

## 第貳章 文獻探討

國外學者 Coleman 等人 ( 1993 ) 將排球扣球整個連貫的動作依序分為助跑期( approach phase )併步期( plant phase )起跳期( take-off phase )騰空期( flight phase )擊球動作( hitting action )著地期( landing phase )等六個分期。國內學者 ( 張資榮, 1982 ; 賴永成等人, 1997 ; 趙國斌、黃長福, 1994 ; 張恩崇, 2001 ) 等人皆一致將排球扣球的動作區分為四個分期, 即助跑期、起跳期 ( 併步期、起跳期 ) 空中動作期 ( 騰空期、擊球動作 ) 以及落地期。

本研究參考國內學者論點, 仍將排球扣球動作依序分為助跑、起跳、空中動作、落地等四階段。由於落地期對扣球動作無直接影響, 因此, 在本研究中將不分析落地期, 同時僅就扣球動作前三期進行文獻探討和分析。並將文獻探討主要分為四個部分, 第一節為助跑期, 第二節為起跳期, 第三節為空中動作期, 第四節為文獻總結。

### 第一節 助跑期

#### 助跑步數

大多數的運動在起跳之前常會伴隨著助跑, 好的助跑不僅要能調整助跑時的前進方向, 更可以增加起跳的跳躍高度。助跑技術與助跑的方向、距離、步幅、速度、著地角度一系列的參數有關, 助跑效果好壞與各參數的適宜程度有密切的關係, 助跑中併步前後間距 ( 併步起跳時左右腿前後的距離 ) 對起跳垂直高度和起跳前衝力有很大影響, 間距大, 則起跳前衝力大, 但起跳垂直高度受損; 間距小, 則起跳前衝力小, 但利於獲得充分的垂直高度。這在不同的強攻扣球中, 有其具體的應用, 前者可以在後排的衝跳技術中採用, 後者則可以在前排強攻時採用。( 張華, 1997 )

助跑可以有效的提升選手在運動時跳躍能力的表現，早期的研究當中，Healy(1977)曾指出一步半的助跑與兩步的助跑所完成的跳躍動作，其垂直高度的表現都顯著的大於沒有助跑的原地垂直跳，並且研究中也發現兩步的助跑又優於其他的助跑情況。不過另一學者 Kayambashi(1977)的研究結果卻認為三步以及四步助跑的垂直跳躍能力表現優於兩步助跑。

近年有關助跑步數的研究為 Young 等人(1999)在實驗中要求受試者分別以 1、3、5、7 的步數來進行助跑後垂直跳的動作，研究發現在 5 步之前起跳瞬間的垂直速度有隨著步數增加而提昇的傾向，但是在 7 步助跑時起跳瞬間垂直速度卻有下滑的現象。這篇研究是以步數的多寡來操控助跑的速度，所以從結果可以推論水平速度的獲得是提昇跳躍高度的要項之一。在 Young 的研究中乃是以助跑的步數的多寡來控制助跑的速度，但是排球扣球的助跑一般會在 3 步左右，鮮少超過 3 步。所以影響排球扣球的助跑速度的決定因素應該在於這 3 步的助跑，而且隨著戰術的應用為了因應各個類型的攻擊方式，最後一步攻擊助跑的步幅也會有所改變。更顯示了最後一步助跑對排球扣球起跳有著很大的影響。

## 助跑速度

Saunders(1980)以三位排球選手以及三位籃球選手，分別示範單腳垂直跳躍與雙腳垂直跳躍，每一位選手完成十種不同助跑速度的跳躍動作，並將每一種助跑速度轉換成『最快跑速』的百分比，結果顯示在助跑速度漸增到 50-60%的最快跑速之前，雙腳跳躍的垂直速度也漸增，而在 60-70%的最快速度之前，單腳跳躍的垂直速度漸增，而當助跑速度大於這個『最佳助跑速度』時，兩者的跳躍動作的垂直跳躍高度表現都開始降低。由此可知，助跑對於起跳的高度是有絕對影響因素的，Dapena, McDonald 及 Cappaert(1990)也在田徑的跳高項目研究中證實相似的論點，當助跑速度大於最佳助跑速度時跳躍的表現會開始降低。Vint 和 Hinrichs(1996)

研究也指出，雙腳跳躍的垂直離地速度，隨著助跑速度的增加而增加，在雙腳跳躍時，助跑速度保持在 60-70% 為最佳助跑速度，當助跑超過此範圍時，跳躍的高度便隨之下降。在單腳與雙腳跳的成績表現，得到單腳跳的助跑水平速度為 3.77 公尺/秒，雙腳跳的水平速度表現為 3.41 公尺/秒。而後許多國內學者（趙國斌、黃長福，1994；賴永成等人，1997；李毅鈞等人，2000）的研究也和 Vint 和 Hinrichs 所做的研究結果相接近，助跑速度對於起跳高度有決定影響。

張恩崇（2001）以兩部 Peak 高速攝影機（120Hz）同步拍攝，使用三維運動學研究優秀三級男子排球選手四號位置強攻扣球運動學，其研究結果發現助跑末速度最快為國家隊 2.53 公尺/秒，最慢為青年隊 2.27 公尺/秒，而大專隊則居中 2.46 公尺/秒。作者認為此一差異形成原因，應與選手身高條件有關（國家 192 公分，青年 184 公分，大專 185.5 公分）。在這一篇的研究結果和上述學者的研究相比較，其助跑重心末速度明顯偏慢，達到將近 1 公尺/秒的速度差異，而根據文獻（Saunders, 1980；Dapena 等人，1990；趙國斌、黃長福，1994；Vint & Hinrichs, 1996；賴永成等人，1997；李毅鈞等人，2000）可知，運動中若跳躍高度要達到最佳高度，則在助跑時，必須達到『最佳助跑速度』才有辦法達到最佳的跳躍高度，因此當運動員助跑速度偏慢時，必無法達到最佳跳躍高度。

### 助跑不同最後一步步幅

助跑期的不同助跑步數對於跳躍高度的表現有其相關影響，在許多文獻中已可證實，而在助跑時不同最後一步步幅，也會影響到跳躍高度的表現，劉錦璋、黃國銓、黃長福（2001）研究 50、100、150 公分不同最後一步助跑步幅長短會影響起跳支撐的時間，而在助跑的過程藉由步幅的增加而提升水平速度，不但可以減少起跳時間，亦會產生較多的推蹬衝量提高離地瞬間的垂直速度，150 公分最後一步的助跑之垂直總衝量（356 牛頓-秒）大於其他兩種步幅的助跑（50 公分：329 牛頓-秒；100 公分：339

牛頓-秒)，100 公分和 150 公分步幅的跳躍高度與推蹬衝量都沒有顯著差異。而實驗受試者的平均腿長為  $97.12 \pm 6.5$  公分恰巧接近 100 公分的步幅，因此作者建議若以選手之腿長作為扣球助跑的步幅，不但可以選擇超過腿長一半以上的步幅達到相同的跳躍高度，同時也能降低運動傷害的產生。

## 第二節 起跳期

在扣球動作中助跑和起跳是連續完成的兩個動作，它們之間不能分割，更不能破壞其銜接的節奏，否則將會影響起跳的好壞(李安格, 1995)。起跳期是整個扣球動作中的一個轉換點，起跳動作是靠起跳腿的下蹲、蹬伸動作及全身整體動作所完成的(蔡豐任, 1996)。起跳期是助跑期的延伸，也是影響排球跳躍高度最重要的因素。

而在助跑後最後一步雙腳著地跳躍扣球時，可分兩種不同的著地方式，一為 hop-jump(以雙腳同時著地後再起跳)和 step-close jump(雙腳相繼著地後起跳)兩種方式，這兩種起跳方式最大的不同在最後一步助跑著地前 hop-jump 有較高的垂直重心位移；並且會以較快的時間的吸收著地時的垂直制動衝量( absorption impulse)及產生較大的垂直推蹬衝量(propulsive impulse)(Cottus, 1982)。最近一篇有關不同著地方式跳躍扣球的研究結果為黃國銓(2002)發現高中男女生排球選手在踏併跳的髖、膝、踝關節在起跳下肢的離心收縮期的做功量顯著高於併腿跳。踏併跳的髖、膝、踝關節比併腿跳做更多的功，這有助於踏併跳較有效地吸收制動助跑的衝量，也較能減緩制動助跑時下肢段的衝擊。男女生在兩種不同跳法的跳躍高度表現上則十分接近。

許多學者的研究證實，適當的反向下蹲動作(counter movement)可以顯著的增加跳躍高度(Asmussen & Bonde-Petersen, 1974; Cavagna, Dusman, & Margaria, 1968; Komi & Bosco, 1978)，在這個下蹲過程當

中下肢段髖、膝、踝等關節的肌群可以得到伸展。這些的伸展作用除了增進肌群本身的力量外，同時也利用了一些肌群和肌腱的彈性特質：增加產生力量的作功距離，從而增加向上推蹬的作用 (Anderson & Pandy, 1993; Pandy & Zajac, 1991; Zajac, 1993) 所以隨著最後一步助跑步幅的增加，所造成的起跳支撐過程中反向下蹲動作的加大，乃是導致起跳瞬間垂直速度等參數值比較大的緣故。根據肌肉牽張縮短循環 (Stretch-Shortening-Cycle)，簡稱 SSC (Komi, 1984)，是指肌肉先作離心收縮後馬上向心收縮的作用方式，在彈性能和牽張反射雙重機制的影響之下，能夠增進力量，產生較大的爆發力。

### 下蹲時下肢關節角度

當排球選手在扣球時，起跳前下肢關節向下蹲的動作，會使下肢的肌群產生向心收縮，肌肉中的彈性組織會儲存彈性能，以便在起跳時釋放出來。下肢關節下蹲的角度可以看出肌肉收縮的程度，因此，下蹲至最低點時下肢關節的角度與肌群在收縮時所產生的彈性能有相當的影響。近年有關排球 2D 平面運動學的分析 (張資榮, 1982; 趙國斌、黃長福, 1994; 賴永成等人, 1997) 指出在助跑後下蹲至重心最低點時，下肢髖關節角度約為 118.7 130.2 度，膝關節角度約為 101.7 115.6 度，踝關節角度約為 76.5 80.8 度。

且因為扣球動作型態之不同，也會影響到下肢關節角度，綜合文獻可知在前後排雙腳扣球下蹲至重心低點時，髖、膝、踝等關節角度均達顯著差異前排扣球下蹲程度較大，這顯示前排扣球時身體重心下蹲較低儲存較多的彈性能，而後排下蹲程度較小儲存的彈性能較低。而長快攻扣球動作在起跳期的下蹲角度也均有顯著的差異。由於長攻扣球時的起跳時間較快攻扣球長，其身體重心的下降距離較大，在下蹲至最低點時踝關節及膝關節角度較小造成大腿與水平面的角度較大，而大腿與軀幹的夾角變大，故髖關節角度大於快攻扣球。

張恩崇 (2001) 以三維運動學研究四號位置強攻扣球運動學，研究結果發現踝關節角度，以大專隊員最小 (71.04 度)，國家隊員居中 (72.07 度)，青年隊員最大 (73.32 度)，而在下蹲膝關節角度中大專隊員 100.35 度、國家隊員 101.51 度、青年隊員 103.71 度。和上述學者 (張資榮，1982；趙國斌、黃長福，1994；賴永成等人，1997) 2D 平面運動學的研究結果十分的接近。國家隊與大專隊員在踝關節與下蹲角度等動作中，其差異程度並不明顯，反觀青年隊員在上述兩項動作中，則與國家及大專隊員間，達顯著差異。推論為起跳期間，下肢各關節角度因助跑速度的快慢而有所影響，當水平速度越大，踝關節與膝關節角度也將越小，而此一現象形成之原因，乃因踝關節與膝關節為緩衝助跑過程中所產生的水平速度，在緩衝階段中，因水平動量的快慢，進而影響踝關節與膝關節形成彎曲並造成角度。

### 擺臂動作對起跳期的影響

中國大陸體育學院教材編審委員會 (1986) 提出，擺臂動作在跳躍動作中所扮演的角色，有增加地面反作用力與提高身體重心兩大功能。當向下擺臂時，可增加身體的失重程度，可提高制動衝量的峰值，當重心從最低點開始向上加速擺臂時，手臂的質量乘以被擺臂的垂直加速度就形成附加的對地面壓力，可以增加蹬地力量的衝值量。此外，向上擺臂到較高位置，也可提高身體重心位置，有利於提高騰空的高度。

排球扣球起跳技術的關鍵，乃是取決於雙手擺臂的技巧和助跑方式和助跑方式。雙手擺臂對起跳瞬間的垂直速度有 10% 的貢獻 (Luhtanen & Komi, 1978)，在 Harman 等人 (1990) 研究結果也說明下蹲動作與擺臂動作都可以明顯提升跳躍高度，但是擺臂動作的影響則較大。

羅宏仁 (1998) 以文化大學男子排球隊 5 名為研究對象，並以三維運

動學攝影分析法進行實驗，研究垂直跳擺臂動作之生物力學分析時，由實驗結果顯示，加上擺臂動作的垂直跳可以明顯的增加跳躍高度，也就是增加離地的瞬時速度。而且擺臂的下蹲垂直跳（CMJA）跳躍高度比無擺臂下蹲垂直跳（CMJ）平均跳躍高度增加的百分比最高可達 21%。

在張恩崇（2001）以實際扣球動作進行三維運動學研究，在擺臂角度方面，大專隊員最大（96.11 度）國家隊員居中（93.59 度）而青年隊員則最小（89.17 度）。結果指出擺臂動作，後擺角度的大小，對於起跳離地瞬間，身體重心水平速度成正相關，而此一結果也就是說，當助跑速度越快時，後擺角度也應越大，才能有效的制動因助跑動作所產生的水平動能。李毅鈞等人（2000）在比賽現場使用兩台日本 Sony DCYVX-100 型攝影機同步拍攝二號位前排扣球技術動作，拍攝速度定為每秒 60 張，拍攝中國、古巴、波蘭、加拿大，四場比賽的全部實況，結果指出，六名選手擺臂速度，左、右手分別達 16.05 公尺/秒和 14.2 公尺/秒。由以上學者的研究可以得知，在起跳動作中以擺臂動作對於跳躍的高度，有著絕對的影響，最高甚至可有效的提昇跳躍高度達到 21% 的高度。

### 起跳離地瞬間身體重心速度

以牛頓第二運動定律可以得知，起跳瞬間的垂直速度與起跳的高度有絕對的正相關。又以衝量的計算公式， $I=M \times V$ （ $I$  為衝量， $M$  為質量， $V$  為速度變化量），當質量固定不變時，則起跳瞬間的垂直速度越大，表示自下蹲最低點（理論上速度為零）至起跳離地的速度變化量越大，會使衝量隨之增加，便會提昇跳躍的高度。

許多學者（張資榮，1982；Coleman 等人，1993；趙國斌、黃長福，1994；賴永成等人，1997；張恩崇，2001）在排球選手起跳離地瞬間身體重心速度的研究結果十分接近，排球選手助跑之後，起跳離地瞬間身體重心垂直速度約在 3.24—3.79 公尺/秒之間。而起跳離地時的重心垂直速度

與跳躍高度是有顯著關係 ( 彭蕾 , 1997 ; 張華 , 1997 ) , 因為當排球選手離地的重心垂直速度越快 , 其跳躍高度將也會越高 , 因此若無法有效提升離地重心速度時 , 則將無法得到高度的增加。

### 起跳離地瞬間下肢關節角度

Samsom 等人 ( 1976 ) 採用高速攝影機並將影片速度訂為每秒 250 張 , 對於 11 位加拿大國家男子排球代表隊選手進行扣球動作分析 , 其研究結果指出 , 選手在身體起跳離地瞬間 , 髖關節與踝關節之連線與水平面的平均夾角為 78.8 度。

在起跳離地瞬間下肢關節角度 , Coleman 等人 ( 1993 ) ; 趙國斌、黃長福 ( 1994 ) ; 賴永成等人 ( 1997 ) 的研究結果指出 , 男子排球選手在前排扣球長攻扣球起跳離地瞬間 , 下肢髖關節約為 163.5 度 191.6 度 , 膝關節約為 147.5 171 度、踝關節約為 119.2 134.5 度。上述的研究結果在離地瞬間下肢關節角度有著明顯差異。其中髖、膝關節都有 20 度以上的差距 , 造成此一關節角度差異現象 , 因與研究者所使用之不同實驗儀器有所關連 , Coleman ( 1993 ) 等人是使用兩部攝影機 ( 100Hz ) 進行三維運動學分析 , 而趙國斌、黃長福 ( 1994 ) ; 賴永成等人 ( 1997 ) 則都是使用一部攝影機 ( 30Hz、60Hz ) 2D 平面運動學分析。實驗中使用高速的攝影機因為拍攝的影片張數多 , 能夠清楚拍攝高速、複雜的動作 , 因此可得到更精確的參數 , 同時使用兩部以上的高速攝影機 , 能夠完整拍攝記錄運動過程 , 所得影片資料將更為準確。

## 第三節 空中動作期

### 跳躍高度

從一開始助跑的速度到雙腳著地下蹲動作 , 配合著雙手充滿協調的擺



臂動作，一切都是為了能夠在起跳後的『跳躍高度』能夠有好的表現，因為跳躍能力的優劣關係到選手在網上擊球高度，也是評鑑排球跳躍扣球技術的重要指標之一，更是運動技術研究的焦點所在。而若想成為一位傑出的排球選手就需要具備優異的跳躍能力，因為身高、手臂的高度是無法經由外在因素改變的，唯有跳躍能力是可經由肌力的強化，技術的修正，達到跳躍高度的增加。技術層級越優秀的選手越需要具備絕佳的跳躍彈性，對於跳躍高度的要求也將越高，根據 Samsom (1976) 研究指出加拿大國家男子排球隊選手平均跳躍高度為 71 公分，而在大學排球選手的相關研究 (張資榮, 1982; Coleman 等人, 1993; 趙國斌、黃長福, 1994) 選手的平均跳躍高度則在 62 65 公分之間，國家級的選手跳躍的高度比大學選手多出 5 9 公分，由此可知若想成為一位優秀的國際級選手，優異的跳躍高度是絕對必要的。

不過在張恩崇 (2001) 研究優秀三級男子排球選手在四號位置強攻扣球運動學，跳躍高度的研究結果方面，則比之前學者 (Samsom, 1976; 張資榮, 1982; Coleman 等人, 1993; 趙國斌、黃長福, 1994) 研究結果高出許多，此篇研究是以兩部 Peak 高速攝影機 (120Hz) 同步拍攝，進行三維運動學分析，發現大專隊員的平均跳躍高度 95 公分最高，國家隊員 88 公分次之，青年隊員 81 公分最低，比相關文獻高出將近 1、20 公分的跳躍高度。

## 弓身角度

邱文宗 (1980) 提出，當排球選手扣球，身體懸掛在空中時，必定產生身體各部位的旋轉運動，而這種極微的旋轉運動，終究使身體造成不穩定並產生身體重心下降之現象，而在排球扣球動作中，胸前向前挺出，下肢上臂向後彎曲相對動作的產生，視為一和身體懸掛在空中能夠維持平衡的動作，因為在空中動作期間，需具有較佳的平衡能力才能產生強大的扣擊力量。

然而，弓身動作在扣球動作中，不應只有平衡的作用，弓身角度的大小也將直接影響到扣球動作的進行，如擊球的時間與扣球時力量的強弱等，都將受弓身角度的狀況而左右。郭靜如（1997）使用兩部高速攝影機（100Hz）同步拍攝，深圳國際女排四強邀請賽比賽現場，排球場四號位置的區域，研究結果指出四號位主攻手擊球的空中姿態可分為兩種類型：一為起跳後空中時期是以髖關節為轉動軸，挺胸展腹，脊椎為最大後伸狀態，髖關節充分伸展，骨盆後傾，上下肢段呈現以髖關節為頂點的向後尖括號””型，之後向前折體時，上下肢段呈現反方向的尖括號””型。在張恩崇（2001）三級選手空中弓身的角度研究結果，也和郭靜如（1997）的研究結果相同，先是空中身體呈現””型之後再上下肢段呈現反方向的尖括號””型擊球。而在空中呈現””型弓身角度時，國家隊為 128.50 度，大專隊為 128.92 度，青年隊為 124.82 度。

而另一種空中擊球的型態則為，起跳後空中時期，向後背弓為挺胸曲小腿，軀幹下部和膝關節以上成一直線，從側面看上去身體姿勢成”）”方括號型，之後空中時期，主攻手向前揮臂擊球時，依靠收小腹伸小腿，呈相反方向的方括號”〔”型。並指出強攻扣球時，空中””型身體姿態有利於提高揮臂擊球速度和擊球力量，扣出的球速度快，威力大。

## 擺臂擊球動作

許多人在過去的運動技能學習經驗裡，常會聽到教練這樣說：『放輕鬆一點，像甩鞭子一樣的揮擺！』，主要是因為類似像甩繩子這樣的經驗大部分的人都有過，且很多人體或生物的動作的確類似這樣的動作過程（圖 2-1）；在大陸學者李良標（1991）定義鞭打運動為：『在克服阻力或自體位移過程中，諸肢段環節依次加速與制動，使末端節產生極大速度的動作形式稱為鞭打動作。』：而人體的肢段，不管上肢或下肢，肢段由近端到遠端，密度也都有漸小的特性，因為人體的肢段是以多關節組成的連

結體，其間以複雜的連動關係，相對的移動( translation )與轉動( rotation )，來完成每一項簡單或是複雜的動作；所以人體的許多動作，以類似鞭繩的傳遞過程而言，是可以有效且廣泛的應用。

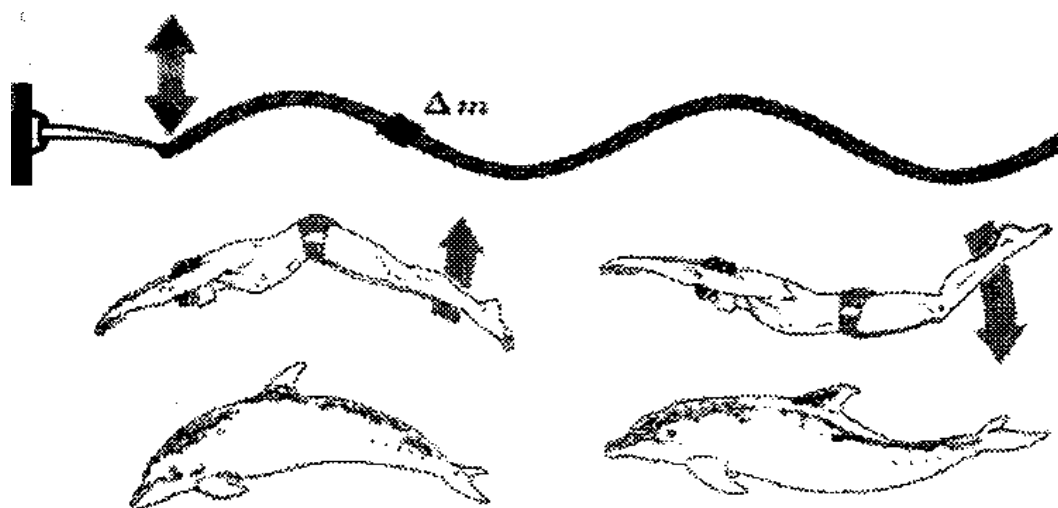


圖 2-1：蝶泳的身體動作過程與海豚的活動的動作模型：極類似鞭繩的揮擺過程。

動力鏈系統在動作的過程中有效的安排各肢段參與的時機，以及其作用的次序，方能得出所要求的目的。要描述這樣遠端到近端順序運動動作 ( proximal-to -distal sequence in sport movement )，一個具有相當影響力的原則就是『速度累加原則 ( the summation of speed principle )』( Bun , 1972 ) 這個原則說明動力鏈遠端肢段的速度，會隨著參與動作過程的肢段作用而漸增。劉錦璋 ( 1998 ) 指出運動現象中，多肢段的順序動作佔了絕大部分，在排球扣球的揮臂動作上，發現長攻手與快攻手所表現出來的肢段動作順序有明顯的差異，快攻手在動作初期小臂揮擺較快，過程時間較短，擊球時手腕速度較慢；而長攻手的揮臂動作時間較長，擊球時手腕速度較快，擊球時兩肢段角速度差異較明顯，較符合動力鏈肢段順序性原則。

根據 Kreighbaum ( 1996 ) 的 Biomechanics 一書中提到，Morehouse & Cooper( 1950 ) 當初為了探討與計算肢段間肌肉力矩( intersegmental muscle

torques) 而修正出以下動力鏈概念模式 (conceptual model) 圖 (圖 2-2)。

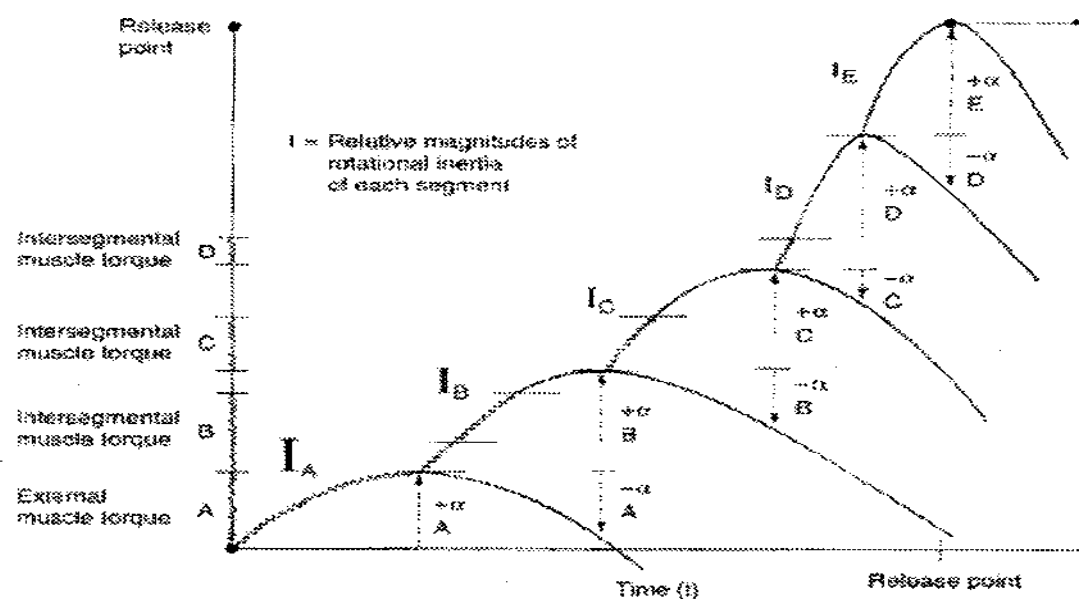


圖 2-2：動力鏈模式概念圖

圖 2-2 所闡述的要點歸納如下：

- (1) 從近端到遠端的肢段 ABCDE，所具有的轉動慣量依次由大到小。
- (2) 外力矩 (external torque) 由最近端 (proximal) 肢段開始產生，爾後以肢段間力矩 (以鋸齒狀曲線代表) 往遠端逐漸傳遞，且依次逐漸減小。
- (3) 從肢段隨時間的腳速度變化途中，可以發現當 A 肢段在進行減速期間的同時，鄰近的 B 肢段正進行著加速過程；同樣的，當 B 肢段在減速時期的同時，與他鄰近的肢段正進行著加速過程，就這樣重複著角速度的加速與減速的過程，及構成動力鏈的有效過程。

蔡豐任 (1996) 也曾提出，要使扣球動作的效果能充分的發揮，必須在增加揮臂速度的前提之下，追求最大的扣擊力量在擊球瞬間，手臂應盡量伸直以增加肌肉對骨槓桿的肌力矩。以角動量定理， $M \times t = I \times$

(M 為力矩，t 為時間，I 為轉動慣量，為角速度變化量) 可以得知，當時間不改變時，如果可以增加力矩的長度時，則可有效的增加轉動

慣量，角速度變化量，因此在擊球瞬間，肘關節應盡量伸直，以增加擊球點與運動軸的垂直距離（肌力臂），進而增加轉動慣量與肌力矩，可使揮臂的角速度因此而增加，則扣球的力量會越強且球擊出瞬間的速度也會越快，也可相對的提升擊球的高度。

根據碰撞原理以及動量守衡定律，擊球瞬間球體所得到的動量，皆來自於手臂擺動所產生的動量經由手掌擊球，傳遞到球體的身上，也就是說，球體的動量是由手臂擺動所產生的角動量而來。因此，增加前擺扣球的揮臂速度，可增加擊球後球體的速度。Coleman 等人（1993）國家隊大學男子排球選手在前排擊球瞬間，右手上臂、前臂揮臂的角速度平均為 15.2、26.2 弧度/秒。黃長福（1997）後排扣球擊球瞬間，右手前臂揮臂擊球的角速度為 23.7 弧度/秒。

而擊球瞬間手腕扣球的速度（Coleman 等人，1993；黃長福，1997）研究結果都非常的接近，分別為 19.2 公尺/秒和 19.6 公尺/秒。但郭榮（1995）以大學甲級男排選手 5 人，使用高速攝影機（100Hz）拍攝，選手扣球技術動作影片，扣球時擊球瞬間手部的平均速度為 12.59 公尺/秒和張恩崇（2001）三級選手的擊球揮臂速度國家隊 11.51 公尺/秒，大專隊 11.60 公尺/秒，青年隊 10.97 公尺/秒，兩者的研究結果則明顯偏慢。

## 球速

排球扣球的從助跑、起跳、空中弓身到擊球手臂的揮擺等，一連串的動作，都是為了增加在空中揮臂擊球後的球速，排球選手扣球的球速，就如同棒球投手仰賴球速一樣，球離手後速度的快慢將決定選手扣球威力，同時也是在球場上進攻時最重要的武器。國外學者 Coleman 等人（1993）研究國家大學男子排球隊選手前排擊球後的平均球速為 27.0 公尺/秒。在國內學者相關的研究（趙國斌、黃長福，1994；黃長福，1997；賴永成等人，1997；張恩崇 2001）則指出國家隊選手前排擊球後平均球速為 24.6

公尺/秒。大學男子排球選手前排擊球後平均球速為 19.5 24.2 公尺/秒之間，後排擊球後平均球速為 21 26.7 公尺/秒之間。青年隊選手前排擊球後球速為 23.8 公尺/秒。

#### 第四節 文獻總結

排球扣球動作的複雜性從助跑、起跳、空中弓身到揮臂擊球，整個完成的時間只有短短的 0.7 秒左右，在這麼 0.7 秒的時間內就要完成這麼多的動作，複雜的程度由此可見。Coleman (1993) 在他的研究結果提到，排球運動自從 1896 年發展到現在已有近百年的歷史了，可是卻始終還是屬於發展中的運動項目，其主要原因是缺乏以三度空間來研究排球扣球的文獻。綜合以上文獻可知，目前對於排球扣球運動學分析相關研究部份並不少，但注重的焦點仍偏重在單一技術部份的研究，侷限於下肢或上肢動作方面，而缺乏全面性的研究，在排球扣球的動作流程中，包括助跑、起跳、空中動作及落地等四個分期，四期動作中，除落地期對於扣球動作較無直接影響外，其餘三期對於扣球動作仍有相當大的影響，環環相扣更是缺一不可。尤其是跳躍高度、擊球高度和手臂揮擺速度，更是影響球速的最大關鍵，也是在排球扣球技術分析中，學者研究的焦點所在。

目前運動生物力學研究的潮流，偏向為尋找選手在真實的排球場地進行扣球技術分析，並配合兩部高速攝影頻率的攝影機，進行三維運動學的動作技術分析。三維運動學的分析可以克服 2D 平面運動學分析時的不足，因為只有使用一部攝影機，無法完整拍攝選手在整個排球跳躍扣球技術的過程，造成部分肢段角度和動作技術的阻擋而無法拍攝清楚，三維運動學則可因為使用兩部攝影機，克服以上的問題，提供豐富的資料進行技術研究分析。

四號位強攻仍是當前排球戰術主流，許多的文獻也都印證了此一進攻

的重要性，提昇我國排球實力第一步，當是針對此一四號位強攻扣球技術進行詳加研析。臺灣的運動員大都在高中時期，即以到達運動技術的顛峰，高中時期便成為運動能力養成和塑造技術的黃金時刻，越來越多的選手，更是在高中階段就展露出不凡身手，而目前國內學者偏向大學選手的技術研究，缺乏針對此高中時期進行完整性的探討，可供教練或實務教學者做為參考依據，因此對於高中排球選手四號位強攻扣球動作在運動學技術的研究，更是值得我們進一步的研討與補充，以銜接未來在大學時期的運動技術訓練，並建立排球技術相關研究之完整性。

有鑑於此，本研究擬以三度空間攝影分析法，對於國內高中男子排球選手進行四號位強攻扣球三維運動學分析，希望經由本研究所得結果，作為日後排球教練與實務教學者，在技術與動作修正方面的參考依據，並期望對於提昇我國排球運動實力有所助益。