

熱身運動對於運動表現的影響

何寶成 蔡忠昌 / 國立彰化師範大學應用運動科學研究所

壹、前言

隨著時代潮流的變化和社會的進步，休閒和運動愈來愈受到重視，不過，運動前熱身活動的重要性卻常常被忽略。對於一般人而言，好不容易有了運動的時間，自然常常忘記運動前熱身的必要，倉促下場的結果往往容易造成許多意外的傷害，徒增困擾。對於運動選手而言，許多選手非常熟練一次又一次制式的熱身操，但若增加選手對於熱身運動的認識，將能使他們在做熱身時有正確的概念，並藉此提升其運動表現。

熱身(warm up)或是事前運動(prior exercise)指的是在運動前，透過不同的動作的組合，輕鬆活動肢體，為隨後劇烈的身體活動作準備，以增加隨後的運動表現（林正常，1993）。運動前熱身除了可以增加運動表現，還可以減少運動傷害的產生，在心理上也可以增加信心(Alter, 1990)。近年來國內的學者針對熱身運動提出一些看法，一致地強調熱身運動的重要性及優點（祁葉榮、莊恆澤、張又文，2004；蔡明松、鍾志明，1996；鄭富吉，2005），但是針對熱身運動對生理的影響，和熱身對於運動表現提升的探討則較為欠缺。本文章主要在探討熱身運動對於生理和運動表現的影響，使一般大眾和運動選手能對熱身運動有更深入的了解，並在從事運動前加以應用以提升運動表現。

貳、熱身運動的影響

為了更清楚知道熱身運動的影響，作者根據近年來的一些相關研究論文的結論整理如圖一。以常使用的熱身方式如慢跑或者是騎腳踏車為例，主動熱身使肌肉產生收縮，而由於肌肉收縮過程中必然會產生多餘的熱能，因此使體溫上升，此一效應頗為合乎中文「熱身」的字面意義：即讓身體熱起來以及體內溫度的提升(Gray, Devito, & Nimmo, 2002; Gray & Nimmo, 2001; Gregson, Drust, Batterham, & Cable, 2002; Racinais, Blanc, & Hue, 2005; Stewart, Macaluso, & Vito, 2003)。體內溫度上升有助於身體內生化代謝反應的進行，例如血紅素－氧氣解離速率增加、細胞內酶的活性增加、肝醣的分解速率增加、神經傳導的速度增加、血管擴張、血液流量與流速增加，生理代謝反應加速和肌肉黏滯性減少等等(Bishop, 2003)。

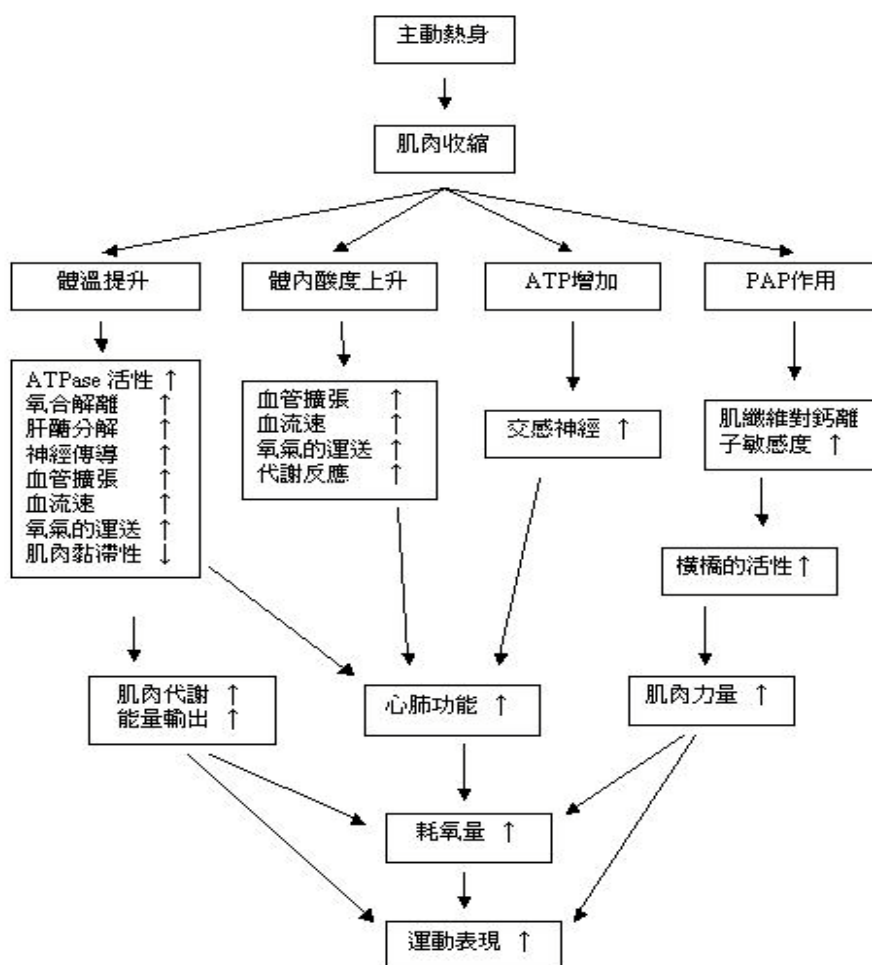
這一連串的反应使得體內氧氣運送與消耗隨之提升，因此進一步增加心臟血液輸出量(cardiac output)與肺的通氣量(ventilation)(Jones, Koppo, & Burnley, 2003)。而肌肉收縮時由於伴隨的無氧

一般論述

大專體育第 91 期 / 96 年 8 月

代謝，會造成乳酸的增加(Gray et al., 2002; Gray & Nimmo, 2001; Vincent et al., 2003)，導致細胞內和血液的氫離子與酸度提升，使收縮中的肉血管擴張、血流速增加、氧氣的運送能力和生理代謝反應增加，此一系列反應也會提升心肺功能和攝氧量。此外，交感神經活性增加，會促使血液腎上腺素分泌增加而更增進運動的生理功能。

一般而言，運動表現的提升可以藉由生理機能的活化獲得助益，而根據上述運動前的熱身的生理反應，熱身活動確實改變人體的生理機能，以下將針對熱身活動對於肌肉神經系統、心肺系統、能量代謝的影響作進一步的探討。



圖一 熱身運動對於運動表現影響的流程

註：↑表示增加，↓表示下降。

PAP (Post-activation potentiation)-活化後增益作用。

ATP (Adenosine triphosphate)-腺嘌呤核苷三磷酸。

參、熱身運動對於肌肉與神經作用的影響

由於體內溫度提升的影響，肌肉組織內的能量代謝反應產生變化，Bishop(2003)的文章中指出熱身過程中，透過肌肉的收縮產生熱能使體溫上升，可以增加肌肉儲存的肝醣分解成葡萄糖，提供細胞能量代謝的來源，此外，細胞內有氧呼吸的代謝反應限制速率改善，能加速氧化速率，進而增加有氧能量的供應，這些反應有助於肌肉有氧能量的供應速率，而當肌肉利用有氧能量的比例增加時，可以減低肌肉中的乳酸形成和延遲肌肉的疲勞(McCutcheon, Geor, & Hinchcliff, 1999)，因為熱身後耗氧量增加，體溫上升增加氧氣和血紅素的解離，可增加有氧能量的利用，乳酸形成就較為緩慢，疲勞也會延遲產生。此一反應可由 Robergs et al.(1991)的研究中證實，從事熱身運動後進行兩分鐘激烈運動，結果發現實驗組肌肉和血液中乳酸低於控制組，而體溫則高於控制組。

熱身活動有助於肌肉作用的另一機制是所謂的活化後增益作用(post-activation potentiation, PAP)，指的是肌肉收縮時，使肌纖維對於鈣離子的敏感度提升，增加粗細肌絲橫橋活性，使肌肉收縮產生的力量和速度增加(Sale, 2002)。同時，熱身可以使肌肉纖維中的黏滯性降低，使肌肉和關節活動範圍增加，因此運動中可做出強度較強的運動，並減少肌肉的損傷。

熱身運動也可以增加神經傳導能力(Bishop, 2003)，而使得肌肉收縮速度更快。由於熱身運動使體溫提升，體溫提升可以促進神經傳導物質的釋放，神經傳導能力上升對於衝動傳遞加速，可以增加運動員的反應及敏捷，有助於運動表現。此一反應可由 Hoffmann reflex (H 反射) 的研究證實(黎俊彥、黃啓煌, 1997)，低強度的肌肉收縮會促使增加神經傳導速度(Patikas, Bassa, & Kotzamanidis, 2006)。

肆、熱身運動對於心肺功能的影響

除了肌肉本身的反應之外，肌肉收縮也會影響心肺功能。肌肉收縮時，其機械受器(mechanoreceptor)受到刺激，加上收縮所產生的化學分子如 ATP、乳酸等刺激另一代謝受器(metaboreceptor)，一般認為此二受器經由 Type III 和 Type IV 神經傳遞訊息到延腦的心血管中樞，增加交感神經的活性(Costa et al., 2001; Li, King, & Sinoway, 2003)，交感神經刺激心臟與呼吸功能，並增加肌肉的動員，此一作用一般稱為運動升壓反射(exercise pressor reflex)(Kauffman & Hayes, 2002)。熱身時經由此一反射作用可以提升心肺的功能，使耗氧反應的加速(Endo et al., 2004; Jones et al., 2003)、增加耗氧量(Burnley, Doust, & Jones, 2005; Gray & Nimmo, 2001; Hajoglou et al., 2005)和增加心跳率(Gray & Nimmo, 2001; Gregson et al., 2002)。許多研究指出熱身運動後可以立即提升耗氧量，在隨後的運動表現中，開始就比控制組有較高的耗氧量，氧氣的利用效率提高(Delorey, Kowalchuk, & Paterson, 2004; Gurd, Scheurmann, Paterson, & Kowalchuk, 2005; Hajoglou et al., 2005)，減少無氧能量和提升有氧能量的利用(Endo et al., 2004)。DeLorey et al.(2004)的研究結果也顯示在耗氧能力的提升之後，受試者進行高強度運動時的表現比控制組好。

血液中氧氣的輸送主要是透過和血紅素結合，形成氧合血紅素，而體內氧氣的分壓、pH 值和溫度都會影響的氧氣的釋放（許世昌，1997）。當氧氣的分壓降低，將會增加氧氣的釋放，氫離子(H⁺)會和血紅素結合而降低血紅素和氧氣結合的能力，也可以增加氧氣的釋放，此即所謂的波爾效應(Bohr effect)。還有溫度上升時血紅素釋放出氧氣的量也會增加，更能提升有氧代謝；另一方面，血流速增加也能加快將二氧化碳及其他的代謝產物帶離開細胞。當運動時身體因為肌肉組織的需求而造成血流量的重新分配，主要是運動中的肌肉需要較多的養分，並且會產生較多的代謝產物，為了快速將這些代謝產物分解或再利用，就必須藉由大量的血液攜帶養分或代謝物，因此這些肌肉就會分配較多比例的血流量(Robergs & Keteyian, 2003)。

另一方面，心跳率會隨著肌肉收縮而上升(Gladwell & Coote, 2002)，使全身的血液總流量增加，能使氧氣傳送到肌肉組織進行有氧代謝，減少無氧代謝，可以減慢乳酸的形成並且加速乳酸的排除(McCutcheon et al., 1999)。總之，熱身運動後心跳率提升、耗氧量增加和加速耗氧的能力，隨後從事劇烈運動，可以增加肌肉和血液中氧氣的利用，增加氧氣利用可使有氧代謝能力增加，減少無氧的能量代謝，產生較多的能量，使人類在運動中能量充足，運動的時間持續更久。

位、熱身對於能量代謝的影響

人體運動時可以利用的能量分子，包括碳水化合物、脂肪以及蛋白質。碳水化合物可以經由無氧和有氧途徑被代謝，其中，無氧代謝的利用速率很快，但是碳水化合物在肌肉的儲存量不多，較高強度運動下一二個小時就可能用光(Powers & Howley, 2001)。脂肪的利用只能以有氧途徑代謝，利用速率較慢，但是脂肪在身體的儲存量很多，脂肪的利用比例越高，越有利於長時間運動的表現。蛋白質在運動中被分解產生能量的比例不高，而且蛋白質在細胞中多半為結構分子或具功能性，其分解不利於細胞的生理運作。以下將探討有關熱身運動對能量分子利用的影響。

碳水化合物代謝方面，熱身運動後血液中的腎上腺素顯著的增加，此一反應增加肌肉中肝糖的分解(glycogenolysis)，有利於無氧能量的利用(Bishop, 2003)。另外，腎上腺素會引起“戰或逃”(fight or flight)全身性的反應，使血液中血糖增加，有利於各組織能量的利用(Gray et al., 2002)。

脂肪酸代謝方面，Gray et al.(2002)的研究發現熱身運動可以增加肌肉中乙醯肉鹼(acetyl carnitine)和降低肉鹼(carnitine)的含量，這表示肌肉中部分的脂肪被分解成脂肪酸並和肉鹼結合成乙醯肉鹼，而此一反應有利於耐力型的運動，因為脂肪可以提供運動中較多的能量。此外，有氧代謝所產生的脂肪酸和乳酸，會造成細胞酸度提高，不利於肌肉收縮。熱身運動正可以增加血液流速將肌肉中的酸排除，或將乳酸經葡萄糖新生作用(gluconeogenesis)轉化成葡萄糖以供運動時利用。

蛋白質代謝方面，熱身運動並不會造成組織蛋白質分解的增加。蛋白質分解必須經去胺作

用(deamination)產生 NH_4^+ ，而 Gray and Nimmo(2001)的研究指出熱身運動並不會造成血液中的阿摩尼亞(NH_4^+)的增加，也不會造成肌肉的損傷。

另外，熱身運動後肌肉中的肌酸、磷酸和 ATP 沒有顯著變化(Gray et al., 2002)。肌酸、磷酸和 ATP 是能量代謝主要的產物，沒有顯著變化代表在熱身運動中並沒有消耗太多能量，而使隨後的運動可以繼續使用更多能量。由以上的討論得知熱身有助於於運動中能量代謝的利用。

陸、熱身運動對於運動表現的影響

理論上，上述生理機制都會在熱身的過程中提升身體運動的功能而增加運動表現，但是熱身運動對於運動表現是否真有幫助？表一整理了近年來相關研究的結果，顯示熱身運動確實可以增進運動表現，尤其是短時間或爆發力的運動項目。雖然在衰竭運動表現不如預期(Gregson et al., 2002)，但是在一般從事休閒活動或運動時，並不會持續運動直到有衰竭的現象產生，所以整體而言熱身運動對於運動表現是有幫助。

表一 熱身活動相關研究

文獻作者	實驗參與者	熱身模式	實驗結果
Behm et al. (2004)	16位健康大學生	騎自行車熱身	平衡能力提升、反應能力提升、敏捷能力提升。
Burkett, Phillips, & Ziuraitis (2005)	29位美式足球運動員	負重跳熱身	垂直跳高度提升。
Burnley, Doust, & Jones (2005)	12位自行車運動員	騎自行車熱身	攝氧量提升、運動表現提升。
Faigenbaum, Bellucci, Bernieri, Bakker, & Hoorens (2005)	60位兒童	動態運動熱身 動態運動熱身 加上跳躍	垂直跳成績提升、折返跑成績提升。 垂直跳成績提升、折返跑成績提升、 跳遠成績提升。
Faigenbaum et al. (2006)	30位自願參加者	動態運動熱身	垂直跳成績提升、推藥球成績提升、 10碼衝刺成績提升。
Fletcher & Jones (2004)	97位橄欖球運動員	動態伸展熱身	20公尺衝刺成績提升。
Fradkin, et al. (2004)	20位男性高爾夫運動員	主動熱身	揮杆速度增加、運動表現提升。
Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Mavromatis, & Garas (2003)	20位自願參加者	半蹲跳熱身	垂直跳高度成績提升。
Hajoglou et al. (2005)	8位優秀的自行車選手	騎自行車熱身	運動表現提升、力量提升、耗氧量提升。
Little & Williams (2006)	18位英國俱樂部足球選手	動態運動熱身	10公尺衝刺成績提升、20公尺高速衝 成績提升、刺敏捷能力提升。

表一 熱身活動相關研究 (續)

McMillian, Moore, Hatler, & Taylor (2006)	30位成人	動態熱身	T字型敏捷跑、藥球推擲和五步助跑跳運動表現顯著提升。
Racinais, Blanc, & Hue (2005)	8位體育系學生	主動熱身	核心溫度、肌肉溫度、最大功率、最大速度顯著高於控制組。
Smith, Fry, Weiss, Li, & Kinzey (2001)	9位男性成人	蹲舉熱身	10秒衝刺成績提升。
Stewart, Macaluso, & Vito (2003)	8位自願參與者	主動熱身	肌肉和皮膚溫度、功率輸出顯著高於控制組。
Yamaguchi & Ishii (2005)	11位健康的男性成人	主動動態伸展熱身	腿部力量提升。
Young & Behm (2003)	16位自願參與者	慢跑熱身	垂直跳成績提升、腿部力量提升。

熱身一般有兩種模式，主動熱身和被動熱身。主動熱身活動使從事運動者身體體溫上升；被動熱身則是從事運動者待在一個溫度較高的空間中，藉由周邊環境溫度較高，熱能經由傳導、輻射等方式，使待在此空間的運動者體溫上升，例如三溫暖、蒸和浸泡溫水等氣室(Gray et al., 2002; Gray & Nimmo, 2001; Gregson et al., 2002; Stewart et al., 2003)。主動熱身由於是藉著肌肉收縮來達到熱身效果，因此可以產生體內酸度提升、ATP 釋放和 PAP 作用，有助於隨後的運動表現，而在被動熱身中雖然體溫可以提升，但缺乏肌肉收縮運動，導致無法提升體內酸度、ATP 釋放和 PAP 作用，所以主動熱身的效益優於被動熱身。

熱身運動對於運動表現的影響是有益的，Young and Behm 在 2003 年針對 16 位實驗參與者的研究中，發現有熱身運動的組別在深蹲垂直跳的高度優於控制組，兩組高度相差 4.5%，而在力量產生熱身組也高於控制組 4.4%。Behm et al. 在 2004 年以 16 位大學生進行騎腳踏車熱身研究，結果指出熱身運動後平衡能力、反應能力和敏捷能力都有提升。Hajoglou et al. 在 2005 年針對 8 位自行車選手，進行短距離 3000 公尺的自行車實驗中發現熱身組分別為：輕鬆熱身組成績為 266.8 秒±12.0 秒，劇烈熱身組成績為 267.3 秒±12.1 秒，在速度上顯著優於控制組的 274.4 秒±12.1 秒，而在功率輸出和攝氧量也顯著優於沒有熱身運動的運動員。在 2005 年 Racinais et al.，針對 8 位體育系學生進行研究，發現有熱身運動的組別在最大功率輸出和最大速度測量都顯著優於控制組。在 2006 年 McMillian et al. 研究結果，顯示有從事動態熱身活動的組別，在爆發力和敏捷性的運動項目上，當顯著優於控制組。由以上的研究中我們發現從事熱身運動後，可以提升某些生理機制，如溫度、攝氧量、血流量等，而這些生理的變化會反應在運動的表現上，使運動表現有所提升。

柒、結語

熱身運動有助於隨後的運動表現，除了藉由生理上的變化來提升運動表現外，另外心理上

的準備，也可以藉由從事適當的熱身運動，來增加運動者參與運動的信心，也是有助於運動表現。而生理上的變化主要是透過主動熱身的方式，經由是慢跑或是騎腳踏車使肌肉產生收縮，當肌肉收縮就會提升體溫，產生生理變化，也會消耗能量後再產生新的 ATP，促使交感神經活化，提升生理機能，還有能量代謝後體內酸的產生，能提升生理機能調解作用，最後還有肌肉 PAP 作用，有助於力量的產生。另一方面，藉由熱身運動後耗氧量提升、體溫提升、體內 pH 值降低和氧氣的消耗，增加氧氣和血紅素的分解，提供足夠的氧氣進行有氧代謝，而能實際地幫助運動員有效提升其運動表現。

參考文獻

- 林正常 (1993)。《運動科學與訓練》。台北縣：銀河文化。
- 祁葉榮、莊恆澤、張又文 (2004)。籃球熱身暖和運動對生理與傷害的影響。《中華體育》，18卷2期，102-106 頁。
- 許世昌 (1997)。《新編解剖生理學》。台北市：永大書局。
- 蔡明松、鍾志明 (1996)。熱身運動(Warming-up)對運動表現的影響。《大專體育》，27期，83-87頁。
- 鄭富吉 (2005)。預防保齡球運動傷害之熱身與伸展操。《文化體育學刊》，3期，107-112頁。
- 黎俊彥、黃啓煌 (1997)。Hoffmann反射在運動科學上的應用。《中華體育學刊》，18卷4期，91-97頁。
- Alter, M. J. (1990). *Sport stretch*. Champaign, IL: Leisure Press.
- Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F., & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), 1397-1402.
- Bishop, D. (2003). Warm Up I - Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439-454.
- Burkett, L. N., Phillips, W. T., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 673-676.
- Burnley, M., Doust, J. H., & Jones, A. M. (2005). Effects of prior warm-up regime on severe-intensity cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 838-845.
- Costa, F., Diedrich, A., Johnson, B., Sulur, P., Farley, G., & Biaggioni, I. (2001). Adenosine, a metabolic trigger of the exercise pressor reflex in humans. *Hypertension*, 37, 917-922.
- DeLorey, D. S., Kowalchuk, J. M., & Paterson, D. H. (2004). Effects of prior heavy-intensity exercise on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in young and older adult humans. *Journal of Applied Physiology*, 97, 998-1005.
- Endo, M., Usui, S., Fukuoka, Y., Miura, A., Rossiter, H. B., & Fukuba, Y. (2004). Effects of priming exercise intensity on the dynamic linearity of the pulmonary VO₂ response during heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 545-554.
- Faigenbaum, A. D., Bellucci, M., Bernieri, A., Bakker, B., & Hoorens, K. (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 376-381.

- Faigenbaum, A. D., Kang, J., McFarland, J., Bloom, J. M., Magnatta, J., Ratamess, N. A., et al. (2006). Acute effects of different warm-up protocols on anaerobic performance in teenage athletes. *Pediatric Exercise Science, 17*, 64-75.
- Fletcher, I. M., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 18*(4), 885-888.
- Fradkin, A. J., Sherman, C. A., & Finch, C. F. (2004). Improving golf performance with a warm up conditioning programme. *British Journal Sports Medicine, 38*, 762-765.
- Gladwell, V. F., & Coote, J. H. (2002). Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: A role for mechanoreceptors. *Journal of Physiology, 540*(3), 1095-1102.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17*(2), 342-344.
- Gray, S. C., Devito, G., & Nimmo, M. A. (2002). Effect of active warm-up on metabolism prior to and during intense dynamic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 34*(12), 2091-2096.
- Gray, S., & Nimmo, M. (2001). Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences, 19*, 693-700.
- Gregson, W. A., Drust, B., Batterham, A., & Cable, N. T. (2002). The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged submaximal exercise in moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology, 86*, 526-533.
- Gurd, B. J., Scheuermann, B. W., Paterson, D. H., & Kowalchuk, J. M. (2005). Prior heavy-intensity exercise speeds VO₂ kinetics during moderate-intensity exercise in young adults. *Journal of Applied Physiology, 98*, 1371-1378.
- Hajoglou, A., Foster, C., Koning, J. J. D., Lucia, A., Kernozek, T. W., & Porcari, J. P. (2005). Effect of warm-up on cycle time trial performance. *Physical Fitness and Performance, 37*(9), 1608-1614.
- Jones, A. M., Koppo, K., & Burnley, M. (2003). Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. *Sports Medicine, 33*(13), 949-971.
- Kauffman, M. P., & Hayes, S. G. (2002). The exercise pressor reflex. *Clinical Autonomic Research, 12*(6), 429-439.
- Li, J., King, N. C., & Sinoway, L. I. (2003). ATP concentrations and muscle tension increase linearly with muscle contraction. *Journal of Applied Physiology, 95*, 577-583.
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(1), 203-207.
- McCutcheon, L. J., Geor, R. J., & Hinchcliff, K. W. (1999). Effects of prior exercise on muscle metabolism during sprint exercise in horses. *Journal of Applied Physiology, 87*, 1914-1922.
- McMillian, D. J., Moore, J. H., Hatler, B. S., & Taylor, D. C. (2006). Dynamic vs. static-stretching warm up: The effect on power and agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(3), 492-499.

- Patikas, D. A., Bassa, H., & Kotzamanidis, C. (2006). Changes in the reflex excitability during and after a sustained, low-intensity muscle contraction. *International Journal of Sports Medicine*, 27(2), 124-130.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2001). Nutrition, body composition, and performance, in *exercise and physiology* (4th ed., pp. 438-456). New York: McGraw-Hill.
- Racinais, S., Blonc, S., & Hue, O. (2005). Effects of active warm-up and diurnal increase in temperature on muscular power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(12), 2134-2139.
- Roberts, R. A., & Keteyian, S. J. (2003). *Fundamentals of exercise physiology for fitness, performance, and health* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Roberts, R. A., Pascoe D. D., Costill, D. L., Fink, W. J., Chwalbinska-Moneta, J., Davis, J. A., & Hickner, R. (1991). Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(1), 37-43.
- Sale, D. C. (2002). Postactivation potentiation: Role in performance. *Exercise Sport Science Reviews*, 30, 138-143.
- Smith, J. C., Fry, A. C., Weiss, L. W., Li, Y., & Kinzey, S. J. (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 344-348.
- Stewart, D., Macaluso, A., & Vito, G. D. (2003). The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 509-513.
- Vincent, S., Berthon, P., Zouhal, H., Moussa, E., Catheline, M., Ferrer, D. B., et al. (2003). Plasma glucose, insulin and catecholamine responses to a Wingate test in physically active women and men. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 15-21.
- Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 677-683.
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 21-27.