

# 股四頭肌等速向心/離心運動對正常年青人心肺反應之影響

鄭湘君 吳昇光<sup>1</sup> 高木榮

中國醫藥大學附設醫院 復健部

中國醫藥大學 物理治療系<sup>1</sup>

**目的** 過去有關年輕人等速運動對心血管系統反應之研究測試，大多著重在最大等速向心運動；少數討論到等速向心/離心運動這種方式引起的心血管反應及性別因子是否影響結果。本文主要目的在於探討股四頭肌等速向心/離心運動對於正常年青人心肺反應之影響及性別因子是否影響結果。

**方法** 本實驗受試者共有22名(男性10名，女性12名)，所有受試者先進行最大運動之實驗測試(同時記錄心跳率、血壓、攝氧量、每分鐘換氣量、心跳血壓乘積、脈搏血氧飽和度、氣體交換率、自覺用力指數等)，其次再進行右腳股四頭肌等速向心/離心運動之實驗測試，股四頭肌等速向心/離心運動計畫為分別在角速度60°、120°、180°、240°、240°、180°、120°、60°/s下執行右腳股四頭肌最大等速向心/離心收縮五次，在每次測試速度之間休息30秒，且在每一角速度運動下量測心跳率、血壓、攝氧量、每分鐘換氣量、心跳血壓乘積、氣體交換率等。

**結果** 男女性別在股四頭肌等速向心/離心運動過程中，心跳率、血壓、每分鐘換氣量、攝氧量、心跳血壓乘積、脈搏血氧飽和度及氣體交換率未有顯著差異；收縮壓、舒張壓、心跳率、攝氧量、每分鐘換氣量、心跳血壓乘積、脈搏血氧飽和度和氣體交換率等皆在安全範圍。

**結論** 男、女因子不會影響股四頭肌等速向心/離心運動在心跳率、血壓、攝氧量、氣體交換率等之變化。此股四頭肌等速向心/離心運動計劃中血壓、心跳率、攝氧量、氣體交換率之變化仍屬於安全範圍。在各個角速度時之攝氧量約佔最大攝氧量之7%至43%。運用此等速向心/離心運動計劃於健全年青人在臨床屬有效的肌力訓練與安全適量之心肺刺激。(中台灣醫誌 2005;10 Supplement:S28-36)

36)

## 關鍵詞

血壓，心跳率，等速向心/離心運動，攝氧量，股四頭肌

## 前言

心血管系統受到負荷會反應在運動中的心跳與血壓上。各種型式的運動方式之特定反應是很重要的，因此，運動計畫可以根據不同族群做調整。研究探討阻力運動產生的心血管反應，大多在等長和等張運動下觀察，很少探討等速運動對心血管之影響[1]，對於等速向心/離心運動則更少。過去有關年輕人最大等速運動對心血管系統反應之研究測試，大多著重在等速向心運動[2,3]；只有少數討論到等速向心/離心運動引起的

心血管反應。等速向心/離心運動與等速向心運動和等長收縮運動做比較，等速向心/離心運動只需少量的神經肌肉活動和能量消耗，但卻產生較大的力矩值；在離心收縮時，被動的平行彈性單元與串聯彈性單元增加對力量的影響甚大，而對收縮單元影響相對減小[4]。因此，等速向心/離心運動產生較大的力量和造成較小的血管壓力[5]，可能與上述原因有關。

近三十年來，等速向心和離心運動的觀念被廣泛地運用於臨床病人復健運動與肌力訓練，同樣的國際研究報告與成果甚多，應用於運動項目運動員測試報告也不少，然而這些研究報告主要是以等速向心收縮或等長收縮為主，直至近十餘年來才有更多功能的等速肌力測試儀器逐漸發展

聯絡作者：吳昇光

地址：404台中市北區學士路91號

中國醫藥大學 物理治療系

收文日期：2004年2月9日 修改日期：2004年3月23日

接受日期：2004年9月2日

表一 受試者基本資料表 (N = 22)

測試值	男性 (n = 10)	女性 (n = 12)	全部
	平均數 ± 標準差	平均數 ± 標準差	總平均 ± 標準差
身高 (公分)	169.5 ± 5.6	162.8 ± 5.5	166.2 ± 5.6
體重 (公斤)	59.3 ± 9.6	52.3 ± 7.7	58.6 ± 10.0
年齡 (歲)	22.0 ± 1.5	20.3 ± 1.5	21.0 ± 1.5
體脂肪 (%)	13.8 ± 6.2	20.2 ± 7.2	16.9 ± 6.4

及出現，例如：Biodex，Kin-Com，Lido，SPARK，Cybex6000等，等速離心收縮測試之研究與資料才逐漸增加。由於離心收縮對於動作功能與運動表現有著很大的貢獻，但是過去文獻對於等速離心肌力並未有完整的資料與研究，僅有少數幾篇研究探討等速離心收縮[6,7]。很多文獻證明肌肉離心收縮增加肌力是由於彈性組成收縮組織和非收縮組織一起作用產生，然而肌肉向心收縮增加肌力只有收縮組織的貢獻產生肌力。儘管如此，單純等速向心訓練顯示也使得等速離心的肌力增加[8]，而等速向心訓練使肌肉和關節酸痛程度比等速離心訓練較低，但在高強度的等速離心訓練計畫中學者認為肌肉比較容易發生延遲性酸痛[9]。Overend等學者在2000年，選取40位受試者，年齡23至76歲，分成年輕與老年人兩組，分別以50%之最大向心力矩值執行膝伸直之向心與離心運動各兩分鐘。結果發現等速向心/離心運動得到最大力矩值比等速向心運動大；在兩族群中等速向心運動之心跳率、平均動脈壓和心跳血壓乘積皆比離心運動高。學者亦發現隨著老化現象等速離心運動保留較多的離心肌力且在最大或次大的等速離心運動中對心血管的反應影響較小，因此等速離心運動可能是一種較適合老年人的阻力運動，用來評估、訓練和復健[5]。

以往研究觀察連續等速離心運動對心肺生理反應之影響，多數研究記錄只包括心跳、血壓等幾項基本變數；且受試者人數較少，大都是單一性別。本篇研究探討正常年輕人執行股四頭肌等速伸直彎曲向心/離心運動時受測者的心跳、血壓、每分鐘換氣量、攝氧量、心跳血壓乘積、氣體交換率和脈搏血氧飽和度等變化，並且探討性別在等速向心/離心運動時其心肺生理反應之差異。過去研究未深入考量等速向心/離心運動計畫對心血管反應之安全性與適用性，故本研究強調

股四頭肌等速向心/離心運動對正常年輕人之心血管反應之影響與安全性及性別是否影響其結果。

## 材料與方法

本篇以24名正常年輕男性與女性為受試者，其年齡在18至30歲之間，並在施行正式測驗前進行問卷調查。所有受試者在近半年內未有下肢關節及肌肉之病變及傷害，同時從未有過心臟及肺部之疾病，每位受試者在予以告知實驗目的及流程後，簽署受試同意書，之後在實驗前予以保險；但有兩名男性受試者在研究過程中無法完成整個實驗，所以共有22名受試者完成參與本研究。

二十二名受試者在實驗前先量測身高、體重及利用體脂計量測體脂肪百分比。所有受試者皆需依序經過二個實驗測試程序，首先在研究過程中，受試者先進行最大運動之實驗測試(同時並記錄心跳率、血壓、攝氧量、每分鐘換氣量、氣體交換率、心跳血壓乘積、脈搏血氧飽和度)。第二個實驗測試，進行股四頭肌等速向心/離心運動下心肺反應之實驗測試(同時並記錄心肺參數)。第一個實驗測試與第二個實驗測試至少相隔一週以上。

在最大運動測試方面，氣體分析採用Cortex<sup>®</sup>能量代謝分析系統(MetaMax，Cortex Biophysik GmbH，Germany)，其分析使用之程式為MetaMax<sup>®</sup>，每次使用此系統前皆經過氣體感測器之校正。受試者在腳踏車上進行測驗，以30瓦為暖身運動，執行2分鐘後，每2分鐘增加30瓦，直到受試者無法維持腳踏車速每分鐘60轉為止，再做緩和運動2分鐘，最後休息2分鐘，在測驗同時並戴上面罩及血壓計，手指並套上血氧計測試之手套。在此測試過程中受試者因疲乏無力要求停止後則馬上量測其之心肺參數並記錄。

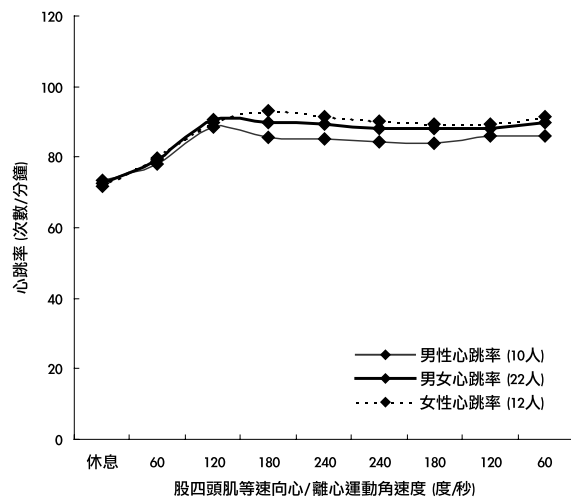
表二 最大運動測試結果 (N = 22)

測試值	男性 (n = 10)	女性 (n = 12)	全部
	平均數 ± 標準差	平均數 ± 標準差	總平均 ± 標準差
心跳率(次數/分鐘)	174.2 ± 24.3	162.7 ± 18.9	168.5 ± 21.6
收縮壓(毫米汞柱)	161.2 ± 21.2	152.1 ± 20.6	156.7 ± 20.9
舒張壓(毫米汞柱)	82.8 ± 19.4	83.4 ± 9.5	83.1 ± 14.5
最大攝氧量(毫升/公斤/分鐘)	37.6 ± 3.5	29.9 ± 3.8	33.6 ± 3.7
心跳血壓乘積	272.0 ± 5.2	239.0 ± 4.1	253.0 ± 4.7
每分鐘換氣量(升/分鐘)	67.4 ± 12.9	45.9 ± 9.7	56.7 ± 11.3
氣體交換率	1.38 ± 0.2	1.31 ± 0.2	1.35 ± 0.2
脈搏血氧飽和度 (%)	97.4 ± 1.4	95.8 ± 3.0	96.6 ± 2.0

在正式股四頭肌等速向心/離心運動測驗前，所有受試者需先進行 10 分鐘熱身運動，熱身運動項目為騎腳踏車活動，其輸出功率固定為 30 瓦，熱身運動後休息五分鐘，然後開始執行股四頭肌等速向心/離心運動。

股四頭肌等速向心/離心運動訓練流程，採用 Kin-Com 500H (Chat-tecx group, Chattanooga, USA) 等速測力機。所設計之股四頭肌等速向心/離心運動計畫，其測試速度依序為角速度 60°、120°、180°、240°、240°、180°、120°、60°/s 下執行右腳股四頭肌最大等速向心/離心收縮各五次共四十次，在每次測試速度之間皆休息 30 秒，在每個角速度正式測試前熱身進行三次最大收縮，以熟悉測試速度。受試者執行股四頭肌等速向心/離心運動是從膝關節彎曲 90° 至 10°，施行此運動計畫時需盡全力且快速。從開始執行熱身運動起，受試者左手綁上量測血壓之固定帶置於固定的把手上使之放鬆且穩定，同時並戴上面罩。休息時就先量測所有心肺參數；設定每完成一角速度就量測所有參數；脈搏血氧飽和度則以血氧計夾在右手食指進行量測。測試過程中，研究者給予受試者口頭鼓勵，一直進行到股四頭肌等速向心/離心運動結束後再觀察 3 分鐘，給予受試者自覺用力指數 (Rate of Perceived Exertion, RPE) 測試後才算完成整個測試。

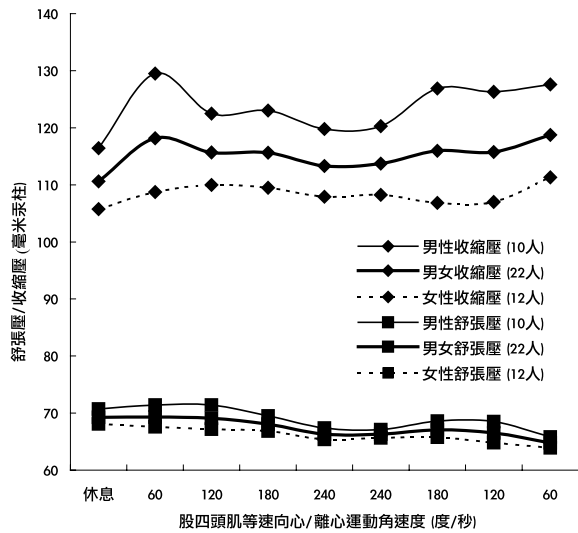
本研究所收集之資料包括：1) 受試者身高、性別、體重、年齡、體脂肪百分比，2) 腳踏車測最大運動測試之心肺參數：心跳率、血壓、攝氧量、每分鐘換氣量、氣體交換率、脈搏血氧飽和度、心跳血壓乘積及自覺用力指數；及 3) 股四頭



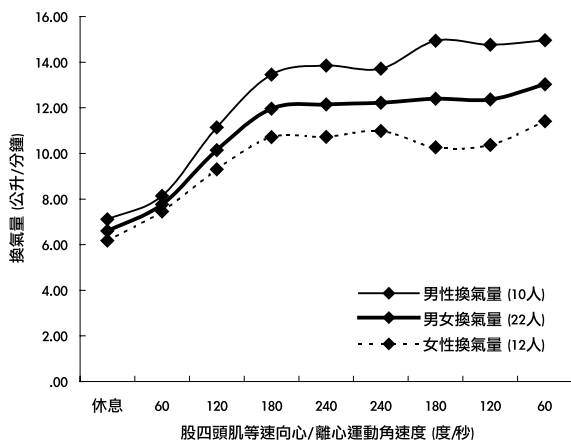
圖一 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之心跳率變化曲線圖。

肌等速向心/離心運動測試前、中、後之心肺參數。

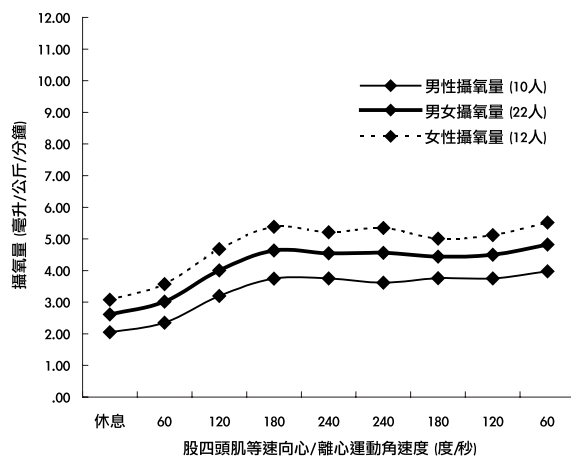
本研究以 SPSS for Window 10.0 (SPSS Inc., 444N Michigan Avenue, Chicago, Illinois 60611) 套裝軟體配合個人電腦進行統計分析，所有數值資料均以平均數和標準差的方式表示；以混合設計重複量數二因子共變數分析 (Two factor mixed type repeated measurement ANCOVA) 分別分析 1) 股四頭肌等速向心/離心運動在八個角速度中心肺參數之有無顯著差異，及 2) 股四頭肌等速向心/離心運動中，男女性別心肺參數之有無顯著差異。所有推論統計之顯著差異皆訂在  $p < 0.05$ 。



圖二 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之血壓變化曲線圖。



圖三 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之換氣量變化曲線圖。

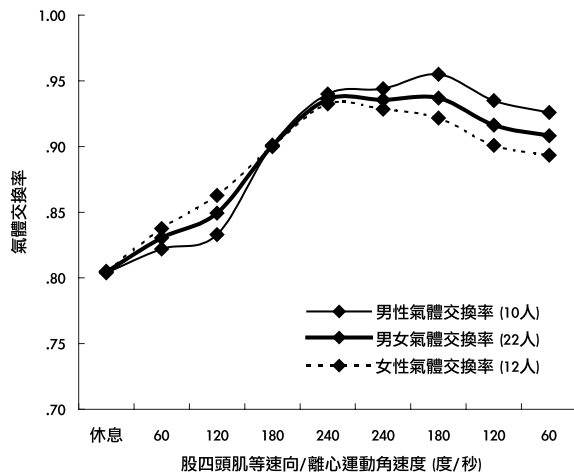


圖四 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之攝氧量變化曲線圖。

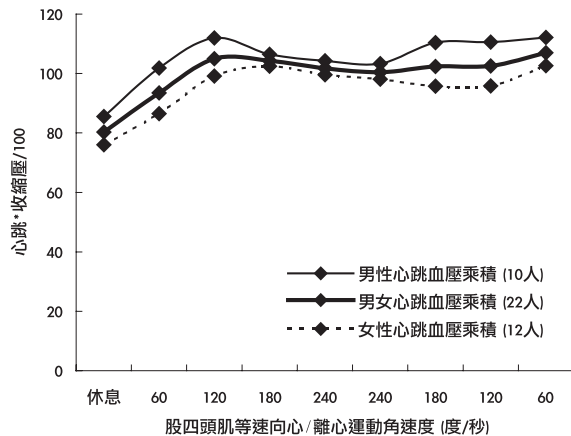
### 結果

二十四位受試者只有22位完成所有測試。利用腳踏車測最大運動測試共有24人，在股四頭肌等速向心/離心運動測試時，其中一人血壓不穩，一人因故未完成股四頭肌等速向心/離心運動測試，所以共有22人符合條件。受試者特性如表一所示，其平均年齡為 $21 \pm 1.7$ 歲，身高 $166.2 \pm 5.6$ 公分，體重 $58.6 \pm 10.0$ 公斤，體脂肪 $16.9 \pm 6.4\%$ 。在最大運動測試結果中如表二所示，男性的心跳率、收縮壓、舒張壓、最大攝氧量、心跳血壓乘積、每分鐘換氣量、氣體交換率和脈搏血氧飽和度等值皆高於女性，但並無統計上的顯著差異。在本實驗的最大運動測試之最大攝氧量男性為37.6毫升/公斤/分鐘，女性為29.9毫升/公斤/分鐘。在本文中最大運動測試所量測之心肺參數與股四頭肌等速向心/離心運動之參數相比較，用來分析等速向心/離心運動與最大運動測試之相關運動強度，藉此觀察出等速向心/離心運動測試對心臟血管所造成之影響。

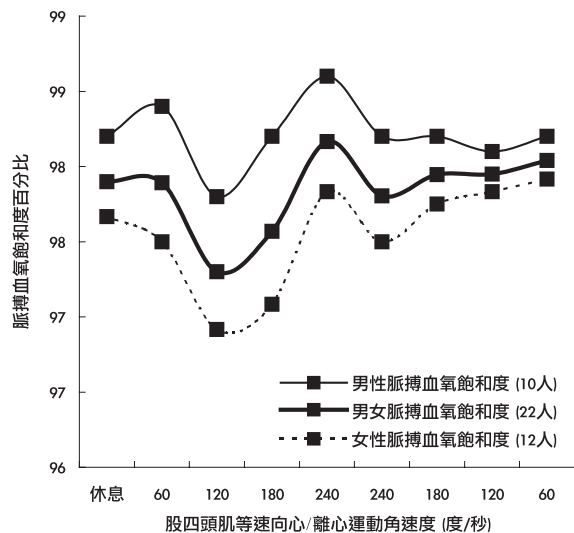
在股四頭肌等速向心/離心運動中，心跳率在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，八個角速度之間只有60-120°/s和120-60°/s之間未有明顯差異。如圖一所示，股四頭肌等速向心/離心運動之心跳率變化圖從休息時至運動計畫結束，僅在休息時至第一次120°/s之曲線變化幅度較大外，整個運動中的心跳率變化曲線漸進平緩，八個角速度間變化幅度小。收縮壓在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，八個角速度之間未有明顯差異，只在240-180°/s有明顯差異。如圖二所示，股四頭肌等速向心/離心運動之收縮壓變化曲線圖，僅在休息時至第一次60°/s之曲線變化幅度較大外，以角速度240°/s為中心左右對稱的圖形。舒張壓在休息時與在八個角速度時統計上未有顯著差異，只有在第一次和第二次240°/s及第二次60°/s有明顯下降差異，八個角速度之間只在180-240°/s和120-60°/s有明顯下降差異，如圖二所示。每分鐘換氣量在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，八個角速度之間只在60-120°/s和120-180°/s有明顯上升差異，如圖三所示。攝氧量在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，八個角速度之間只有60-120°/s、120-180°/s和120-60°/s有明顯上升差異。如圖四所示，等速向心/離心運動之攝



圖五 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之氣體交換率變化曲線圖。



圖六 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之心跳血壓乘積變化曲線圖。



圖七 股四頭肌等速向心/離心運動休息時與八個角速度下之脈搏血氧飽和度變化曲線圖。

氣量變化曲線圖從休息時漸漸上升至第一次 180°/s 之後攝氧量變化曲線圖緩慢下降後趨近水平。氣體交換率在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，只有第一次的 60°/s 和 120°/s 無明顯差異；八個角速度之間未有明顯差異，只有 120-180°/s 和 180-240°/s 有明顯上升差異，如圖五所示。心跳血壓乘積在休息時與在八個角速度時統計上有顯著上升差異，八個角速度之間只有 60-120°/s 有明顯上升差異，如圖六所示。脈搏血氧飽和度在休息時只與在八個角速度時第一次的 120°/s 有顯著下降差異，八個角速度之間未有顯著差異，如圖七所示。

男女性別受試者在股四頭肌等速向心/離心運動過程中，在所有心肺參數中並未有顯著差異；八個角速度之平均收縮壓介於 85-172 毫米汞柱、舒張壓介於 54-90 毫米汞柱、心跳率介於 65-122 次數/分鐘、攝氧量介於 3.3-13.7 毫升/公斤/分鐘、每分鐘換氣量介於 4.5-19.6 毫升/分鐘、心跳血壓乘積介於 64.6-161、氣體交換率介於 0.72-1.04 和脈搏血氧飽和度介於 91% 至 99% 等皆在安全範圍。股四頭肌等速向心/離心運動測試之自覺用力指數為 10 至 13 之間，是介於輕鬆到有點困難。

## 討論

本實驗統計分析上是採用混合設計重複量數二因子共變數分析，實驗中的第一因子是指受試者執行股四頭肌等速向心/離心運動時在八個角速度下的心肺參數，第二因子是指受試者之性別。實驗中的共變量是受試者休息時的心肺參數。由結果可知受試者股四頭肌等速向心/離心運動前與運動中每一角速度的心跳率、收縮壓、攝氧量、每分鐘換氣量、氣體交換率、心跳血壓乘積等值皆有統計上的顯著上升的差異，只有舒張壓、脈搏血氧飽和度等值並無統計上之意義。此結果表示在股四頭肌等速向心/離心運動每一角速度下對心跳率、收縮壓、攝氧量、每分鐘換氣量和氣體交換率等所造成的負荷明顯大於舒張壓和脈搏血氧飽和度上。性別因子不會影響股四頭肌等速向心/離心運動之所有心肺參數的變化。自覺用力指數在股四頭肌等速向心/離心運動時為 11，受試者覺得執行股四頭肌等速向心/離心運動屬於輕微。

在此運動過程中，心跳率最大值為 122 次/

秒, 最大平均值出現在第一次 $120^{\circ}/s$ 時, 心跳率在八個角速度的最大值平均男性為 $102 \pm 3$ 次/分鐘, 女性為 $107 \pm 3$ 次/分鐘, 分別佔最大運動測試之59%與66%。股四頭肌等速向心/離心運動心跳率的變化曲線在第一次 $120^{\circ}/s$ 後曲線漸近平緩, 變化幅度小, 如圖一所示。在過去的文獻[5]探討中提到在運動中心跳率控制是基於主動收縮的肌肉引起化學性(作用於心臟本身)和機械性(骨骼肌變化所產生的間接影響)兩者的輸入(inputs)而改變。由於股四頭肌等速向心/離心運動的運動單元徵召較少, 且肌肉自主活動少, 同時引起迷走神經縮回(withdrawal)反應小; 迷走刺激減少, 交感神經刺激增加。表示運動對交感神經的刺激緩和, 因而減少心臟幫浦的功能和引起一般性血管的收縮, 使心臟輸出量減少, 所以對心跳率之反應影響略小[10]。

股四頭肌等速向心/離心運動之收縮壓在第一次 $60^{\circ}/s$ 和第二次 $60^{\circ}/s$ 時出現最大值的趨勢, 舒張壓從第一次 $60^{\circ}/s$ 後慢慢往下下降。股四頭肌等速向心/離心運動之收縮壓最大值為172毫米汞柱, 八個角速度最大值平均男性為 $149 \pm 3$ 毫米汞柱, 女性為 $131 \pm 3$ 毫米汞柱, 佔最大運動測試值之93%與87%。血壓上升主要因為心輸出量增加和周邊阻力下降之故, 且運動可使心輸出量增加的幅度遠較周邊阻力下降為大; 例如最大運動量時心輸出量可增加4.5倍, 而周邊阻力只下降30至40%。因股四頭肌等速向心/離心運動中離心運動的部分只需少量的肌肉自主活動, 肌肉內力量降低, 造成血壓上升較緩, 所以對心臟負荷影響較小, 如圖二所示。MacDougall等學者研究阻力運動對血壓的反應中發現收縮肌肉的大小、肌力和運動型態等變數皆不影響血壓的改變, 而關節角度(肌力曲線最弱點)與努責效應(Valsalva maneuver)等變數會使血壓上升。而本研究之收縮壓最大值為172毫米汞柱, 可能原因之一是受試者為了固定胸部和腹部, 出現努責效應使胸內壓力和腹腔壓力上升, 造成收縮壓上升[11]。

股四頭肌等速向心/離心運動時的最高攝氧量平均為 $11.9 \pm 1.5$ 毫升/分鐘/公斤約為3.5METs, 變化範圍在8.9-13.6毫升/分鐘/公斤約2.5 METs至4METs, 佔最大運動測試之26%至40%之間。實驗中發現受試者在執行股四頭肌等速向心/離心運動時執行至高速時, 肢體收縮往往趕不上

機器速度, 因此, 肢體力量部分被用於趕上機器速度, 剩餘部分才被記錄[12,13]。運動中的代謝消耗主要是計算能量由運動能量轉變成有用的功[14]。攝氧量是一種代謝率的標準測量, 主要是測量氧氣被用來產生能量的代謝。所以, 從能量的觀點, 股四頭肌等速向心/離心運動時其攝氧量偏低, 且其攝氧量變化曲線圖在第一次 $180^{\circ}/s$ 後曲線圖漸趨平緩至第二次 $60^{\circ}/s$ 後稍為上揚, 但曲線變化幅度小, 如圖三所示, 主要是股四頭肌等速向心/離心運動的角速度為 $60^{\circ}/s$ 、 $120^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 、 $240^{\circ}/s$ 、 $240^{\circ}/s$ 、 $180^{\circ}/s$ 、 $120^{\circ}/s$ 和 $60^{\circ}/s$ , 在每一角速度下各執行5次最大收縮大約10至20秒, 且在每一角速度間休息30秒, 嚴格來說, 在整個等速運動屬於高強度、短時間運動且未達穩定狀態非最大負荷量之運動, 因為從事非最大負荷量之運動時, 攝氧量相同或稍微改變。

受試者執行股四頭肌等速向心/離心運動時之每分鐘換氣量不受性別影響[14]。股四頭肌等速向心/離心運動之每分鐘換氣量為19.6升/分鐘, 各為安靜值的3至5倍, 其佔最大運動測試的21%。股四頭肌等速向心/離心運動每分鐘換氣量變化圖在第一次 $180^{\circ}/s$ 後曲線圖漸趨平緩至第二次 $60^{\circ}/s$ 後稍為上揚, 但曲線變化幅度小。運動中, 每分鐘換氣量增加來自潮氣量與呼吸次數的影響, 通常其增加量與活動肌群的氧消耗量和二氧化碳產生量的增加量成正比。執行非最大運動負荷時, 每分鐘換氣量在運動一開始, 它即迅速上升, 而後每分鐘換氣量維持水平; 若執行最大運動負荷時, 每分鐘換氣量將繼續增加直到運動終止[14]。而本研究之等速向心運動計畫並非連續性且長時間之運動屬非最大運動負荷, 所以每分鐘換氣量的增加不如最大運動負荷時增加的那麼明顯。

正常人休息時心肌攝氧量為10毫升/分鐘/100公克, 而運動時則可增至50毫升/分鐘/100公克, 其主要決定的因素為: 心跳、血壓、心肌壁的壓力和左心室壓力產生的速率等。臨床上則常以心跳和收縮壓乘積的百分之一(rate-pressure product; RPP)做為心肌攝氧量的指標[15]。Negus比較等速向心運動與踩腳踏車的肌力運動, 研究結果指出等速向心運動心跳血壓乘積為290, 佔最大運動測試之90%, 而Negus之等速向心運動計畫為角速度 $60^{\circ}$ 、 $120^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 、 $240^{\circ}$ 、 $300^{\circ}$ 、 $300^{\circ}$ 、 $240^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 、 $120^{\circ}$ 及 $60^{\circ}/s$ , 在每一角速度下運動30秒, 與本研究相

較則Negus之等速向心運動之運動組數多，每一角速度下運動時間久，整個運動計畫多達5分鐘，因此有較高的心跳血壓乘積值[16]。Negus提出等速向心運動產生的心跳血壓乘積對一般人或有冠狀動脈疾病的人之心肌和冠狀動脈可能造成負荷過大；當心臟的攝氧量超過冠狀動脈的供給能力時，就會出現臨床上心臟缺血性的症狀和徵候。股四頭肌等速向心/離心運動對心跳血壓乘積的影響主要是因為此運動是一種阻力運動，執行這種阻力運動會壓迫到周邊的動脈系統而使血流受限，收縮壓增加，同時心跳率也略為增加造成些許心臟負荷[15]。在本篇研究中，股四頭肌等速向心/離心運動的最大心跳血壓乘積為160，佔最大運動測試之45%，心跳血壓乘積最大平均值出現在股四頭肌等速向心/離心運動第一次120°/s時，之後曲線變化幅度小，顯示股四頭肌等速向心/離心運動對心肌或冠狀動脈產生的負荷較小，對正常人的心血管刺激來說是非常安全的，但對有冠狀動脈疾病或心臟疾病者則仍要小心評估其心血管反應。

氣體交換率(R)若大於1.2表示運動過程中受試者有盡最大努力。股四頭肌等速向心/離心運動的氣體交換率為平均值 $0.90 \pm 0.01$ ，最大氣體交換率值為 $1.04 \pm 0.01$ 。股四頭肌等速向心/離心運動在第一次120°/s曲線開始上升至第一次240°/s後曲線持平且緩慢下降，由於此運動屬無氧能量代謝系統，運動過程中有氧系統貢獻較少，且二氧化碳排除率在此運動中未大量增加，所以氣體交換率在股四頭肌等速向心/離心運動並未明顯上升。

脈搏血氧飽和度(SpO<sub>2</sub>)百分比是種非侵入性的方法迅速測知氧飽和度，用來判斷休息與運動時是否組織缺氧。在臨床上SpO<sub>2</sub>若低於88%以下則考慮停止運動或運動時須給予氧氣補充。在股四頭肌等速向心/離心運動時的血氧飽和百分比在休息時為 $97.9 \pm 0.2\%$ ，運動時為 $97.8 \pm 1.4\%$ 。因此，股四頭肌等速向心/離心運動的血氧飽和百分比的變化屬於正常安全範圍則是臨床可預期的結果。

根據本篇研究結果發現，本研究的股四頭肌等速向心/離心運動對正常年青人心肺反應之影響小，心肌攝氧量也不大；而正常年青人執行本研究的股四頭肌等速向心/離心運動計畫是有效的肌力訓練且非常安全。在執行此股四頭肌等速向心/離心運動時，男女受試者在心跳率、收縮壓、舒

張壓、攝氧量、每分鐘換氣量、氣體交換率、心跳血壓乘積和血氧飽和度等值對心臟血管的反應也無顯著的差異，性別因子在股四頭肌等速向心/離心運動時心肺反應的變化趨勢也相近。

然而，本研究之結果並無法直接推論應用於其他年齡層(如：老年人)及其他有身體疾病者(如：冠狀動脈疾病)或身心障礙者，針對臨床廣泛應用等速向心運動於不同族群時，未來仍需進行相關研究加以探討。

## 致謝

本實驗感謝蔡美文、孟乃欣、吳鴻文等老師和許弘昌醫師等協助資料提供與技術指導，以及中國醫藥大學附設醫院研究計畫之補助，補助編號DMR-92-057。

## 參考文獻

- Moritani T, Muramatsu S, Muro M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. [Review] *Am J Phys Med* 1988;66:338-50.
- Cote C, Simoneau J, Lagasse P, et al. Isokinetic strength training protocols: do they induce skeletal muscle fiber hypertrophy? *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69:281-5.
- Gettman LR, Ayres JJ, Pollock ML, et al. Physiological effects on adult men of circuit strength and jogging. *Arch Phys Med Rehabil* 1979;60:115-20.
- 吳昇光。等速肌力影響因子分析。《中華體育》1992; 21:71-4。
- Overend TJ, Versteegh TH, Thompson E, et al. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:B177-82.
- 吳昇光。男性正常年輕人股四頭肌等速肌力特性分析。《中國醫藥科學雜誌》2001;1:53-60。
- 譚傳明。肌肉向心收縮及離心收縮機轉之探討。國立成功大學醫學工程研究所碩士論文，1990。
- Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. [Review] *J Appl Physiol* 1990; 69:407-18.
- Ewing JL Jr, Wolfe DR, Rogers MA, et al. Effects of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;61:159-62.
- Griffin SE, Robergs RA, Heyward VH. Blood pressure measurement during exercise: a review. [Review] *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:149-59.
- MacDougall JD, Mckelvie RS, Moroz DE, et al. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol* 1992;73:1590-7.

12. Perrin DH. Isokinetic exercise and assessment. *Principles of Isokinetic Testing and Exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1993;52-3.
13. 吳昇光。等速測力機之介紹。《中華體育》1992;20:71-5。
14. 林正常譯。運動生理學訓練的科學基礎。台北市：師大書苑有限公司，1978:156-61。
15. 吳英黛。呼吸循環系統物理治療。台北市：金名圖書有限公司，2000:184-5。
16. Negus RA, Rippe JM, Freedson P, et al. Heart rate, blood pressure and oxygen consumption during orthopaedic rehabilitation exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 1987;8:346-50.



# Cardiopulmonary Responses to Isokinetic Concentric/Eccentric Exercise of the Quadriceps in Healthy Young Adults

Hsiang-Chun Cheng, Sheng-Kuang Wu<sup>1</sup>, Mu-Jung Kao

Department of Rehabilitation, China Medical University Hospital; <sup>1</sup>School of Physical Therapy, China Medical University, Taichung, Taiwan.

**Purpose.** Cardiopulmonary responses to resistance during isometric and isotonic exercise are well understood; however, very few studies have examined the cardiopulmonary responses to isokinetic concentric/eccentric exercise. Thus, the purpose of this study was to investigate the relationship between gender and cardiopulmonary responses to isokinetic concentric/eccentric exercise of the quadriceps in healthy young adults.

**Methods.** We recruited 22 healthy young adults (10 men and 12 women; age range, 18 to 30 yr). All performed the maximal exercise test, during which heart rate (HR), blood pressure (BP), minute ventilation (VE), oxygen consumption ( $\dot{V}O_2$ ), pulse oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) and gas exchange ratio value (R) were recorded. Concentric/eccentric isokinetic exercise of quadriceps was performed on a Kin-Com 500H dynamometer. Concentric/eccentric extension and flexion exercises were performed at angular speeds of 60°/sec, 120°/sec, 180°/sec, 240°/sec, 240°/sec, 180°/sec, 120°/sec and 60°/sec. A thirty-second rest period was allowed between each testing speed to reduce the effect of fatigue.

**Results.** The SBP (85 to 172 mmHg), HR (65 to 122 beat/min), SpO<sub>2</sub> (3.3 to 13.7 mL/(kg · min) and R (0.72 to 1.04) values during concentric/eccentric exercise were all within the safe range. Oxygen consumption in every angular velocity during concentric/eccentric exercise ranged from 7% to 43% of maximal oxygen consumption. The results indicated that the values of the cardiopulmonary responses (HR, BP,  $\dot{V}O_2$ , VE, SpO<sub>2</sub>) during concentric/eccentric isokinetic exercise of the quadriceps were within the safe range.

**Conclusions.** Gender did not affect HR, BP,  $\dot{V}O_2$ , VE, SpO<sub>2</sub> or R values during concentric/eccentric exercise of the quadriceps. Therefore, the results of the study suggest that concentric/eccentric isokinetic exercise is an appropriate and safe rehabilitation program for young adults. (Mid Taiwan J Med 2005;10 Supplement:S28-36)

**Key words**

blood pressure, heart rate, isokinetic concentric/eccentric exercise, oxygen consumption, quadriceps