

背向式跳高的弧線助跑之理論與實踐

林芸蔓¹ 張立羣¹ 乃慧芳²

¹國立臺灣體育運動大學競技運動學系暨碩士班

²國立臺灣體育運動大學休閒運動學系

摘要

背向式跳高由美國運動員福斯貝里 (Richary Fosbry) 所創且一直沿用至今。跳高技術分成助跑、起跳和過竿三個階段，其中以助跑階段最為重要。背向式跳高的弧線助跑能使運動員產生向內傾斜的動作、創造旋轉角動量以及以較低身體重心的姿勢起跳，這些優勢有利於產生較大的垂直高度。本文探討背向式跳高的弧線助跑所產生的作用以及弧線助跑如何設計與執行，以提供給教練與運動員在訓練上的參考與應用，建議採用 Masters (2010) 簡單可行的方法，較容易繪出助跑的弧線，也適用於任何層級的跳高運動員，當運動員在繪製弧線助跑路線完成後，應反覆嘗試與修正以找出合適的弧線助跑路線，在執行助跑時應注意直線與弧線跑的轉換以及弧線跑時身體向內傾斜的姿勢。

關鍵詞：田徑、跳躍、助跑

壹、前言

跳高在 1864 年被列入田徑的正式項目，當時是以側面助跑起跳的跨越式跳高為主，之後跳高技術型態經過了幾次的變革，在 19 世紀第一個跳高世界紀錄是採用的剪刀式動作 (Scissors)，剪刀式也被稱為東方剪式 (Eastern Cut-off) (Schiffe, 2009)。1912 年出現從左側斜向橫竿助跑，以側臥過竿方式的滾式動作(Roll)，此姿勢打破當時世界跳高紀錄，是紀錄首次跳高突破 2m，到了 1923 年在當時被公認為最先進的跳高技術為俯臥式 (Straddle) (趙逢甲，1996)，而以俯臥式跳高創下第一個世界紀錄是在 1936 年，當時紀錄為 2.07m (Schiffe, 2009)，上述這些跳高技術型態其助跑都是以直線型態進行助跑，以屈膝、雙腳跨越、身體側面滾過橫竿或俯臥橫竿等姿勢過竿。

俯臥式跳高技術在 1960 年代幾乎 99%的跳高運動員所使用 (Schiffe, 2009)，直到 1968 年美國運動員福斯貝里 (Fosbury) 在第 19 屆奧運會上，以獨特的弧線助跑，背向橫竿的新奇姿勢過竿，越過 2.24m 的高度獲得冠軍，引起田徑界的重視 (趙逢甲，1996)，此種過竿方式被稱為背向式跳高 (Fosbury Flop)。由於背向式跳高的出現，跳高的高度不斷的向上提升，但當時仍有些教練與運動員堅持使用俯臥式跳高並打破世界紀錄，例如在 1977 與 1978 年最後一次使用俯臥式技術分別創下 2.33m 與 2.35m 的室內與室外世界紀錄。在 1983 年第一屆世界田徑錦標賽中所有跳高運動員，沒有一人不是採用背向式來跳高，而目前跳高世界紀錄已推進到 2.45m。

背向式跳高技術的優勢在於能夠利用和發揮助跑速度，加上起跳動作與空中補償動作，使身體能夠產生旋轉速度，讓運動員能以一種簡單而有效的方式來過竿，且比較容易掌握基本技術 (Humphrey & Nordquist, 2000)，這也是背向式跳高一直沿用至今的原因。本文目的在於探討背向式跳高的弧線助跑所產生的作用，以及如何設計與實際執行弧線助跑的方法，以提供教練及運動員作為訓練上的參考與應用。

貳、弧線助跑的作用

跳高技術分成助跑、起跳和過竿三個階段，各個階段間環環相扣，其中以助跑階段最為重要，因為其它兩階段都必須依賴助跑才能完成，成功的跳高運動員必須能以一個固定的助跑節奏來執行每一次的助跑，其助跑所產生的速度才能被有效的利用 (Humphrey & Nordquist, 2000)。Ritzdorf

(2009) 提出跳高跳躍成功的七個關鍵因素，其中有六個因素與助跑有密切關係，顯示出助跑在跳高的重要性，這些因素包括：

1. 增加助跑的步頻
2. 在助跑結束時縮短雙腳離地的飛程時間
3. 進入助跑弧線段時，身體向內傾斜
4. 在起跳階段起跳腳著地前增加髖關節的加速度
5. 在起跳階段起跳腳著地時，身體向後傾斜（身體向上姿勢）
6. 在起跳階段起跳腳離地時身體完全伸展
7. 過竿時的弓身或旋轉

助跑跑線可以用一個倒「J」字型來形容，它由一條直線部分與一個四到五步的弧線部分所組成，這樣的型態稱之為弧線助跑，在這助跑階段中包含了兩種速度：水平速度與垂直速度。由於快速度助跑有助於運動員在起跳階段對地面產生較大的垂直作用力 (Dapena, 1988)，因此，跳高運動員必須掌握在高速的助跑中進行兩種速度的轉換，而要達到更好成績表現，將會取決於水平與垂直速度間的轉換，如果跳高運動員不能有效地利用助跑速度，就不會獲得更大的垂直速度。在助跑速度上男女運動員有所差異，女子跳高運動員助跑速度在 6.1 到 8.0m/s 之間 (Dapena, Grodon, & Meyer, 2006)，而男子跳高運動員助跑速度則在 6.9 到 8.0m/s 之間 (Dapena & Flicklin, 2007)。隨著速度的不同，所需的弧線半徑也會有所改變，由於較快的助跑速度會產生較大的離心力，因此，當運動員的助跑速度較大者，就需要較大的弧線半徑 (Dapena 等, 2006)，因為大的半徑容易使運動員維持向內傾斜姿勢進入起跳階段。

弧線助跑主要有三個作用：其一是使運動員在起跳開始時，能保持身體向內傾斜的姿勢 (Dapena & Chung, 1988)，讓運動員在起跳時身體遠離橫竿，以避免運動的慣性使身體太早衝向橫竿，來獲得較多的垂直向上的空間，同時也能使身體在起跳腳離地後朝向橫竿旋轉，讓身體背部面對橫竿準備做背向（弓身）的姿勢過竿。其二是弧線助跑有利於角動量的產生，跳高運動員要成功的越過橫竿，在空中需要有適當的角動量來產生旋轉 (Dapena & Chung, 1988)，若在過竿階段的角動量不足，則會影響空翻旋轉（即過竿動作）的形成。由於角動量在空中是守恆的，因此人體在離開地面後並不會產生角動量，必須在起跳離地前就產生，弧線助跑在起跳腳著地瞬間，身體處於向內與向後傾斜的姿勢下能有利於產生角動量。因為快速的助跑，使起跳腳快速著地然後起跳，能讓運動員的身體在離開地面瞬間產生向外的旋轉來獲得角動量，再利用向後旋轉的動力使身體呈現背向姿

勢完成過竿動作。其三是能使運動員以較低的身體重心的姿勢進入起跳，在起跳階段，要使身體重心在垂直方向的活動範圍盡可能的大，然後在起跳後維持在高的身體重心，如此能創造大的起跳垂直速度以及高的起跳身體重心高度，讓跳躍的高度增加 (Dapena, 1993)。由於衝量等於力乘於時間，因此利用降低重心能夠在起跳時來增加起跳腳對地面的作用時間，來獲得在起跳後較大的垂直方向的距離，而研究證實弧線助跑有利於在起跳階段前降低身體重心 (Ae, Sakatani, Yokoi, Hashihara, & Shibukawa, 1986)。

參、弧線助跑的設計

助跑是速度動力的來源，一般助跑的距離在 8~12 步之間 (Humphrey & Nordquist, 2000)。弧線助跑路線的設計是非常重要的，依照運動員的特質不同，弧線半徑也會不同，如果弧線半徑太小，弧線弧度會太接近橫竿，使運動員難以去執行弧線；如果弧線半徑太大，弧線將會太直，這樣的弧線會使運動員減少向內傾斜的角度 (Dapena, 1995)，且更進一步影響到垂直高度。

本文提供兩種弧線助跑設計的方式給運動員做為參考：第一種方式是由 Dapena (1995) 針對男女跳高運動員所設計 (圖 1)，在開始繪出助跑前，必須先找出兩個主要因素數值：助跑最後路徑方向 (即起跳腳著地瞬間前，身體重心移動的方向和橫竿之間所形成之角度) 與弧線半徑。由於運動員助跑速度與弧線半徑的比例會決定身體傾斜角度 (Dapena 等, 1997)，因此 Dapena 等 (1997) 根據 liboshi 等 (1994) 研究結果計算出運動員助跑之平均速度，分別提出男女運動員弧線半徑的計算公式，分別為：

$$\begin{array}{ll} r=v^2/4.8 & \text{(女性)} \\ r=v^2/6.8 & \text{(男性)} \end{array}$$

r 代表弧線半徑(m)，v 代表最後的助跑速度(m/s)。運動員在了解自己助跑的最後速度後，就可以初步估計最佳的弧線半徑。而 Dapena 等 (2006) 認為選擇一個初步估計最佳的弧線半徑是困難的，因此可以遵循奧運級的跳高運動員所採用的弧線半徑，男子運動員為 6.5-11m，女子運動員為 7.5-13m。此外，Dapena 等 (1997) 也提出助跑最後路徑方向的角度與其相對應的 j 值 (表 1)，作為繪製助跑弧線的相關數值，獲得這些數值後便可以開始在跳高場地繪出助跑弧線半徑。

首先面對跳高墊找出起跳點 A (以左腳為起跳腳的運動員為例，即右邊助跑者)，將皮尺零點放在點 A，然後配合 j 值往左邊拉出點 B；將皮尺零

點放在點 B 上，往後拉出 10m 的距離，做下記號點 C；再將皮尺從點 A 拉出通過點 C 的弧線半徑距離 (以公式求出的 r 值)獲得點 D，接著將皮尺零點從點 D 拉向點 A 處，以畫圓的方式往後畫至與點 D 平行處，再做下記號為點 E，到此步驟為完成弧線助跑的繪製。

表 1
助跑最後路徑方向之角度與其相對應的 j 數值

助跑最後路徑方向 (°)	j 值距離 (m)
25	1.75
30	2.70
35	3.65
40	4.65
45	5.75
50	7.00

另一種方式是為 Masters (2010) 根據 Dapena, Ae, and Liboshi (1997) 分析世界級跳高運動員助跑的研究結果，利用弧線半徑與助跑最後路徑方向的數值計算出世界級 8 名男子與 7 名女子跳高運動員的平均值，分別提出一種適合男性和女性運動員的簡單可行的方法來設計助跑的弧線 (圖 2)。以左腳為起跳腳的女生運動員為例 (即由右邊助跑)，首先利用一卷皮尺從左邊跳高架 (面對跳高墊) 外側往外平行拉出 1.10m (男生為 0.88m) 的距離，畫上記號；然後把皮尺的零點放在這個記號上，朝與跳高架的垂直方向拉出 9.20m (男生為 8.70m) 的距離，再畫上記號；接著把皮尺原點放在 9.20m 的記號上後，向右邊跳高架拉出 9.60m (男生 8.70m) 的距離，以畫圓的方式往後畫 5 到 6 個記號即完成弧線的製作，此測量方式亦可以測量左邊助跑的運動員。

這兩種方法繪出的弧線助跑僅提供運動員參考，不一定適合每一位運動員，在繪出弧線後運動員應反覆嘗試與修正，從錯誤中調整出合適的距離。第一種繪製方法較為複雜，必須找出 j 值與 r 值，這兩個數值對於技術純熟或比較有經驗的運動員易找到，因此不建議初學者使用。而第二種方法較容易繪出助跑的弧線，適用於任何層級的跳高運動員。

肆、助跑的執行

在開始執行助跑前，運動員可選擇原地出發或行進間出發這兩種方式進行，本文以 9 步助跑為例說明。助跑開始首先是 5 步的直線跑，在最初幾步要求運動員筆直地往前跑且身體稍微前傾，手臂和膝關節的動作幅度要大，並在助跑的過程中持續增加步幅與步頻。此時的速度類似於在跑 400、800 公尺的速度 (Dapena, 1988)，而身體慢慢減少向前傾斜並保持正直，在直線與弧線跑之間必須要流暢的轉換，任何停頓或者小碎步調整步幅的助跑方式，都會影響到弧線助跑與其相關的益處 (Schexnayder, 1994)，因此在直線與弧線助跑之間設定記號就顯得相當重要。

接著進入第 6 步開始的弧線跑，運動員身體重心必須開始向圓弧內傾斜 (Humphrey & Nordquist, 2000)，產生抵抗圓心的離心力之向心力，而傾斜角度取決於助跑速度，速度越快身體向弧內傾斜就需要越多，為了要使身體在弧線跑中較容易作出向內傾斜的動作，在這一步開始可要求運動員的外側腳向外用力 (Schexnayder, 1994)，並注意上半身與下半身不應產生扭轉情形。助跑的第 7 步，身體重心向圓弧內傾斜比前一步更加明顯。到助跑倒數第二步時，身體開始呈垂直姿勢且維持傾斜角度。此時運動員的非起跳腳的膝關節以降低身體重心為目的達到最大屈曲。進入最後一步運動員完全伸展起跳腳並以平移方式與地面接觸。此時身體完全向後傾斜，運動員的肩膀、髖關節與起跳腳在同一個平面上呈一直線 (Leite, 2013)，以準備進入起跳階段結束助跑階段。

助跑是跳高技术中最重要的一部份，有許多運動員有非常好的跳躍能力卻常常跳躍失敗，其原因通常在於執行每一次助跑時缺乏一致性 (Burns, 2013)。因此執行每次助跑在進入助跑的弧線跑時，應能維持相同的向內傾斜角度並使踏上起跳點的位置都能相同。在執行弧線助跑時須注意，向弧內傾斜的姿勢主要是來自於踝關節而不是腰部 (Humphrey & Nordquist, 2000)，進入起跳階段由於人體向前的慣性，運動員須以能控制的起跳速度下進行起跳，如此在起跳腳著地時膝關節才不會被迫過度屈曲而影響起跳動作；另一個須要注意的是弧線助跑在直線跑轉換成弧線跑的切向橫竿方向通常容易出錯，因為它會使身體重心向弧內方向傾斜的姿勢無法維持到起跳點 (Humphrey & Nordquist, 2000)。由於助跑過程時間很短，在快速地助跑過程中修正動作是有限的，因此運動員如果要修正動作可選擇以較慢的助跑速度來執行。

伍、結論

跳高運動員在助跑過程中，能有效的利用助跑所產生的速度是成功的關鍵，因為在助跑結束後，運動員需要有較大的垂直高度來完成過竿動作，而快速的助跑有助於運動員對地面施加較大的作用力。背向式跳高技術最大的優點是利用弧線助跑來產生身體向內傾斜的動作，有利於運動員在起跳前降低身體重心的高度，增加起跳腳作用於地面的力量，讓運動員垂直起跳並獲得身體旋轉動量。而在助跑過程中，如果運動員的身體無法持續地向弧心傾斜直到起跳開始，會使角動量不足以完成過竿動作而導致試跳失敗。因此，掌握正確的速度轉換與身體傾斜是弧線助跑的關鍵。由於助跑不易固定，節奏也不易掌握，運動員應在先固定開始助跑時的起跑點，以利建立固定的助跑模式，且在助跑設計完成後，在開始實際執行時，從中找出不舒適的地方，在設計好的步點上以往前或往後的方式找到適合的步點並加以反覆練習，直到每次的助跑方式都能夠相同。由於弧線助跑是跳高技術的核心，也比直線助跑來的複雜許多，因此運動員在助跑的訓練上應更加專注。

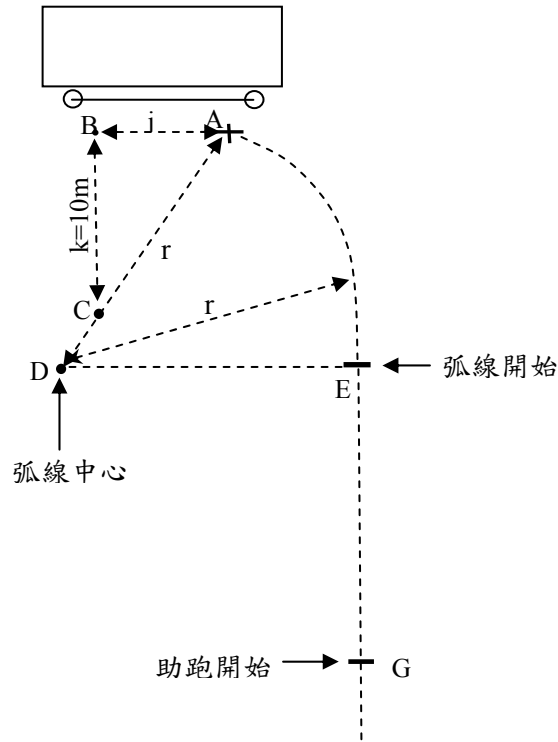


圖 1 設計助跑弧線的方法 - Dapena 的方法 (Dapena, 1995)

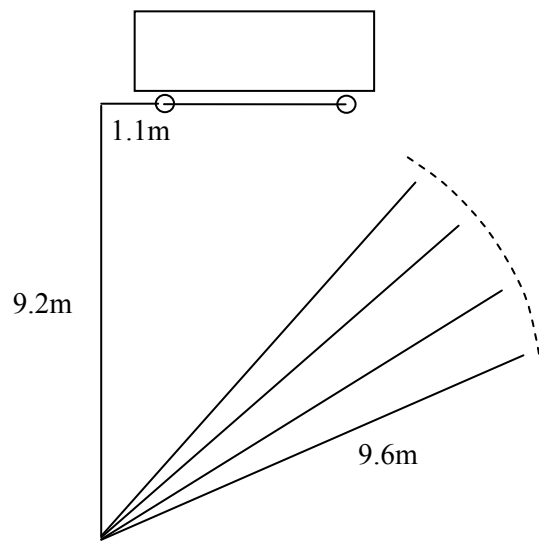


圖 2 女子跳高運動員設計助跑弧線的方法 - Masters 的方法 (Master, 2010)

參考文獻

- 趙逢甲 (1996) 。跳高訓練法。北京市：北京體育大學。
- Ae, M., Sakatani, Y., Yokoi, T., Hashihara, Y., & Shibukawa, K. (1986) . Biomechanical analysis of the preparatory motion for takeoff in the Fosbury Flop. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 66-77.
- Burns, M. (2013) . High jump technique and training. Clinic Supplemental Notes, Institute for Learning Technologies Web site:
http://assets.ngin.com/attachments/document/0035/6344/hj_coaches_clinic_supporting_doc_20130201.pdf
- Dapena, J. (1988) . Biomechanical analysis of Fosbury Flop. *Track Technique*, 104, 3317-3333.
- Dapena, J. (1993) . Biomechanical studies in the high jump and the implications to coaching. *Modern Athlete and Coach*, 31 (4) , 7-12.
- Dapena, J. (1995) . How to design the shape of a high jump run-up. *Track Coach*, 131, 4179-4181.
- Dapena, J., Ae, M., & Iiboshi, A. (1997). A closer look at the shape of the high jump runup. *Track Coach*, 138, 4406-4411.
- Dapena, J. & Chung, C.S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 290-302.
- Dapena, J., & Ficklin, K. T. (2007) . *Scientific services project – high jum #32 (men)* . Indiana : USA Track & Field.
- Dapena, J., Gordon, J. B., & Meyer, W. (2006) . *Scientific services project – high jump #29 (women)* . Indiana : USA Track & Field.
- Humphrey, S. & Nordquist, D. (2000). High jump. In J. L. Rogers (Project Coordinator), *USA track & field coaching manual* (pp. 173-197) . Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Iiboshi, A., Ae, M., Yuuki, M., Takamatsu, J., Nagasawa, M., & Tan, H. P. (1994). Biomechanical analysis of the techniques for the world's best high jumpers. *Japan Association of Athletic Federations (ed.), The Techniques of the world top athletes*, 169-184.

- Leite, W. (2013) .Biomechanical analysis of running in the high jump. *Pedagogice, psychology, medical- biological problems of physical training and Sports*, 2, 99-105.
- Masters, A. (2010). High Jump Training: Method for marking run-up curves. *Modern Athlete & Coach*. 48 (3), 11-12.
- Ritzdorf, W. (2009) . Approaches to technique and technical training in the high jump. *New Studies in Athletics*, 24 (3), 31-34.
- Schexnayder, I. (1994). Special considerations for the high jump approach. *Track Coach*, 126, 4029-4031.
- Schiffer, J. (2009). The high jump. *New Studies in Athletics*, 24 (3), 9-22.

主要聯絡人：張立羣

聯絡電話：04-2221310 轉 2260 E-mail: lichun@ntupes.edu.tw