

## 運動をした際の直腸温の変化について\*

### On Rectal Temperature during Physical Exercise

鈴木 邦 雄<sup>1)</sup>

Kunio SUZUKI

It was shown that rectal temperature during muscular exercise increased to a higher level than that existing during rest. This higher temperature level was not dependent on absolute work load, but dependent on relative work load, i.e., oxygen uptake expressed in percent of maximal oxygen uptake.

The aim of this study was to measure rectal temperature during exercise due to three submaximal work loads, i. e., 25(24-31), 50(46-51), 70(67-72) % of maximal oxygen uptake.

The results were as follows.

- 1) The rectal temperature during exercise increased in proportion to the intensity of work loads.
- 2) At the three submaximal work loads, the mean rectal temperature were  $37.7 \pm 0.2$ ,  $38.4 \pm 0.4$  °C at 25, 50% of maximal oxygen uptake, respectively. but nobody were able to perform till the end of 60 min duration at 70% of maximal oxygen uptake.
- 3) At 25, 50% of maximal oxygen uptake, it was observed that the rectal temperature was to similar them of Saltin's study but was remarkably higher than that of his study at 70% of maximal oxygen uptake.

ヒトが身体運動を行うことに伴う生理機能の変化として、心拍数、呼吸数などが増加することから、エネルギー代謝の大きな需要に適応する。

また、エネルギーの大部分は熱となり、体温（直腸温）を上昇させることになるが、この体温の上昇は産熱と放熱の平衡関係が乱れたり、温熱環境に影響されたりするものでなく、運動強度に従って上昇することは、Nielsen (1938)<sup>6)</sup>の古典的な研究で知られているところである。

以来、運動強度と直腸温との関係をさらに、追求するなかで、被験者間で運動強度を一定にするため、相対強度 (%  $\dot{V}O_2\text{max}$ ) で表わすことにより、有酸素能力に差のある被験者間でも、運動強度—直腸温関係に同様な直線関係が認められた<sup>1,5,8)</sup>

本実験はこのような観点から、日本人一般成人を対象にして、運動強度を変えた際に、直腸温はどのような変化を示すかを観察するために行なった。

### 方 法

被験者は健康な男子4名で、年齢は23~26才であった(表1)。彼らは実験前には、定期的なトレーニングは行なっていなかったが、本実験に入る一週間前から、自転車運動に慣れさせるための運動を

\*昭和52年12月26日原稿受理

1) 大阪産業大学教養部

行なわせた。

直腸温の測定は感度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の東洋電子製サーミスタ温度計を用いて、直径3mmのカテーテルを肛門より10cm挿入して測定した。

呼気ガスはダグラスバッグ法により採気し、ショランダー微量ガス分析器を用いて酸素吸収率を測定し、呼気量から酸素摂取量を求めた。

最大酸素摂取量の測定は負荷漸増法により、各被験者につき2回測定し、測定値の差が150ml以内であったときには大きい方の値を採用し、それ以上の差があったときには、測定をやり直し、同じ手続きで決定した。運動時の呼気ガスについては、運動開始後、被験者の呼吸循環機能が定常状態に達した後で、3~4回採気し、その平均値から $\% \dot{V}O_2\text{max}$ を計算した。

心拍数は日本光電製多用途監視装置を用いて、胸部双極誘導によるECGから計測した。

全実験を通して、午後4時から6時の間で行なわれ、そのときの環境条件は室温 $21\sim 25^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は70~90%の間であった。

それらはアウグスト乾湿計を用いて、実験中3~4回測定された。

被験者は実験室に入り、直腸温、皮膚温、心電図の電極を装着し、15分以上の安静状態を保たせた後で実験を開始した。

実験中の被験者の着衣条件は運動負荷なしで行なった実験を除いて、上半身裸体、下半身は、短パン、ソックス、運動グッズで全実験を通して同一のものを着用した。

## 結 果

Fig. 1 は、被験者K Sにおいて、それぞれの運動負荷を与えた際の直腸温の変化を示したものである。8% $\dot{V}O_2\text{max}$ （これは安静状態を続けたときのもの）においては直腸温は変化を示さず一定の状態を保っているが、運動を行なった際には、開始数分後より直腸温は漸時上昇し、上昇の度合も負荷強度が強くなるに従い高くなっており、31,51% $\dot{V}O_2\text{max}$ においては、37.9, 38.8 $^{\circ}\text{C}$ に到達し60分間の運動を終了している。しかし、67% $\dot{V}O_2\text{max}$ においては、運動開始20分後に被験者は疲労困憊(exhaustion)の状態に陥って自転車運動に遂行することが不可能となり、そのときの直腸温は39.0 $^{\circ}\text{C}$ であった。Fig. 2は25(24~31), 50(46~51)% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する運動を与えた際の直腸温の変化を示したものである。25% $\dot{V}O_2\text{max}$ では運動開始直後に一過性低下を示し、その後上昇し30分経過あたりから定常状態を示すが、運動終了時まで定常状態を維持するものと、下降する傾向を示すものが見られた。50% $\dot{V}O_2\text{max}$ についても同様に、運動開始直後に一過性低下を示した後で上昇していくが、定常状態に入るのが25% $\dot{V}O_2\text{max}$ におけるよりも遅く、40分経過あたりから見られてくるが、運動終了時まで定常状態を維持するものと、上昇を続けるものが見られた。

Fig. 3は70(67~72)% $\dot{V}O_2\text{max}$ に相当する運動を行なった際の直腸温と心拍数の変化を示したものである。70% $\dot{V}O_2\text{max}$ では全被験者とも60分間の運動を続けることができず、それぞれ運動開始10, 20, 35, 55分後に疲労困憊の状態に陥った。そのときの直腸温は運動終了後、下腿部の鈍痛を訴えた1名を除いて、38.8, 39.0, 40.0 $^{\circ}\text{C}$ であった。また、心拍数については運動開始後10分くらいまでは全被験者ともよく似た傾向を示しているが、その後疲労困憊に至るまでの変化については、55分間の運動を続けて被験者の上昇の経過が、他の被験者を較べてゆるやかであった。しかし、疲労困憊に至ったときの心拍数は187, 200, 184 beats/minで3人とも類似した数値を示した。

Fig. 4は各運動強度において、60分間の運動終了時の直腸温を個人別にプロットしたものである。運動強度が大きくなるに従い、直腸温は高くなっているが、負荷強度に対する直腸温は各被験者ともよく似た傾向を示し、25% $\dot{V}O_2\text{max}$ においては $37.7 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ では $38.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ であった。

Table. 1 Data characterizing the subjects.

NO.	Sex	Age years	H. cm	W. Kg	B. S. m <sup>2</sup>	$\dot{V}O_2\text{max}$ liters	$\dot{V}O_2\text{max}$ /Kgml
1	♂	25	167	63.0	1.72	3.43	54.4
2	♂	23	170	61.5	1.73	3.22	52.4
3	♂	23	170	73.0	1.89	3.55	48.6
4	♂	26	168	60.5	1.70	3.21	53.1
Mean		24.3	169.8	64.5	1.76	3.35	52.1

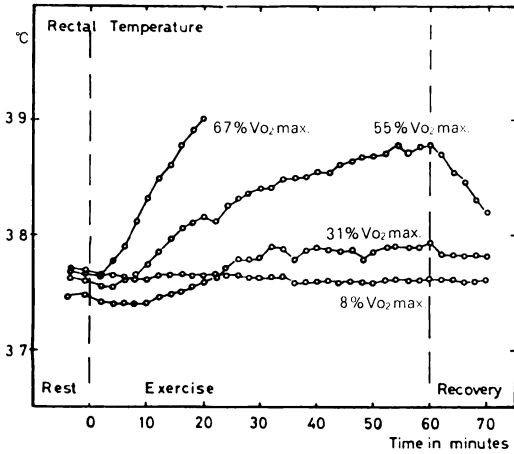


Fig. 1 Changes of rectal temperature before, during and after of exercise at each work load.

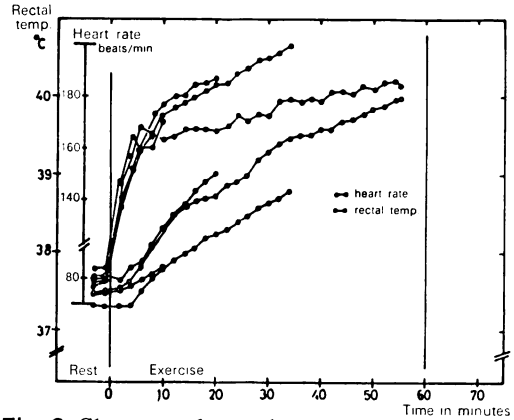


Fig. 3 Changes of rectal temperature and heart rate till exhaustion at work load of 70 %  $\dot{V}O_2\text{max}$ .

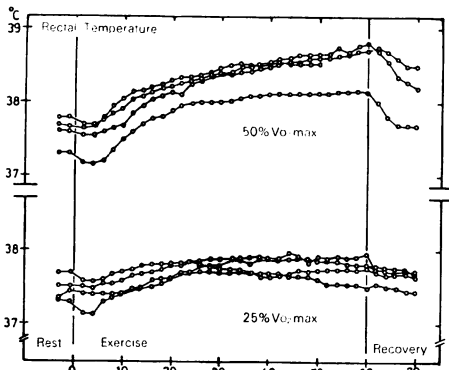


Fig. 2 Changes of rectal temperature before during and after 60min of exercise at work loads (25%, 50%  $\dot{V}O_2\text{max}$ )

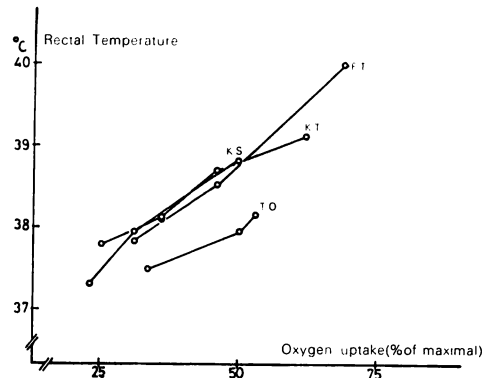


Fig. 4 Individual values of rectal temperature at the end of 60min. of exercise at each work load. \*The subject was exhausted after 55min. of exercise.

70%  $\dot{V}O_2\text{max}$  においては被験者全員は60分間の運動を続けることができなかったけれど、55分間の運動を続けた被験者 F. T. で40.0°Cに達した。

また、被験者 T. O は他の被験者と比べていずれの負荷強度に対しても低い数値を示した。

考 察

運動をした際に体温が上昇することは古くから知られており、数多くの報告がなされている。1938年、Nielsen<sup>6)</sup> は60分以上の運動を行かせた際に、直腸温は新しい水準へと上昇し、しかもこの直腸温の上昇は外部の環境温度 (5~30°C) によるものではなく、運動強度に従って上昇することを報告した。また、Lind<sup>5)</sup> は直腸温と運動強度との関係において、環境温度が直腸温に影響を与える上限温度は運動強度によって異っており、運動強度が強くなればなるほど、上限温度が低くなることを報告した。本実験においては、気温が21~25°Cの間で行なわれたことから、直腸温の上昇は環境温度の影響を受けずに、運動強度に対しての変化を示したものと考えられる。Astrand<sup>1)</sup> は、有酸素作業能力が顕著に異なる4人を被験者にして、50%  $\dot{V}O_2\text{max}$  に相当する運動強度が、酸素摂取量で、1.1~2.7l/min と大きく異なる運動を7時間にわたり与えたにもかかわらず、被験者全員において、直腸温は38.1°C前後であったことを報告し、Saltin, et al,<sup>8)</sup> Nielsen and Nielsen<sup>7)</sup> も同様なデータを報

告している。本実験においても同様な傾向が示されたが、Saltinらの報告と比較してみると、25%  $\dot{V}O_2\max$  において0.2°C、50%  $\dot{V}O_2\max$  においては0.3°C高い数値が観察された。また、Saltinらの報告では、被験者7名のうち1名だけが70%  $\dot{V}O_2\max$  の運動を60分間継続できなかったのに対し、本実験では全被験者とも運動を継続することができなかった。そして55分間の運動を続けた被験者F.Tの疲労困憊に至ったときの直腸温は40.0°Cであり、Saltinらの報告と比較して1.5°Cという顕著な相違が見られた。運動強度が低いときに観察された直腸温については顕著な違いが見られなかったけれど、運動強度が高いときの直腸温については大きな違いが見られたことから、高い酸素摂取水準で長時間の運動を行なったとき、被験者の有酸素能力、トレーニング状態の違いにより、直腸温の変化は必ずしも運動強度に対応する反応ということで説明できないものがある。Costill<sup>2)</sup>は、高度に鍛練された中長距離選手を使って高い酸素摂取水準で長時間の運動を行なったときの被験者の生理的な変化を観察しているが、被験者は90%  $\dot{V}O_2\max$  に相当する運動においても、25~30分以上継続する能力があったことを報告していることから、本実験に使われた被験者は、高い酸素摂取水準で長時間の運動を継続させるためのトレーニングを行なっていないことから途中で疲労困憊に至ったと考えられる。

これらのことから、本実験においては、運動強度が低いとき(25, 50%  $\dot{V}O_2\max$ ) においては過去の報告と同様なことが観察されたが、運動強度が高いとき(70%  $\dot{V}O_2\max$ ) においては、被験者自身が長時間の運動を継続する能力がなかったことその他に、直腸温の変化が必ずしも運動強度に従ったものではないことが観察された。

#### 参 考 文 献

- 1) Astrand, I: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. 49 (Suppl.169) 64-73.1960.
- 2) Costill, D. L: Metabolic responses during distance running. J. Appl. Physiol. 28.(3) 251-255. 1970
- 3) Givoni, B and Goldman, R.F: Predicting rectal temperature response to work, environment, and clothing. J. Appl. Physiol. 32(6) 812-822. 1972.
- 4) Kitziog, J. Kutta, D and Bleichert, A: Temperaturregulation bei lang-dauernder schwerer Körperlicher arbeit. Pflugers Archiv 301. 241-253. 1968.
- 5) Lind, A. R: A Physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work. J. Appl. Physiol. 18(1) 51-56. 1963
- 6) Nielsen, M: Die Regulation der Körpertemperatur bei Muskelarbeit Skand. Arch. Physiol. 79. 193-230. 1938.
- 7) Nielsen, B and Nielsen, M: Body temperature during work at different environmental temperatures. Acta Physiol. Scand. 56. 120-129. 1962.
- 8) Saltin, B and Hermansen, L: Esophageal, rectal and muscle temperature during exercise. J. Appl. Physiol. 21(6) 1756-1762. 1966.
- 9) Wyndham, C. H: The physiology of exercise under heat stress. Ann. Rev. Physiol. 35 193-220. 1973.