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011;8:1-92.
49. Jolliffe J, Rees K, Taylor RRS, et al. Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2009;1:1-62.
50. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. American College of Sports Medicine. ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed, Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkinss;2010. p.105-11.
51. Brawner CA, Ehrman JK, Schairer JR, et al. Predicting maximum heart rate among patients with coronary heart disease receiving β -adrenergic blockade therapy. *American Heart Journal* 2004;148:910-4.

The Application of Age-Predicted Maximal Heart Rate in Acute Myocardial Infarction Patients

Yan-Wen Chen^{1,2}, Yan-Kai Wen¹, Shyi-Kuen Wu³, Chih-Yang Tang³,
Shin-Tsu Chang^{1,4}, Shin-Shan Lu²

¹ Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Taichung Veterans General Hospital, Taiwan;

² Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Physical Education and Sport,

Taiwan; ³Department of Physical Therapy, Hungkuang University, Taichung, Taiwan;

⁴Department of Physical Medicine and Rehabilitation, School of Medicine, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan

Heart rate is a very simple measurement values, can be used to monitor reaction of the heart to exercise response. The maximum heart rate is widely used for clinical diagnosis, exercise tolerance and exercise prescription for related diseases. The traditional formula for predicting maximum heart rate (220-age) prediction formula has large errors (overestimation or underestimation) phenomenon may overestimate or underestimate heart rate values, and thus may not reflect the actual amount of stress on the heart. Acute myocardial infarction is a common heart disease in the clinical setting. The safety and effectiveness of exercise intensity is particularly important in post-myocardial infarction patients, especially in the setting of exercise intensity. A literature review suggested by the actual that detection of the maximum heart rate as a is an appropriate basis for setting the level of exercise intensity in these patients is more appropriate. When implementing the lack of cardiopulmonary exercise testing detection devices or restricted, it is essential to develop a specific formula to estimate the maximum heart rate estimates formula it is essential in acute myocardial infarction. Providing alternative setting exercise prescription reference in patients of acute myocardial infarction. (Tw J Phys Med Rehabil 2014; 42(1): 1 - 9)

Key Words: Maximum heart rate, Acute myocardial infarction, Exercise prescription, β -adrenergic blockers

Correspondence to: Prof. Shin-Shan Lu, Master Program of Exercise Health Science, and Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Physical Education and Sport, No. 16, Section 1, Shuang-Shih Road, Taichung 404, Taiwan.

Tel : (04) 22213135 ext 1304 E-mail : sslu@ntupes.edu.tw

doi: 10.6315/2014.42(1)01