

單槓併腿浮撐後迴環接續分腿仰騰越 接槓動作之技術分析

通識教育中心教授 吳杏仁

中山醫學院副教授 王建邦

摘要

本研究於八十六年十二月十九日以一部 60Hz 攝影機，記錄 1997 年中華汽車盃國際體操邀請賽中所有選手的單槓賽前練習，選取俄羅斯葛力班柯依戈 (Grebekov Egor) 選手成功完成併腿浮撐後迴環接續分腿仰騰越接槓動作為研究對象；以七個肢斷的人體模型，進行二度空間的影片數位化，探討運動學變數，作為技術分析的依據。本研究所得結論如下：

- (一) 選手通過槓上垂線後，拉開肩角，縮小髖角，含胸將身體折疊起，在重心角度 99° 時，腳尖中穿手臂。
- (二) 選手腳尖中穿手臂後，兩臂伸直，髖角緊縮，併腿向後迴環。
- (三) 選手在重心角度 234° 時，腳尖脫出手臂向上蹬伸；當身體伸直後，挺胸、壓臂直到離槓，使得肩角由 127° 打開至 168° ，增加了 41° 。
- (四) 選手離槓時，重心角度 334° 、水平速度 -1.97 公尺/秒、垂直速度 2.10 公尺/秒、角動量 $-16.71\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ 。
- (五) 選手離槓後，積極制動腿，立上體。當完成立肩後，下肢向後遠伸，髖角拉開，並於單槓水平面上完成接槓。

關鍵詞：體操，單槓，脫手再握，併腿浮撐，分腿仰騰越

一、緒 論

(一) 研究動機

單槓技術的發展趨勢有著明顯的連續性與階段性特徵，每當世界上出現新的動作、技術、新編排後，都要經過一個普及、加難、提高質量的過程，接著又會出現更新的動作、更難的技術和編排。

在 70 年代，大迴環蓋浪、振浪技術的創新與普及，開創了單槓騰越飛行的新領域。在 80 年代，單槓飛行類動作加難發展，從單純的騰越進入空翻、轉體、越槓再握的新階段。在 90 年代，單槓技術隨著動作難度的逐級遞增，面臨一個階段性的「極限」問題，在新規則的導向下，朝向多樣化技術連接，多類型動作組合的新路。單槓成套動作中，不同技術類型的騰越飛行，出現三連、四連甚至五連飛的組合連接。因此，創造性的組合連接技術和方法是 90 年代的重要內容與趨勢(朱光輝，1997)。

1997 年國際體操新規則在難度動作的組別上從難要求，而在難度動作的連接加分方面卻放寬尺度。舊規則規定一套自選動作的連接加分至多不超過 0.2 分，新規則卻對難度連接加分不封頂，有多少加多少分。因此，在今後的比賽中加強難度動作的連接比發展難度動作本身顯得更為重要(馮大力，1998)。

迴環動作是單槓運動最基本的運動形式，根據旋轉半徑的不同，可分為短半徑的近槓迴環和長半徑的大迴環。近槓迴環能夠以不同握法(正握、反握或翻握)採用分腿、併腿的姿勢進行向前或向迴環來接續騰越、空翻轉體等脫手再握動作。在新規則的難度表中，近槓迴環系列接續騰越空翻再握動作難度等級皆高於大迴環系列如表 1-1。因此，單槓成套動作中如何搭配近槓迴環接續空翻、轉體、騰越再握的動作將會是未來單槓技術發展的潮流。

表 1-1 不同迴環接續仰騰越動作與難度等級

動作名稱	難度等級	動作名稱	難度等級
正握大迴環仰騰越接槓	C	浮撐或立撐後迴環仰騰越接槓	D

正握大迴環直體仰騰越接槓	D	浮撐或立撐後迴環直體仰騰越接槓	E
正握大迴環直體仰騰越轉體 1/1 接槓	SE	併腿立撐後迴環仰騰越轉體 1/1 接槓	SE

併腿浮撐後迴環仰騰越接槓為 D 級難度動作，它還可以以直體姿勢來表現，所獲得的難度價值為 E 級；或者加入空翻轉體的動作，該動作的難度等級更高為 SE 級。當動作熟練後亦可用來連接高級動作（C 級以上），成為加分動作，因此，它是一個極具潛力的基礎騰越動作。

近年來國內體操選手在單槓成套動作的編排上已開始加強脫手再握的連接與多樣性。選手對於脫手再握等動作亦都極願意嘗試，也花費許多心血練習數個脫手再握的動作連接。「特卡切夫仰騰越」（前擺向後分腿騰越接槓）動作在國際比賽中被使用的頻率最高，而且表現的方式又多樣化如表 1-1。因此，若能了解此動作的基礎原理，必可縮短掌握動作要領的時間，節省精力，快速提昇體操水準，進而能有良好的成績表現。

試基於上述原因，本研究針對併腿浮撐後迴環仰騰越脫手再握動作進行技術分析，希望藉由本研究所得結果，提供給教練或選手在訓練上預備學習此動作時的之參考。

（二）研究目的

本研究的目的是在探討併腿浮撐後迴環仰騰越脫手再握動作技術在

- 1、併腿浮撐後迴環階段的肩角、髖角、角速度、角動量等運動參數之變化與特徵。
- 2、騰越階段的髖角、軀幹與下肢角速度等運動參數。

希望所得資料能提供教練、選手作為訓練參考。

（三）研究範圍

本研究僅針對俄羅斯葛力班柯依戈（Grebekov Egor）選手所表現的併腿浮撐後迴環接續仰騰越接槓動作，實施二度空間之運動學與角動量分析。

（四）研究限制

本研究中人體以多重連桿系統代表且對肌力與肌肉內的運動不予探討，攝影

之視差、單槓的彈性亦不予探究。

(五) 名詞解釋

- 1、倒立位置：意指實施仰騰越接槓的前一圈大迴環，當身體重心通過槓上垂線有最小角速度時的位置如圖 1-1 中的編號 1。
- 2、腳尖中穿手臂位置：身體在下擺階段，身體折疊過程中，腳尖中穿入手臂時的位置如圖 1-1 中的編號 2。
- 3、腳尖脫出手臂位置：身體在上擺階段，身體由折疊體姿，蹬伸雙退，腳尖脫出手臂時的位置如圖 1-1 中的編號 3。
- 4、離槓位置：實施併腿浮撐仰騰越接槓動作的離槓瞬間位置如圖 1-2 中的編號 4。
- 5、立肩：騰空階段軀幹與水平線呈 90 度如圖 1-2 中的編號 5。
- 6、接槓位置：實仰騰越接槓動作的接槓瞬間位置如圖 1-2 中的編號 6。
- 7、併腿浮撐仰騰越接槓：正握併腿浮撐向後迴環接續分腿仰騰越接槓成懸垂又稱作併腿浮撐「特卡切夫」騰越如圖 1-1、圖 1-2。

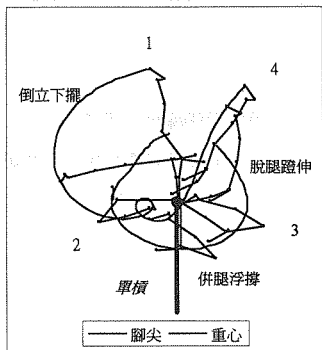


圖 1-1 併腿浮撐後迴環
重心、腳尖軌跡及動作棒圖

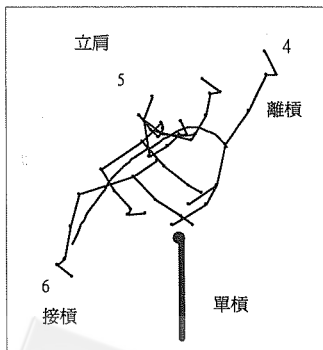


圖 1-2 「特卡切夫」騰越
重心軌跡及動作棒狀圖

二、方法與步驟

(一) 研究對象

本研究於 1997 年 12 月 19 日在台北體院體育館進行實地拍攝，以俄羅斯葛力班柯依戈 (Grebekov Egor) 為本研究對象，以其在「97 年中華汽車盃國際體操邀請賽」的賽前練習中所表現的正握併腿浮撐向後迴環接續分腿仰騰越接槓動作進行分析，受試者基本資料如表 2-1。

表 2-1 受試者基本資料

國別	姓名	身高	體重
俄羅斯	葛力班柯依戈 Grebekov Egor	155 公分	48 公斤

(二) 實驗方法

1、場地佈置

本實驗於 1997 年 12 月 19 日 7 時 30 分將場地佈置完成，攝影機 (Panasonic AG-450, 每秒 60 張) 的主光軸對準單槓中心，高度為 2.8 公尺，距運動面之垂直距離為 15 公尺。

2、模式假設

本研究假設選手表現的整個動作是對稱於矢狀面。而且人體是由七個剛體 (rigid body) 肢段所組合而成的多重連桿系統，影像投影的肢段長度和活體肢段長度一樣，具有相同的質量和轉動慣量。

(三) 資料處理

本實驗是採用肢體分解法 (segmental method)，將人體分為八個關節點 (landmark) 以及七個剛體 (rigid body) 肢段。配合 Dempster (1979) 研究的肢體部位重量百分比與重心位置百分比資料，輸入 Peak Performance 軟體中。利用 Peak Performance 動作分析系統將影帶編碼 (encode)，經過數位化處理後所獲得的原始資料 (raw data)，再經由系統中 low pass, forth order, zero lag butterworth 程式修勻 (smooth)。修勻後的資料經由 turbo pascal 與 excel 套裝軟體計算各運動學變數及繪製圖表。重心、軀幹、下肢角速度與角動量等變數

計算如下：

1、重心(軀幹、下肢)角速度

$$\omega = (\theta_2 - \theta_1) \div t$$

(θ_2 後一張影片重心(軀幹、下肢)與單槓連線與垂直軸之夾角, θ_1 前一張影片重心(軀幹、下肢)與單槓連線與垂直軸之夾角, t 兩張影片所肩隔的時間)

2、角動量(Hay, J.G. 1985)

$$H_{w/G} = \sum_{i=1}^7 I_{ig} \omega_{is} + \sum_{i=1}^7 m_{is} d_{ig}^2 \omega_{ig}$$

(I_{ig} 各肢段之轉動慣量, ω_{is} 各肢段之角速度, m_{is} 各肢段之質量, d_{ig} 各肢段重心至身體重心之距離, ω_{ig} 各肢段重心相對於身體重心之角速度)

3、角度定義

- (1) . 肩角：以肩關節為軸，將肘關節與髖關節至肩關節兩連線之夾角如圖 2-1。
- (2) . 髖角：以髖關節為軸，將肩關節與膝關節至髖關節兩連線之夾角如圖 2-1。
- (3) . 重心角度：將身體重心、握點連線與垂直軸之夾角如圖 2-2。
- (4) . 手臂角度：將肩關節、腕關節連線與垂直軸之夾角如圖 2-2。
- (5) . 蹬伸角度：將髖關節、握點連線與單槓的夾角如圖 2-2。

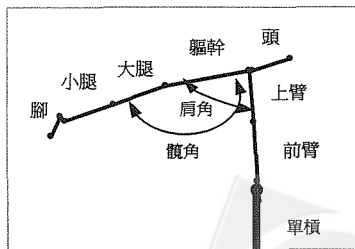


圖 2-1 肩角、髖角定義圖

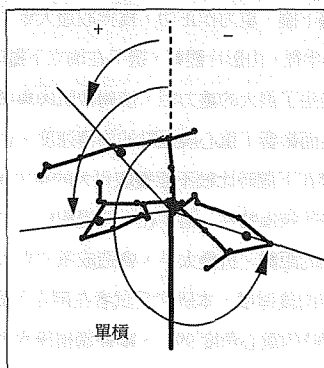


圖 2-2 重心角度角度定義圖

三、結果與討論

本研究將併腿浮撐後迴環接續分腿仰騰越接槓動作的整個過程區分為準備階段和完成階段二大部分,並將所得運動參數進行分析與討論。

(一) 準備階段

併腿浮撐後迴環是單槓迴環類中的短半徑迴環。此類動作可由倒立下擺來啓動或由大迴環來連接。本研究是經由倒立下擺,縮小髖角,併腿中穿雙臂,浮撐向後迴環;接著身體上擺,雙腿脫出手臂,蹬伸下壓,頂肩壓臂,雙手離槓。

這一階段可分成倒立下擺、併腿浮撐、脫腿蹬伸三個技術部分。

1、倒立下擺技術(最小重心角速度到腳尖中穿手臂時)

選手在槓上倒立位置時,角速度 0.42 弧度/秒,重心角度為 4° , 肩角 149° 、髖角 207° , 身體呈現背弓姿勢。身體下擺,肩角先縮小再迅速拉開;髖角由背弓狀態,稍微伸展再迅速收縮。當身體伸直後,配合肩角的拉開,身體快速折疊,雙腳中穿手臂,此時髖角 37° 如表 3-1、圖 3-1。

此階段，身體下擺，重力作正功，為獲取最大重力矩，就必須使身體重心遠離轉軸，增加重心半徑。由影片觀察，選手在倒立下擺時，肩向前傾，肩角縮小，相對於肩的支點產生了很大的重力矩，使肩帶肌肉負擔較大，而且腿相對於肩產生了反向旋轉，從而影響了重心繞握點的旋轉速度。也由於肩角縮小，相對地重心半徑縮短，這樣在下擺時比較不能獲取更大的重力矩。

因為動作本身的技術特性，選手在下擺過程中，必須將身體折疊起來，相對會影響重心到轉軸的距離。折疊太早，會造成重力矩太小，角速度不夠；折疊太晚又會來不及中穿向後迴環。本研究受試者在倒立下擺階段的時間間隔為 0.72 秒，腳尖中穿手臂時的重心角度 99° 、剛通過槓後水平面。此時的重心角速度為 5.86 弧度/秒，而且還繼續在加速中如表-1、圖 4-4。這說明身體折疊起來、腳尖中穿手臂的時機適當。

2、併腿浮撐技術(腳尖中穿手臂到腳尖脫出手臂)

根據衝量矩等於角動量的增量，在磨擦力與空氣阻力不計的情況下，轉動慣量減小，角速度增加。由影片觀察，選手完成中穿後，兩腿向胸部靠緊，身體緊疊，相對地轉動慣量減小。在重心位置 150° 時，出現最小髻角 22° ，重心角速度 7.25 弧度/秒。在重心位置 165° 時有最大重心角速度 7.27 弧度/秒。隨後，重心角速度減小，通過槓下垂線時重心角速度 7.04 弧度/秒如表 3-1、圖 3-2。從剛體力學觀點看，在下擺接近槓下垂線的過程中，角速度下降會減少轉動動能，對隨後上擺動能轉化為位能是不利的。因此選手若能緊縮髻角，再晚一點展髻，對於重心角速度與動能的增加是有利的。

通過槓下垂線，兩臂伸直，臀部在前，保持一定的肩角。選手臀部借助後迴環的力量向上擺，髻角漸漸展開。在重心位置 234° 時，腳尖脫出手臂，重心角速度為 5.72 弧度/秒。

3、脫腿蹬伸技術(腳尖脫出手臂到雙手離槓)

這一階段有三個重要的技術，它是決定整個動作成敗的關鍵：

- (1) 脫腿蹬伸的方向(角度)
- (2) 頂肩振胸的動作
- (3) 離槓的時間(角度)

腿的蹬伸方向是一個很重要的技術，蹬早了，方向朝前，身體上不去；蹬晚了，方向向後，不容易立上體，也很難抓槓。所以適宜的蹬伸角是十分重要的(陸恩淳等，1988)。

選手脫腿蹬伸的時間(蹬伸角度)在槓前 66° 如圖 2-2，此時重心角度 234° 。當雙腿蹬伸脫出手臂後，先朝正上方，然後再向前上方蹬伸如圖 1-1；同時在蹬伸的過程中，當身體伸直後，快速振胸、壓臂。從表 3-1 可以知道選手此時的肩角由 127° 打開至 168° ，肩角增加了 41° 。

在重心角速度方面，選手通過槓下垂線上擺過程中，重力作負功，再加上伸展髖角，振胸、壓臂，使得髖角與肩角增大，重心半徑增加，角速度遞減。因此，在此階段，蹬伸雙腿需快速而有力，縮短上擺的時間。選手從脫腿蹬伸到到蹬伸結束共用 0.32 秒，離槓角速度為 3.54 弧度/秒如表 3-1。

從下肢角速度來看，選手脫腿蹬身後，在重心角度 241° 時，下肢角速度變為負值，接著在重心角度 323° 時，軀幹角速度變為負值。負值表示選手運動方向由逆時鐘變為順時鐘方向，這是因為分腿仰騰越在離槓騰空後須沿著身體重心橫軸做順時鐘方向翻轉而浮撐後迴環則是逆時鐘方向擺動，二者的運動方向是相反的。所以從脫腿蹬伸至離槓過程中，選手需要快而有力的蹬伸雙腿、振胸、壓臂，為騰空時順時鐘方向的騰越動作奠定基礎。

騰越接槓動作是否成功需要身體騰空時有最適宜重心拋物線軌跡，才能保證騰越後雙手通過單槓附近的空間，使接槓成為可能，甚至能夠很順暢接續下一個迴環動作。而影響騰空階段重心軌跡的因素為離槓瞬間身體重心的高度與角度、水平與垂直速度等因素相互配合。身體重心的角度表示脫手的早晚，水平速度的快慢影響飛行距離的遠近，而垂直速度則直接影響騰空高度。

從表 3-2 可以看出此選手離槓時間(位置)334°比其它分腿仰騰越還要晚，水平速度-1.97 公尺/秒、垂直速度 2.10 公尺/秒、角動量-16.71kg.m²/s 也比較小，相對的選手就必須在較短的騰空時間與高度下，完成翻轉騰越動作，因此，選手就必須具備更高的準確性才能順利完成接槓動作。

(二) 完成階段

完成階段是指選手雙手離槓後，身體朝順時鐘方向翻轉，由單槓一端飛越至另一端接槓成懸垂。

完成階段一個很重要的問題，就是軀幹和下肢轉動的角速度問題。雙手離槓後，軀幹作順時針轉動的角速度必須大於下肢的角速度，這樣才能保證上體的翻轉，並把肩立起來。等到重心達到最高點以後，兩腿沿逆時鐘方向的轉動停止，主動往順時鐘方向作分腿擺越的動作。

從表 3-3、圖 3-4 顯示選手離槓後，軀幹產生了比下肢要大的角速度，軀幹借助這一速度迅速騰起，並積極往順時鐘方向立上體。而此時，下肢則積極的配合立上體，減速制動。因為身體某一環節的減速和相對固定，可以促使另一側環節的速度增加。另外也說明此時軀幹和下肢在作相向運動，互相靠近。當上體完成立肩後，下肢積極向後擺動，角速度明顯增大；軀幹則繼續向順時鐘方向轉動，角速度減速小，一直到接槓時角速度最小。

選手離槓後，重心最高點為 3.77 公尺，重心飛行距離 1.03 公尺，騰空時間 0.58 秒。

選手在單槓水平面上完成接槓，接槓瞬間的重心高度為 3.06 公尺。此時，選手軀幹角速度-0.38 公尺/秒，下肢角速度-7.03 公尺/秒，相對地，下肢向後遠伸，髖角拉開，重心向後移，增加了握槓時的重心半徑，促使更好的連接下一個動作。

單槓併腿浮撐後旋迴環接續分腿仰騰越接槓動作之技術分析

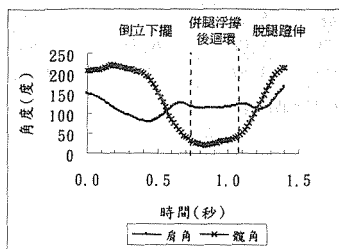


圖 3-1 預備階段肩角、髖角曲線圖

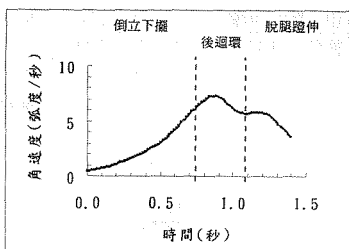


圖 3-2 預備階段重心角速度曲線圖

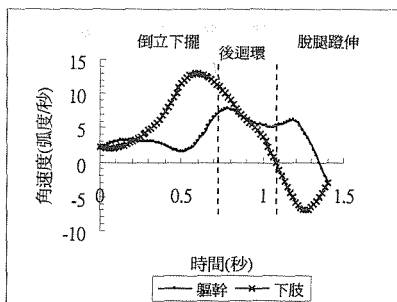


圖 3-3 預備階段軀幹、下肢角速度曲線圖

表 3-1 預備階段之運動參數

參數	時間 (秒)	重心 角度 (度)	肩角 (度)	髖角 (度)	重心 角速度 (弧度/秒)	下肢 角速度 (弧度/秒)	軀幹 角速度 (弧度/秒)
特定位置							
倒立位置	0	4	149	207	0.42	2.19	2.06
髖角近 180 度	0.45	37	80	183	2.62	9.36	1.86
腳尖中穿手臂	0.72	99	121	37	5.86	11.38	6.99
最小髖角	0.85	150	115	22	7.25	7.32	7.00
最大重心角速度	0.88	165	115	24	7.27	6.49	6.54
槓下垂線	0.92	179	114	28	7.04	5.80	6.12

腳尖脫出手臂	1.08	234	124	48	5.72	-0.12	5.26
髖角近 180 度	1.30	309	127	179	5.00	-6.58	2.58
離槓	1.40	334	168	215	3.54	-3.0	-2.38

表 3-2 離槓瞬間相關參數

參數	研究者	本研究
離槓高度(公尺)		3.28
離槓重心位置(度)		334
離槓速度(公尺/秒)		2.88
離槓垂直速度(公尺/秒)		2.10
離槓水平速度(公尺/秒)		-1.97
離槓角動量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$)		-16.71

表 3-3 完成階段特定位置之參數

參數	時間(秒)	髖角(度)	軀幹角速度(弧度/秒)	下肢角速度(弧度/秒)
特定位置				
離槓	0	215	-2.83	-3.09
重心最高點	0.23	84	-9.30	-0.57
最大軀幹角速度	0.33	52	-10.06	-10.97
立肩	0.35	54	-9.89	-12.08
最大下肢角速度	0.38	63	-9.05	-14.38
接槓	0.58	121	-0.38	-7.03

註：立肩為軀幹與水平線垂直

：負值表示順時針方向，負值越大表示角速度越大。

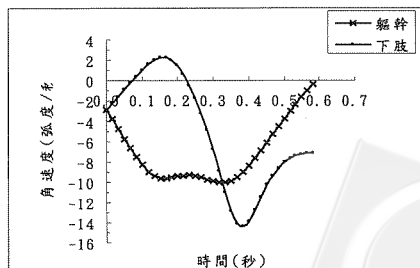


圖 3-4 完成階段軀幹、下肢角速度曲線圖

四、結 論

本研究於八十六年十二月十九日以一部 60Hz 攝影機，記錄 1997 年中華汽車盃國際體操邀請賽中所有選手的單槓賽前練習，選取俄羅斯葛力班柯依文 (Grebekov Egor) 選手成功完成併腿浮撐後迴環接續分腿仰騰越接槓動作爲研究對象；以七個肢斷的人體模型，進行二度空間的影片數位化，探討運動學變數，作爲技術分析的依據。本研究所得結論如下：

- (一)重心通過槓上垂線後，迅速拉開肩角，縮小髖角，含胸將身體折疊起；當重心通過槓後水平面時腳尖中穿手臂。
- (二)重心通過槓下垂線時，兩臂伸直，緊縮髖角，角速度 7.04 弧度/秒。
- (三)重心通過槓下垂線後 54° 左右，雙腿迅速脫出手臂向上蹬伸，當身體伸直後，快速振胸、壓臂。
- (四)選手離槓時間 (位置) 334° 、水平速度-1.97 公尺/秒、垂直速度 2.10 公尺/秒、角動量-16.71kg.m²/s。
- (五)選手離槓後，積極制動腿，立上體。當完成立肩後，下肢迅速後擺遠伸，拉開髖角，並於單槓水平面上完成接槓。

參 考 文 獻

- 國際體操聯盟男子體操委員會(1997)。國際體操評分規則，134-137。
朱光輝(1997)。男子競技體操技術創新發展的規律性特徵研究。體育科學，17(2)，22-28。
馮大力(1998)。1997年國際男子體操評分規則的新變化辨析。成都體育學院學報，2(24)，41-44。
張宏文(1995)。單槓兩種高難度騰越動作的運動學分析與技術指導之實例研究。立昌出版社。
劉志成(1987)。競技體操力學原理。人民體育出版社，285-309。
蔡亨(1992)。不同特卡切夫騰越方式之運動學分析。八十一年度體育學術研討會專刊，501-502。
蔡亨(1993)。單槓大迴環接續特卡切夫之生物力學分析。國立體育學院運動科學研究所碩士論文，台北。

- 陸恩淳等 (1988)。單槓。人民體育出版社，北京。
- Gervais, P. and Tally, F. (1993) . The best swing and mechanical descriptors of three horizontal bar release - regrasp skills. International applied biomechanics, 9, 66 - 83.
- Hay, J.G. (1985). The Biomechanics of Sports Techniques. Third Edition. by Pretice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. 135-139.
- Winter, D. A. (1979). Biomechanics of Human Movement. John Wiley and Sons, 150 - 152.