

軟式網球選手體能特徵因素分析

謝順風

臺北商業技術學院

摘 要

目的：探討軟式網球選手體能特徵因子指標。方法：以 43 名高中男子軟式網球選手為受試者，設計 17 項體能測驗，依受試者地域性之不同編排 2 梯次施測之，以主成份分析之最大變異法進行統計考驗 ($\alpha=.05$)。結果：萃取出 6 個因素構面，且能涵蓋 17 項體能測驗項目，2 次施測結果的總體內部一致性皆達到 .76，重測信度皆在 .81 以上 ($p<.05$)，Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 取樣適切性量數為 .75，Bartlett 球形檢定值為 400.79 ($p<.05$)。6 個構面中，因素一為 2 項肌力測驗、3 項爆發力測驗所組成(變異量 18.54% / 共同性 0.85)；因素二為 3 項敏捷測驗與 1 項下肢肌力測驗所組成 (18.01% / 0.84)；因素三為 2 項握力測驗所組成 (13.31% / 0.80)；因素四為 2 項肌耐力測驗所組成 (11.83% / 0.75)；因素五僅有 1 項跳繩測驗 (8.45% / 0.77)；因素六則包含 2 項柔軟度與 1 項腰部轉體能力的測驗 (8.19% / 0.75)；共有 78.32% 的累積變異量。結論：本研究發現軟式網球選手的體能因子之特徵，係由「瞬發力量」、「敏捷」、「握力」、「肌耐力」、「跳繩」、「柔軟性」等 6 項測驗指標所組成。此 6 項指標能更清楚軟式網球選手的體能特徵，可作為日後訓練策略調整的參考指標。

關鍵詞：瞬發力量、敏捷、肌耐力、柔軟性、跳繩

壹、緒論

一、問題背景

軟式網球是一種持拍及不對稱的運動項目，與硬式網球（以下簡稱網球）一樣的，必須藉由身體各部位之有效整合，將來自軀幹的旋轉力量，利用慣用臂一連串的高機械動作完成擊球（王苓華，2001）；在比賽過程必須能有強力的擊球、迅速位移與瞬間轉向的能力，

故軟式網球任何一項擊球動作必須移位與打擊同時完成，其精髓在於「跑」、「打」（賴永僚，1996）。基於此，簡秋紅與涂瑞洪（2007）認為軟式網球的基礎體能包括「肌力、耐力、柔軟度、瞬發力、敏捷性及協調性」，專項性體能包括「腳步移位速度、反覆動作速度、擊球力量、移動節奏、擊球跨步動作之柔軟度與手腕柔軟度」；也有學者認為軟式網球選手的敏捷能力特別重要，其動作結構包含步法移動的速度、身體變換角度的速度、肌肉收縮的速度、反覆動作的速度（賴永僚，2004）。

在近幾年的網球運動中，年輕好手的體能狀態越來越佳，如更快速的移位、更強韌的肌力、更快的球速，這些都是爆發力的增進與充沛體力的展現，更可說是強力網球的最佳寫照（詹益欣、范姜逸敏、翁睿忱，2007），軟式網球運動亦有相同的情況。以上述體能作為競技之基礎，說明了現今軟式網球與網球運動之高競技特性，故軟式網球選手的體能結構特徵，相當值得進一步分析討論。

有關目前學者對於運動員體能因子的探討方式相當多，例如不同水準運動員體能的比較、不同項目運動能力的比較、運動員與非運動員能力的評估比較、不同訓練方法介入對運動員體能效益之分析、運動員體能因子的預測分析，以及體能測驗因子指標的歸類分析...等，這些研究採用的方法雖然不同，但對於運動員的訓練架構而言，皆為最基礎的實務性質之分析討論。姚漢禱（2004）認為體育運動領域應用主成份分析法抽出比賽的主要成份，可作為評價運動員的指標，並且當累積的解釋能力（累積變異量）夠大（如 60%）時，所選取的少數主成份就可以有效代表所有被測量變數的變異（分散）程度（姜志銘、宋傳欽、郭錕霖，2008），這種方法可補充經比較測量、測驗項目所得結果的不足之處，使量測過程使用之指標能獲得更大的支持，亦可在缺乏明確測驗指標的運動項目中提供參考。

現階段的軟式網球由於在運動能力的區塊探討的並不多，且多以網球選手的體能結構為基礎進而討論（賴永倉、羅如卿、許如雅，2003；賴永僚，2004；廖彩華，2006），故有關評價軟網選手體能因子指標的分析相當稀少。雖然網球與軟式網球的運動技能結構相當接近，但由於球質（硬、軟）、球拍的不同，因此其技能發揮過程可能造成肌群使用的些微差異。故此，軟網選手體能指標的研究能更準確評價選手的競技能力與運動表現，因此進一步探討軟式網球運動的基礎相關體能指標，有其必要性。

二、研究目的

本研究目的旨在探討軟式網球選手體能特徵因子量測指標，以為軟網運動選材、訓練過程參考之用。

貳、方法

一、受試者

本研究以台南市南寧高中 20 名、台中高農 12 名，以及台東體中 11 名，共 43 名高中男子軟網選手為受試對象，身高 171.97 ± 5.56 公分，體重 64.63 ± 9.92 公斤，球齡 7.05 ± 1.46

年。上述 3 隊在近年來的全中運比賽中皆獲得優異的成績，故受試樣本相當的完整，且具分析之意義。所有受試者近半年來皆無足以影響測驗結果之重大傷害的發生。在測驗開始前，與受試者和教練達成共識，皆已完全了解參與本研究的益處，以及了解各種相關權益，填寫受試者同意書，若受試者因任何原因而無法繼續完成測驗，研究者將完全尊重受試者的意願。施測過程，研究者也請求測驗學校之護士到場，以防傷害發生時有專業人士能及時處理。同時，施測地點備有醫護箱、運動貼紮、冰袋...等急救用品，以及充足的飲用水、運動飲料，提供受試過程之用。

二、研究工具

本研究主要為探討軟式網球選手的體能特徵因子，故採用陳雍元（1998）設計之運動員基本運動能力測驗架構為主，佐以詹淑月（2003）設計之網球選手基本運動能力測驗所探討的肌力、柔軟度、爆發力等 3 項，另擬增加過去文獻（廖彩華，2006；賴永倉等，2003；賴永僚，2004）指出軟式網球選手最重要的敏捷能力測驗，共計有 17 項軟式網球選手體能測驗。

（一）軟網體能測驗項目編製

本研究的測驗項目與測驗代號如所述下：

T1 潛艇式伏地挺身（次/分），T2 單槓正握引體向上（次），T3 屈膝仰臥起坐（次/分），T4 背肌力（公斤），T5 慣用持拍手握力（公斤），T6 非慣用持拍手握力（公斤），T7 蹲後跳（次/分）；以上為肌力測驗項目。

T8 坐姿體前彎（公分），T9 後仰伸展（公分）；以上為柔軟度測驗項目。

T10 立定跳遠（公分），T11 立定三次跳（公分），T12 垂直跳（公分），T13 跳繩（次/30 秒），T14 10 秒屈身轉體（次/10 秒）；以上為爆發力測驗項目。

T15 左右側併步（次/20 秒），T16 10 公尺×4 次折返跑（秒），T17 10 公尺×10 次折返跑（秒）；以上為敏捷測驗項目。

（二）測驗方法與工具

採用詹淑月（2003）與廖彩華（2006）所提之體能測驗工具與方法施測之，其中需使用儀器量測的手握力與背肌力，則採用握力計（TTM 100 kg）與背肌力計（TTM 240 kg）施測。

三、測驗日程安排

（一）施測梯次編排

由於本研究之受試者分別為台南、台中、台東之軟式網球選手，故實施體能測驗過程無法統一施測，僅能利用 97 年暑假期間將測驗流程分為 2 梯次進行，第 1 梯次為 97 年 7 月中旬，施測地點為台南市南寧高中，受試對象為南寧高中的 20 名選手；第 2 梯次為 97 年 7 月下旬，施測地點為台東體中，利用台中高農至台東體中之移地訓練時一併施測，受試對象為台東體中與台中高農之 23 名選手。

在每個施測日，受試者皆已食用早餐（非空腹），並在 8 點整集合完畢，同時

進行人員的分組（第 1 梯次之 20 名受試者為 4 人 1 組，共 5 組；第 2 梯次之 23 名受試者亦 4 人 1 組，共 5 組，惟其中 3 組有 5 人）與平日訓練時之熱身運動，8 點 20 分進行測驗流程與項目之說明，8 點 30 分正式開始施測。

(二) 施測日程編排

本研究為求了解測驗結果是否能達到足以接受統計分析之標準，因而採用體能測驗研究最常使用的重測方法 (test-retest) 來分析其穩定性，故將 2 個梯次之施測皆分為 4 日來進行，其中的第 1 與第 2 施測日為前測，第 3 與第 4 施測日為後測。

第 1、3 日施測 8 項體能，施測順序分別為：1. 潛艇式伏地挺身，2. 10 秒屈身轉體，3. 坐姿體前彎，4. 屈膝仰臥起坐，5. 10 公尺×10 次折返跑，6. 後仰伸展，7. 左右側併步，8. 蹲後跳。

第 2、4 日施測 9 項體能，施測順序分別為：1. 慣用持拍手握力，2. 非慣用持拍手握力，3. 單槓正握引體向上，4. 立定跳遠，5. 立定三次跳，6. 垂直跳，7. 跳繩，8. 背肌力，9. 10 公尺×4 次折返跑。

四、協助人員訓練

本研究的體能施測，共有 10 名協助人員，分別為施測地點學校平日即有參與軟式網球、網球運動之教師，已於第 1 施測日之前一日接受 17 項體能測驗方法的實際操作與訓練，皆擁有掌握準確施測與記錄成績的能力，並且每位受試者的每項測驗，皆由 2 名協助人員施測，1 名為主試者，另 1 名則從旁輔助測驗並負責成績之登錄確認，以確保施測不致因人為疏失而產生錯誤，影響施測結果之準確性。

五、資料統計處理

(一) 測驗信度統計處理

本研究採用皮爾遜積差相關考驗重測信度，目的在於了解 2 次測驗結果是否穩定，以求得外在信度；採用 Cronbach's α 係數考驗測驗結果的內部一致性，以求得內在信度，並以統計學使用之 .60 為達到可接受之測驗信度標準。重測信度採用體能原始測驗成績考驗之；內部一致性則須轉換成標準分數 (T 分數)，使其單位相同再予以考驗。

(二) 正式資料統計處理

採用主成份分析之最大變異法考驗之，以特徵值大於 1 為因子構面數量選取標準，並以因素負荷量達到 .500 以上為各因子構面之篩選標準 (陳雍元, 1998)，所有顯著水準皆設為 $\alpha=.05$ 。

參、結果

一、各測量變項之基本統計量與信度考驗

各變項所得測量結果之平均數與標準差如表 1 所示，第 1 次施測結果的總體內部一致性為.76，第 2 次施測為.76，並且 2 次施測的重測信度至少在.81 以上 ($p<.05$)，因此本研究施測結果的信度考驗，已達到統計上之可接受標準 ($>.60$)，可將測量結果逕以分析。

表 1 體能測驗成績與信度考驗表

代號	測驗項目	第 1 次	第 2 次	重測信度
T1	潛挺式伏地挺身 (次/分)	35.18± 7.86	34.21± 6.19	.93*
T2	單槓正握引體向上 (次)	4.60± 2.68	4.58± 2.32	.97*
T3	屈膝仰臥起坐 (次/分)	45.16± 7.47	43.65± 6.27	.90*
T4	背肌力 (公斤)	127.88±26.50	123.79±18.23	.89*
T5	慣用持拍手握力 (公斤)	48.16± 6.32	48.20± 5.66	.94*
T6	非慣用持拍手握力 (公斤)	40.37± 5.57	39.99± 5.43	.91*
T7	蹲後跳 (次/分)	40.86±11.98	39.09± 8.94	.95*
T8	坐姿體前彎 (公分)	28.51± 9.48	28.86± 8.43	.96*
T9	後仰伸展 (公分)	49.07± 8.73	50.35± 7.31	.81*
T10	立定跳遠 (公分)	222.40±31.86	227.81±30.32	.89*
T11	立定三次跳 (公分)	692.07±82.12	696.93±79.00	.90*
T12	垂直跳 (公分)	55.19± 8.24	54.33± 6.43	.92*
T13	跳繩 (次/30 秒)	72.58±14.00	72.65±11.91	.96*
T14	10 秒屈身轉體 (次/10 秒)	11.44± 2.52	11.44± 2.24	.91*
T15	左右側併步 (次/20 秒)	22.62± 2.43	21.98± 2.42	.81*
T16	10 公尺×4 次折返跑 (秒)	10.19± 0.83	10.24± 0.79	.84*
T17	10 公尺×10 次折返跑 (秒)	26.28± 1.51	25.69± 1.69	.83*
內在信度		.76	.76	

* $p<.05$; $n=43$

二、主成份分析考驗與各因子特徵構面

表 2 為 17 項體能測驗指標經主成份分析考驗所得因子構面表，其中 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 取樣適切性量數為.75，並且 Bartlett 球形檢定值為 400.79 ($p<.05$)，可知測量資料相當適合進行主成份分析，並得到 6 個因素構面。

表 2 體能共同因素與轉軸後 6 個因素摘要表

變項名稱	因素 1	因素 2	因素 3	因素 4	因素 5	因素 6
潛挺式伏地挺身	.846					
立定跳遠	.844					
立定三次跳	.804					
背肌力	.687					
垂直跳	.663					
左右側併步		.749				
10公尺×4次折返跑		-.717				
蹲後跳		-.672				
10公尺×10次折返跑		-.620				
慣用持拍手握力			.898			
非慣用持拍手握力			.876			
屈膝仰臥起坐				.632		
單槓正握引體向上				.567		
跳繩					.815	
10秒屈身轉體						.909
後仰伸展						.792
坐姿體前彎						-.737
特徵值	3.15	3.06	2.26	2.01	1.44	1.39
變異量%	18.54	18.01	13.31	11.83	8.45	8.19
累積變異量%	18.54	36.55	49.86	61.69	70.13	78.32
共同性	0.85	0.84	0.80	0.75	0.77	0.75
Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數		.75		Bartlett 球形檢定		400.79*

* $p < .05$; $n = 43$

依據表 2 所示，上述 6 項因素中，因素一佔有 18.54%（共同性 0.85），其構面為 2 項肌力測驗、3 項爆發力測驗所組成，故此因子特徵可命名為「瞬發力量」（explosive strength）。因素二佔有 18.01%（共同性 0.84），其構面為 3 項敏捷測驗與 1 項下肢肌力測驗所組成，故此因子特徵可命名為「敏捷」（agility）。因素三佔有 13.31%（共同性 0.80），其構面為 2 項握力測驗所組成，故此因子特徵可命名為「握力」（grip strength）。因素四佔有 11.83%（共同性 0.75），其構面為 2 項肌耐力測驗所組成，故此因子特徵可命名為「肌耐力」（muscular endurance）。因素五佔有 8.45%（共同性 0.77），其構面僅有 1 項跳繩測驗，故此因子特徵可命名為「跳繩」（rope skipping）。因素六佔有 8.19%（共同性 0.75），

其構面由 2 項軀幹柔軟度與 1 項快速轉體能力測驗所組成，故此因子特徵可命名為「柔韌性」(flexibility)。上述 6 項因子共有 78.32% 的累積變異量。

肆、討論

本研究發現軟式網球選手的體能特徵，係由「瞬發力量」、「敏捷」、「握力」、「屈肌力量」、「跳繩」、「腰力」等 6 項因子指標所組成，累積變異量共有 78.32%，已大於姜志銘等 (2008) 提出的標準值，並和過去研究 (陳雍元, 1998) 所得運動員之總體體能因子的解釋能力百分比相當接近，因此在主成份分析中應具有相當顯著的指標意義。

所謂的瞬發能力，指的是在單位時間內人體肌肉所能增加力量比率的能力，即為一般所稱之爆發力，與運動表現有很大的關係 (Sawyer, Ostarello, Suess, & Dempsey, 2002)。研究指出肌力、瞬發力量 (快速力量) 為許多運動項目的重要體能因子 (Tsiokanos, Kellis, Jamurtas, & Kellis, 2002)，更有研究發現中度訓練的跑者在進行 9 週的爆發力訓練後，跑步經濟性 (running economy) 與 5000 公尺的表現，分別進步 8% 與 3%，而衝刺測驗中也發現運動員的神經肌肉特性有明顯的進步 (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Heikki, 1999)，其生理機轉在於耐力表現不僅受限於攝氧量有關的中樞因素，亦受到神經肌肉與無氧特性所交互支配的肌肉爆發力所影響 (Green & Patla, 1992)。軟式網球無論在發球、接發球、截擊、高壓殺球過程皆須使用手腕、手指、手臂、肩膀、腹部、背肌與膝的彈力等全身瞬發性力量 (賴永倉等, 2003)，方能快速且強而有力的發球、回擊或高壓殺球，足見肌肉瞬發力量的發達已在軟式網球中佔有舉足輕重之地位。

速度及敏捷性是影響移動速度、動作速度的重要因素。速度是指在短時間內完成大量的位移，而敏捷性則是指身體能夠迅速的、靈活的、正確的、且非常平衡的改變身體方向和位置的能力 (Roper, 1998)，或者是能夠在一動作和方向上做加速、前後方向、垂直方向及橫向的反應能力。網球選手的移動，大致可分為底線至網前的移動 (baseline to net)、對角線的移動 (close range)、直線移動 (sprint) 和大角度的移動 (wide-ball) 及回防動作 (recovery) 等 (Verstegen & Martello, 2002)，複雜多變。頂尖的網球選手，能在瞬間移動、改變方向並完成擊球動作，著重移動的速度及判斷來球後的敏捷反應，因此培養經濟且有效的場上動作是必要的 (林俊宏、洪彰岑, 2005)，這對軟式網球選手而言亦是相同的道理。不僅單打比賽是如此，雙打比賽中更是如此，軟式網球的前衛選手應具備高度敏捷性，以及快速的步法移動速度，在後衛選手成功的發球後，接著以快速移動的步法、發揮高敏捷反應及純熟的截擊技巧 (Guillikson, 1994)，其勝球率可提昇至 65% 以上 (Woods, R., Hooctor, M., & Desmond, R. 1995)。截擊所需的時間非常短，因為球員之間的距離縮短，所以預期結果、快速反應和快速移動 (Chow et al. 1999) 等與敏捷性相關的因素經常被評估。

靜態肌力 (static muscle force) 係指在單一隨意努力下肌肉所能施展的最大等長力量 (Kroemer, 1970)，人體肢段關節沒有移動，例如握持一物體不動，因此又稱為等長肌力 (isometric strength)，握力即為在這種情況下以手緊握一目標物時所產生的力量總和 (Stramler, 1993)，其力量係由外前臂肌群 (extrinsic forearm muscles) 和手內部肌群 (intrinsic hand muscles) 的共同活動而產生 (Donnelly, 1990)。握力為人體基本運動能力表

現之一，對人體的活動而言亦有其相對的必須功能（張志凌，2006），更是不少運動項目所必須的體能因子，握力與發球 ($r=.413\sim r=.491$)、接發球 ($r=.355\sim r=.405$)、擊球 ($r=.362$)、截擊 ($r=.390\sim r=.437$)、高壓殺球 ($r=.456$)、反手拍削球 ($r=.274$) 等網球技能亦具有顯著的關係（詹淑月，2003）。雖然網球與軟式網球其不同球質（硬式、軟式）在球體擊中拍面所造成的衝擊力量不同，但是其使用的肌群大致是相同的，主要在於來球及拍面碰撞瞬間能維持穩定握拍，提昇擊球動作流暢之功能性，故軟網選手擊球過程，握力亦是不可或缺的重要因素之一。

人體的運動過程，肌肉的能力扮演非常重要的角色，主要包括有肌力與肌耐力。肌力是指對抗某一阻力時肌肉所能產生的最大力量之能力，肌耐力指的則是肌肉維持使用某種肌力時，能持續用力的時間或反覆次數（Hoeger & Hoeger, 2003）。在各種不同的運動技能發揮過程，對於肌肉能力的使用程度卻不盡相同，例如在柔道運動中，肌耐力固然重要，但更須以強大的肌肉絕對力量以破壞對手的重心，使之失去平衡，施術目的方能達成。軟式網球技能的特徵，主要則在於肌肉持續的以非最大努力的狀態來完成多次反覆的快速到位擊球動作，顯見肌耐力應相當重要。

很多網球選手是以「跑步」、「游泳」或「有氧運動」當作輔助運動。但是，有更多的選手選擇「跳繩」為其例行練習項目（賴永倉等，2003）。從事跳繩的訓練可增加人體的協調性及速度感（Ronald, 2008），對於維持姿勢的穩定性及連動性動作表現特別重要，必需利用手腳的協調能力（Pitrelti & O'Shea, 1986）。本研究採用的跳繩測驗，係利用 Ken (1992) 提出的速度跳繩特性，代表單位時間內所能迅速進行的跳躍運動次數，具有快速瞬發動作之連動性技能的特徵。跳繩在許多測驗項目中亦是重要的協調性與瞬發力之測驗因子（陳雍元，1998），亦和發球 ($r=.439\sim r=.459$)、接發球 ($r=.445\sim r=.482$)、擊球 ($r=.293\sim r=.347$)、截擊 ($r=.377\sim r=.407$)、高壓殺球 ($r=.392$)、反手拍削球 ($r=.353$) 等網球技能具顯著相關（詹淑月，2003），足見跳繩的速度性、協調性及動作的瞬發性與軟式網球技能的發揮有著莫大的關係。

學者認為肌肉僵硬或柔軟度不足正是骨骼肌肉受傷的主因（Reisman, Walsh, & Proske, 2005）。軟式網球技能的動作結構主要為身體對來球位置做出預期判斷後，轉體、移位、到位回擊之動作連結能力，尤其針對大角度的來球，快速轉向左、右場的轉體能力特別重要，在如此大角度的肌肉旋轉運動過程，造成肌肉損傷的可能性將大為提昇。假若肌肉過於僵硬不利於肌肉收縮，發生急速拉扯時，肌肉纖維就容易被拉傷。因此，保持良好的柔軟度可以達到增進運動表現和預防運動時肌肉與骨骼系統的損傷。

基於上述，本研究發現軟式網球選手的體能因子之特徵，係由「瞬發力量」、「敏捷」、「握力」、「肌耐力」、「跳繩」、「柔韌性」等 6 項因子指標所組成，這與過去對網球選手體能表現的分析預測頗為接近。本研究篩選出的因子指標，能更清楚軟網選手的體能特徵，可作為日後訓練策略調整的參考指標。

參考文獻

- 王苓華 (2001)。網球的應用生理學——適能發展。《大專體育》，55，127-132。
- 林俊宏、洪彰岑 (2005)。影響網球運動表現的因素與訓練之探討。《中華體育》，19(3)，74-82。
- 姚漢禱 (2004)。《體育統計》。臺北市：師大書苑。
- 姜志銘、宋傳欽、郭錕霖 (2008)。主成份分析在木球運動表現與教學上的運用。《統計薪傳》，8(1)，1-14。
- 陳雍元 (1998)。《柔道選手身體型態、基本運動能力與柔道基本技能之相關研究》。臺北市：中國文化大學體育學會。
- 張志凌 (2006)。擊劍手套介面與施力姿勢對握力與捏力的影響。《體育學報》，39(3)，43-56。
- 詹益欣、范姜逸敏、翁睿忱 (2007)。循環訓練應用於網球運動之探討。《淡江體育》，10，153-160。
- 詹淑月 (2003)。《影響男子網球選手網球基本技能與基本運動能力相關因素探討》。臺北市：中國文化大學出版部。
- 廖彩華 (2006)。《不同訓練法對軟式網球基本、專項體能效果之影響～以青少年女子軟式網球選手為例》。未出版碩士論文，國立臺灣體育學院，臺中市。
- 賴永倉、羅如卿、許如雅 (2003)。軟式網球體能訓練之探討。《文化體育學刊》，1，165-174。
- 賴永僚 (1996)。《軟式網球技術報告書》。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 賴永僚 (2004)。軟式網球專項體能之探討。《中華軟網季刊》，49，65-74。
- 簡秋紅、涂瑞洪 (2007)。國小學童軟式網球技術訓練探討。《中華體育》，21(4)，120-130。
- Chow, J. W., Carlton, L. G., Chae, W. S., Shim, J. H., Lim, Y. T., & Kuenster, A. F. (1999). Movement characteristics of the tennis volley. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 855-863.
- Donnelly, J. E. (1990). *Living Anatomy*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Green, H. J., & Patla, A. E. (1992). Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 38-46.
- Guillikson, T. (1994). How to beat anyone, anytime. *Tennis, March*, 32-41.
- Hoeger, W. W. K., & Hoeger, S. A. (2003). *Principle and labs for fitness and wellness (7th ed.)*. Champaign, IL: Thomson.
- Ken, M. S. (1992). *Ropics: The next jump forward in fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kroemer, K. H. E. (1970). Human strength: Terminology, measurement, and interpretation of data. *Human Factors*, 12, 297-313.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Heikki, R. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Pitrelti, J., & O'Shea, P. (1986). Sports performance series: Rope jumping biomechanics, techniques of and application to athletic conditioning. *Strength and Conditioning Association Journal*, 8(4), 60-61.

- Reisman, S., Walsh, L. D., & Proske, U. (2005). Warm-up stretches reduce sensations of stiffness and soreness after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 929-936.
- Ronald, R. K. (2008). *Working out with the jump rope*. International Rope Skipping Federation. Retrieved July 20, 2008, from <http://www.irsf.org>.
- Roper, R. L. (1998). Incorporating agility training and backward movement into a plyometric program. *Strength and Conditioning*, 20(4), 60-63.
- Sawyer, D. T., Ostarello, J. Z., Suess, E. A., & Dempsey, M. (2002). Relationship between football playing ability and selected performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16(4), 611-616.
- Stramler, J. H. (1993). *The Dictionary for Human Factors / Ergonomics*. Champaign, IL: CRC Press.
- Tsiokanos, A., Kellis, E., Jamurtas, A., & Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinetic and Exercise Science*, 10, 107-115.
- Verstegen, M., & Martello, B. (2002). Agility and coordination. In Foran, B. (Ed.). *High-performance Sports Conditioning* (pp. 139-167). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Woods, R., Hocht, M., & Desmond, R. (1995). *Coaching tennis successfully*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Factor Analysis of Physical Characteristics for Soft Tennis Players

Shun-Feng Sie

National Taipei College of Business

Abstract

Purposes: To investigate the conditioning characteristic of soft tennis (ST) players. **Methods:** The volunteers were the male high school ST players (n=43). Seventeen conditioning test items were tested in 2 echelons. The principal component analysis were used to analyze the data ($\alpha=.05$). **Results:** Out of the 17 conditioning indicators, six facets are extracted which cover 17 of the indicators, the twice of internal consistence was .76, the test-retest reliability was at least .81 ($p<.05$), the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy was .75, the Bartlett's sphericity test was 400.79 ($p<.05$). Six factors, accounted for the variation by 78.32%, were obtained. The factor one included two muscular strength tests and three power tests (pct of variation by 18.54% / communality by 0.85). The factor two included three agility tests and one lower legs strength tests (18.01% / 0.84). The factor three included two grip strength tests (13.31% / 0.80). The factor four included 2 muscular endurance tests (11.83% / 0.75). The factor five included only rope skipping test (8.45% / 0.77). The factor six included 2 flexibility and 1 body turn fast capacity test more than others (8.19% / 0.75). **Conclusions:** The conditioning characteristic of ST players composed with 6 indicators of "explosive strength", "agility", "grip strength", "muscular endurance", "rope skipping" and "flexibility", they make conditioning characteristic of ST more clearly, can be used as an important reference for in-game strategy adjustment or training.

Keywords: explosive strength, agility, muscular endurance, flexibility, rope skipping