



12-1-1994

### The Effect of Eccentric Isokinetic Training at Various Positions on Concentric and Eccentric Strength of the Quadriceps

Hsiou-An Hu

Choon-Khim Chong

May-Kuen Wong

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

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

#### Recommended Citation

Hu, Hsiou-An; Chong, Choon-Khim; and Wong, May-Kuen (1994) "The Effect of Eccentric Isokinetic Training at Various Positions on Concentric and Eccentric Strength of the Quadriceps," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 22: Iss. 1, Article 9.

DOI: <https://doi.org/10.6315/3005-3846.1931>

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol22/iss1/9>

This Original 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](mailto:twpmrscore@gmail.com).

## 等速肌肉耐力運動後之心臟血管反應

劉作仁 周正亮 邱正民\* 徐道昌

本研究是在探討上下肢間不同速度、不同收縮方式(向心或離心收縮)下的等速運動後，心臟血管系統所產生的生理反應。共有80人參與此項研究，隨機分成8組，每組共10人。此8組分別為下肢低速向心收縮、下肢低速離心收縮、下肢高速向心收縮、下肢高速離心收縮、上肢低速向心收縮、上肢低速離心收縮、上肢高速向心收縮、上肢高速離心收縮。受試者用Kin-Com 5000H等速訓練機來進行等速耐力運動，比較運動前後心跳血壓的變化。心臟血管系統在運動後的變化主要是在心跳及收縮壓的改變。在下肢等速運動後，以高速離心收縮所產生的心跳血壓反應最為明顯；上肢等速運動則以低速向心收縮所產生的生理反應最為顯著。在相同速度及收縮方式下，上下肢間比較其對心血管系統所產生的生理反應，下肢等速運動大多高於上肢等速運動。對於年老患者或患有心臟疾病的病患進行等速運動復健時，心臟血管的生理反應是不可忽視的，尤其是在進行下肢等速耐力運動時，更應測量其心跳血壓的反應，以防止意外的產生。

關鍵詞：心臟血管(cardiovascular)等速運動(isokinetic exercise)耐力運動(endurance exercise)

### 前言

等速訓練機除了使用在運動員肌力的評估及訓練外，在臨床上，現已廣泛應用於骨骼關節傷害的復健[1,2]。等速訓練機的使用與研究，大多探討速度與肌力間相互的關係，鮮少有人探討等速運動對心臟血管系統所造成的生理反應。在臨床上，等速運動所造成的心臟血管系統的生理反應是不容忽視的，例如許多人尤其是年紀大的病患同時患有骨骼關節傷害及心臟血管疾病，等速運動可能造成心臟血管疾病的惡化；正常健康的人因受傷而長時間無法活動，若進行等速運動復健，可能造成心臟血管系統的負荷過重[3,4]。本文即在探討上下肢間不同速度、不同收縮方式(向心或離心收縮)下的等速運動後，心臟血管系統的生理反應，以便在臨床上有所應用。

### 材料與方法

從民國78年1月至79年12月間，共有80位身體正

常且無心臟病史在台北榮民總醫院復健醫學部實習的醫學生參與此研究，此80人隨機分為8組，每組各10人，分別為G1為下肢向心低速收縮，G2為下肢離心低速收縮，G3為下肢向心高速收縮，G4為下肢離心高速收縮，G5為上肢向心低速收縮，G6為上肢離心低速收縮，G7為上肢向心高速收縮，G8為上肢離心高速收縮。下肢所測之肌肉為慣用腳的膝伸肌群，上肢所測之肌肉為慣用手的手肘屈肌群。低速收縮是指角速度為60°/sec，高速收縮是指角速度為180°/sec。下肢受試的活動範圍是膝關節從屈曲90°至伸直0°；上肢受試的活動範圍是肘關節從伸直0°至屈曲90°耐力的受試是採用Cybex company所建議50% decrement test [1]。等速訓練機是採用Chattecx Corporation所製之Kin-Com 5000H muscle testing and training system。受試的步驟如下：

(一)先測量受試者在完全靜止休息坐姿時的心跳血壓值。

(二)受試者進行5分鐘的熱身活動(warm-up)。接受上

台北榮民總醫院 復健醫學部

國立陽明醫學院 復健醫學科

\*西園醫院 復健科

抽印本索取地址：劉作仁，台北榮民總醫院復健醫學部，台北市北投區石牌路二段20號

電話：875-7293

肢的受試者是用Arm-Ergometer來暖身；下肢受試者是用落地腳踏車來暖身。

(三) 受試者在Kin-Com進行三次最大量收縮(maximum contraction)，一方面讓受試者熟悉機器的使用，一方面可得受試者的最大扭力(peak torque)。

(四) 受試者進行等速耐力測試。受試者以最大力進行受試，每收縮10下就休息20秒(即10個 repetitions 為1個set)，直到連續3次以上 peak torque 降低為原先最大peak torque值的50%以下時，即停止受試。整個受試過程，以口語鼓勵受試者盡全力收縮。

(五) 受試結束停止後，受試者立即測量坐姿時的心跳血壓值。

(六) 受試者進行冷卻活動(cool-down) 5分鐘，(使用方式如暖身)，即完成此受試。

受試結果是比較運動前後，心跳(HR)、收縮壓(SBP)、舒張壓(DBP)、心跳血壓乘積值(Rate Pressure Product,  $RPP = HB \times SBP/100$ )、變化率(% change ratio =  $(\text{Post } X's - \text{Pre } X's) / \text{Pre } X's$ )。

整個受試結果是採用Kruskal-Wallis I-way ANOVA 及 Multiple Comparisons 來進行統計分析。

## 結 果

受試者基本資料如表1。運動前後心臟血管功能的變化如表2。若就上下肢分開統計，下肢、上肢運動前後心臟血管功能的變化分別如表3、表4。就運動前後的變化率的數值而言，心臟血管功能的改變主要是在心跳、收縮壓及RPP值，舒張壓的變化不大(除了G7的DBP的Change ratio略大於SBP的Charge ratio外)。若將下肢各組間進行多項比較分析，在統計學上有意義的組別及項目如表5。運動後的心跳，高速離心收縮大於各組，且對低速向心及高速向心這兩組的比較均具有統計學上的意義。運動後的收縮壓，雖以高速離心收縮為最高，但統計上並無意義；舒張壓的比較，在統計學上也無意義。運動後的RPP值以高速離心收縮為最高，且對低速向心及低速離心的比較，均具有統計學上的意義。若就變化率而言，在心跳方面，以高速離心收縮的變化率最大，且與其他各組比較，均具有統計學上的意義。而其他項目，統計學上的比較具有意義的只有高速離心的RPP值變化率大於低速離心。同樣在上肢各組多項比較，具有統計學上的意義如表6。運動後的心跳以低速向心收縮為

Table 1. Basic data

Group	Number	Sex (M/F)	Age (Y/O)	BW (Kg)
G1	10	9/1	25.60 ± 2.62	61.40 ± 8.45
G2	10	10/0	26.20 ± 1.14	63.40 ± 7.12
G3	10	10/0	27.00 ± 4.88	68.10 ± 10.19
G4	10	10/0	25.50 ± 1.72	61.70 ± 10.51
G5	10	8/2	26.80 ± 2.49	66.70 ± 9.03
G6	10	10/0	26.30 ± 2.06	68.80 ± 10.22
G7	10	9/1	25.70 ± 1.89	64.20 ± 9.75
G8	10	7/3	26.10 ± 1.60	55.30 ± 14.10

Table 2. Cardiovascular change after isokinetic exercise

	Pre-X's	Post-X's	Change ratio
HR (beat/min)	70.86 ± 5.03	88.71 ± 11.10	25.21 ± 13.15
SBP (mmHg)	107.48 ± 9.87	121.73 ± 10.50	13.49 ± 6.54
DBP (mmHg)	76.13 ± 6.13	81.02 ± 6.32	6.68 ± 6.99
RPP	76.18 ± 9.05	108.15 ± 17.79	42.30 ± 18.78

Table 3. Lower limb cardiovascular change after isokinetic exercise

		HR	SBP	DBP	RPP
G1	Pre-X's	70.30 ± 5.46	105.80 ± 8.87	74.60 ± 7.83	74.57 ± 10.29
	Post-X's	88.60 ± 7.78	124.20 ± 10.93	80.60 ± 6.40	110.31 ± 16.37
	Ratio %	26.33 ± 10.37	17.68 ± 9.59	8.73 ± 10.71	48.18 ± 10.81
G2	Pre-X's	71.00 ± 7.01	107.40 ± 6.74	76.80 ± 5.27	76.27 ± 8.85
	Post-X's	90.00 ± 9.98	122.20 ± 8.97	82.60 ± 6.93	110.15 ± 16.48
	Ratio %	26.98 ± 10.03	13.82 ± 5.52	7.59 ± 5.81	44.63 ± 14.58
G3	Pre-X's	69.20 ± 5.01	107.20 ± 10.16	77.00 ± 5.60	74.09 ± 7.79
	Post-X's	87.60 ± 8.93	126.60 ± 9.29	80.60 ± 6.60	110.65 ± 11.96
	Ratio %	26.50 ± 8.04	18.46 ± 6.59	4.76 ± 6.01	50.05 ± 15.03
G4	Pre-X's	71.40 ± 6.11	111.80 ± 11.01	77.20 ± 4.44	79.86 ± 10.63
	Post-X's	103.80 ± 12.20	129.40 ± 9.00	80.80 ± 6.20	134.12 ± 16.96
	Ratio %	45.52 ± 14.19	16.16 ± 6.37	4.82 ± 7.82	69.25 ± 21.26

Table 4. Upper limb cardiovascular change after isokinetic exercise

		HR	SBP	DBP	RPP
G5	Pre-X's	72.00 ± 4.32	103.60 ± 12.21	75.80 ± 7.21	74.70 ± 10.90
	Post-X's	90.00 ± 9.48	117.00 ± 12.27	80.00 ± 7.24	105.54 ± 17.12
	Ratio %	25.16 ± 13.15	13.11 ± 2.65	5.62 ± 3.36	41.56 ± 15.27
G6	Pre-X's	70.20 ± 5.03	108.20 ± 9.02	77.20 ± 6.55	75.96 ± 8.39
	Post-X's	82.50 ± 11.56	121.40 ± 8.43	80.60 ± 6.04	100.01 ± 14.27
	Ratio %	17.19 ± 9.95	12.37 ± 4.02	4.62 ± 6.12	31.64 ± 11.29
G7	Pre-X's	73.40 ± 2.84	107.60 ± 10.99	73.40 ± 7.00	79.08 ± 9.71
	Post-X's	87.60 ± 7.23	116.40 ± 9.18	81.60 ± 6.31	101.88 ± 10.41
	Ratio %	19.29 ± 7.97	8.47 ± 4.62	11.57 ± 7.66	29.35 ± 9.63
G8	Pre-X's	69.40 ± 3.78	108.20 ± 10.64	77.00 ± 5.52	74.92 ± 6.38
	Post-X's	79.60 ± 4.79	116.60 ± 10.54	81.20 ± 6.74	92.54 ± 6.47
	Ratio %	14.70 ± 3.04	7.86 ± 2.20	5.75 ± 5.31	23.72 ± 4.49

Table 5. Significant \* multiple comparison between lower limb group

Item	Group
Post-X's HR	C1 vs C4; G3 vs G4
Post-X's RPP	G1 vs G4; C2 vs C4
Ratio % HR	C1 vs C4; C2 vs C4; G3 vs C4
Ratio % RPP	C2 vs C4

Table 6. Significant \* multiple comparison between upper limb group

Item	Group
Post-X's HR	G5 vs G8
Ratio % SBP	G5 vs G7; G5 vs G8; G6 vs G8
Ratio % RPP	G5 vs G8

\* Significant: P&lt;0.05

\* Significant: P&lt;0.05

最大，且對高速離心收縮這組的比較具有統計學上的意義。在運動後的收縮壓、舒張壓及RPP值的比較，各組間均無統計學上的差異；但以收縮壓變化率而言，以低速向心收縮為最大，且對高向心及高速離心這兩組的比較，具有統計學上的意義。低速離心收縮的收縮壓變化率也大於高速離心收縮且具有統計學上的意義。若以RPP值的變化率而言，也以低速向心收縮為最大，同時與高速離心收縮的比較，具有統計學上的意義。在上下肢間進行比較，其結果如表7。在低速向心收縮的比較，各項目並無統計學上的差異。在低速離心的比較，只有心跳及RPP值的變化率具有統計學上的意義，且均為下肢高於上肢。在高速向心收縮的比較，運動後的收縮壓，下肢高於上肢且具有統計學上的意義。就各項目的變化率而言，上下肢間的比較均具有統計學上的意義；且除了舒張壓變化率為上肢大於下肢外，其餘均為下肢高於上肢。在高速離心的比較，運動後的心跳及收縮壓，下肢均高於上肢且均具有統計學上的意義。若以變化率而言，各項目的比較均具有統計學上的意義，且均為下肢高於上肢。

在整個研究過程中，有3位受試者發生延遲性肌肉酸痛(delayed muscle soreness)的現象；其中有2位為下肢低速離心收縮，一位為上肢低速離心收縮。

## 討 論

向心收縮及離心收縮在生物力學及生理反應是有所不同的；離心收縮有較高的力學效率(mechanical efficiency)及產生較低的乳酸值[5-7]。上下肢運動的生理反應也是有所不同的；在次大量(submaximal workload)運動時，上肢的生理反應較大，但在最大量(maximal workload)運動下，上肢的生理反應較下肢為低[8-10]。本文是英文文獻上首次探討上下肢間不同速度、不同收縮方式下的等速運動對心臟血管所造成的生理反應。

依Monga等人[11]報告，運動後的心臟血管反應主要表現在心跳及收縮壓，舒張壓的上升並不明顯，我們的研究也有類似的結果。Haenned等人[12]的研究認為等速運動所造成的心臟血管反應與運動時的速度無關；Douris [4]的研究卻認為等速運動時的速度對血壓上升並沒有影響，但速度會影響心跳的反應，較快速的等速運動會產生較大的心跳反應。而以上探討，只限於向心收縮而無離心收縮的研究。我們的研究結果卻與上述不盡相同。對下肢運動而言，在同樣的收縮方式時，高速等速運動時所造成的心臟血管反應的變化率均高於低速等速運動；若再考慮收縮的方

Table 7. Significant comparison between upper & lower limb at the same speed and type of exercise

Group	Itee		Chi-square	Significance
G1 vs G5	Nil			
G2 vs G6	Ratio %	HR	4.3279	0.0375
	Ratio %	RPP	3.8629	0.0494
G3 vs G7	Post-X's	SBP	4.5174	0.0336
	Ratio %	HR	4.1783	0.0496
	Ratio %	SBP	11.0629	0.0009
	Ratio %	DBP	4.4867	0.0342
	Ratio %	RPP	8.6914	0.0032
G4 vs G8	Post-X's	HR	11.1721	0.0008
	Post-X's	SBP	7.8642	0.0050
	Post-X's	RPP	14.3505	0.0002
	Ratio %	HR	14.2965	0.0002
	Ratio %	SBP	12.1005	0.0005
	Ratio %	RPP	14.2857	0.0002

式，則以高速離心收縮的變化最大。但若就上肢等速運動而言，結果卻恰巧相反；變化率以低速收縮為最大，尤其以低速向心收縮最為明顯。單就等速運動時的速度對心臟血管系統所造成的改變而言，上下肢間的結果應是一致的；但本研究結果卻完全不同，這可能與運動時間的長短(duration)、局部血流的供應、運動時乳酸的堆積及神經的傳導有關，但真正原因，則須更進一步的探討與研究。

依據多篇文獻報告，運動時心臟血管的變化量與運動強度及參與運動的肌肉量(muscle mass)有關[12-14]。上肢運動所參與的肌肉為較小塊的肌肉群，而下肢運動所參與的肌肉為較大塊的肌肉群。所以如前所言，在最大量收縮下運動時，下肢運動的心臟血管反應理應較上肢運動為大，而我們的研究也有類似的結果。但在表7中，上下肢低速向心收縮的比較，沒有項目有統計學上的差異；且在上下肢高速向心收縮的比較，上肢舒張壓的變化率高於下肢且有統計學上的意義，這可能是實驗上的誤差所造成。一方面是因為我們並非在整個運動過程中，持續監視心跳血壓的反應，而是運動後馬上量受試者的心跳血壓值當做最大心跳及血壓的反應，但有可能比數值並非一定是受試者的最大心跳及血壓反應；其次此實驗須受試者全力配合，儘可能用最大力收縮，若受試者未能全力配合，則所得的結果就會有所誤差。

無論是正常人或患有冠狀動脈疾病的人而言，RPP值均能當作心臟耗氧量(myocardial oxygen consumption)的指標[3,4,15]。標本實驗雖以正常年輕人為受試者，結果顯示心跳、血壓值的改變並非很大，但就變化率而言，則運動前後改變的比率相當大，在下肢高速離心收縮時，其RPP值的變化率可高達69%。因此對患有冠狀動脈疾病及老年患者進行等速運動復健時，須謹慎監視其心跳血壓反應，最好不要進行下肢等速高速離心收縮，以免心臟負荷過動，造成不幸。

離心收縮易造成延遲性肌肉酸痛(delayed muscle soreness)的現象[6,16,17]。本研究也有類似的結，因三位有延遲性肌肉酸痛均為使用離心收縮運動；在向心收縮運動下，沒有人產生延遲性肌肉酸痛。此三位有延遲性酸痛的受試者，經短暫的熱敷及超音波治療2~4次後，症狀即可改善消除。

由以上研究結果顯示，對於年老患者或患有心臟疾病的患者進行等速運動復健時，心臟血管系統的生理反應是不可忽視的，尤其是在進行下肢等速耐力運動時，更應隨時測量心跳血壓的反應，以防意外的產生。

## 誌 謝

本研究承蒙本院資訊室陳世良先生在生物統計上的協助，特此誌謝。

## 參考文獻

1. George JD: A compedium of isokinetics in clinics usage. 2nd ed. La Cross, WI: S & S Publisher; 1985.
2. Sherman W, Pearson D, Phylery M, et al: Isokinetic rehabilitation after surgery. *Am J Med* 1982;10:155-61.
3. 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(7):346-50.
4. Douris PC: Cardiovascular response to velocity-specific isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991;13(1):28-32.
5. Ryan LM, Magidow PS, Duncan PW, et al: Velocity-specific and mode-specific effects of eccentric isokinetic training of the hamstring. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991;13(1):33-9.
6. Duncan PW, Chandler JH, Cavanaugh DK, et al: Mode and speed specificity of eccentric and concentric exercise training. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989;11(2):70-5.
7. Dean E: Physiology and therapeutic implications of negative work: a review. *Phys Ther* 1988;68:233-7.
8. Franklin BA: Aerobic exercise training programs for the upper body. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(5):S141-8.
9. Pendergast DR: Cardiovascular, respiratory, and metabolic responses to upper body exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(5):S121-5.
10. Miles DS, Cox MH, Bomze JP: Cardiovascular response to upper body exercise in normals and cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(5):S126-31.
11. Monga TN, Deforge DA, Williams J, et al: Cardiovascular responses to acute exercise in patients with cerebrovascular accidents. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69:937-40.
12. Hannel RG, Snyder Miller GD, Teo KK, et al: changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch Phys Med Rehabil*

- 1992;73:150-5.
13. Mitchell JH, Kaufman MP, Iwamoto GA: The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanism, and central pathway. *Ann Rev Physiol* 1983;45:229-42.
  14. Greer M, Dimick S, Burna S: Heart rate and blood pressure response to several methods of strength training. *Phys Ther* 1984;64(2):179-84.
  15. Gobel F, Nordstorm L, Nelson R, et al: The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris. *Circulation* 1987;57:549-56.
  16. Jones DA, Newham DJ, Clarkson PM, et al: Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexor. *Pain* 1987;30:233-42.
  17. Hasson S, Barnes W, Hanter M et al: Therapeutic effect of high speed voluntary muscle contraction on muscle soreness and muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1989;11(6):499-507.

# Cardiovascular Response After Isokinetic Power — Endurance Exercise

Tcho-Jen Liu, Chen-Liang Chou, Chen-Ming Chiu\*,  
Tao-Chang Hsu

This study was taken to determine the cardiovascular response after isokinetic endurance exercise among different extremities (Upper vs Lower), speeds (High-180°/sec vs Low-60°/sec), Types (Concentric vs Eccentric). The subjects (N=80) used Kin-Com isokinetic dynamometer to perform isokinetic endurance exercise. Systolic & Diastolic pressure, rate pressure product and change ratio were measured at rest and after exercise.

Among the lower limb isokinetic endurance exercise, the high speed eccentric contraction group

had the significant cardiovascular response; among the upper limb, the low speed concentric had the significant cardiovascular response. Compared with the upper & lower limb group, the lower limb groups had higher magnitude of hemodynamic response.

Patients undergoing isokinetic orthopedic rehabilitation should be monitored for their heart rate & blood pressure. Caution should be taken in cardiac and elderly individuals undergoing these rehabilitation protocols, especially performing lower limb isokinetic exercise.

---

Department of Physical Medicine & Rehabilitation Veterans General Hospital-Taipei and National Yang-Ming Medical College

\* West Gardon Hospital