

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

► 足球運動員的體能分析

The Aerobic Capacity and Muscular Strength of Soccer Players

doi:10.6127/JEPF.2006.04.04

運動生理暨體能學報, (4), 2006

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (4), 2006

作者/Author：金明央(Ming-Yang Jin);施長和(Chang-He Shi)

頁數/Page：29-40

出版日期/Publication Date：2006/06

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2006.04.04>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



足球運動員的體能分析

金明央¹ 施長和²

¹高苑科技大學 ²高雄海洋科技大學

摘 要

由於比賽時間的緣故，足球比賽常被界定為是一項以有氧代謝為主的運動。在優秀足球運動員的比賽中，在場球員的跑步距離約在 10 至 12 公里之間，守門員的移動距離約為 4 公里。在耗時約為 90 分鐘的比賽中，被測得的平均強度約接近個人的無氧閾值；亦即乳酸的產生及排除剛好相等。通常約為足球運動員的 80~90% HRmax。雖然，在一場足球比賽中的能量消耗，大都由有氧代謝主導。然而，決定性的動作，仍是需透過無氧代謝過程，在短跑、跳躍、剷球及爭球的動作中，無氧能量的釋放，是決定誰能跑得比較快，或跳得比較高的主要因素，這些因素往往是比賽結果的關鍵因素。從生理學的觀點來看，在像這樣的高平均運動強度之下，由於將導至乳酸的堆積，因此，是不可能作持久性運動的。職是之故，足球運動員，需藉助低強度的動作，以排除動作肌肉群的乳酸。先前的研究，沒有人能提供足球比賽中，測量氧消耗量的準確數據。然而，採取心跳率及耗氧量二項數據間的關係，可建立一套準確的間接估計法。另外有研究指出，跑步經濟性提升 5%，可能在一場足球比賽中，增加大約 1000 公尺的跑步距離。力量及動力兩項體能要素，在足球比賽中，和耐力同等重要。增進適當肌群的肌肉收縮力、加速度及速率等要素，能增進足球運動的重要技巧；像是轉向、短跑及變換節奏等。上肢及下肢具有高層次的最大肌力，並能預防足球比賽中的運動傷害發生。

關鍵詞：足球運動員、有氧能力、肌力

連絡作者：施長和

聯絡電話：(07)3514621

投稿日期：94 年 12 月

通訊地址：814 高雄縣仁武鄉赤山村赤西二街 13 號

E-mail：S0228@mail.nkimt.edu.tw

接受日期：95 年 4 月

前言

在頂尖足球運動員的比賽中，在場球員的跑步距離約在 10 至 12 公里之間，而守門員的移動距離約為 4 公里。多項研究報告指出，中場球員在一場比賽中的跑步距離最長，而職業足球員的跑步距離，又較非職業足球員跑較長的距離 (Ekblom, 1986)。下半場比賽中的運動強度及跑步距離，大約比上半場少 5~10% (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003; Rienzi, Drust, & Reilly, 2000)。

在一場比賽中，大約每 90 秒出現一次短跑，而每一次短跑平均約持續 2 至 4 秒。短跑在整個比賽中大約佔 1~11% 的比例 (Mohr et al., 2003)。相當於整個比賽時間的 0.5~3.0% (Helgerund, Engen, & Wisloff, 2001; Mayhew & Wenger, 1985)。比賽中持久性活動部份，每位球員完成 1000 至 1400 次短時間動作 (Bangsbo, Norregaard, & Thorsoe, 1991)，每 4 至 6 秒動作即改變。動作的内容包括 10 至 20 次的短跑，大約每 70 秒出現一次高強度跑步；約有 15 次剷球，10 次頭頂球，50 次與球有關的動作，約 30 次傳球，及在敵方的強力防守壓力下變換節奏及維持平衡並完成控球 (Ekblom, 1986)。Withers, Maricic, and Wasilewski (1982) 指出，後衛的跑步距離大約為中後衛 (central-defenders) 的 2.5 倍。而中場球員 (midfielders) 及前鋒球員的短跑次數，顯著高於中後衛 (大約 1.6~1.7 倍)。此項研究結果和 Mohr 等 (2003) 的研究：後衛及前鋒的短跑距離顯著高於中後衛及中場球員相類似。

力量及動力這兩項體能要素，在足球比

賽中，和耐力同等重要。最大肌力所指的是神經肌肉系統在一次最大努力隨意收縮時所發出的最大力 (即 1 RM)，而動力所指的，則是力量與速度的產生，並涉及神經肌肉系統，在特定的時間內所產生最大力量的能力。最大肌力是影響動力表現的最基本的特質。最大肌力的增加，通常伴隨著相對肌力的增進，也因而使動力也有所增進。前人研究中發現，最大肌力 (1 RM) 和加速度及位移速度間有顯著的相關 (Hoff & Almasbakk, 1995)。此項最大肌力及動力表現間的相關，是得自於跳躍測驗及 30 公尺跑步的測驗結果 (Schmidtbleicher, 1992; Wisloff, Castagna, & Helgerud, 2004)。增進適當肌群的肌肉收縮力，加速度及速率等要素，能增進足球運動的重要技巧，像是轉向，短跑及變換節奏等 (Bangsbo, 1994)。上肢及下肢俱有高層次的最大肌力，並能預防足球比賽中的傷害發生 (Arnason, Sigurdsson, & Gudmundsson, 2004)。Lehnhart, Lehnhart, and Young (1996) 進一步研究指出，引進肌力訓練，大約減少 50% 的傷害發生。根據以上結果，很明顯地可以知道，優越的技術及個人的足球戰術能力，是應付 90 分鐘高度持久性及肌力需求的關鍵條件。

足球比賽的有氧運動階段

由於比賽時間的緣故，足球比賽常被界定為是一種有氧代謝為主的運動。在耗時約為 90 分鐘的比賽中，被測得的平均強度，以個人最大心跳率的百分比 (HRmax) 計

算，約接近個人的無氧閾值；亦即乳酸的產生及排除剛好相等；通常約為足球運動員 80~90%HRmax。從生理學的觀點來看，在像這樣高平均運動強度之下，由於將導致乳酸的堆積，因此是不可能作持久運動的。然而，所顯現的比賽強度，是以平均 90 分鐘或半場的 45 分鐘呈現，或許因而流失了部份特殊的資訊。足球比賽中所展現的各種高強度動作，確實會造成足球員體內的乳酸堆積。因此，足球運動員需要藉助低強度的動作，像是慢跑或走路，以排除動作肌肉群的乳酸。從相對強度的立場來看，職業與非職業足球員間的運動強度幾乎沒有差異。然而，從絕對強度的角度來看，職業足球員在比賽中的運動強度則顯著高於非職業足球員 (Ekblom, 1986)。先前的研究，沒有人能提供在足球比賽中測量氧消耗量的準確且可靠數據，就算是有，所測得的數據，可能都低估了事實應有的數據，理由是，那些測量裝備，根本就是限制了球員的動作表現 (Ogushi, Ohashi, & Nagahama, 1993)。

Oguchi 等 (1993) 使用道格拉斯袋法，(裝備重量 1.2 公斤)，對 2 名足球運動員測量為期 3 分鐘的氧消耗量。他們發現，上半場平均耗氧量在 35 及 38 ml/kg/min，而下半場分別為 29 及 30 ml/kg/min。這個強度相當於二位足球員分別在上下半場的 56~61% $\dot{V}O_{2max}$ 及 47~49% $\dot{V}O_{2max}$ 。這個數據，比起其他的研究結果 (Stroyer, Hansen, & Hansen, 2004)，則是明顯低估。在測量耗氧量期間的跑步距離時，發現配戴測量裝備的足球運動員的跑步距離，比沒有配戴裝備者的距離，少了約 11%，這個事實可以解

釋，為何所測得的耗氧量被低估的原因。另有一個，可使我們相信，使用道格拉斯袋法，測量足球比賽的耗氧量，會被低估的理由是，因為它們的體積太大 (並且還限制氣體標本蒐集時間)，使得足球運動員在測量時，減少了一些與足球比賽有關的動作，像是爭球、剷球、頭頂球和其它在比賽中能量需求高的動作。因此，吾人相信這樣的測量方法，實際上是低估了足球比賽的耗氧量。新式手提分析儀 (重量僅 500 公克)，能獲得較可靠的結果，但直至今日，卻未有被使用來作類似的研究。在一場足球比賽中，採取心跳率及耗氧量二項數據間的關係，亦可建立一套準確的間接估計法。建立每一位足球運動員心跳及耗氧量間的關係，能準確地反映穩定狀態運動下的能量消耗。肌肉的收縮形態屬於靜態的，或是運動時僅動用到極少部份的肌肉群，或是人體在心理壓力及溫度壓力下從事運動，都會使人體在某一固定的耗氧量強度下，額外地升高心跳率，因而改變心跳及耗氧量二者之線性關係 (Astrand, Rodahl, & Dahl, 2003)。然而，在足球運動中，從事有較大肌肉群參與的動態動作，此時以心跳及耗氧量二項數據來估計能量消耗，可能會有較滿意的結果 (Hoff, Wisloff, & Engen, 2002)。Balsom, Seger, and Ekblom (1991) 指出：在快速跑步動作後，心跳率隨著耗氧量的上升而成不按比例地增加。此現象只是顯現足球運動，對於耗氧量稍微地過高的估計，因為短距離跑步，僅佔足球比賽總時間的 1%而已。Bangsbo 在實驗室中，以原地跑步機，比較間斷跑步及連續跑步後指出，在間斷性的運動中，心跳率及耗氧量

二項數據所建立的線性關係是有效的。最近採用不同運動強度的研究亦發現，心跳率及耗氧量間的關係亦有相同的研究結果 (Bangsbo, 1994; Esposito, Impellizzeri, & Margonato, 2004)。

設使吾人假定，心跳率及耗氧量二項數據所呈的線性關係，可以用來在足球比賽中估計耗氧量，則在 85%HRmax 的平均運動強度，大約相當於 75% $\dot{V}O_2$ max (Astrand et al., 2003)，大約是擁有個人最大氧攝取量 60、65 或 70 ml/kg/min 的足球運動員，以大約 45.0、48.8 及 52.5 ml/kg/min 的強度從事運動。這或許正反映，現今足球比賽的能量消耗。對一位體重 75 公斤的足球員來說，這樣的運動強度，相當於每一場比賽的能量消耗，分別為 1519、1645 及 1772 仟卡 (每 1 公升氧氣，每分鐘相當於 5 仟卡)。

在先前的研究中，對不同層次的足球運動員，以每小時 9 公里速度，在原地跑步機上，探討跑步經濟性問題，發現不同兩組受試群中的跑步效率，有約 5ml/kg/min 的差異。跑步經濟性與工作強度及耗氧量二者之比值有關 (Helgerud, 1994)。在某一固定的工作強度下，具有相同最大氧攝取量的受試者之間的耗氧量，可能相當不一樣，即使在一群經過嚴格訓練的受試群中，亦有相類似的結果 (Conley & Krahenbuhl, 1980)。在對一群最大氧攝取量相差甚少的優秀耐力型運動員，所作的研究發現，跑步經濟性的差異甚至高達 20% (Sjodin & Svedenhag, 1985)，並且跑步經濟性與成績表現有關 (Conley & Krahenbuhl, 1980)。不同的受試者，在某一固定的動作下，其淨氧消耗值有

所差異的原因，至今尚不明瞭。然而有研究指出，它可能是由於個人的解剖構造的特徵，機械性的技巧，神經肌的技巧及所儲存的能量等重要因素所造成的差異 (Pate & Kriska, 1984)。在相同運動強度下，而其耗氧量減少 5 ml/kg/min 即意味著，二組受試群間每分鐘的心跳率減少 10 下。換句話說，效率較好的受試群，能在相同的每分鐘相對心跳率之下，從事較高的運動強度。效率較優受試群，其運動強度達到另一組的相對心跳率時 (以%HRmax 表示之)，其跑步速度即達到每小時 10 公里。因此，二組受試者間，運動強度每改變 1 公里/小時，即會使代謝率改變約 5 ml/kg/min，並增加大約 10 次/分的心跳率，以應付運動中的氧需要量。如果把上述二組受試群在跑步速度上的差異，遷移到一場 90 分鐘足球比賽的跑步距離，則二組球員的差異大約在 1500 公尺之譜。雖然，這是基於理論上的考量，然而，Hoff and Helgerud (2004)的研究指出，跑步經濟性提升 5%，可能在一場足球比賽中增加大約 1000 公尺的跑步距離。

在不同運動強度下，跑步距離上有很大的變化，球隊之中不同國度、不同球隊及不同等級上也會出現明顯的差異。這些差異少部份可解釋為，在一些研究中對於運動強度的界定含混不清所導致。為了避免這類情形發生，則比賽的強度應該以最大心跳率百分率 (%HRmax) 表示之。同時並敘述快跑次數、時間及每一場比賽各種處理球的次數，這樣的話，即使不考慮球員的層次，較能合理區分比賽中的運動強度。足球運動員最大心跳率的測試，吾人建議採用漸增負荷

的原地跑步，或採戶外跑步等方式進行。足球運動員接受測試之前，必需先作 20 分鐘暖身運動，然後再接受 2 至 3 次，每次 4 分鐘接近最大努力的跑步。最後一次 4 分鐘跑步時，在非最大跑步的第 2 分鐘即要全力跑步至時間終了。此種狀況以監視器所記錄的最高心跳率，始能作為個人的最大心跳率 (Astrand et al., 2003)。實施此一方式，並不考慮年齡及性別，我們建議最大心跳率數據的取得務必要採上述方法，而非採用慣用的公式。當我們碰到年齡大於 35 小於 18 歲球員其最大心跳率常常大於 220 及小於 180 次/分。使用傳統的公式，220 減去年齡，大都會誤導。

最近，Stroyer 等 (2004)研究指出，同樣是 12 歲的足球員，在足球比賽中的心跳率，優秀足球員高於較次等的足球員。不同等級二組青少年足球員，在比賽中的平均心跳率非常類似，分別為上半場 177 次/分及下半場 174 次/分，而青年組為上半場 178 次/分，下半場 173 次/分；青少年組中，優秀足球員在上下半場的耗氧量，優於次等足球員。青年組的優秀足球員，在比賽中的絕對耗氧量，亦較青少年組的優秀足球員高，但在相對耗氧量則相等。經過對比賽中的動作分析發現，二組足球員的差異原因，主要是由於層次較低的一組足球員，在比賽中站立不動的頻率，顯著高於較優秀足球員組之故。

先前的研究議題，少去討論文化或地理環境的差異，在足球比賽的跑步距離，及不同動作強度的時間分配上有什麼不同，截至目前，大部份已出版的研究，大多以歐洲球

隊為考量。Rienzi 等 (2000)研究指出，英國超級聯盟足球員每場比賽約跑 15 公里。比較之下，比南美國家隊的跑步距離還多。這是否反映出，二者在有氧能量或比賽風格及戰術上的差異，則不得而知。如果能在世界盃，對不同國家某些球隊，測量足球比賽的強度及跑步距離，並對來自不同球會，相同等級的球隊加以評估，必能有效增進國際間足球運動所涉及的生理學的相關知識。

足球運動的無氧運動階段

雖然，在一場足球比賽中的能量消耗，大都由有氧代謝主導。然而，決定性的動作，仍是需透過無氧代謝過程，在短跑、跳躍、剷球及爭球的動作中，無氧能量的釋放，是決定誰能跑得比較快，或跳得比較高的主要因素，這些因素往往是比賽結果的關鍵因素。

足球比賽中乳酸堆積的測量，是從足球員作完動作 5 分鐘後，所蒐集血液樣本中獲知的。乳酸堆積值與採取血液樣本前，足球員所作的運動量呈正相關 (Bangsbo, 1994)。所有測量資料均顯示，下半場的乳酸堆積，均低於上半場。這個結果與大部份研究認為：足球比賽的下半場，無論是跑步距離及運動強度均低於上半場的結論頗為一致 (Mohr et al., 2003)。

乳酸排除率或乳酸的清除，需要看乳酸的堆積程度，恢復期的活動狀況及個人的有氧能力而定。乳酸堆積濃度越高，則排除率也就越高 (Bangsbo, 1994)。這裡需加以說明

的是，具有較高最大氧攝取量的足球運動員，可能乳酸堆積的濃度低，那是由於高強度間斷運動後的恢復期，增加有氧的反應，因而促進乳酸的排除，並增進磷酸肌素再合成的緣故 (Tomlin & Wenger, 2001)。換句話說，體能狀況較優的足球員，採用較高的運動強度，與體能稍差的對手比賽，而他們二者，卻有相同的乳酸堆積濃度。增加個人最大氧攝取量，將使足球員在相同的絕對次最大運動的負荷下，血中及肌肉中的乳酸濃度降低。因為，在運動中增加對有氧能量系統的倚賴的結果，造成乳酸產生量的降低，並增加乳酸的清除 (MacRae, Dennis, & Bosch, 1992)。前人研究並指出，運動強度在 70%HRmax，對於乳酸的排除最有效率 (Astrand et al., 2003)。

不同足球運動員的最大有氧能力

成年男子足球運動員

不同位置男性足球運動員的最大氧攝取量約在 50 至 75 ml/kg/min 之間，而守門員約為 50 至 55 ml/kg/min。與 1980 年代相比較，過去一、二十年來，競爭力較強球隊的有氧能力有提升的趨勢 (Ekblom, 1986; Holmann, Liesen, & Mader, 1981; Gerisch, Rutemoller, & Weber, 1988)，而在比賽中的無氧閾值則約在 76.6%~90.3%HRmax 之譜。

青年組足球運動員

傳統上的看法，青年組足球員的最大氧攝取量，少於 60 ml/kg/min 低於成年組足球員。然而，還是有些例外。Helgerud 等 (2001)

的研究指出曾發現青年組的 $\dot{V}O_{2\max}$ 達 64.3 ml/kg/min，而 18 歲以下匈牙利國家隊 $\dot{V}O_{2\max}$ 的平均值，約在 73.9 ml/kg/min (Apor, 1988)。而 Stroyer 等 (2004) 指出，前鋒及中場球員的最大氧攝取量高於後衛球員；分別為 65 及 58 ml/kg/min。

另有一些研究指出，青年組足球員和成年組的 $\dot{V}O_{2\max}$ 相類似，但他們的跑步效率若以 ml/kg/min 表示，則顯著低於成年組 (Bunc, Heller, & Leso, 1987)。然而，如果化成以 ml/kg 0.75/min 表示之，則結果相當不一樣。Chamari, Moussa-Chamari, and Boussa (2005) 指出，15 歲以下足球員與成年足球員有相同的 $\dot{V}O_{2\max}$ ，但其跑步經濟性較成年人為低。然而，若採用專門的量測方法，年輕足球員的 $\dot{V}O_{2\max}$ 仍是比較低，但卻有相同的跑步經濟性。按幾何學的人體尺寸，量測個人的最大氧攝取量，主要是受限於人體的最大心輸出量。因此，應按比例提高估計值 (Astrand et al., 2003)。過去研究指出， $\dot{V}O_2$ 的估計，必需以其與淨體重的關係提高體重的 0.75 至 0.94 (Helgerud, 1994; Bergh, Sjodin, & Forsberg, 1991; Nevill, Brown, & Godfrey, 2003; Goosey-Tolfrey, Batterham, & Tolfrey, 2003)。因為成年足球員，與年輕足球員相較之下，其體重較重，因此，他們的最大氧攝取量可能被低估了，而跑步的熱能消耗值，若以傳統的表示方式，即 ml/kg/min，則又可能被高估。

依 Svedenhag (1995) 的觀點，以淨體重的關係表示 $\dot{V}O_2$ ，或是採用專門的量測方法，可能影響到所要採行的運動方法的設計及評價，這可從先前對二位受試的研究結果

來說明這個觀點。若以傳統的方式表示 $\dot{V}O_2$ (ml/1mb/min: 1mb 就是淨體重 kg 的意思), 則受試者 A 的跑步經濟性優於 B, 但最大氧攝取量卻低於 B。這個結果, 自然會使得人們認為, 有必要設計一套訓練課程, 用以提升較差的有氧能力。然而, 使用專門的量測方法, 則與先前的分析又有截然不同的結果。因此, 專門的量測法, 某種程度上, 會影響評價, 並會調整在訓練內容上的努力, 以增進有氧能力。

在討論到如何表示 $\dot{V}O_2$ 及淨體重之間的關係時, 常常將有氧成績表現及有氧能力間的相關搞混。吾人知道, 個人有氧能力會影響臨場表現 (Helgerud et al., 2001)。因此, 在設計一套訓練課程時, 將之列為優先內容, 是相當合理的。如果要評價足球運動員的有氧能力, 包括最大氧攝取量, 跑步經濟性及無氧閾值; 對專門的量測方法, 必需有些認知。然而, 即使增進個人最大氧攝取量, 使得足球員跑得更久、更快及在比賽中的爭鬥能力增進了, 也並不能保證什麼。因為, 有氧能力表現, 受無數因素影響, 像是團隊的戰術、敵隊的因素及熱能的攝取等影響。因此, 有氧運動表現並不能單以統計數字來看, 而個人的有氧能力 (aerobic capacity), 是有氧運動表現的基礎。

女子足球運動員

先前所提出的研究, 認為男子與女子足球運動員, 在足球比賽中, 所付出的有氧及無氧能量系統的程度相當 (Helgerud, Hoff, & Wisloff, 2002)。但是, 比較之下, 女性足球員, 在比賽中的跑步距離較短 (Davis & Brewer, 1993)。很可惜的是, 很少有關於女

性足球員生理學方面的研究。有研究指出, 女性足球員的最大氧攝取量約為 38.6~57.6 ml/kg/min 或 109.7~160.3 ml/kg.75/min。丹麥國家隊全隊的最大氧攝量, 超過其他體能差的弱隊約 100 ml/kg/min, 在數據上, 這麼大的差異可能與足球運動員的層次有關。

男女足球運動員, 在身體條件上的差異, 如將他們的差異以力量及耐力二個參數加以區分, 則這個差異, 正好和他們坐式生活 (sedentary) 的同性別對象相同。意思就是說, 女性足球員與不做運動的同性別女子比較, 他們的能力已經像男性足球員一樣超出很多了。因此, 沒有理由對女性足球員, 像要求男性足球員那般, 苛求他們與男性相較之下稍遜的力量及耐力 (Helgerud et al., 2002)。

不同季節及球隊間的比較

Casajus (2001) 指出, 比賽球季將結束的時候, 各隊的最大氧攝取量較高, 而 Heller, Prochazka, and Bunc (1992) 的研究報告, 卻持相反的看法。本文中認為, 比賽季節初期 $\dot{V}O_{2max}$ 的初期水準, 和季節中的訓練內容, 確實有些衝突。

排名較後國家隊的 $\dot{V}O_{2max}$ (譬如印度隊、新加坡隊、沙烏地阿拉伯隊等), 看起來是低於那些最好的隊伍 (例如德國隊)。Apor (1998) 的研究報告指出, 匈牙利足球聯盟的優勝隊伍的平均 $\dot{V}O_{2max}$, 高於排名第 2, 第 3 及第 5 的隊伍。Wisloff, Helgerud, and Hoff (1998) 指出, 挪威足球聯盟中, 優勝隊伍的有氧能力優於排名靠後隊伍。然而, 有一些權威人士主張, 最大氧攝取量對足球比賽的表現能力而言, 並非是決定因

素，它只可能與比賽中的工作率有關而已 (Helgerud et al., 2001)。Tomlin and Wanger (2001) 於稍早研究中指出，普遍觀察最大攝取量在 60 ml/kg/min 以上的優秀足球隊，發現在足球隊中，個人的有氧能力低於這個閾值的球員，其生理學的條件，不可能在優秀隊伍中，能有獲致成功的機會。

他們更進一步強調，將球隊的最大攝取量，視為將訓練計畫向上調整的最重要參考指標。因此，考慮及高層次的 $\dot{V}O_{2\max}$ 在足球比賽中所佔有優勢，那麼，對一位 75 公斤的男性職業足球員，要求應具備有 70 ml/kg/min，或淨體重 200 ml/kg0.75/min 的最大氧攝取量，應算是合理的期望。

足球運動員的肌力

由於對足球運動員的肌力測試，至今未發現有標準化的程序，因而很難從不同的研究中比較其結果。個人認為，一般所作等速肌力測試，並不能反映出足球比賽中的肢體動作。那是因為，自然的肌肉動作根本就不是等速運動 (isokinetics)。反倒是使用槓鈴測試，較能準確反映足球運動員的肌力功能 (Wisloff et al., 1998)。由於大部份歐洲及美洲球隊，均配備有槓鈴等肌力訓練之設施，因而他們可以利用這些設施，發展出一套將肌力訓練與測試相聯結的計畫。在許多肌力訓練的研究中發現，肌力的增進，常常是仰賴訓練和測試之間具有其相似性。這種動作類型的特殊性，在肌力訓練中，或許能反映出學習及協調性，在肌力訓練及測試之間，所扮演的重要角色。

神經肌肉系統對於慢速或快速收縮刺激的適應，其反應是敏感的 (Almasbakk &

Hoff, 1996; Sale, 1992)。研究者曾經從文獻中觀察，當受試者接受某一訓練速度，或受試者所承受的訓練速率，稍低於訓練速度時，其動作肌肉產生最大力矩 (Behm & Sale, 1993; Narici, Roi, & Landoni, 1989; Aagaard, Simonsen, & Trolle, 1996)。雖然如此，但是，在高速度動作的特殊運動訓練中，要求強調高速度及高動力，並結合最大肌力訓練的一項非特殊動作中，並在同一時段內訓練快速動作，比單純僅實施快速動作訓練，在動作速度上有較實質的進步 (Viogt & Klausen, 1990)。這些發現，使的那些想要以建立動作及速度的特性，作為發展肌力基礎的人感到疑惑。考慮及藉著其它爆發力的測試項目，去測得最大肌力，那麼，對一位體重 75 公斤的男性足球員，期望他的深蹲肌力值在 200 公斤以上 (屈膝 90°) 或大約 11.0 kg/mb_{0.67} (Wisloff et al., 2004)，應算是合理的要求。理想的推舉力應該在 100 公斤或約 5.5 kg/mb_{0.67}。另外，優秀足球運動員垂直跳高的理想成績應該接近 60 公分 (Wisloff et al., 1998)。總而言之，所有與肌力有關的參數，越高越好。因為這樣的優勢，能減少受傷的機會，並能在比賽中從事更有利的跳躍、踢球、剷球及短跑等動作 (Lehnhart, Lehnhart, & Young, 1996)。

現存有關女子足球運動員肌力方面的研究資料很稀少。然而，Helgerud 等 (2002) 對當今世上最優秀的女子足球隊，即挪威的 Trondheim 隊及挪威 Rosenborg 足球俱樂部相比較，為了作下列比較，某些肌力評價的測量必須考慮到身體尺寸的度量方法。

兩位無論是幾何學上或質量上外型相

似的二個人，我們可能期望他們外表線性的尺寸呈一定相同比例。他們的手臂長度、腿長及肌肉都有一定的比率 $L:1$ ，橫斷面積 $L^2:1$ 及體積比率 $L^3:1$ 。因為肌肉力量與肌肉的橫斷面積有關，而 mb 則直接隨身體體積而變化，因此全身肌肉力量的測量，亦隨著 $mb_{0.67}$ 作相對肌力的比較 (Astrand et al., 2003)。當人們試圖移動外界的物體：像是球，或是敵隊的對手時，絕對肌力是重要的。而當球員需負擔自己本身的體重，特別是在足球比賽中的加速或減速時，肌力與 mb (body mass) 的相對關係則是重要因素。相對肌力的比較，當它數值被 mb 除的時候，它並不是在描述其功能。如果個人的最大肌力為了相互比較而被 mb 除，此時，體重較重者的能力將被低估，而不能用來代表臨場比賽的工作能力。這項認知對教練而言是很重要的訊息，特別是用以評價不同生長階段，且雖同年齡卻有顯著不同的體重及體積的年輕足球員體適能及工作能力，同時也用來比較男女足球員的身體能力。

Helgerud 等 (2002) 研究報告指出，Trondheimsorn 足球隊的蹲舉重量為 $112.5 \pm 20\text{kg}$ (相當於 $1.8 \pm 0.3 \text{ kg}/mb$ 及 $7.1 \pm 1.3 \text{ kg}/mb_{0.67}$)。另外，該隊的垂直跳高度為 42.9 ± 3.3 公分。在 Helgerud 等 (2002) 的研究中，以絕對值來看，女子足球隊蹲舉的最大肌力，約為男子足球隊的 68%。若考慮雙方的體積，並加以校正，則在個人跳躍及短跑之能力方面，以相對肌力而言，女子約為男子成績的 79%，顯示出男女間肌力的差別，事實上是體積的差異造成。女子垂直跳高度為男子的 76%，這個數值是研究報告中比較

低的部份。在仰臥推舉方面，女子足球員的成績為男子的 53%，亦顯示男女間部份運動表現的差別，是由於體積上的差異。校正身體體積後，女子仰臥推舉的相對值為男子的 59%。兩個結果都在「怎麼的差異才是正常的性別差異？」這個疑問的範圍內。其中，部份差異，可能是由於以肌力訓練為優先考慮，及所執行的肌力訓練的型態所造成的差異。

最近對男、女足球員，採用相似的肌力訓練，將對兩性在從事足球比賽時，在肌力及動力方面能提供新的理解。

結語

本文就足球運動員，在比賽中的生理反應這個議題，提出前人的研究，加以綜合、歸納。其中，並分別對不同比賽位置，不同比賽等級，乃至於不同性別等，在有氧能力；包括最大氧攝取量、最大心跳率、跑步經濟性，無氧能力，譬如：乳酸堆積、肌力及跳躍能力等，提出分析及討論，希望所提出的問題，能引發同好者的興趣。

引用文獻

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., & Trolle, M. (1996). Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156 (2), 123-9.
- Almasbakk, B., & Hoff, J. (1996). Coordination, the determinant of velocity specificity. *Journal of Applied Physiology*, 80 (5), 2046-52.
- Apor, P. (1998). Successful formulae for fitness training. In: Reilly T, Lees A, Davids K, et al.,

- editors. *Science and football*. London: E&FN Spon, 95-107.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., & Gudmundsson, A. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (2), 278-85.
- Astrand, P.-O., Rodahl, K., & Dahl, H. A. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. Windsor (Canada), Human Kinetics.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., & Ekblom, B. (1991). *A physiological evaluation of high intensity intermittent exercise*. Abstract from the 2nd World Congress on Science and Football 22-25.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 15. Suppl. 619, 1-156.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorsoe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Science*, 16 (2), 110-6.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Intendent rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74 (1), 359-68.
- Bergh, U., Sjodin, B., & Forsberg, A. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23 (2), 205-11.
- Bunc, V., Heller, J., & Leso, J. (1987). Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 275-80.
- Casajus, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 41 (4), 463-9.
- Chamari, K., Moussa-Chamari, I., & Boussaidi, L. (2005). Appropriate cross interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (2), 97-101.
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine & Science Sports & Exercise*, 12 (5), 357-60.
- Davis, J. A., & Brewer, J. (1993). Applied physiology of female soccer players. *Sports Medicine*, 16 (3), 180-9.
- Ekblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, 3 (1), 50-60.
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., & Margonato, V. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93 (1-2), 167-72.
- Gerisch, G., Rutemoller, E., & Weber, K. (1988). Sportsmedical measurements of performance in soccer. In: Reilly T, Lees A, Davids K, et al., editors. *Science and football*. London: E & FN Spon, 60-7.
- Goosey-Tolfrey, V. L., Batterham, A. M., & Tolfrey, K. (2003). Scaling behavior of $\dot{V}O_2$ peak in trained wheelchair athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (12), 2106-11.
- Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women with similar performance level in marathons. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 68 (2), 155-61.
- Helgerud, J., Engen, L. C., & Wisloff, U. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (11), 1925-31.
- Helgerud, J., Hoff, J., & Wisloff, U. (2002). Gender differences in strength and endurance of elite soccer players. In: Spinks W, Reilly T, Murphy A, editors. *Science and football IV*. Sydney: Taylor and Francis, 382.
- Heller, J., Prochazka, L., & Bunc, V. (1992). Functional capacity in top league football players during the competitive season. *Journal of Sports Science*, 10, 150.
- Hoff, J., & Almasbakk, B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal Strength Conditioning Research*, 9 (4), 255-8.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34 (3), 165-80.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training enhances running economy and aerobic endurance performance. In: Hoff J, Helgerud J, editors. *Football (soccer)*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Hoff, J., Wisloff, U., & Engen, L. C. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British*

- Journal of Sports Medicine*, 36 (3), 218-21.
- Holmann, W., Liesen, H., & Mader, A. (1981). Zur Höchsten-und Dauerleistungsfähigkeit der deutschen Fußball-Spitzen-spieler. *Dtsch Sportmedizin*, 32, 113-20.
- Lehnhart, R. A., Lehnhart, H. R., & Young, R. (1996). Monitoring injuries on a college soccer team: the effect of strength training. *Journal of Strength Conditioning Research*, 10 (2), 115-9.
- MacRae, H. S-H., Dennis, S. C., & Bosch, A. N. (1992). Effects of training in lactate production and removal during progressive exercise in human. *Journal of Applied Physiology*, 72 (5), 1649-56.
- Mayhew, S. R., & Wenger, H. A. (1985). Time motion analysis of professional soccer. *Journal of Human Movement Study*, 11, 49-52.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science*, 21(7), 519-28.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Nybo, L. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand Journal of Medicine & Science in Sports*, 14 (3), 156-62.
- Narici, M. V., Roi, G. S., & Landoni, L. (1989). Change in force, cross sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 59 (4), 310-9.
- Nevill, A. M., Brown, D., & Godfrey, R. (2003). Modeling maximum oxygen uptake of elite endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (3), 488-94.
- Ogushi, T., Ohashi, J., & Nagahama, H. (1993). Work intensity during soccer match-play. In: Reilly T, Clarys J, Stibbe A, editors. *Science and football II*. London: E & FN Spon, 121-3.
- Pate, R. R., & Kriska, A. (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Medicine*, 1 (2), 87-98.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Science*, 18 (9), 669-83.
- Rienzi, E., Drust, B., & Reilly, T. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 40 (2), 162-9.
- Sale, D. G. (1992). Neural adaptations in strength training. In: Komi PV editor. *Strength and power in sport*. London: Blackwell Scientific Publications, 249-95.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power event. In: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*. London: Blackwell Scientific Publications, 381-95.
- Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2 (2), 83-99.
- Stroyer, J., Hansen, L., & Hansen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (1), 168-74.
- Svedenhag, J. (1995). Maximal and submaximal oxygen uptake during running: how should body mass be accounted for. *Scand Journal of Medicine & Science in Sports*, 5 (4), 175-80.
- Thatcher, R., & Batterham, A. M. (2004). Development and validation of a sport-specific exercise protocol for elite youth soccer players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 44 (1), 15-22.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity exercise. *Sports Medicine*, 31 (1), 1-11.
- Voigt, M., & Klausen, K. (1990). Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programs. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 60 (5), 370-6.
- Wisloff, U., Castagna, C., & Helgerud, J. (2004). Maximal squat strength is strongly correlated to sprint performance in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38 (3), 285-8.
- Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (3), 462-7.
- Withers, R. T., Maricic, Z., & Wasilewski, S. (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Study*, 8, 159-76.

The Aerobic Capacity and Muscular Strength of Soccer Players

Jin, Ming Yang¹ Shi, Chang He²

¹Kao Yuan University ²National Kaohsiung Marine University

ABSTRACT

Because of the game duration, soccer is mainly dependent upon aerobic metabolism. Distances covered at top level are in order of 10~12km for the field players, and about 4km for the goalkeeper. The average work intensity measured as percentage of maximal heart rate during a 90 minute soccer match is close to the anaerobic threshold; the highest exercise intensity where the production and removal of lactate is equal; normally between 80~90% of HRmax in soccer players. Although aerobic metabolism dominates the energy delivery during a soccer game, the most decisive actions are covered by means of anaerobic metabolism. To perform short sprints, jumps, tackles, and dual play, anaerobic energy release is determinant with regard to who is sprinting fastest or jumping highest. This is often crucial for the match outcome. It would be physiologically impossible to keep a higher average intensity over a longer period of time due to the resultant accumulation of blood lactate. Therefore, the players need periods of low-intensity activity to remove lactate from the working muscles. Previous studies indicated that, no one has yet managed to provide accurate data when measuring oxygen uptake. However, establishing the relation ship between heart rate and $\dot{V}O_2$ during a game allows accurate indirect measurement of $\dot{V}O_2$ during soccer matches. Furthermore, researchers indicated that a 5% improvement in running economy could increase match distance by approximately 1000 m. Strength and power are equally as important as endurance in soccer. By increasing the available force of muscular contraction in appropriate muscle groups, acceleration and speed may improve in skills critical to soccer such as turning, sprinting and changing pace. High levels of maximal strength in upper and lower limbs may also prevent injury in soccer.

Key words: soccer players, aerobic capacity, muscular strength