

溫濕指數與台北國道馬拉松全馬賽事路跑成績之關聯研究 -以 2010 年和 2011 年為例

徐天佑¹ 何台華² 辛麗華³ 鍾涓涓⁴
台北城市科技大學通識教育中心¹
龍華科技大學通識教育中心²
龍華科技大學觀光休閒系³
南開大學法學院博士班⁴

摘 要

由於馬拉松路跑是在戶外舉辦，天氣狀況直接影響參賽者成績，如能將天氣因素應用在馬拉松路跑賽事是一值得探討的研究議題。因此本文係結合天氣與運動的跨領域研究，且以 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松兩場次全馬(42km)賽事的量化溫濕指數分析天氣現象與選手成績的相關，研究顯示此兩場馬拉松路跑在上午六點起跑後兩小時，即 7~8 時左右 DI 指數呈現交叉現象。因 DI 指數的計算結合溫度與濕度，代表對人體體感舒適度，結果發現 2010 年與 2011 年兩年不同的 DI 指數變化趨勢，對參加劇烈運動的選手成績差異甚大，也影響體能的發揮。極端天氣下的國際馬拉松賽事以 2019 年 9 月 28 日杜哈田徑世錦賽女子長距離賽跑為代表，由於比賽當日的 DI 指數已達酷熱(易中暑，DI>29.5)的標準，對參賽選手的健康和身心均造成危害性，致使比賽當天 28 位選手無法完賽中途退出。

進一步比較 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松全馬賽事(42km)路跑的溫濕指數差異對參賽選手成績的良窳，顯示這兩年都參賽的男選手(479 位)、女選手(16 位)在不同 DI 指數、長時間劇烈運動下，體能表現出大轉折，尤其在高 DI 指數情況下，男女選手個人成績大受影響，以致完賽時間拖延。至於此二場次男選手(2010 年 1222 人完賽，2011 年 1145 名過關)、女選手(2010 年 51 人完賽，2011 年 56 名過關)的全部團體成績也受天氣影響而出現交叉轉折，當溫濕指數升高後，選手成績也呈現變化，顯示以溫濕指數衡量天氣現象對人體劇烈運動的影響是可用的參考指標。

關鍵字：台北國道馬拉松賽事、溫濕指數。

一、緒論

台灣地區因國民健康認知的增加，從事運動休閒的人口逐漸攀升，教育部體育署(2018)公布民國 107 年運動現況調查成果，參與運動人口比例為 83.1%，尤其規律運動人口比例則創新高，達 33.5%，顯示國人越來越重視平日的生活健康與休閒活動。許多研究已經陸續發現與探討，參與休閒活動可以為個人或社會帶來多方面的好處，王俊雄 (1995)並運用有系統的模式，藉以促進了解參與休閒活動以及為個人所帶來的利益。現今運動休閒已經融入大部分民眾的日常生活，觀光旅遊也成為現代人生活的一部分，運動與觀光之間的關連性甚大，也期待好天氣配合。登名山、遊大湖，參觀風景名勝，觀光旅遊兼運動健身，近則在國內，遠則長途跋涉國外，尤其參加世界各地馬拉松路跑的參賽者，都順便安排當地的觀光旅遊，或附帶規劃較完整的旅遊行程。根據《運動產業發展條例》所制訂運動產業的經營及條款，其章程所規範相關的運動旅遊業是指：「經營提供消費者參與運動、觀賞運動賽會、參訪運動設施或景點及其他以運動為主要旅遊觀光服務，而依法登記之旅行業。」已經明示運動旅遊業乃包含運動賽事及觀光產業，並將運動與觀光旅遊結合經營者，現今成為運動觀光及運動休閒的新思潮。然而天氣現象經常影響觀光旅遊的行程以及運動會賽的舉辦與進行，因此本文則再結合馬拉松路

跑競賽與天氣現象的相關，做更進一步的探討。

二、研究資料與使用方法

1. 資料檢查校訂

所使用資料先經過校訂：1、中央氣象局所發布的官網資料發布前已經過校訂，可直接使用，2、路跑協會的官網資料，經過再比對檢查，其中跑者姓名登錄不全者，如(XX?)姓名中有一字不全者，路跑背號條碼以及姓名重複者，則刪除不予使用。

2. 數據處理方式

資料獲取分別由：1、中央氣象局天氣資料庫，2、中華民國路跑協會官網資料庫下載後，再利用 EXCELL 軟體處理、運算及製圖。

3. 溫濕指數

本文藉由 Thom (1959)定義的不舒適指數或溫濕指數(Discomfort Index, 簡稱(DI)來量化氣溫和濕度對應人體體感舒適度的比較，計算公式如下：

$$DI = T - 0.55(1 - 0.01RH)(T - 14.5) \quad (1)$$

其中 DI：溫濕指數，T：溫度 (°C)，RH：相對溼度 (%)。

人體感受天氣的效應，有兩項重要的因素：溫度與濕度，尤其影響運動員的耐力及成績表現。氣象觀測通常將溫度與濕度分開量測與計算，而 DI 指數特性是將溫度與濕度融合而以一個數值代表，比較方便判斷，本文結合 DI 指數估計有關人體體感舒

適度，並探討 DI 指數與馬拉松選手路跑體能與速限的關聯性，以及分析研判天氣對選手路跑成績的影響。

4.路跑成績分析

馬拉松路跑男女選手皆有，兩者體能與速度有差異，因此本研究分開男女兩部分，分別探討台北國道馬拉松路跑成績與 DI 指數的相關性。

三、研究結果

1.天氣現象與路跑選手成績的關聯

天氣現象影響人體生理變化，因此主辦單位舉辦馬拉松路跑不僅考量路跑景觀，也盡量選擇較適當的天候實施，台灣地區的開跑時間通常也都選在清晨 6 時起跑，避免日曬影響選手體力，以利選手可以輕鬆跑，創造好成績。選擇何時何日舉辦，可以人為控制，但比賽當日天氣現象卻無法選擇，賽會不能因天氣現象而姿意更改，而比賽當日的氣溫、相對濕度不僅對選手的體力負荷是項大考驗，對選手成績影響更大，本研究分別以 1.國際馬拉松賽事在極端天氣對參賽選手表現的影響，2.台北國道馬拉松全馬(42.195 公里)賽事在不同天氣條件下男女選手成績的表現，驗證天氣現象對選手成績的影響程度。

2.國際馬拉松賽事選手表現實例

2019 年 9 月 27 日~10 月 6 日世界田徑錦標賽於卡達杜哈舉行，其中女子馬拉松賽事在 2019 年 9 月 28 日凌晨開跑，當時氣溫仍高達攝氏 32 度，68 名選手有 28 人中途退賽，賽後批評聲浪四起。此次女子賽事獲得第一名的肯亞選手 Ruth Chepngetich 之完賽時間為 152.72 分鐘(2:32:43)，比她在同一年參加杜拜馬拉松賽事的成績足足多出 15 分 35 秒(2:17:08)。比賽後她表示今天不僅要跟參賽者競爭速度，更要跟酷暑天氣比賽耐力，相當辛苦。

天氣溫溼度影響人體的體能與耐力，人體的舒適度由上述(1)式的溫濕指數公式，據以估計有關人體體感舒適度。表 1 為 Thom(1959)所提出的人體體感舒適度與溫濕指數的相關對照表。

3.台北國道馬拉松賽事在不同天氣條件下選手的表現 (2010 vs 2011)

圖 1 根據中央氣象局台北測站 30 年(1981-2010 年)1~12 月之月平均溫度與濕度資料計算所得的 1~12 月月平均溫濕指數，其中縱座標為 DI 值、橫座標為月分。圖中顯示台北地區月平均溫濕指數分布在 15.9~27.4 之間，參考表 1 可以得知人體體感舒適度是跨越「舒適」、「稍熱」、「熱」、「悶熱」四個階段。考量馬拉松選手比賽體力消耗及台北天氣的溫度和濕度影響，比賽應避開夏季極端炎熱的天候現象，因此台北地區每年 10 月至次年 5 月屬於人體體感舒適度為「舒適」至「稍熱」的兩個階段，是比較適合舉辦馬拉松路跑活動的時間(徐天佑等，2019)。

本文根據天氣現象的變化，探討台北國道馬拉

松路跑 2010 年和 2011 年兩場賽事選手成績的差異。圖 2 為 2010 年 3 月 21 日路跑當日 1 時至 12 時台北市信義測站量測之溫度和濕度變化，2010 年的氣溫變化從凌晨 1 時的 23.3°C 一路下降，至清晨 6 時開賽起跑時間溫度已降至 20.5°C，再而微幅上下波動，但均未超過 20°C，至 12 時回升至 20.5°C，全程路跑時段溫度變化在 1°C 左右，對選手影響不大。至於相對濕度從 1 時、2 時的 91%、93% 一路下滑，到 12 時的 61%，相對溼度隨時間遞減，說明空氣中濕度減小，有利人體汗水蒸發，降低體溫，增加人體舒適感，不致大量增加長跑運動者的體力消耗。至於 2011 年 3 月 20 日比賽當日溫度由 6 時的 18.2°C，一直上升到 12 時的 26.2°C，溫度增加 8°C(圖 3)，對長跑選手不僅溫度遞增太快且太熱，增加人體適應的調節難度，而相對濕度從 6 時的 93% 開始逐漸下降到 8 時的 85%，一直到 10 時以後都維持在 60% 左右(圖 3)。進一步比較此二年的溫濕指數(DI)，可以看出更細膩的人體體感舒適度差異(圖 4)。2010 年 3 月 21 日路跑當日上午六點開始至中午十二時的溫濕指數變化相當和緩，DI 指數變化介於 18.4~19.5 之間，屬於舒適程度，有利長跑者發揮實力；相對 2011 年 3 月 20 日比賽當日上午六點至中午十二時的溫濕指數變化甚大，DI 指數從 18.1 上升至 23.8，相對由舒適程度轉變為稍熱的現象，因此前半段(6~8 地方時)有利長跑者發揮實力，但後半段(9~12 地方時)則不利長跑選手的表現，尤其連續跑了三個小時以後，身體已經甚為疲乏，卻還要面對不斷變化的不舒適天氣轉變，對參賽選手而言是體力加耐力的雙重考驗。

馬拉松路跑活動舉辦多年，每年參賽選手不盡相同，馬拉松路跑有男女選手，兩者的體能與速度有差異，且天氣現象不同，因此每年的路跑成績也有不同，本文特選取相近兩年 2010 及 2011 年，主因該兩年天氣變化極端不同，可藉天氣現象比較馬拉松路跑活動成績的差異，探討男女選手在台北國道馬拉松路跑成績與 DI 指數的關聯性。本文比較分析分為兩部分，(一)女選手部分，(二)男選手部分。

(1)女子馬拉松路跑成績團體表現與天候變化的分析

台北國道馬拉松賽事通常為提升比賽高潮，主辦單位也邀請世界級的外籍選手參賽，往往這些受邀請的外籍選手都是頂尖高手，比賽時的成績都名列前茅。2010 年和 2011 年共邀請三位外籍女子選手，且這兩年的冠軍都由邀請的外籍選手獲得。因世界級選手速度甚快，2 小時餘就跑完全程，幾乎完全不受天氣的影響。

而我國女子選手的成績稍遜世界級選手，另由這兩年的 DI 指數變化，顯示 2010 年 DI 指數一直維持舒適級(18.4~19.5)，但 2011 年在 6~7 時為舒適級(18.1~18.3)，且比 2010 年的環境條件更佳，9 時以後 DI 指數為稍熱級，並維持到 12 時，因此 2011 年路跑成績在三小時半的選手成績較 2010 年優異，但路跑選手超過 3 小時半後，由於天氣的溫濕變化太大

造成 DI 指數達到稍熱級(21.1~23.9)，而 2010 年 DI 指數一直維持在舒適級，因此由圖 5 顯示路跑成績曲線也出現交叉現象，由圖 5 中所示，2011 年參賽時間超過 3 小時半以後的選手，其整體成績表現均較 2010 年為差。

(2)男子馬拉松路跑成績團體表現與天候變化的分析

2010 年共 1222 名男子選手在舉辦單位封關前完成比賽，成績並登錄路跑協會官網，選手路跑總平均成績 04 小時 20 分 24 秒。2011 年共 1145 名男子選手在封關前完成比賽，選手總平均成績 04 小時 33 分 25 秒。2010 年比 2011 年多了 77 名選手完成比賽，且選手總平均成績快了 13 分鐘，此其中的差異與天氣因素的關聯，探討如下。

本文利用路跑協會官方網站登錄每位選手的成績加以比對研究。2010 年及 2011 年的官網紀錄都超過一千多人通過大會的認證紀錄，樣本數量夠大超過 1000 人，其中共 474 位兩年皆中籤參賽，參賽年齡從 20 歲到 70 歲皆有。圖 6 為 2010 年及 2011 年所有選手的路跑成績曲線圖，橫軸代表同一名次的選手，縱軸則為選手使用時間(時：分：秒)，橘色線為 2011 年選手路跑成績，藍色線為 2010 年選手路跑成績，由圖 6 中顯示同一名次的選手在 2010 年的路跑成績比 2011 年的路跑成績為快，也有交叉呈現的結果，可歸因與 DI 指數的變化有關，2011 年 8 時以前的 DI 指數較 2010 年 8 時以前的 DI 指數有利選手長跑，且速度快的選手在天氣現象(DI 指數)轉變前已經抵達終點，致使 2011 年選手的路跑成績比 2010 年選手的路跑成績較快，隨著時間 DI 指數的交叉演變，選手表現也出現交叉現象。

四、結論

本文係結合天氣現象與馬拉松路跑運的跨領域研究，研究結果發現：

(1) 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松兩場次路跑溫濕指數(DI)的曲線趨勢變化，顯示兩曲線走勢在上午六點起跑後兩小時，即 7~8 時左右 DI 指數呈現交叉現象，2010 年呈現穩定趨勢，變化甚微，但 2011 年在 8 時後呈現快速增加。因 DI 指數的計算結合溫度與濕度，代表對人體體感舒適度的量化標準，所以 2010 年與 2011 年兩種不同

DI 指數的變化趨勢，對參加劇烈運動的選手成績差異甚大，也影響體能的發揮。因此不論男女參賽者皆顯示選手在不同 DI 指數、且長時間劇烈運動下，部分選手體能表現出現大轉折，尤其在高 DI 指數情況下，尤其速度較慢選手成績大受影響，以致完賽時間拖延。

(2) 本文所特別探討的 2019 年 9 月 28 日杜哈田徑世錦賽女子長距離賽跑天氣條件與選手表現的關聯性，由於比賽當日的 DI 指數已達酷熱(易中暑，DI>29.5)的標準，對參賽的選手具相當危害性，因此比賽當天造成 28 位選手中途退賽，以上皆顯示以 DI 指數衡量天氣現象對人體劇烈動的影響是一很好的參考指標。

(3) 杜哈田徑世錦賽女子長距離賽跑的完賽後，批評聲浪四起，也引發國際奧委會對東京奧運馬拉松賽事地點更換為札幌的決議，考量夏季在緯度較高地區所屬的北海道舉辦，選擇天氣條件比較適合選手安全無虞的狀況下舉行比賽。

(4) 為因應爾後氣候暖化效應，未來各地馬拉松路跑主辦單位應避開暑熱悶濕的高 DI 指數月份舉辦，選擇 DI 指數較舒適的月份比賽。

參考文獻

- 中央氣象局網站，2020。
網址：
<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>。
王俊雄(1995)。休閒利益三因素模式。戶外遊憩研究，8(1)，67-78。
徐天佑、何台華、鍾涓涓、王文筆(2019)。我國馬拉松城市路跑與天氣因素、經濟效益和城市行銷的關聯研究。旅遊管理研究，10(1)，41-63。
教育部體育署(2018)。中華民國 107 運動城市調查。取自教育部體育署，網址：
<http://www.sa.gov.tw/wSite/public/Data/f1388042711722.pdf>
Marathon Guide Website. (2020). Marathon Results. 網址：<http://www.marathonguide.com/races>
Thom, E.C.(1959). The discomfort index. Weather Wise, 12(2), 57-61.

表 1. 人體體感舒適度與溫濕指數(DI)對照關係。(Thom, 1959)

體感舒適度	舒適	稍熱	熱	悶熱	酷熱
溫濕指數(DI)	21 以下	21.1~23.9	24.0~26.9	27.0~29.4	29.5 以上

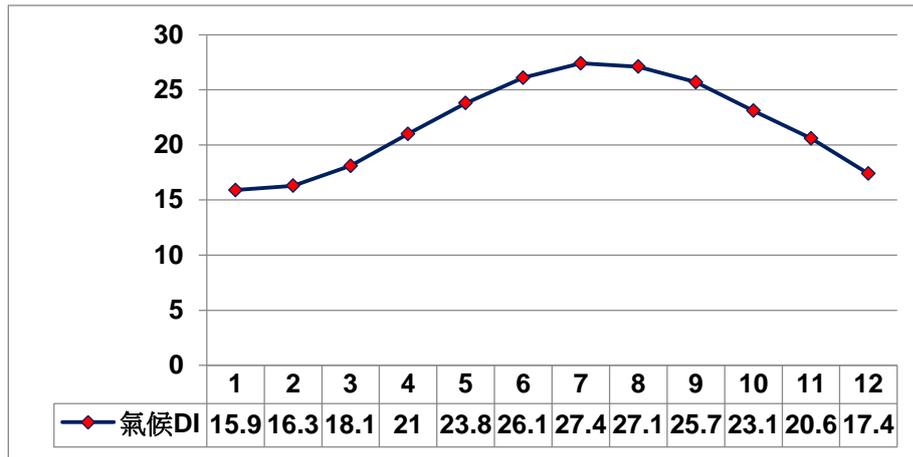


圖 1. 藉由中央氣象局台北測站 30 年(1981-2010)之月平均溫度與濕度資料計算的 1~12 月溫濕指數(DI)分布。

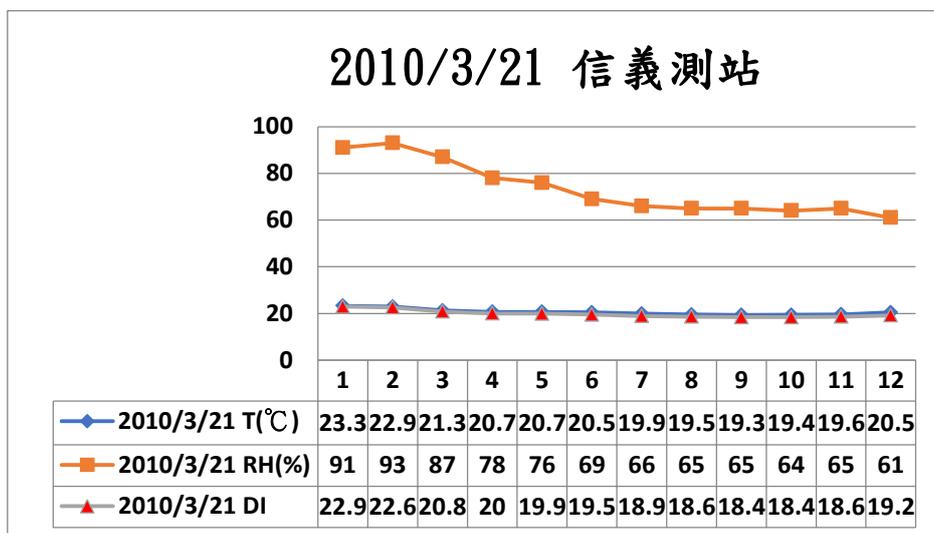


圖 2. 2010 年 3 月 21 日台北國道馬拉松路跑當日 1~12 地方時信義測站量測之溫度和相對濕度變化。(使用資料摘自中央氣象局網站，2020)

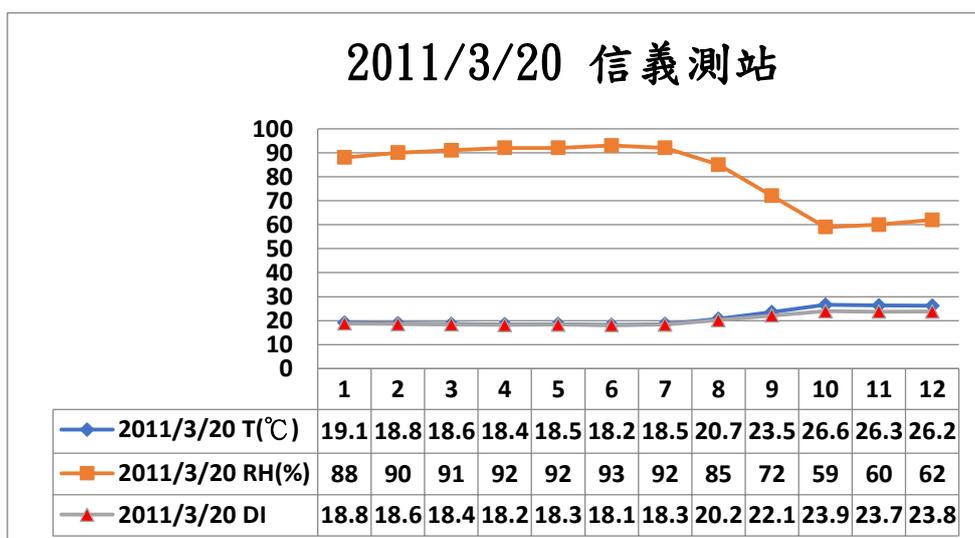


圖 3. 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松路跑當日 1~12 地方時信義測站量測之溫度和相對濕度變化。(使用資料摘自中央氣象局網站，2020)

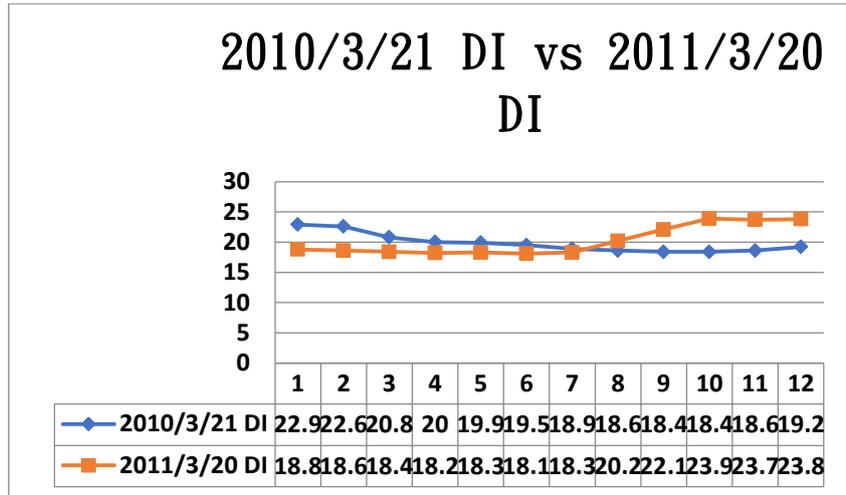


圖 4. 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松路跑兩場次之 1~12 地方時溫濕指數(DI)隨時間變化分佈。

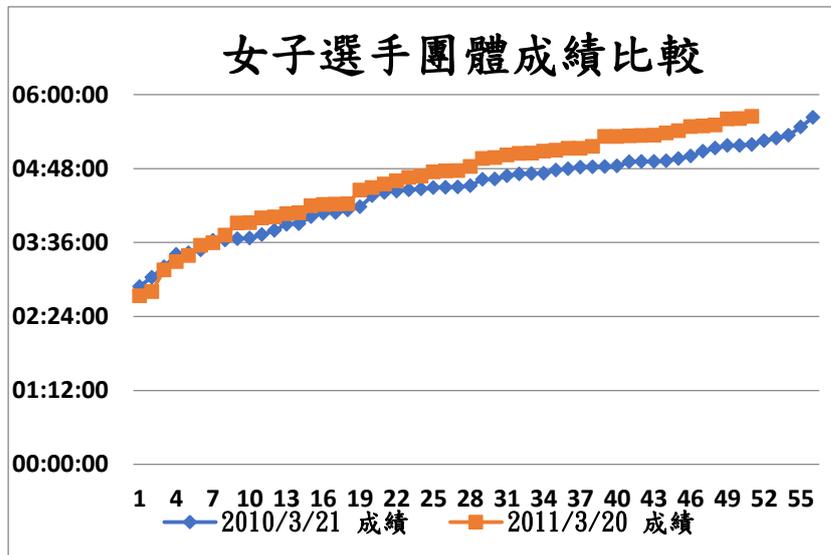


圖 5. 參加 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松兩場次路跑之全部女子選手參賽成績比較，比賽成績以時-分-秒呈現。

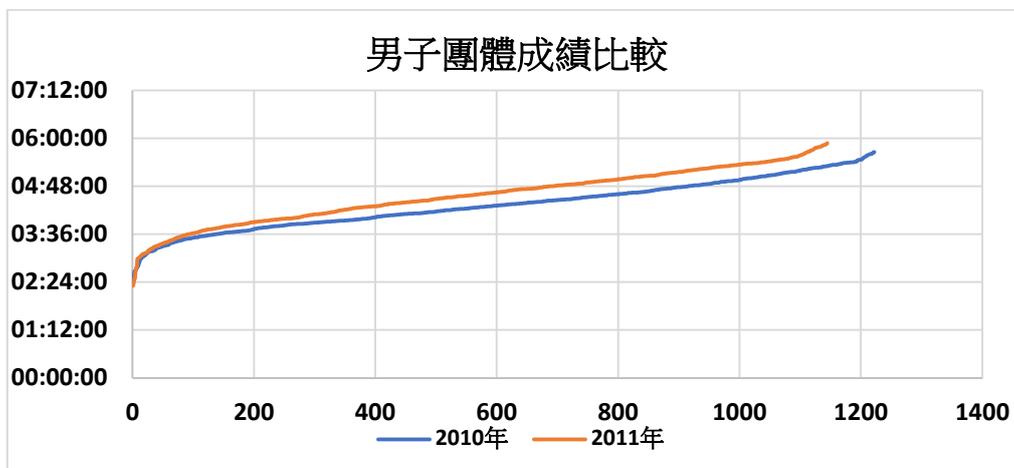


圖 6. 參加 2010 年 3 月 21 日和 2011 年 3 月 20 日台北國道馬拉松兩場次路跑之全部男子選手參賽成績比較，比賽成績以時-分-秒呈現。

Relationship of Discomfort Index and Results of Runners in Taipei Expressway Marathon (42km Full Marathon) – Cases of Year 2010 & 2011

Tian-Yow Shyu¹ Tai-Hwa Hor² Li-Hua Hsin³ Chuan-Chuan Chung⁴
Center of General Education, Taipei City University of Science and Technology¹
General Education Center, Lunghwa University of Science and Technology²
Department of Tourism and Leisure, Lunghwa University of Science and Technology³
Ph.D. Program, School of Law, Nankai University⁴

Abstract

Since the Marathon sport is an outdoor game, the weather conditions can influence the runners' results significantly. How to apply the weather data to measure the comfort of body quantitatively will be a feasible idea. This study focuses on the effectiveness of the discomfort index (DI, combining the air temperature and relative humidity) on the performance of competitors based upon two Taipei Expressway Marathon events in Taipei City. The 2011 race case which had significant variation in discomfort index affected the participants' performance obviously compared with the 2010 race case. Especially after the turning point of DI values, the results of male and female runners will be affected significantly due to higher DIs, including the individual and group results.

Keywords: Taipei Expressway Marathon, Discomfort Index.