



# 超低溫對一般人在急性運動負荷適應效果 – 個案探討

陳宜儂<sup>1</sup> 張嘉澤<sup>2</sup> 陳德盛<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立體育大學運動保健學系 <sup>2</sup> 國立體育大學競技與運動科學研究所

## 摘要

**目的：**近年來從事路跑運動人數倍增，但是運動訓練的效果與疲勞是所有人的最大問題。過去研究顯示運動效果的提升是必須透過高負荷的肌肉收縮，才能達到改善，但是肌肉產生的疼痛，是無法避免的，這也是一般人無法規律持續運動的主因。因此，本研究目的旨在探討運動前預冷與恢復期冷卻是否可以加快肌肉對高強度之適應與降低疲勞。**方法：**受試者為兩名成人（男女各一），週運動3-5天。研究測試分為運動前 Pre-Cooling 與恢復期 Cooling。Cooling 溫度設定為-120°C，每次持續90s，間歇90s，共進行3次冷卻措施。接著進行高強度4次4.0 m/s 跑步，持續時間為60s，每次間歇時間60s (2.2 m/s)。**結果：**女性受試者體表溫度在 No Cooling 運動負荷增加0.3 °C。血液乳酸堆積濃度在 Cooling 平均值為 4.53±0.3 mmol/l，第二天 No Cooling 下降 -1.83 mmol/l。男性受試者在 No Cooling 運動負荷，血液乳酸差異 -1 mmol/l，體表溫度則增加 2.4 °C。**結論：**結果分析顯示高強度運動負荷應用 Pre Cooling 與 After Cooling，可以降低第二天相同負荷生理壓力與疲勞反應，此反應症狀提高體循環與新陳代謝系統對無氧負荷的適應速度。

## 背景

運動產生的疲勞，是一般人與競技運動員都想避免的。因此，能在無氧負荷下不會產生疲勞與肌肉疼痛的措施，因應而生，例如恢復期的低週波刺激、水療、冷療、按摩等等。近代起低溫 (-110°C) 的應用由治療疼痛疾病，普及到健身與競技運動訓練使用。Ückert & Joch (2003) 在超低溫(-110°C) 研究發現，運動中因為體表受到極冷空氣而降低體循環負荷。此生理反應機制主要在於體表下微血管瞬間接觸冷，而將體表下微血管內的血液向內部擠壓；同時將冷的血液帶入動脈，因此減輕下視丘調節內部溫度負荷，進而降低體內對外在環境的壓力。Papenfuss, W.(2005) 發現在超低溫 (-110°C) 冷卻應用，受試者在冷卻後5分鐘，明顯增加力量的能力。此生理症狀在於因冷卻後皮膚回溫，肌肉周邊微血管血液量增加，致使肌肉得到更多氧氣所致。

運動負荷心跳率與血液乳酸堆積濃度，是最直接可以作為身體運動生理壓力指標參數 (Hollmann & Rost., 1982)。Neumann & Berbalk (1991) 指出身體負荷刺激會造成生理機制壓力，而產生身體對未來刺激的調節，降低生理負荷，進而產生適應 (Adaptation)。這個機制是由腦進行調節控制，腦在身體組織受到壓力時，即時建立新訊號反饋 Signal feedback。此生理改變，既是腦對刺激的適應，也就是人體對運動負荷的習慣反應 (Hollmann, Strüder, Tagarakis, King, Diehl., 2006)。因此本研究目的旨在探討超低溫應用在一般人的高負荷強度對生理壓力與疲勞之適應速度。

## 研究方法與步驟

受試者為兩名成人，每週運動3-5天，每次運動時間介於30-60 min。運動型態包含力量耐力與持續跑步。年齡分別為54歲男性與36歲女性。

研究測試分為運動前 Pre-Cooling 與恢復期 Cooling。Cooling 溫度設定為-120°C，每次持續90s，間歇90s。共進行3次冷卻措施。運動負荷則在跑步機進行，負荷強度分為兩項：第一在 Cooling 結束後間歇90s，再開始進行跑步機 2.2 m/s 與 2.8 m/s 熱身跑步，持續時間皆為5 min，兩段速度連續進行，沒有間歇時間。第二則為高速度4次4.0 m/s (4x4.0m/s) 跑步，持續時間為60s。每次間歇時間60s，以2.2 m/s 進行慢跑 (60s)。實驗生物參數收集為心跳率與血液乳酸，血液採集時間為高負荷4.0m/s 的第二次 (2x)與第四次(4x)。體表溫度 BST (Body surface temperature) 記錄在 Cooling 的前後與運動期間，量測部位為手臂三角肌與腿部股四頭肌。

## 結論

結果分析顯示高強度運動負荷應用 Pre Cooling 與 After Cooling，可以降低第二天相同負荷生理壓力與疲勞反應，這個反應是腦對運動負荷與體內散熱及環境溫度產生適應。此症狀也提高體循環與新陳代謝系統對無氧負荷的適應速度。

## 結果

運動負荷生理參數變化分析顯示，在女性受試者心跳率平均值達 163±3.5 min<sup>-1</sup> (Cooling) 與第二天 (Day 2, No Cooling) 心跳率比較並未呈現差異。體表溫度在 No Cooling 運動負荷增加 +0.3 °C。血液乳酸堆積濃度在 Cooling 平均值為 4.53±0.3 mmol/l，第二天 (Day 2) No Cooling 下降 -1.83 mmol/l (表-1)。

男性受試者在 No Cooling 運動負荷，血液乳酸差異 -1 mmol/l。體表溫度則增加 +2.4 °C。運動負荷心跳率平均值 147±2.4 min<sup>-1</sup> (Cooling)，在 No Cooling 運動負荷心跳率則為 145±1.7 min<sup>-1</sup>，兩次差異 -2 min<sup>-1</sup> (表-2)。

表-1：女性受試者 Cooling 與 No cooling 運動負荷生理參數變化分析

| Speed | Day 1 - Cooling |                         |           | Day 2 - No Cooling |                         |           |
|-------|-----------------|-------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|-----------|
|       | La<br>mmol/s    | HR<br>min <sup>-1</sup> | BST<br>°C | La<br>mmol/l       | HR<br>min <sup>-1</sup> | BST<br>°C |
| 1x    | -               | 158                     | 28.7      | -                  | 158                     | 29.1      |
| 2x    | 4.26            | 165                     | 29.0      | 2.33               | 163                     | 29.1      |
| 3x    | -               | 166                     | 29.0      | -                  | 164                     | 29.1      |
| 4x    | 4.8             | 163                     | 29.1      | 3.04               | 166                     | 29.6      |
| M±SD  | 4.53±0.3        | 163±3.5                 | 28.9±0.2  | 2.7±0.5            | 163±3.4                 | 29.2±0.3  |

表-2：男性受試者 Cooling 與 No cooling 運動負荷生理參數變化分析

| Speed | Day 1 - Cooling |                         |           | Day 2 - No Cooling |                         |           |
|-------|-----------------|-------------------------|-----------|--------------------|-------------------------|-----------|
|       | La<br>mmol/s    | HR<br>min <sup>-1</sup> | BST<br>°C | La<br>mmol/l       | HR<br>min <sup>-1</sup> | BST<br>°C |
| 1x    | -               | 144                     | 29.8      | -                  | 143                     | 32.2      |
| 2x    | 2.97            | 147                     | 28.9      | 2.1                | 146                     | 32.3      |
| 3x    | -               | 147                     | 29.9      | -                  | 145                     | 31.0      |
| 4x    | 4.03            | 150                     | 29.8      | 2.9                | 147                     | 32.3      |
| M±SD  | 3.5±0.7         | 147±2.4                 | 29.6±0.5  | 2.5±0.6            | 145±1.7                 | 32±0.6    |

## 討論

結果分析發現女性受試者在肌肉無氧反應症狀適應比男性受試者快，在體循環變化男性受試者在 No Cooling 運動負荷，心跳率下降 2 min<sup>-1</sup>。比女性受試者適應快。Neumann et al., (1991) 研究發現肌肉乳酸適應必須在7天左右，而心跳率則間隔一天即可產生適應。但是本研究發現在 Pre-After Cooling 下，體循環與新陳代謝對生理適應速度可以明顯提高。體表溫度在女性受試者，並未明顯改變。此身體溫度調節機制主要在於腦對溫度的反應，在 Cooling 運動負荷時已提升腦對運動與外在溫度的適應所致。