

無線可穿戴式過度訓練感知機制設計研究

黃文增
明新科技大學
副教授

wthuang@must.edu.tw c97020020@std.must.edu.tw

劉宗翰
明新科技大學
研究生

摘要

現代人注重休閒生活，在上班課後閒暇之餘，運動是一個不可缺少的項目，運動能使身體健康，增加抵抗力，對專業的運動員來說，運動更是在求更快更好，突破紀錄及獲取勝利。但往往許多人為了取勝或者突破極限，造成身理運動傷害，許多的運動傷害都要休息個好幾個月，甚至可能造成一輩子的遺憾，如何能運動的健康且不超過個人極限為原則，本研究提出“可穿戴式過度訓練感知機制”是整合無線感測網路與可穿戴式姿勢感知護具應用於機械型態的健身訓練。它能夠由運動護具一般的感測器裡得知使用者運動狀態，身上感測器透過 ZigBee 無線網路協定方式傳輸至網際網路資料庫裡，遠端防護員能透過即時顯示介面馬上了解各個運動員的生理狀態及運動情況。

關鍵詞：過度訓練、無線感測網路、彎曲感測、加速規、心律

1. 簡介

過度訓練也稱過度疲勞，是在訓練不當的情況下造成的身心理影響的一種綜合症狀。過度訓練主要分為兩種類型，一種為交感型和另一種則是副交感型兩種，在健身訓練中所發生的過度訓練大多都屬於交感型過度訓練。此種症狀表現是安靜時心跳增快、血壓增高、體重下降，訓練結束後感到心理疲倦，疲勞恢復速度變慢，訓練慾望降低，對健身器材感到反感，嚴重時還有可能會造成股肉停止增長，甚至萎縮。

國際健美總會公佈過度訓練九大標準是：

- 受傷和股肉疼痛次數增加。
- 早上起床時脈搏升高。
- 訓練情緒降，易激動發熱。

- 失眠。
 - 肌肉圍度縮小。
 - 提不起精神，缺乏耐久力。
 - 性功能減退。
 - 食欲減退。
 - 在下一次訓練前肌肉恢復不過來。
- 對上述幾項，如果有二項以上身體反應相符，就可以確認發生了過度訓練。
- 過度訓練關鍵在於早期發現、及治療。對愛好運動的人來說，利用科學偵測的方式來預發過度訓練的發生是目前研究很好的一個課題。

在文獻[7]提到規律的身體活動，會帶給人們積極健康的心智狀態，並且減少焦慮和沮喪。當身體一直持續活動在一個極端的緊張水準(如:過度訓練)，卻可能使身體所累積的疲勞無法排除而引發情緒方的困擾。

利用機械式重量訓練來增加選手成績上的表現，是一種科學的方法，雖然是一種科學的方法，但要如何判斷訓練的程度會使健身運動員不自覺過度訓練情況則是另一個更值得注意的問題。

上述許多對於過度訓練可能會造成的問題及學術相關的研究，讓我們的對研究有了新的方向，本系統目地在於提供一個過度訓練感知機制，讓使用者能夠在安全的機制下進行訓練，並且透過記錄資訊了解運動的情況，以便調整自己的訓練課表。

2. 系統架構

系統架構依功能可以分為感測端、資訊接收端及資料庫端，下圖 1 為系統架構圖；當感測端資訊透過 ZigBee 網路協定傳送給資訊接收端時，接收端進行解封包後，再將使用者端資訊上傳至資料庫，資料庫端收到資訊後立即顯示於遠端防護介面，告知防護員目前運動的情況與身理的狀況，藉由身理情況的了解能在意外發生前或發生時的第一時間由系統警示，馬上派員進行救援的行動，避免運動過度而造成的遺憾。

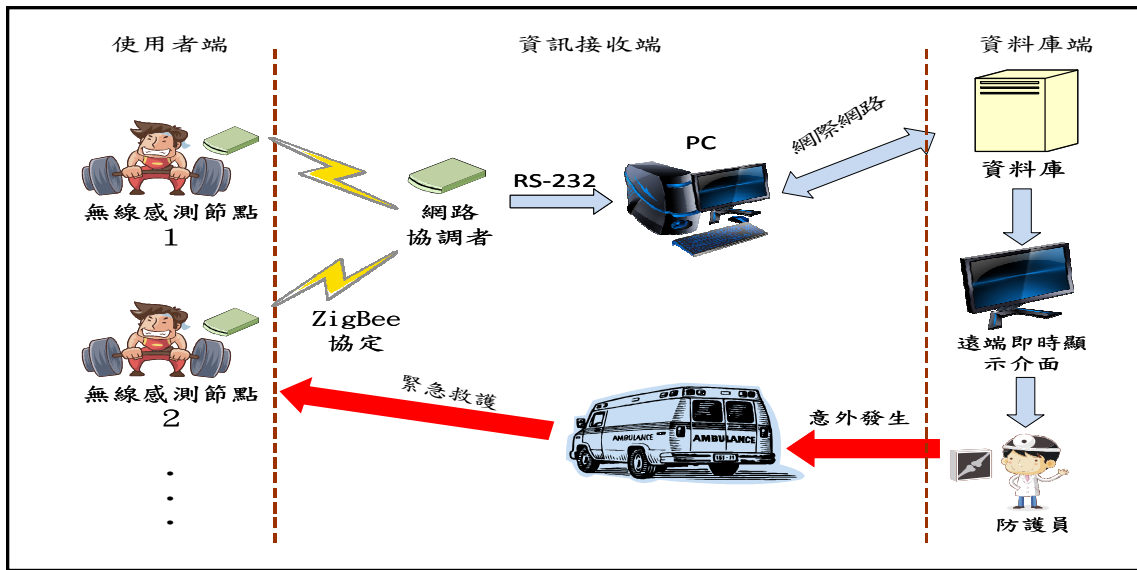


圖 1 系統架構圖

2.1 無線感測節點

本系統感測器配置考量到運動時身體活動的方便性，全部感測節點都用 ZigBee 做傳送，再由網路協調者做接收統整訊號，最後經由 RS232 傳送至電腦端做處理，如圖 2 所示。

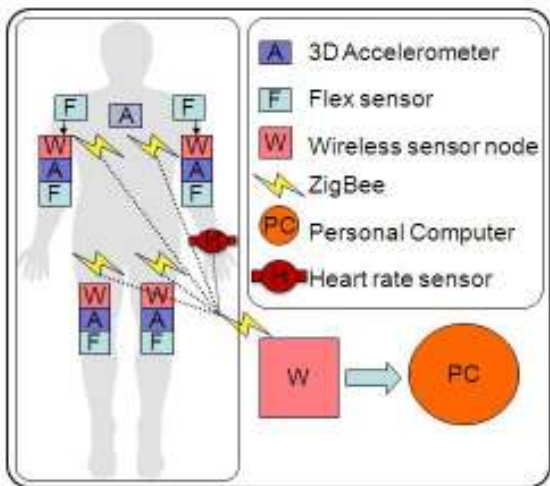


圖 2 人體感測器配置圖

圖 3 主要包含了心跳感測器、無線模組 (C8051F411) 和微控制器、ADC 擴充 IC、無線模組 (RF-UZ2400)、電源裝置以及三軸加速度計、彎曲感測器等感測元件。本系統所使用的微控制器為美國德州儀器公司所製造的 MSP430F1611，無線模組部分為 UBEC 所製造的 UZ2400 作為 ZigBee 無線收發器，心跳感測器部分為本實驗團隊所開發設計的。

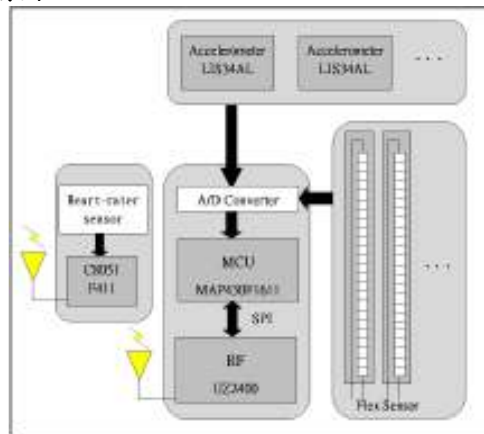
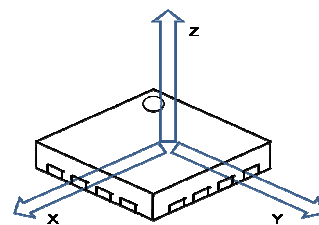


圖 3 無線感測端示意圖

2.2 三軸加速度計

圖 4 三軸加速度計可用來判斷三維方向，這三個方向以 X、Y、Z 來表示如，我們的系統所使用的三軸是 ST 公司生產的，型號是 LIS34AL，我們用它來判斷姿勢的角度位置。



Top View
圖 4 三軸示意圖

三軸加速規的輸出是電壓值，而我們使用 A/D 轉換(類比轉數位)可呈現的範圍是 0~255 的數值。圖 5 為三軸應用於角度的量測結果，

舉例來說 X 軸與重力(地心引力)垂直 90 度, X 軸所輸出的電壓為 1.65V 那麼他的數值大約是 125, 若 X 軸與重力平行電壓為 2.11V, 數值大約是 185, X 軸與重力相反電壓輸出為 1.19V, 數值大約是 90。照這樣類推實驗 45 度、90、120 度來製作我們人體 4 肢擺動的狀況。

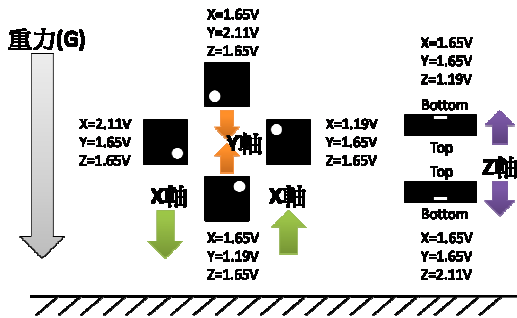


圖 5 三軸角度值示意圖

2.3 彎曲感測器

彎曲感測器其外型如一張長條型的紙片如圖 6 所示, 透過彎曲過程的面積大小, 角度越大相對的電阻值越大, 藉由電阻值的改變同時改變輸入電壓的大小, 將讀取到的電壓值中得知彎曲程度。



圖 6 彎曲感測器實體圖

彎曲感測器在本套系統中, 主要是用來感測身體關節彎曲角度的變化, 人體四肢彎曲時會有角度的變化, 藉由這樣的變化曲線, 圖 7 所示彎曲過程中電阻值的改變, 最後經由連結中擷取到所需變化封包, 判斷出彎曲角度的結果。

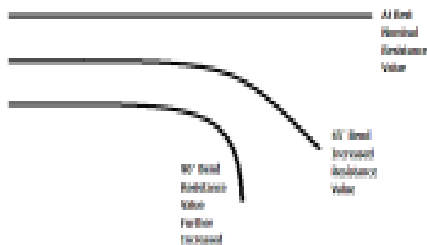


圖 7 彎曲感測器測電阻變化圖

圖 8 為彎曲感測器特性曲線圖, 當彎曲角度有變化時, 電阻值會有類似線性的變化, 因此利用線性特性, 在變化過程中, 電阻值會因

角度的大小, 遞增遞減, 如此就能看出變化角度差異。

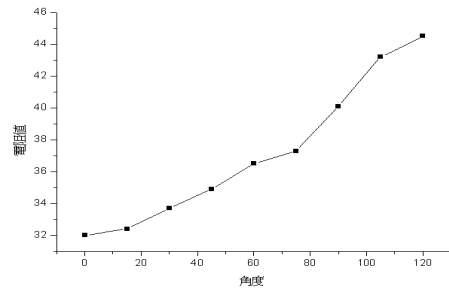


圖 8 彎曲感測器特性曲線圖

2.4 心跳感測器

系統使用一種血流脈動的量測技術, 稱為體積描計圖(Plethysmography, PPG), 其主要元件是由發光源及光感測元件所組成。利用光感測元件吸收光線能量的原理, 紀錄光線的變化而感應出來的信號。也就是說當心臟收縮及舒張的脈動週期, 使得血管內單位面積的血流量成週期性的變化, 血液體積若產生變動時, 光感測元件將會隨著血液體積的變化而感應電壓, 使得輸出電位改變。偵測方法有兩種: 1. 穿透式, 2. 反射式; 利用指骨反射光線方式如圖 9 所示, 會比穿透指頭感應方式更容易採集訊號, 因此我們採用反射的方式進行採樣。

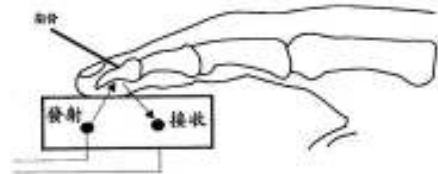


圖 9 反射式感測示意圖

圖 10 所示為心律感測器之動作原理示意圖, 隨著心臟的收縮, 血液的體積也會跟著變化, 當血液容積較小時, 由紅外線發射二極體發射出的光線照射到血管後所反射回來的量較少, 所以接收二極體的受光量較少, 使得輸出電位變化較小。

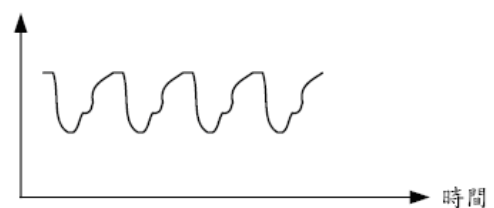


圖 10 光強度變化圖

2.5 資訊接收端

圖 11 為資訊接收端的硬體，主要包含微控制器、無線模組(RF-UZ2400)、電源裝置、電腦 USB 插槽，此平台主要是將發送端送出的資訊接收下來，透過微控器做處理後，使用 RS-232 傳入 PC 中，為了能即時接收到使用者的資訊，我們定義系統必須在每 1 秒內，完全的接收到網路中所有的無線感測節點所傳送的 20 筆資訊封包，換句話說電腦必須在每 50ms 完全接收到網路中所有的無線感測節點所傳送的每一筆資訊封包。

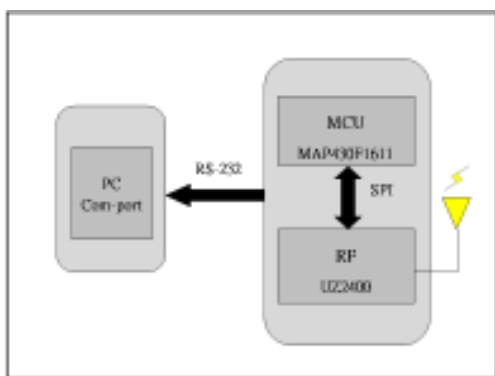


圖 11 資訊接收端示意圖

3. 系統實作

3.1 跌倒偵測

為避免使用者在運動過程中發生意外跌倒的情況，本系統在身體上裝有加速度計來偵測使用者是否有跌倒的情況發生，當系統讀取身體上的加速度資訊並得知使用者身體傾斜超過 50 度時，系統會自動判斷使用者有跌倒的情況發生，將會自動發出求救的訊息通知防護人員。

圖 12 及圖 13 為我們用示波器去量測，模擬人在跌倒時三軸的變化量，波形前半是人站立時三軸 Y 軸的值變化量，在波形一開始 Y 軸及 Z 軸電壓會一直維持在低及高電位的情況，波形中間為跌倒瞬間電壓立即會有上升及下降的變化，到完全倒下後波形會維持在高電位及低電位的，由此實驗可判斷人體在倒下時 Y 軸電壓會有瞬間變大 Z 軸會瞬間變小的情況，再藉由程式可明確的判斷出使用者是否真的發生跌倒的情況。

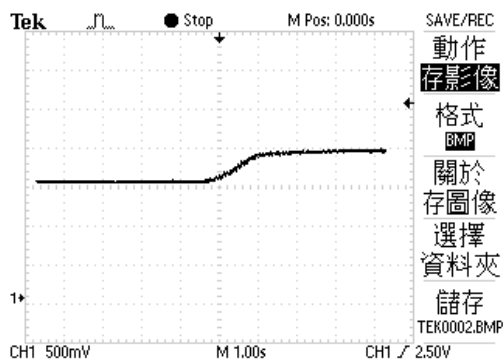


圖 12 站立與跌倒 Y 軸變化

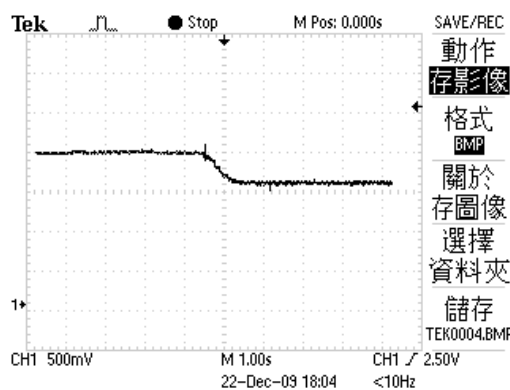


圖 13 站立與跌倒 Z 軸變化

3.2 心跳偵測

運動時的心跳率是心血管生理變項中最明確的，透過心跳的量測可以了解在不同強度運動下的心跳值，圖 14 為我們利用心跳感測器量測到的心跳波形。

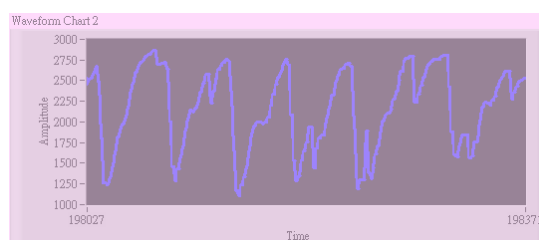


圖 14 心跳波形圖

根據圖 14 的波形圖，我們可以明顯的看出心跳的間距，因此我們就可以量測出 BBI，所謂的 BBI 即 beat-to-beat interval，準確偵測到 beat 後，利用程式把 beat 與 beat 之間的總取樣點數算出，而相鄰的 beat 間取樣點數乘上取樣頻率之倒數就成為 B-B 區間，在取倒數便可以得到心律，乘以 60 便可估測每分鐘的心跳數目，再藉由程式輸出目前心跳數值如圖 15。



圖 15 心跳數計算

為避免使用者在訓練時不自覺的超出自己本身的極限，也就是心跳過高導致心臟負荷不了的情況發生，在使用者一開始使用本系統時都會要求使用者輸入年齡，再使用廣泛計算最大心跳率的方式 $(220 - \text{年齡}) = \text{最大心跳數}$ ，以最大心跳數 80% 來當作安全的極限值，在使用者心跳數愈接近極限值時，在心跳感測器裡內建蜂鳴器就會發出嗶聲，依照心跳的速度愈快而嗶聲愈快，來警言使用者需休息。

3.3 肢體關節動作感測

一般健身設備，都是針對人體部份肌肉鍛鍊而設計的，肌肉鍛鍊可分肌力的訓練及肌耐力的訓練，在運動鍛鍊上有不同的方式，針對二種訓練方式本系統彎感測器能夠清楚的顯示使用者動作的頻率、次數、動作正不正確等情況，圖 16 為針對單一關節來感測使用者在正常情況下動作的波形圖，每一個弦波代表動作一次，在波形裡動與動作間隔時間平均，且都有紮實的完成每一個動作。

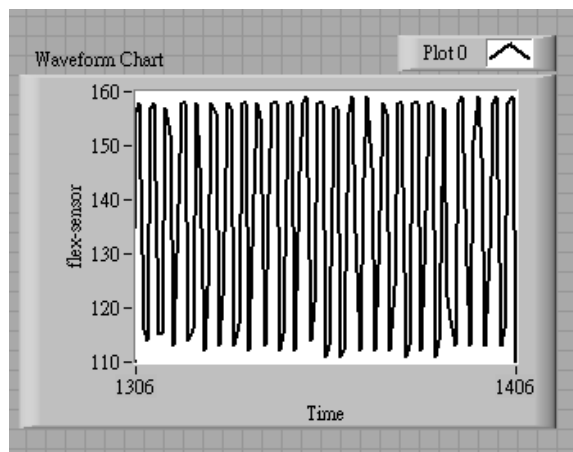


圖 16 正常動作波形圖

圖 17 為使用者在動作過程，弦波與弦波之間波峰不完全且忽大忽小，有使力不完全的情況，此種情況可能導致使用者肌肉使用不當造成肌肉的受傷情況發生，在運動一段時間後仍然不正常系統會發出訊息告知防護員提醒使用者矯正姿勢。

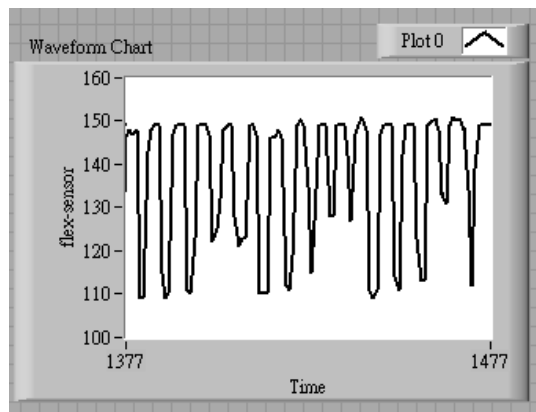


圖 17 不正常動作波形圖

圖 18 為使用者在動作過程中，因為肌耐力不足，而停止動作的情況，由此種波形圖可以看出使用者是否已經超越自己本身極限動作，而使動作效率減低，或間歇性動作造成運動效率不佳的情況。

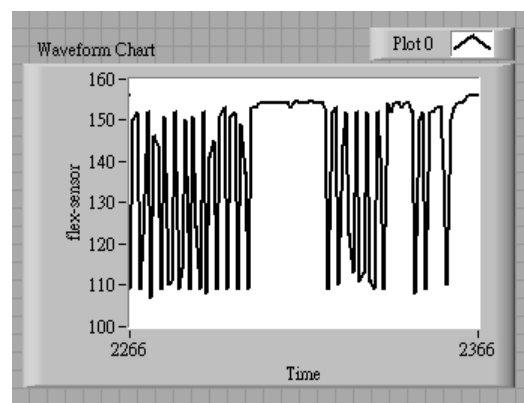


圖 18 肌耐力不足波形圖

圖 19 為我們利用程式偵測能夠立即顯示於即時介面中，讓防護人員能夠更清楚使用者動作次數與時間，避免使用者關節過度重覆在同一動作群內。動作結束後立即記錄在我們的資料庫中，以便日後可檢閱歷史記錄。



圖 19 執行時間與次數統計

4. 結論

建構本系統為健身運動員提供一個安全的運動機制與環境，在提升肌力的情況下，對肌肉不造成過度的使用和幫使用者整合歷史資訊，以方便日後訓練課程的安排，但運動員本身的成長取決於對自我的要求及適當的訓練課表，不斷的自我超越及保護自我身心，才是運動家維持運動生命的泉源。

本系統未來將加入運動能量的消耗計算，不僅能夠保護運動選手的安全，還能夠為減肥的使用者計算消耗能量及安排減肥的課表，以運動的健康及運動的安全為未來系統發展的首要目標。

參考文獻

- [1] 林正常，**運動生理生理學實驗指引**，師大書苑有限公司，1996。
- [2] 林正常，**運動生理學**，師大書苑有限公司，2005。
- [3] 陳坤樺，**應用運動生理學**，五南圖書出版股份有限公司，2002。
- [4] 吳慧君，**運動能力的生理學評定**，師大書苑有限公司，2005。
- [5] 李一民，**即時性人體姿勢及動作辨識系統之研究及應用**，國立臺北科技大學，碩士論文 2009。
- [6] 黃文增、黃仲麟，**自行車玩家生醫資訊守護神**，國立臺北科技大學電腦與通訊研究所，碩士論文 2009。
- [7] 莊艷惠，**運動員過度訓練與身心怠之因素探討**，國立台灣體育學院學報，1999。
- [8] 張維軒，**建構無線感測網路應用於遠距離居家監測系統之研究**，國立臺北科技大學電腦與通訊研究所，碩士論文，2008。
- [9] B. Coley, B. M. Jolles, A. Farron, C. Pichonnaz, J. P. Bassin, and K. Aminian, “*Estimating the upper-limb dominant segment during daily activity*”, *Gait & Posture*, Vol. 27, pp.368-375, 2008。
- [10] C. S. Lin, H. C. Hsu, Y. L. Lay, C. C. Chiu, and C. S. Chao, “*Wearable device for real-time monitoring of human falls*”, *Measurement*, Vol 4, no. 1, pp.831-840, 2007。
- [11] I.S.H. Suyoto, A.L. Uitdenbogerd, and F

Scholer, “*Searching musical audio using symbolic queries*”, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol 16, no. 2, pp.372-381, 2008。

- [12] <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!.Jt0uhWUGAc6N81OFnTTX9lg/article?mid=107>
- [13] <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!Uc4Med6fHwOhicuYuQtm.XpFyQ--/article?mid=343>
- [14] <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!.Jt0uhWUGAc6N81OFnTTX9lg/article?mid=96>
- [15] <http://epsport.ccu.edu.tw/epsport/week/show.asp?repno=54&page=1>
- [16] http://www.hksports.net/hkpe/sports_trainin/g/symptoms_prevention_overtraining.htm