

## 断眠と20分間のペダリング運動が、 体温リズムに与える影響

### Changes in Body Temperature during Temporal Sleep Deprivation and Exercise

小林 寛道\* 小松 佳世\* 松井 秀治\*

Kando KOBAYASHI, Kayo KOMATSU and Hideji MATSUI

Rectal ( $T_{re}$ ), Auditory canal ( $T_{ac}$ ) Skin ( $\bar{T}_{sk}$ ) temperature were recorded by thermistor method for 50 hours continuously, except sleeping time. The experiments were carried out from Friday evening to Sunday evening with one sleep deprivation night in Friday to Saturday. The subjects were 16 men ages of 30 to 60 years. They exercised 20 minutes pedaling on Monark bicycle ergometer at a work rate of 50-60% of  $VO_2max$  or 70-80% of  $VO_2max$  of each subject. The exercise was carried out 7 times during observation period with certain intervals. Room temperature was controlled at a range of 21 to 26°C.

The following results were obtained;

1. Circadian-rhythm was observed on  $T_{re}$ , namely low in the morning and high in the daytime and evening.  $T_{re}$  in the morning during sleep deprivation was higher compared to that in Sunday morning, after sleep.
2.  $T_{re}$  after 20 min exercise increased 0.22 - 0.39°C and 0.45 - 0.69°C at a work rate of 50-60% of  $VO_2max$  and of 70-80% of  $VO_2max$ , respectively. The rate of increase in  $T_{re}$  during exercise was great when  $T_{re}$  was low level before exercise.
3. Increased level in  $T_{re}$  caused by exercise continued for 60 to 120 min after exercise.
4.  $T_{ac}$  during exercise increased 0.19 - 0.40°C and 0.84 - 1.34°C at a work rate of 50-60% of  $VO_2max$  and of 70-80% of  $VO_2max$ , respectively.
5. Increased level in  $T_{ac}$  caused by exercise continued 40 to 60 min after exercise.
6.  $\bar{T}_{sk}$  was 31.68 - 32.66°C before exercise. During exercise,  $\bar{T}_{sk}$  decreased 0.13 - 0.65°C at a work rate of 50-60% of  $VO_2max$  and increased 0.11 - 0.65°C at 70-80% of  $VO_2max$ . Exercise at 70-80% of  $VO_2max$  was carried out in the environment of higher humidity than that at 50-60% of  $VO_2max$ . Changes in  $\bar{T}_{sk}$  was seemed to be strongly affected by work load and different humid condition of environment.

#### 目 的

現代生活では、生活様式の多様化がみられるとともに、生活リズムにも変化がみられる場合も少なくない。人々は、必ずしも毎日早起し、夜はすみやかに就寝するといった生活リズムを繰り返しているとは限らない。勤務時間の都合や、旅行日程、あるいはレジャーとしての活動が深夜に及ぶことも少なくない。こういった活動ばかりでなく、一般に不眠状態や睡眠不足の状態に陥いることも、しばしば経験される場所である。

ところで、体温は、身体のエネルギー発生量と密接な関係をもっており、活動的な昼間には高く、就寝中の早朝には最も低くなるといった体温リズムをもつことがよく知られている。

ところで、早朝や深夜にジョギングをしたりする人の数も少なくない昨今である。このような運動が体温リズムにどのような影響を与えているかについての組織的な研究は、あまりみられていない。

本研究は、最大下負荷の運動を行なった時に、

\* 名古屋大学総合保健体育科学センター

Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University.

体温にどのような変化が生ずるか、といった点に注目しながら、断眠による影響、及び運動による影響について考察することを目的として実施したものである。

## 方 法

実験は、週末の金曜日夕刻（17：00）から日曜日夕刻（19：00）までの連続50時間を1シリーズとして、第1年次（1979年2月及び3月）、第2年次（1980年2月及び3月）に、計4シリーズ実施した。

被検者は、月曜日から金曜日の勤務を終えて、金曜日の夕刻に実験室に来室した。金曜日から土曜日朝にかけては、睡眠をとらない状態（断眠状態）で実験室にとどまった。土曜日午前中は出勤し、昼（12時）に再び実験室にもどり、翌日曜日夕刻まで実験室に滞在した。この間、土曜日夜（22時）から日曜日朝（6時）まで、8時間の睡眠をとった。

1シリーズでは、被検者4名を1グループとし、種々のテストや測定、食事、睡眠などの時間を除く実験室滞在時間には、終始簡易手作業（麻雀）を行わせることによって、被検者に精神的緊張を持続させるとともに、実験条件の均一化をはかった。

実験期間中には、夕刻（金曜日、土曜日、日曜日）、深夜（金曜日＜第1年次のみ＞）、早朝（土曜日、日曜日）、昼（土曜日、日曜日＜第2年次のみ＞）に、モナーク自転車エルゴメーターを用いて20分間のペダリング運動を実施した。運動負荷は、第1年次は最大酸素摂取量の50～60%、第2年次は、最大酸素摂取量の70～80%に相当するものとした。

睡眠時間、及び土曜日の出勤時間を除く全実験期間を通じて、体温（直腸温、耳管温、及び皮膚温）を連続的に記録した。

体温測定には、サーミスタ法を用い、50チャンネル体温データ集録装置（タカラ工業製）を用いて、ペダリング運動中は30秒ごと、簡易手作業実施中は、5分間隔で記録した。

直腸温 ( $T_{re}$ ) は、センサーを肛門部より10～15cm

深部において測定した。耳管温 ( $T_{ec}$ ) は、ゴム製の耳栓を作成し、センサーを耳栓の中央部を通して耳管内に挿入し、耳栓で耳管を閉じるとともに、上から脱脂綿をあて、バンソウコウで固定し、外気が耳管に直接ふれないようにした。

皮膚温として、胸部、上腕部、大腿部の3点にセンサーを装着して、各部位の温度を測定し、次式によって、平均皮膚温 ( $\bar{T}_{sk}$ ) をもとめた。<sup>7)</sup>

$$\bar{T}_s = 0.43 \text{ Chest} + 0.32 \text{ Thigh} + 0.25 \text{ Arm}$$

但し、Chest：胸部皮膚温

Thigh：大腿部皮膚温

Arm：上腕部皮膚温

被検者は、ペダリング運動中は上半身裸、簡易手作業実施中は、スポーツトレーニングウェアの上下を着用した。

室温は、21～26℃に調整した。被検者は、30才から60才の男子、合計16名で、このうち5名は、第1年次と第2年次の実験に参加した。被検者の年齢、形態、最大酸素摂取量については表1>に示した。

## 結 果

### 1. 直腸温の変化

運動前、及び20分間のペダリング運動直後の直腸温について、第1年次、第2年次の平均値を、表2、図1に示した。

運動前の値は、第1年次では、36.58℃から37.14℃の範囲内にあり、第2年次では、36.66℃から37.35℃の範囲内にあった。

第1年次、第2年次とも、睡眠をとった翌朝（日曜日早朝）の値が最も低く、睡眠をとらなかった前日の同時刻（土曜日朝）の値と比較して、第1年次は、0.22℃第2年次では0.15℃低い。

睡眠の有無にかかわらず、直腸温は、朝に低く、夕刻、又は昼間に高いという日内リズムがみられている。

20分間のペダリング後には、直腸温は上昇している。第1年次では、運動後に平均0.22～0.39℃上昇がみられているが、これを時間別にみると、断眠後の朝（土曜）が0.39℃、睡眠後の朝（日曜）が0.38℃と、朝の運動によって直腸

**Table 1.** Characteristics of Subjects

	Subject	Age (year)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (l/min.)	$\dot{V}O_2\text{max/kg}$ (ml/kg/min.)
First Year	S.A.	30	165.0	57.0	2.15	37.7
	M.H.	38	168.5	60.7	2.10	34.5
	M.O.	53	163.0	58.5	1.45	24.8
	I.O.	36	166.0	60.5	3.02	49.9
	N.I.	39	166.8	57.0	2.29	40.2
	K.M.	36	167.5	56.5	2.34	41.4
	S.Y.	55	161.0	62.5	1.95	31.2
	H.M.	59	161.9	68.5	2.29	33.4
Mean (S.D.)		43.3	165.0	60.2	2.20	36.6
		10.0	2.56	3.73	0.410	7.05
Second Year	N.I.	40	166.8	58.0	1.93	33.2
	M.I.	33	170.0	63.5	2.57	40.5
	M.O.	54	167.3	58.5	1.88	32.2
	S.Y.	56	161.0	63.5	1.68	26.4
	T.Y.	47	161.0	60.5	1.84	30.5
	H.H.	33	164.0	63.0	2.13	33.9
	S.A.	31	165.0	56.0	2.06	36.7
	H.M.	60	163.0	69.5	2.00	28.8
Mean (S.D.)		44.3	164.8	61.6	2.01	32.8
		10.8	2.96	3.98	0.248	4.16

**Table 2.** Changes of Rectal Temperature

		Fri. Evening 18:00~	Sat. Midnight 0:30~	Sat. Morning 6:00~	Sat. Afternoon 12:30~	Sat. Evening 18:00~	Sun. Morning 6:30~	Sun. Afternoon 12:00~	Sun. Evening 18:00~
First Year	Before Exercise	37.09 (0.25)	37.03 (0.36)	36.80 (0.29)	36.93 (0.26)	37.14 (0.22)	36.58 (0.16)		37.04 (0.39)
	After 20 minutes Exercise	37.34 (0.24)	37.28 (0.32)	37.19 (0.25)	37.21 (0.27)	37.44 (0.22)	36.96 (0.17)		37.28 (0.43)
	Aft. — Bef.	+0.25	+0.25	+0.39	+0.28	+0.30	+0.38		+0.24
Second Year	Before Exercise	37.18 (0.26)		36.81 (0.22)	37.35 (0.24)	37.25 (0.16)	36.66 (0.22)	37.11 (0.27)	37.18 (0.20)
	After 20 minutes Exercise	37.74 (0.37)		37.44 (0.27)	37.81 (0.24)	37.85 (0.24)	37.34 (0.32)	37.80 (0.40)	37.84 (0.34)
	Aft. — Bef.	+0.56		+0.63	+0.46	+0.60	+0.68	+0.69	+0.66

Number: °C  
( ): Standard Deviation

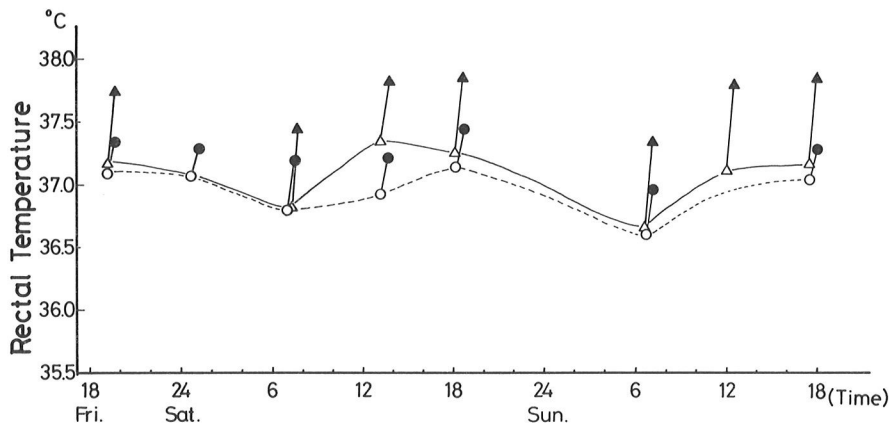


Figure 1. Changes in rectal temperature ( $T_{re}$ ).

- : Before exercise
- : At 20 min of exercise of 50-60% of  $\dot{V}O_{2max}$
- △ : Before exercise
- ▲ : At 20 min of exercise of 70-80% of  $\dot{V}O_{2max}$

温の上昇が最も大きい。昼（土曜）は、 $0.28^{\circ}\text{C}$ の上昇、夕刻（金、土、日曜）は、それぞれ $0.25^{\circ}\text{C}$ 、 $0.30^{\circ}\text{C}$ 、 $0.22^{\circ}\text{C}$ と、土曜の夕刻を除いて、夕刻の運動による直腸温の上昇は小さい。また、深夜（土曜日午前0時30分）の運動では、 $0.25^{\circ}\text{C}$ の上昇と、前日夕刻（金曜）の値と同じである。

第2年次では、運動後に平均 $0.46 \sim 0.69^{\circ}\text{C}$ の上昇がみられている。第1年次と比較して、運動後の上昇が大きいのは、運動負荷が第1年次の $50 \sim 60\% \dot{V}O_{2max}$ に対して、第2年次では $70 \sim 80\% \dot{V}O_{2max}$ と高いためである。

最も運動後の上昇が大きかったのは、睡眠後の昼（日曜）の $0.69^{\circ}\text{C}$ であり、当日朝の値も $0.68^{\circ}\text{C}$ 上昇と大きかった。一方、断眠翌日（土曜）昼では、 $0.46^{\circ}\text{C}$ 上昇と、最も少ない値を示した。

これらの結果は、運動前の直腸温が高いと、運動によって上昇する割合が比較的小さく、運動前の値が低いと、上昇する割合が大きいくことを示している。

実験期間中の直腸温の変化をより詳細にみるために、第2年次の被検者4名について、〈図2〉を描いた。

プロットは、20分ごとにもとめた値であり、直

線は、20分間のペダリング運動前後の値を結んだものである。

直腸温のレベルや、運動による上昇の様子には個人差がみられているが、全体として、朝に低く、夕刻に高くなるという直腸温の日内リズムが観察される。運動による直腸温上昇の効果は、運動終了後も $90 \sim 120$ 分間持続して、通常の日内リズムの範囲内にもどっている。

## 2. 耳管温の変化

運動前後の耳管温の変化について、〈表3〉及び〈図3〉に示した。

第1年次の運動前の平均値は、 $35.44^{\circ}\text{C}$ から $35.95^{\circ}\text{C}$ の範囲にあり、第2年次では、 $35.95^{\circ}\text{C}$ から $36.76^{\circ}\text{C}$ の範囲内にあった。

第1年次と第2年次に見られる差については、考察の項で論議する。

耳管温についても、朝に低く夕刻に高いという日内リズムがみられている。最も低い耳管温が得られたのは、睡眠をとった翌朝（日曜）で、第1年次は $35.54^{\circ}\text{C}$ 、第2年次は $35.95^{\circ}\text{C}$ であった。最も高い耳管温が得られたのは、第1年次は、金曜日及び日曜日の夕刻で、 $35.95^{\circ}\text{C}$ 、第2年次は、金曜日の夕刻の $36.76^{\circ}\text{C}$ であった。

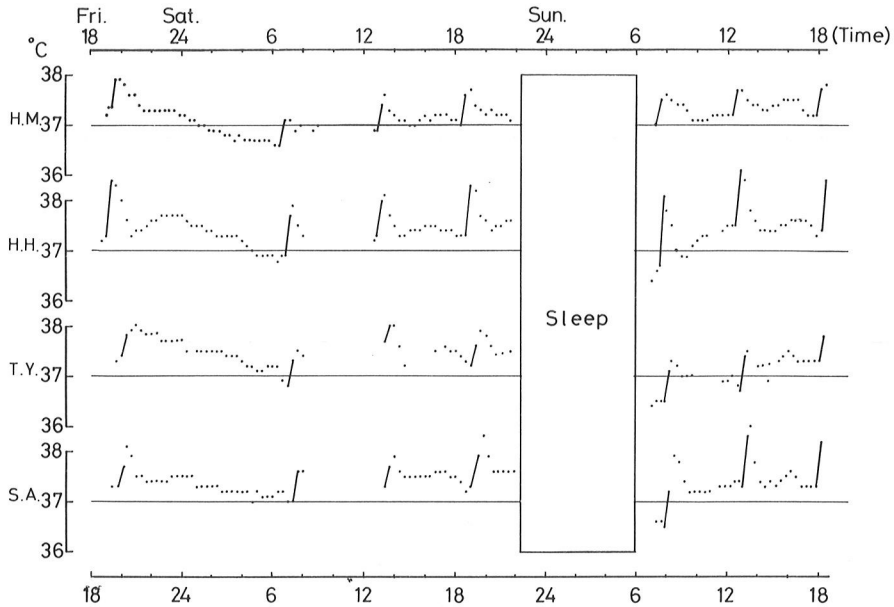


Figure 2. Individual changes in rectal temperature ( $T_{re}$ ).

Table 3. Changes of Auditory Canal Temperature

		Fri. Evening 18:00~	Sat. Midnight 0:30~	Sat. Morning 6:00~	Sat. Afternoon 12:30~	Sat. Evening 18:00~	Sun. Morning 6.30~	Sun. Afternoon 12:00~	Sun. Evening 18:00~
First Year	Before Exercise	35.95 (0.31)	35.90 (0.39)	35.88 (0.37)		35.99 (0.46)	35.54 (0.60)		35.95 (0.48)
	After 20 minutes Exercise	36.26 (0.48)	36.09 (0.46)	36.18 (0.50)		36.35 (0.60)	35.94 (0.68)		36.24 (0.70)
	Aft. — Bef.	+0.31	+0.19	+0.30		+0.36	+0.40		+0.29
Second Year	Before Exercise	36.76 (0.38)		36.36 (0.49)	36.59 (0.52)	36.74 (0.45)	35.95 (0.36)	36.46 (0.42)	36.50 (0.36)
	After 20 minutes Exercise	37.60 (0.78)		37.45 (0.71)	37.65 (0.79)	37.65 (0.79)	37.29 (0.81)	37.58 (0.78)	37.60 (0.78)
	Aft. — Bef.	+0.84		+1.09	+1.06	+0.91	+1.34	+1.12	+1.10

Number: °C  
( ) : Standard Deviation

20分間のペダリング運動によって、耳管温は、  
第1年次には、0.19 ~ 0.40°C上昇し、第2年次

には、0.84 ~ 1.34°C上昇した。

耳管温の上昇の割合を、直腸温の場合と比較す

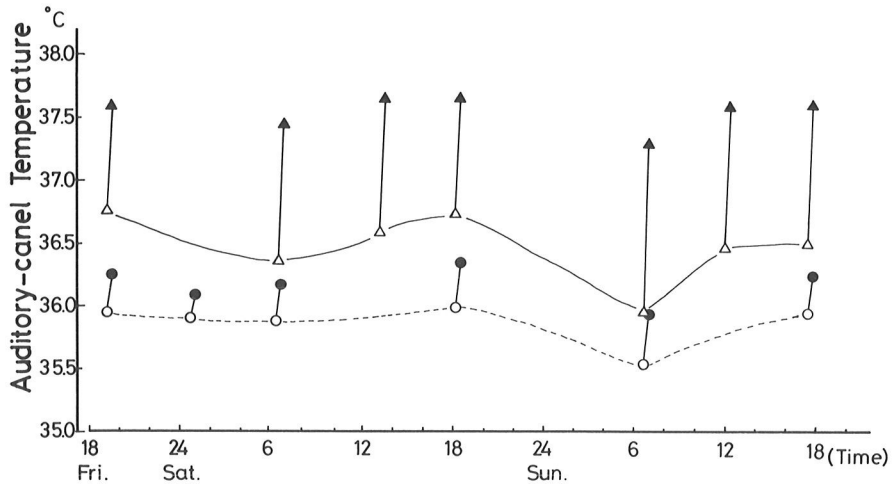


Figure 3. Changes in auditory canal temperature ( $T_{ac}$ ).  
( $T_{ac}$ ).

See footnote to Figure 1.

ると、第1年次では、土曜の朝を除き、耳管温の上昇が直腸温の場合より  $0.02 \sim 0.10^{\circ}\text{C}$  大きい。土曜の朝は、例外的に直腸温の上昇の方が  $0.09^{\circ}\text{C}$  大きかった。

第2年次では、耳管温の上昇が直腸温の場合よ

り  $0.28 \sim 0.66^{\circ}\text{C}$  大きかった。

すなわち、運動負荷が最大酸素摂取量の50~60%の場合には、運動にともなう直腸温と耳管温の上昇の割合は、ほぼ等しいか、わずかに耳管温の上昇が大きい、最大酸素摂取量の70~80%の運

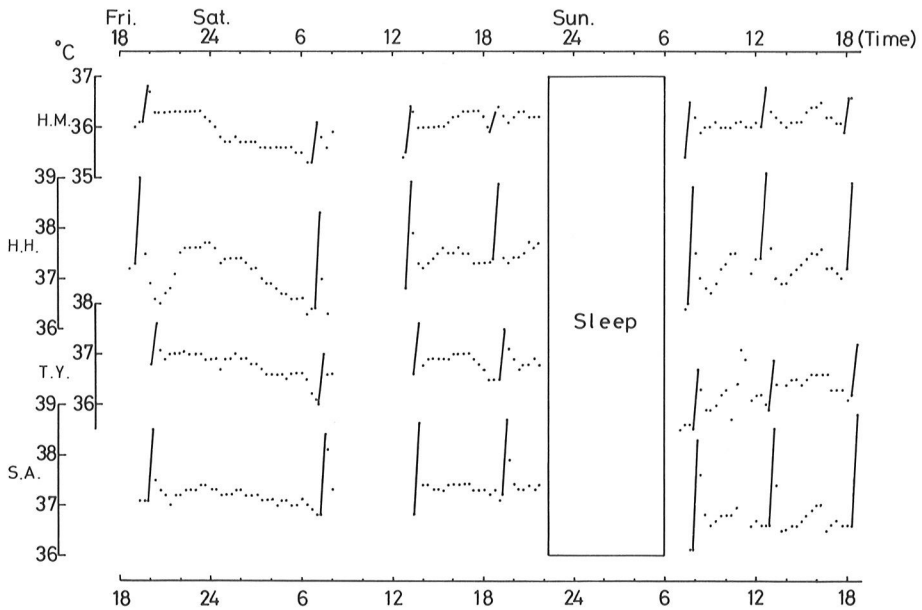


Figure 4. Individual changes in auditory canal temperature ( $T_{ac}$ ).

動強度では、耳管温の上昇が直腸温の上昇より大きい ( $P < 0.01$ )。

実験期間中における耳管温の変動を観察のために、<図4>に第2年次の被検者4名の個人値を描いた。プロットは、20分ごとを示し、直線は、運動前後の値の変化を示している。その様子は、直腸温の変動と似かよっているが、運動によって上昇が急激であること、及び運動後には、40~60分間で、日内リズムの変動範囲内に回帰している。

すなわち耳管温は、直腸温と比較して、運動後には約1/2の時間で、運動によって上昇した温度が下降してゆくといえることができる。

### 3. 皮膚温の変化

胸部、大腿部、上腕部の3点からもとめた平均皮膚温（以下皮膚温と略す）の変化を、<表4>及び<図5>に示した。

運動前の皮膚温は、第1年次は、31.68°Cから32.24°Cの範囲内にあり、第2年次は、31.76°C

Table 4. Changes of Mean Skin Temperature

		Fri. Evening 18:00~	Sat. Midnight 0:30~	Sat. Morning 6:00~	Sat. Afternoon 12:30~	Sat. Evening 18:00~	Sun. Morning 6:30~	Sun. Afternoon 12:00~	Sun. Evening 18:00~
First Year	Before Exercise	31.68 (0.60)	32.07 (0.74)	32.11 (0.54)		32.24 (0.65)	31.84 (0.84)		31.92 (0.67)
	After 20 minutes Exercise	31.71 (0.95)	31.42 (1.34)	32.32 (1.55)		32.11 (1.23)	31.40 (1.17)		31.72 (1.02)
	Aft. — Bef.	+0.03	-0.65	+0.21		-0.13	-0.44		-0.20
Second Year	Before Exercise	31.76 (0.56)		32.36 (0.67)	32.08 (0.96)	32.16 (1.08)	32.27 (0.65)	32.66 (0.36)	32.55 (0.79)
	After 20 minutes Exercise	32.09 (1.36)		32.83 (0.95)	32.24 (1.24)	32.72 (1.03)	32.26 (1.04)	32.77 (1.18)	32.79 (0.94)
	Aft. — Bef.	+0.33		+0.47	+0.16	+0.56	-0.01	+0.11	+0.24

Number: °C  
( ): Standard Deviation

から32.66°Cの範囲内にあった。

20分間のペダリング運動直後の皮膚温の反応は、さまざまである。第1年次には、金曜日夕刻及び土曜日朝には、それぞれ0.03°C、0.21°Cの上昇がみられたが、その他の場合には、0.13 ~ 0.65°Cの低下がみられている。皮膚温が低下するのは、発汗によって皮膚表面から蒸発熱が奪われるためである。

これに対し、第2年次では、日曜日朝の場合を除くすべての運動で、皮膚温に0.11 ~ 0.56°Cの

上昇がみられている。運動時には多量の発汗がみられたが、ここでは皮膚表面から蒸発熱が奪われる以上に、皮膚表面の温度上昇が大きかったことを物語っている。この点については、考察の項で論議することにする。

### 考 察

皮膚温は、皮膚表面をとりまく外気温（室温）の影響を強く受けるといわれている。本実験では、第1年次、第2年次とも、室温は22 ~ 26°Cの範

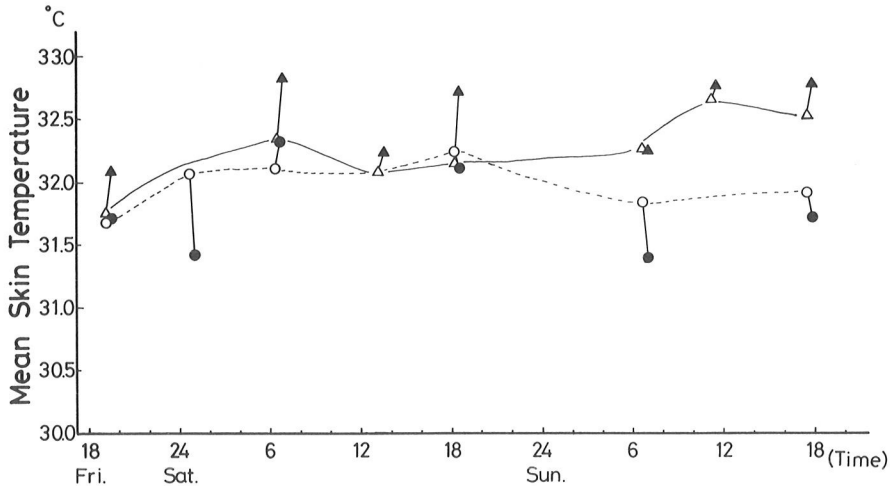


Figure 5. Changes in mean skin temperature ( $\bar{T}_{sk}$ ).

See footnote to Figure 1.

困内に調節し、その変化の様子も、ほぼ同様であった。しかし、第1年次の実験シリーズで、被検者から空気が乾燥していて、のどが苦しい、といううったえがあったので、第2年次には、電子式の蒸気発生装置を用いて、常に湿度を高めるよう環境条件を変化させた。

Kobayashi *et al.*<sup>4)</sup> は、室温 49.5°C の高温環境で、湿度15%の場合と、湿度32%の場合について、発汗量及び皮膚温の変化を調べ、湿度が低いときは、蒸発熱によって皮膚温の上昇は比較的少ないが、高湿度の場合には、汗が皮膚表面にたまってしまい、蒸発熱が皮膚表面を有効に冷却することができなくなるので、皮膚温の上昇が著しいことを報告している。本研究の第2年次のシリーズでは、高湿度環境条件が、第1年次の場合とは異なった皮膚温の変動を導いたと考えられる。

この湿度環境条件の相違は、運動前の耳管温について、第1年次と第2年次にみられた運動前の値の差を説明する根拠ともなっていると考えられる。

Nadel *et al.*<sup>5)</sup> は、耳管温は外気温によって影響されることを示し、そのため発汗の研究には、食道温を用いるのが良いと提唱している。

耳管温が、湿度によって、どのように影響され

るか、といった点に関する研究は見あたらない。15°C以下の寒冷環境にあっては、湿度が体温調節に及ぼす影響は少ないと云われているが、本実験では、22 ~ 26°Cという温度環境であったことから、水蒸気圧の変化が、耳管温の第1年次と第2年次の差を導びいたのであろうと推察される。

このような、環境条件の差にもかかわらず運動前の直腸温では、第1年次と第2年次に大きな差異がみられていない。

運動を行うことによって深部体温は上昇するが、Saltin *et al.*<sup>8)</sup> や Davies *et al.*<sup>2)</sup> は、直腸温の上昇の割合は、%  $\dot{V}O_2max$ 、すなわち各人のもつ最大酸素摂取量の相対負荷強度に比例することを報告している。運動にともなう直腸温の上昇が、第1年次と比較し、第2年次で大きかったことは、第2年次での運動負荷強度が、70 ~ 80%  $\dot{V}O_2max$  と高かったためである。

ところで、運動を行なった後の体温が上昇した状態が直腸温でみると、2時間程度まで持続するということは大変興味深い。断眠ストレスに、運動ストレスを加えるといった二重のストレスによって、被検者を困難な状態に導かせる事を意図して、本研究を実施したが、運動を行なうことによって、被検者たちは、むしろフレッシュアップするとい



うプラスの効果が見られた場合も少なくなかった。それは、運動前後に実施した自覚症状に対する質問に対する解答にもみられたことである。睡眠不足等、疲労した場合に、20分間程度の運動をすることが、かえって積極的なリフレッシュ効果をもつということは、充分予想されることであり、そのリフレッシュ効果の持続が、深部体温の上昇された状態と関連しているのではないかと推定される。

深部体温が高いということは、身体のエネルギー代謝が活発であることと関連している。直腸温の日内リズムを観察するとき、断眠を行なった朝では、睡眠をとった翌朝と比較して、高い水準にあるが、前日の夕刻や深夜の値と比較すると、やはり低い水準にある。このことは、1日程度の断眠を行なっても、直腸温にみられる日内リズムは変化しないが、その日内変化の割合は減少することができる。

耳管温は、鼓膜温と比例的関係にあるもので、Nadel *et al*<sup>5)</sup>は、耳管温は、鼓膜温を反映するものと考えて良いとしている。鼓膜温は、脳の体温中枢へ流入する血液の温度を反映するという考えから鼓膜温を用いた発汗の研究が、Benzinger<sup>1)</sup>によって、詳細に行われた。本研究では、発汗量を測定することができなかったため、体温と発汗量との関係を知ることができない。しかし、発汗がゼロとなる温度、すなわち中枢におけるセットポイントは、通常直腸温が36.6°C、耳管温が37°C附近である。<sup>1, 3, 6, 9, 10)</sup> 本研究では、耳管温がセットポイントをこえている場合、その程度にあわせて発汗がみられたと考えて良い。

この点から推定すれば、朝の運動では発汗が少なく、昼間又は夕刻の運動では発汗が比較的多いということになる。

日内リズムと発汗量については、今後の研究テーマとしたい。

### ま と め

① 30才代から60才代の男子16名について、金曜夕刻から日曜夕刻までの50時間にわたって、直腸温、耳管温、皮膚温（胸部、大腿部、上腕部）

を連続記録した。

- ② 金曜から土曜にかけては、断眠状態を継続させるとともに、実験期間中、 $\dot{V}O_2\max$  50 ~ 60%（第1年次）又は70~80%（第2年次）の負荷で、20分間の自転車エルゴメーター運動を、7回にわたって実施した。
- ③ 運動前の直腸温には、朝低く、夕刻又は昼間に高いという日内リズムがみられた。断眠翌朝の朝の低下は少なく、睡眠をとった翌朝では、最も低い値が得られた。
- ④ 20分間のペダリングによって、直腸温は、 $\dot{V}O_2\max$  50 ~ 60%負荷で、平均0.22 ~ 0.39°Cの上昇がみられ、 $\dot{V}O_2\max$  70 ~ 80%負荷では平均0.46 ~ 0.69°Cの上昇がみられた。運動前の直腸温が低いと、運動による上昇の割合が大きい傾向にあった。
- ⑤ 運動による直腸温の上昇は、運動後90~120分間経過して、日内変動範囲内にもどった。
- ⑥ 運動による耳管温の上昇は、 $\dot{V}O_2\max$  50 ~ 60%負荷では、0.19 ~ 0.40°C、 $\dot{V}O_2\max$  70 ~ 80%負荷では、0.84 ~ 1.34°Cであった。
- ⑦ 運動による耳管温の上昇は、運動後40~60分間経過して、日内変動範囲内にもどった。
- ⑧ 平均皮膚温は、運動前に、31.68 ~ 32.66°Cの範囲内であった。運動後の反応は、第1年次では0.13 ~ 0.65°Cの範囲で低下する場合が多かったが、第2年次では、0.11 ~ 0.56°Cの範囲で上昇がみられた。第1年次と比較して、第2年次では、室内の湿度を高い状態に保った。

### 文 献

- 1) Benzing, T. H. Heat regulation : Homeostasis of central temperature. *Physiol. Rev.*, **49** : 671—759, 1969.
- 2) Davies, C. T. M., J. R. Brotherhood, and E. Zcidifard. Temperature regulation during severe exercise with some observations of effects of skin wetting. *J. Appl. Physiol.*, **41** : 772—776, 1976.
- 3) Gonzalez, R. R., K. B. Pandolf, and A. P. Gagge. Heart acclimation and decline in sweating during humidity transients. *J. Appl. Physiol.*, **36** : 419—425, 1974.
- 4) Kobayashi, K., S. M. Horvath, F. J. Diaz, D. R.

- Bransford, and B. L. Drinkwater. Thermoregulation during rest and exercise in different postures in a hot humid environment. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **48(6)** : 999—1007, 1980.
- 5) Nadel, E. R., and S. M. Horvath. Comparison of tympanic membrane and deep body temperatures in man. *Life Sci.*, **9** : 869—875, 1970.
- 6) Nadel, E. R., R. W. Bullard, and J. A. J. Stolwijk. The importance of skin temperature in the regulation of sweating. *J. Appl. Physiol.*, **31** : 80—87, 1971.
- 7) Roberts, M. F., C. B. Wenger, J. A. J. Stolwijk, and E. R. Nadel. Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. *J. Appl. Physiol.*, **43** : 133—137, 1977.
- 8) Saltin, B., and L. Hermansen. Esophageal, rectal, and muscle temperature during exercise. *J. Appl. Physiol.*, **21** : 1757—1762, 1966.
- 9) Saltin, B., A. P. Gagge, and J. A. J. Stolwijk. Body temperatures and sweating during thermal transients caused by exercise. *J. Appl. Physiol.*, **28** : 318—327, 1970.
- 10) Wyndham, C. H., and A. R. Atkins. A physiological scheme and mathematical model of temperature regulation in man. *Pfluegers Arch.*, **303** : 14—30, 1968.

(1982年2月10日受付)