

# 太極拳自動化評量系統-以太極八法正面動作為例

劉志勇  
臺中教育大學  
教育測驗統計研究所  
研究生

lzy1134@hotmail.com

郭伯臣  
臺中教育大學  
教育測驗統計研究所  
教授兼任教育學院院  
長

kbc@mail.ntcu.edu.tw

何宗融  
中國醫藥大學  
中醫學系副教授

tjho@mail.cmu.edu.tw

李政軒  
臺中教育大學  
教育測驗統計研究所助理  
教授

ChengHsuanLi@gmail.com

## 摘要

太極拳對於心肺功能、柔軟度、平衡、心理及精神等都有相當大之幫助，因此被視為是一種身心運動，也被美國時代雜誌譽為最完美的運動。然而目前尚無一套完整且能自動化分析的太極拳評量系統，因此本研究將利用 Kinect 感應器擷取人體骨架模型並搭配專家評分標準，開發一套太極八法自動評量系統。本系統可以自動且即時地讓學習太極八法的人們發現各太極拳動作之優劣，進而修正太極拳錯誤動作。

關鍵詞：太極拳、自動化評量、Kinect 感應器、骨架模型

## Abstract

In this plan, an assessment system for Tai Chi Chuan will be proposed by using Kinect. People who learn Tai Chi Chuan can find pros and cons of each motion by the assessment system. After correcting that motions, all of the Tai Chi Chuan motions will be perfect. That people not only understand the essence of each motion of Tai Chi Chuan, but also spend less time to learn Tai Chi Chuan.

**Keywords:** Tai Chi Chuan、Motion Assessment System、Kinect、Skeleton model

## 1. 研究動機及目的

由於太極拳已證實對人體健康之幫助有相當的關聯[4][6]，且目前學習太極拳的人數日漸眾多，但卻沒有一套自動化評量太極拳動作正確與否之系統，學習太極拳者只能有由專家評斷其動作之好壞。但只由專家評斷不只耗費時間與人力，且如果評斷時間過長，專家會受到疲勞的因素影響，導致評斷的標準有所不同。因此本研究將利用 Kinect 感應器[1][7]建置一套太極拳電腦化自動評量系統，讓系統的使用者能清楚的了解到自己在太極拳各動作

之優劣，進而能改正自己有缺失之動作。

## 2. 文獻探討

### 2.1 太極拳

本計畫所採用之太極八法[2]，擷取十三勢之四正棚，掙，擠，按，四隅-採、捩、肘、靠之太極基本式也是核心功法，如圖 1 至圖 4 所示。每式動作簡單易學，也保留了太極拳原有的技擊內涵，於每式各授其用法，既符合便於太極拳推廣於校園、社區、醫院，達保健養生的目的，也提供了防身技擊的實用價值。

### 2.2 Kinect 感應器

Kinect 感應器是由微軟開發應用於 Xbox 360 主機周邊設備[3]。Kinect 攝影機可透過紅外線技術偵測到人體所在位置[8]及人體骨架 3D 座標[5]。

Kinect 感應器有三個鏡頭，如圖 5 所示。



圖 5 Kinect 感應器

中間的鏡頭是 RGB 彩色攝影機，用來錄製彩色圖像。左右兩邊鏡頭則分別為紅外線發射器和紅外線 CMOS 攝影機，用來擷取深度數據（場景中物體到攝影機的距離）[8]。彩色攝影機的最高解析度為 1280\*960，紅外攝影機的最高解析度則為 640\*480。Kinect 感應器還搭配了追焦技術，底座馬達會隨著對焦物體移動跟著轉動，也內建陣列式麥克風，由四個麥克

風同時收音，比對後消除雜音，並透過其採集聲音，進行語音識別和聲源定位[7]。

### 3. 研究方法

利用 Kinect 感應器進行拍攝，Kinect 會將偵測到的 3D 深度圖像，轉換到骨架追蹤系統，系統取得的是一堆座標的集合，稱為骨架關節位置，每個人共可記錄 20 組細節，包含軀幹以及四肢等都是追蹤的範圍(Microsoft, 2013)，如圖 6 所示。

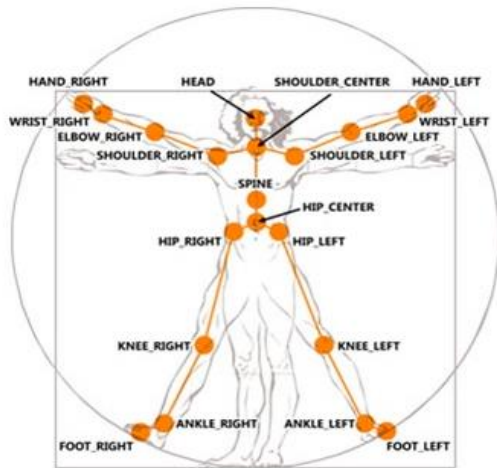


圖 6 骨架關節位置(Microsoft, 2013)

藉由 Kinect 感應器之骨架偵測，收集太極拳各動作之骨架關節位置變化情形之資料，建置出太極拳的骨架模型。由於 Kinect 感應器的偵測之座標點為三維座標  $(X, Y, Z)$ ，不同的三個骨架關節位置可計算其所呈現之角度，且其角度不易受到比例大小或是距離遠近等因素影響，能使太極拳的評量標準更為準確，而利用骨架三維座標  $(X, Y, Z)$ ，其關節角度  $\theta$  的計算方式如圖 7 所示，其中  $\theta$  為反餘弦函數。

最後將所得到各動作之角度與專家之標準角度進行比對，並藉由各評分指標計算出受試者各動作之分數，讓受試者能了解到自己在太極拳各動作之優劣。

### 4. 研究流程

#### 4.1 太極拳環境設計

使用一台筆記型電腦連接 Kinect 感應器，並加上一台 42 吋觸控式螢幕連結筆記型電腦，以及裝載螢幕、筆記型電腦、Kinect 感應器的活動式螢幕架。由於 Kinect 感應器有感應距離限制，因此需要訂立受試者與 Kinect 感應器之相對位置，受試者站位置是設定在距離

Kinect 感應器 330 公分，並左移 40 公分的位置，而 Kinect 感應器所擺放的位置為距離地面 79.5 公分之處，如圖 8 所示。

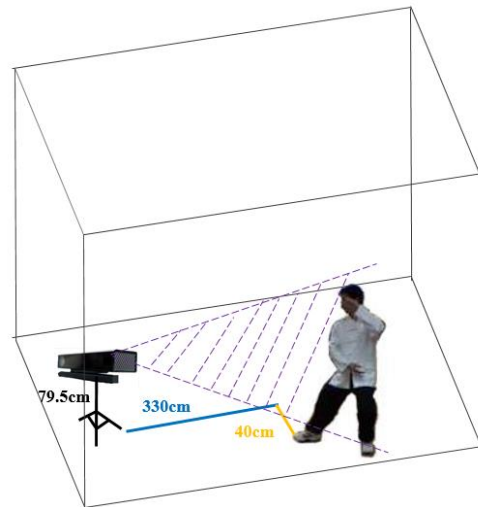


圖 8 系統環境設計

#### 4.2 專家太極拳骨架模型建立

藉由 Kinect 感應器的骨架偵測，可將專家示範的太極拳動作轉換成骨架模型，並記錄下各骨架關節位置的座標點，依時間點可將太極拳區分成二十五個標準動作，分別為起一、起二、起三、起四、起五、棚一、棚二、掙一、掙二、盪手、轉正、擠、回坐、按、採一、採二、採三、捩一、捩二、捩三、肘一、肘二、肘三、靠一及靠二，由於太極拳動作有分為正面動作與側面動作，且兩種類型的動作有不同的評分方式，此次研究主要在探討太極拳正面動作的評分，正面動作的骨架模型如圖 9 所示。

#### 4.3 評分指標建立

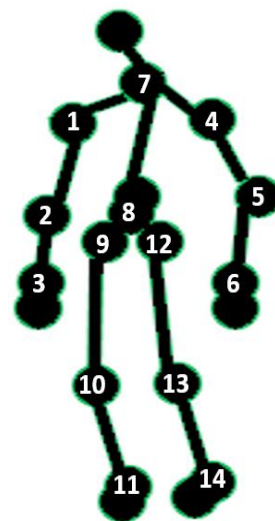


圖 10 各骨架關節位置之編號

依圖 10 所示，不同的骨架關節位置可計算出不同的關節角度，可區分為以下八種評分指標：

1. 右肩膀角度：由編號 2、編號 1 及編號 9 之三個關節點計算出右肩膀角度，如下圖 11。

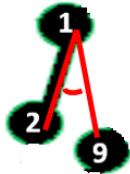


圖 11 右肩膀角度

2. 左肩膀角度：由編號 5、編號 4 及編號 12 之三個關節點計算出左肩膀角度，如下圖 12。

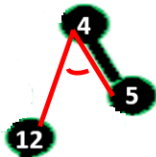


圖 12 左肩膀角度

3. 右手肘角度：由編號 1、編號 2 及編號 3 之三個關節點計算出右手肘角度，如下圖 13。



圖 13 右手肘角度

4. 左手肘角度：由編號 4、編號 5 及編號 6 之三個關節點計算出左手肘角度，如下圖 14。



圖 14 左手肘角度

5. 下肢角度：由編號 10、編號 8 及編號 13 之三個關節點計算出下肢角度，如下圖 15。



圖 15 下肢角度

6. 身體傾斜角度：將編號 8 做垂直線，編號 7 做平行線，可求出其相交的點，在由點、編號 8 及編號 7 之三個點求出身體傾斜角度，如下圖 16。



圖 16 身體傾斜角度

7. 左右肩頸比：將三維座標轉為平面座標，只看 x 與 y 座標，將 z 座標視為零，即  $(X, Y, 0)$ ，可計算出編號 1 與編號 7 之長度及編號 4 與編號 7 之長度，再算出兩段長度之比例，如下圖 17。



圖 17 左右肩頸比

8. 重心：將三維座標轉為平面座標，只看 x 與 y 座標，將 z 座標視為零，即  $(X, Y, 0)$ ，先判定編號 8 較靠近編號 11 或編號 14，再將編號 8 做垂直線，可在編號 11 與編號 14 之連線上得到另一個點 m，計算點 m 與編號 11 之長度及點 m 與編號 14 之長度，再算出兩段長度之比例，如下圖 18。

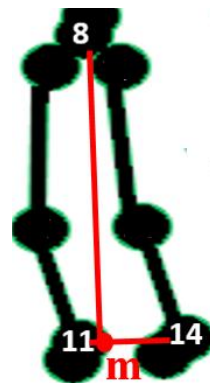


圖 18 重心

每個評分指標滿分為 100/9 分，依照與專家的標準角度與比例之差距逐步扣分，扣至零分為止。

以肩膀角度為例，先將受試者的肩膀角度減去專家的肩膀標準角度，容許範圍為 22.5 度，超過此範圍則零分，再將 0 度到 22.5 度及 0 度到 -22.5 度各區分為 11 等分，靠近 0 度為 11 分，越遠離則依序扣分，如圖 19 所示。





圖 19 肩膀角度範例

以左右肩頸比為例，先將受試者的左肩膀長度除以右肩膀長度，所得的比例再除以專家的標準左右肩頸比例，容許範圍為 10 倍，超過此範圍則零分，再將比例 1 倍到 10 倍區分為 11 等分，靠近 1 倍為 11 分，越遠離則依序扣分，如圖 20 所示。

左右肩頸：

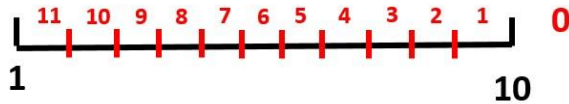


圖 20 左右肩頸範例

而每個評分指標在太極拳正面標準動作所佔的配分比例為，右肩膀角度 10%、左肩膀角度 10%、右手肘角度 10%、左手肘角度 10%、下肢角度 15%、身體傾斜角度 15%、左右肩頸比 15%及重心 15%。因此每個標準動作的分數是由其八個評分標準乘上配分比例，再加總而得到。以起一這個動作為為例，假設其八個評分指標的分數分別為，右肩膀角度 11 分、左肩膀角度 10 分、右手肘角度 8 分、左手肘角度 10 分、下肢角度 8 分、身體傾斜角度 10 分、左右肩頸比 11 分及重心 8 分，則起一的分數為  $11 \times 0.1 + 10 \times 0.1 + 8 \times 0.1 + 10 \times 0.1 + 8 \times 0.15 + 10 \times 0.15 + 11 \times 0.15 + 8 \times 0.15 = 9.45$  分。

#### 4.4 系統介面

太極八法自動化評量系統之評量流程如圖 21 所示。

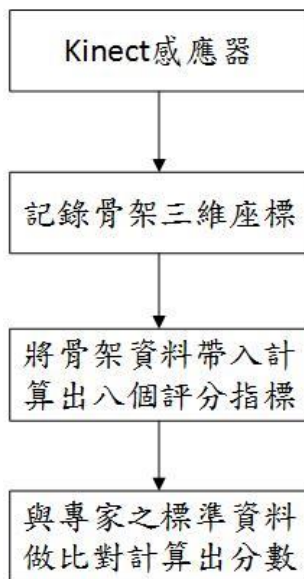


圖 21 系統流程

太極八法自動化評量系統之系統畫面如圖 22 所示。



圖 22 系統畫面

輸入資料後點擊開始即進入評量畫面，可看到彩色與骨架兩種影像，如圖 23 所示，跟著指示打完一套太極拳後即評量結束，畫面會顯示出各動作之成績。

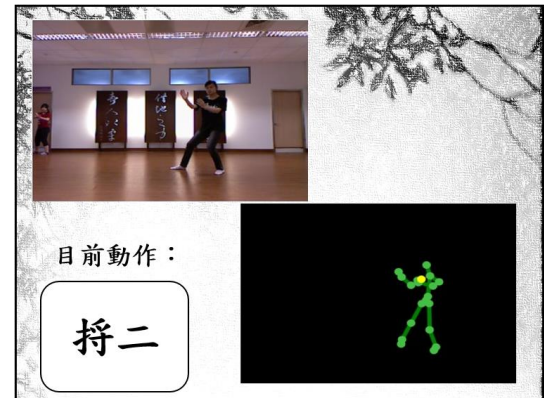


圖 23 評量畫面

#### 4.5 研究對象

中國醫藥大學修習中醫養生學與太極八法的學生，共 10 人。評斷專家 1 名。

### 5. 研究結果

為了驗證「太極八法自動化評量系統」之成效，本研究請專家與評量系統同時評分，因此一個受試者將會有兩個分數，分別為專家之分數及診斷系統之分數，再將診斷系統分數與專家之分數依分數高低分為優、普通與不及格三個類型，以利進行正確率之分析，正確率的計算方式如圖 23 所示。

$$\text{正確率} = \frac{\text{評量系統分數之類型與專家分數之類型相同個數}}{\text{總個數}}$$

圖 23 正確率計算方式

以圖 24 為例，診斷系統分數之類型與專家分數之類型相同的有 4 個，總個數為 5 個，因此正確率為  $4/5=0.9$ 。使用正確率來評估診斷

系統之分數與專家之分數是否有高度的一致性。

棚	電腦	優	優	優	優	優
	專家	優	普通	優	優	優

圖 24 正確率範例

將 10 個樣本之系統與專家之評分進行正確率計算，其 11 個太極拳正面動作之正確率如圖 25 所示。

起一	起二	起三
1.00	0.89	0.67
起四	起五	棚一
0.67	1.00	0.78
棚二	持二	盪手
0.78	0.67	0.78
採二	捫二	
1.00	0.89	

圖 25 研究結果

由正確率的結果來看，大部分的動作之正確率都在 0.78 以上，只有起三、起四與持二之正確率為 0.67。經過分析後起三與起四可能因動作幅度較小，所以專家及系統皆不易判別，因此專家與電腦評分差異較大，故計算出的正確率較低。而持二可能因手部動作有所重疊，使系統判別較易出現誤差，因此正確率也較低。

## 6. 結論

本研究利用 Kinect 感應器開發了一套太極八法自動化評量系統，讓學習太極八法的人們能藉由系統了解到自己在各動作之優劣，進而修正自己有缺失之動作。本研究經過正確率計算後，大致上已能分辨出使用者在太極拳正面動作之好壞，並且使用者在打完整套太極八法後能即時了解到自己在各動作之成績。

本研究未來將詢問專家意見，了解在太極拳正面動作時各肢體的重要性，以調整評分指標在不同動作時的配分，使的系統更為精準，並繼續研究太極拳在側面動作時之評分方式，讓整套系統更為完善。

## 參考文獻

[1] 鄭凱文，使用單一 Kinect 攝影機於桌球運動學之分析（未出版之碩士論文），實踐大

學，台北市，2013。

[2] 中國醫藥大學中醫學系中醫養生學 - 太極篇。未出版，僅為校內流通，2009。

[3] Erik E. Stone, & Marjorie Skubic, Unobtrusive, Continuous, In-Home Gait Measurement Using the Microsoft Kinect., 2013.

[4] Gorman C., Why Tai-Chi is the perfect exercise. Time 2002; Aug19-Aug 26.

[5] Jing Tong, Jin Zhou, Ligang Liu, Zhigeng Pan, & Hao Yan, Scanning 3D Full Human Bodies Using Kinects. *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, VOL. 18, NO. 4*, 2012.

[6] Lan, C., Chen, S.Y., & Lai, J.S., "Relative exercise intensity of Tai-Chi Chuan is similar in different ages and gender." *Am J Chin Med* 2004, 32, 151-160.

[7] Microsoft (2013). <http://www.xbox.com/zh-TW/xboxone/merchant-xbox-one?xr=shellnav>

[8] Xiaopeng Ning, & Guodong Guo, Assessing Spinal Loading Using the Kinect. Depth Sensor: A Feasibility Study. *IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 13*, 2013.

**☰ 乾卦**  
(足少陽膽經，足太陽膀胱經)

**覆雀尾右翻1**



將右手心向上，旁於左跨側。腰膀放鬆，整個重心付於左腿，同時右足跟提起，亦隨之向左稍轉，右手亦即隨腰膀向左翻轉。

融按：覆雀尾包括了四動：翻，轉，擡，按。

評分標準  
兩手抱球，左手掌與肩同高，右手掌與胸同高  
重心於左腳

**覆雀尾右翻2**



接上，即將右足提起。足跟踏至足尖所點原地。漸漸踏實。左腳關門，即時變左腳關門，即時變左腳關門。足尖隨腰向正前方。轉至45度。右肘同時提起，開于胸前。手心向內，指向勞宮穴。左手立掌。距離約六吋。

評分標準  
右手翻  
左手指指向右勞宮穴  
右弓步  
左腳掌關門

**☷ 坤卦**  
(足少陰腎經和足厥陰肝經)

**覆雀尾捋1**



左腰膀向前右隅角，稍稍移轉，重心整個放于前腿。兩腳亦稍稍向前盪轉。

融按：此式於對敵時，為引進落空之招式。

評分標準  
只有上半身動，轉45度  
右掌指尖與眼同高  
左右掌兩兩相對

**覆雀尾捋2**



隨即鬆腰屈左腿，轉回坐實，右肘腕轉回坐實，掌心向左側。左腕隨腰漸漸翻轉，手心向上。位於右肘側。

融按  
1. 秘訣在用腰膀，才有石破天驚之效果  
2. 重點需重心完全移至後腳

評分標準  
重心移至後腳

**覆雀尾捋3**



隨腰向左後側轉去。轉至極限。則兩手及隨勢向左後側盪去。

融按：左手是盪出。太極能綿綿不絕，是因每動與每動間用盪來連接。故曰『動盪』。

圖 1 太極八法圖示

**☵ 坎卦**  
(足陽明胃經)

**覆雀尾擡1**



前式之兩手向後盪到時，則右膝即漸漸向前屈回坐實。腰膀轉向右前方，身隨腰向前推進。左掌附貼於右腕寸口。

評分標準  
重心於後腳  
左掌附貼於右腕寸口

**覆雀尾擡2**



順勢擡出

融按  
1. 需用腰膀之力，而非雙手之力  
2. 右手為固定對手，左手為媒介腰膀發力

評分標準  
重心由後腳移至前腳

**☲ 離卦**  
(足太陽脾經)

**覆雀尾按1**



回坐，重心坐實

融按：功用有二：  
一曰化解敵勢；  
二曰蓄勁

評分標準  
重心由前腳移至後腳  
兩手順勢畫圓打開

**覆雀尾按2**



重心往前坐實，膝蓋不可超越足尖。此時雙手順勢按出。

融按：  
按出非推出，雙手不可打直，需謹記沈肩墜肘

評分標準  
重心往前坐實，膝蓋不可超越足尖  
兩手沈肩墜肘  
兩掌指尖與眼齊高

圖 2 太極八法圖示




### 巽卦

(手太陰肺經)


採1

	重心回坐，身體順勢右偏斜，同時左掌移動覆住身體中線	融按：此勢需想像敵人從中線攻進來，左掌移動覆住身體中線，可順勢將來勢化掉。 <b>評分標準</b> 重心回坐 雙手掌成一直線
---	---------------------------	---

採2

	左手化勁之同時，身體順勢重心往前，右手伸至前方	融按：右手前伸的目標為敵手之肘 <b>評分標準</b> 右手伸至前方 雙手掌成一直線 重心往前
---	-------------------------	---


採2

	右手回拉 左手左腳順勢往前	<b>評分標準</b> 左手左腳順勢往前 重心仍在右腳
--	------------------	-----------------------------------


### 震卦

(手陽明大腸經)

採1

	身左傾 右手上稱	融按：右手上撐，將敵之勢阻絕於外；身左傾，左手順勢往左帶，也可令敵排出重心往左帶 <b>評分標準</b> 重心仍在右腳 右手往前上方撐出
--	-------------	---

採2

	左手化勁之同時，身體順勢重心往前，右手伸至前方	融按：右手前伸的目標為敵手之肘 <b>評分標準</b> 右手伸至前方 雙手掌成一直線 重心往前
--	-------------------------	---

採3

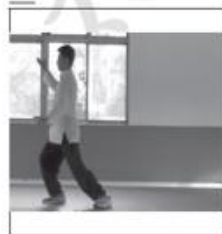
	右腳向右前方邁步，身為向右轉，成右弓步。右臂向右前方平舉，高與肩平，掌心斜向上，左臂下落左跨外側，掌心向下。	融按：斜飛式 野馬分鬃式 右弓步 右臂向右前方平舉，高與肩平，掌心斜向上，左臂下落左跨外側，掌心向下。 <b>評分標準</b> 身體不可歪斜
---	--	---

圖3 太極八法圖示

### 兌卦

(手太陰心經和手厥陰心包經)

肘1

	左腳往前踏出，成側馬步，重心仍置於右腳。 左拳右掌	
<b>評分標準</b> 重心置於右腳 左拳右掌		

肘2

	順勢撞出，重心移於左腳	
<b>評分標準</b> 重心移於左腳 左肘與肩平		

### 艮卦

(手太陽小腸經和手少陽三焦經)

靠1

	重心復移回於右腳 左手下垂，右手以掌置於左肩。	
<b>評分標準</b> 重心於右腳 左手下垂，右手以掌置於左肩		

靠2

	順勢靠出	
<b>評分標準</b> 肩與腳同一垂直面		

圖4 太極八法圖示

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{[(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2] + [(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 + (Z_1 - Z_3)^2] - [(X_2 - X_3)^2 + (Y_2 - Y_3)^2 + (Z_2 - Z_3)^2]}{2 \times \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2} \times \sqrt{(X_1 - X_3)^2 + (Y_1 - Y_3)^2 + (Z_1 - Z_3)^2}} \right\}$$

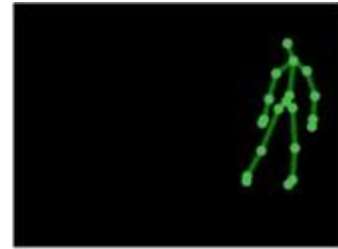
圖 7 角度公式



起一



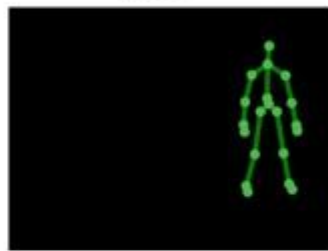
起二



起三



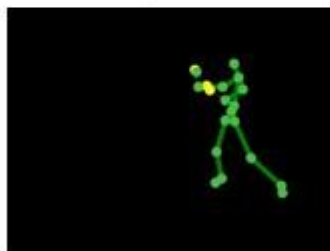
起四



起五



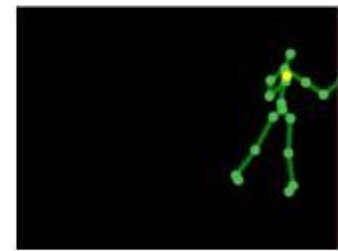
棚一



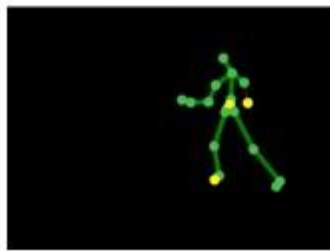
棚二



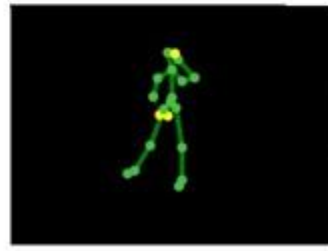
掎二



盪手



採二



捩二

圖 9 太極拳正面動作