

國內優秀跳高選手助跑、起跳、騰空技術之運動學分析~以紀錄保持者曹志豪選手為例

劉金鎗¹ 許弘恩² 陶武訓³

台中技術學院¹ 南開科技大學² 台灣體育大學³

E-mail: tpvc@nktu.edu.tw

摘要

近年來國際跳高成績不斷的提昇，反觀國內的成績，一直未能有重大的突破，原住運動會中以 2.23m 突破了金鎗障礙，是值得慶賀的事，全國跳高記錄歷經 25 年的歲月終於突破了 1 公分。本研究以現任全國跳高紀錄保持者作為對象，以探討選手本身跳高專項技巧並透過實際比賽，利用兩部高速攝影機及 APAS 動作分析軟體，對跳高運動進行拍攝研究，將其轉換為所需數據進行事後處理。本研究結果:1.起跳時身體重心與地面夾角與身體運動方向角度，影響後續動作的完整性進而影響起跳高度的發展。2.起跳點遠近影響人體重心的飛程軌跡，觀察現任跳高紀錄保持者五次試跳，其合理起跳點應與橫竿垂直面距離 105cm 較能穩定發揮。3.選手應控制起跳前後合速度的速度損失率應儘量為持在固定的比例。轉換垂直速度時，選手應以維持在最大能控制速度之下，動作應以流暢發揮為原則，掌握適當節奏才可能將速度作最佳的轉換。4.手臂擺動產生動量帶動身體向上，身體受手臂的影響而增加垂直的動力，前導腳配合上肢擺動產生動力將身體重心提升。

一、前言

今年春初九十六年三月三十一日在宜蘭舉行之原住運動會中以 2.23m 突破了金鎗障礙，是值得慶賀雀躍的事，身為跳高人希望更多年輕人加入 2.20 的俱樂部，全國跳高記錄歷經 25 年的歲月終於長高了 1 公分。依現任跳高紀錄保持者個人的基本條件，身高 1.86m 應該尚有進步的空間。因此現在設法找出他的缺點，以本人之優點協助他繼續創新高，是身為跳高人的重要任務。本研究目的為以探討背向式跳高之技術領域分析探討國內優秀男子跳高現任跳高紀錄保持者技術，透過實際比賽跳躍並結合影像分析，進而瞭解技術特性對運動員技術的影響。

二、研究方法

兩部數位高速攝影機(60 hz)拍攝現今國內跳高紀錄保持者五次跳高動作，一部攝影機置於起跳點正左方，另一部由起跳垂直面的軌跡，影像分析軟體以 Performance Analysis System (APAS)3D 軟體作影像之分析。比例尺長 200 公分的座標尺作為比例尺，放置位置即是受測者在助跑時的平行位置。

表一、受試者基本資料

| | |
|-----------|-----------------|
| 身高/體重 | 186cm/74kg |
| 訓練年齡/最佳成績 | 10 years/2.23cm |
| 立定跳遠 | 3.10M |
| 立定垂直跳高 | 70cm |
| 100 公尺 | 11.00 sec |
| 助跑距離/助跑步數 | 27m/11 step |
| 超越身高能力 | 37cm |
| 擺臂型態 | 雙手 |

三、結果與討論

表二、五次試跳身體重心運動參數

| | 205cm (成功) | 211cm (成功) | 216cm-01 (失敗) | 216cm-02 (失敗) | 216cm-03 (失敗) |
|--|---------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 觸地時，YZ 平面上 重心與地角度(°) | 65.79 | 68.36 | 65.91 | 63.49 | 66.43 |
| 腳尖位置與橫竿水 平距離(A)(cm) | -111.50 | -104.50 | -110.70 | -118.00 | -120.10 |
| 離地時，YZ 平面上 重心與地角度 (CG.P)(°) | 86.60 | -89.75 (90.25) | 86.06 | 85.38 | 85.57 |
| 離地時，重心運動方 向(CG.V)(°) | 57.62 | 64.43 | 59.01 | 53.36 | 51.35 |
| (CG.P)-(CG.V) (°) | 28.98 | 25.82 | 27.05 | 32.02 | 34.22 |
| 起跳動作時間(sec) | 0.133 | 0.133 | 0.133 | 0.133 | 0.133 |
| 重心最高點(Y 軸向) (cm)(H) | 214.00 | 211.70 | 212.60 | 214.00 | 213.90 |
| 重心最高點與橫竿 水平距離(B) (cm) | -6.99 | 1.39 | -19.95 | -14.82 | 1.81 |
| 起跳點與重心最高 點，在 YZ 平面上的 水平距離(A-B)(cm) | -104.51 | -105.89 | -90.75 | -103.18 | -121.91 |
| (H)/(AB) | -2.05 | -2.00 | -2.34 | -2.07 | -1.75 |
| 身體與橫竿接觸位 置 | 無 | 無 | 下降時大 腿 | 過竿時大 腿下壓 | |

表三、五次試跳速度運動參數

| | 205cm (成功) | 211cm (成功) | 216-01cm (失敗) | 216-02cm (失敗) | 216-03cm (失敗) |
|--------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 重心最高點(Y 軸向) (H)(cm) | 214.0 | 211.7 | 212.6 | 214.0 | 213.9 |
| 起跳前合速度(cm/sec) | 760.8 | 757.5 | 711.4 | 723.8 | 752.5 |
| 起跳後合速度(cm/sec) | 650.7 | 623 | 598.4 | 631.3 | 621.8 |
| 合速度差異(cm/sec) | 110.1 | 134.5 | 113 | 92.5 | 130.7 |
| 損失率(%) | 14.5% | 17.8% | 15.9% | 12.8% | 17.4% |
| 起跳前垂直速度 (cm/sec) | 30.3 | 31.5 | 52.4 | 17.3 | 81.6 |
| 起跳後垂直速度 (cm/sec) | 397.2 | 400.9 | 390.7 | 404.5 | 373.5 |

| | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 垂直速度差異(cm/sec) | 366.9 | 369.4 | 338.3 | 387.2 | 291.9 |
| 垂直速度提升率(%)(垂直速度差)/(起跳後垂直速度) | 92.4% | 92.1% | 86.6% | 95.7% | 78.2% |
| 起跳動作時間(sec) | 0.133 | 0.133 | 0.133 | 0.133 | 0.133 |
| 腳觸地至腳離地時間 | | | | | |
| 速率轉換時間(sec) | | | | | |
| 起跳前最高速度至起跳後最高速度 | 0.200 | 0.200 | 0.150 | 0.183 | 0.183 |

表四、五次試跳擺臂運動參數

| | 205cm (成功) | 211cm (成功) | 216-01cm (失敗) | 216-02cm (失敗) | 216-03cm (失敗) |
|----------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 左上臂平均擺臂速率(°/sec) | 69.50 | 129.72 | 121.49 | 78.25 | 103.38 |
| 左上臂最大擺臂速率(°/sec) | 220.11 | 223.36 | 62.68 | 99.28 | 337.14 |
| 左上臂擺臂速率差(°/sec) | 150.61 | 93.64 | -58.81 | 21.04 | 233.76 |
| 右上臂平均擺臂速率(°/sec) | 371.62 | 488.61 | 490.49 | 407.56 | 427.20 |
| 右上臂最大擺臂速率(°/sec) | 347.43 | 435.55 | 447.86 | 319.35 | 535.70 |
| 右上臂擺臂速率差(°/sec) | -24.19 | -53.06 | -42.63 | -88.21 | 108.50 |
| 右膝垂直平均抬膝速率(cm/sec) | 525.00 | 507.08 | 509.33 | 506.74 | 491.57 |
| 右膝垂直最大抬膝速率(cm/sec) | 408.03 | 400.41 | 446.63 | 391.05 | 461.41 |
| 右膝垂直兩者抬膝速率差(cm/sec) | -116.97 | -106.67 | -62.70 | -115.68 | -30.15 |
| 右膝平均移動速率(cm/sec) | 728.45 | 765.60 | 783.42 | 826.08 | 824.27 |
| 右膝最大移動速率(cm/sec) | 737.10 | 775.44 | 834.93 | 840.17 | 681.22 |
| 右膝總位移兩者抬膝速率差(cm/sec) | 8.65 | 9.84 | 51.51 | 14.09 | -143.05 |

四、結論與建議

起跳腳離地時身體重心與地面夾角、及重心運動方向兩個角度的角度差，會影響到起跳後的重心最高點的高度，起跳點遠近關係人體重心的飛程軌跡，對跳高成績會有直接的影響，以現任跳高紀錄保持者當天最佳的起跳位置約在距離橫竿 103cm 至 104cm 位置。

起跳時身體運動方向的高低，直接影響選手起跳後動作的發展，起跳角較大時選手需使用較多力量在自身弓身動作上而影響飛程；起跳角較小時選手起跳高度自然不足，且需要加遠起跳點位置，以滿足水平位移。觀察現任跳高紀錄保持者五次試跳，發現其合理的水平位移應在 105cm 較能穩定發揮。選手應控制起跳前後合速度的速度損失率應儘量為持在固定的比例。現任跳高紀錄保持者在兩次重心高度達到 214cm 時，其速度損失率為五次內最低，可得知速度損失會直接對跳高表現產生影響。轉換垂直速度時，選手應以維持在最大能控制速度之下，才不會影響到動力轉換與技術的發揮。動作應以流暢發揮為原則，掌握適當節奏才可能將速度作最佳的轉換，選手專項速度的能力是直接影響成績的表現。

跳高運動中並非單求手臂所作功的多寡，而是將手臂所產生的動量轉移至身體上，使身體受手臂的影響而增加垂直的動力。有效將水平動力轉換為垂直動力，起跳時前導腳應配合上肢上擺的動作產生更大的動力帶動身體重心向上。

建議曹選手找出自己能控制的最高助跑速度（能完成起跳並能將水平速度充分轉變為垂直速度之最高助跑速度）。最後可加強訓練助跑起跳、身體騰空而不過竿的動作，面對橫竿高度置於 2 公尺 30 公分以上的高度或面向足球門，練習助跑起跳身體騰空的感覺，另一方面也可以適應橫竿的視覺高度。起跳時雙手以擺振方式，可將手臂的動能轉移至身體上（擺臂時雙手快速上擺至水平位置做瞬間急停動作，讓手臂擺振的力量轉移至身體上，雙臂再順勢上舉。）

五、參考文獻

- 許樹淵(1982)：跳高。田徑教學法，151-169 頁。
- 林聰哲、李政道(2005)：背向式跳高起跳階段的肢體擺動作用。大專體育，81 期，210-214 頁。
- 閻之樸(2003)：跳高運動員尹學利起跳技術的三維運動學分析。山東體育學院學報，06 期。
- 杜香當(2006)：對背越式跳高弧線助跑技術的研究。太原師範學院學報(自然科學版)，02 期。
- 穆峰、劉正武(2006)：背越式跳高速度之研究。渭南師範學院學報，02 期。
- 孫泊、閻之樸、趙美魯、郭力(2006)：背越式跳高起跳技術分析。聊城大學學報(自然科學版)，03 期。

六、誌謝

本研究承蒙曹志豪選手鼎力支援，謹此致謝。