



RRPF88020128

(D.P)

行政院國家科學委員會專題研究
計畫成果報告

國術打擊動作的肢段間互動動力學分析
Intersegmental Dynamics Analysis of the Chinese
Martial Arts' Punch

計畫編號：NSC 88-2413-H-034-002

執行期限：87年8月1日至88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

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
國術打擊動作的肢段間互動動力學分析
Intersegmental Dynamics Analysis of the Chinese Martial Arts' Punch

計畫編號：NSC 88-2413-H-034-002

執行期限：87年8月1日至88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@ccu016.pccu.edu.tw

中文摘要

國術中的上肢打擊動作，常因策略應用與目的的不同，而有不同的打擊方法。其中有同時強調打擊力量與貫穿目標物的重擊型打法，與強調點到為止的點擊型打法。本研究的目的即在探討這兩種打法間的差異。使用 Peak Performance 動作影像分析系統、F-Scan 測力裝置與自行設計的打擊架，分析 12 名來自於中國文化大學國術學系學生的志願者，重複操作重擊型與點擊型打擊動作的結果，動作順序依抽籤決定。結果發現：1. 肘關節肌肉力矩(Me)、肩線加速度(SLA)的屈伸變化，具有影響與決定打擊動作的類型。肘關節肌肉力矩在碰撞前的再度伸展，固定了肘關節，使得上臂與前臂保持固定，增加打擊質量；而肩線加速度所產生的力矩，則代表著打擊時身體參與打擊質量的加大，增加打擊力量與打擊效果(打擊板子的離手速度)且顯著大於點擊型打擊($p < 0.05$)。2. 再度伸展的肘關節肌肉力矩，使得重擊型打擊後，肘關節依然保持固定，而以伸肩方式收回上肢。點擊型打擊則在屈肘力矩時打擊到目標物，並以屈肘方式收回上肢。3. 在肢段間互動動力學部分，發現在肘關節處的肘肌肉力矩(Me)主要是和上臂角速度(UAV)成對抗平衡；依運動產生的力矩，由上臂角加速度(UAA)和前臂角加速度(FAA)所產生的力矩達成相互平衡。在肩關節處，肩關節肌肉力矩(Ms)主要是由上臂角加速度(UAA)力矩來平衡的；由前臂角加速度(FAA)和肩線加速度(SLA)所產生的力矩來和上臂角加速度(UAA)達成相互平衡。4. 重擊型打擊具有貫穿目標物的意圖，這在打擊深度的表現上明顯大於點擊型打擊。5. 重擊型打擊在各關節點上(拳腕肘肩)具有較高的最大速度，同時接觸時的速度也較點擊型打擊為高，且都達到顯著差異($p < 0.05$)。同時上肢各關節點的最大速度與接觸速度，對於打擊力量的影響，也表現在打擊力量上，重擊型打擊所產生的打擊力量顯著大於點擊型打擊($p < 0.05$)。

關鍵詞：國術打擊，肢段間互動動力學

Abstract

Koushu upper limb striking techniques differ, due to variations in tactics and objectives. This variation includes strikes that emphasize power and penetrating force, and others that just require speed and accuracy. Our research involves study of the difference between the two techniques. Using the Peak Performance motion image analysis system, the F-scan force pressure sensor, and a self-designed striking platform; 12 volunteers from the Chinese Martial Arts Department were studied as

they performed repetitions of heavy (penetrating strike) and jab (surface strike) strikes. The paired t-test of SPSS for window 7.0 was used to test the variables.

The results were as follows:

1. Elbow joint muscle torque (Me), Shoulder Linear Acceleration (SLA) change, were the deciding factor in striking motion. Elbow joint muscle torque extended again right before impact, to support the elbow and maintain the structure between the upper arm and forearm. Therefore increasing striking mass. Shoulder Linear Acceleration increased the body mass participation in strikes; increasing striking power and effect (change in striking board speed after impact), and was obviously greater in force compared to jabbing (surface) strikes ($p < 0.05$).
2. Re-extended elbow joint torque permits the elbow joint maintain correct structure after heavy strikes, while retraction of the upper limb was accomplished by way of extending the shoulder. While jab strikes impact with a bent elbow joint, and retract the upper limb by retracting the elbow.
3. According to intersegmental dynamics, (Me) was the main counter force to the Upper Arm Angular Velocity (UAV), according to motion induced torque, Upper Arm Angular Acceleration (UAA) was counter force to Forearm Angular Acceleration (FAA). At the shoulder joint, Shoulder joint muscle torque (Ms) was counterbalanced by (UAA) torque; (FAA) and (SLA) generated torque is counterbalanced by (UAA).
4. Heavy (penetrating) strikes have the goal of driving through a target. It has a much deeper striking depth than a jab (surface) strike
5. Heavy strikes showed greater maximum velocity at all joints in the upper limb. Velocity was also significantly ($p < 0.05$) higher at impact than a jab. The greater velocity at the joints and target all directly effect striking power. Heavy strike techniques are significantly ($p < 0.05$) more powerful than jabs.

Keywords : Chinese Martial Arts' Punch, Intersegmental dynamics

計劃緣由

在國術上肢打擊動作的訓練與比賽過程中，會因打擊部位與策略應用而有不同的打法，有時要求貫穿目標物(重擊)，有時候要求點到為止(點擊)，上肢在做這兩種不同類型的打擊動作時有什麼差異呢？外在特徵與內在控制機轉又是什麼？我們希望透過研究了解重擊型與點擊型打擊，上肢的協調(coordination)與控制(control)的變化，以便供作訓練與教學的依據與參考。

一般有關打擊動作的研究，如 Nakayama(1966)、Vos and Binkhost(1966)、Whiting(1988)、莊榮仁與洪得明(民 81)等人是從運動學來分析與觀察拳的速度；吉福康郎&池上康男(1984)、吉福康郎(1986)、Feld(1979)、則探討打擊所產生的力量與打擊所產生的加速度；Feld(1979)、Wilk(1982)等人則是專門研究打擊手的拳與被打擊物(木板、磚塊等)的破壞之間的交互作用；Walker(1975)、Blum(1977)、吉福康郎(1984、1988)應用力學理論根據拳的速度推導攻擊力量和能量；Cavanagh and Landa(1975)、鄭博應(民 84)等人則從肌肉活動(肌電圖)分析與觀察打擊手臂的肌肉活動情形；另有 Atha(1985)、Smith(1986)、吉福康郎(1988)和相子元&陳俊忠(民 85)等綜合使用數種儀器設

備同時觀測運動學與打擊力量之間的關係；Chan(1990)則從上肢屈肘肌力實驗配合理論推導，計算空手道打擊時肩關節與肘關節打開(屈肩與伸肘)的時機。上述的研究大多是研究打擊動作的特徵與結果，即研究打擊所產生的力量與加速度，以及打擊手的拳和被打擊物(木板、磚塊等)，它們並未深入了解打擊動作本身的內在關節與肌肉力矩的變化，以致於無法了解打擊手臂動作的協調與控制。

從生物力學的角度看時，人體運動是由關節力矩(joint moment or joint torque)控制與決定的，因此如想要對運動深入了解的話，就必須對控制人體運動的關節力矩進行分析。國際上對於這一問題的研究大都集中於淨關節力矩(net joint moment)的研究，如 Winter(1983)應用關節力矩探討步態與慢跑。這一淨關節力矩主要是由肌肉收縮力產生的，是肌肉作用在關節的合力矩。Phillips(1983)、Hoy & Zernicke (1986)、Smith & Zernicke(1987)、Schneider & Zernicke (1989)和 Zernicke & Smith(1996) 等人的最新的研究發現，人體運動不僅受到主動的(active)肌肉收縮力的影響，亦受到重力(gravitational force)和被動的(passive)反作用力(reaction force)的影響。通過肢段間互動動力學(intersegmental dynamics)便可以對這些主動力和被動力的分量分別做量化的處理，因此也就可以了解主動力和被動力對運動各別的影響。其中 Schneider(1989)曾對上肢的快速繞行運動進行分析與研究，他所研究的動作是受試者展現最大速度，手未受限制的在兩個目標端點之間垂直向上和向下，且繞行過一個障礙物，形成複雜的肩、肘、腕關節運動，來驗證俄國生理學家 Bernstein 的假設“練習改變動作協調，在肌肉的(muscular)和被動的(passive)關節力矩(joint moments)之間”，結果他發現，通過練習，運動協調能力改善，並證實了俄國生理學家 Bernstein (1967)提出的有關運動協調的假設，即協調的奧妙並不在於使用多餘的力量去抵消反作用現象(指肢段間的相互作用)，而是充份利用它，通過練習協調能力的改善，是因為利用肢段間反作用的能力提高。Schneider(1989)研究的動作十分類似於國術中的上肢打擊動作，因此啟發我們利用肢段間互動動力學(intersegmental dynamics)，來研究國術上肢打擊動作。

目的

本研究的目的是在於藉由肢段間互動動力學(intersegmental dynamics)探討國術重擊型與點擊型打擊動作之運動學與動力學特徵及運動控制機轉，其具體研究目的有：

- (1)國術重擊型與點擊型打擊方式的運動學分析與比較。
- (2)國術重擊型與點擊型打擊方式的打擊力量分析與比較。
- (3)重擊型與點擊型打擊方式的肘、肩關節力矩與肌肉力矩的型態
- (4)主動肌肉力矩與被動的、因運動而引起的慣性力矩之間的關係

結果

表 1. 重擊型與點擊型打擊各變項間的相依樣本(paired-test)考驗表

變數名稱及單位	重擊型打擊	點擊型打擊	t-值	自由度	p 值
打擊深度(公分)	31.46 ± 0.09	7.1 ± 0.07	6.266	11	0.000
拳最大速度(公尺/秒)	6.11 ± 1.09	5.82 ± 0.90	2.459	11	0.032
腕最大速度(公尺/秒)	6.08 ± 1.00	5.79 ± 0.89	2.984	11	0.012
肘最大速度(公尺/秒)	6.08 ± 1.00	5.83 ± 0.85	4.177	11	0.002
肩最大速度(公尺/秒)	3.07 ± 0.65	2.72 ± 0.65	3.192	11	0.015
接觸時拳速度(公尺/秒)	4.53 ± 0.97	3.81 ± 0.95	3.390	11	0.006
接觸時腕速度(公尺/秒)	4.60 ± 0.81	3.83 ± 0.87	5.242	11	0.000
接觸時肘速度(公尺/秒)	4.53 ± 1.28	3.29 ± 1.04	5.013	11	0.000
接觸時肩速度(公尺/秒)	2.30 ± 0.59	1.26 ± 0.83	6.620	11	0.006
板子離手時拳速度(公尺/秒)	1.22 ± 0.57	0.15 ± 1.04	3.393	11	0.006
板子離手時腕速度(公尺/秒)	1.20 ± 0.48	0.05 ± 1.05	3.601	11	0.004
板子離手時肘速度(公尺/秒)	0.95 ± 0.42	-0.1 ± 0.89	4.263	11	0.001
板子離手時肩速度(公尺/秒)	0.56 ± 0.33	0.06 ± 0.40	3.870	11	0.003
肘最大角速度(弧度/秒)	-7.21 ± 1.83	-7.07 ± 2.01	0.244	11	0.812
肩最大角速度(弧度/秒)	18.94 ± 8.02	16.71 ± 4.17	1.209	11	0.252
板子最大角速度(弧度/秒)	4.69 ± 0.99	3.51 ± 1.41	4.749	11	0.001
打擊最大力量(F-SCAN 鞋底測力計所測得得)(kgw)	19.4 ± 3.1	14.8 ± 4.1	6.015	11	0.000
打擊板的角動量(Nms)	22.40 ± 4.74	16.79 ± 6.73	4.749	11	0.001

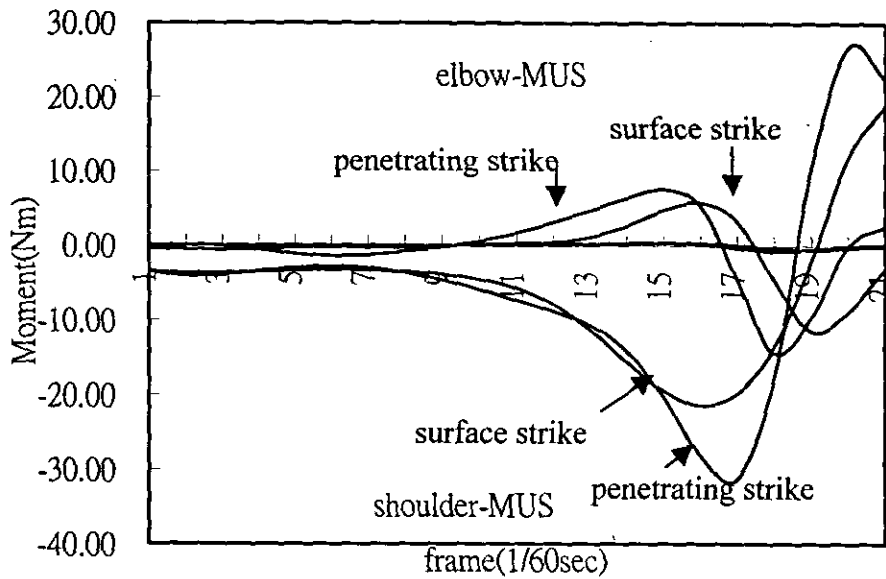


圖 1 重擊型 (penetrating strike) 與點擊型 (surface strike) 在各關節 (腕、肘、肩) 的肌肉力矩 (MUS) 圖，以受試者 A 為例子說明。正力矩值表示會造成肩與肘關節伸展，負值則會造成肩與肘關節彎曲。肩的肌肉力矩都是由屈到伸，肘與腕關節的肌肉力矩，基本上都是由伸到屈，唯一不同的是重擊型打擊的腕、肘肌肉力矩最後又再度伸展。不論重擊或點擊在腕關節處的肌肉力矩都是非常小的，幾乎是接近 0。

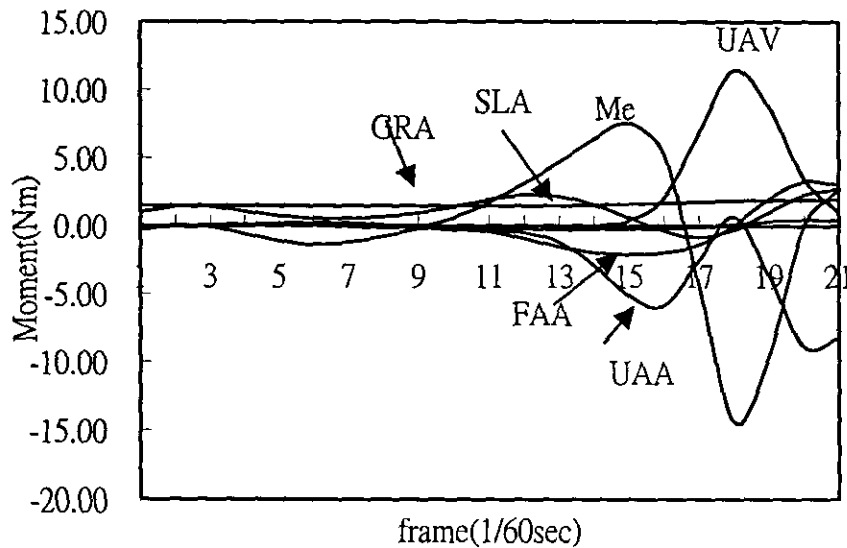


圖 2 重擊型 (penetrating strike) 在肘關節處各種力矩圖。上臂角速度 (UAV) 從頭到尾都是伸肌力矩；前臂角加速度 (FAA) 則是經過了屈曲，然後再為伸展；前臂角速度 (FAV)、手的角加速度 (HAA)、手的角速度 (HAV) 三者的值幾乎都接近於 0，作用的效果不明顯；重力矩 (GRA) 從頭到尾都是伸肌力矩。上臂角加速度 (UAA) 先為負 (屈曲) 與後為正 (伸展)。肩的線加速度 (SLA)，力矩方向先經過了正 (伸展)、負 (屈曲)，最後再度為正 (伸展)。肘關節肌肉力矩 (Me) 則是經過了屈曲，伸展，屈曲，然後再度伸展。

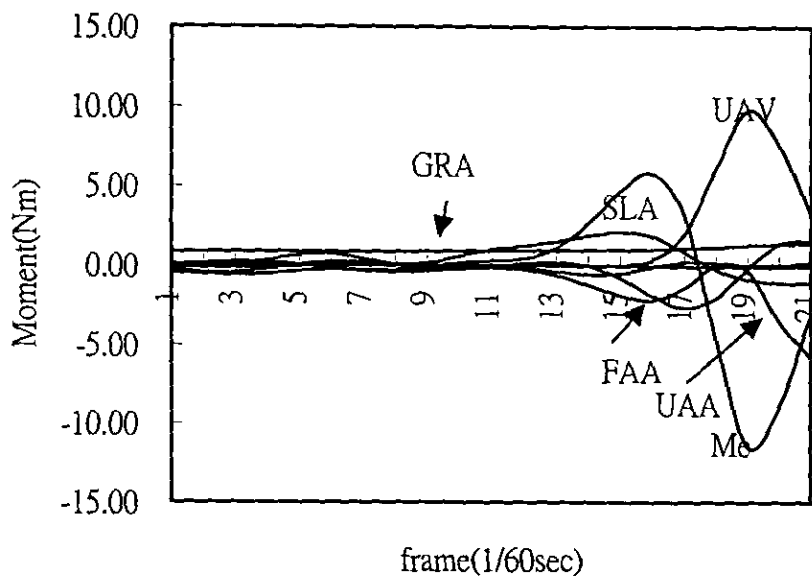


圖 3 點擊型 (penetrating strike) 在肘關節處之各種力矩圖。上臂角速度 (UAV)、前臂角加速度 (FAA)、前臂角速度 (FAV)、手的角加速度 (HAA)、手的角速度 (HAV) 三者的值幾乎都接近於 0，而且和重擊型打擊一樣，作用的效果不明顯；重力矩 (GRA) 從頭到尾都是伸肌力矩。和重擊型打擊不同的有，肘關節肌肉力矩 (Me) 的型態上，只經過了伸展、屈曲而已。上臂角加速度 (UAA) 只有屈肌力矩而已。肩的線加速度 (SLA) 經過了伸展、屈曲而已。

討論

經驗上，往往會認為點擊型打擊的速度較重擊型打擊為快，但事實上的結果是重擊型打擊較點擊型打擊為快（無論拳腕肘肩的最大速度或接觸時的速度，都達顯著差異， $p < 0.05$ ）。這是由於視覺上的誤差所造成的，因為從旁觀者的角度來看打擊動作時，視覺接收到是整個動作過程，不光只有出拳的動作，更包含了收拳的動作。由於點擊型打擊是拳接觸到目標物後迅速收回，上肢出拳與收拳的相對運動比較明顯，所以才會被認為速度比較快，而事實上卻不然。亦即點擊型打擊讓人覺得快，是因收拳回來比較快的原因。本研究中的各關節點（拳腕肘肩）的速度曲線的外形和 Hogan、Bizzi、Mussa-Ivaldi & Flash (1986) 說明由一個靜止的點到另一個靜止的點之間的手部動作型態相類似。他們認為速度的曲線外形應有一個平滑的、單峰的鐘形曲線，本研究的結果也是如此。

本研究使用 F-SCAN 測力計所測量得到的最大打擊力量分別為：重擊型為 19.4kgw，點擊型為 14.8kgw，兩者之間的差異達顯著差異 ($p < 0.05$)。但這樣的打擊力量是不能和其他以固定式目標物測量打擊力量的值相比，這是因為擺動式的目標物在遭受打擊後會向後擺動，減緩衝擊力的作用，使得所量測到的力量值遠小於固定式的目標物，從其他研究者的研究結果，可以發現打擊力量是在 89-702kgw 之間，和本研究所測到的力量相差甚多，這是因為他們是使用固定式目標物，來量測打擊力量的原故。但若參考比較同樣屬於擺動式目標物所量測得到的力量，結果是相當接近的。如 Kim (1970) 使用類似於擺槌的目標物，來測量不同等級的空手道選手的打擊力量，結果發現右手中段打擊力量為 35.3 磅 (16

公斤)，Kim的結果和本研究相當接近。另洪彰岑(1997)使用同樣的F-SCAN測力計，來測量跆拳道選手後踢動作的力量，結果發現10名選手的平均後踢力量為71.89kgw，最大值為113.27kgw。依照吉福康郎(1987)估計腿部攻擊力量大約為手臂打擊力量的3-5倍的結果，則本研究結果也和洪彰岑(1997)的結果相接近。本研究打擊力量比較小的原因是因打擊目標物的固定方式引起的，這樣的結果與現象吉福康郎(1987)發現的相同，他說：“因研究者的測定方法會因目標物的條件不同而有所差異，所以無法相互比較衝擊力的測定值，嚴格地比較最大值時，只限於用同一目標”。但這樣的結果並不會影響研究重擊型與點擊型打擊力量之間差別的結果，因為本研究是在同樣的打擊設備下進行的。

在肘關節處，正向的力矩是有助於造成肘伸展，而負的力矩則有助於造成肘屈曲。由圖2重擊型與圖3點擊型在肘關節處的各種力矩圖，可以看出重擊型與點擊型的打擊方式在肘關節處的各力矩分量的異同處，上臂角速度(UAV)從頭到尾都是伸肌力矩；前臂角加速度(FAA)則是經過了屈曲，然後再為伸展；前臂角速度(FAV)、手的角加速度(HAA)、手的角速度(HAV)三者的值幾乎都接近於0，作用的效果不明顯；重力矩(GRA)從頭到尾都是伸肌力矩。以上各力矩分量的型態(pattern)在重擊型與點擊型中幾乎是一樣的。其中最不相同的地方，是在肘關節肌肉力矩的型態上，即重擊型打擊時肘關節肌肉力矩經過了伸展、屈曲與再度伸展；而在點擊型打擊中肘關節肌肉力矩只經過了伸展、屈曲而已。這表示受試者在操作重擊型打擊時，肘關節肌肉力矩刻意在碰撞前再度伸展，以便固定肘關節，加大質量參與打擊。這一點發現配合打擊所產生的力量、打擊效果、打擊深度和打擊碰撞之後的還原期的動作來看時，就顯得特別重要。上臂角加速度(UAA)在重擊型打擊中，先為負(屈曲)與後為正(伸展)，而點擊型則都只是屈肌力矩而已。另一差異點在於肩的線加速度(SLA)，在重擊型打擊過程中，此力矩方向先經過了正(伸展)、負(屈曲)，最後再度為正(伸展)，而在點擊型打擊中它只經過了伸展、屈曲而已。它可能是造成肘關節肌肉力矩再度伸展的原因之一。另外的原因應是由於重擊型打擊在碰撞前減少上臂角速度(UAV)的影響(由於UAV和Me成對抗平衡的原故)，並增加上臂角加速度(UAA)的作用來促成肘關節肌肉力矩(Me)再度伸展的原因。比較圖2重擊型與圖3點擊型在肘關節處的各種力矩圖，可以發現點擊型打擊和重擊型打擊的圖型非常相似，從圖中的曲線走勢來看，和重擊型打擊相比，點擊型打擊好像是提前打到目標物，但這也可能是點擊型打擊的特性，即刻意不再主動伸展肘關節，而是被動地隨著之前的慣性，碰撞目標物。同時受試者主觀上也預備好於碰撞目標物後，立即收回拳頭，所以肘關節的肌肉力矩也就不再伸展。重擊型打擊則不是如同點擊型打擊那樣，碰撞目標物後立即收回拳頭，而是想要貫穿目標物，如此便要儘量使上肢成為一體，肘關節再度產生伸展的肌肉力矩，以便固定肘關節，加大打擊質量。另外在由運動產生的力矩之間(motion-dependent torque)，也發現了相互平衡力矩的現象，即由上臂角加速度(UAA)和前臂角加速度(FAA)所產生的力矩之間達成相互平衡，但它們並不是一開始就相互平衡，而是在碰撞之前，才有兩力矩對抗平衡的

現象。如果將上臂與前臂分開來看，可以發現上臂在打擊過程中是逆時針方向旋轉的，而前臂恰好和上臂相反是順時針方向旋轉。這和上臂與前臂的運動型態相類似。

計劃成果自評

參與之工作人員，充分熟練肢段間互動動力學(intersegmental dynamics)研究方法；並且明瞭不同打擊型式，對上肢的運動方式所產生的影響，以及瞭解肘與肩關節肌肉力矩在打擊過程中所扮演的角色，我們認為這樣的研究結果可以提供國術打擊動作訓練與教學的參考與依據。

重要參考文獻

- 相子元，陳俊忠(民 85)，技擊運動上半身攻擊動作之反應及力量探討，體育學報,20,269-280。
- 莊榮仁，洪得明(民 81)，不同步法與身法的弓步立拳上肢運動學之比較分析，國術研究, 1(1), 16-23。
- 鄭博應(民 84)，三種形意拗步崩拳在二種不同準備動作狀態下發勁撞擊之生物力學分析，國立體育學院運科所論文。
- 吉福康郎(1984)，種種格鬥技的衝擊力-逆突の場合，Japan Journal Sports Science. 3(6),485-491.
- 吉福康郎(1986)，種種格鬥技的衝擊力 II-順突、回旋踢與連擊の場合，Japan Journal Sports Science. 5(8),572-577.
- 吉福康郎，池上康男(1984)，格鬥技術打的動作，Japan Journal Sports Science. 3(3),188-198.
- 吉福康郎，池上康男(1988)，突的動作研究，Japan Journal Sports Science. 7(12),818-824.
- Atha, J., Yeadon, M. R., Sandover, J., & Parsons, K. C. (1985). The damaging punch. British medical journal, 291, 1756-1757.
- Cavanagh, P. R., & Landa, J. (1975). A biomechanical analysis of the karate chop. Research Quarterly, 47(4), 610-618.
- Chuang, L. R.(莊榮仁) & Liu, Yu(劉宇)((1997), Intersegmental dynamics analysis of the motor control of an arm punch. Abstracts of 1997 Combined Congress of Asia Pacific Orthopaedic Society for Sports Medicine (APOSSM) and the Knee and Orthopaedic Sports Medicine Section of the Western Pacific Orthopaedic Association (WPOA,KOSM). Taipei,Taiwan,p185-187.
- Feld, M. S., Mcnair, R. E., & Wilk, S. R. (1979). The physics of karate. Scientific American, 240(16), 150-158.
- Hoy, M. G. & Zernicke, R. F.(1986)The role of intersegmental dynamics during rapid limb oscillations. J. Biomechanics. 19, 867-877.

- Smith, J. L. and Zernicke, R. F. (1987) Predictions for neural control based on limb dynamics. Trends NeuroSci. 10,123-128.
- Schneider, K., Zernicke, R. F., Schmidt, R.A. & Hart, T. J. (1989), Changes in limb dynamics during the practice of rapid arm movements. J. Biomechanics. 22(8/9), pp.805-817.
- Winter, D. A. (1979), Biomechanics of Human Movement. New York: Wiley, pp151-152.
- Zernicke, R.F, Smith, J.(1996),Biomechanical insights into neural control of movement.In L. B. Rowell & J. T. Shepherd(eds). Handbook of Physiology Sec. 12: Exercise: Regulation and Intergration of Multiple System pp293-330.Oxford, NY: Oxford University Press.