

COMPARISON OF THERMOREGULATORY RESPONSES  
TO HEAT IN JAPANESE BRAZILIANS AND JAPANESE

○Tetsuo KATSUURA, Midori Elisabete TACHIBANA, Akira OKADA  
and Yasuyuki KIKUCHI

*Department of Ergonomics, Chiba University*

In some studies on the thermoregulatory responses of different ethnic groups living in various climates, it was found that there were significant differences in sweat rate among these groups. The differences in sweat rate might be concerned with their living thermal environment. However, it is difficult to explain without resource to the genetic factors. Therefore, it may be interesting to examine the thermoregulatory responses of the groups who live in different climates and have same genetic characteristics. In this study, we compared the thermoregulatory responses of Japanese Brazilians, whose genetic characteristics are the same as Japanese, with those of Japanese.

Eight male Japanese Brazilians (20 - 32 yrs) and 11 male Japanese (22 - 24 yrs) volunteered for this study. Native places of the Brazilians were Sao Paulo, St. Catarina and Parana, and they had been staying for about 2-21 weeks in Japan. Their physical characteristics are not significantly different. Each subject sat on a chair for 45 min at 40 °C (R.H. 50%) in a climatic chamber. Then they exercised using a bicycle ergometer in a semi-reclining position for 45 min. Work level was kept at 40% of the subject's previously determined maximal oxygen uptake. Forearm blood flow (FBF) was measured using mercury-in-rubber strain gauge plethysmography. Oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ), heart rate (HR), skin temperature ( $T_{sk}$ ), sweat rate (SR) at chest region and body weight loss ( $\Delta Wt$ ) during 90 min of experiment were measured. Thermal sensation and thermal comfort were also measured.

Thermal and comfort sensation confirmed that the Japanese Brazilian group felt cooler and more comfortable in 40 °C environment than the Japanese group.  $\dot{V}O_2$ , SR and  $\Delta Wt$  for both groups were not significantly different. FBF and HR for Japanese Brazilian group were significantly lower than those for Japanese.  $T_{sk}$  at chest region for Japanese Brazilian group was found to be significantly higher than that for Japanese. Thus the thermoregulatory responses observed in Japanese Brazilians may be largely attributed to the climate in their native places located on the Tropic Capricorn. These results may indicate that environment condition is the most important factor in determining the thermoregulatory responses.

This study was supported in part by Grant-in-Aid for Scientific Research (02640636) from the Ministry of Education in Japan.

## 日系ブラジル人と日本人の体温調節反応の比較

○勝浦 哲夫、立花 エリザベッティ みどり、岡田 明、菊池 安行

千葉大学工学部人間工学教室

## 1. はじめに

ヒトの高温環境下の体温調節機能に関する生理人類学的研究としては、久野による能働汗腺数の人種差、民族差の研究<sup>1)</sup>がもっとも有名であろう。その研究で、能働汗腺数は北方民族で少なく、熱帯地域の人種民族で多く、明瞭な人種差、民族差が認められることを明かにした。さらに、熱帯地域で出生し育った日本人は現地人と同等の能働汗腺数を有することを認め、能働汗腺数が遺伝的要因よりも生後2~3年までの環境気温により決定されることを明かにした。その後、I B Pの一連の研究<sup>2)3)4)</sup>によって、世界各地の人種民族の高温環境下の発汗量に差が認められることから、遺伝的要因の重要性が示唆された。

しかしながら、環境条件が等しい近接する2つの村落に居住する、遺伝的にまったく異なる集団の発汗量に差が認められず等しい馴化状態にあることから、遺伝的影響より環境要因の影響が大きいことを指摘する研究もある<sup>2)</sup>。こうように体温調節反応の人種差、民族差が遺伝的なものなのか後天的なものなのかについては未だ不明な点も多いの実情であろう。

本研究はこうした高温環境下の体温調節反応への環境要因の影響を明かにするために、遺伝的には同質と思われる日系ブラジル人と日本人を直接比較し検討した。

## 2. 方法

被験者は健康な日本人青年男性11名と日系ブラジル人8名であった。被験者の身体的特徴をTable 1に示した。日本人は全員大学生で、日系ブラジル人は大学の研究生、研修生3名、農業研修生2名、医者1名、出稼ぎ労働者2名であった。実験は来日後2~21週後に行った。年齢、身長、ローレル指数には両群間に有意な差は認められなかった。

日系ブラジル人被験者の出身地であるサンパウロ州、パラナ州、サンタカタリナ州はいずれもブラジル南東部にある (Fig. 1)。サンパウロ市は南緯23°、西経46°にあり、南回帰線上に位置する。サンパウロ市は海拔700~800 mにあるため、夏の気温は東京よりやや高い程

Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer index	Before EXP. (weeks)	Native place	Generation
Japanese(JPN)							
AS	23	176	62	114	-	Chiba	-
MM	23	172	60	118	-	Saitama	-
SI	23	176	68	125	-	Tochigi	-
TK	22	168	57	120	-	Chiba	-
TI	22	162	53	125	-	Miyazaki	-
TU	24	177	63	114	-	Hiroshima	-
YI	22	168	57	120	-	Osaka	-
YN	22	172	59	116	-	Chiba	-
HM	23	176	63	116	-	(Ehime)Chiba	-
MS	23	168	60	127	-	(Aichi)Tochigi	-
MN	23	175	66	123	-	Saitama	-
mean	23	172	61	120			
SD	0.6	4.8	4.3	4.7			
Japanese Brazilians(BR)							
MH	30	164	56	127	20	Sao Paulo	Second
FM	32	168	64	135	8	Sao Paulo	Third
MJN	24	168	60	127	20	Sao Paulo	Second
JMSA	20	167	52	112	2	St.Catarina	Third
STT	21	161	48	115	2	Sao Paulo	Third
AYH	24	166	67	146	21	Parana	Second
ESU	25	169	58	120	20	Sao Paulo	Third
HHU	25	192	67	95	21	Sao Paulo	Second
mean	25	169	59	122			
SD	4.1	9.5	6.9	15.7			

Table 1 Physical characteristics of the subjects

Differences between group means were not significant( $P>0.05$ ) for all items.

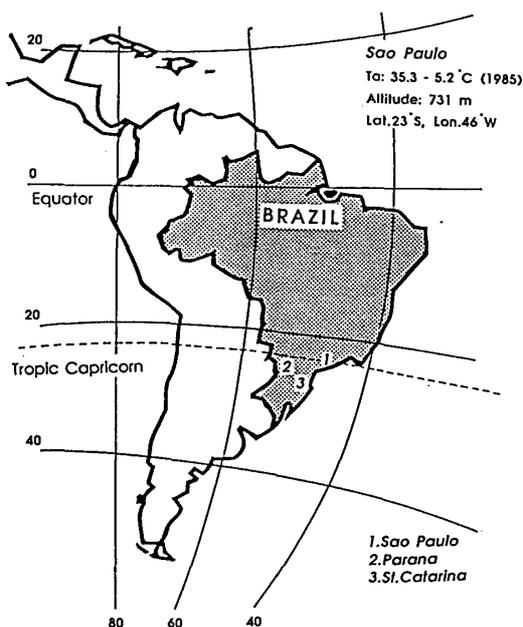


Fig. 1 Location of the native places of the Brazillian subjects

人間-生活環境系国際会議 (東京 平成3年12月)

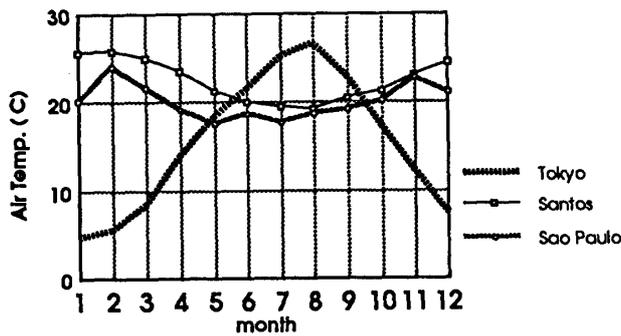


Fig. 2 Mean ambient temperature in each month at Sao Paulo, Santos, and Tokyo

度であるが日差しはかなり強い。冬は東京よりかなり暖かく、一年を通じて気温の変化が少ない (Fig. 2)。

実験は気温40℃、相対湿度約50%に設定された人工気象室内で行った。被験者は全裸で体重を測定された後、ショートパンツのみを着用し、人工気象室に入室した。入室後45分間はセミリクライニング姿勢で安静にした。その後、その姿勢のまま、あらかじめ推定された最大酸素摂取量の40%の作業強度で自転車エルゴメータ作業を45分間行った。作業終了後、汗を拭き、ふたたび全裸で体重を測定した。

作業開始15分前より以下の測定を行った。酸素摂取量はダグラスバッグ法により15分毎に測定した。心拍数は胸部誘導心電図より1分毎に求めた。前腕血流量は水銀封入ラバーストレインゲージ・プレチスモグラフを用いて5分毎に測定した<sup>9)</sup>。ストレインゲージを装着した左腕はアームレストで支持し、極力安静を保つようにした。発汗量は、左胸部に装着したカプセル内に乾燥窒素ガスを流し、流出するガスの湿度を湿度変換器で毎分測定し求めた。胸部皮膚温はサーミスタにより1分毎に測定した。快適感および温冷感はそれぞれ身体8部位について15分毎に口頭で申告してもらった。スケールはGagge et al.<sup>10)</sup>のものを修正し、日本語とポルトガル語に訳したものをを用いた (Table 2)。また、前後体重から体重減少

Table 2. Thermal sensation and thermal comfort scales

Thermal sensation scale	
3. 暑い Quente (Hot)	
2. 暖かい Morno (Warm)	
1. やや暖かい Pouco Morno (Slightly Warm)	
0. どちらともいえない Indiferente (Indifferent)	
-1. やや涼しい Pouco Fresco (Slightly Cool)	
-2. 涼しい Fresco (Cool)	
-3. 寒い Frio (Cold)	
Comfort sensation scale	
3. 非常に不快 Muito Desconfortavel (Very Uncomfortable)	
2. 不快 Desconfortavel (Uncomfortable)	
1. やや不快 Pouco Desconfortavel (Slightly Uncomfortable)	
0. 快適 Confortavel (Comfortable)	

量を求めた。

実験は冬期 (11月~12月) および夏期 (9月) に実施された。

3. 結果と考察

冬期および夏期に得られた結果に違いが認められなかったのでもとめて解析した。

Fig. 3 に身体各部の温冷感の平均値と標準誤差を示した。安静時、運動時ともにすべての部位で、日系ブラジル人の方が日本人より40℃環境を暑く感じていない傾向が有意に認められた。主観評価においては用いる単語が重要な意味を持つ。本研究では日本語、英語およびポルトガル語を併記した評価スケールを用いたが、言語による微妙なニュアンスの違いがあったことも考えられる。「暑い」、「Hot」に対応するポルトガル語の「Quente」は強い日差しを浴びて肌にじりじりするような暑さを意味し、「暑い」とやや異なるニュアンスを含んでいる。しかし、このことを勘案しても日本人とブラジル人の温冷感には明瞭な違いがあると思われる。

同様に身体各部の快適感の結果をFig. 4 に示した。快適感にも日本人とブラジル人に明かな差が認められ、日系ブラジル人は高温環境で不快感が少ないことが示された。

安静時および運動時の酸素摂取量には日本人とブラジル人の間に有意差は認められなかった。心拍数 (HR) はブラジル人の方が低い傾向が認められ、運動の初期、中期にはその差は有意であった (Fig. 5)。

胸部発汗量 (SR) はブラジル人の方が日本人よりわずかに低い傾向が認められたが、有意ではなかった (Fig. 6)。前後体重から求めた体重減少量 ( $\Delta Wt$ ) にも両群

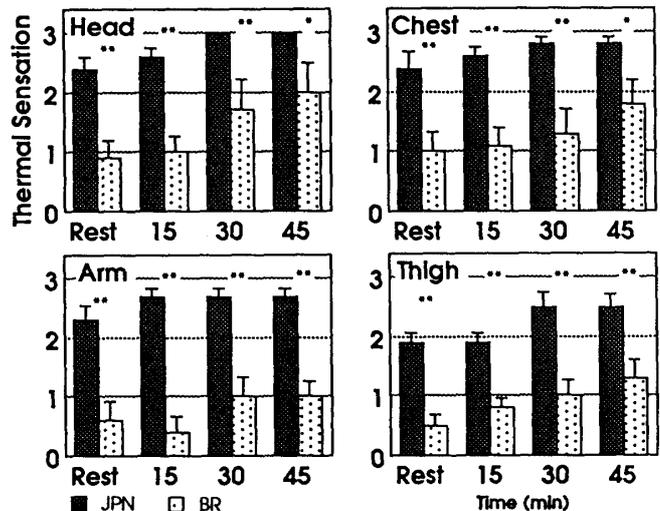


Fig. 3 Thermal sensation of Japanese(JPN) and Japanese Brazillians(BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE. \* P<0.05; \*\* P<0.01.

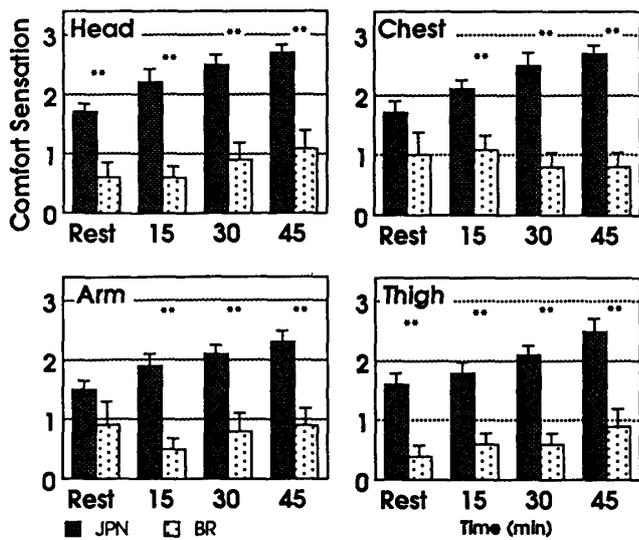


Fig. 4 Comfort sensation of Japanese(JPN) and Japanese Brazillians(BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE

\* P<0.05; \*\* P<0.01.

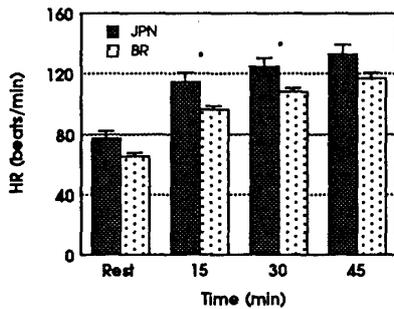


Fig. 5 Heart rate of Japanese(JPN) and Japanese Brazillians(BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE . \* P<0.05.

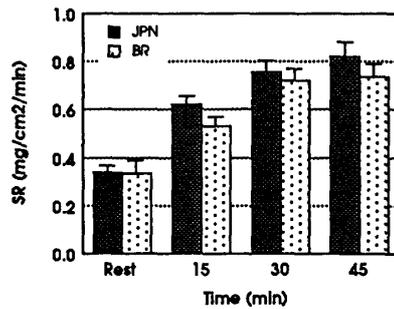


Fig. 6 Sweat rate of Japanese(JPN) and Japanese Brazillians(BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE .

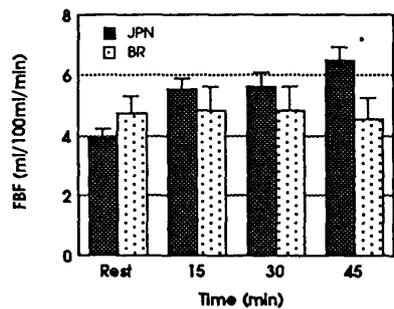


Fig. 7 Forearm blood flow of Japanese (JPN) and Japanese Brazillians(BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE . \* P<0.05.

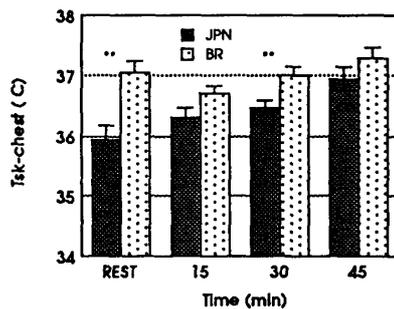


Fig. 8 Skin temperature at chest region of Japanese(JPN) and Japanese Brazillians (BR) at rest and during exercise. Data are means  $\pm$  SE . \* P<0.05; \*\* P<0.01.

間に有意差は認められなかった。

Fig. 7は前腕血流量 (FBF) の結果を示している。本実験では測定肢を極力安静にしたので、前腕血流量の結果は皮膚血流量の変化を示しているものと見なすことができる。日本人に比べ日系ブラジル人の運動時の皮膚血流量は低い傾向が認められ、運動後期にはその差は有意であった。同時に測定された胸部皮膚温はブラジル人の

方が高い傾向が認められた (Fig. 8)。環境気温が体温を超えるような状況では皮膚血流量が低く、皮膚温が高い方が外界の熱を身体内部に入れられないためにはむしろ有利であると思われる。

本研究で、遺伝的に同質と思われる日本人と日系ブラジル人の高温環境における体温調節反応、主観的温冷感、あるいは快適感に有意な違いが認められた。日系ブラジル人被験者はほぼ南回帰線に位置するブラジルの地で生まれ育ち、20年以上その環境に馴化してきたものと思われる。本研究の結果は、日本よりも暑く、特に日差しの強い環境への馴化の表れと解釈できよう。さらに被験者を増やして検討する必要はあるが、本研究によって体温調節反応に対する環境要因の重要性が明らかになったものと思われる。

本研究の一部は平成2年度科学研究費補助金 (一般研究C, 02640636) の補助により行なわれた。

引用文献

- 1) Budd,G.M., Fox,R.H., Hendrie, A.C. and Hicks,K.E.: A field survey of thermal stress in New Guinea villages. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series, B 263, 393/400,1974.
- 2) Edholm, O.G. and Samueloff,S.: Biological studies of Yemenite and Kurdish Jews in Israel. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series, B 266, 85/95,1973.
- 3) Fox,R.H., Even-Paz,Z., Woodward, P.M. and Jack,J.W.: A study of temperature regulation in Yemenite and Kurdish Jews in Israel. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series, B 266, 149/168,1973.
- 4) Fox,R.H., Budd,G.M., Woodward, P.M., Hackett,A.J. and Hendrie,L.: A study of temperature regulation in New Guinea people. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series, B 268, 375/391,1974.
- 5) Gagge,A.P., Stolwijk,J.A.J. and Hardy, J.D.: Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environmental Research, 1,1,1967.
- 6) Johnson,J.M. and Rowell,L.B.: Forearm skin and muscle vascular responses to prolonged leg exercise in man. J.Appl.Physiol., 39-6, 920/924, 1975.
- 7) Katsuura, T., Fukuda,S., Okada,A. and Kikuchi,Y.:Effect of ceramic-coated clothing on forearm blood flow during exercise in a cool environment. Ann.Physiol.Anthrop., 8-1, 53/55,1989.
- 8) 久野 亨: 汗の話. 149/150, 光生館, 1963.
- 9) 佐藤方彦, 坂手照憲, 原田 一, 井上 馨, 藤家 馨: 広範囲の環境温度条件で使用しうる最大酸素摂取量推定式の開発. 人類学雑誌, 87-2, 174/175, 1979.