

第肆章 結果

本章節包括：第一節七位受試者之基本資料及測驗成績；第二節七位受試者三種跑法同一點速度之比較；第三節七位受試者之質心速度變化情形與步伐關係；第四節七位受試者三種跑法前五步的步幅、步頻之變化情形。

第一節 七位受試者之基本資料及測驗成績

透過 Kwon3D 軟體，我們將由三台攝影機所拍攝到的起跑影片進行處理。17 個關節點經過轉換，可以得到二度空間的關節點資料，並取得在起跑衝刺過程中各項運動學參數的變化情形。選手在三種跑法中各跑三次，我們取成績最好的那次來分析，並進行各項參數比較。

實驗過程中，受試者在測試前只有接受自己原習慣步數的練習，測試當天經由口頭指令，在步數上做調整，用肉眼偵測其步數上的差異。探討每位受試者在受試過程中瞬間質心速度、步頻、步幅在每次試跑中的差異以及變化情形。以下為七位受試者的基本資料：

表 4-1-1 七位受試者之基本資料

| | 年齡 (歲) | 身高 (公分) | 體重 (公斤) | 軀幹長 (公分) | 大腿長 (公分) | 小腿長 (公分) | 足長 (公分) | 訓練 年數 |
|----------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------|
| A | 14 | 164 | 61 | 46 | 48 | 39 | 28 | 10 |
| B | 15 | 165 | 58 | 44 | 48 | 39 | 26 | 5 |
| C | 11 | 152 | 42 | 41 | 40 | 38 | 25 | 5 |
| D | 15 | 154 | 52 | 43 | 43 | 38 | 24 | 9 |
| E | 13 | 158 | 49 | 40 | 46 | 38 | 24 | 9 |
| F | 12 | 149 | 43 | 38 | 43 | 34 | 24 | 3 |
| G | 12 | 147 | 40 | 37 | 42 | 34 | 23 | 6 |

七位受試者在每種跑法中各跑三次，選取最快那次來分析，表 4-1-2 為受試者完整起跑 22.67 公尺之自己最好的測驗成績：

表 4-1-2 受試者測驗成績 單位：秒數 測量距離：22.67 公尺

| 受試者 \ 跑法 | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-------------|-------|-------|-------|
| A(6) | 3.19 | *3.15 | 3.33 |
| B(8) | 3.32 | *3.26 | 3.29 |
| C(4) | *3.78 | 4.00 | 3.90 |
| D(4) | 3.87 | 3.85 | *3.73 |
| E(6) | 3.62 | *3.50 | 3.70 |
| F(4) | 4.16 | *4.06 | 4.18 |
| G(6) | *4.12 | 4.20 | 4.21 |

*表示同一受試者三種跑法中最快者；括號中數字代表受試者原習慣起跑步數

由結果中，我們得知七位受試者中，有四位是在加兩步的跑法中速度

最快；有兩位是在正常步數跑法中，速度最快。

第二節 七位受試者三種跑法同一點速度之比較

除了比較整段(22.67 公尺)的時間，我們將起跑距離再細分成三段，分別為第一台攝影機拍攝末(起跑全長的三分之一：7.55 公尺)；第二台攝影機拍攝末(起跑全長三分之二：15.11 公尺)；以及第三台攝影機拍攝末(整段起跑：22.67 公尺)。因為前兩段包含了受試者由跑轉滑的重要關鍵過程，我們分別列出受試者跑過各階段的時間以及通過三分之一處的瞬間質心速度，來做比較。期望可以在更細微的觀察中，發現影響起跑速度的關鍵因素。

表 4-2-1 受試者跑過三分之一處的時間

單位：秒數 測量距離：7.55 公尺

| 受試者 \ 跑法 | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|----------|------|-------|-------|
| A | 1.45 | *1.42 | 1.45 |
| B | 1.59 | *1.40 | 1.63 |
| C | 1.91 | *1.68 | 1.81 |
| D | 1.99 | *1.82 | 1.82 |
| E | 1.73 | *1.63 | 1.76 |
| F | 1.97 | *1.75 | 1.79 |
| G | 1.80 | 1.81 | *1.76 |

*表示同一受試者三種跑法中所花時間最短者

由上列受試者跑過前三分之一距離的時間數據中，A、B、C、D、E、F 受試者在加兩步的起跑步數時，其所花時間為最短；G 受試者在減兩步的起跑步數時，其所花時間為最短。

接下來，我們要看的是受試者通過前三分之二時所花費的時間。

表 4-2-2 受試者跑過三分之二處的時間

單位：秒數 測量距離：15.11 公尺

| 跑法 受試者 | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----------|-------|-------|-------|
| A | 2.38 | *2.33 | 2.38 |
| B | 2.63 | *2.38 | 2.63 |
| C | 3.03 | *2.85 | 3.00 |
| D | 3.23 | *3.01 | *3.01 |
| E | 2.83 | *2.78 | 2.93 |
| F | 3.05 | *3.04 | 3.11 |
| G | *2.96 | 3.02 | 3.04 |

*表示同一受試者三種跑法中所花時間最短者

受試者在通過起跑前三分之二處的時間顯示：A、B、C、D、E、F 受試者在加兩步的起跑步數時，其所花時間為最短；G 受試者在正常起跑步數時，其所花時間為最短；D 受試者在減兩步的起跑步數時，其所花時間也是最短。

根據上面前兩條標準線：(1)受試者跑過三分之一處(2)受試者跑過三分之二處，我們發現，加兩步的跑法在七位受試者中有六位通過三分之一與三分之二處時皆是最快的。

因為前三分之一包含了受試者由跑轉滑的關鍵，為了了解受試者在三

種不同步數跑法下由跑轉滑的原因，我們再將受試者通過前三分之一處的瞬間質心速度拿來做比較。

表 4-2-3 受試者跑過三分之一處的瞬間質心速度

單位：公尺/秒 測量距離：7.55 公尺

| 受試者 \ 跑法 | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|----------|-------|-------|-------|
| A | 7.40 | *7.61 | 7.34 |
| B | 7.22 | *7.35 | 7.28 |
| C | 6.05 | 6.05 | *6.48 |
| D | 6.00 | *6.35 | 6.20 |
| E | 6.04 | *6.67 | 6.19 |
| F | 5.92 | *6.23 | *6.23 |
| G | *5.79 | 5.54 | 5.58 |

*表示同一受試者三種跑法中最快者

在起跑前三分之一的過程中，我們發現：A、B、D、E、F 受試者在加兩步的起跑步數時，其通過前三分之一的瞬間質心速度為最快。G 受試者在正常步數時，其通過前三分之一的瞬間速度為最快。C 受試者在減兩步的起跑步數時，其通過前三分之一的瞬間速度為最快。

表 4-2-3 結果顯示：七位受試者中有五位在通過前三分之一時也是加兩步的跑法最快，也就是說，步數的差異，會讓起跑的速度有所不同。

為了了解步數的差異影響起跑速度到底有多大，我們將每位受試者通過三條標準線的時間以及通過第一條標準線的瞬間速度，以單因子變異數

做分析，看每位受試者在三種跑法中，在速度上有無達到顯著差異。結果

如下表 4-2-4：

表 4-2-4 受試者通過三條線的時間以及通過第一條標準線的瞬間速度之單

因子變異數分析結果

ANOVA

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| time1 | Between Groups | .062 | 2 | .031 | 1.043 | .373 |
| | Within Groups | .534 | 18 | .030 | | |
| | Total | .596 | 20 | | | |
| time2 | Between Groups | .045 | 2 | .023 | .275 | .763 |
| | Within Groups | 1.477 | 18 | .082 | | |
| | Total | 1.522 | 20 | | | |
| time3 | Between Groups | .009 | 2 | .004 | .029 | .971 |
| | Within Groups | 2.665 | 18 | .148 | | |
| | Total | 2.674 | 20 | | | |
| velocity1 | Between Groups | .139 | 2 | .070 | .152 | .860 |
| | Within Groups | 8.271 | 18 | .459 | | |
| | Total | 8.410 | 20 | | | |

統計結果顯示：四項變數皆沒有達到顯著差異($p < 0.05$)，因此我們後續，依照每位受試者在三種跑法中，質心速度的變化曲線對照步伐的變化作描述性統計。

第三節 七位受試者之質心速度變化情形與步伐關係

本節主要探討七位受試者起跑前 15.11 公尺質心速度與步伐之間的變化關係。依照每位受試者接受不同步數的三種跑法，用 JVC9800 攝影機以每秒 120 張的頻率拍攝，接著從 Kwon3D 裡得到每位受試者在起跑過程中，各點質心速度的曲線變化圖。以下分別對七位受試者各別描述三種跑法其質心速度的差異。

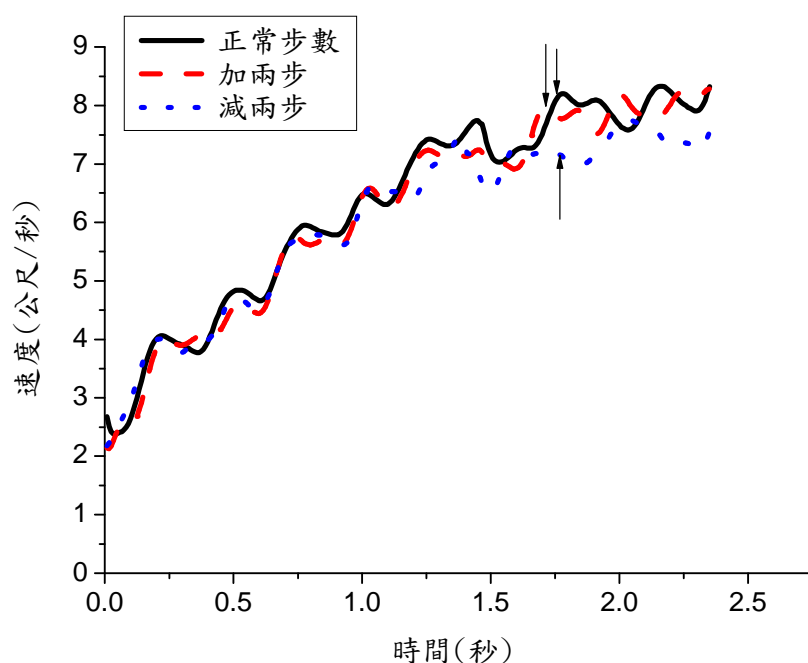


圖 4-3-1 A 三種跑法之質心速度變化圖 (箭號代表全程三分之一處)

圖 4-3-1 為 A 受試者三種跑法的質心速度曲線圖，A 受試者為七位受試者中成績最好的選手。上圖中我們可依斜率分成前半段與後半段，前半段質心速度的斜率較大，代表速度上升較快；而後半段速度仍持續上升，只是斜率較小，速度上升趨緩。對應斜率變化的地方，剛好是受試者由跑

轉滑之處，也就是說，質心速度漸趨穩定時，受試者所採用的跑法是用滑的方式。

A 受試者在正常步數跑法中，曲線上升最規則，呈現階梯型，對應其步伐，明顯發現左右腳的換腳頻率呈現近乎一致，而加兩步及減兩步的跑法就無此一致性，然而，對應其所花的時間，正常步數跑法並不是最快的一次，代表有其他因素影響速度，下一節中我們將繼續探討步幅、步頻。

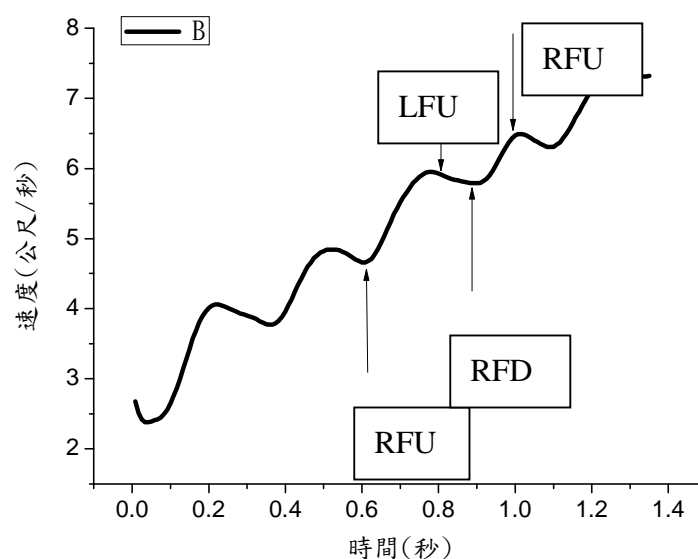


圖 4-3-2 A 受試者正常步數跑法滑行前質心速度變化圖

(RFU：右腳離地；LFD：左腳著地；LFU：左腳離地；RFD：右腳著地)

我們利用 A 受試者來當範例，可以看到一次起跑的加速過程是呈現波浪狀，這樣的起速方式代表的意義在討論時再進一步說明。

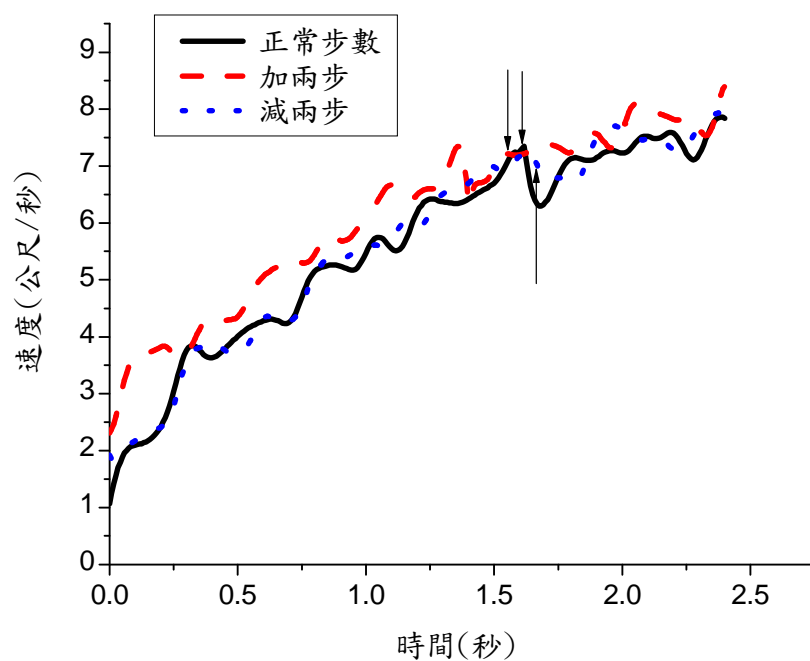


圖 4-3-3 B 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

圖 4-3-2 為 B 受試者三種跑法的質心速度曲線圖，B 受試者是屬於短跑型的選手。三個圖中結果顯示如同 A 受試者，質心速度斜率在後半段之後趨緩，顯示受試者由跑轉滑後，速度趨於穩定。

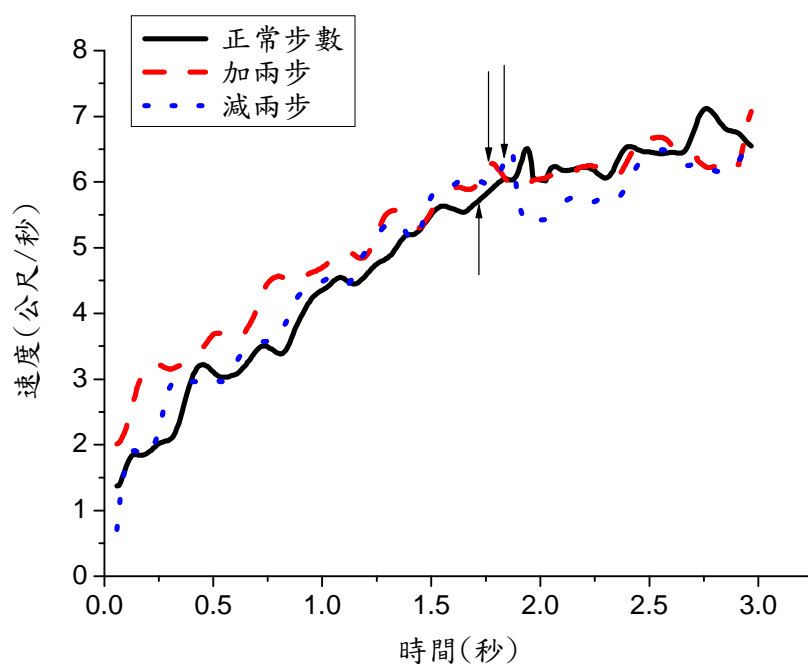


圖 4-3-4 C 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

C 受試者的年紀最小，專攻短距離比賽。質心速度的曲線比較不規則，但仍是可以看出他前半段以及後半段的斜率有明顯變化。在減兩步跑法的圖形有一個地方速度明顯向下掉，對應攝影機應是第二台攝影機剛開始拍攝的地方，所以應該存有誤差。

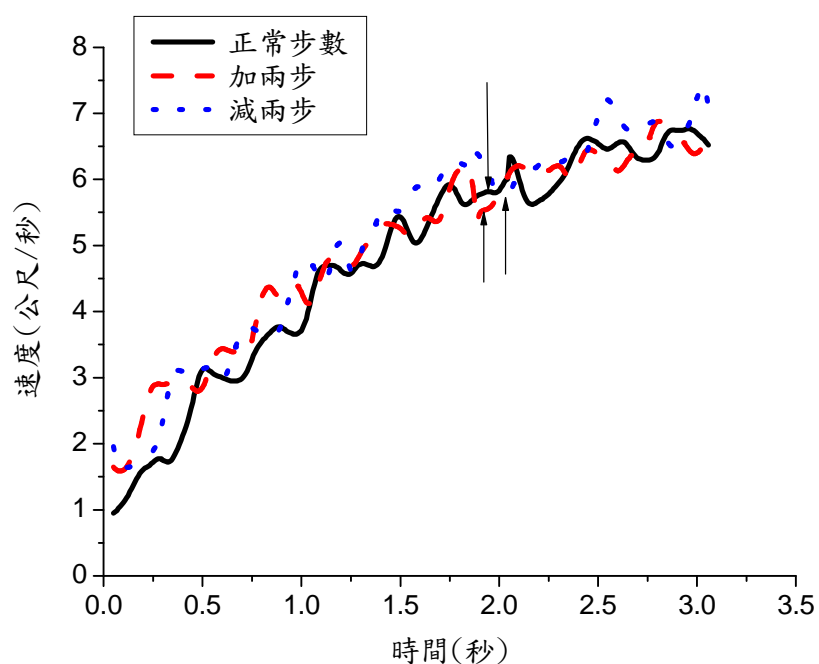


圖 4-3-5 D 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

D 受試者是七位受試者間練習年數最長者，但是三個圖比較，相似度並不高，起速看來也不是太規則，沒有像 A 受試者一樣有一定的節奏可循，此外，若是以跑完三分之二後的速度來看，似乎表現還有改善的空間。

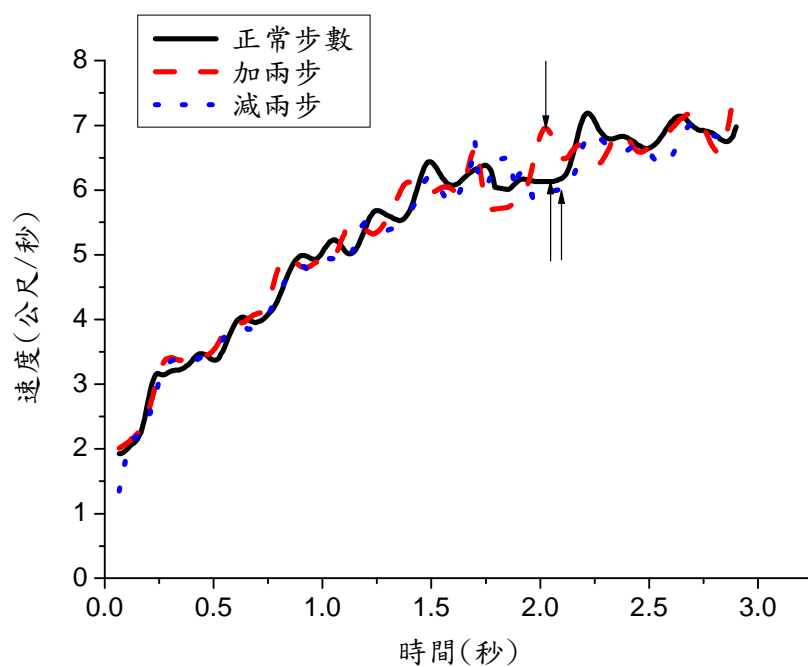


圖 4-3-6 E 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

E 受試者是比較傾向長跑型的選手，在國內國中組女生排名前三。在加兩步的跑法中，加速期斜率較大，起跑第一步質心速度上升較多，對照衝過前三分之一時的瞬間質心速度為三次中最快者。

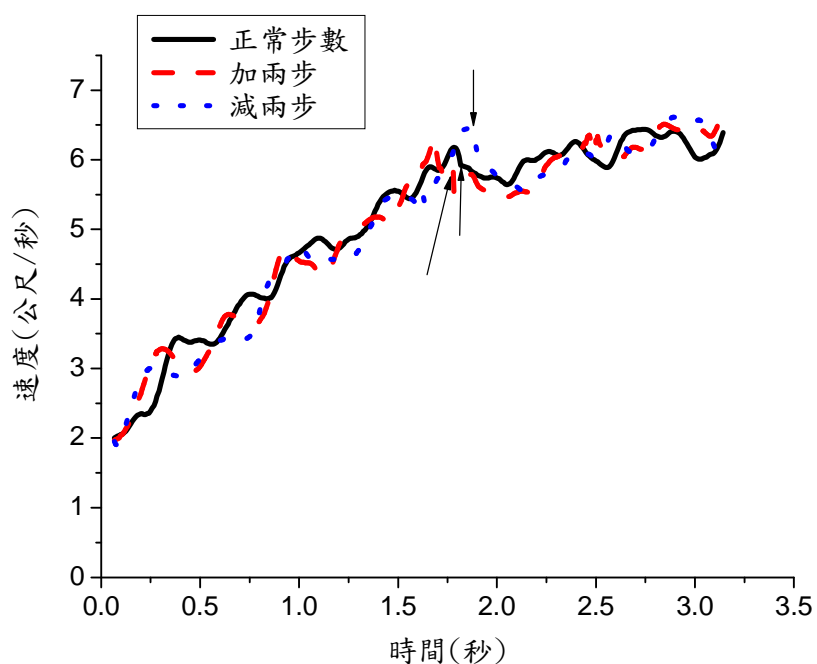


圖 4-3-7 F 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

F 受試者訓練年數最短，三次試跑中在跑的加速階段其斜率較小，顯示速度上升緩慢，雖然大致上可以看出由跑轉滑造成的速度變化，但是左右腳在起速上的表現有不同。拿 F 與 D 受試者比較，發現 F 受試者在前三分之一所花費的時間與 D 差異不大，但滑至前三分至二後，F 受試者花費的時間明顯比 D 來的長。

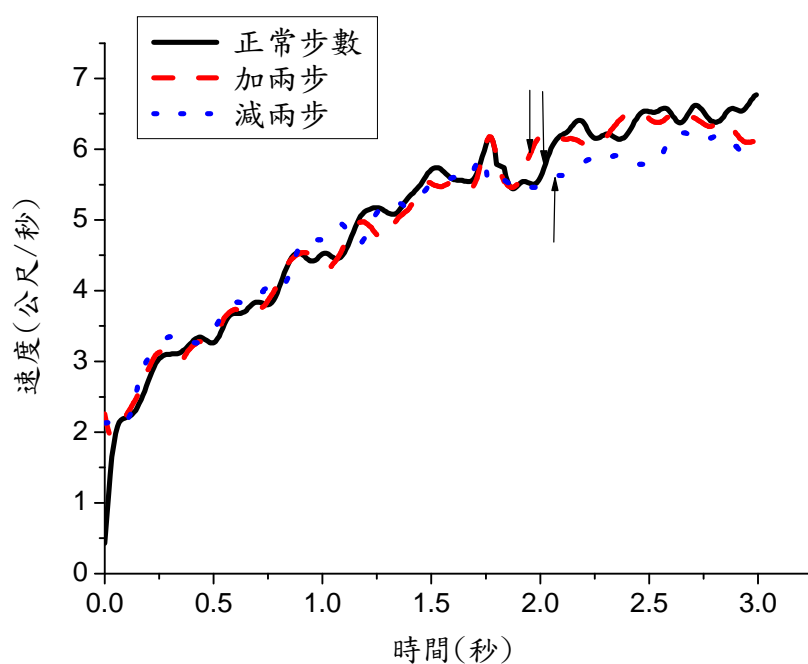


圖 4-3-8 G 三種跑法之質心速度變化圖(箭號代表全程三分之一處)

G 受試者是最瘦小的受試者，三次試跑至滑行期時，曲線到後半段幾乎都沒再上升。不過與 F 比較，G 受試者加速期與滑行期在速度上的差異較明顯。

第四節 七位受試者三種跑法前五步的步幅、步頻之變化情形

本節主要探討七位受試者在接受三種不同跑法的起跑中，前五步的步幅、步頻變化情形。從 Kwon 3D 軟體直接轉換七位受試者雙腳腳尖的座標軸資料，算出步幅、步頻的數據如下表：

表 4-4-1 A 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 1.07 | 0.89 | 1.04 |
| 第二步 | 1.13 | 1.07 | 1.18 |
| 第三步 | 1.39 | 1.45 | 1.49 |
| 第四步 | 1.57 | 1.49 | 1.79 |
| 第五步 | 1.88 | 1.64 | 1.89 |
| 平均 | 1.408 | 1.308 | 1.478 |

從表 4-4-1 我們發現無論哪一種跑法，步幅皆呈現逐漸增大的趨勢。但以平均來說，三種跑法比較，加兩步的跑法步幅最小，而減兩步的跑法步幅最大。

表 4-4-2 B 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|------|-------|-------|
| 第一步 | 1 | 0.9 | 0.96 |
| 第二步 | 0.86 | 0.96 | 0.99 |
| 第三步 | 1.3 | 1.28 | 1.35 |
| 第四步 | 1.36 | 1.35 | 1.38 |
| 第五步 | 1.33 | 1.5 | 1.84 |
| 平均 | 1.17 | 1.198 | 1.304 |

B 受試者在加兩步及減兩步的跑法中，步幅皆呈現逐漸增加的趨勢，而在正常步數跑法中，卻無此趨勢。減兩步的平均步幅最大，為 1.304 公尺。

表 4-4-3 C 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|------|-------|
| 第一步 | 0.62 | 0.78 | 0.82 |
| 第二步 | 0.83 | 0.96 | 1.03 |
| 第三步 | 1.07 | 1.22 | 1.28 |
| 第四步 | 1.19 | 1.21 | 1.34 |
| 第五步 | 1.35 | 1.48 | 1.81 |
| 平均 | 1.012 | 1.13 | 1.256 |

C 受試者在正常、減兩步的跑法中，步幅皆呈現逐漸增加的趨勢，減兩步的平均步幅最大，為 1.256 公尺。

表 4-4-4 D 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 0.85 | 0.86 | 0.69 |
| 第二步 | 0.8 | 0.77 | 1.67 |
| 第三步 | 1.38 | 1.29 | 1.38 |
| 第四步 | 1.6 | 1.35 | 1.56 |
| 第五步 | 2.06 | 1.7 | 2.22 |
| 平均 | 1.338 | 1.194 | 1.504 |

D 受試者在三種跑法中，第一步的步幅皆比第二步來的大，但以平均步幅而言，加兩步的跑法步幅最小，而減兩步的跑法步幅最大。

表 4-4-5 E 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 0.93 | 0.82 | 0.74 |
| 第二步 | 1.12 | 1 | 1.15 |
| 第三步 | 1.17 | 1.24 | 1.2 |
| 第四步 | 1.74 | 1.47 | 1.73 |
| 第五步 | 1.8 | 1.91 | 1.84 |
| 平均 | 1.352 | 1.288 | 1.476 |

從表 4-4-5 顯示哪一種跑法，步幅皆呈現逐漸增大的趨勢。但以平均來說，三種跑法比較，加兩步的跑法步幅最小，而減兩步的跑法步幅最大，此結果與 A 受試者相同。

表 4-4-6 F 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 0.75 | 0.86 | 0.82 |
| 第二步 | 1.23 | 1.06 | 1.2 |
| 第三步 | 1.4 | 1.34 | 1.51 |
| 第四步 | 1.48 | 1.45 | 1.91 |
| 第五步 | 1.5 | 1.6 | 2 |
| 平均 | 1.272 | 1.262 | 1.488 |

從表 4-4-6 顯示無論哪一種跑法，步幅皆呈現逐漸增大的趨勢。但以平均來說，三種跑法比較，加兩步的跑法步幅最小，而減兩步的跑法步幅最大，此結果與 A、E 受試者相同。

表 4-4-7 G 受試者前五步步幅變化情形 單位：公尺/步

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|------|
| 第一步 | 0.56 | 0.54 | 0.72 |
| 第二步 | 1.72 | 1.11 | 1.3 |
| 第三步 | 1.32 | 1.26 | 1.5 |
| 第四步 | 1.44 | 1.41 | 1.83 |
| 第五步 | 1.73 | 1.57 | 1.9 |
| 平均 | 1.354 | 1.178 | 1.45 |

G 受試者在加兩步及減兩步的跑法中，步幅皆呈現逐漸增加的趨勢，而在正常步數跑法中，卻無此趨勢。但以平均來說，三種跑法比較，加兩步的跑法步幅最小，而減兩步的跑法步幅最大，此結果與 A、E、F 受試者相同。

整體來說，七位受試者前五步步幅皆呈現逐漸增加的趨勢，而三種跑法比較，加兩步的跑法步幅較小，減兩步的跑法步幅較大。

接下來，我們來比較七位受試者三種跑法中，步頻的變化情形。

表 4-4-8 A 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|------|
| 第一步 | 3.33 | 3.42 | 3.24 |
| 第二步 | 3.25 | 3.64 | 3.08 |
| 第三步 | 3.76 | 3.64 | 3.25 |
| 第四步 | 3.76 | 3.64 | 3.15 |
| 第五步 | 3.53 | 3.88 | 3.33 |
| 平均 | 3.526 | 3.644 | 3.21 |

由表 4-4-8，A 受試者在加兩步的跑法中步頻最快，減兩步的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

表 4-4-9 B 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|------|-------|
| 第一步 | 3.25 | 4.63 | 3.33 |
| 第二步 | 3.75 | 3.76 | 3.64 |
| 第三步 | 3.75 | 3.75 | 3.64 |
| 第四步 | 4 | 3.88 | 3.88 |
| 第五步 | 4.13 | 3.53 | 3.33 |
| 平均 | 3.776 | 3.91 | 3.564 |

由表 4-4-9，B 受試者在加兩步的跑法中步頻最快，減兩步的跑法中步頻最慢。而在正常跑法中，前五步的步頻呈現增加的趨勢。

表 4-4-10 C 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 2.79 | 4 | 2.86 |
| 第二步 | 3.75 | 3.33 | 3.15 |
| 第三步 | 3.76 | 3.44 | 3.25 |
| 第四步 | 3.64 | 3.64 | 3.42 |
| 第五步 | 3.88 | 3.33 | 2.86 |
| 平均 | 3.564 | 3.548 | 3.108 |

由表 4-4-10，C 受試者在正常的跑法中步頻最快，減兩步的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

表 4-4-11 D 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 3.15 | 2.86 | 3.21 |
| 第二步 | 3.53 | 3.33 | 3.53 |
| 第三步 | 3.86 | 3.42 | 3.15 |
| 第四步 | 3.24 | 3.53 | 3.42 |
| 第五步 | 2.86 | 3.08 | 3.42 |
| 平均 | 3.328 | 3.244 | 3.346 |

由表 4-4-11，D 受試者與前三位受試者比較不同，在減兩步的跑法中步頻最快，加兩步的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

表 4-4-12 E 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 3.25 | 3.15 | 3.64 |
| 第二步 | 3 | 3.44 | 3.52 |
| 第三步 | 3.75 | 3.76 | 3.64 |
| 第四步 | 3.25 | 3.64 | 3.33 |
| 第五步 | 3.33 | 3.53 | 3.16 |
| 平均 | 3.316 | 3.504 | 3.458 |

由表 4-4-12，E 受試者在加兩步的跑法中步頻最快，正常步數的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

表 4-4-13 F 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|------|-------|------|
| 第一步 | 3.53 | 2.86 | 3.53 |
| 第二步 | 3.42 | 3 | 3.53 |
| 第三步 | 2.86 | 3.64 | 3.64 |
| 第四步 | 3.64 | 3.25 | 2.79 |
| 第五步 | 3.75 | 3.44 | 2.86 |
| 平均 | 3.44 | 3.238 | 3.27 |

由表 4-4-13，F 受試者在正常步數的跑法中步頻最快，加兩步的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

表 4-4-14 G 受試者前五步步頻變化情形 單位：步/秒

| | 正常步數 | 加兩步 | 減兩步 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一步 | 3.75 | 3.25 | 3.25 |
| 第二步 | 3.42 | 3.44 | 2.93 |
| 第三步 | 3.08 | 3.33 | 3.42 |
| 第四步 | 3.64 | 3.15 | 3.08 |
| 第五步 | 3.33 | 3.15 | 3.08 |
| 平均 | 3.444 | 3.264 | 3.152 |

由表 4-4-14，G 受試者在正常步數的跑法中步頻最快，減兩步的跑法中步頻最慢。而在同一種跑法中，前五步的步頻沒有呈現一定的趨勢。

整體而言，七位受試者在平均步頻的變化上，有三位是在加兩步的跑法平均步頻呈現最快，有三位是在正常跑法中平均步頻最快，僅一位受試者在減兩步的跑法中平均步頻最快。至於前五步的步頻差異，就無一定的趨勢可循。