

桌球不同材質速度比較分析

崔秀里

國立臺北商業大學體育室

摘要

目的：本研究旨在比較不同桌球材質於球桌彈跳後速度的差異。**方法：**研究對象以賽璐珞球及塑膠球兩種材質的球來進行實驗，使用 KRACK 型號 V-989F 桌球發球機發出上、下兩種旋轉，以發球機發出到桌面彈跳方式進行，透過高速攝影機拍攝桌球彈跳運動影像，所得資料並以統計、獨立樣本 t 檢定進行分析處理。**結果：**研究發現不同材質球彈跳後的初始速度飛行比較情形為塑膠球慢於賽璐珞球，而最高彈跳高度在上旋球達顯著差異，另外在飛行距離賽璐珞球多於塑膠球。**結論：**塑膠球的材質在彈跳後的初始速度、彈跳高度及飛行距離上都不及於賽璐珞球，也因這些彈跳後的不同，對於桌球技術之影響頗大，如擊球準備動作、擊球的時機等技術有著直接的影響，本文透過研究不同材質桌球彈跳之性質，期望能做為未來提升回擊球技術之動作訓練。

關鍵詞：賽璐珞球 40、塑膠球 40、初始速度

壹、緒論

桌球運動從誕生到今天經歷了多次創新，特別在近10年來國際桌總對於相關規則的修訂都對桌球運動發展有很大的影響，也使得桌球運動隨著每一次的改變顯露出其魅力（彭博，2013）。國際桌總為推動桌球運動進行了多次的規則修改，從桌球的球體直徑38mm改40mm球，比賽的賽制由每局21分改11分制，發球實施無遮擋發球規定及禁用有機膠水等等，這些改革都使得桌球運動變得更具觀賞性（王超，2006；關多紅、何能舉，2014）。學者李宜珊（2015）、楊玉環（2015）提出桌球運動一開始初期所用的球是硬而輕的實心球，對球的重量、大小並沒有明確的限制，在1890年左右由英國人發現了賽璐珞或類似的塑膠製成的球，球應為圓球體直徑38mm、重2.5克、呈白色，在1991年演變為白色，黃色或橙色、無光澤，而在2000年2月25日國際桌球總會會議中正式通過大球的決議，同年10月1日起由原來的38mm改為40mm，球的重量由2.5克增至2.7克，這使得桌球運行速度放慢、旋轉降低、回合數增加，桌球比賽具有更強的觀賞性，從此桌球進入大球時代，如今球的演進開始進入新時代階段，2011年5月9日，國際桌球聯合大會通過決議，將在倫敦奧運會以後全面禁止使用賽璐珞球，並於2014年7月1日正式採用塑膠球。

桌球大球的最初規格要求直徑應為40mm，但是實際生產的球幾乎都在39.5mm左右，這個尺寸也是國際桌球總會可接受的範圍，國際桌球總會近期的規定標準是非賽璐珞桌球的最小直徑必須至少為40mm，最大直徑不得超過40.6mm，也就是說，非賽璐珞球的直徑最小都必須在40mm以上，這意味著桌球的體積略微增大，這勢必會減弱桌球本身的旋轉、速度和力量（成波錦，2014；ITTF，2019）。賽璐珞球是一種優點和缺點同樣明顯的器材，它的優點是容易成型，有著很強的抗張強度，不易損壞，並且具有耐水、耐油、耐酸等優點，但缺點就是易燃燒，賽璐珞球在遇到明火或者高溫的情況下很容易燃燒，這就使球在運輸、製造、儲藏的過程中極有可能發生火災，國際上將賽璐珞球列為航空禁運物品，運動員到其他國外城市進行比賽時，球也只能單獨托運，而新型塑膠桌球使用安全環保以高分子聚合物的原料製成，可以彌補改善賽璐珞球所存在的不便，讓原賽璐珞材質球由新材質塑膠球取而代之，這也是桌球球體十多年來於小球變大球之後，球體直徑增大後的第二次改革（何劍康、白銀龍，2015）。桌球運動發展初始階段就使用約有120年歷史，現在由新材質塑膠球取代賽璐珞球，在材質上的不同，是使用近百年的大轉變。

桌球運動的基本技術中分為攻球、弧圈、擋球、搓球、發球、接發球及步法，而這些技術中會產生技術的打法及風格，技術風格指力量、速度、旋轉、落點、曲線跟戰術（朱昌勇，1999；陳建彰，2005）。李蘊煒（2018）指出：「乒乓球比賽用球球體直徑的增加和體積的增大，使球在空氣中的運行速度減慢、旋轉性降低，在每分球的擊球數增加。」此研究可以清楚知道，比賽用球由於直徑變大，相應的球體體積也增大，旋轉球減弱，速度也變慢，對選手在回擊球時對技術上是有大的影響。

綜合上述文獻來看器材的改變對桌球運動產生較大的作用及影響，本研究就以目前上市的球質塑膠球40跟剛禁止的賽璐珞球兩種材質進行分析，是否這兩種材質有什麼樣的差異及變化，期待藉由本文的探討結果能作為提供教練未來訓練及實戰參考依據。

貳、方法

一、研究對象

本研究對象為賽璐珞球 40、塑膠球 40+兩種材質三星比賽球。

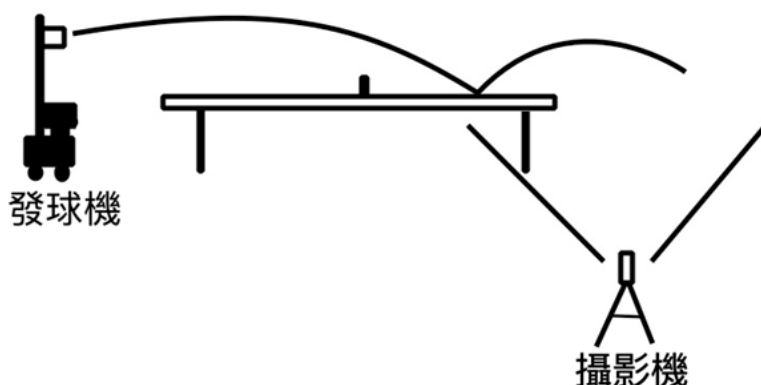
二、實驗器材

本研究實驗器材使用 NITTAKU3250 球桌及 CRACK V989F 桌球發球機、IDT 高速攝影機、筆記型電腦一台。

三、實驗設計

(一)場地配置

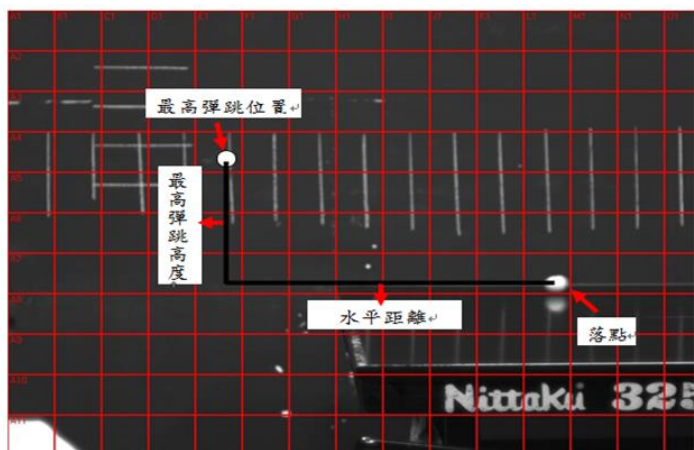
實驗時於球桌之旁架設高速攝影系統，拍錄球的行徑方式，將高速攝影機調整到每秒拍攝 300 張的狀態，並架設好高速攝影機位置與焦距，場地配置圖如圖一所示。



圖一 實驗場地配置圖

(二)發球機發球拍攝球體軌跡

因為需要固定之球速旋轉，所以在試驗中使用桌球發球機控制球，並搭配同一種之球速，發出賽璐珞球 40 與塑膠球 40+兩種不同材質，以發球機上的速度 5 來發球，採用上、下旋方式發出，每種球質發出 30 球，透過高速攝影機拍攝桌球的運動軌跡，分析賽璐珞球 40 和塑膠球 40+在上旋球運動的參數，其中包含彈跳後初始速度、最高彈跳高度、落球點後飛行距離等如圖二。



圖二 球體實驗圖

(三)影像擷取方式

由於球速彈跳速度快，本研究用高速攝影機 (IDT-OS8-S3 高速攝影機) 可錄製遠超越肉眼極限的高速影片，並能以流暢做慢速重現，可選擇每秒 600 影格、甚至 1200 影格的設定，最高解析度為 1600 x 1200，每秒最高拍攝圖像張數為 6100 張，並儲存高速攝影機拍攝的桌球運動影像，再匯入影像軟體進行距離與時間統計。

四、資料處理

本研究由高速攝影機所拍攝之影像匯入電腦影像軟體，存檔於資料收集系統中，並利用參考空間座標系統標定，與球體標示，進行影像距離與時間計算出桌球移動速度，利用 IBM SPSS Statistics 20.0 統計軟體進行分析。藉由描述性統計瞭解兩種球質的彈跳分佈情形，以獨立樣本 t 檢定來考驗不同球質是否有顯著的差異，本研究以 $\alpha=.05$ 為顯著水準進行統計考驗。

參、結果

一、不同材質球在上、下旋轉初始速度飛行分析

(一)上旋球

經統計分析後所得之結果如表一顯示兩種球質在初始速度有顯著差異 ($t=-5.58, p<.05$)，在塑膠球初始速度平均值為 6.38(公尺/秒)，賽璐珞球 40 的初始速度是 6.43(公尺/秒)。

(二)下旋球

由表一得知本研究結果顯示兩種球質在初始速度有顯著差異($t=-25.62, p<.05$)，在塑膠球初始速度平均值為 4 (公尺/秒)，賽璐珞球的初始速度是 4.49 (公尺/秒)。

表一
不同材質在上、下旋轉初始速度飛行表

	賽璐珞球	塑膠球	F	t	P
旋轉項目					
上旋球	6.43±.04	6.38±.02	12.64	-5.58	.00
下旋球	4.49±.94	4.00±.45	417.38	-25.62	.00

$p < .05$

二、不同材質在上、下旋轉彈跳高度分析

(一)上旋球

由表二得知塑膠球與賽璐珞球的落球點至最高彈跳高度達顯著差異水準($t = -3.01, p < .05$)，塑膠球 40+最高彈跳高度是 29.93 公分，賽璐珞球 40 則是 30.47 公分，兩球差 0.54 公分，達顯著差異。

(二)下旋球

由表二得知塑膠球與賽璐珞球的落球點至最高彈跳高度未達顯著差異水($t = -1.29, p > .05$)，塑膠球 40+最高彈跳高度是 21.37 公分，賽璐珞球 40 則是 21.53 公分，兩球相差 0.16 公分，未達顯著。

表二
不同材質球在上、下旋轉彈跳高度表

	賽璐珞球	塑膠球	F	t	P
旋轉項目					
上旋球	30.47±.51	29.93±.83	5.19	-3.01	.03
下旋球	21.53±.51	21.37±.49	1.83	-1.29	.20

$p < .05$

三、不同材質球在上、下旋轉飛行距離分析

(一)上旋球

由表三得知塑膠球與賽璐珞球的落球點後飛行距離達顯著差異水準 ($t = -4.45, p < .05$)，塑膠球 40+達最高彈跳高度之飛行距離是 120.23 公分，賽璐珞球 40 則是 124 公分，兩種球在達最高彈跳高度之飛行距離相差 3.77 公分，達顯著差異。

(二)下旋球

由表三得知塑膠球與賽璐珞球的落球點後飛行距離達顯著差異水準 ($t = -25.76, p < .05$)，塑膠球 40+達最高彈跳高度之飛行距離是 36.63 公分，賽璐珞球 40 則是 41.93 公分，兩球相差 5.3 公

分，表示有顯著差異。

表三
不同材質球在上、下旋轉飛行距離表

	賽璐珞球	塑膠球	F	t	P
旋轉項目					
上旋球	124±4.19	120.23±2.06	28.17	-4.45	.00
下旋球	41.93±1.01	36.63±.49	390.69	-25.76	.00

$p < .05$

肆、討論

一、不同材質球初始速度之探討

從研究結果知道，賽璐珞球40的初始速度值大於塑膠球40+達顯著差異，這樣的研究結果與張明胤、徐金陸 (2015) 指出同等的受力條件下，兩種桌球在一定範圍內運行速度會出現改變，由於塑膠球40+本身的材質特性，導致桌球落檯後的初速度較快，但又因結構和直徑的變化，導致球在空中的運行阻力增大，飛行速度就會慢下來。

在飛行速度方面也發現塑膠球40+的飛行速度較賽璐珞球40慢，這樣可能會增加擊球的回合。Zhang, Liu, Hu, and Liu (2013) 指出桌球比賽是有許多變化 (旋轉、位置、力量、速度、曲線等) 的複雜運動，因此這樣的結果可能會是影響擊球時節奏的關鍵因素之一。另外學者李宜珊 (2015) 以同樣的研究方式對16名專業桌球運動員，對賽璐珞球40與新型塑料球40+進行現場試打，瞭解這兩種球之間的差異，在有75%的運動員感覺球變硬了，球速減慢，78%的運動員感覺，不論是在擊球或是發球，都有不同程度感覺擊球後球體旋轉減弱，約80%左右的運動員感覺擊球後球落檯之力量明顯變小，發力擊球的球質速度減慢，因此降低了擊球質量，而對於自身的技術、戰術水準的發揮造成了影響。另一方面，塑膠球40+的飛行速度減慢，旋轉變弱，這對桌球運動員的接發球搶攻製造更多機會，接發球挑打和反手擰拉在比賽中將更能靈活運用。林燕 (2016)、盧永妍 (2018) 使用塑膠球後，運動員在接發球搶攻段中不再表現出被動的狀態，當球速度變慢可能影響發球品質時，接發球搶攻戰術威脅性就會相對提高，比賽的板數若趨勢集於三、四板時發球後搶攻、接發球、第四板是運動員爭奪的焦點。

二、不同材質球彈跳高度之探討

本研究從結果得知塑膠球與賽璐珞球在下旋球的最高彈跳高度未達顯著差異，但上旋球部分達顯著差異。Yananoto, Kasai, Hirakawa, Someya, and Okamoto (2010) 研究提出當桌球在高轉速時，會促使球改變飛行軌跡之曲率，也造成球在接觸桌子前、後產生很大的變化，這樣的變化使得很多桌球球員對於回擊旋轉球感覺到難度增加。另外學者成波錦 (2014) 研究以問卷調查及訪談運動員試打的過程，得出了試打無縫塑膠桌球主觀感受的結論為運動員對無縫塑膠桌球

的整體感覺是良好的，儘管對球的音色不太習慣，但是對其硬度的增大、速度和旋轉的減弱，還有反彈高度增加是持肯定的態度，特別是攻防回合明顯增加，這正好符合國際桌總對桌球比賽發展的理想要求，球的材料改變無疑是對桌球技、戰術的發展和觀賞性的提高有著重要的意義。

三、不同材質球飛行距離之探討

本研究結果不同材質的球在落球點後的飛行距離，兩種不同材質球的距離相差約 5.2 公分，塑膠球 40+ 的彈跳距離比賽璐珞球的彈跳距離短。Richard (2016) 提出在桌球的擊球點有三個適當的時機去觸球，這也稱為時間點，當球觸及你的這一方的球檯後之上升時期、球上升到最高點時，或球從最高點往下落時期，在最高點擊球可打出最快速，在下降可以打出最大旋轉，想輕鬆回擊對手的快速球就可在上升擊球。尾崎宏樹 (2015) 研究也指出桌球的製作材料由賽璐珞改成塑膠後觀察六名新加坡國家代表運動員回擊發球機所發出的賽璐珞製球與塑膠製球、並對球的飛行軌跡做觀察，結果發現塑料製球的弧線有較低的感受，另外在塑料製球飛行距離較短、觸球檯後的反彈較低。經上述討論，若是球飛行距離較短，這樣在比賽擊球過程中就會覺得球的落點短及速度變慢，可能會影響擊球的時間。

綜上文獻討論可看出在比賽的發球搶攻第一、三板回合和第二、四板回合的連續銜接出現技術上之新要求，因此搶攻與防守轉換和強力對抗的能力要求會更高，而在相持階段也會有重要的影響，塑膠球體積和彈性的增大，使得旋轉與速度變弱，相持段的使用將會增加，在旋轉、速度變慢後，擊球落點、節奏、質量的變化是戰術運用的關鍵環節，因此要在相持中控制局面，技術層面強調的是變化更快、更多，以及更強之體能要求。

伍、結論

經本研究發現桌球在不同材質的彈跳及速度上都是塑膠球 40+ 慢於賽璐珞球 40，因這樣的結果建議在桌球運動的訓練上必需要有所調整，不論是在擊球的時間或是在比賽的戰術都是可能要改變的。

參考文獻

- 王超 (2006)。新規則對乒乓球運動員技戰術影響的探討。《河南科技學院學報》，34，129-130。
- 朱昌勇 (1999)。擬定桌球技術訓練計劃之研究。《大專體育》，44，60-66。
- 何劍康、白銀龍 (2015)。新型無縫塑膠乒乓球的變化及影響。《體育成人教育學刊》，31(3)，73-74。
- 成波錦 (2014)。新型無縫塑膠乒乓球的特徵及對技戰術發展影響的初步研究。《中國體育科技》，50(5)，68-72。
- 李宜珊 (2015)。新型無縫球時代乒乓球專項體能訓練分法與研究。《湖北體育科技》，34(2)，157-159。

- 李蘊煒 (2018)。乒乓球比賽用球的改變對技戰術發展的影響，*遼寧體育科技*，1，123-125。
- 林 燕 (2016)。中國優秀女子乒乓球運動員使用賽璐珞球和塑膠球技戰術分析。未出版碩士論文，北京市，北京體育大學。
- 陳建彰 (2005)。影響桌球技能相關因素之探討與計畫。*輔仁大學體育學刊*，4，364-375。
- 張明胤、徐金陸 (2014)。非賽璐珞乒乓球技術發展和應用前景探析。*河北體育學院學報*，28(4)，60-64。
- 董聲 (2015)。乒乓球規則、器材改革的怪圈—寫在塑膠球改革之後。*山東體育學院學報*，31(1)，62-64。
- 楊玉環 (2015)。乒乓球規則規程的演變對乒乓球運動發展的作用。*科技資訊*，16，232。
- 彭博 (2013)。無縫乒乓球的控制研究。未出版之碩士論文，上海市，上海交通大學。
- 鐘莉娟 (譯) (2016)。桌球：邁向卓越。臺北市：五南。(Richard, M., 2009)。
- 關多紅、何能舉 (2014)。乒乓球規則變化對乒乓球運動的發展思考。*攀枝花學院學報*，31(3)，114-116。
- 盧永妍 (2018)。塑料乒乓球研究的綜述。*文體用品與科技*，12，26-27。
- ITTF (2020，6月16日)。Handbook 2020。資料引自 https://www.ittf.com/wp-content/uploads/2020/04/2020ITTFHandbook_v1.pdf
- Zhang, H., Liu, W., Hu, J. J., & Liu, R. Z. (2013). Evaluation of elite table tennis players' technique effectiveness. *Journal of sports sciences*, 31(14), 1526-1534. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2013.792948>.
- 尾崎宏樹 (2015年8月)。卓球におけるプラスチック製ボールがスイング動作に及ぼす影響について。山本敬三 (主持人)，バイオメカニクス。日本体育学会第66回大会，国士館大学。
- Yamamoto, F., Kasai, J., Hirakawa, H., Someya, S., and Okamoto, K. (2010). High-speed video image analysis of air flow around a table tennis ball. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6, 149-150.

The Comparative Analysis on the Speeds of Different Table Tennis Ball Materials

Hsiu-Li Tsui

Office of Physical Education, National Taipei University of Business

Abstract

Purpose: The objective of this study was to compare the bouncing and trajectory speed difference between table tennis balls made from different materials. **Method:** Balls made from celluloid and plastic were served by a V-989F, KRACK ball serving machine for both topspin and downspin. Trajectory and velocity of the balls from ejection to collision onto surface were captured by high speed cameras. Data were analyzed by independent t test and other statistic tools. **Results:** The results showed that the bouncing velocity for the plastic balls was slower than the celluloid ones. The celluloid balls also had longer flight path at the highest flight height than the plastic balls. **Conclusion:** In summary, although the bouncing height were similar for both celluloid and plastic balls, the difference between two materials in bouncing flight path and initial velocity may affect the playing techniques substantially, for example, the strike preparation movement, strike timing etc. The results from this study of bouncing characteristics from different materials may enhance the training of striking back techniques.

Keywords: celluloid ball, plastic ball, initial velocity.

