

暑熱および温暖環境における子供と母親の 体温調節反応の比較

都 築 和 代

(通商産業省工業技術院生命工学工業技術研究所)

原稿受付平成9年8月18日；原稿受理平成10年2月2日

Thermoregulation during Hot and Warm Exposures of Infants Compared to Their Mothers

Kazuyo TSUZUKI-HAYAKAWA

National Institute of Bioscience and Human-Technology, Agency of Industrial Science and Technology,
Ministry of International Trade and Industry, Tsukuba 305-0044

This study was conducted to investigate the thermoregulatory responses of infants during hot and warm exposures. After the subjects first rested in a thermoneutral room (28°C air temperature, 50% relative humidity), they were then exposed to a hot (35°C, 70%) or warm (31°C, 50%) condition for 30 min and then returned to the thermoneutral room where they stayed for an additional 30 min. The rectal temperature (T_{re}), mean skin temperature (T_{sk}) and total sweat rate ($M_{sw,t}$) were measured and compared to the responses of their mothers. The T_{re} of infants rose during the hot exposure, even though their $M_{sw,t}$ was twice that of their mothers, and the infants had higher T_{sk} than the mothers. This result was supported by our previous study (Tsuzuki-Hayakawa *et al.*, 1995). The rise in T_{re} of infants was especially rapid during the hot exposure, and was significantly higher at the end of the exposure than that obtained at the end of the warm trial. $M_{sw,t}$ of infants was almost identical at both warm and hot exposures, although the heat loads were clearly different under the conditions of hot and warm. This indicates the thermoregulatory response of infants does not work well and a higher excitability of the sweat centers is evident. Also, infants are more easily dehydrated during warm and hot exposures.

(Received August 18, 1997; Accepted in revised form February 2, 1998)

Keyword: infant 子供, mother 母親, thermoregulation 体温調節反応, thermal environment 温熱環境.

1. 緒 言

子供の体温調節に関する研究はいくつかあるが、古くは未熟児や低体重児などの生存と発育のための至適環境条件を決めるための医療上の必要から生じた研究が多かった (Brück 1961)。近年になって、イギリスでは乳幼児の突然死症候群との関連として睡眠環境ならびに睡眠時の子供の体温調節に関する研究が行われている (Wailoo *et al.* 1989)。また、レベルの高い競技者育成のために子供の頃から運動を奨励するという世界的な傾向やそのための環境整備のために、運動時の子供の体温調節に関する研究が行われている (Bar-or 1980)。さらに、保育器や非常時の保育環境

を確保するための機器開発を目的として未熟児サイズのマネキンが開発され、環境評価に用いられている (Sarman *et al.* 1992)。日本においては、幼児の生活環境 (加藤等 1994) や体温調節に関する研究 (Tsuzuki-Hayakawa *et al.* 1995) が行われ、紙オムツなど衣環境評価を目的としたマネキンが開発されつつある (田村と斜木 1995)。

しかしながら、子供の体温調節や生理反応に関する有用な情報が十分ではなく、その上、新生児以降の子供から大人への成長過程における体温調節の変化についてはほとんどわかっていない。特に、日本のような寒冷から暑熱までの幅広い気温分布の環境を評価

しようとする際には、より多くの子供に関するデータを集積する必要があると考えられる。その結果、それらを利用したマネキンによる衣環境評価や子供の周囲にある製品・環境などはより適合性の高いものになるであろう。

実際のところ、子供と大人との一番大きな違いは年齢による形態的・機能的な違いによるものである。子供の体形は、体重が少なく身長が小さいという物理的な小ささのみではなく、体重あたりの体表面積の割合は成人よりも大きいという形態的な特徴を持ち、このことが子供の体温調節と密接に関連していると言われてきた (Bar-or 1980)。また、機能面での例を挙げるならば、激しい運動時において子供の発汗量が少ないのは、最大発汗能力が成人よりも劣るためと説明されてきた (Kawahata 1960; Wagner *et al.* 1972)。しかし、前述したように子供の体温調節に関して、特に幼児・小児については系統だっで行われたものではなく、安静時に関しては半世紀前に日本で行われた研究があるにすぎない (小菅 1939; 岡安, 1950; Kuno 1956)。

著者等は先行研究において幼児 (9 カ月~4 歳) の体温調節について報告したが、暑熱環境での幼児の体温調節を母親のそれと比べた場合、発汗量については約 2 倍 (体表面積あたり) であり、皮膚温反応についてもほぼ同様であるにもかかわらず、体内温度は上昇を示した (Tsuzuki-Hayakawa *et al.* 1995)。この結果は、先行研究である小菅 (1939) や Kuno (1956) の子供の発汗開始は成人に比べて早く、かつ発汗量は成人の約 2 倍であり、その結果暑熱暴露中であっても体内温は低下したとの報告とは、体内温の挙動に関して一致していない。この不一致を明らかにするためにはさらにデータを集積し検討する必要があると考えられる。また、同じ乳幼児期といえども身体の小さな新生児に近い、あるいは、行動性体温調節を自ら制御できない小さな子供ほどその周囲温熱環境については注意する必要があると考えられる。そこで、これまでの新生児期における至適温熱環境の下限值は 31℃であると言われていたことから (Brück 1961)、本研究では前回とほぼ同様の暑熱条件と新しく温暖条件を設定して体温調節反応についての計測ならびに母親との比較を行ったので報告する。

2. 方 法

(1) 実験条件

隣り合う人工気候室 2 室を暴露室と、前室・回復室

として実験条件を設定して用いた。前室・回復室としての温熱環境条件は気温 28℃、相対湿度 50%、気流 0.2 m/s 以下とした。暴露室の暑熱条件は気温 35℃、相対湿度 70%、気流 0.2 m/s 以下、温暖条件は気温 31℃、相対湿度 50%、気流 0.2 m/s 以下とした。両室ともに壁面はカーテンで覆ったので、平均放射温度は気温とほぼ等しいと考えられる。

(2) 被験者と着衣

被験者には乳幼児とその母親の親子のペア 8 組を採用した。被験者グループの身体特性を Table 1 に示す。人体の体表面積は、年齢別に身長と体重より藤本と渡辺 (1967) の式を用いて算出した。

着衣は夏期に一般に用いられる T シャツとショートパンツを各サイズ同じ素材で準備した。被験者には、それぞれ身体に合う着衣を乳幼児は紙オムツの上に、母親はブラジャーとパンツの上に着用した。

(3) 実験手順

子供被験者は正常出産後、定期健康診断において異常が認められない健康な子供が集められた。本研究の遂行に関しては、子供被験者の母親に対して研究の目的、性質および内容について口頭で説明するとともに、実験手順や注意等の記入された説明書を手渡し、両親に同意が得られたものについて、どちらかの親に承諾書にサインしてもらった。また、母親被験者についても承諾書にサインしてもらった。

1 組の被験者母子は前室に入室し、実験用着衣に着替えた後、皮膚温・直腸温用センサーを装着する。入室後 30 分以上経過し、10 分以上安静状態を計測した後に暴露室へ移動した。暴露室において 30 分間暑熱または温暖条件に暴露し、その後に回復室にもどり、30 分間の回復をとった。被験者の姿勢は、母親の場合椅子座安静状態であり、子供は硬めの睡眠用マットの上に、横臥安静状態とした。本来、同じ姿勢で実験することが望ましいと考えられるが、実際に乳幼児に椅子座を 1 時間半強いることは不可能であると予備実験より判断されたため、やむなく安静状態がとれる姿勢として横臥を採用した。回復室においては暑熱・温暖暴露により多量の発汗が認められたため、体重測定後に着替えを行った。実験は 7 月下旬から 9 月上旬にかけて行った。また、子供被験者においては実験中寝てしまうものもあったが、そのデータは割愛、および、再実験を試みた。

(4) 測定項目

直腸温と皮膚温は 30 秒間隔でサーミスターセンサ

暑熱および温暖環境における子供と母親の体温調節反応の比較

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Age	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m ²)	BSA/Mass (cm ² /kg)	Skinfold thickness (mm)		
						Triceps	Scapula	Abdomen
	(months)							
Infants	5.3	63.0	7.1	0.393	476.5	12.0	9.0	10.0
	5.8	64.0	8.3	0.421	449.9	15.0	14.0	11.0
	6.6	65.6	9.3	0.429	558.6	15.0	8.6	8.4
	6.7	70.6	7.7	0.423	432.6	8.0	7.4	6.4
	6.8	66.0	9.8	0.457	480.3	10.5	14.5	9.5
	8.9	62.0	9.5	0.415	473.0	9.4	10.2	5.6
	10.3	71.0	8.8	0.436	445.9	11.4	8.8	5.6
	10.8	70.0	9.8	0.455	518.3	11.4	10.0	7.6
Average	7.7	66.5	8.8	0.429	479.4	11.6	10.3	8.0
SD	2.1	3.6	1.0	0.021	41.4	2.5	2.6	2.1
	(years)							
Mothers	33.6	148	60.1	1.504	287.5	24.0	40.0	40.0
	27.7	152	52.3	1.440	360.9	18.0	16.0	27.0
	28.0	153	39.9	1.282	201.0	13.0	11.0	11.0
	30.0	157	63.8	1.607	380.1	32.0	26.0	35.0
	32.1	156	42.3	1.333	245.4	11.6	10.4	12.8
	32.0	156	54.3	1.490	319.5	14.8	18.6	15.0
	27.2	156	46.6	1.393	293.1	9.8	8.4	5.2
	35.7	153	47.5	1.385	272.4	17.0	15.0	11.0
Average	30.8	153.9	50.9	1.429	295.0	17.5	18.2	19.6
SD	3.1	3.0	8.4	0.104	58.6	7.3	10.4	12.7

ーと携帯用温度記憶装置を用いて測定した。直腸温サーミスターは肛門より成人の場合 12 cm、子供の場合は 8 cm の位置に挿入した。皮膚温は、前額、腹部、前腕、手背、大腿、下腿、足背の 7 点にサーミスターセンサーをサージカルテープで貼付した。平均皮膚温については Hardy and DuBois 提案の 7 点法で母子ともに算出した。

全身発汗量は暴露の前後に ± 1 g 精度の体重計で測定し、蒸発量のみを算出した。

子供と母親についての測定結果のうち、身体特性に関する比較は t 検定を用いた。直腸温、平均皮膚温に関しては、3 要因分散分析 (年齢: 2 水準, 子供グループ・母親グループ; 暴露条件: 2 水準, 暑熱条件・温暖条件; 暴露影響: 3 水準, 前室・暴露室・回復室) を行い、全身発汗量については 2 要因分散分析 (年齢: 2 水準, 子供グループ・母親グループ; 暴露: 2 水準, 暑熱条件・温暖条件) を行った (Winer *et al.* 1991)。

グループは被験者間要因であり、暴露条件および暴露の影響は被験者内要因である。post-hoc comparison として Tukey の WSD を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

今回、両被験者グループとも暑熱・温暖暴露両実験に参加しており、明らかに前室と回復室および二つの暴露実験で同じ温熱環境条件に暴露されている。しかし、既往の研究において参照となるような子供の生理反応を扱った研究がなく再現性をみる目的と、暴露条件として設定された暑熱・温暖条件の回復での影響をみるために、あえて暴露影響を 1 要因として統計的検討を加えた。

3. 結 果

各被験者グループおよび暑熱および温暖実験における平均皮膚温の時間経過を Fig. 1 に示す。28℃の前室では両グループ平均値 (SD) で 33.6 (0.38) ~ 34.2

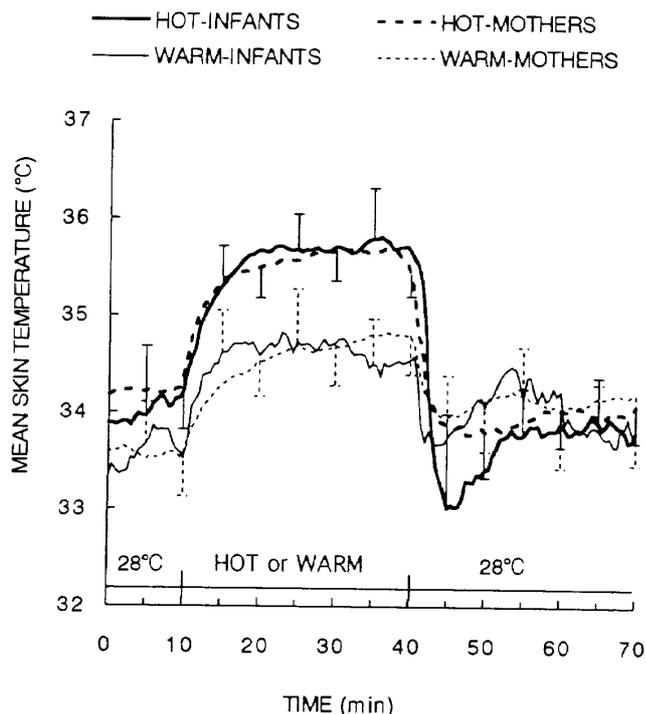


Fig. 1. Mean skin temperature for infants and mothers during hot and warm exposures

Values are mean.

(0.48)°Cの範囲にあった。暑熱および温暖条件ともに暴露室に入室すると平均皮膚温はすばやく上昇し、10分目以降はほぼ安定していた。最終の平均皮膚温は、暑熱条件では子供グループ 35.7 (0.35)°C、母親グループ 35.6 (0.16)°C、温暖条件では子供グループ 34.7 (0.53)°C、母親グループ 34.8 (0.48)°Cであった。回復では、両条件ともに母親グループがほぼ前室での平均皮膚温レベルに低下するのに対し、子供グループの平均皮膚温は暑熱暴露後の低下は急速であり、前室レベルよりも低くなるにもかかわらず、その後若干の上昇を示した。また、子供グループの温暖暴露後の平均皮膚温低下は緩慢であった。回復30分では暴露条件とグループによる差は認められず、ほぼ34°Cに収束していた。

3要因分散分析の結果は、年齢の主効果は有意ではなく、暴露条件と暴露影響の主効果は有意であった。さらに、1次の交互作用である年齢・暴露条件と暴露条件・暴露影響の交互作用は有意であったが、年齢・暴露影響の交互作用と2次の交互作用である年齢・暴露条件・暴露影響の交互作用は有意ではなかった。以上の統計的結果を元にWSDによる下位検定を行った結果、平均皮膚温に年齢差は認められず、暑熱および

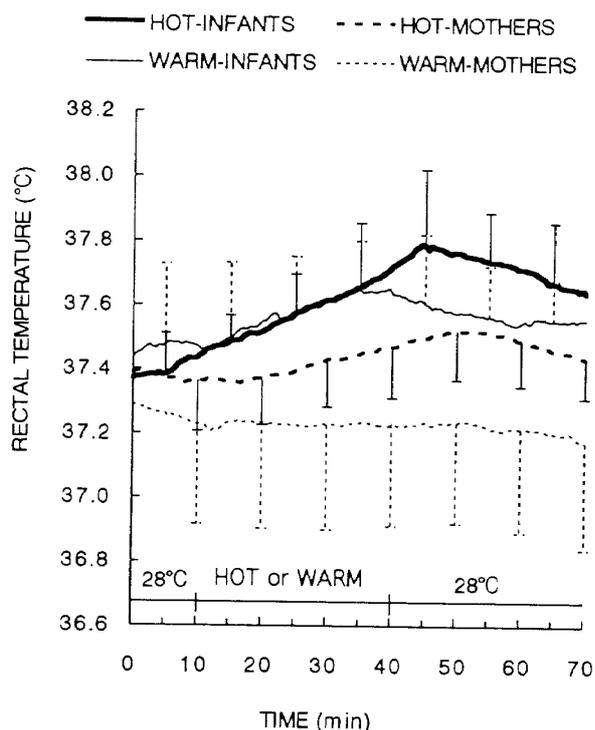


Fig. 2. Rectal temperature for infants and mothers during hot and warm exposures

Values are mean.

温暖条件での平均皮膚温は前室・回復時よりも有意に高く、かつ、暑熱時の平均皮膚温は温暖時よりも有意に高かった。

各被験者グループおよび暑熱および温暖条件における直腸温の時間経過を Fig. 2 に示す。前室では両グループ平均値 (SD) で 37.2 (0.29)~37.5 (0.24)°C の範囲にあった。暴露室に入室すると、母親の温暖条件では直腸温はほとんど変化しなかったが、暑熱および温暖条件の子供と暑熱条件の母親の直腸温は上昇する傾向を示した。なかでも、暑熱暴露時の子供の直腸温上昇度は急であった。回復室では暑熱暴露後の母子の直腸温が時間遅れを伴って低下を示し、特に子供の直腸温低下は暴露時と同様に急であった。温暖暴露後の回復では、子供の直腸温はほとんど変化を示さず、また、母親の直腸温も温暖暴露時と同様変化をしなかった。

3要因分散分析の結果は、年齢と暴露影響の主効果は有意であり、条件の主効果は有意ではなかった。また、1次の交互作用である年齢・暴露影響と暴露条件・暴露影響の交互作用は有意であったが、年齢・暴露条件の交互作用と2次の交互作用である年齢・暴露条件・暴露影響の交互作用は有意ではなかった。以上の統計

暑熱および温暖環境における子供と母親の体温調節反応の比較

の結果を元に WSD による下位検定を行った結果、前室での直腸温に条件間による差は認められないが、母子間には有意な差があり、子供の直腸温が母親よりも高かった。また、暴露時ならびに回復時においても子供の直腸温は有意に母親よりも高かった。さらに、暴露中ならびに回復時の直腸温は暑熱条件の方が有意に高くなった。

各被験者グループおよび暑熱および温暖条件における全身発汗量を平均値と SD で Fig. 3 に示す。2 要因分散分析の結果は、年齢の主効果のみが有意であり、条件の主効果と年齢・条件の交互作用は有意ではなかった。つまり、両グループとも暑熱と温暖条件における全身発汗量に有意な差は認められず、ほぼ同様であったが、子供の全身発汗量は母親の約 2 倍程度と有意に大きかった。

4. 考 察

本研究における主な結果は、子供の直腸温は暑熱および温暖暴露中、有意に上昇した。この結果は、小菅 (1939) や Kuno (1956) の結果に反し、著者等の先行研究 (Tsuzuki-Hayakawa *et al.* 1995) を支持するものであった。その上、温暖暴露よりも暑熱暴露時に直腸温の上昇度は大きく、つまり、周囲気温が高くなるほど人体への熱負荷も大きくなること示された。しかし、母子間の皮膚温には有意な差は認められず、温度条件による差のみが有意であった。これは子供グループが皮膚血管拡張反応を有していることを示して

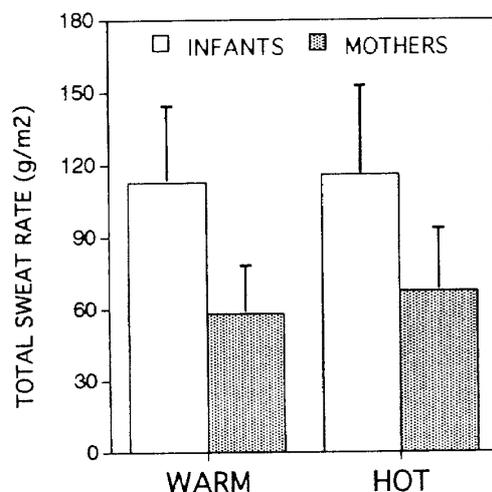


Fig. 3. Total sweat rate for infants and mothers during hot and warm exposures

Values are mean and SD.

いると考えられた。また、全身発汗量は母子間に有意な差は認められたものの、両グループともに暴露条件に有意な差は認められなかった。さらに、全身発汗量に関して、今回得られた暑熱暴露条件の結果と著者等の先行研究と比較した結果、実験・年齢による差は認められなかった。これらの結果は、本実験で採用された暴露条件による影響であると考えられる。母親グループは本研究においてコントロール群として採用されたが、成年女子の暑熱環境における体温調節反応は、男子に比べ発汗発現の体温閾値が高く、また、発汗量も少ないことが知られている (Morimoto *et al.* 1967)。今回のような温度条件では暑熱条件といえどもそれほど厳しい熱負荷ではなく、かつ暴露時間も短いために、母親グループの両暴露条件における全身発汗量に差が認められなかったものと考えられる。子供グループにおいても両暴露条件において、全身発汗量に有意な差を認めなかったが、これは直腸温が上昇を示したことから明らかのように、温暖暴露による発汗量が、暑熱暴露による発汗量に匹敵していることを意味している。つまり、子供の発汗開始は成人に比べて早いとされているが、今回の結果より、温暖条件においても発汗量が過量であることが認められた。

また、実験手順において両グループの姿勢が異なることを明記したが、接触面積の違いが圧-発汗反射による発汗量の違いを導き出している可能性があることも無視できない。しかし、同じ安静状態にある場合、姿勢の違いが温熱条件よりも影響が強くなることは考えにくいため、今後さらにデータを集積し、検討する必要がある。

先行研究において、単純に全身の汗腺数が成人と異なるならば、単汗腺あたりの発汗量は成人の 1/3~1/2 程度と少ないことが示唆された。今回の子供被験者は Kuno (1956) 等の研究によれば汗腺が能動化する年齢にあてはまることから、全身発汗量が成人よりも多い理由としては、汗腺密度が成人に比べて高いことによるものと考えられた。しかし、発汗量が体表面積あたりで成人の 2 倍と大きく、かつ、皮膚温反応も有していた、つまり、湿性放熱が 2 倍および乾性放熱が同等以上であったにもかかわらず、直腸温が上昇を示した。この結果は、子供は暑熱・温暖両暴露において体温調節反応は有しているが、正常体温に保つためには、それらは必ずしも有効には働いていない、ということを示していると考えられる。さらに、今回の全身発汗量を体重あたりの水分損失量として計算すると、

蒸発分のみで0.3%以上となり、成人に比べて大きい。これは、一般に脱水状態といった場合に体重当たりの水分損失量を3%と定義していることから、本実験における子供被験者は、脱水状態を引き起こしやすい状況にあったといえる。今回の暴露が30分間という短時間であることを考慮に入れるならば、子供被験者は体温調節反応が有効に作動していないうえに、脱水に陥りやすい状態にあるという点について留意する必要があると考えられる。

暑熱・温暖暴露においては皮膚温に成人との差が認められなかったが、暑熱暴露後の回復において、汗をタオルなどで拭いたにもかかわらず、子供グループの皮膚温が急な低下を示した。これは、湿った皮膚表面が回復室において急に冷やされたことを示していると考えられ、日常的には暑熱環境から冷房環境へ移った時の急激な冷えに対応することが必要であると考えられる。また、回復室における子供グループの直腸温低下は、その前の暴露条件の影響を受け、暑熱暴露の方が低下は速く、かつ、低下度は大きかった。さらに、先行研究との比較では、先行研究における回復室が25℃と今回の実験よりも低かったためか、年齢が今回よりも大きな子供を対象としているにもかかわらず、その低下度は同程度であった。28℃という温度は、成人の無感温度として設定されたものであるが、暑熱暴露後の冷房環境とみなして考えると、直腸温や皮膚温の急激な低下を招来するため、長時間暴露される場合などはさらに検討する必要、あるいは体温保護を目的とした着衣状態を検討する必要がある。

本実験結果は、1歳未満児の体温調節反応は暑熱・温暖条件において多汗であり、かつ、両暴露において直腸温は上昇を示し、暴露温度が高い方が直腸温の上昇度が大きいことを示した。この結果は、新生児期における至適温熱環境の下限値ですらも、今回の子供グループにとっては熱負荷となっていることを示しており、明らかに体温調節閾値は成長とともに下がってきていることが伺える。さらに、今回の条件はともに、日本の夏期の温熱環境において日常的に経験されるものであり、行動性体温調節を自ら制御できない子供については、その周囲温熱環境・衣服環境について注意が必要であることが示された。

最後に、母子各々の生理データの変化は暴露条件において一定の傾向を示し、個人によって異なる傾向は認められなかった。しかし、子供グループにおいては既報(Tsuzuki-Hayakawa 1996)において報告したよ

うに、直腸温の上昇度や全身発汗量には1歳未満という乳幼児のカテゴリー内にも個人差によるばらつきというよりは、身体の高さや月齢との相関関係を持つ一定傾向が認められた。これについては、今後さらにデータを集積し検討していきたい。

5. まとめ

暑熱環境における子供の体温調節について検討するために、暑熱(気温35℃、相対湿度70%)・温暖(31℃、50%)条件を設定して、前室(28℃、50%)から別々の日に両環境条件に30分間暴露し、さらに前室に戻り回復を30分間とるという実験を行い、その時の皮膚温、直腸温および全身発汗量を測定し、母親被験者グループとの比較、および先行研究との考察を行ったところ、以下の点が明らかになった。

(1) 暑熱および温暖条件ともに子供グループの直腸温は上昇したが、暑熱条件の方が上昇は急であった。また、暑熱暴露後の回復において、子供グループの直腸温は急激な低下を示した。母親グループの直腸温の変化は、暑熱暴露時は若干低下後、わずかに上昇を示したが、温暖暴露時には若干低下した状態で安定していた。

(2) 子供グループの体表面積あたりの全身発汗量は、暑熱および温暖条件ともに母親グループの約2倍であり、条件間に有意な差を認めなかった。同様に、母親グループにも条件による差は認められなかった。

(3) 子供グループと母親グループの平均皮膚温には差を認めず、温度条件による違いのみであった。つまり、子供は母親と同程度の皮膚血管拡張反応を有していたと考えられた。

(4) 先行研究との比較ならびに直腸温、皮膚温および発汗量について考察を行うことにより今回設定した実験条件のうち暑熱条件は、暴露時間が短いこともあるが、母親グループの発汗開始の体温閾値に達していない状態、つまり、母親グループにとっては激しい熱負荷となっていないと考えられた。しかし、それに対し子供グループにとっては、温暖条件すらも熱負荷となり、かつ、過量の発汗を引き起こすことが示された。子供グループは皮膚温・発汗という体温調節反応を有していたが、正常な直腸温に調節するという観点からみると、必ずしも有効に作動していたとは言えず、かえって、脱水状態に陥りやすい危険性も持ち合わせていると考えられた。

(5) 回復時の結果から、成人にとっての無感温度で

暑熱および温暖環境における子供と母親の体温調節反応の比較

すら暑熱・温暖暴露後の子供の直腸温や皮膚温の急激な低下を招来するため、長時間暴露される場合などの冷房温度はさらに検討、あるいは体温保護を目的とした着衣状態を検討する必要がある。

稿を終えるにあたり、被験者として参加して下さった方々、および実験補助者・研究補助者として協力して下さった方々に深謝いたします。本研究の一部は、建築学会環境工学生理心理委員会WG、および第6回体温研究会、ならびにIndoor Air '96において口頭・ポスター発表された。

引用文献

- Bar-or, O. (1980) Climate and the Exercising Child—A Review, *Int. J. Sports Med.*, **1**, 53-65
- Brück, K. (1961) Temperature Regulation in the Newborn Infant, *Biol. Neonat.*, **3**, 65-119
- 藤本薫喜, 渡辺 孟 (1967) 日本人の体表面積に関する研究第16篇. 新算出式—その1—一般用, *衛生誌*, **21** (6), 403-406
- 加藤佐枝子, 池田麻子, 富田純子, 都築和代, 飯塚幸子 (1994) 乳幼児の生活環境及び衣服に関する研究, *実践女大家政学部紀要*, 31号, 65-72
- Kawahata, A. (1960) Sex Differences in Sweating, in *Essential Problems in Climatic Physiology* (ed. by Yoshimura, H., Ogata, K., and Itoh, S.), Nankodo, Kyoto, 169-184
- 小菅武夫 (1939) 小児の発汗機能, *生理誌*, **4**, 370-377
- Kuno, Y. (1956) *Human Perspiration*, CC Thomas Publisher, Springfield
- Morimoto, T., Slabochova, Z., Naman, R.K., and Sargent, F., II (1967) Sex Differences in Physiological Reactions to Thermal Stress, *J. Appl. Physiol.*, **22**, 526-532
- 岡安敬三郎 (1950) 体温調節に関する年齢別研究 総序及び第1遍 発汗機能の年齢的差異, *体研報*, **1** (2), 166-169
- Sarman, I., Bolin, D., Holmer, I., and Tunell, R. (1992) Assessment of Thermal Conditions in Neonatal Care: Use of a Manikin of Premature Baby Size, *Am. J. Prenatal.*, **4**, 239-246
- 田村照子, 斜木祐里 (1995) 吐出量調節型発汗サーマルマネキン (乳児腰部) の開発と応用, 第19回人間-生活環境系シンポジウム報告集, 164-165
- Tsuzuki-Hayakawa, K. (1996) Thermo-Regulatory Development in Young Children during Warm and Hot Exposures, *Indoor Air '96*, **4**, 287-292
- Tsuzuki-Hayakawa, K., Tochiwara, Y., and Ohnaka, T. (1995) Thermoregulation during Heat Exposure of Young Children Compared to Their Mothers, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **72**, 12-17
- Wagner, J.A., Robinson, S., Tzankoff, S.P., and Marino, R.P. (1972) Heat Tolerance and Acclimatization to Work in the Heat in Relation to Age, *J. Appl. Physiol.*, **33**, 616-622
- Wailoo, M.P., Petersen, S.A., Whittaker, H., and Goodenough, H. (1989) Sleeping Body Temperatures in 3-4 Month Old Infants, *Arch. Dis. Childhood*, **64**, 596-599
- Winer, B.J., Brown, D.R., and Michels, K.M. (1991) *Statistical Principles in Experimental Design*, McGraw-Hill, U.S.A.