

# 不同溫度環境下運動時體溫調節 反應及運動成績表現之探討 (日本人與台灣人男子II)

國立臺灣體育學院副教授 吳青華

國立臺灣體育學院講師 翁正哲

## 摘 要

本研究是以21名的日本及臺灣留學生男子平均年齡在20歲至24歲之間的青年大學生和語言學校的留學生為對象，探討在不同溫度環境下做運動時，體溫調節反應及運動成績表現之探討，用意在於了解來自亞熱帶臺灣地區的留學生與居住在亞寒帶日本關東地區三年以上之大學生們在18°C和40°C環境下做相同負荷之腳踏車運動所得的生理量（表面皮膚溫度、直腸溫、攝氧量、心跳數、發汗量等）並加以探討其差異性，且提供國內球隊個國外移地訓練時的一項重要參考，本次實驗所得的結果如下：

- 一、日本與臺灣兩群的平均表面皮膚溫度的變化與直腸溫亦無相關差異。
- 二、在高溫40°C環境的運動作業時，日本人高於臺灣的皮膚血液流量與發汗量，但在18°C低溫時皮膚血液流量和發汗量則低於臺灣人。
- 三、高、低溫的運動中的攝氧量則日本人優於臺灣人，但心跳數則臺灣人比日本人（ $P < 0.05$ ）。

Comparative Studies on Temperature Regulation Responses to  
Different Temperature Environment Between Japanese and  
Taiwanese (2)

Wu, Ching-Hua  
Wong, Cheng-Che

Instructor and Associate Professor  
National Taiwan College of Physical Education

ABSTRACT

We tried to find the difference of physiological responses to exercise in heat environment and low temperature environment between Japanese and Taiwanese. Eleven male Japanese students and ten male Taiwanese volunteered for this study. The Taiwanese had been studying in Japan for several years. All experiments were conducted in a climate chamber maintained at 18°C or 40°C (R.H.50%). They exercised with using a bicycle ergometer in a semireclining position for 40 min at 35% of maximal oxygen uptake.

The results were as follows:

- (1) The change of mean skin temperature and rectal temperature were not significant between Japanese and Chinese Taiwanese.
- (2) Skin blood flow and sweat rate of Japanese were higher than Taiwanese at 40°C. But skin blood flow and sweat rate of Japanese were lower than Taiwanese at 18°C.
- (3)  $\dot{V}O_2$  of Japanese were larger than Taiwanese at 18°C or 40°C.

## 壹、緒言

### 一、研究動機

「Man is no more than a reed, the weakest in nature. But he is a thinking reed.」法國的物理學者及思想家Pascal, B. 1623~1662, 1) 所說的名言出自於其有名的言論集, Pensees一文之中。人是在自然界之中如一根最為脆弱的一支蘆葦般的, 卻是一支會思考的蘆葦, 而不僅如此, 在大自然的生存環境之中更有一股強韌的適應能力, 用以對抗外敵或自然天災等之能力。尤以對環境之適應更有其特殊的能力, 在人體內這個類似浩瀚的小宇宙更充分的顯示證明人類在某方面的本能可以應付外界變化的環境, 且繼續延續著生命。

在大約30年前, 物理學家Ethan R. Nadel, 2) 3) 證明人體體溫調節中樞在腦部的視床下部前葉, 始終叫身體保持恆溫, 無論外界是炎熱或寒冷亦不受其影響, 除此之外在安靜時或身體做運動之時, 尚且會做體溫調節不受內外之影響。在文明社會的變遷之要件仍是依靠人類的各種族群做區域性之遷移, 以埃及尼羅河流域及蘇格拉底河及黃河的三大流域為中心的人類文化萌芽至發達, 導致種族遷移, 漸發展成現今的五大洲及各種膚色的人種且居住於固定場所。經過這類的遷移, 而人類的本質及生理特質卻也漸漸地進化適應新場所, 短短的幾千年的人類史來證明人類的人體生理特質的確具有其無法言及之適應能力。就以同樣居住於東亞區域的日本與臺灣而言, 前者屬亞寒帶, 後者屬亞熱帶, 雖是同屬黃色人種, 文化相近, 同為使用漢字國家, 同為儒家的思想模式之倆相似之族群, 若在同

一環境條件或同一身體運動作業條件之下，亦是否會有相同之生理特質，並探討其差異性，以提供我國運動代表隊在出國移地訓練時亦可供做參考。

本研究是以21名的日本及臺灣留學生男子平均年齡在20歲至24歲之間的青年大學生和語言學校的留學生為對象，探討在不同溫度環境下做運動時，體溫調節反應及運動成績表現之探討，用意在於了解來自亞熱帶臺灣地區的留學生與居住在亞寒帶日本關東地區三年以上之大學生們在18°C和40°C環境下做相同負荷之腳踏車運動所得的生理量（表面皮膚溫度、直腸溫、攝氧量、心跳數、發汗量等）並加以探討其差異性，且提供國內球隊至國外移地訓練時的一項重要參考，本次實驗所得的結果如下：

- (一)日本與臺灣兩群的平均表面皮膚溫度的變化與直腸溫亦無相關差異。
- (二)在高溫40°C環境的運動作業時，日本人高於臺灣的皮膚血液流量與發汗量，但在18°C低溫時皮膚血液流量和發汗量則低於臺灣人。
- (三)高、低溫的運動中的攝氧量則日本人優於臺灣人，但心跳數則臺灣人比日本人 ( $P < 0.05$ )。

## 二、研究目的

在高溫（40°C）及低溫（18°C）環境中的腳踏車運動作業中，測試者的攝氧量（連續測定法）、心跳數、皮膚血液流量（雷射照射法）平均皮膚溫度（七點法）、發汗量（右胸部）、直腸溫、主觀評量等目的生理反應，並以20歲至24歲的日本人和住在臺灣的中國男子，以低強度運動中體溫調節反應和運動表現之比較檢討。

## 貳、文獻回顧

- 一、1950年Scholander et. al 指出適應於低溫環境的人在高溫環境下運動或勞動的話發汗量會增多且易於生理性疲勞。
- 二、在1963年時Chen, K. P.氏4)曾以60名青年男女為研究對象(年齡分佈在17~38之間身高男子平均為167.6公分,女子154.5公分。體重平均男子為52.6公斤,女子49.3公斤)之身體脂肪組織之生理特質為研究指出60年代的青年之體型與身體特質。(本次的實驗對象男子受測者之身高為172.4公分,體重62.9公斤),換言之,從60年代至90年代之30年當中臺灣青年男子之身高增加了5公分,體重增加了約10公斤。9)·10)
- 三、1976年日本人研究者堀5)曾以日本本土青年移往沖繩島的青和定居該島的青年兩群做胸部和背部之發汗量和Na濃度的測定發現,本土移往沖繩島者發汗量0.43kg大於沖繩島居住青年的0.31kg於夏季之時,而冬季時0.43kg大於0.32kg(每分鐘)。Na濃度亦於一樣的傾向,所以亞寒帶之居住者發汗量多於亞熱帶者。
- 四、1985年勝浦哲夫6)的研究報告指出在高溫環境為了維持體溫,體內的散熱機能要10分的動員,對於熱放射,熱傳導和熱對流所產生的體內散熱之時若溫度越高而皮膚溫度與其溫差減少的话,散熱效率漸退化,所以發汗是一個重要的散熱因素。
- 五、1991,主花伊莉莎白7)以日裔巴西人和日本人的高溫環境下體溫調節反應之比較,居住於南半球巴西的第二代日本人,回到日本留學或工作平均居住日本未滿一年的青年人與日本人男子青年比較結果後得知(1)、心跳和皮膚血液流量之測定上,日裔巴西人比日本人較低之傾向,暗示著雖同是日本種族而出生及生長在巴西的第二代男

子較適應溫熱環境。(2)而且指出在對於高溫環境之生理與心理反應而言，居住環境之氣候因素影響遠超過遺傳之因素的影響。

## 參、研究方法

### 一、受測者

本研究的實驗進行受測者部分，以日本人和臺灣的大學生和語言學校留學生之健康男子21名參加實驗，日本群為國立千葉大學工學部人體工學研究室男子學生11名（雖來自全國各地但已在千葉市居住三年以上者）和來自臺灣的男子留學生（來自平均未滿半年者）10名為對象加以測試。其身體的特徵（年齡、身高、體重、體表面積）之平均值與標準差（S.D），如（表一）。

### 二、實驗方法

在相對溼度50%，室溫被調整在18°C和40°C的人工氣象室內，以日本人男子大學生和來自留學生平均未滿半年的居住於臺灣的中國人男子的日本語言學校留學生10名的受測者，在進入實驗室之前，先加以說明實驗的時間及過程，並且在測量體重身高之後，使其穿著短褲或長袖棉上衣於低溫，而高溫時只著短褲。並立即貼著一些電極裝置，且先讓受測者進入實驗前的預備室，溫度設定在25°C，滯留時間30分鐘，並在最後幾分鐘進行；溫熱感和舒適感之主觀評價。

然後令受測者進入那各種條件設定的人工氣象室內，在整理好裝置之後，使其坐在實驗用椅子上，先保持安靜30分鐘，將實驗用之電極裝置貼好後，每10分鐘進行一次溫熱感和舒適感之主觀評價。而運動作業開始前5分鐘即以每1分鐘記錄一次各個生理指標之測試，

而運動作業強度的主觀評價則在運動作業開始後每10分鐘實施一次。在運動作業40分鐘完畢之後，使其靜坐於實驗坐椅上10分鐘取得回復，並測試安靜時之各個生理量及主觀評價，於是退出人工氣象室，並擦乾身體再行測量體重，完成整個測試。

### 三、測定項目

- (一)平均皮膚溫度(七點法)。
- (二)前腕皮膚血液流量。
- (三)心跳數。
- (四)直腸溫。
- (五)攝氧量。
- (六)發汗量。
- (七)體重損失量。
- (八)主觀評價(溫熱感、舒適感)。
- (九)運動作業主觀評價。

### 四、實驗條件

#### (一)溫度條件：

高溫環境(40°C)                      相對溼度(50%)

低溫環境(18°C)                      相對溼度(50%)

#### (二)作業條件：

腳踏車作業40分鐘(作業強度為35%  $V_{O_2 \max}$ )

## 肆、結果與討論

實驗進行中的攝氧量測試是以連續呼吸測定法實施，測試每位受測者呼氣終末之氣體分析，並以電腦連續計算出每分鐘的攝氧容積，在本

---

次的實驗所得結果如(圖1)。在包括運動作業前的安靜時最後5分鐘和40分鐘及回復安靜10分鐘共55分鐘之記錄和40分鐘及回復安靜10分鐘共55分鐘之記錄兩群的高溫及低溫之情形，並將運動作業時間以20分鐘劃分為前半段和後半段，加以觀察其變化情形。如(圖2)表示在高溫的前半及高溫的後半的差異是 $P < 0.01$ ，臺灣人與日本人的攝氧量亦有顯著之差異 $P < 0.01$ ，黑棒代表臺灣男子群，虛棒代表日本男子群。

在心跳數方面結果，在高溫的前半與後半亦有明顯之差異，臺灣人男子多於日本人男子 $P < 0.05$ ，(圖4)，而高溫之心跳數顯著地多於低溫之心跳數(圖3)。

在發汗量的結果裡(圖5)，兩個實驗之中，臺灣人男子與日本人男子並無明顯的差異。但在高溫的前半，日本人男子多於臺灣人男子的發汗量 $P < 0.001$ ，(圖6)。

皮膚血液流量並無顯著差異(圖7、8)。直腸溫之結果如(圖9)，在高溫的前半與後半有顯著之差異 $P < 0.001$ ，且低溫之前半亦有差異 $P < 0.001$ ，且整體而言臺灣人男子高於日本人男子 $P < 0.01$ 如(圖10)。

平均皮膚溫度，如(圖11、12)臺灣人男子與日本人男子尚無顯著之差異。但高溫低溫兩者之前半與後半各自有 $P < 0.001$ 之差異水準。

(圖13)為臺灣人男子與日本人男子在高溫低溫環境的攝氧量將四個實驗的第一分鐘的記錄歸零後之過程變化。

(圖14)將各個受測群之心跳數將記錄的第一分鐘歸零後的過程變化。

(圖15)將直腸溫的各個受測者群之記錄第一分鐘的過程變化。

(圖16)表示臺灣人男子與日本人男子知攝氧量與心跳數之共分散分析的直線回歸的比較，臺灣人男子群的攝氧量增加量時，心跳數也隨著增加具相關有意水準為 $P < 0.0001$ ，日本人男子群亦同於臺灣人 $P < 0.00$

01。

(圖17)為兩受測群的攝氧量與直腸溫之共分散分析的直線回歸之情形，臺灣人男子的攝氧量與直腸溫之有意水準為 $P < 0.0001$ ，日本人男子亦為 $P < 0.05$ 。

(圖18)表示兩受測群的直腸溫與心跳數的共分散分析之直線回的比較，臺灣人男子的直腸溫與心跳數之有意水準為 $P < 0.0001$ ，日本人男子亦為 $P < 0.0001$ 。

由以上之結果可視出，在高溫環境實驗測試上，兩群受測者亦有相同之差異傾向，但是在兩受測群在發汗量之t-檢定實施之後，發現高溫條件的前半和後半有顯示之差異( $P < 0.001$ )。而且在低溫條件之時兩群皆無顯注之差異但有傾向。此正暗示著，不論日本人或臺灣人藉著運動身體對溫度(高、低溫)皆能有相同之適應能且運動之後半比前半更明顯，指出這種適應能力。但臺灣人與日本人兩群之間無顯著之差異，在直腸溫的兩群之兩條件的前半和後半均為有顯著差異( $P < 0.01$ )，意指在運動中人體深部體溫亦不為環境溫度之影響，但運動時間加長體溫也漸升高，且臺灣人低於日本人( $P < 0.01$ )，意指臺灣人之適應能力比日本人強。平均皮膚溫度亦與發汗量相同，在兩條件的實驗測試上，後半比前半溫度高( $P < 0.001$ )，但臺灣人與日本人之間卻沒有差異。

## 伍、結 論

由以上之結果得知，(一)臺灣人男子群對高溫環境之馴化較日本人受測群優異。可想而知體內之放熱，臺灣人亦比日本人來的容易。臺灣人的皮膚平均溫度低於日本人，而且日本人較易流汗。(二)此次的受測者兩群之發汗量，在溫度條件上成相互作用且是可以認同。日本人男子群的低溫環境運動作業中的代謝亦優於臺灣人男子，此乃典型之寒冷馴化之

效果。在這次的實驗測試上可得到下列之結論：

- 一、日本與臺灣兩群男子的皮膚與直腸溫無統計上之相關意義。
- 二、於高溫之時日本人的皮膚血液流量和發汗量高於臺灣人，表日本人對高溫時身體末梢血管和汗線易於代謝。對暑熱較不易適應。但在低溫時卻低於臺灣人。
- 三、高低溫的運動中的攝氧量，日本人優於臺灣人男子，是否意指日本人的運動時間或習慣多於臺灣人男子。

### 陸、建 議

- 一、國內運動代表隊常有做國外之移地訓練，若前往日本地區或韓國地區實施之時，則可考慮在秋冬之際，因亞熱帶長居者對寒冷馴化較弱，故代謝量易於提昇有益於耐力訓練增加基礎體力，而且關東地區優於關西地區。
- 二、本次實驗因環境、條件因素所限，盼下次能繼續探究女性之情形，以利女子選手之移地訓練的參考。
- 三、此次之受測者為一般非運動員的留學生及一般大學生，應可探明運動選手是否會有相同之傾向。實有繼續研究之必要。

## 參考文獻

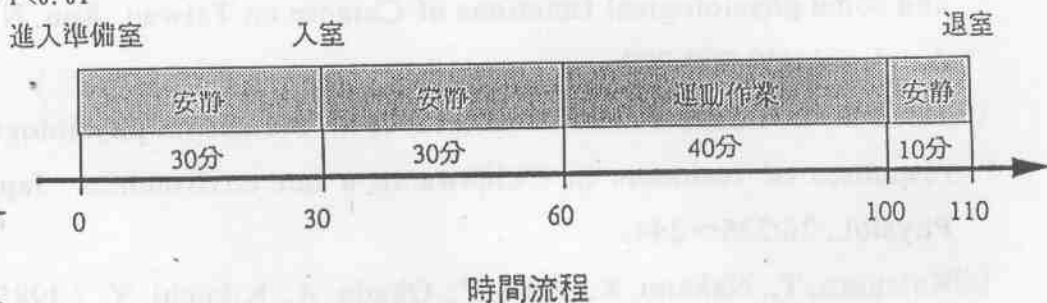
- (1)長田一臣1979：人間は變わりうるか？東京道和書院出版，p1～3.
- (2)Ethan R. Nadel 1970: a brief Overview. p1～5.
- (3)Ethan R. Nadel and Steren M. Horvath 1970 Comparison of Tympanic Membrane and Deep body Temperatures In man. Life Sciences Vol. g' part1, p869～875.
- (4)Chen, K. P. A. Damon and O. Elliot, 1963: Body form, composition, and some physiological functions of Chinese on Taiwan. Ann. N. Y. Acad. Sci, 110:760-777.
- (5)Hori, S., H. Iizuka and M. Nakamura, 1976: Studies on physiological responses of residents in Okinawa to a hot environment. Jap. J. Physiol., 26:235～244.
- (6)Katsuura, T., Nakano, K., Sano, Y., Okada, A., Kikuchi, Y. (1985) : Influence of Native Place on Forearm Blood Flow at Rest and During Exercise in Dry and Humid Heat. The Annals of Physiological Anthropology, 4, 2, p.175～177. Japan.
- (7)立花依莉莎白 1991:日系巴西人と日本人の高温環境下の體溫調節反應の比較 千葉大學大学院人間工學院研究所。
- (8)Kuno, Y., 1956: Human Perspiration. Thomas Book, Springfield.
- (9)佐藤方彦監修1992：人間工学基準數値數式便覽 東京技報堂出版，p342～343。
- (10)久野寧，1963：汗の話。光生館 東京。

表一、受測者之特徵

		年齡 (歲)	身長 (cm)	體重 (kg)	體表面積 (m <sup>2</sup> )
台灣	平均	24.0 **	172.4	62.9	1.7
	SD	1.1	6.5	8.2	0.1
日本	平均	22.5	171.8	61.8	1.7
	SD	0.8	5.6	9.4	0.1

表一：受測者之年齡、身高、體重、體表面積之平均與標準差，台灣人男子10名日本人男子11名。

\*\*：P<0.01



實驗時間

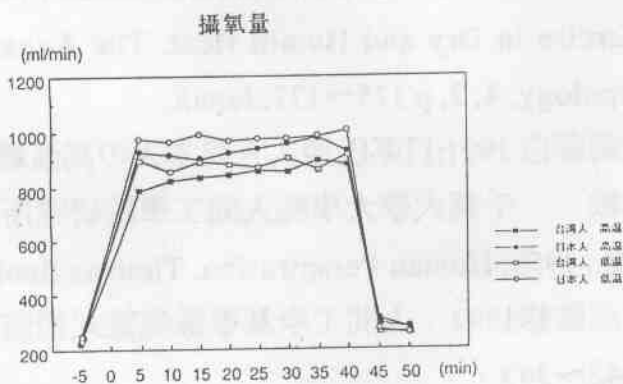


圖1 運動作業中之攝氧量，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為時間，(安靜、運動作業、安靜回復)，縱軸為攝氧量單位(ml/min)。

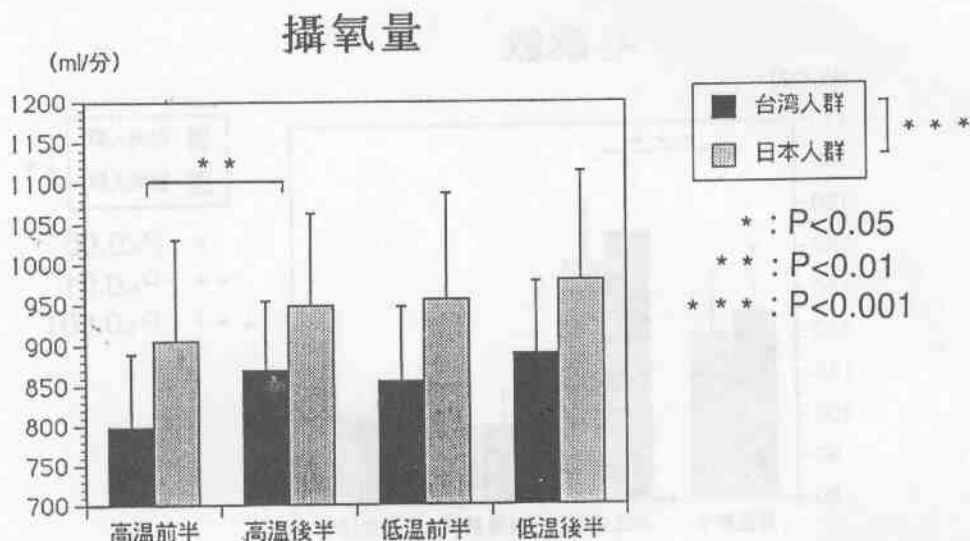


圖2 高低溫環境的運動作業前半與後半之比較，黑棒表台灣人男子群，虛點棒表日本人男子群，縱軸為每分鐘攝氧量(ml/min)。

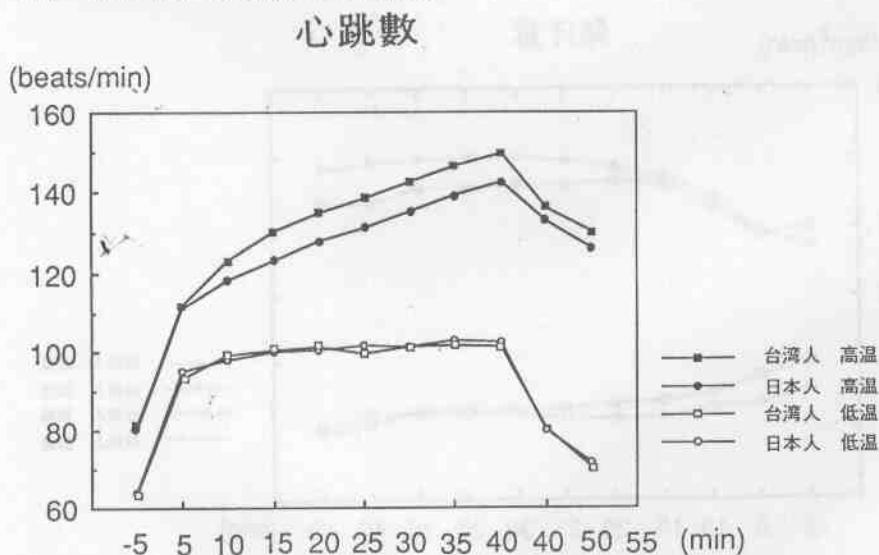


圖3 運動作業中之心跳數方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為時間，縱軸表每分鐘之心跳。

### 心跳數

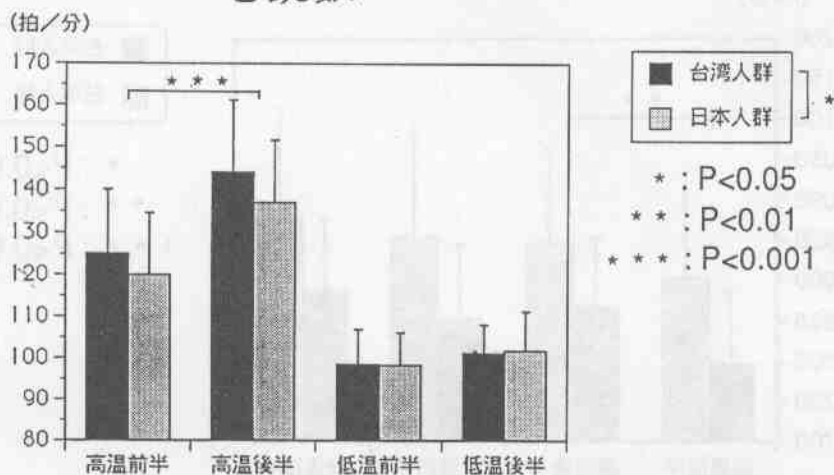


圖 4 高低溫環境的運動作業前半與後半之比較，黑棒表台灣男子群，虛點棒表日本人男子群，縱軸為每分鐘之平均心跳數(拍/分)。

### 發汗量

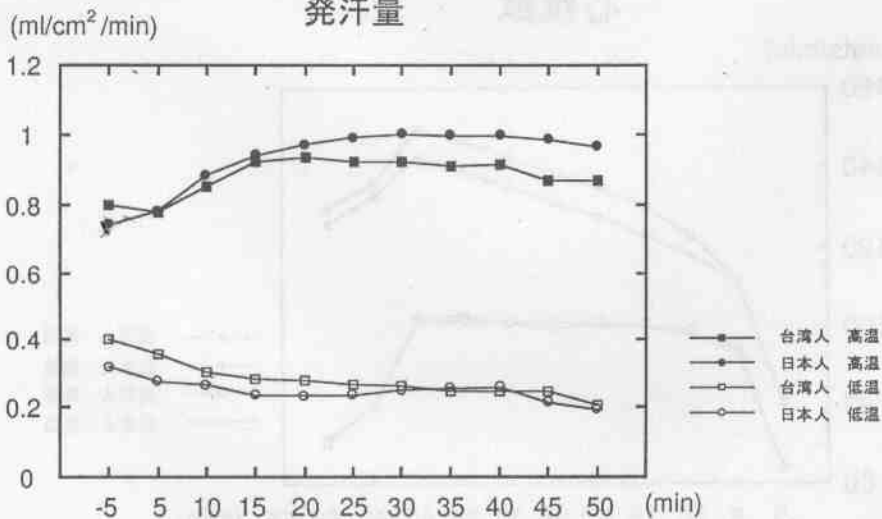


圖 5 高、低溫環境之運動作業中之右胸發汗量，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為每分鐘之每平方公分之毫升氮氣流量(ml/cm<sup>2</sup>/min)。

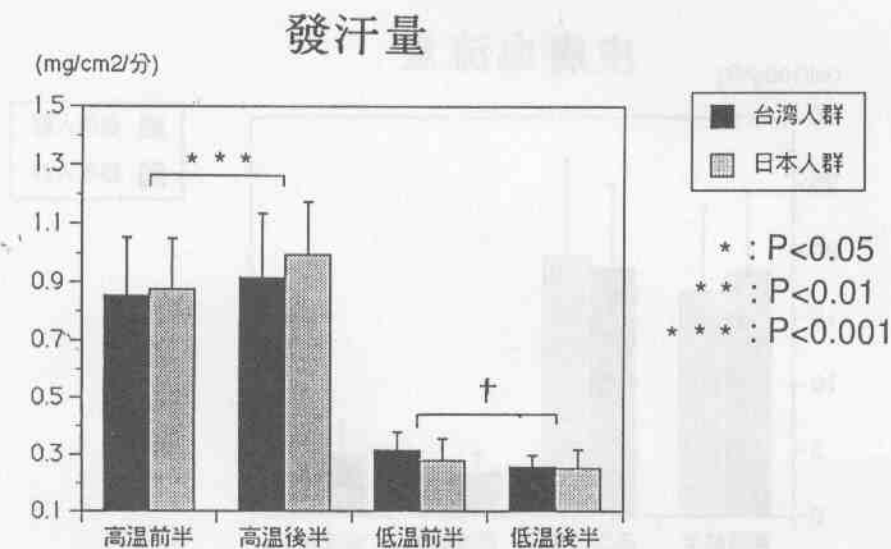


圖6 高、低溫環境的運動作業，前半與後半之比較，黑棒表台灣男子群，虛點棒表日本人男子群，縱軸為每分鐘之每平方公分之氮氣之流量(ml/cm<sup>2</sup>/分)。

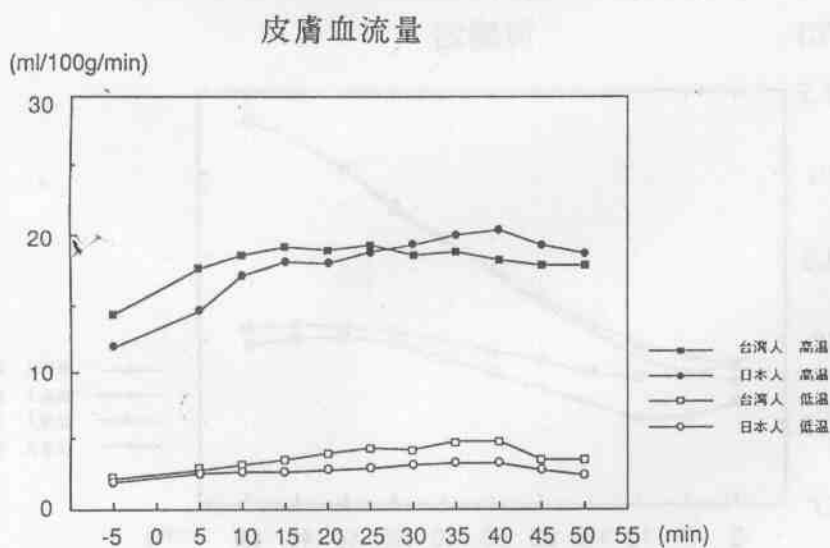


圖7 運動作業中之皮膚血流量(ml/100g/min)方形黑點表台灣人高溫環境，黑點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環，橫軸表時間，縱軸表每分鐘之每100g氮氣流量之相對量。

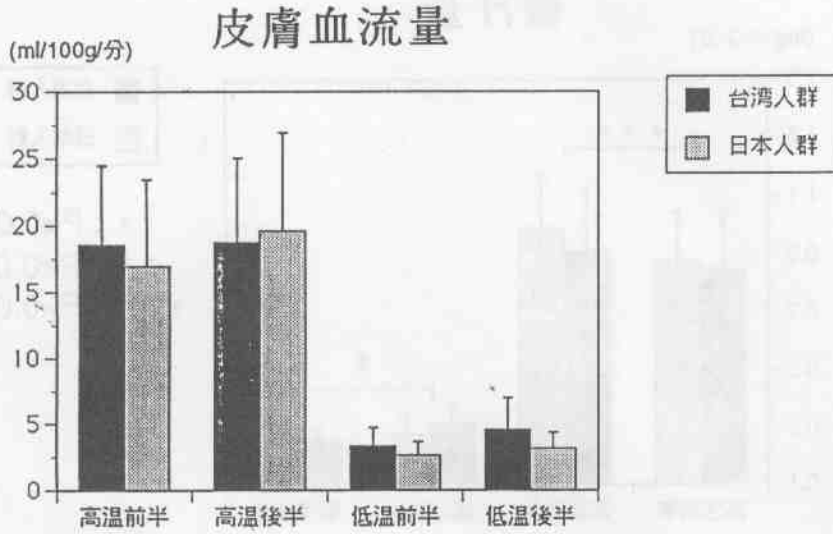


圖 8 高、低溫環境的運動作業，前半與後半之比較，黑棒表台灣男子群，虛點棒表日本男子群，縱軸為每分鐘之每100g中的氮氣之相對流量。

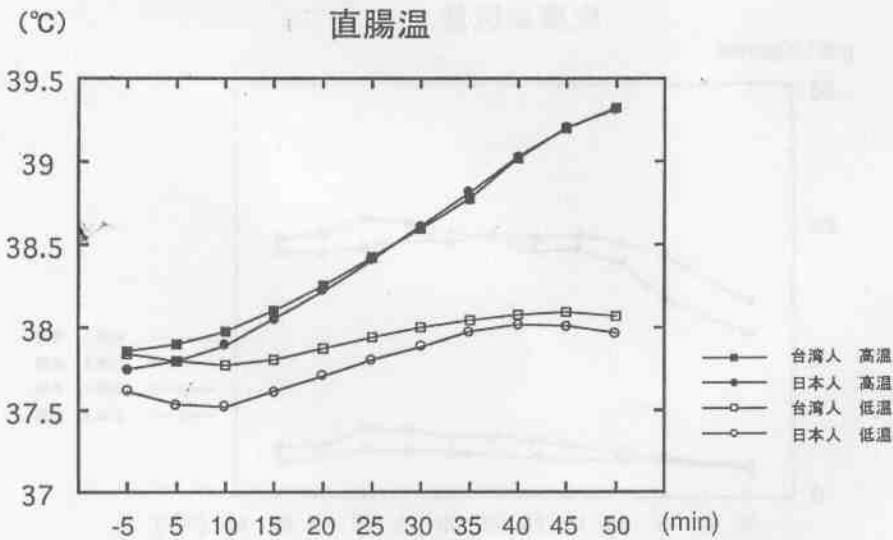


圖 9 高、低溫度環境運動作業中之直腸溫，方形黑點表台灣人高溫，黑點表日本人高溫，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸表時間，縱軸表人體深部體溫。

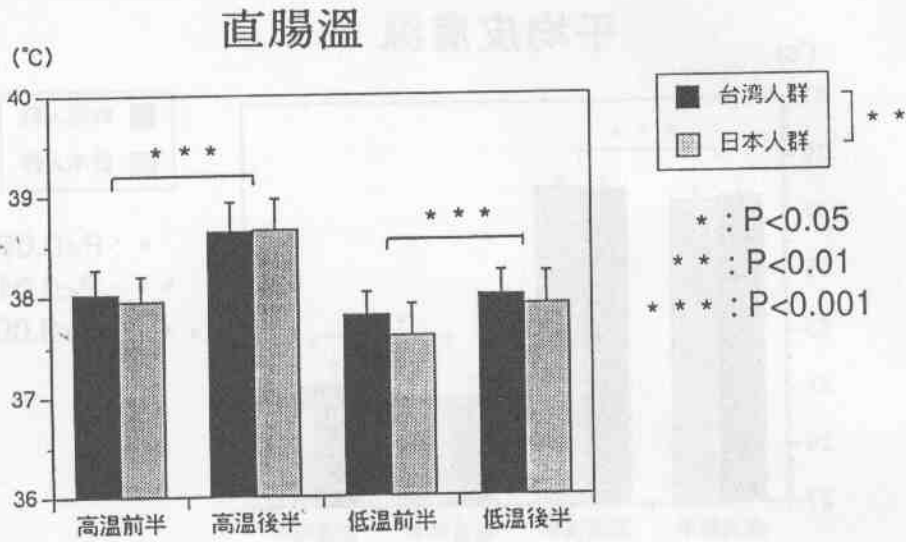


圖10 高、低溫環境運動作業的前半與後半之比較，黑棒表台灣男子群，虛點棒表日本男子群，縱軸為人體深部體溫。

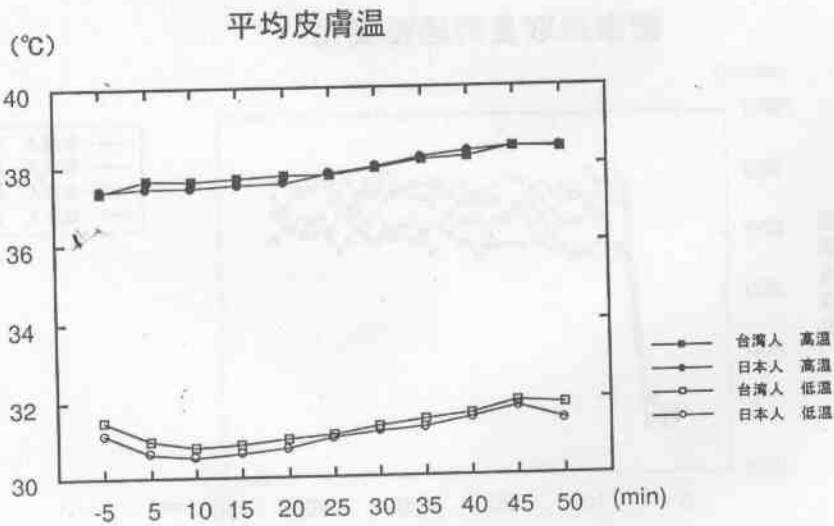


圖11 運動作業之平均皮膚溫度，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為時間，縱軸為平均皮膚溫度(°C)。

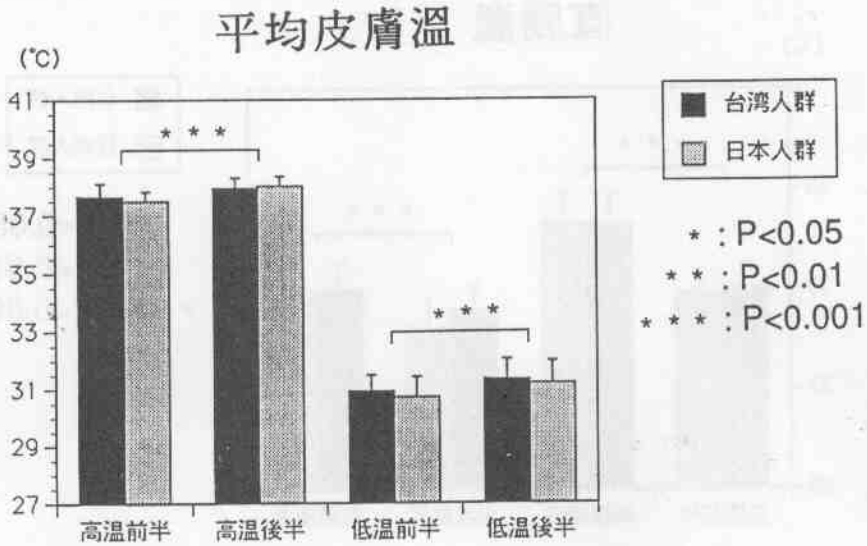


圖12 高、低溫環境運動作業前半與後半之比較，黑棒表台灣人男子群，虛點棒表日本人男子群，縱軸為平均皮膚溫度(°C)。

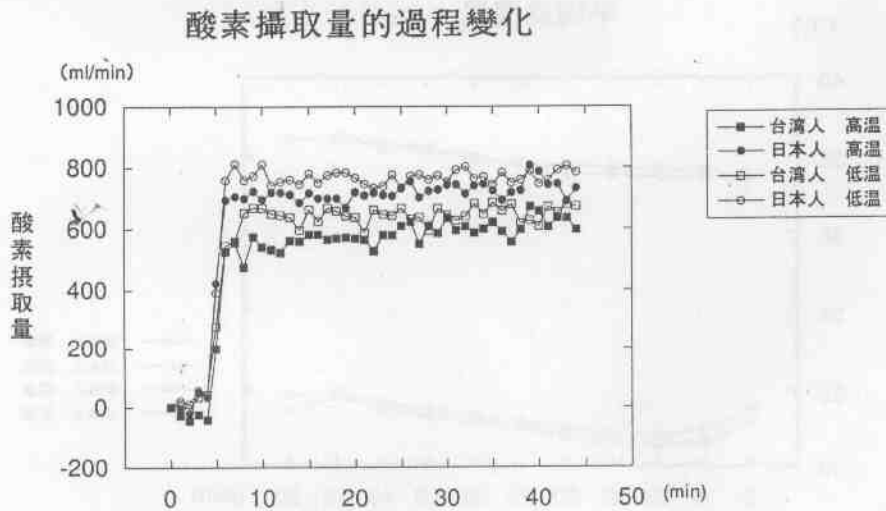


圖13 運動作業中每分鐘之攝氧量之過程變化，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環，橫軸為時間，縱軸為攝氧量(ml/min)。

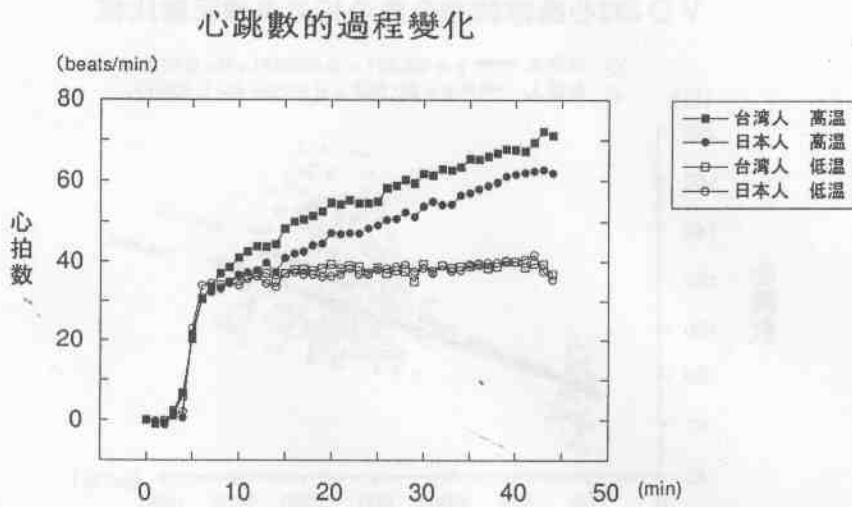


圖14 運動作業中之心跳數的過程變化，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為時間，縱軸為每分鐘心跳數。

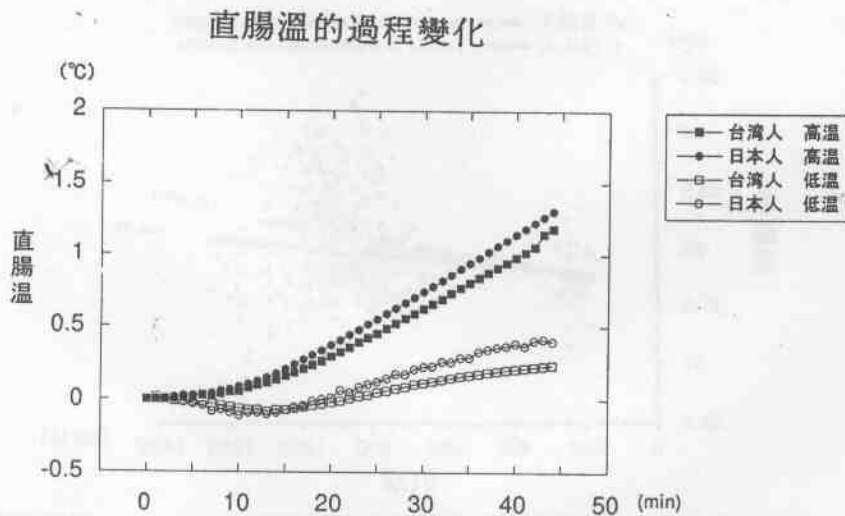


圖15 運動作業中之直腸溫的過程變化，(將開始測試第一分鐘歸零後之變化情形)，方形黑點表台灣人高溫環境，黑圓點表日本人高溫環境，方形空心點表台灣人低溫環境，圓圈表日本人低溫環境，橫軸為時間，縱軸為人體深部體溫(°C)。

VO<sub>2</sub>和心跳數的共分散分析之直線回歸比較

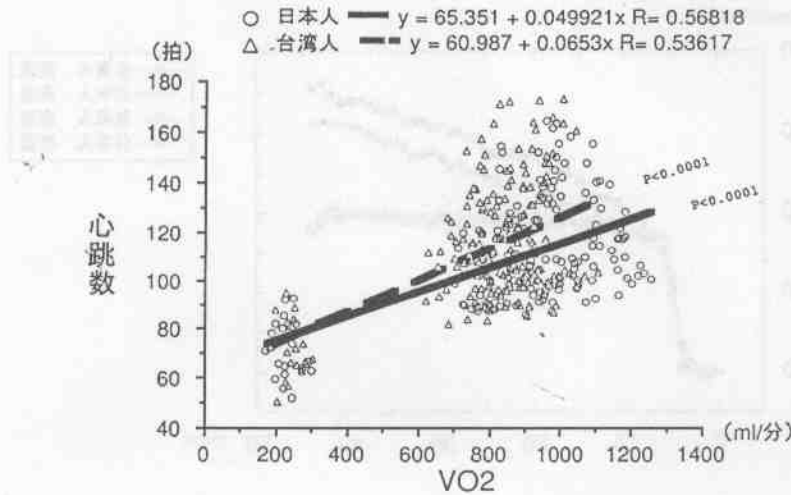


圖16 ———代表日本人男子群的攝氧量和心跳數之直線回歸 $P < 0.0001$ 。-----代表台灣人男子群的攝氧量和心跳數之直線回歸 $P < 0.0001$ 。

直腸溫和VO<sub>2</sub>的共分散分析之直線回歸比較

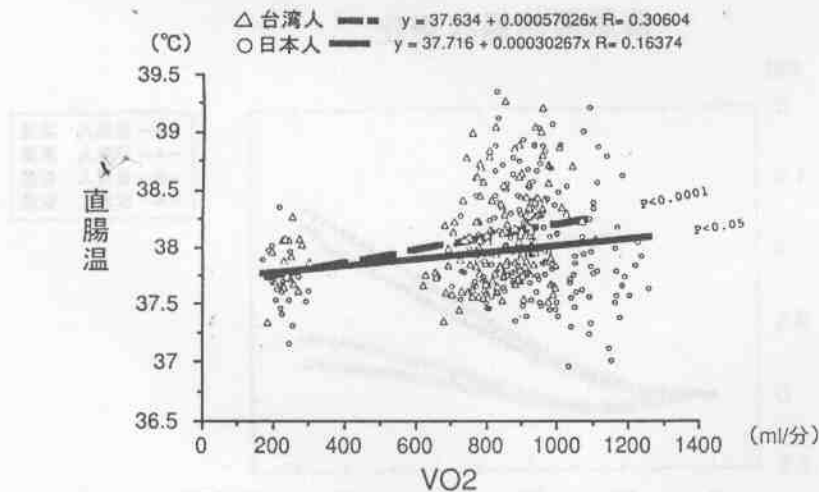


圖17 ———代表日本人男子群的攝氧量和直腸溫之直線回歸 $P < 0.05$ 。-----代表台灣人男子群的攝氧量和直腸溫之直線回歸 $P < 0.0001$ 。

直腸溫和心跳數的共分散分析之直線回歸比較

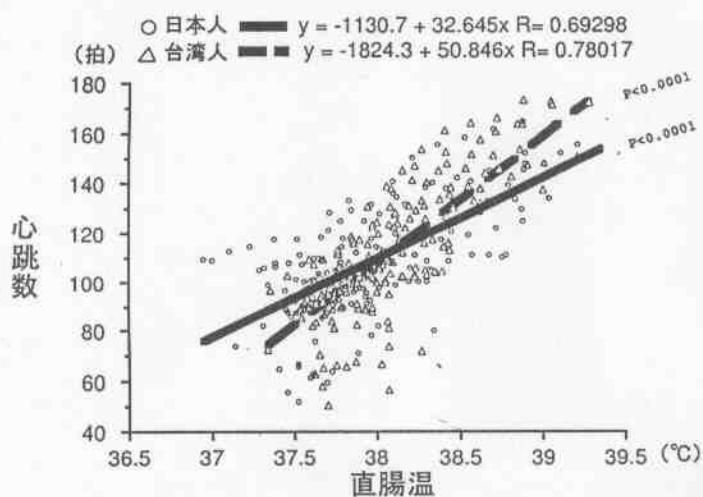


圖18\* ——代表日本人男子群的直腸溫與心跳數之直線回歸 $P < 0.0001$ 。——代表台灣人男子群的直腸溫與心跳數之直線回歸 $P < 0.0001$ 。