

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

人體四肢在開放與閉鎖時主動反覆收縮的特徵研究(1)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2413-H-034-004-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中國文化大學國術學系

計畫主持人：莊榮仁

計畫參與人員：李侑錫

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

被動反覆衝擊是肌力訓練法之研究-人體四肢在開放與閉鎖時主動反覆收縮的特徵研究

A Study on Characteristics of Actively Repeating Contraction of Opened-end Fixed-end Limbs

計畫編號：NSC 93-2413-H-034-004

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：莊榮仁 執行機構及單位名稱：私立中國文化大學國術學系

E' mail address: allen@facutly.pccu.edu.tw

中文摘要：

本計劃從運動生物力學觀點，先探討人體四肢主動反覆收縮的頻率範圍，以作為被動反覆收縮頻率的根據。進行的工作分為兩大類，壹為末端開放自由反覆擺動，貳為末端閉鎖固定的反覆收縮。詳細的研究目標如下：一、人體上肢單關節 1.以肘關節為軸，快速屈伸前臂。二、上肢雙關節(以肘與肩為軸，快速屈伸上肢，類似出拳動作)。三、上肢閉鎖運動。四、下肢單關節(以膝關節為軸，小腿快速擺動)。五、下肢雙關節(膝與髖關節為軸的快速屈伸下肢)。六、下肢閉鎖運動。以上六種四肢末端在開放自由與閉鎖固定的主動反覆收縮頻率與動作幅度和肢段的加速度之間的關係，使用肌電圖、加速規與關節角度計來觀察各主要肌群的收縮情形與頻率、振幅、加速度與關節角度變化之間的關係。選取文化大學國術系散手隊男性學生自願參與者 10 名，年齡範圍為 20-23 歲，身高 175.2 ± 5.83 公分，體重 67.9 ± 8.31 公斤。受試者充分了解實驗的內容與目的，並在參與前簽署同意書。使用 Biovision 訊號擷取系統與 DasyLab 4.0 分析軟體，取得上肢與下肢在開放與閉鎖運動時的肘關節與膝關節角度的變化，肱三頭肌、肱二頭肌、腿後肌群與股直肌肌電訊號，同時也使用加速規測量末端加速度的情形。並且使用相依樣本變異數分析(ANOVA)考驗各變數之間的差異。統計分析結果發現上肢單關節、雙關節與閉鎖運動間，肘關節活動角度上明顯達到顯著差異($p < .05$)，膝關節活動角度上，在下肢單關節、雙關節與閉鎖運動間也達顯著差異($p < .05$)。同時在上肢與下肢主動收縮最大頻率上，也發現顯著差異($p < .05$)，也且都是閉鎖運動明顯大於單關節運動，雙關節運動最慢。本研究結論為關節活動角度與收縮最大頻率會因開放性運動與閉鎖運動而有不同，同時也會因單關節或雙關節而有不同。但持續的時間、肌電積分值並不會因上、下肢，單雙關節運動開放或閉鎖而有差別。

關鍵字：肌肉振動，反覆收縮

Abstract

The effectiveness of mechanical vibrating stimulation on strength increasing is a specific field studied by many researchers. Having found great significance, Issurin (1994, 1999), Armstrong(1987), Pen(2003), Chen & Tyshian (1998) are unanimous to the efficiency of mechanical vibrating strength training while they have different opinion on the fittest frequency. From my observation (Chuang, 2003, pre-research), frequency is related to the moving range of limbs. Both one-joint

movement and two-joints movement affect frequency and range. The fatigue speed of muscle is also influenced by vibrating frequency. To be the basis of passive repeated impact training, this study deals with actively repeating quick contraction of human body. From the view of sports biomechanics, this research discusses the range of actively repeating contraction of limbs to form the basis of frequency of passively repeating contraction. The tests are divided into two parts: opened end repeating swing; fixed end repeating contraction. The detailed experiments are as following:

1. Upper-limbs one-joint speedy movement (bend-stretch of a forearm) on opened end.
2. Upper-limbs two-joints speedy movement (speedy bend-stretch of arms, similar to strikes) on opened end.
3. Upper-limbs fixed end.
4. Lower-limbs one-joint speedy swing (shank)
5. Lower-limbs two-joints movements (bend-stretch of legs)
6. Lower-limb fixed end

During the subjects do above six experiments, Biovision (Wehrheim, Germany) Movement Signal Measurement and Analysis System (including: EMG, Accelerometer and goniometer) and were used synchronously to record the acceleration of the hand or foot and EMG activity of Biceps-brachium and the lateral Triceps. The signals of EMG and accelerometer were firstly amplified respectively and connected to a 16-channel inputbox. They were then digitized at 1kHz by a 12-bit analog-to-digital converter (National Instruments, DAQCard-700, Austin, TX) and acquired by DASYS Lab 4.0 software (DASYTEC, Moenchengladbach, Germany) on a notebook.

The expected achievement of this study is to realize characteristics of repeatedly contracting muscles (opened-end and fixed-end), and then to co-operate "Passive Repeatedly Plyometric Training Machine" for sports training. We find that there were different among the upper single joint opened end, upper two joint opened end and fixed end on elbow joint angle and knee joint angle in statistics($p < .05$). In the same time there were different on repeatedly frequency($p < .05$), meanwhile the frequency of fixed-end higher than single joint and two joint.

Keywords: muscle vibration, repeating contraction

研究計畫之背景

陳全壽與相子元以運動生理學、運動生物力學和肌動學為基礎，結合機械工程的原理，研發設計出「被動反覆衝擊式肌力增強器」(Passive Repeatedly Plyometric Training Machine, PRP Training Machine)(陳全壽、相子元，民 87)。被動反覆衝擊式肌力增強器(以下簡稱 PRP 增強器)主要是利用馬達的驅動，由特殊的傳導機構使活動踏板能快速的上下移動，如此能促使站於活動踏板的訓練者，能以突破固有的肌肉收縮速度模式，以及一般肌力訓練方式所無法達到的快速反覆動作速率，所以能適當的激發更高神經興奮頻率，並強迫訓練者做更快速的收縮；由於肌肉收縮的速度是透過馬達被動的驅動，因而具有控速的功能，並能針對不同個體或不同運動項目的動作速度特性，提供符合實際動作頻率的需求。從振動學的角度來看，人體此時是受一低頻的振動源反覆振動(一般來說 PRP 操作，大都以 2.5Hz 為限度)，運動員的下肢肌力(謝素貞，民 86；劉德智，民 87；蔡昆霖，民 88)以及上肢肌群(侯鴻章，民 89)在經過一定期間的訓練之後，肌力與爆發力皆有顯著的訓練效果。但以上文獻並未針對受試者在操作期間，身體各部位所受的振動情形，或是對於人體的影響進行研究，也未曾有人對人體主動反覆振動的頻率與振幅情形進行研究。因此引發本研究擬從人體振動的角度，觀察人體主動反覆振動和受被動反覆振動時的各部位的頻率與振幅特徵研究。

研究目的

使用加速規及肌電圖對人體下肢與上肢末端在開放自由與閉鎖固定的情況下，主動反覆收縮之頻率與振幅進行探討。讓受試者的特定部位依特定動作規範進行主動反覆收縮振動，觀察各主要肌群的收縮情形與頻率和振幅之間的關係。

研究方法

文化大學國術系散手隊男性學生自願參與者 10 名，年齡範圍為 20-23 歲，身高 175.2 ± 5.83 公分，體重 67.9 ± 8.31 公斤。受試者充分了解實驗的內容與目的，並在參與前簽署同意書。使用 Biovision 訊號擷取系統與 DASyLab 分析軟體，取得上肢與下肢在開放與閉鎖運動時的肘關節與膝關節角度的變化，肱三頭肌、肱二頭肌、腿後肌群與股直肌肌電訊號，同時也使用加速規測量末端加速度的情形。並且使用相依樣本變異數分析(ANOVA)考驗各變數之間的差異。

結果與討論

本研究的上、下肢開放運動與閉鎖運動，基本上和開放式動力鏈(Open kinetic chain)與閉鎖式動力鏈(Close kinetic chain)有點相類似。Ellenbecker & Davies, 2001 曾提過兩種動力鏈間的差異。開放式動力鏈在拋、踢、擊等動作中，在系統的最末端，並未被固定，它是可以在空間中自由移動。反之閉鎖式動力鏈則是系統的最末端被固定住，無法在空間中自由移動。因此無論上下肢關節，都是以雙關節的肘關節與膝關節角度為最大，且都達顯著差異，($p < .05$)。分別為 82 與 93 度，其次是單關節的活動度，膝關節為 61 度，肘關節為 35 度；關節活動度最小的為閉鎖式的運動，在肘關節為 21 度，在膝關節為 24 度。若換算成肘關節活動角度與膝關節活動角度時，我們也同時發現有顯著差異存在($p < .05$)。在整個持續時間上來看是上肢的持續時間略比下肢的持續時間長，但未達顯著差異($p > .05$)。

從動作表現最快的速度上來看，以最大頻率的趨勢來分析，可以發現上肢的動作頻率比下肢快，閉鎖式的運動比開放式的為快，單關節比雙關節的快，達顯著差異($p < .05$)。其中特別是上肢雙關節開放性運動的最大頻率，與莊榮仁 2002 年的彈力棒實驗的頻率類似之處，受試者手持 Bodyblade 彈力棒強力搖動的頻率為 4.1Hz，這和本研究上肢雙關節 4.6 Hz 相當接近。閉鎖式的運動與開放式運動在肱二頭肌與肱三頭肌，以上肢閉鎖動作的肱三頭肌的肌電積分值為最大，肱二頭肌則是在雙關節開放運動中的肌電積分值為最大。下肢則都是以雙關節運動的肌電積分值為最大，無論在腿後肌群或是股直肌部份。另外從圖 1-3 可以看出上肢肱三頭肌與肱二頭肌的肌電訊號呈現交互收縮的現象，下肢的股直肌與腿後肌群的肌電收縮則沒有明顯的交互收縮現象。圖 1 的關節角度與肌電關係比對中可以發現肱三頭肌的最大收縮值發生在關節角度達到最大之後，這意義代表並不是肌肉的收縮達到最大值，才造成關節角度的達到最大值，這也有可能是因肘關節角度最大後，使得肌電訊號也隨之達到最大。Schneider & Zernicke(1997)曾提出肱三頭肌在早期練習中（最慢的試驗）活動顯示低水平的活動，當手肘伸展和手進入下面的目標的整個動作的過程中，有更多的顯著的活動。在整個練習過程中，當手離開下面的目標的最初的肘屈曲，是由肱二頭肌縮短的收縮所造成的。但是在上面的目標，受試者能隨著練習，在肘伸展時，使用一個肱二頭肌伸長的收縮。肱二頭肌伸長的收縮當成手進入上面的目標時去減慢肘伸展的速率。然後當手離開上面的目標時，肱二頭肌活動縮短。在最快的試驗中，肱三頭肌不再是主動的主要角色，但肱三頭肌爆裂改由肱二頭肌爆裂代替。肱二頭肌在向下運動，手繞過橫槓肘屈曲的期間變成主動的，這個三頭肌的電位伸展可能有助於當手移動到上面的目標時一個更快的肘伸展。三頭肌隨著二頭肌收縮去穩定肘，當手進入下面的目標時。

表 1 上肢單關節、雙關節開放運動與閉鎖運動各變數的重複量數變異數統計表

變數名稱	上肢單關節	上肢雙關節	上肢閉鎖	p 值	事後比較
肘關節最大角度(deg)	115.3±24.5	170±18.0	162.9±8.09	.000	1-2 ; 1-3
肘關節最小角度(deg)	80±23.98	88±21.2	5.43±0.82	.000	1-3 ; 2-3
運動持續時間(sec)	22.8±9.9	21.5±11.9	22.1±8.0	.91	
最大頻率(Hz)	5.6±0.9	4.6±0.6	5.8±1.1	.019	1-2 ; 2-3
肱三頭肌肌電積分值(mV*s)	16.28±10.15	17.59±11.08	22.21±13.56	.398	
肱二頭肌肌電積分值(mV*s)	16.68±7.77	19.83±10.02	17.8±8.25	.065	

表 2 下肢單關節、雙關節開放運動與閉鎖運動各變數的重複量數變異數統計表

變數名稱	下肢單關節	下肢雙關節	下肢閉鎖	p 值	事後比較
膝關節最大角度(deg)	212.4±14.1	227.1±15.5	210.3±22.0	.095	
膝關節最小角度(deg)	149.3±16.2	134.3±31.2	186.2±19.8	.000	1-3 ; 2-3

運動持續時間(sec)	17.2±5.3	19.3±8.2	19.5±10.1	.426	
最大頻率(Hz)	5.46±0.79	4.35±1.42	5.64±1.25	.01	1-2 ; 2-3
腿後肌群肌電積分值(mV*s)	14.12±5.28	20.75±9.82	19.70±11.39	.306	
股直肌肌電積分值(mV*s)	14.39±4.93	20.18±10.05	19.56±11.32	.096	

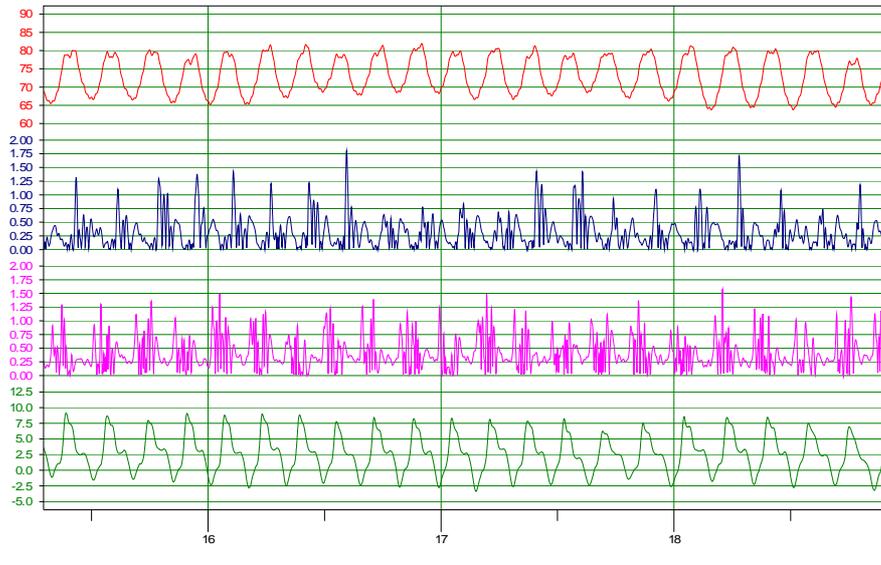


圖 1 受試者 F 上肢單關節開放運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

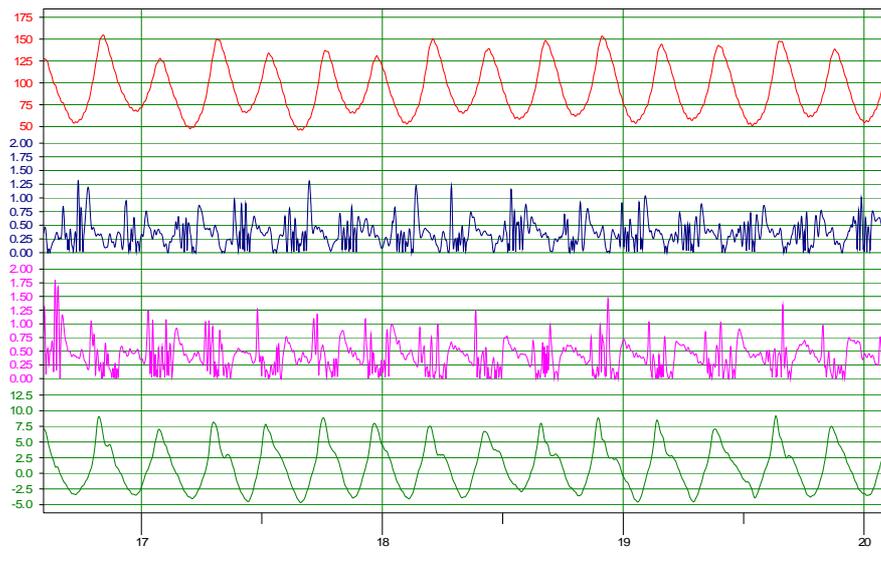


圖 2 受試者 F 上肢雙關節開放運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

向的加速度圖。

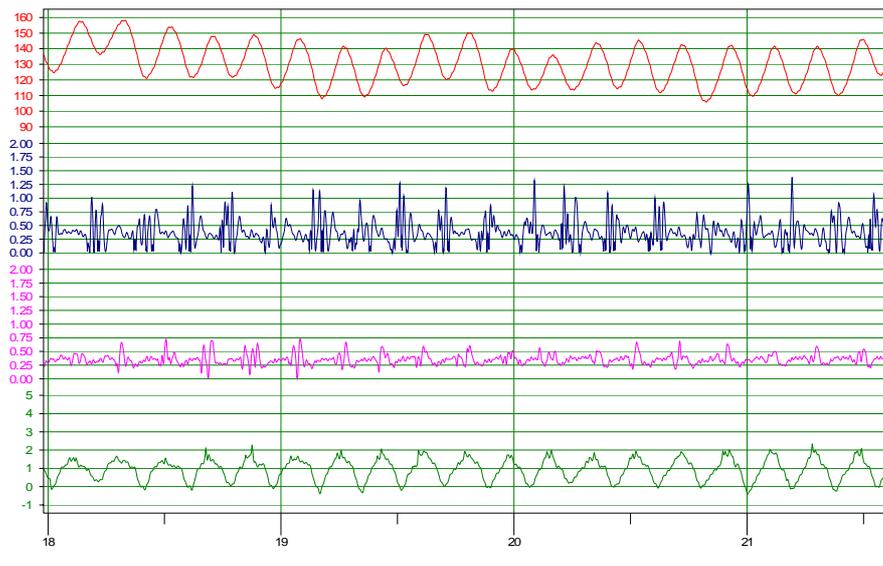


圖 3 受試者 F 上肢閉鎖運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

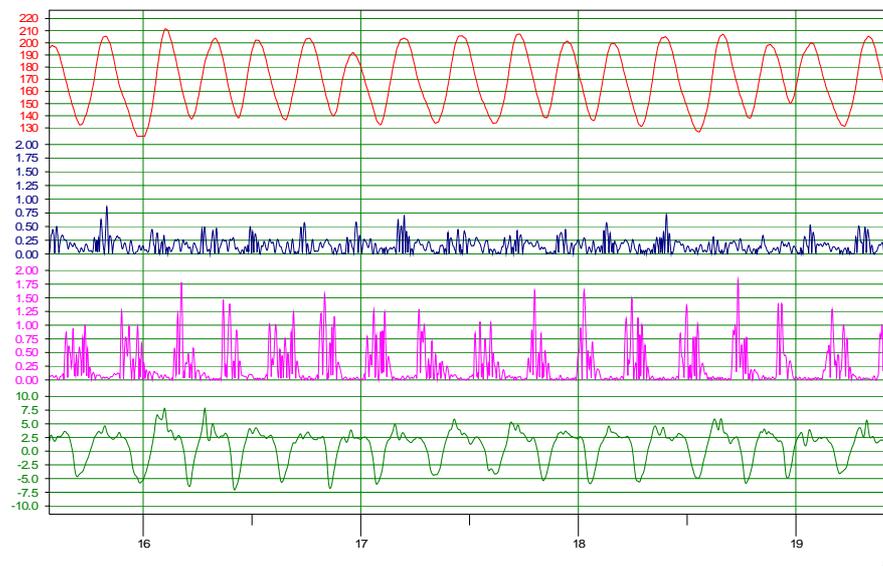


圖 4 受試者 F 下肢單關節開放運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

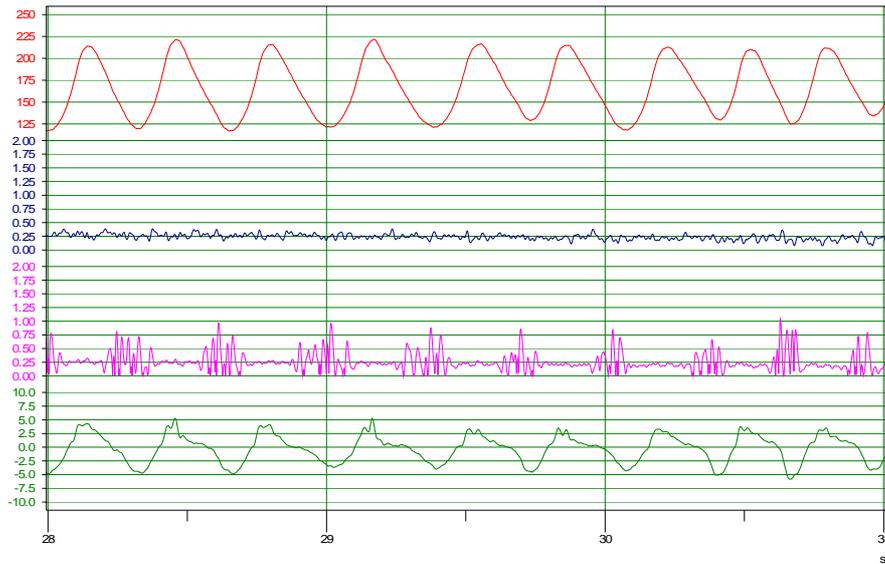


圖 5 受試者 F 下肢雙關節開放運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

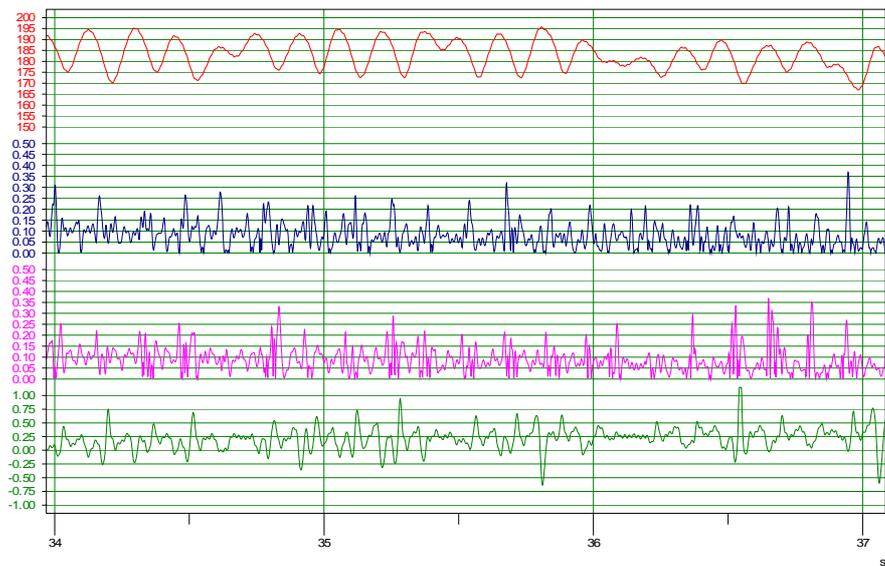


圖 6 受試者 F 下肢閉鎖運動。第一通道為肘關節角度變化情形，第二通道為肱三頭肌的整流肌電圖，第三通道為肱二頭肌整流肌電圖，第四通道為運動方向的加速度圖。

結論

關節活動角度與收縮最大頻率會因開放性運動與閉鎖運動而有不同，同時也會因單關節或雙關節而有不同。但持續的時間、肌電積分值並不會因上、下肢，單雙關節運動開放或閉鎖而有差別。

計劃成果自評

本研究的成果基本上已經讓我們了解人體上肢與下肢快速主動收縮時的一些特徵，但我們也發現受試者間的差異也是非常大的，特別是在進行閉鎖式運動時，受試者有些會有身體協調上的困擾，以至於無法達到預期的目標。我們也發現身體快速來回震盪的動作，也和受試者本身的運動習慣有關係。

重要參考文獻

- 陳全壽、相子元 (民 87): 反覆衝擊式肌力增強器對肌力、肌動力訓練效果之探討。1998 國際大專運動教練科學研討會，文化大學，105-117。
- 劉德智 (民 87): 陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器介紹及對肌力動力訓練效果之研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- 蔡昆霖 (民 88): *Chen's Power Machine* 不同訓練內容對下肢肌力與動力訓練之比較研究。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- 謝素貞 (民 87): 陳氏被動反覆衝擊式肌力增強器對優秀全能選手馬君萍肌力肌耐力爆發力與運動表現之影響。國立體育學院教練研究所碩士論文。
- Ellenbecker, S. T. & Davies G. J. (2001). *Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple-joint exercise*. Human kinetics.
- Enoka, R.M. (2002). *Neuromechanics of human movement*. 3rd edn. Human Kinetics. Champaign.
- Issurin, V.B., Liebermann D.G. & Tenenbaum, G. (1944). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of sports sciences*. 12(6), 561-566.
- Issurin, V.B., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences*, 17, 177-182.
- Long-Ren Chuang、Tzyy-Yuang Shiang、Yu Liu、Fang Lee、Norman Yang (2002), Surface Electromyography (sEMG) Analysis on BodyBlade. 2002 年台灣生物力學學術研討會暨國科會專題計劃研究成果發表會論文集，55-56.
- Mester, J., Spitzenfeil, P., Schwarzer, J., & Seifriz, F. (1999). Biological reaction to vibration implications for sport. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2(3), 211-226.
- Schneider, K., Zernicke, R. F., Schmidt, R.A. & Hart, T. J. (1989), Changes in limb dynamics during the practice of rapid arm movements. *J. Biomech.* 22(8/9), pp.805-817