

WBGT (湿球黒球温度) を指標とした 運動時暑熱障害予防に関する研究

滋賀県立短期大学 寄本 明

(共同研究者) 京都女子大学 中井 誠一

京都府立医科大学 森本 武利

Study on the Prevention of Heat Casualty during Exercise Under Hot Environment by WBGT

by

Akira Yorimoto

Shiga Prefectural Junior College

Seiichi Nakai

Kyoto Women's University

Taketoshi Morimoto

Kyoto Prefectural University of Medicine

ABSTRACT

Ambient temperature is only one component of environmental heat stress, and humidity, wind velocity, and radiant heat should also be considered and recently WBGT (Wet Bulb Globe temperature) has been used to assess the degree of heat stress during exercise. In this experiment, the effect of exercise intensity was studied under varied WBGT.

Six male subjects repeated 20 min exercise by a bicycle ergometer at metabolic rate of 250 W/m² three times with 5 min rest period at WBGT 22, 26, 30 and 32.5°C. Heart rate, oxygen intake, oxygen pulse, mean skin temperature, esophageal temperature, body weight, thermal sensation and rating of perceived exertion of the subjects were

measured.

The results obtained are as follows :

1) Significant differences were found on heart rate and oxygen pulse under 30 and 32.5°C of WBGT compared to those under 22°C of WBGT. The values of oxygen intake were not different by WBGT.

2) Esophageal temperature and mean skin temperature under 30 and 32.5°C of WBGT were significantly higher than those of under 22°C of WBGT.

3) The body weight loss and % body weight loss under 26, 30 and 32.5°C of WBGT were significantly higher than those of under 22°C of WBGT.

4) Thermal sensation and rating of perceived exertion under 30 and 32.5°C of WBGT were significantly higher than those of under 22°C of WBGT.

5) There is a high risk of heat casualty at WBGT above 26°C, and the upper limits of prescriptive zones for exercise at metabolic rate of 250 W/m² is 30°C of WBGT on an average.

要 旨

WBGT を基準とした運動時暑熱障害予防措置を検討するため、健康な成人男性 6 名 (29 ± 4 歳) を対象に 22, 26, 30 および 32.5°C の 4 種類の WBGT 条件下で、20 分間の自転車エルゴメータによるペダリング運動を 3 回、5 分間の休憩をはさみ間欠的に行った。心拍数、酸素摂取量、酸素脈、食道温、皮膚温、体重、主観的運動強度および温冷感の測定結果より暑熱障害予防対策および許容基準は、屋外球技種目の練習程度の運動強度の場合、WBGT 22 ~ 26°C では十分な水分および塩分の補給が必要であり、WBGT 26°C 以上では暑熱障害の危険性が大きくなり、WBGT 30°C 以上では身体条件を勘案して、場合によっては運動の中止を検討する必要があることが示された。

1. 緒 言

暑熱環境下、運動時の生体は外的な温熱ストレスと内的な温熱負荷を同時に受けることになり、暑熱障害発生の危険性が増加する。スポーツ活動が夏季においても盛んに行われるようになり運動時の暑熱障害の発生が後を絶たない^{7,13,14)}。このような暑熱環境に対する人体の反応を単純化された温熱指標で評価しようとする試みが古くから行われており、暑熱下では実効温度 (ET)⁴⁾、予知 4 時間発汗量 (P₄SR)⁹⁾、熱ストレスインデックス (HSI)³⁾、湿球黒球温度 (WBGT : Wet Bulb Globe Temperature)²²⁾ が広く使用されてきた。

近年、WBGT が ISO 基準⁶⁾に採用され、日本産業衛生学会¹⁰⁾も高温許容基準を示す温熱指標として用いている。スポーツの分野においては、アメリカスポーツ医学会 (ACSM)^{1,2)} が長距離走時 (16 km 以上) について WBGT を基準とした暑熱障害発生の予防措置を発表している。また、中井ら¹⁵⁾は諸家によって示されている暑熱障害予防の

ための温熱指標を WBGT に換算し、日本のスポーツ分野での予防措置として提案している。この WBGT は自然気流に暴露した湿球温度 (NWB), 乾球温度 (NDB), 黒球温度 (GT) から

$$\text{屋外: WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.2 \text{ GT} + 0.1 \text{ NDB}$$

$$\text{屋内: WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.3 \text{ GT}$$

の式で算出され、気温、湿度、気流、輻射熱を総合的にあらわした指標と考えられている。

以上のように暑熱環境下での熱ストレス評価として WBGT は国際的に統一された基準となってきた。しかし、WBGT と運動時の生体応答との関係については十分な報告がない。そこで、数種類の WBGT 条件下での運動時の生体応答を観察し、WBGT を基準とした運動時暑熱障害予防について検討した。

2. 実験方法

被験者：被験者は健康な成人男性 (23 ~ 35 歳) 6 名で、その身体的特徴および最大酸素摂取量を表 1 に示した。

WBGT 条件：夏季運動時の温熱実態¹⁵⁾に基づき、WBGT 22°C (WB: 21.5°C, GT: 23.1°C), WBGT 26°C (WB: 24.9°C, GT: 28.5°C), WBGT 30°C (WB: 28.3°C, GT: 33.9°C) および WBGT 32.5 (WB: 30.0°C, GT: 38.4°C) の 4 種類とした。実験中は WBGT-meter (日本カノマックス) により、乾球温、湿球温、黒球温、WBGT をモニターし、設定温度を維持した。

運動条件：運動は自転車エルゴメータ (Monark 社) による 20 分間のペダリング運動を 5 分の休憩をはさみ 3 回間欠的に実施した。負荷

表 1 被験者の身体的特徴と最大酸素摂取量

	Age (yrs.)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_{2\max}$ (l/min)
Mean	29	173.7	67.31	3.609
SD	4	6.8	4.90	0.385

n = 6

強度は屋外での球技種目の練習を想定した代謝量 250 W/m² の強度で、RMR ではほぼ 5.0 に相当する。また、運動時間は夏季におけるスポーツ活動現場の実態を考慮して設定した。

実験手順：被験者は短パンツのみを着用し、体重測定を行った後、設定された温度条件下の人工気象室 (タバイエスベック) に入室した。入室後、各種測定装置を装着し、椅座位で 30 分間の安静をとった後、運動を実施した。運動終了後は直ちに体重測定を行った。

実験の大半は 7 月下旬から 9 月上旬に実施した。なお、同一被験者に関して、実験条件は無作為にそれぞれ日を変えて行った。

測定項目および測定方法：酸素摂取量は安静時および各運動終末 5 分間について、呼気量を呼気流量計 (ミナト医科学, RF-2) で測定し、呼気ガスは O₂/CO₂ 分析計 (堀場製作所) で分析し求めた。心拍数は胸部誘導による心電図より毎分記録した。食道温および皮膚温は銅—コンスタンタン熱電対を用い、多端子ゼロコン (小松エレクトロニクス) により毎分測定した。皮膚温の測定部位は、前額部、胸部、腹部、上腕部、前腕部、大腿部、下腿部の 7 箇所、それらの皮膚温より平均皮膚温¹²⁾を算出した。体重減少量は、1 g 感度の体重計 (長計量製作所) により実験前後に体重を測定し、求めた。また、主観的運動強度 (RPE: Rating of Perceived Exertion)²¹⁾ および 11 段階の全身温冷感 (TS: Thermal Sensation)¹¹⁾ の申告を受けた。

3. 実験結果

心拍数の経時変動を 6 人の平均値で図 1 に、さらに運動終了時の値を表 2 にそれぞれ示した。WBGT 22, 26°C の運動中心拍数は各運動時にほぼ定常状態に達しているが、30, 32.5°C では各運動時に上昇を続けた。運動終了時の心拍数は WBGT 22°C に比べ、26°C で差は認められなかつ

表2 各種WBGT下での運動時心拍数, 酸素摂取量および酸素脈

WBGT (°C)	Heart Rate (bpm)	Oxygen intake (l/min)	Oxygen pulse (ml/beat)
22.0	111.3±14.4	1.661±0.297	15.3±1.8
26.0	109.3±12.1	1.497±0.306	13.7±2.2
30.0	132.0±17.9**	1.570±0.246	11.9±1.0**
32.5	139.8±17.9***	1.575±0.364	11.2±1.1**

値は1時間の運動終了時の値を平均値±標準偏差で示した。
22°Cの値との比較：**P<0.01, ***P<0.001

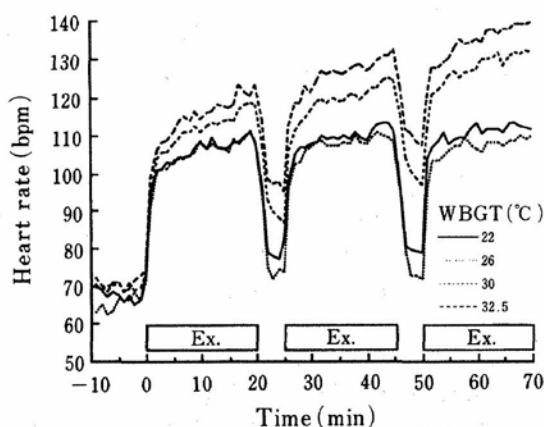


図1 心拍数の経時変動

たが, 30 および 32.5°C では平均値で 20.7 および 28.5 bpm 高く, それぞれ有意な差 (P< 0.01 および P< 0.001) が認められた. また, 各運動後の休憩時の心拍数は WBGT 30, 32.5°C で回復が遅く, 22, 26°C よりも高いレベルに留まっていた.

各運動時の酸素摂取量および酸素脈を平均値で図2に, それらの運動終了時の値を表2にそれぞれ示した. 酸素摂取量は各運動時でほぼ等しい水準を維持し, 運動終了時の値でも WBGT 条件による差はみられなかった. 酸素脈は WBGT 22°C と 26°C の間に差はみられないが, 30°C および 32.5°C では2回目の運動から 22°C に比べ有意に低くなり (ともに P< 0.05), 運動終了時では平均値で 3.4 および 4.1 ml/beat 低く, 有意差が認められた (ともに P< 0.01).

平均皮膚温および食道温の経時変動を被験者の平均値で図3に, 運動終了時の値を表3にそれぞれ

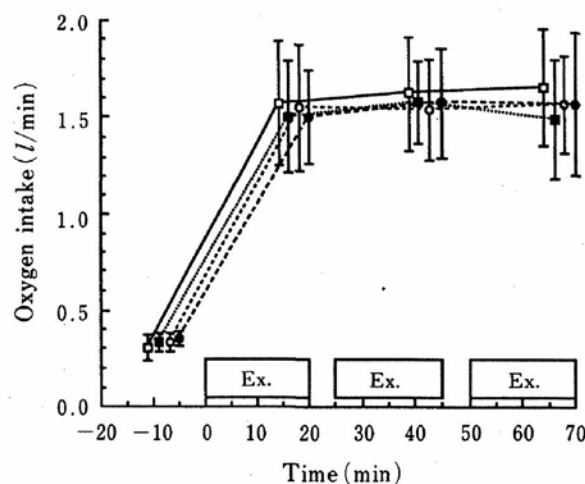
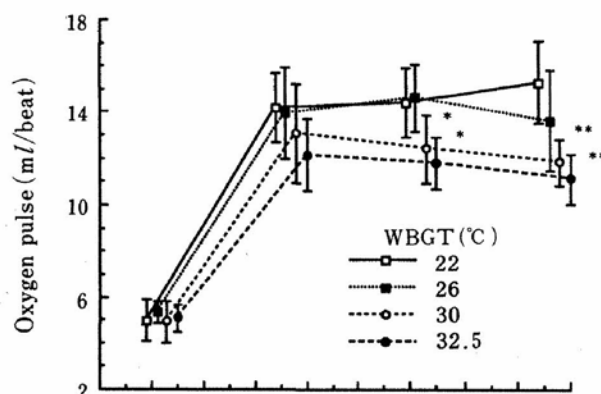


図2 酸素摂取量および酸素脈の変動
22°Cの値との比較：*P< 0.05, **P< 0.01

れ示した. 平均皮膚温は安静時において WBGT 22, 26, 30 および 32.5°C でそれぞれ 33.6, 34.8, 35.8 および 36.5°C と差がみられ, 各 WBGT 条件とも運動中は上昇し, 5分間の休憩時には低下を示した. しかし, WBGT 30 と 32.5°C では休憩時に安静のレベルまで戻ることはなく徐々に上昇し, 運動終了時には安静時に比べ 1.2 と 1.6°C の

表3 平均皮膚温 (\bar{T}_s), 食道温 (T_{es}) および運動による上昇度 ($\Delta\bar{T}_s, \Delta T_{es}$)

WBGT (°C)	\bar{T}_s (°C)	$\Delta\bar{T}_s$ (°C)	T_{es} (°C)	ΔT_{es} (°C)
22.0	33.9±0.6	0.3±0.6	37.7±0.3	0.7±0.3
26.0	35.3±0.3***	0.5±0.7	37.8±0.2	0.7±0.2
30.0	37.0±0.4***	1.2±0.5*	38.5±0.3**	1.2±0.3*
32.5	38.1±0.3***	1.6±0.4**	39.1±0.3***	1.7±0.4***

値は1時間の運動終了時の値を平均値±標準偏差で示した。
22°Cの値との比較：*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

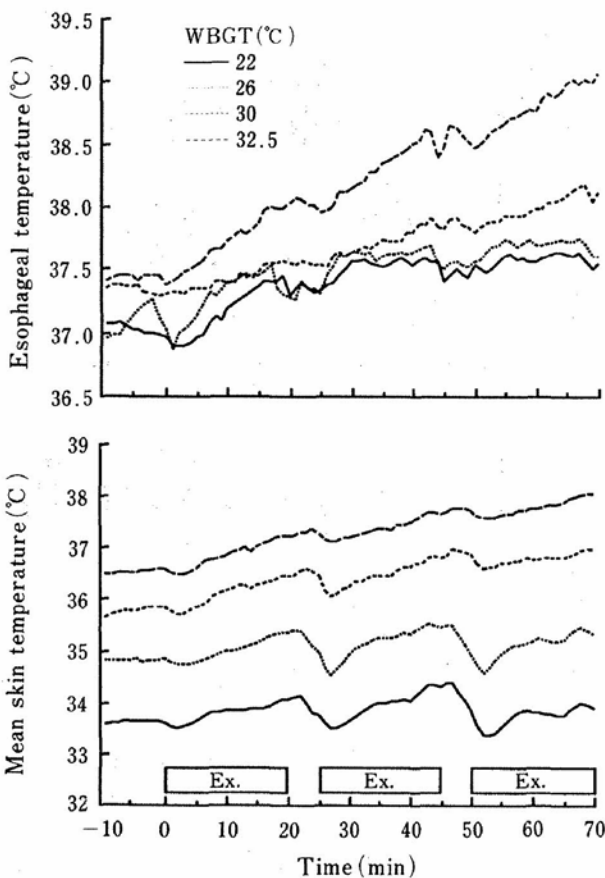


図3 平均皮膚温および食道温の経時変動

上昇であり, この上昇度は WBGT 22°C の 0.3°C より有意に高かった (P<0.05 および P<0.01). また, 運動終了時の平均皮膚温は WBGT 22°C に比べ他の 3 条件の温度でいずれも有意に高かった (P<0.001).

食道温は WBGT 22 と 26°C で各運動時に定常状態を示しているが, WBGT 30 と 32.5°C では運動中上昇し, 定常状態になることはなかった. 運

表4 体重減少量(BWL)および体重減少率(%BWL)

WBGT (°C)	BWL (g)	%BWL (%)
22.0	588±270	0.85±0.33
26.0	814±367**	1.18±0.43**
30.0	1235±634**	1.79±0.78**
32.5	1602±849**	2.31±1.05**

値は平均値±標準偏差で示した。
22°Cの値との比較：**P<0.01

動終了時の食道温は WBGT 22°C で 37.7°C, 26°C で 37.8°C, 30°C で 38.5°C, 32.5°C で 39.1°C となり WBGT 22°C に比べ 30°C (P<0.01) と 32.5°C (P<0.001) で有意に高くなっていた. また, 安静時からの上昇度では WBGT 30 と 32.5°C で 1.2 と 1.7°C であり, 22°C の 0.7°C より有意に高かった (P<0.05 と P<0.001).

実験前後の体重測定から求めた体重減少量 (BWL) および体重減少率 (%BWL) を表 4 に示した. 体重減少量は WBGT が高くなるにしたがい増加し, WBGT 30°C では平均値で 1 kg を超え 32.5°C では 1.6 kg に達した. この体重減少量は WBGT 22°C に比べ 26, 30 および 32.5°C でいずれも有意な増加が認められた (いずれも P<0.01). また, 体重減少量には個人差が見られるが, 特に被験者の一人は各 WBGT で平均値の約 2 倍の量であり, WBGT 32.5°C で 3.3 kg の減少であった.

一方, 体重減少率においても WBGT の上昇に

表5 主観的運動強度 (RPE) と全身温冷感 (TS)

WBGT (°C)	RPE	TS
22.0	12.3±1.2	2.3±0.5
26.0	12.7±1.6	2.7±0.5
30.0	14.0±1.4*	3.8±0.8**
32.5	15.2±1.6**	4.2±0.8**

値は1時間の運動終了時の値を平均値±標準偏差で示した。

22°Cの値との比較：*P<0.05, **P<0.01

ともない高くなり、WBGT 30°Cで1.79%、32.5°Cで2.31%の減少を示し、WBGT 26, 30および32.5°Cでの体重減少率は22°Cよりいずれも有意に高くなった (いずれも P<0.01)。

運動および温熱環境の主観的な評価として主観的運動強度 (RPE) および全身温冷感 (TS) の申告値を運動終了時の平均値で表5に示した。主観的運動強度はWBGT 22および26°Cでは12.3および12.7の申告値であり、これは「楽である」と「ややきつい」の中間的な感覚に相当する。30°Cの14.0の申告値は「ややきつい」から「きつい」の中間であり、22°Cより有意に高く (P<0.05)、32.5°Cの15.2は「きつい」に相当し、22°Cより有意に高かった (P<0.01)。温冷感はWBGT 22および26°Cでは2.3および2.7の申告値であり、これは「ややあつい」の感覚に相当する。30°Cでは3.8の申告で「暑い」から「かなり暑い」の間の感覚であり、22°Cより有意に高く (P<0.01)、32.5°Cでは4.2の申告で「かなり暑い」に相当し、22°Cより有意に高かった (P<0.01)。

4. 考 察

身体活動時の暑熱障害予防のため、YaglouとMinard²²⁾はWBGT (Wet Bulb Globe Temperature; 湿球黒球温度) を温熱環境許容基準として提案している。それによると軍における兵士の訓練はWBGT 26.0°C以上で制限することを示唆している。一方、スポーツ場面においては

ACSM^{1,2)}が長距離走者の暑熱障害予防のため、WBGTが28.0°Cを超えるときはレースを実施してはいけないとし、McArdleら¹⁰⁾はテニス、サッカー、ホッケー、陸上競技はWBGT 26.5°C以上から予防措置が必要であり、WBGT 31.2°C以上では運動を中止するとしている。

さらに、Haghsionら⁹⁾は暑熱障害発生の危険の程度をWBGT 18°C以下で低い (Low)、18~22°Cで中程度 (Moderate)、23~28°Cで高い (High)、28°C以上でとくに高い (Extremely high) と区分して注意を促している。後に、ACSM²⁾もこの危険の程度をカラーフラッグを用いて走者に知らせることを提案している。

近年、このようにWBGTによるガイドラインが公表されているが、生理的応答との関係を示したものは少ない。本報告では暑熱障害発生の危険度の低いレベル (WBGT 22°C) から危険度の高いレベル (WBGT 32.5°C) までの温熱環境下で屋外球技スポーツの練習強度および時間を想定した運動を負荷し、生体応答からWBGTによる暑熱障害予防について検討を加えた。

その結果、酸素摂取量はWBGT条件による差はみられず、産熱量は環境温度により左右されず運動強度のみを反映していた。心拍数はWBGT 30および32.5°Cで上昇が大きく、運動終了値でWBGT 22°Cより有意に高くなり、酸素脈についても同様にWBGT 30および32.5°Cでの変化が大きく、WBGT 22°Cに比べ有意に低下していた。この心拍数の増加および酸素脈の低下は1回拍出量の低下を示唆しており、WBGT 30および32.5°Cにおける皮膚血流量の増加や水分欠乏に対応した結果と考えられる。

平均皮膚温は安静時、運動時ともにWBGTの上昇にともない高いレベルとなり、環境温度に左右されていた。運動中の平均皮膚温変化は、WBGT 22と26°Cで上昇はわずかであるが、WBGT 30と32.5°Cでは上昇が大きく安静時から

の上昇度 (ΔT_s) は運動終了値で WBGT 22°C より有意に高かった。

食道温は運動終了値、安静時からの上昇度ともに WBGT 30 および 32.5°C で 22°C より有意に高く、WBGT 30°C 以上で体内温の上昇が認められた。運動時の体温 (直腸温) の上昇は気温 5~30°C の範囲内で環境温に左右されず運動強度に比例する¹⁸⁾とされているが、環境温度がある範囲を超えれば運動強度だけでなく環境温の影響を受けると考えられる。

Lind⁹⁾ は環境温 (ET) と作業強度との関係を直腸温の急激な上昇に基づき、作業強度別に許容基準を提案している。今回実施した代謝量 250 W/m²、1 時間の運動では WBGT を基準にした場合、26~30°C の範囲以上で体内温の上昇が起こり熱放散能力の不全による蓄熱が起こり始めていると考えられる。

体重減少量および体重減少率は WBGT の上昇にともない増加し、WBGT 26, 30, 32.5°C では 22°C より有意に大きく、これは環境温の上昇による発汗量の増加に起因している。暑熱下運動時の熱放散はその大半を汗の蒸発に依存し、体熱平衡を維持しているが、WBGT 30°C 以上では発汗量の増加にも関わらず体内温が有意に上昇している。これは先の熱放散能力の不全を示唆するものであり、無効発汗が増加したことを意味する。このような状態が続くと水分欠乏や塩分欠乏が起こり熱ひはいを起こすと考えられる。また、WBGT 26°C での体重減少量や減少率は 22°C のそれらより大きく、WBGT 22~26°C の範囲以上で水分補給が必要であることを示している。

主観的運動強度 (RPE) は WBGT 22 と 26°C でほぼ同じ申告値であるのに対し、WBGT 30, 32.5°C では 22°C より「きつい」側の申告となり有意な差が認められた。主観的にも WBGT 26~30°C 範囲以上では同一の運動強度であっても高い強度に感じるようである。また、運動時の体温

上昇を予測する最もよい指標は心拍数であり、運動時の心臓機能と運動負荷の自覚的な感じに関係した因子が体温上昇を調節しているかも知れない¹⁷⁾と言われており、RPE は暑熱障害予防の目安になるなんらかの情報を与えていることを示唆している。

温冷感も WBGT 22 と 26°C でほぼ同じ申告値であるのに対し、WBGT 30, 32.5°C では 22°C より「暑い」側の申告となり有意な差が認められた。温冷感が生体の何を反映しているかは明確ではないが、WBGT 26~32.5°C 以上で温熱環境の主観的評価に変化がみられた。

これらの生体応答より WBGT による暑熱障害予防対策および許容基準は、屋外球技種目の練習程度の運動強度の場合、WBGT 22~26°C では十分な水分および塩分を補給し、WBGT 26°C 以上では暑熱障害の危険性が大きいので身体状態のモニターが不可欠であり、WBGT 30°C 以上では身体条件によっては暑熱障害の発生することが実験的にも示唆された。実際に暑熱障害発生時の WBGT を測定していた報告は少ないが、中井ら¹⁶⁾によるアメリカンフットボールでは WBGT 27.6~33.3°C で、野澤ら²⁰⁾の自衛隊での訓練では WBGT 26.8~30.9°C で暑熱障害がそれぞれ発生しており、今回試案した基準とほぼ一致し、この妥当性を示唆していると考えられる。

ま と め

WBGT を基準とした運動時暑熱障害予防措置を検討するため、健康な成人男性 6 名 (29 ± 4 歳) を対象に 22, 26, 30 および 32.5°C の 4 種類の WBGT 条件下で、20 分間の自転車エルゴメータのペダリング運動を 3 回、5 分間の休憩をはさみ間欠的に行い、次のような結果を得た。

1) 酸素摂取量には WBGT 条件による差異はみられなかったが、心拍数は WBGT 30 および 32.5°C で 22°C に比べ有意に高い値となった。酸

素脈も WBGT 30 および 32.5°C で 22°C に比べ有意に高い値となり、WBGT 26 ~ 30°C の範囲以上で 1 回拍出量の低下が示唆された。

2) 運動終了時の食道温、安静時からの食道温上昇度および平均皮膚温上昇度は WBGT 30 および 32.5°C で 22°C に比べ有意に高い値となり、WBGT 26 ~ 30°C の範囲以上で暑熱環境による体温の上昇を認めた。

3) 体重減少量および体重減少率は WBGT の上昇にともない増加し、WBGT 26, 30 および 32.5°C で 22°C に比べ有意に高い値となった。

4) 主観的運動強度と全身温冷感はともに WBGT 30 および 32.5°C で 22°C に比べ有意に高い申告値となり、WBGT 26 ~ 30°C の範囲以上で運動強度や温熱環境の主観的評価に変化がみられた。

文 献

- 1) American College of Sports Medicine ; Prevention of heat injuries during distance running, *Med. Sci. Sports, Exerc.*, 7 (1) vii-viii (1975)
- 2) American College of Sports Medicine ; Prevention of thermal injuries during distance running, *Med. Sci. Sports, Exerc.*, 16 (5) 427-443 (1984)
- 3) Belding, H. S., Hatch, T. F. ; Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains, *Heat. Piping Air Cond.*, 27, 129-136 (1955)
- 4) Houghten, F. C., Yaglou, C. P. ; Determining lines of equal comfort, *ASHVE Trans.*, 29, 163-176, 361-384 (1923)
- 5) Hughson, R. L., Staudt, L. A., Mackie, J. M. ; Monitoring road racing in the heat, *Phys. Sportsmed.*, 11 (5) 94-105 (1983)
- 6) International Organization for Standardization ; Hot environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index, *ISO Ref.*, No.7243, 1-8 (1982)
- 7) 川原 貢 ; ランニングと熱中症, *臨床スポーツ医学*, 1 (4) 364-367 (1984)

- 8) Lind, A. R. ; A physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work, *J. Appl. Physiol.*, 18 (1) 51-56 (1963)
- 9) McArdle, B., Dunham, W., Holling, H. E., Ladell, W. S. S., Scott, J. W., Thompson, M. L., Wiener, J. S. ; The prediction of the physiological effects of warm and hot environments the P₄SR index, *Med. Res. Council, PNP Rept.*, 47, 391 (1947)
- 10) McArdle, M. D., Katch, F. I., Katch, V. L. ; Exercise Physiology—Energy, Nutrition, and Human Performance—, Lea & Febiger, Philadelphia, 350 (1981)
- 11) 三浦豊彦, 森岡三生, 木村菊二, 阿久津綾子, 兵藤床治, 大沢文男, 千原義男, 岡島 勉 ; 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)
- 12) Nadel, E. R., Mitchell, J. W., Stolwijk, J. A. J. ; Differential thermal sensitivity in the human skin, *Pflügers Arch.*, 340, 71-76 (1973)
- 13) 中井誠一, 高野清江, 伊藤 孝 ; 運動時の暑熱障害発生と気象条件, *保健の科学*, 23 (3) 205-208 (1981)
- 14) 中井誠一 ; 夏季運動時の温熱環境と温熱ストレス, *日本体育大学紀要*, 12, 85-91 (1983)
- 15) 中井誠一, 寄本 明, 森本武利 ; 夏季運動時温熱環境の実態と温熱指標の比較, *体力科学*, 39 (2) 120-125 (1990)
- 16) 中井誠一, 寄本 明, 岡本直輝, 森本武利 ; 運動時の暑熱障害発生と温熱環境の関係—グラウンドの環境温度の観察から, *臨床スポーツ医学*, 8 (1) 41-45 (1991)
- 17) 中山昭雄 ; 温熱生理学, 運動時の体温上昇, 理工学社, 東京, 426 (1981)
- 18) Nielsen, M. ; Die Regulation der Körper temperatur bei Muskularbeit, *Skand. Arch. Physiol.*, 79, 193-230 (1938)
- 19) 日本産業衛生学会 ; 許容濃度等の勧告, *産業医学*, 25, 288-305 (1983)
- 20) 野澤福己, 岡本昌一, 岡田芳明 ; 暑熱障害について, *救急医学*, 12 (5) 569-576 (1988)
- 21) 小野寺孝一, 宮下充正 ; 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertion の観点から, *体育学研究*, 21, 191-203 (1976)
- 22) Yaglou, C. P., Minard, D. ; Control of casualties at military training centers, *Am. Med. Ass. Archs. Ind. Health*, 16, 302-316 (1957)