

Pre-Inter-Cooling 對階梯式負荷乳酸堆積與熱感覺指標之影響

李智瑋¹ 陳佳慧² 張嘉澤²

¹國立體育大學競技與教練科學研究所

²台灣運動能力診斷與訓練調整中心

摘要

本研究目的旨在探討 Pre-Inter-Cooling 對階梯式負荷乳酸堆積與熱感覺之影響。對象為 4 名大專健康男性運動員，受試者的平均年齡為 25.3 ± 3.3 歲，身高與體重分別為 172.3 ± 6.8 cm 與 66.7 ± 7.1 kg。測試內容為階梯式負荷測試 (Mader et al., 1976)，在環境溫度 30.5 ± 0.4 °C 相對濕度 71.7 ± 3.2 % 的環境下，穿著冷卻背心與無冷卻背心，於高速跑步機 (h/p cosmos) 上進行階梯式負荷測試。起始速度 2.5 m/s；每階上昇 0.5 m/s；每階持續 5 分鐘；組間休息 40 秒採集乳酸與熱感覺量表，測試至受試者最大負荷為止。結果顯示，乳酸方面，第一次 (2.5 m/s) 負荷，Non cooling 與 Cooling 乳酸平均值分別為 2.18 ± 0.35 mmol/l 與 1.69 ± 0.14 mmol/l，兩者差異 -0.49 mmol/l ($p<0.05$)。在第四次 (4.0 m/s) 負荷乳酸值達到最高，Non cooling 與 Cooling 乳酸平均值分別為 8.33 ± 2.57 mmol/l 與 7.67 ± 1.89 mmol/l，兩者差異 -0.66 mmol/l。在熱感覺量表方面，第一次 (2.5 m/s) 負荷，Non cooling 與 Cooling 熱感覺量表平均值分別為 6.50 ± 1.00 與 4.50 ± 1.73 ，兩次差異 -2.00 。在第四次 (4.0 m/s) 負荷，熱感覺量表 Non cooling 與 Cooling 平均值分別為 8.75 ± 0.50 與 7.75 ± 1.25 ，兩者差異 -1.00 ，四次負荷熱感覺量表 Cooling 平均值均低於 Non cooling，但皆未達顯著差異。結論，Cooling 能夠減少熱環境所帶來的熱壓力且能有效改善肌肉的能量代謝。因此，在從事運動或訓練負荷時，具有提高品質之效果。

關鍵字：冷卻，乳酸，熱感覺

問題背景

人體正常體溫約為 37 °C (世界衛生組織 WHO)，體溫反應身體的熱平衡，要維持體溫的恆定，必須先在產熱與散熱間取得平衡，一旦平衡受到破壞，體溫隨即改變。體溫控制中樞為大腦中稱為下視丘 (hypothalamus) 的區域，下視丘的功能就像恆溫器，以維持生理機能的正常運作 (Blatteis, 2001)。過去研究發現，當環境溫度超過 30 °C 相對溼度 60 % 以上時，造成身體及大腦下視丘的壓力，人體會無法適應熱壓力 (heat stress)，而限制人體藉由蒸發散熱的能力 (Brearley & Finn, 2003)。因此，在熱環境下運動，容易造成體內的核心溫度升高，因而影響身體的能量代謝、心肺功能、體內體液平衡以及中樞神經系統，進而影響了運動表現 (Galloway & Maughan, 1997 ; MacDougall, Reddan, Layton & Dempsey, 1974)。而在熱環境下運動，亦會減少心搏量、心輸出量、肌肉血流和氧氣的傳送，進而減少最大攝氧量 (Gonzalez-Alonso & Calbet, 2003)。同時，造成體內的核心溫度升高以及增加肌肉內肝糖的消耗率 (Febbraio, Snow, Hargreaves, Stathis, Martin, & Carey, 1994 ; Parkin, Carey, Zhao, & Febbraio, 1999)。人體在熱環境下進行高強度運動，其能量來源以無氧糖酵解系統為主。無氧糖酵解路徑下的副產物乳酸與氫離子的堆積，造成人體 pH 值下降，干擾肌肉收縮、神經傳導的速度及能量來源應用，使代謝能力下降進而造成疲勞 (Stamford, Moffatt, & Sady, 1981)。

近代訓練工具的運用以及不斷的研發創新，藉由訓練工具輔助的方式，期望運動員能夠在最短的訓練期間達到較好的訓練品質和效果。而過去有許多研究運用不同的冷卻方式來降低身體的核心溫度，提昇運動表現、減輕疲勞以及防止熱傷害的產生 (Arngrimsson, Petitt, Stueck, Jorgensen, & Cureton, 2004 ; Booth, Wilsmore, Macdonald, Zeyl, McGhee, & Calvert, 2001 ; Cheung & Robinson, 2004)。而過去研究所運用的冷卻方式有水浸泡、低溫室、冷卻背心及手掌降溫等，冷卻的時間點大多是運用在運動前，運動中、間歇期及運動全程則是較少。在這些研究中皆指出，冷卻可以有效降低核心溫度以及皮膚溫度，減少血液流向皮膚，增加每跳輸出量，提供更多的氧氣輸送至肌肉，進而減緩體循環與代謝壓力提昇運動表現 (Hessemer et al., 1984; Lee & Haymes, 1995; Olschewski & Bruck, 1988)。因此，本研究目的將探討 Pre-Inter-Cooling 對階梯式負荷乳酸堆積與熱感覺指標之影響。

研究方法

一、對象

本研究以 4 名大專健康男性運動員為受試對象，實驗前須事先告知受試者整個實驗流程與注意事項，並填寫運動能力診斷疾病調查表與實驗同意書，如表-1 所示。

表-1 受試者基本資料

項目	Mean±SD
年齡 (歲)	25.3±3.3
身高 (公分)	172.3±6.8
體重 (公斤)	66.7±7.1

二、方式

本研究測試內容為階梯式負荷測試 (Mader et al., 1976)，在環境溫度 30.5 ± 0.4 °C 相對濕度 71.7 ± 3.2 % 的環境下，於高速跑步機 (h/p cosmos) 上進行階梯式負荷測試，起始速度 2.5 m/s；每階上昇 0.5 m/s；每階持續 5 分鐘；組間休息 40 秒採集乳酸與熱感覺量表，測試至受試者最大負荷為止。本實驗採平衡次序方式進行，讓所有受試者在穿著冷卻背心與無冷卻背心下進行階梯式負荷測試。而冷卻的時間為運動前 10 分鐘 (5 分鐘更換背心) 以及運動過程中，冷卻背心的溫度為 3.3 ± 1.2 °C。此測試採集的生物參數為乳酸以及熱感覺量表 (Gagge et al., 1967)。所測得數據進行資料處理與分析，以相依樣本 t 考驗檢定 Cooling 與 Non cooling 在階梯式負荷下乳酸堆積與熱感覺指標之差異，本研究顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

結果分析與討論

階梯式負荷測試結果顯示於 Non cooling 與 Cooling 乳酸方面，第一次 (2.5 m/s) 負荷，Non cooling 與 Cooling 乳酸平均值分別為 2.18 ± 0.35 mmol/l 與 1.69 ± 0.14 mmol/l，兩者差異 -0.49 mmol/l ($p < 0.05$)。在第四次 (4.0 m/s) 負荷乳酸值達到最高，Non cooling 與 Cooling 乳酸平均值分別為 8.33 ± 2.57 mmol/l 與 7.67 ± 1.89 mmol/l，兩者差異 -0.66 mmol/l，如圖-1 所示。結果顯示，Cooling 在相同的運動負荷下，乳酸平均值均低於 Non cooling。表示 Cooling 能降低皮膚溫度及體內溫度，減少血液流向皮膚，進而增加每跳輸出量，提供更多的氧氣輸送至肌肉，減緩體循環與代謝壓力而提昇運動表現 (Hessemer et al., 1984; Lee & Haymes, 1995; Olschewski & Bruck, 1988)。此研究結果與 Zyskowski, M. (2008) 相同，表示體內溫度透過血管血液流動至皮膚與冷卻背心接觸降

溫，同時皮膚血管收縮促使更多血液回流至心臟，使血液重新分配，提供更多氧氣至作用肌，因而減緩體循環與代謝壓力。

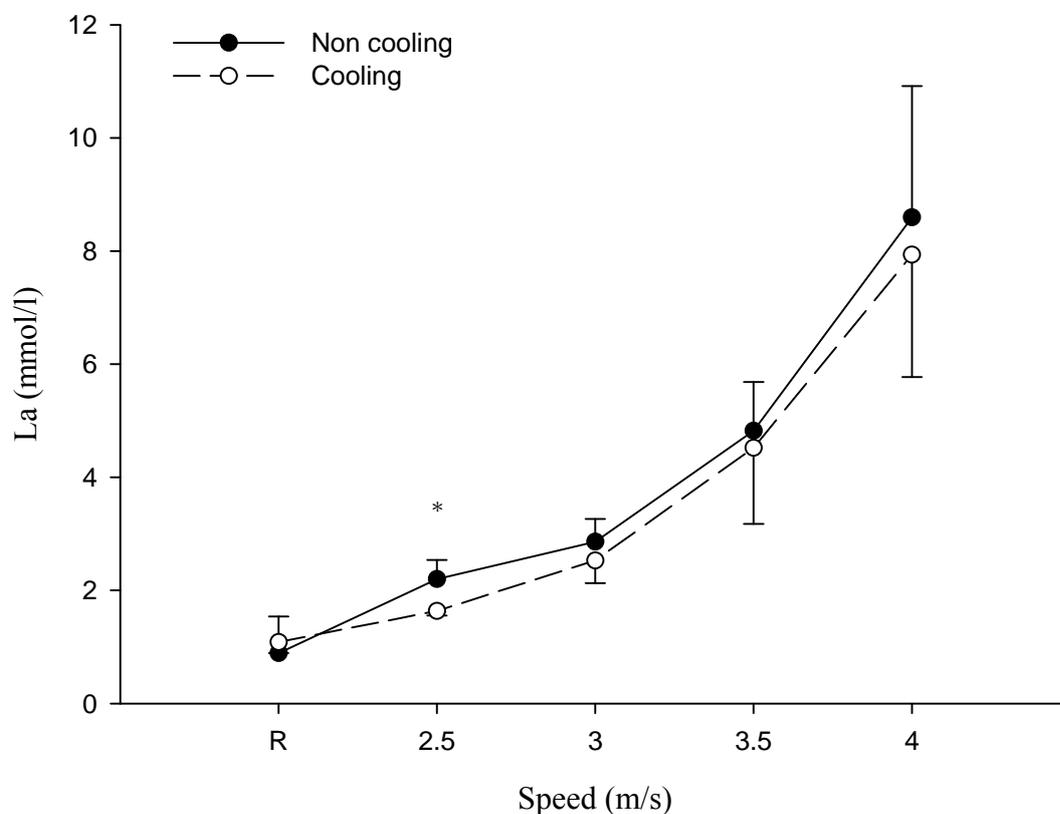


圖-1 階梯式負荷乳酸之分析

階梯式負荷測試結果顯示於 Non cooling 與 Cooling 熱感覺量表方面，第一次 (2.5 m/s) 負荷，Non cooling 與 Cooling 熱感覺量表平均值分別為 6.50 ± 1.00 與 4.50 ± 1.73 ，兩者差異-2.00。在第四次 (4.0 m/s) 負荷，熱感覺量表 Non cooling 與 Cooling 平均值分別為 8.75 ± 0.50 與 7.75 ± 1.25 ，兩者差異-1.00，四次負荷熱感覺量表 Cooling 平均值均低於 Non cooling，但皆未達顯著差異，如圖-2 所示。結果分析，在 Non cooling 方面，熱感覺量表呈現較熱較不舒適的感覺；而在 Cooling 方面，熱感覺量表呈現較低且有效改善受試者的熱舒適感。由於體內荷爾蒙的作用，促使細胞增加代謝率，因代謝增加而增加產熱，造成人體核心溫度上昇且較不舒適感。此研究結果與 Duffield, Dawson, Bishop, Fitzsimons, & Lawrence, (2003) 相同，表示在熱環境下運動，受試者心裡對熱的感覺，呈現較佳的舒適感。此現象對於在從事運動及訓練時，具有提昇品質的效果 (Schmidt & Thews, 1990)。

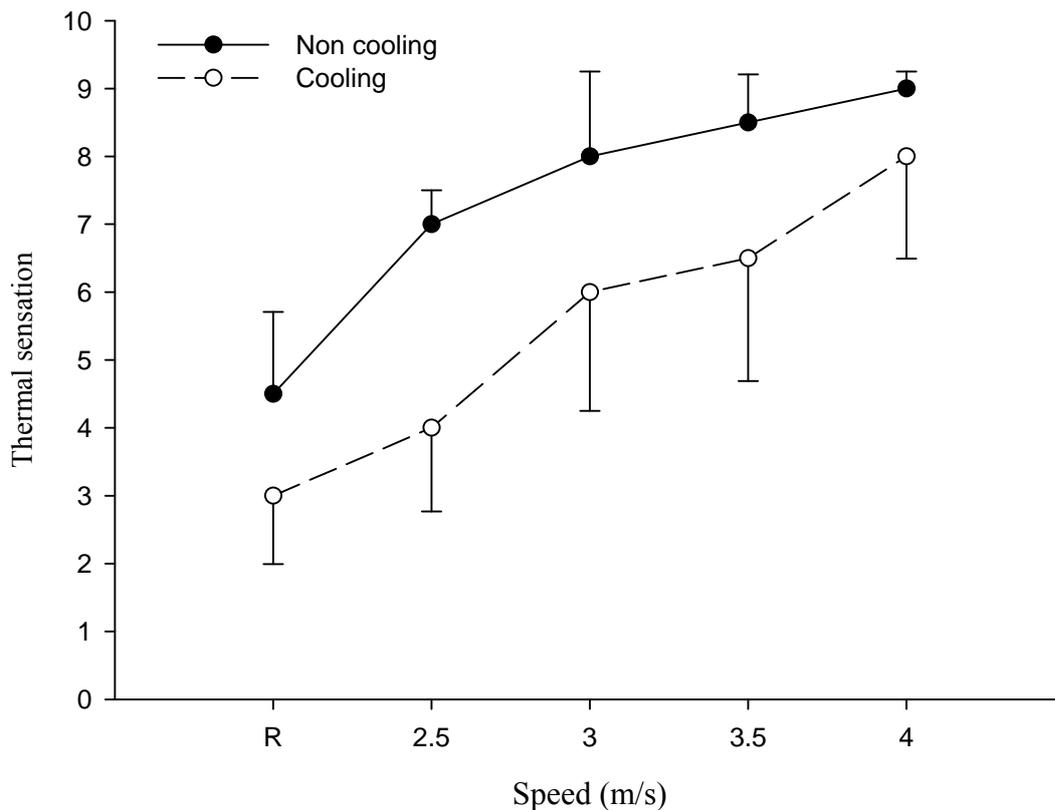


圖-2 階梯式負荷熱感覺量表之分析

肆、結論

本研究結果顯示，藉助 Cooling 能夠降低在相同運動負荷中的乳酸值，並且心裡在對熱的感覺，亦呈現較佳的舒適感。由此表示，在運動負荷中 Cooling 能夠減少熱環境所帶來的熱壓力，且能有效改善肌肉的能量代謝。因此，在從事運動或訓練負荷以及運動表現時，具有提高品質運動表現之效果。

參考文獻

世界衛生組織 (World Health Organization WHO)。健康主題。世界衛生組織中文網。

Arngrimsson, S. A., Pettitt, D. S., Stueck, M. G., Jorgensen, D. K., & Cureton, K. J.

(2004). Cooling vest worn during active warm-up improves 5-km run

performance in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1867-1874.

Blatteis, C. M. (2001). *Physiology and Pathophysiology of Temperature Regulation*.

Singapore: World Scientific Publishing Co.

- Booth, J., Wilsmore, B. R., Macdonald, A. D., Zeyl, A., McGhee, S., Calvert, D., et al. (2001). Whole body pre-cooling does not alter human muscle metabolism during sub-maximal exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 84(6), 587-590.
- Brearley, M. B., & Finn, J. P. (2003). Pre-cooling for performance in the tropics. *Sportscience*, 37, 175-180.
- Cheung, S., & Robinson, A. (2004). The influence of upper-body pre-cooling on repeated sprint performance in moderate ambient temperatures. *Journal of Sports Science*, 22(7), 605-612.
- Duffield, R., Dawson, B., Bishop, D., Fitzsimmons, M., & Lawrence, S. (2003). Effect of wearing an ice cooling jacket on repeated sprint performance in warm/humid conditions. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 164-169.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Hargreaves, M., Stathis, C. G., Martin, I. K., & Carey, M. F. (1994). Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 76, 589-597.
- Gagge, A. P., Stolwijk, J. A., & Hardy, J. D. (1967). Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. *Environmental Research*, 1, 1-20.
- Galloway, S. D. R., & Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 29, 1240- 1249.
- Gonz'alez-Alonso, J. & Calbet, J. A. L. (2003). Reduction in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation*, 107, 824-830.

- Hessemer, V., Bruck, L. K., Boderker, R. H., & Breidenbach, T. (1984). Effect of slightly lowered body temperatures on endurance performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1731-1737.
- Lee, D. T., & Haymes, E. M. (1995). Exercise duration and thermoregulatory responses after whole body precooling. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 1971-1976.
- MacDougall, J. D., Reddan, W. G., Layton, C. R., & Dempsey, J.A. (1974). Effect of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 36(5): 538-544.
- Mader, L., Lisen, H., Heck, H., Philippi, R., Schurch, P., & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportpezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit in Labor. *Sportarzt und Sportmed.* 27(4), 80-88.
- Olschewski, H., & Bruck, K. (1988). Thermoregulatory, cardiovascular, and muscular factors related to exercise after precooling. *Journal of Applied Physiology*, 64, 803-811.
- Parkin, J. M., Carey, M. F., Zhao, S., & Febbraio, M. A. (1999). Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86, 902-908.
- Schmidt, R.T., & Thews, G. (1990). *Physiologie des Menschen*. 24. Auflage. Springer Verlag. Berlin.