

運動時の着帽効果に関する実験的研究

滋賀県立短期大学 寄 本 明
(共同研究者) 同 岡 本 進
同 玄 田 公 子
滋 賀 大 学 佐 藤 尚 武

Experimental Studies on the Effect of Headgear against the Solar Radiation during Exercise

by

Akira Yorimoto, Susumu Okamoto, Kimiko Genta,

Shiga Prefectural Junior College

Shobu Satoh

Shiga University

ABSTRACT

Sportsmen and women are often exposed to the direct solar radiation in summer. In this condition, it is important to guard against the radiant heat. The present study was carried out to investigate the effect of putting on the headgear during exercise. Four healthy men were loaded by a bicycle ergometer at 450 kpm/min for 20 min. under the vertical heat radiation of 1.2 cal/cm²/min in a room of 30°C with 60% relative humidity and 0.73 m/sec air flow.

The results are outlined as follows;

1) In average, the values of heart rate, oxygen consumption, rectal temperature and mean skin temperature during exercise and recovery in case of putting on the headgear were no different from no headgears, whereas total sweat volume of back, rate of body weight loss and skin temperature rise of parietal region in case of putting on the headgear were significantly smaller than those of no headgear respectively.

2) High correlation was recognized between skin temperature of parietal region and rate of body weight loss. This result indicates that the

smaller rise of skin temperature prevents the additional water loss of body during exercise.

3) There was no difference of response between putting on a baseball cap and a Kimotsuki's coolness hat in this experimental condition.

要 旨

炎天下における日射病の予防として、帽子着用の有効性を検討するために、青年男子4名について、実験室内で頭部を白熱灯で輻射し、運動中の生体反応を調べた。

輻射下の帽子着用時には、着用しない場合よりも、頭頂部皮膚温の上昇は小さく、また発汗量も明らかに少なかった。帽子着用は、生体へ及ぼす暑熱負荷を軽減しているが、その場合の生理的な有用性について考察した。

緒 言

暑熱下の運動中の事故には、無理な運動処方の場合もあるが、太陽光線の直射による熱作用が大きな要因となっている。したがって炎天下では、

太陽輻射から頭部を保護するため、着帽は不可欠な防衛法といえる。

しかしながら、帽子の防暑効果の研究¹⁻⁴⁾は、比較的少なく、その研究は安静状態にとどまっていることが多い。

本研究は、実験室内に炎天下の条件を再現し、運動時の着帽の意義について検討を加えた。

実 験 方 法

実験は、20歳代および30歳代の健康な男子4名について、上半身を裸体とし、自転車エルゴメータによる20分間のペダリング(1.5kp, 50rpm)を図1のような条件下で負荷した。

すなわち、①輻射なし、帽子なし(H₁)、②輻射下、帽子なし(H₂)、③輻射下、野球帽着用(H₃)、④輻射下、通気帽着用(H₄)である。

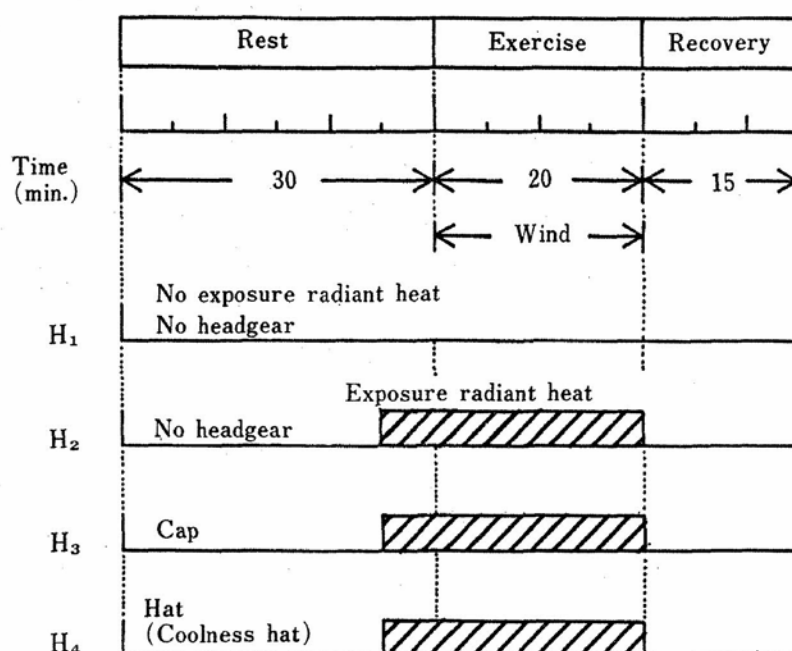


図1 実験手順および条件

これらの条件下で、心拍数、酸素摂取量、直腸温、皮膚温、発汗量および温冷感が測定された。

頭部熱輻射には、500Wの白熱灯（フィラメント温度 5500°K）を用い、頭上から 40cm の位置に固定し、照射した。これは、日本南部（鹿児島県）の真夏の直達日射量が $1.2\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ⁵⁾ であり、この太陽輻射にはほぼ相当する輻射熱を再現するためである。

野球帽は市販の白（デサント）であり、通気帽は肝付の考案したハット型^{6,7)}である。

心拍数は胸部誘導による心電図から、酸素摂取量はダグラスバッグ法で採気し、ショランダー微量ガス分析器による O_2 濃度から、体重減少率は人体用精密台ばかりから、局所発汗量は背部のカプセル濾紙法から、それぞれ求めた。

直腸温および皮膚温はサーミスタ温度計で測定し、皮膚温測定部位は頭頂部、前額部、胸部、大腿部および下腿部であり、平均皮膚温は Newburgh-Spealman の公式⁸⁾ から算出した。

また、着帽時には帽子表面温、帽子内面温および帽子内気温を測定し、さらに帽子内湿度を測定した。頭部の温冷感は、11段階の尺度⁹⁾ で申告をうけた。

なお、いずれの実験においても、前から 0.73 m/sec の気流を送った。実験室内の温度と湿度は、 $28\sim 30^\circ\text{C}$ 、 $60\sim 70\%$ であった。

実験結果

心拍数 (HR) と酸素摂取量 ($\dot{V}\text{O}_2$) の経時変動を、4名の平均値で図2に示した。

運動中の HR は、 H_1 で最も高いレベルにあり、ついで H_2 、 H_4 、 H_3 の順である。運動終了時 HR では、 H_2 と H_4 の間に有意な差 ($p < 0.01$) が認められたが、HR を安静時に対する増加率でみると、いずれの条件下でもほぼ同じ値が得られ、各条件間に差はみられなかった。

$\dot{V}\text{O}_2$ は、運動開始後10分で定常状態に達しており、運動終了時の値は $1.1\sim 1.3\text{ l/min}$ であっ

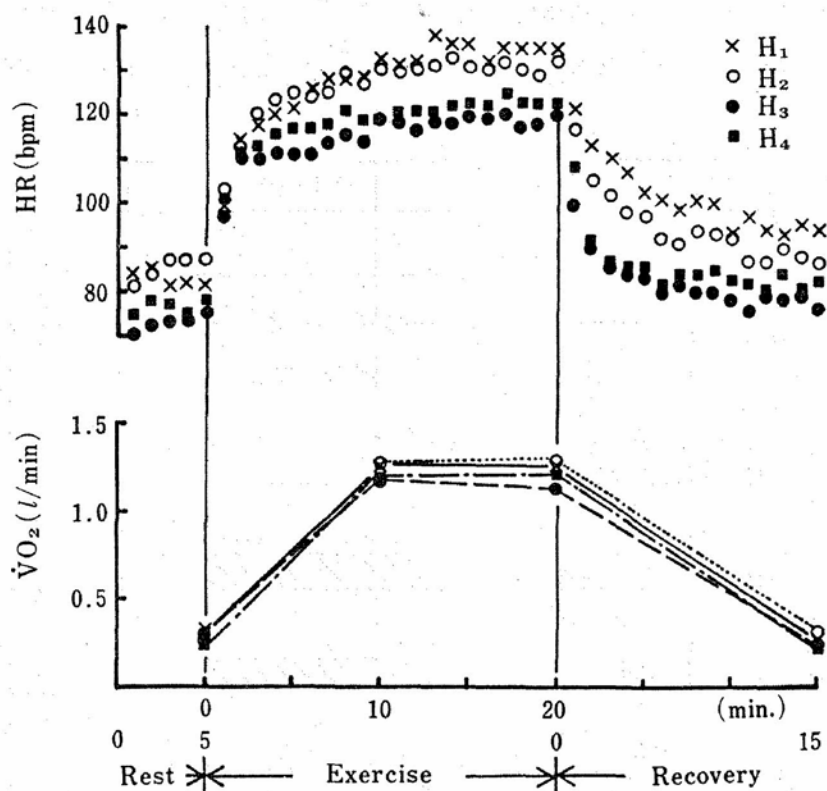


図2 心拍数 (HR) と酸素摂取量 ($\dot{V}\text{O}_2$) の変化

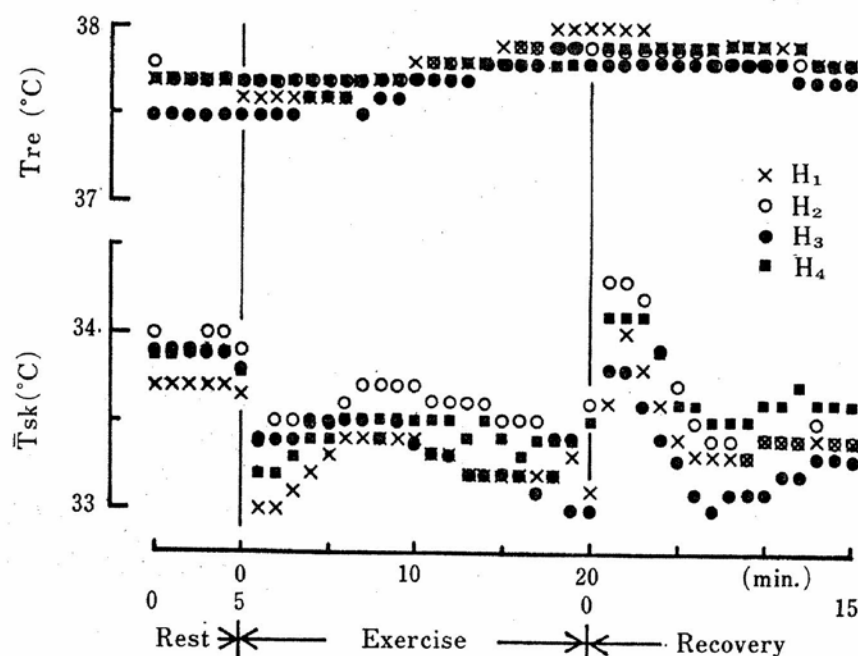


図3 直腸温 (T_{re}) と平均皮膚温 (T_{sk}) の変化

た。回復期の15分では、ほぼ安静水準にもどっていた。安静、運動および回復期の $\dot{V}O_2$ には、実験条件による差は認められなかった。

図3には、直腸温 (T_{re}) と平均皮膚温 (T_{sk}) の経時変化を、4名の平均値で示した。

T_{re} は、運動開始7～10分後に上昇を始め、運動終了時には、安静時より $0.1 \sim 0.3^\circ\text{C}$ 上昇していた。運動終了時の T_{re} および安静時からの上昇値に、各実験条件下で差はみられなかった。

T_{sk} は、運動時の気流 (0.73m/sec) による影響で低下している傾向がみられるが、運動終了の気流停止後では、安静水準を上回る上昇を示した。運動終了時および運動による上昇値などを検討したが、各条件下の差は明らかでなかった。

図4には、運動20分間の背部発汗量と体重減少率を4名の平均値で示した。

背部発汗量および体重減少率は、着帽の H_3 と H_4 が H_1 より大きく、 H_2 より小さい傾向を示した。とくに H_1 と H_2 の間には、背部発汗量および体重減少率に有意な差 ($p < 0.05$ および $p < 0.01$) が認められた。また、 H_2 と H_4 との間の体重減少率に有意な差 ($p < 0.05$) がみられた。

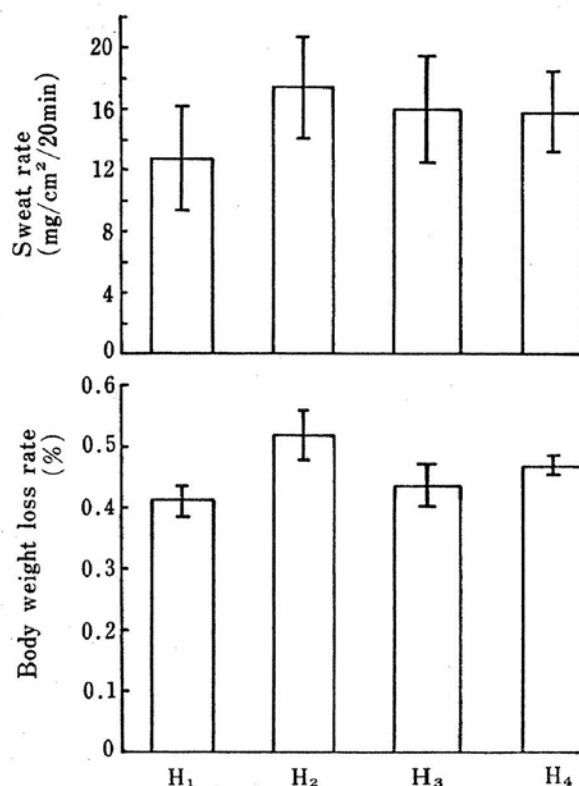


図4 各実験条件における背部発汗量と体重減少率

頭頂部皮膚温の経時変動を、4名の平均値で図5に示した。

頭頂部皮膚温は、いずれの条件下でも運動中に上昇するが、 H_1 では、運動終了時に安静時より

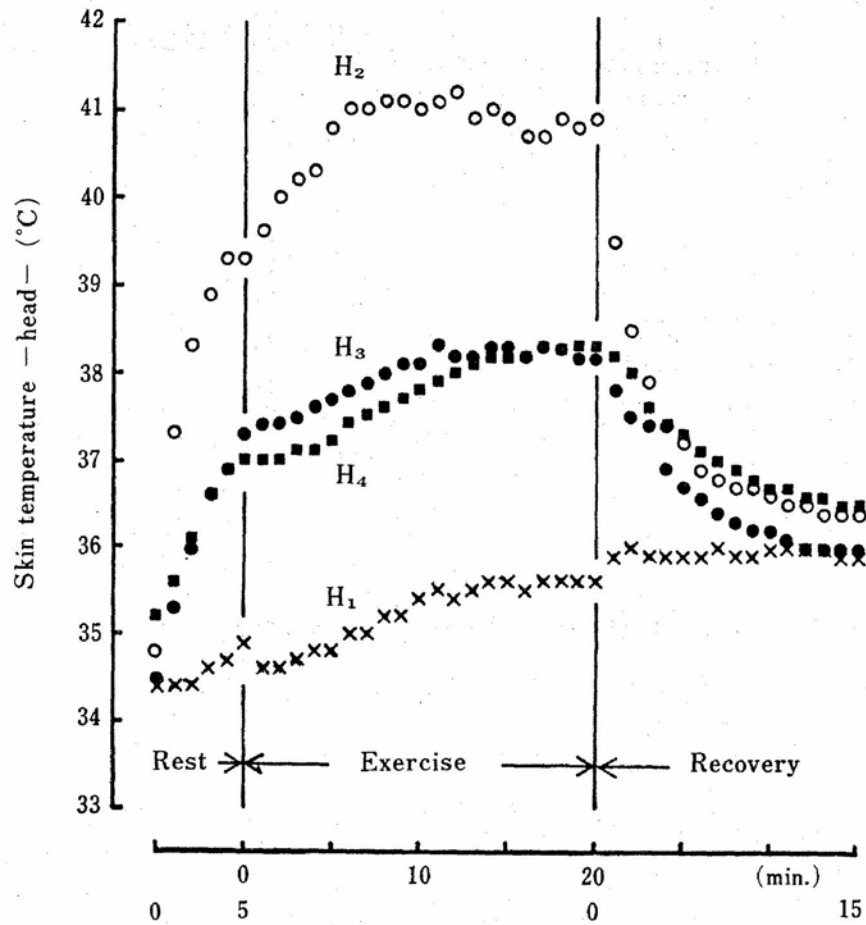


図5 頭頂部皮膚温の変化

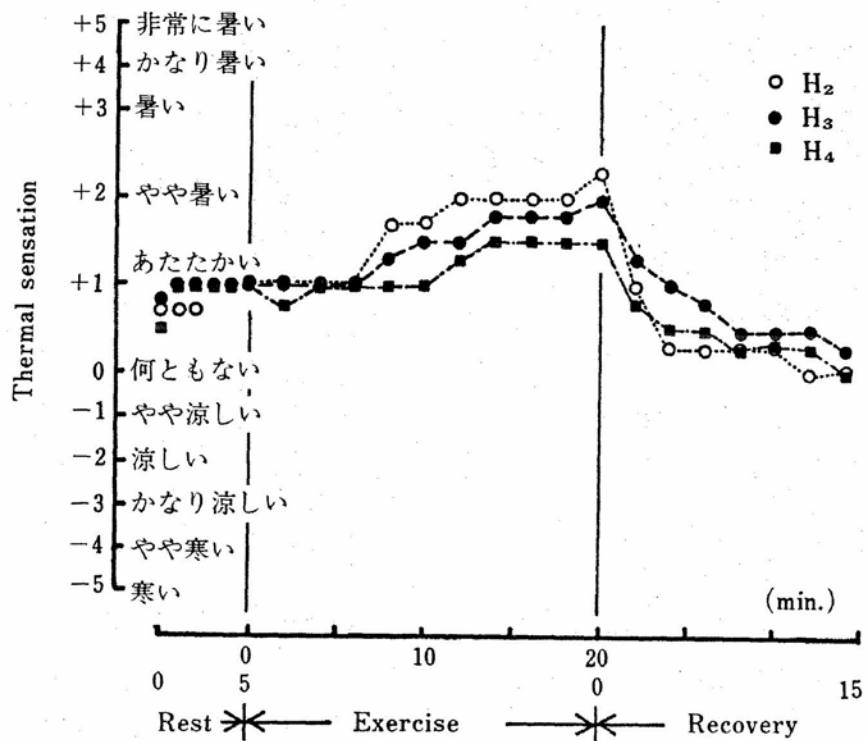


図6 頭頂部温冷感申告の変化

約 1.0°C の上昇であった。 H_1 と H_2 の間に、運動終了時値および上昇値で有意な差 ($p < 0.01$ および $p < 0.05$) がみられた。また、帽子を着用した H_3 と H_4 では、 H_1 と H_2 の中間的な変動を示し、これらの運動終了時値と上昇値は、 H_1 と H_2 の値との間にそれぞれ有意な差がみられた。

さらに、運動終了時の頭頂部皮膚温と体重減少率に、 0.1% 水準で有意な相関関係 ($r = 0.88$) が認められた。

図 6 には、頭部の主観的温冷感の申告を 4 名の平均値で示した。

温冷感申告は、運動開始 6 分後から上昇し、その上昇の程度は H_4 , H_3 , H_2 の順に大きくなるが、それぞれの条件においては、頭頂部皮膚温でみられたような著しい差がみられなかった。

野球帽 (H_3) の帽子表面温、帽子内面温、帽子内気温、頭頂部皮膚温 および 帽子内湿度の変動を、4 名の平均値で図 7 に示した。

温度は熱源に近いほど高く、運動終了時で、帽子表面温は帽子内面温より 2.1°C 、帽子内気温より 3.6°C 、頭頂部皮膚温より 4.6°C それぞれ高い値を示した。

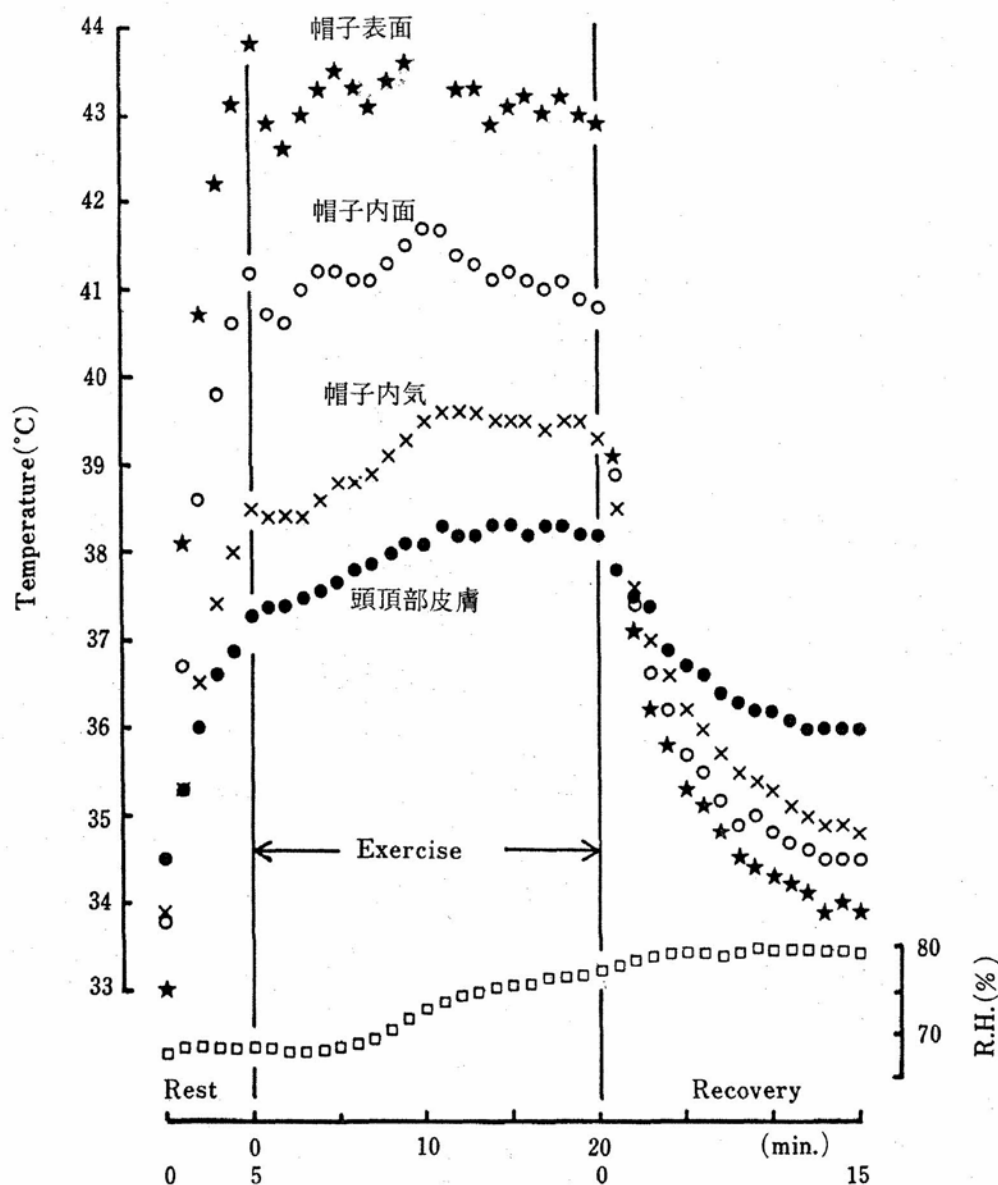


図 7 帽子表面温、帽子内面温、帽子内気温、頭頂部皮膚温 および 帽子内湿度の変動

帽子内湿度は、運動開始6分後から上昇を始め、運動終了後も上昇を続け、80%に達した。 H_4 の通気帽についても測定を行ったが、同様な変動を示した。

考 察

日本の夏季は高温多湿であり、直射日光の頭部や頸部に対する暴露は、日射病を起こす危険性をもっている。

中井ら¹⁰⁾は、日射病発生時の環境条件について、気温25°C以上、湿度60%以上で注意を要するよう指摘している。

今回の環境条件は、中井らが指摘する条件よりも高く、しかも実験室内ではあるが、頭部の輻射熱を夏季の日本南部の日射量に相当させている。したがって、この条件下の長時間暴露ないし強度の運動負荷は、生体に大きな負担が加わるものと考えられる。

本実験における頭部輻射の生体への影響は、運動中の心拍数、酸素摂取量、直腸温および平均皮膚温には差がみられないが、背部発汗量、体重減少率、頭頂部皮膚温に顕著な差がみられた。

このことは、頭部輻射の有無にかかわらず、産熱量はほぼ同じであるが、頭部輻射による暑熱負荷に対しては発汗量を増加させ、蒸発による放熱を高め、体熱平衡を保っていることを示している。

Furuyaら¹¹⁾は、体重減少率が輻射熱に最も影響を受けやすいと報告している。今回の成績でも、背部発汗量ならびに体重減少率は、輻射の有無で有意な差がみられる(図4)。

帽子着用によって、体重減少率、頭頂部皮膚温に明らかな差がみられた。すなわち、図5に示すように、頭頂部皮膚温の上昇を小さくし、頭部への暑熱負荷をやわらげている。

Winslowら¹²⁾も、人体頭部模型における温度変化から、熱帯用ヘルメットの着用は、太陽輻射の

ある場合、静止した空気中でやや有効で、活動空気下では大いに有効であると述べている。

帽子着用時の体重減少率は、着用しない場合よりも小さく、輻射熱が生体へ及ぼす暑熱負荷を帽子着用により軽減していることを示している。

この場合、頭頂部皮膚温と体重減少率には、0.1%水準で有意な相関関係がみられた。すなわち、頭頂部皮膚温が高くなることは、体温調節中枢に過大な温度刺激が与えられ、発汗量が増加することになる。したがって、帽子の着用は、単に頭頂部の温度上昇を抑制するだけでなく、暑熱負荷に対する過大な水分損失を防ぐことになる。

しかしながら、帽子着用の有無によって、頭頂部皮膚温に明らかな差がみられるが、着用している者の頭部温冷感覚には、あまり差がみられなかった(図6)。

つまり、頭部の主観的温冷感、実際の温度よりも過小評価する傾向にある。炎天下での着用を主観的に判断し、着用を控えることは、日射病発生の危険性を増すことになる。

いずれにしても帽子は、太陽輻射の遮断に役立っているが、図7の帽子内湿度が示すように、頭部皮膚面からの発汗による蒸れを調整する働きに欠けている。蒸れを防ぐために試作された通気帽の換気効果は、すでに認められている^{6,7)}が、今回の条件では、野球帽との間に差をみつけられなかった。これは、運動中の多量な発汗による蒸れを防ぐだけの換気効果が十分でなかったものと推察される。

蒸れと蓄熱を防ぐことが、帽子着用時の不快感を除くことになるが、従来の帽子では不可能であり、今後さらに色、素材そして構造を検討し、改良して行く必要がある。

総 括

男子健常者に、夏季の日射量に相当する輻射熱

を加え、帽子着用の有無の条件下で、自転車エルゴメータのペダリングを負荷させ、運動時における帽子着用の有効性を検討した。

1) 安静、運動および回復期の心拍数、酸素摂取量、直腸温および平均皮膚温は、輻射下の帽子着用の有無による影響は受けていなかった。

2) 頭頂部皮膚温は、輻射によって顕著な上昇を示すが、帽子の着用は、その上昇を抑制していた。

3) 発汗量は、輻射によって増加するが、帽子を着用すると減少することが認められた。

4) 野球帽と通気帽の着用による差は、明らかでなかった。

文 献

- 1) Winslow, C.E.A. and L.P. Herrington; Temperature and human life, Princeton University Press, London (1949)
(北 博正, 竹村望訳「温度と人間」, 人間と技術者, 東京, 1974.)

- 2) 馬杉一重: 夏の帽子の防暑効果, 衣服学会雑誌, **17**, 19—26 (1973)
- 3) 尾崎修作; 帽子の衛生学的研究, 京府医大誌, **72**, 385—398 (1956)
- 4) 大川 章, 倉田しづか; 防暑帽の衛生学的研究, 衣生活, **23**, 65—71 (1980)
- 5) 東京天文台編; 理科年表, 気74, 丸善 (1981)
- 6) 肝付邦憲; 防暑通気帽の試作について, 労研維持会資料, **763**, 1—13 (1977)
- 7) 肝付邦憲; 防暑通気帽を考える, 労働の科学, **32**, 34—41 (1977)
- 8) Teichner, W.H.; Assessment of mean body surface temperature, *J. Appl. Physiol.*, **12**, 169—176 (1958)
- 9) 三浦豊彦, 他: 外気温を考慮した冷房の至適温度に関する研究, 労働科学, **36**, 286—336 (1960)
- 10) 中井誠一, 高野清江, 伊藤 孝; 運動中の暑熱障害発生と気象条件, 保健の科学, **23**, 205—208 (1981)
- 11) Furuya, T. and T. Kubota; Physiological reaction of men under exercise to radiant heat, *Bull. Tokyo Med. Dent. Univ.*, **22**, 79—92 (1975)