

高溫及低溫環境的運動中之體溫調節反應和 運動成績之表現 (日本人男子和台灣男子之比較 I)

翁正哲*，黃明祥*，勝浦 哲夫**，原田 一**，菊池 安行**

*國立臺灣體育學院

**日本國立千葉大學工學部人體工學研究室

(國立臺灣體育學院)

摘 要

本研究的目的是在高溫及低溫環境中的腳踏車運動作業中、測試受測者的耗氧量、皮膚血流量等項目的生理反應、並以日本人和台灣的旅日青年男子，以低強度負荷之運動中的體溫調節反應與運動成績之相關和比較檢討為目的。

以相對濕度50%，在室溫15度和40度之調節式人工氣像室內，以日本人男子大學生12名和台灣男子留學生7名為受測者，用40分鐘的時間及35%之最大耗氧量的運動強度之腳踏車運動作業方式，並實施各項之生理測試，以檢討本研究之目的。

本實驗所得的結果：

- 一、日本人男子非運動群的心跳數與台灣男子非運動群之比較雖沒有統計上顯著性之差異，但日本人男子運動群卻比非運動兩群大。

- 二、在耗氧量的測驗中，15度低溫攝氧量大於高溫40度時的耗氧量。
- 三、15度低溫中的運動作業的呼吸數及耗氧量較多於高溫40度中的運動作業及安靜恢復時，其暗示著代謝的急促，所顯示出的耗氧能力較優所致。

要 點

摘要：本報告係根據作者於1964年10月間在東京大學體育研究所進行的實驗結果而撰写的。實驗目的在於探討人體在低溫環境中運動時之耗氧量及呼吸數之變化。實驗結果顯示，在15度低溫環境中運動時，人體之耗氧量及呼吸數均較之在40度高溫環境中運動時為高。此種現象之原因，可能由於低溫環境中人體之代謝率較高，且由於低溫環境中人體之血管收縮，導致心臟輸出量減少，因而引起呼吸數之增加。此外，低溫環境中人體之肌肉活動亦較之在高溫環境中為多，此亦可能導致耗氧量之增加。本報告之結論為：在低溫環境中運動時，人體之耗氧量及呼吸數均較之在高溫環境中運動時為高。此種現象之原因，可能由於低溫環境中人體之代謝率較高，且由於低溫環境中人體之血管收縮，導致心臟輸出量減少，因而引起呼吸數之增加。此外，低溫環境中人體之肌肉活動亦較之在高溫環境中為多，此亦可能導致耗氧量之增加。

A Study of the Effect of Exercise Performance on Physiological Responses to Low Intensity Exercise in Varying Temperature Environments

WONG Cheng-Che,

HUANG Ming-Shyang,

National Taiwan College of Physical Education

HARADA H.

KATURA T.O.

KIKUCHI, Y.Y.

Japan Chiba University

Abstract

This is a study comparing the exercise performance between Japanese and Taiwanese males at 15 °C and 40 °C temperature environments. Twelve male Japanese students and seven male Taiwanese volunteers were used for this study, the Japanese students were further divided into exercise and non-exercise groups. The Taiwanese males were studying in Japan at the time and were all in the non-exercise group. All experiments were conducted in a climate chamber maintained at 15 °C or 40 °C C (R.H. 50%). The subjects exercised on a bicycle ergometer in a semireclining position for 40 minutes at 35% of maximal oxygen uptake. Results of the study indicated that:

1. There was no significant difference between the Japanese and Taiwanese non-exercise groups. There was a significant difference between the

1. Japanese exercise group and the Japanese and Taiwanese non-exercise groups.
2. Oxygen uptake was higher at the lower temperature than at the higher temperature for all three groups.
3. The respiratory frequency, oxygen uptake, and metabolism and oxygen uptake capacity were all higher at the low temperature compared to the higher temperature.

壹、序 言

人體的體溫調節，隨著身體活動內容或環境與心理等諸因素而異，體溫調節隨著身體運動所影響的體內活動不斷反覆進行（6，7，8，9），且顯現出生理機能與內分泌的程度變化（10，11，12，12）。如對溫熱會產生有效的發汗現象，對寒冷會產生內分泌系統的自動調節。人體體內所產生的能量約1/4使用在勞動或運動上，其餘大部分轉換成熱能，散發至體外。如果在肌肉運動情形下即形成高體溫，依照發熱、散熱之平衡來調節體溫。（Du Beis 1938）(1)

從生理人類學之觀點而言，人種族群及人體體溫對高溫狀態會產生自動調節作用（佐藤1987. 菊池1983. 2，3）。根據Scholanden (Katsurra et, al, 1992) 之論點，人類在適於低溫的族群，於高溫環境做勞動或運動時，發汗量會增加，產生生理性疲勞，相反的在適於高溫的族群，在相同的高溫環境下作業，發汗性的疲勞不易發生因汗腺的機能於高溫馴化所致 (CHEN, 1974)(4)。那是一種對高溫之適應所產生的效應 (Katsurra et, al, 1992)(5)。本研究以同樣居在亞洲地區出生成長於亞寒帶的日本人男子和亞熱帶的台灣人男子為對象，試以居住的區域差異，並在高、低溫之人工溫度環境下的體溫調節與運動成績的影響和檢討。

貳、研究目的

在高溫及低溫環境中的腳踏車運動（仰臥姿勢）作業中，測試受測者的氧攝取量，皮膚血液流量等項目的生理反應，並以日本人男子和台灣人男子（留學生），以35%VO₂max的運動強度實施仰臥姿勢之腳踏車運動，並比較探討其運動中的體溫調節反應與運動成績之表現。

參、實驗方法

一、實驗過程

在相對溼度50%，室內溫度15°C及40°C之人工氣象室內進行實驗，每名受測者需個別參加3次實驗。首先以漸增式負荷運動方式（20w/min），測試每位受測者的踩腳踏車運動中之最大耗氧量，及第2，3次實驗以受測者的35% V_{O_2max} 耗氧量之運動強度，測試其在兩種溫度下的腳踏車式運動作業中之各項生理反應。受測者之高、低溫實驗順序是採 random block method進行。同一受測者其受測時間至少間隔一日以上。

二、受測者特徵(表一)

- 1)日本人非運動群：日本千葉大學學生10名，
- 2)日本人運動群：日本千葉大學划船俱樂部隊員5名，
- 3)台灣人：日本千葉大學台灣出身留學生7名，來日期間平均約2年。

三、測試項目

- 1)心跳數 (胸部誘導式3電極測試法)
- 2)攝氧量 (氣體連續分析測試法)
- 3)呼吸數 (同上)
- 4)皮膚表面溫度 (Har & Du Bois七點測試法)
- 5)皮膚血液流量 (雷射光線減衰檢視法)
- 6)發汗量 (電阻溼度測定法)
- 7)總發汗量 (運動前後的體重差)
- 8)運動作業，強度主觀評價

四、測試時間流程(表二)

五、測試順序

受測者在量體重之後，進入室溫約25°C的準備室，並黏貼測試感應裝置（Sensor），受測者保持平靜（坐姿）30分鐘，然後進入人工氣象室於腳踏車後所設置的座椅上保持坐姿30分鐘，並在設定好35%VO₂max運動強度的腳踏車運動在作業前5分鐘開始記錄各測試項目，主觀評價在作業的40分鐘之間每隔10分鐘實施一次。作業停止之後保持安靜狀態10分鐘後結束實驗，體重的測量在入室前及實驗後實施。

肆、研究結果

本實驗於2月下旬至3月下旬的日本國冬季期間進行。所得之測試數據依順序是運動作業前，安靜5分鐘，和運動中的0~40分鐘，及回復的10分鐘，並以10分鐘為1間隔，每1分鐘記錄1次於電腦連線及記錄每10分鐘間隔的測試值，最後實施t-檢定，檢測其落差的顯著水準程度。

在心跳數的15度低溫環境中測試，三群受測者，均沒有顯著的差異（圖1）但在40度高溫環境中，台灣人男子與日本人男子的非運動群比，日本人男子運動群的心跳數高，雖沒有顯著的水準差異，但常運動的運動群於此實驗設計之中的心跳數比不常運動的非運動群高（圖2）。（圖3）在15度低溫環境中的台灣人男子和日本人男子非運動群及日本男子運動群的每10分鐘過程之耗氧量，運動群的攝氧量大於其他兩群非運動群之耗氧量，在安靜恢復時，也呈一樣的情況。而40°C高溫環境下的運動作業，也是同樣情形。日本人運動群高於其他兩群非運動群，而日本人非運動群則較接近日本人運動群（圖4）。（圖5）台灣人男子非運動群耗氧量在高、低溫的實驗條件之中的比較，於運動作業初期第十分鐘時，

有顯著的差異，而低溫的耗氧量高於高溫的耗氧量。 $P < 0.05$ 。（圖6）日本男子非運動群的耗氧量的高，低溫環境中的運動作業之比較，低溫時的耗氧量比高溫時的耗氧量大且在第10分鐘時，均呈有顯著的差異水準。 $P < 0.001$ 及第20分鐘和第30分鐘時呈 $P < 0.05$ 之顯著的差異水準。（圖7）在日本人男子運動群的，高低溫實驗條件的運動作業間之耗氧量的測驗，低溫條件的耗氧量，均高於高溫中的耗氧量，於每10分鐘時，均為有顯著差異水準 $P < 0.05$ 。（圖8）三群受測者的低溫（ 15°C ）中的安靜時及腳踏車運動中，和安靜恢復時，各階段的呼吸次數之經過。（圖9）為 40°C 三群受測者的安靜時，運動時，恢復時，各階段的呼吸次數的經過。（圖10） 15°C 低溫環境中的受測者三群之安靜時及腳踏車運動中和安靜恢復時，各階段之每分鐘的皮膚血液流量的比較。於第25分鐘時，日本人運動群的血流量大於臺灣人非運動群，其有顯著的差異水準為 $P < 0.05$ 。於第30分鐘時，日本人運動群的血流量大於日本人非運動群，有顯著差異水準同為 $P < 0.05$ 。顯示出運動群的皮膚血流量，有顯著水準的大於非運動群。（圖11） 40°C 高溫環境中的安靜時，運動中及恢復時期的三群的皮膚血液流量，在各階段的每分鐘平均的比較，於第5分鐘（安靜時）日本人運動群大於日本人非運動群，其有意水準為 $P < 0.05$ ，而在恢復期時，日本人運動群大於臺灣人非運動群 $P < 0.05$ 的顯著差異水準。運動群的皮膚血液血流量均大於非運動群。（圖12）在發汗量的測驗結果，日本人運動群大於日本人非運動群 $P < 0.01$ 的顯著水準，而且大於臺灣人非運動群 $P < 0.001$ 的顯著差異水準。

伍、討 論

日本、台灣分別位於東亞地區的亞寒、亞熱的兩個地帶但在夏季台灣的日平均溫度高於日本，而相反的在冬季時，日本受緯度之影響氣溫

顯然比台灣低。而因暴露於低溫時（下臨界溫度22度以下），人類的基本代謝將會升高，本實驗之各項生理量，除耗氧量之外，在各群之t-檢定上雖沒有顯著的差異，但測試項目在40分鐘運動中卻明顯地有增加之傾向，尤以最受環境溫度影響的皮膚血液流量，從安靜到運動時的增加率，低溫大於高溫。皮膚表面雖有散熱之功能除此外，皮膚表面溫度受環境溫度的影響非常大。而且皮膚血液流量的增加率卻小於低溫時的血液流量(5)。三群實驗受測者，全是同樣的傾向，尤以日本人男子運動群為最顯著，運動作業的耗氧量（圖3），低溫大於高溫。人體暴露在低溫時，不僅基礎代謝量會大於高溫時的基礎代謝量且耗氧量也大於高溫下的運動作業時的耗氧量故人體在平常的安靜狀態下因基礎代謝的增高，體內散熱快乃深受環境溫度的下降所至。能量的補給供需也隨著加快本實驗的安靜姿勢（座姿）的呼吸數，低溫大於高溫，乃是低溫下的對氧之需求，因代謝加速的原因所致，所以低溫時的呼吸急促，而運動時1分鐘約60次。在回復期（座姿）的受測者運動群是低溫比高溫時的回復的慢。

陸、結 論

根據本實驗的結果，15度和40度環境溫度下的體溫調節雖然在各項生理量之中除耗氧量以外，其於各項之間並沒有顯著的差異水準，但對運動成績之影響的比較之下得知：

- 一、日本人男子非運動群和台灣人非運動群耗氧量之比較雖沒有顯著之水準，但日本人男子運動群卻比非運動兩群大。
- 二、在耗氧量的測驗中，15度低溫耗氧量大於高溫耗氧量。
- 三、低溫中的運動作業的呼吸數及耗氧量，較多於高溫中的運動作業及安靜恢復時，所暗示著代謝的急促，所顯示出的耗氧能力較優所致。

綜合觀察以上3點，本次實驗之結果暗示著，在亞熱帶和亞寒帶裡居住的年輕男子人群，高、低溫之體溫調節和運動成績之比較雖無顯著之差異水準，但運動群大於非運動的兩群。再者，本實驗中的低溫中的耗氧量大於高溫中的耗氧量，可推斷，假設有適當的訓練內容和運動處方下能在低溫中的訓練之效果或許比高溫的效果大且高。

柒、建 議

綜合本次的實驗研究報告，即以下幾點做建議：

- 1.台灣居住的青年運動員對移地訓練之考量時，可以季節性及身體的溫度適應馴化情形，來考量其更高的效果，如冬季宜考慮，日、韓之高緯度之地來實施。
- 2.從實驗室至運動場地的現場做理論與實際之應證，以佐證論述中的佐證之處。亦將理論值→實測值→運動現場的實際值之過程中將所得結果，提供運動指導者或被訓練者作參考。
- 3.測驗研究對象可再分類至性別及年齡層及增加運動強度等，視結果是否會呈現一致，來做比較研究。

捌、感 謝

本研究於實施及執筆期間感謝恩師陳定雄教授及吳青華教授之細心指導與寶貴建議得以啟發作者之思維等，至完成為止的無盡之鼓勵。

高溫及低溫環境的運動中之體溫調節反應和運動成績之表現

台灣人(7名)	身長(cm)	體重(kg)	年齡(yr)	Max $\dot{V}O_2$ (ml/min)	30% Max $\dot{V}O_2$ (watt)
平均	172.0	58.8	29.5	2046.5	63.5
SD	5.7	0.3	3.5	453.3	6.4
日本人非運動群(10名)					
平均	175.5	66.7	23.5	3317.5	81.0
SD	6.4	5.1	2.1	12.0	7.1
日本人運動群(5名)					
平均	174.2	68.4	19.4	3351.2	83.0
SD	4.7	4.8	0.9	395.3	10.1

表1、三群受測者身體特徵

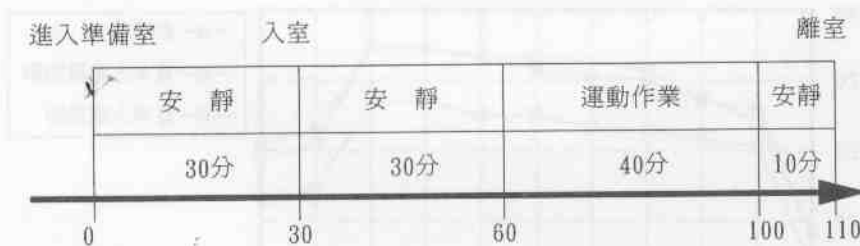


表2、實驗時間流程

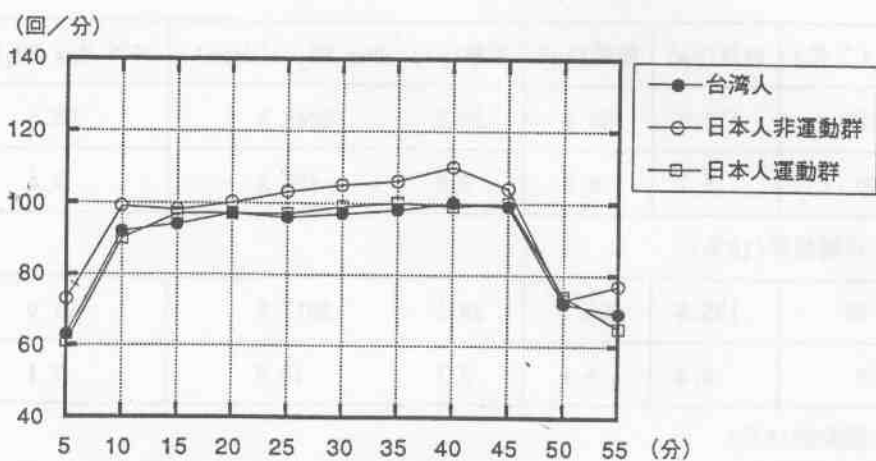


圖1、在15°C低溫環境中的台灣男子與日本男子非運動群及日本男子運動群的安靜(座姿),運動作業,回復安靜(座姿)時的心跳數。

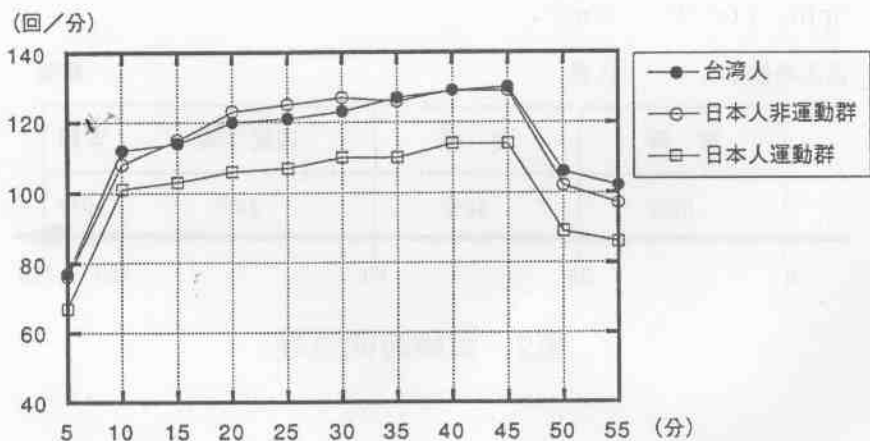


圖2、在40°C高溫環境中的台灣男子與日本男子非運動群及日本男子運動群的安靜(座姿),運動作業,回復安靜(座姿)時的心跳數。

高溫及低溫環境的運動中之體溫調節反應和運動成績之表現

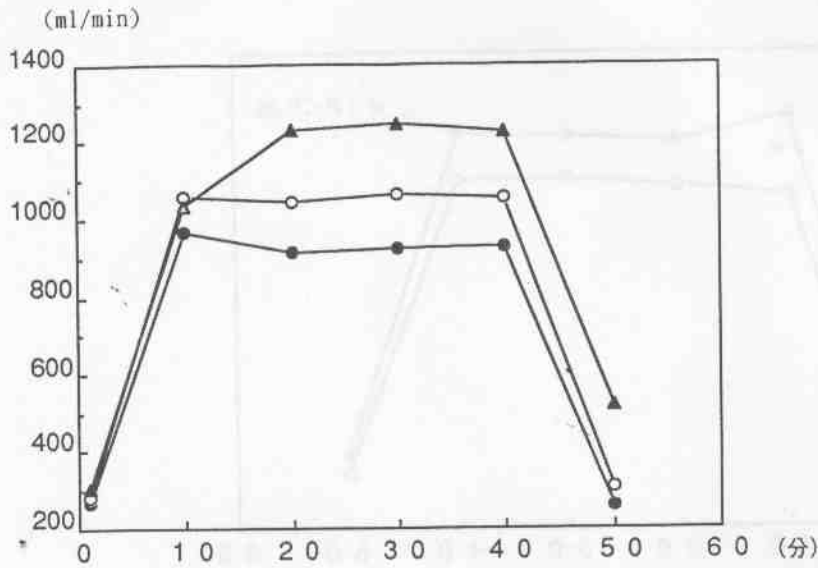


圖3、在15°C低溫環境中的台灣人男子與日本人男子非運動群及日本人男子運動群的每10分鐘過程的攝氧量。

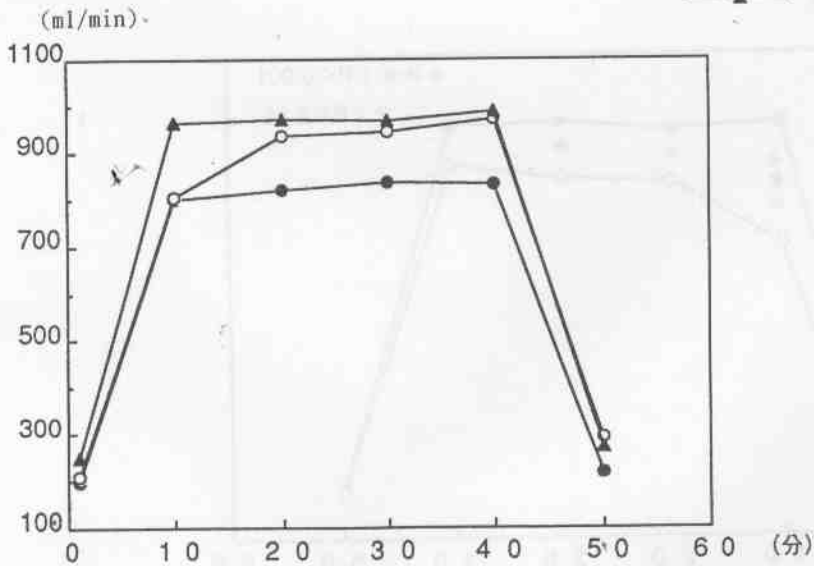


圖4、在40°C高溫環境中的台灣人男子與日本人男子非運動群及日本人男子運動群的每10分鐘過程的攝氧量。

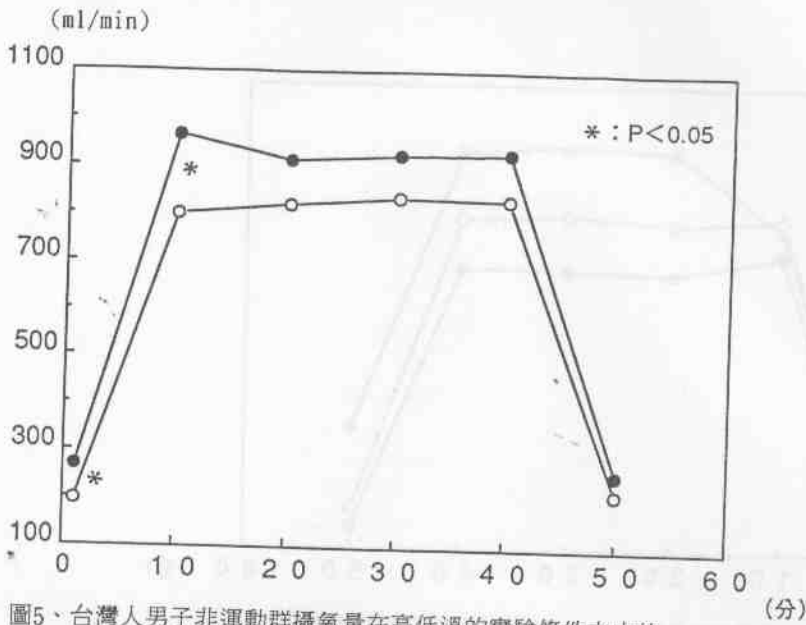


圖5、台灣男子非運動群攝氧量在高低溫的實驗條件之中的比較，有意水準 * : $P < 0.05$

● 低溫條件
○ 高溫條件

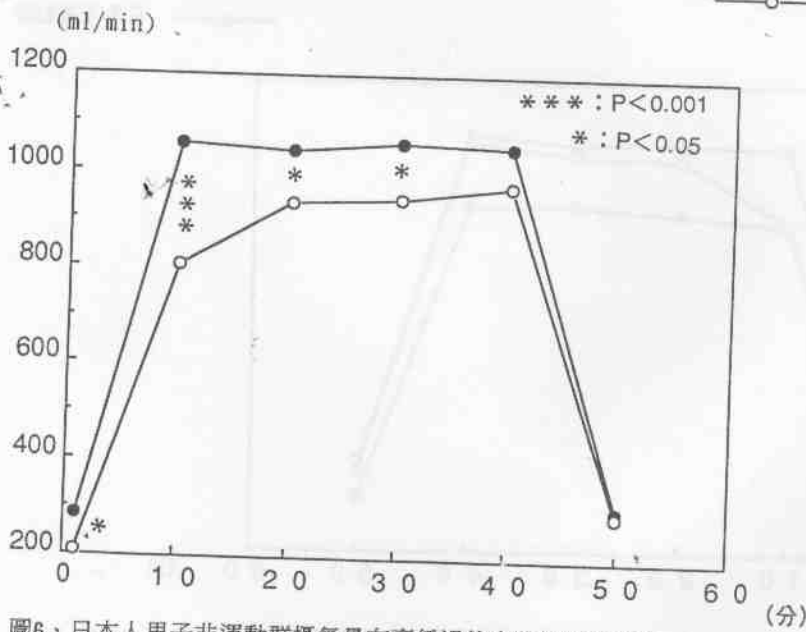


圖6、日本男子非運動群攝氧量在高低溫的實驗條件之中的比較，有意水準 * : $P < 0.05$

● 低溫條件
○ 高溫條件

*** : $P < 0.001$

高溫及低溫環境的運動中之體溫調節反應和運動成績之表現

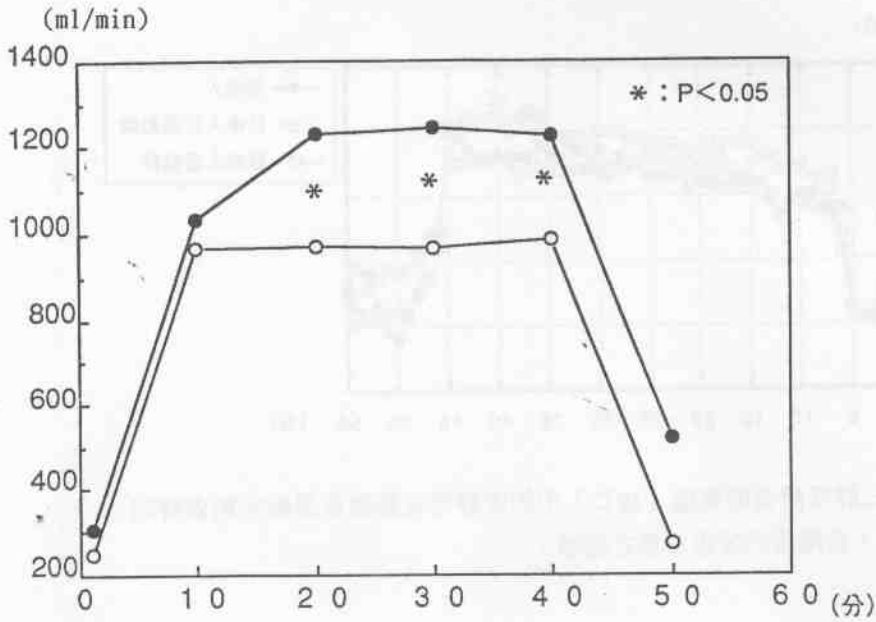


圖7、日本人男子運動群的高、低溫實驗條件之中的比較，有意水準 * : P < 0.05

● 低溫條件
○ 高溫條件

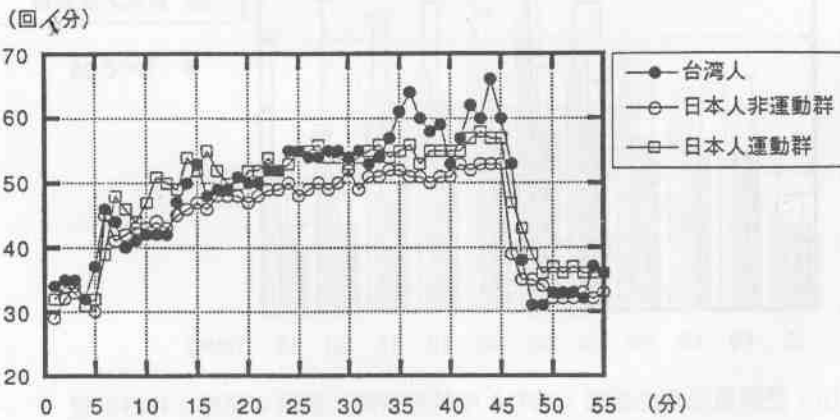


圖8、三群受測者的低溫 (15°C) 中的安靜時及腳踏車運動中和安靜回復，各階段的呼吸次數之經過。

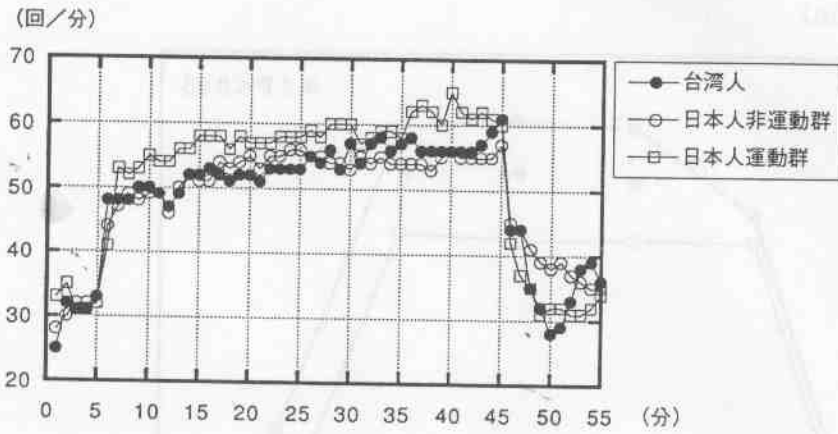


圖9、三群受測者的高溫（40℃）中的安靜時及腳踏車運動中和安靜回復，各階段的呼吸次數之經過。

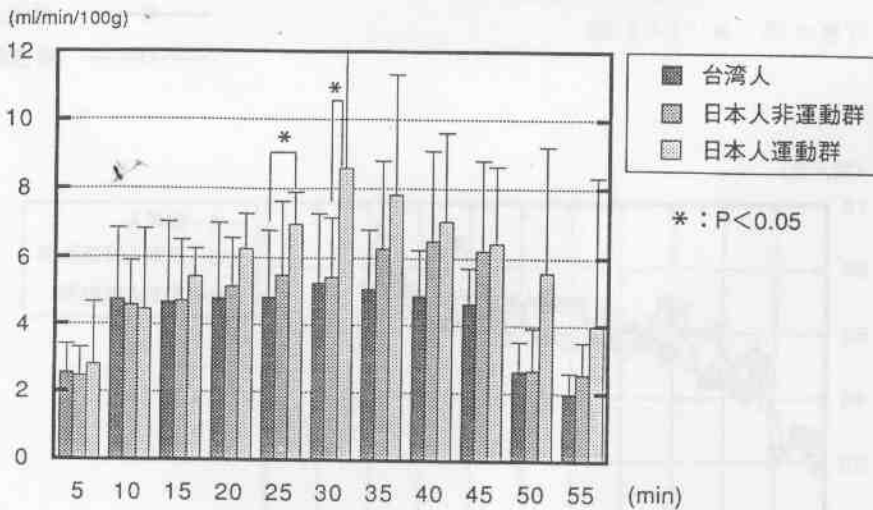


圖10、受測者三群的低溫（15℃）中的安靜時及腳踏車運動中和靜回復，各階段每分鐘的皮膚血液流量的比較。有意水準 *：P<0.05

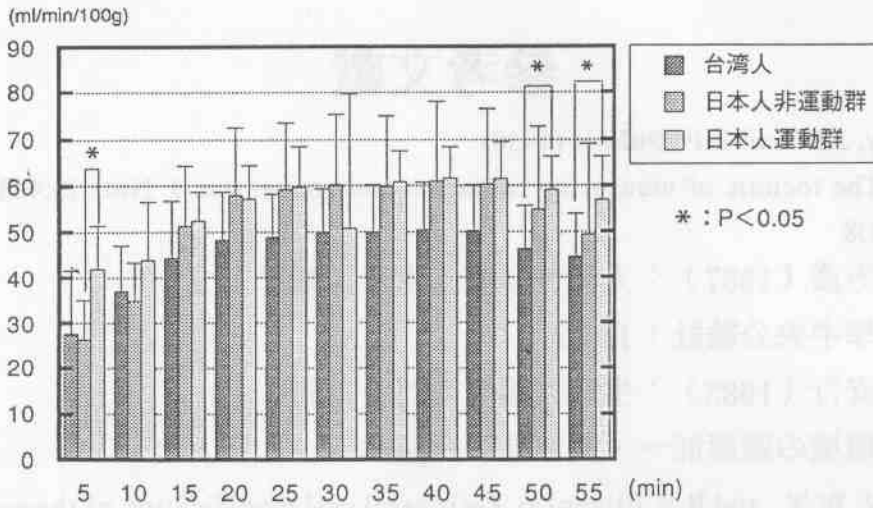


圖11、受測者三群的高溫（40°C）中的安靜時及腳踏車運動中和安靜回復，各階段每分鐘的皮膚血液流量的比較。有意水準 * : P < 0.05

5

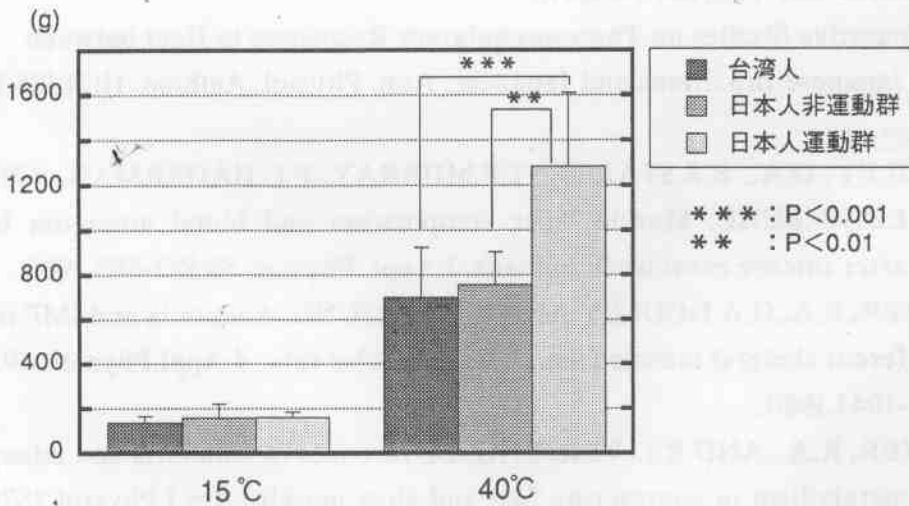


圖12、受測者三群的高溫（40°C）低溫（15°C）的總發汗量（流失量）的比較。

有意水準 ** : P < 0.01

*** : P < 0.001

參考文獻

1. Hardy, J.D. and E.F. DuBois (1938)
The technic of measuring radiation and convection J. Nutr. 15:461-475, 1938
2. 佐藤方彦 (1987) : 人間と氣候, 生理人類學
學中央公論社, Japan
3. 菊池安行 (1983) : 生理人類學入門—人間
環境の適應能—, 南江堂, Japan.
4. CHEN, W.Y., and R.S. ElizonDo. Peripheral eral modification of thermoregulatory function during heat acclimation. J. Appl. Physiol. 37(3):367-373. 1974.
5. Tetsuo Katsurra, Midori Elisabete Tachibama Chang-franw. LEE, Akira Okda and Ysuyuki kikucHi.
6. Comparative Studies on Thermoregulatory Responses to Heat between Japanese Brazilians and Japanese. Ann. Physiol. Anthropol. 11(2):105-111, 1992.
7. DUDLEY, G.A., R.S. STARON, T.F. MURRAY, F.C. HAGERMAN, AND A. LUGINBUHL. Muscle fiber composition and blood ammonia levels after intense exercise in humans. J. Appl. Physiol. 54:582-586, 1983.
8. MEYER, R.A., G.A. DUDLEY, AND R.L. TERJUNG. Ammonia and IMP in different skeletal muscle fibers after exercise rats. J. Appl. Physiol. 49:1037-1041, 1980.
9. MEYER, R.A., AND R.L. TERJUNG. Differences in ammonia and adenylate metabolism in contracting fast and slow muscle. Am. J. Physiol. 237(Cell Physiol. 6) :C111-C118, 1979.
10. PARNAS, J.K. Ammonia formation in muscle and its source. Am. J. Physiol. 90:467-472, 1929.
11. BANISTER, E.W., W. RAJENDRA, AND B.J.C. MUTCH. Ammonia as an indi-

- cator to exercise stress implications of recent findings to sports medicine. *Sports Med.* 2: 34-46,1985.
12. MUTCH, B.J.C., AND E.W. BANISTER. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Med. Sci. Sports Exercise* 15: 41-50,1983.
13. SAHLIN, K., AND A. KATZ. Purine nucleotide metabolism. *Med. Sport Sci. Basel* 27: 120-139,1988.
14. TERJUNG, R.L., G.A. DUDLEY, R.A. MEYER, D.A. HOOD, AND J. CORSKI. Purine nucleotide cycle function in contracting muscles. In: *Biochemistry of Exercise VI*, edited by B. Saltin. Champaign, IL: Human Kinetics, 1986, p.131-147.