

# 身体に対する環境の影響

—— 気流の変化を中心に ——

藤原孝之・早川大吾

信州大学医療技術短期大学部

## Environmental Effects to Physical Condition —— At the Core of an Atmospheric Current ——

Takayuki FUJIWARA and Daigo HAYAKAWA

*Department of Physical Therapy, Shinshu University School of Allied Medical Sciences*

**Abstract :** The purpose of this study is to investigate the influence of an atmospheric current on the physical condition in man. Conditions of environmental factor are as follows ;

1. room temperature at 28°C
2. humidity at 80%
3. atmospheric current at 0m / sec and 1.4m / sec

Local body temperature and pulse rate were studied during physical exercise (50% of max. work capacity) with or without atmospheric current. The results were compared 1.4m with 0m a second. Significant differences were noted on the local skin temperature at rest and pulse rate during exercise. It was proved that atmospheric current exhibited marked advantages for therapeutic exercise and general conditioning exercise in Physical Therapy.

**Key words :** atmospheric current, pulse rate, local skin temperature, physical exercise.

気流, 脈拍, 局所皮膚温, 身体作業

### I. はじめに

高温や多湿や無風の環境下で作業を行うと、周囲の温度が高いために熱の放散が妨げられ、熱が体内に蓄積して熱射病や日射病を招くようになる<sup>1)</sup>。このように温熱環境下での作業は身体への生理的影響が大きい。近年、温度と湿度を中心とした環境変化に対する身体反応の研究<sup>2)</sup>が注目されている。また、実際には高湿度条件下、気温30°C付近を境に生理的諸測値は急変する<sup>3)</sup>と報告されている。一方“快適”な温熱環境についての研究もなされている<sup>2)</sup>。“快適”な温度とは、外部と身体との熱交換のために使用する代謝熱量が最低となる温度である。その温度(至適温度条件)は、実感温度(実際に体に感じる温度・単位:°E)にして安静

時24°Eよりやや上、身体作業時に20°Eであるとされている。実感温度は気流の影響も受け、風速が速いほど下がる傾向にある。

そこで、今回我々は、温熱環境の諸条件(温度・湿度・気流)の中から気流を取り上げ、気流の有無による安静時と身体作業時各々の影響を調べた。

### II. 方 法

- 1) 被験者: 健康女子5名(20~22歳)。
- 2) 暴露条件: 温度・湿度調節可能な部屋(特殊機器室)を用い、環境条件として温度28°C〔地上<sup>4)</sup>は至適温度を29.5°C、Hardy, J. D. ら27~31°C、Winslowら<sup>2)</sup>は27~29°C(着衣時)と報告している〕湿度70~85%(平均80%)〔松本市7・8月平均75%を指標に設定〕

気流 0 m/s と 1.4 m/s (1.4 m/s の気流は実感温度で至適温度条件 20°E ~ 24°E の中間 22°E を得るように設定) を設定した。温度・湿度は 特殊機器室 (以下暴露室と称す) 設置の自動調節装置により調節した。気流は床上扇風機を用いて被験者の前方から胸部を中心として全身に風が当たるように設定した。実感温度は 28°C - 80% - 0 m/s で 26.1°E、28°C - 80% - 1.4 m/s で 22.4°E である<sup>5)</sup>。実験の流れを Fig.1 に示す。全ての実験において被験者には実験開始までは普段の生活をさせ、低血糖の予防処置として、経口的に 400 kcal 摂取させてから 1 時間後に暴露室に入室し椅坐させた (椅坐期)。入室 70 分後以降に各々運動負荷試験、安静下実験、身体作業下実験を行った。実験条件の順序はランダムに施行した。安静下実験は 2 条件とも同日実施し、身体作業下実験は 1 条件を 1 日、計 2 日間に渡って行った。実験での服装は半袖シャツ、短パンツであった。

3) 作業強度: 本実験に先立ち、各被験者に運動負荷試験 (modified Balke のプロトコル) を行い、各人の無酸素閾値での作業強度の 70% に相当する負荷を本実験の際に適用した (30 分の身体作業)。作業は自転車エルゴメータで行った。

4) 測定項目: 皮膚温はサーミスタ温度計により、5 分毎に測定した。測定部位は左腋窩で、中心体温に近づけるため左上腕を基本肢位に固定した。脈拍は自転車エルゴメータ付属の脈拍センサー (測定部位は耳垂部) 又は動脈血酸素飽和度モニター (左第 2 指先端部) により 1 分毎に測定した。

5) 使用機器: 自転車エルゴメータ (combi 製

COMPUTORONIC AERO-BIKE 700)、動脈血酸素飽和度モニター (CSI 製 501)、呼気ガス分析装置 (日本電気三栄製エアロビクス・プロセッサ 391 改良型)、乾湿計 (佐藤計量器製作所)、サーミスタ温度計 (宝工業 K. K. 製, Model D-317, A606-1228)、送風機 (東芝製 S30E-21)。

6) 期間: 昭和 63 年 7 月 18 日 ~ 同年 8 月 3 日 (期間中の最高気温; 平均 26.9°C、最低気温; 平均 18.1°C、湿度; 平均 64%、天候は晴 4 日曇 11 日雨 2 日)

### III. 結 果

暴露室入室後の皮膚温の変動を、入室前の温度を基準にして表したものが Fig.2 である。また、実験結果の皮膚温・脈拍を Fig.3~7 に示した。安静での皮膚温は有風条件下で穏やかに下降するが、無風条件下では徐々に上昇し、60 分後には約 0.8°C の上昇をみる。両条件での平均値の差の検定 (paired-t-test; これ以外の検定も同手法による) では 40 分以降、5% の危険率で有意差が認められる。これに対し、身体作業下での皮膚温の変動は、2 つのパターンに分かれた。Fig.4 のパターンには 3 例が該当し、運動開始時の皮膚温が 2 条件下ではほぼ同温であったものである (安静時の皮膚温は無風条件下で 36.8°C、有風条件下で 36.6°C)。運動中の皮膚温は気流によらずほぼ同様に上昇している。回復期では有風条件下の方がより速やかに皮膚温降下をみる。又、Fig.5 のパターンには 2 例が該当するが、運動開始時の皮膚温が 2 条件下で平均 1.0°C 異なったものである (安静時の皮膚温は無風条件下で 36.9°C、有風条件下で 35.9°C)。このため、グラフでは、見かけ

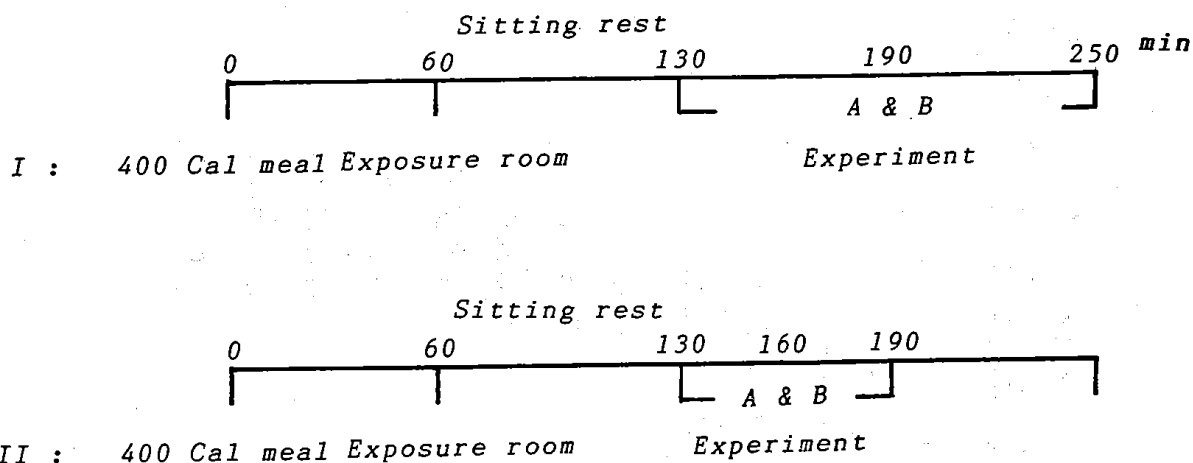


Fig.1. Flow chart of this investigation

I : sitting rest, II : physical exercise.

5 min sitting rest was taken before exercise.

A & B shows randomized exercise conditions.

上有風条件下の皮膚温上昇度が大きいが、実際の皮膚温は無風条件下で高温域を推移している。更に、回復期の皮膚温も実際は無風条件下で高温域を推移しながら下降しており、回復30分後の皮膚温は無風下の方が有風下に比べ、0.4℃高温である。

安静下の脈拍の変動をFig.6 に示した。60分間の計

測中、両条件での平均値の差の検定では有意な差はない。これに対し、身体作業下の脈拍は、運動中、回復期を通じ、無風条件下で高値を推移しており、運動開始後24分目以降と回復期7分目以降に5%の危険率で有意差が認められた (Fig.7 参照)。

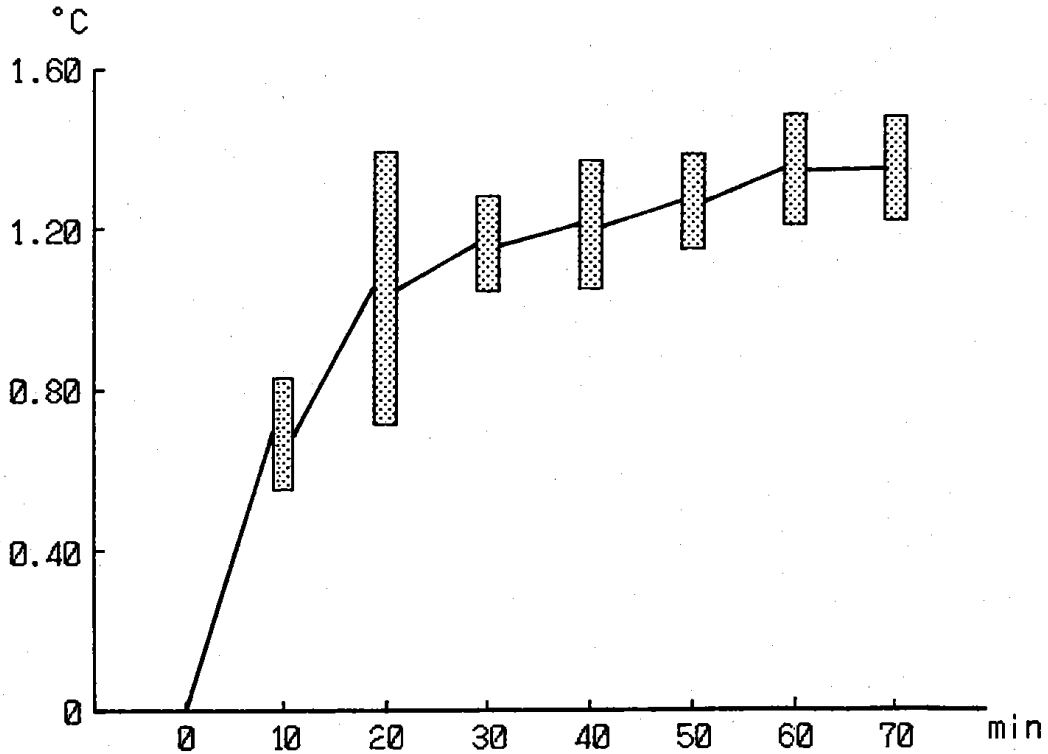


Fig.2. Increasing score of the local skin temperature by exposure of 28°C and 80% humidity at rest.

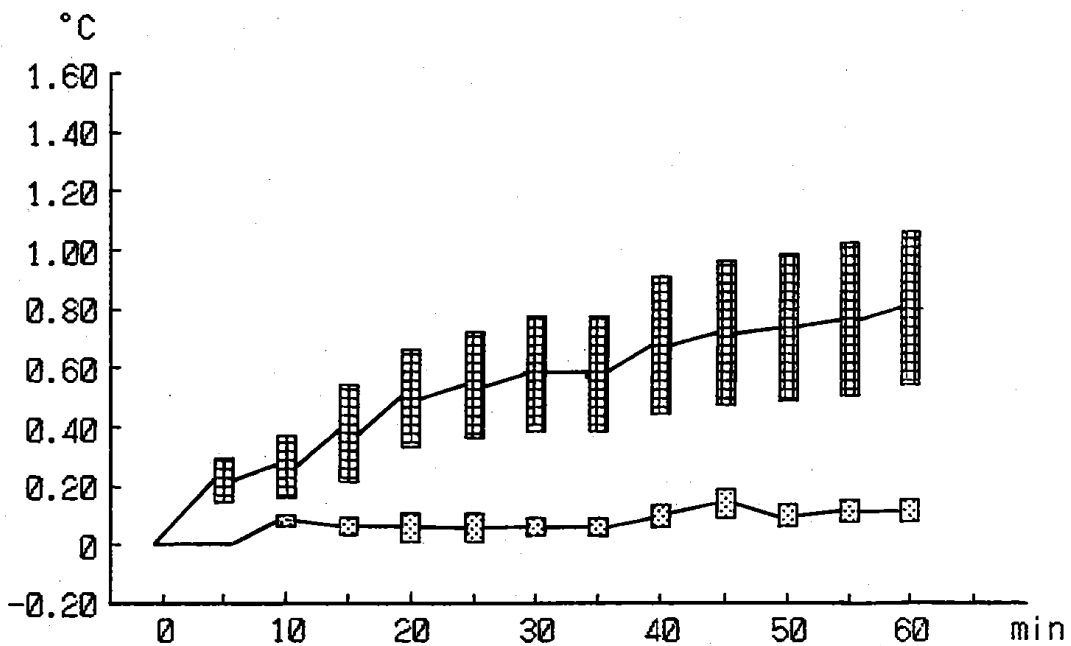


Fig.3. Changes of the local skin temperature with or without wind blow at 1.4m a second in the exposure room.

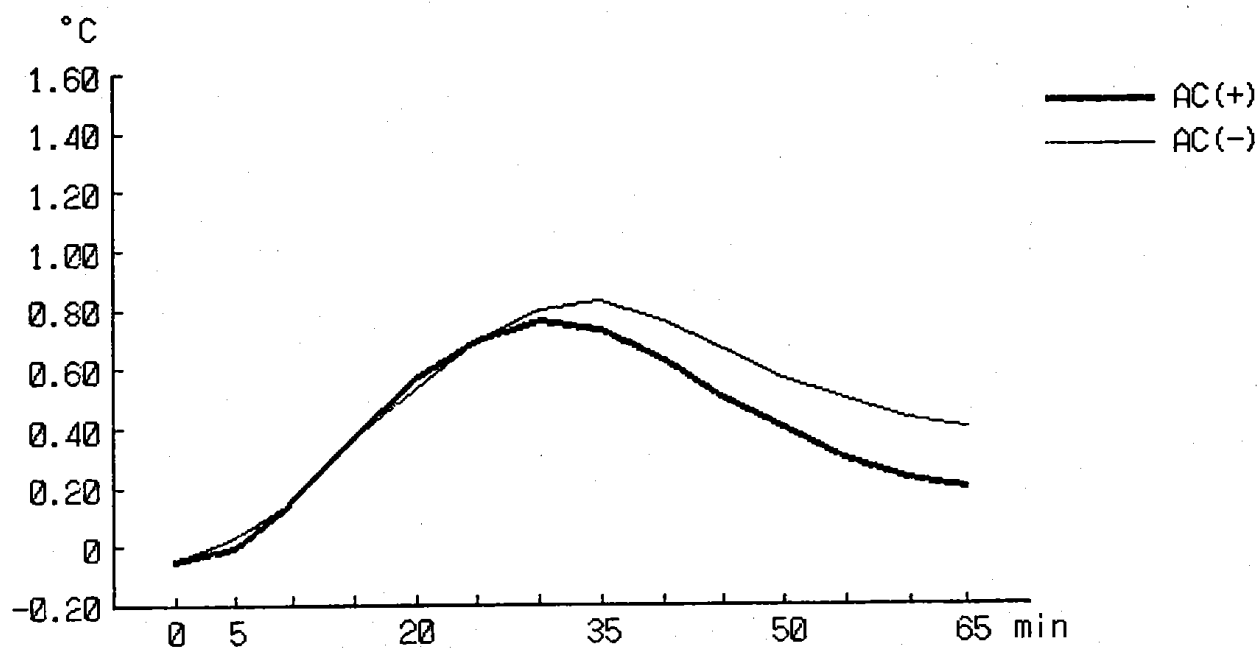


Fig.4. Changes of the local skin temperature (Pattern-1) due to an atmospheric current during physical exercise. (See the text.)

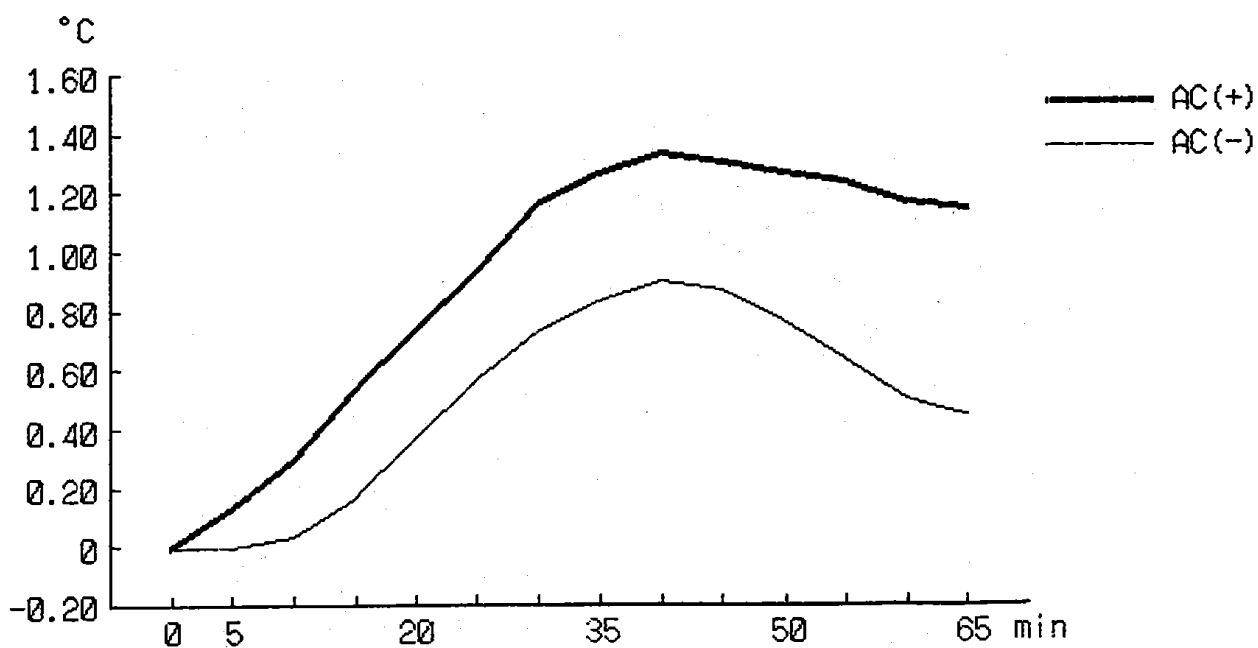


Fig.5. Changes of the local skin temperature (Pattern-2) due to an atmospheric current during physical exercise. (See the text.)

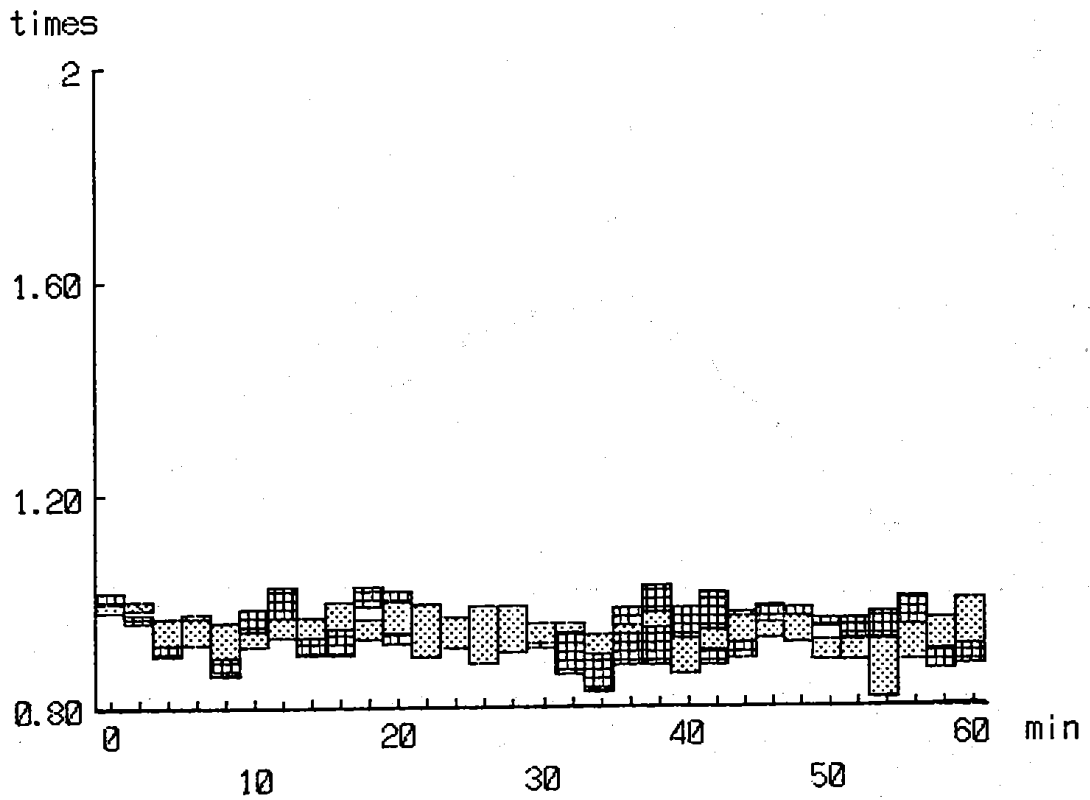


Fig.6. Change ratio of the pulse rate with or without air current at 1.4m second in the exposure room. (See the text.)

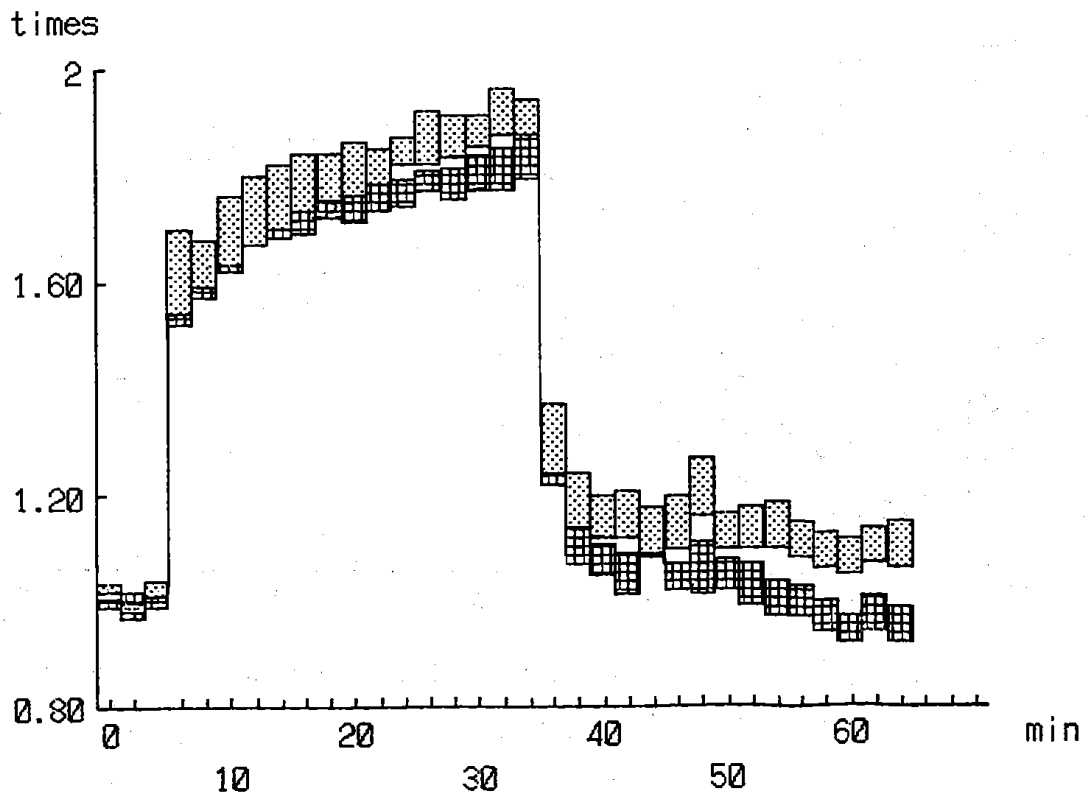


Fig.7. Change ratio of the pulse rate by physical exercise with or without air current at 1.4m a second. (See the text.)

#### IV. 考 察

ヒトが実際に感じる温度は熱放散量の多少により変わる<sup>5)</sup>(多い熱放散→寒い、少ない熱放散→暖かい)。この熱放散は放射、伝導及び対流、蒸発の3種類によってなされる。気流の変化により伝導及び対流の熱放散量は大きく変わる。風があると皮膚表面の高温の空気の層が薄くなり(無風で4~8mm)、伝導及び対流による熱放散量は増大し、結果として実感温度は低下する。恒温動物であるヒトは、外界の温度変化に対して体温を一定に保つ体温調節機構をもっている。外界温が低い時には震え、立毛、血管収縮により熱放散を抑制し、体温の降下を抑えつつ、熱産生を促進して体温を一定に維持しようとする。外界温が28℃付近の時を中性温といい、血管運動のみで体温調節が可能であり、体温調節のために費やされる熱量は最低となる<sup>25)</sup>。更に外界温が高い時には血管拡張、発汗という形で熱放散が促され、体温の上昇を抑え体温を維持しようとする。このような一連の過程により体温は調節・維持される。ここでいう熱放散は皮膚表面から行われるため、皮膚血管への血流量が多いほど熱放散量は多くなる。

身体作業によって熱が生産される。もし熱放散量が変わらなければ、熱は体内に蓄積され、体温は上昇し続け、限界温度41℃に近づく(41℃は致命的温度<sup>6)</sup>である)。しかし、体温調節機構が働くため熱放散は促進される。熱放散は(放射):(伝導及び対流):(蒸発)=10:8:5程度<sup>3)</sup>であり、伝導及び対流による熱放散量は全放散量の1/3を占める。この熱放散形式は気流の影響を強く受け、有風環境であるほど熱放散が促進される。無風である場合は有風の時に比べ、伝導及び対流による熱放散が速やかに行われなため、当然産生した熱が体内に蓄積しやすく体温が上昇し易い。これに対し、体温調節中枢では体温上昇を抑えて放熱量を増大させるよう皮膚血管への血流量は更に多くなる。このため、心拍数の増加が生じる。又、発汗量の増加で蒸発による熱放散量を増すようになる。逆に、有風下では伝導及び対流による熱放散が速やかになされるため、体内への蓄熱は最小限度に抑えられる。又、運動による産熱量が多い場合には、やはり体内への蓄熱が避けられないため、心拍数の増加や発汗増量が見られるが、有風下であれば、無風下に比べ、やはり蓄熱増加の割合は小さなものとどまる。自覚症状については体内への蓄熱の速さが速いほど熱放散が速やかに行われなため“暑い”と感じる。又、外界の湿度は変化しなくても蒸発による熱放散量が増加すると、蒸

発量はそれほど変わらないにもかかわらず放散しなければならぬ熱量は多くなるので、相対的な放熱量は減少し、湿度感は増大する。更に、体内への蓄熱が少ないと熱放散のために費やす熱量はより少なくて済み疲労感も少なくなる。以上の観点から、今回の実験結果を改めて検討してみる。

実験期間中の外気温は設定条件より低い。暴露室への入室後、全例で暑熱感を感じたと訴えたが、これは一過性に熱放散が速やかに行われなくなったためであると考えられる。湿度感についても同様の理由からであろう。また、外界への放熱が円滑になされなため、体内への蓄熱により体温は上昇していったが、高温域への“馴れ”により放熱は次第に滑らかに行われるようになり、体温上昇の程度は次第に緩慢になっていった(70分後)と考えることができる。

安静下では有風の場合と無風の場合で体温変動の差が大きく、脈拍の変動は少なかった。中性温付近(28℃)での安静下では、体内での熱産生量はそれほど多くないため血管運動によって体温調節がまかなわれ、心拍数の変化による血流量の変動をそれほど多く必要としなかった。このため脈拍数には差が見られなかったと考えられる。また、体温は有風下で伝導及び対流による熱放散が促進されたため上昇が抑えられたが、無風下では、周囲が高温のために“馴れ”が不十分で、次第に体温が上昇していったと考えられる。更に有風下では伝導および対流による熱放散の促進と空気の流動によって蒸発が速やかに行われたことにより、熱放散が促進された。身体作業下の実験では、体温の変動パターンは2群に分かれ、脈拍は無風下で高値、特に回復期に高値を示した。本研究では対象が全て女性であった。20歳代前半の女性の基礎体温の変動を考慮すると納得のいくものである。Fig.4 からいえることは、運動中の体温上昇には気流の影響があまり反映されず、回復期には安静下での実験のごとく気流の影響が大きいということである。本実験のような中等度以上の運動負荷では、熱産生量があまりに大きく、外界条件の多少の変動では体内への蓄熱量はそれほど変化しないといえる。蓄熱量を減少させるための心拍数増大による熱放散量増加は体温上昇のために回復期にも継続しているが、有風下でも同程度の体温上昇が見られるのに脈拍数が少ないのは、有風下での蒸発による放熱増大が伝導及び対流による放熱の負担を抑えることとなったためと考えられる。Fig.5 からいえることは、無風下で体温が上限の41℃に近付いたことにより、体温調節中枢で強く抑制がかかり、伝導及び対流、蒸発(発

汗)の面から熱放散を強く促進したため、無風下での体温上昇が鈍ったものと考えられる。回復期の体温下降が速やかなのも、熱放散促進が引き続き強く行われているためと考えられる。

今回の実験の設定条件は実生活上体験する機会が十分にあると考えられる。したがって、運動療法を中心とした理学療法においても、夏場の換気・空調設備の充実により、患者の運動耐容能力や理学療法プログラム作成上の注意点として、気流の変化を考慮に入れることは意義のあるものと考えられる。

## V. ま と め

温熱環境の1つとして気流を取り上げ、身体への影響を検討した。温度28℃、湿度約80%で、気流0 m/sと1.4 m/sを設定条件とし、体温・脈拍数の変動について調べた結果、安静時の体温と、身体作業時の脈拍について気流の影響に有意差が認められた。各種の身体作業をともなう理学療法の臨床において、空調設備の整備により、患者に対する運動療法の効果的施行、全身管理上の利点が得られると考えられる。

本研究の実施に当たり御指導、御協力下さった信州大学医学部環境生理学教室ならびに松本測候所の方々に深謝致します。

## VI. 引用文献・参考文献

- 1) 豊田 章：運動医学。pp. 399-402, 大修館, 東京, 1983
- 2) 中山昭雄：温熱生理学。pp. 563-573, 理工学社, 東京, 1985
- 3) 渡辺明彦, 肝付邦憲, 井上枝一郎, 三浦豊彦, 松浦房次郎, 浅尾豊永：中等度環境気温における湿度の人体に及ぼす影響 (第2報)：労働科学, 53：199-219, 1977
- 4) 池上晴夫：健康のためのスポーツ医学。pp. 153-165, 講談社, 1986
- 5) 真島英信：生理学。pp. 509-515, 文光堂, 東京, 1986
- 6) 大原孝吉：暑熱への適応と障害。からだの科学, 123：38-41, 1985