

## 血圧の日内変動に及ぼす断眠の 影響について

### An effects of temporal sleep deprivation on the variability of blood pressure

斉藤 満\*<sup>1</sup> 小林 寛道\*<sup>2</sup> 松井 秀治\*<sup>2</sup>

Mitsuru SAITO\*<sup>1</sup>, Kando KOBAYASHI\*<sup>2</sup> and Hideji MATSUI\*<sup>2</sup>

The present study mainly concerns the feasibility of efforts of temporal sleep deprivation on circulatory regulation by blood pressure measurements at rest and work. The 16 middle age male, whose blood pressure were a normal or slightly hypertensive, were subjected.

Arterial blood pressure was measured by the indirect auscultatory method using a aneroid manometer or Exercise Monitor at rest and during standerdized submaxiaml work (SSW). At rest and during SSW, with the subject sitting upright position on bicycle ergometer, the blood pressure cuff were the middle part of the uper arm in relation to the heart. The SSW test was designed using an bicycle ergometer. The eight subjects (Group I) performed for 20 min at a load of 45% of  $\dot{V}O_2$  max., and other eight subjects (Group II) performed at 70% of  $\dot{V}O_2$  max. in the constant revolution (50 rpm).

In the both group, a significant decrease was seen in the mean blood pressure (MBP) at rest and during SSW in the evening time (6:00 PM) following the sleep deprivation (SDP) whereas an increase was observed for resting MBP in the morning time (6:00 AM) following the SDP. However, no significant changes in the MBP at rest and SSW in the other measurements were observed during the experimental course.

The present investigation has demonstrated that a temporal sleep deprivation affects the regulation of circulator control at rest as well as the central circulatory and vasoactive responceses to a short-term physical work.

#### 1. 緒 言

血圧は、物理的には心拍出量と末梢血管抵抗の関数としてあらわされるが、これを規定する因子は、血管径や血管壁の弾性、血液循環量、血液粘度など多くのものがあげられている。これらの因子は相互に関係し、適度の血圧の維持によってからだ全体の血液循環量が調節されている。したがって、高血圧や低血圧といった血圧値の異常変動はしばしば血液循環の異常や障害をひき起す原因となる。また、血圧は、身体運動や寒冷・暑熱といった生理・環境ストレスに対して容易に圧応するだけでなく、驚愕や情緒不安などの精神的ストレスに対しても容易に反応することが知られてい

る。Little<sup>10)</sup>らは、一日の血圧変動を観察し、血圧は睡眠中に最も低い値を示し、活動時に高まるが、午前中よりも午后で高くなることを報告している。これは、身体活動や生活リズムと循環系の調節反応とが密接に関係していることを示すものであろう。Halberg<sup>6)</sup>は、サーカデアリズムの面から血圧の日内変動を観察し、夕刻時に血圧の最高値があらわれると述べている。しかし、生活リズムを変えた場合の血圧変動についてはほとんど報告されていない。

本研究では、断眠という生体の生理的リズムの攪乱が循環系の調節機構にどのような影響を及ぼすかについて、安静時と一定負荷作業時の血圧の

\*1 豊田工業大学 \*2 名古屋大学総合保健体育科学センター

\*1 Toyota Technological Institute

\*2 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

日内変動から明らかにしようとした。

## 2. 研究方法

安静及び運動時の血圧は、聴診法（アネロイド血圧計：新栄医科製）又は自動血圧測定装置（Applied Medical Research Co., LTD : Exercise Monitor Model, 1160, USA）で測定した。

安静時血圧は、自転車エルゴメータ上に座った状態で、上腕に装着したカフ位置がほぼ心臓の位置になるようにし、被検者が最も楽な姿勢になるようにして測定した。

作業時血圧の測定は、安静時と同様の姿勢で行ったが、作業は血圧測定中も続行した。1979年グループ（GI）では、作業開始から10分及び作業終了直前または直後の2回測定した。1980年グループ（GII）では、作業開始から5分、10分、15分、作業停止前（20分）の4回測定した。

最大下作業は、自転車エルゴメータ（モナーク社：スウェーデン）を用いて、一定負荷（毎分50回転で20分間継続した。作業負荷は、相対負荷強度が被検者で同じになるように設定した。すなわ

ち、被検者ごとにあらかじめ測定された作業負荷一酸素摂取量関係から負荷が決定された。GIの平均は48%  $\dot{V}O_2$  maxであり、GIIは70%  $\dot{V}O_2$  maxであった。作業強度の絶対値は74ワットから124ワットの範囲であった。

## 3. 結果

### 1) 個人別の血圧変動

図1, 2はGI, GIIの測定結果を各被検者ごとに示したものである。安静血圧は、最高、最低ともにGIとGIIとは差がみられなかったが、作業時血圧は、GIIの最高・平均血圧がGIに比べて高かった。これは、作業負荷強度の違いによるものと思われる（Åstrand, 1965,<sup>2)</sup> Karlfors, 1966）

### 2) 安静血圧

図3は、安静時の最高、最低及び平均血圧のグループ毎の平均を示したものである。最高及び最低血圧の変動は、GIの平均が、124 ~ 133 mmHg, 78 ~ 86 mmHg, GIIが、114 ~ 130 mmHg, 78 ~ 91 mmHgの範囲であった。

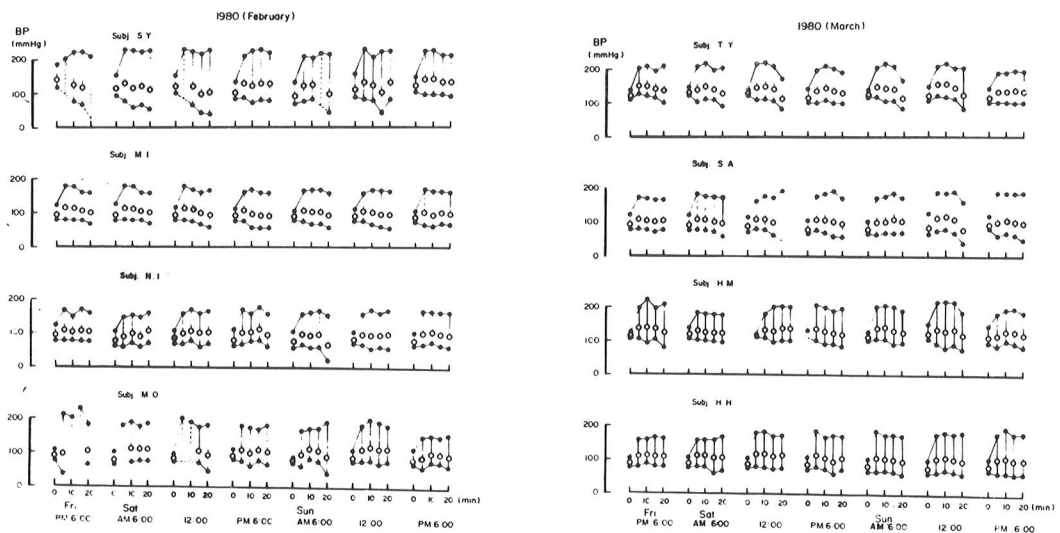


Figure 1. Changes in systolic, diastolic and mean blood pressure at rest and during standardized work before and after sleep deprivation for each subject in the group I.

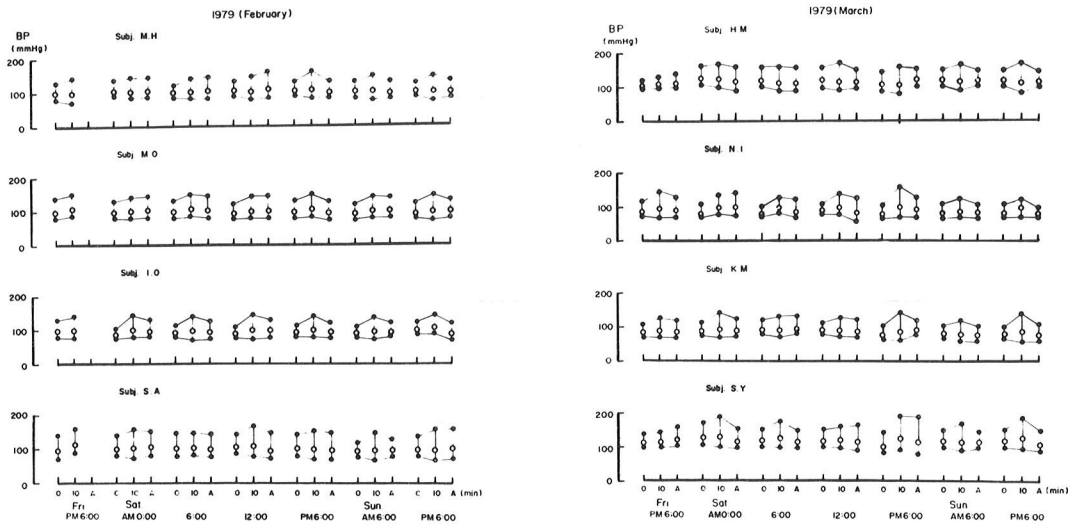


Figure 2. Changes in systolic, diastolic and mean blood pressure at rest (0 min) and during standardized work before and after sleep deprivation for each subject in the group II.

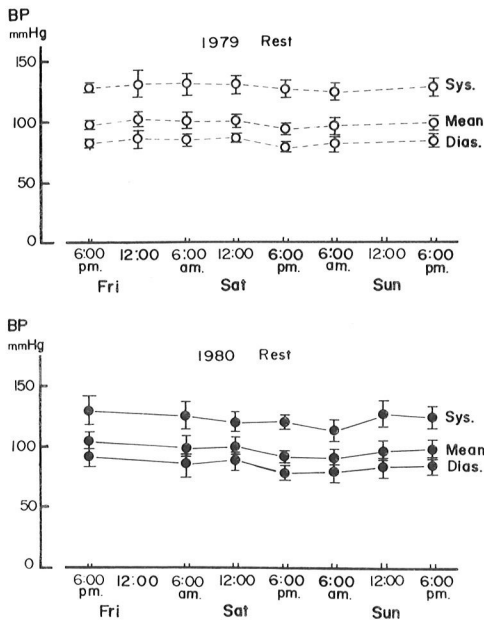


Figure 3. Changes in average systolic, diastolic and mean blood pressure at rest during experimental periods in the group I and II. Upper panel indicate group I. Lower panel indicate group II.

GI-GIIともに実験期間の安静時血圧の変動は、類似の傾向を示した。すなわち、平均血圧で見ると、断眠後(Sat)のPM 6:00または睡眠後(Sun)のAM 6:00で最も低い値を示した。これらの結果を3日間のAM 6:00とPM 6:00の同時刻について比較整理したものが図4である。

AM 6:00の最高・平均血圧は、断眠後(Sat)が睡眠後(Sun)に比べて有意( $P < 0.05$ )に高かった。

PM 6:00についてみると、3日間を通して、最高、平均血圧は、断眠前(Fri)が最も高い値を示し、断眠後が最も低い値を示した。睡眠後の値は、両者の中間であった。このうち、断眠後の平均血圧は、断眠前のそれに比べて有意( $P < 0.05$ )に低いものであった。また、睡眠後(Sun)の平均血圧が断眠後(Sat)に比べて高くなる傾向であったが、有意なものではなかった。断眠前(Fri)と睡眠後(Sun)との間においても、平均血圧で有意の差はみられなかった。

### 3) 作業時血圧

作業時の最高血圧は、作業開始10分ではほぼ最高に達し、その後定状状態を続けるものと、10分以

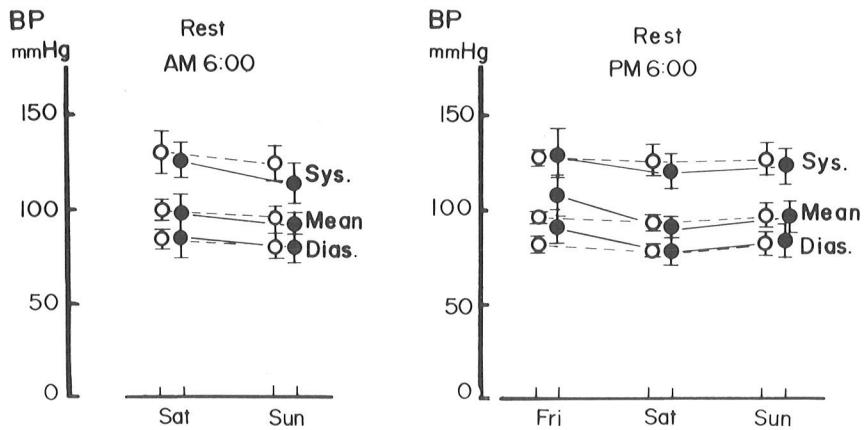


Figure 4. Average systolic, diastolic and mean blood pressure at rest on the identical time during experimental periods for the group I (O) and II (●).

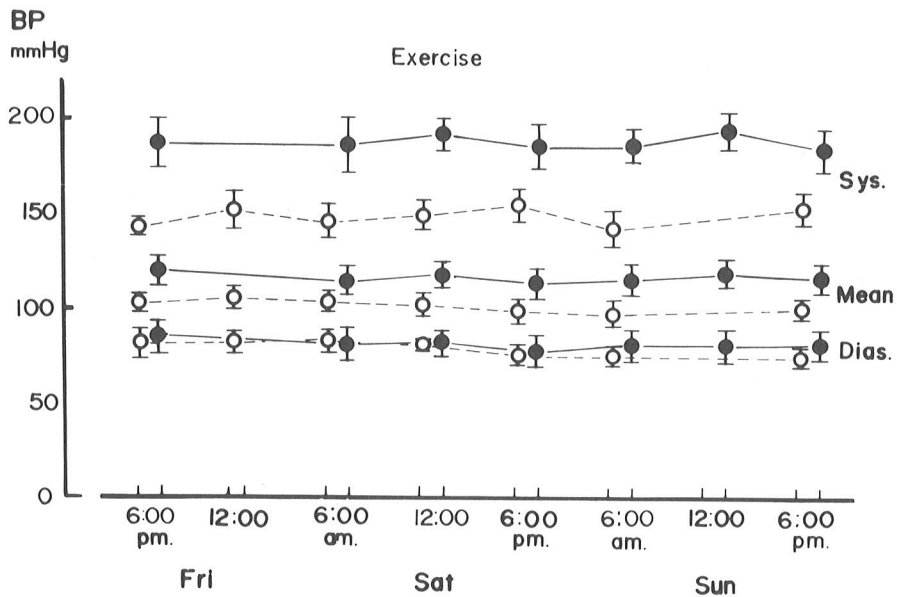


Figure 5. Changes in average systolic, diastolic and mean blood pressure during standardized work through experimental periods in the group I (O) and II (●). Vertical bars indicate mean  $\pm$  1SD.

後低下する傾向のものがみられた(図1,2), 3日間を通してみると, 断眠後 (Sat) の作業において, 作業後半の最高血圧が低下する傾向のものが多く

なった。

作業開始10分の血圧について, 3日間の変動を GI, GII ごとの平均値であらわすと図5のよう

あった。最低血圧の平均値は、GIとGIIとでは差がみられなかったが、最高及び平均血圧はGIIが高かった。すなわち、GIの最高血圧の平均は、143～156 mmHgの範囲で、GIIのそれは、185～195 mmHgの変動を示した。平均血圧は、GIの平均が98～106 mmHg、GIIの平均が114～120 mmHgの範囲の変動であった。

GIIの最高・平均血圧は、朝(AM 6:00)から昼(12:00)に高くなり、夕刻(PM 6:00)に低下する傾向がみられたが、GIではこの傾向はみられなかった。最高血圧は、朝よりも夕刻で高くなる傾向であった。

作業時血圧について、3日間のAM 6:00とPM 6:00とについて比較整理すると図6のようになった。断眠後(Sat)と睡眠後(Sun)のAM 6:00

についてみると、睡眠後の最高・平均血圧が、GIでは有意( $P < 0.025$ )の低下を示したが、GIIは、逆に上昇する傾向を示した。しかし、GIIの上昇は有意なものではなかった( $P > 0.05$ )。

PM 6:00の運動時血圧は、平均血圧と最低血圧が、断眠前(Fri)から断眠後(Sat)に低下し、睡眠後(Sun)に再び断眠前の値に近づく凹型の傾向を示した。これは、安静時の傾向と類似のものであった。しかし、最高血圧については、GIが断眠後に最も高くなったが、GIIは、断眠前が最も高くなり、以後低下の傾向を示した。このうち、GIIの平均及び最低血圧は、断眠前に比べて断眠後が有意に低いものであった。しかし、断眠後(Sat)から睡眠後(Sun)に上昇したのものについては有意ではなかった。

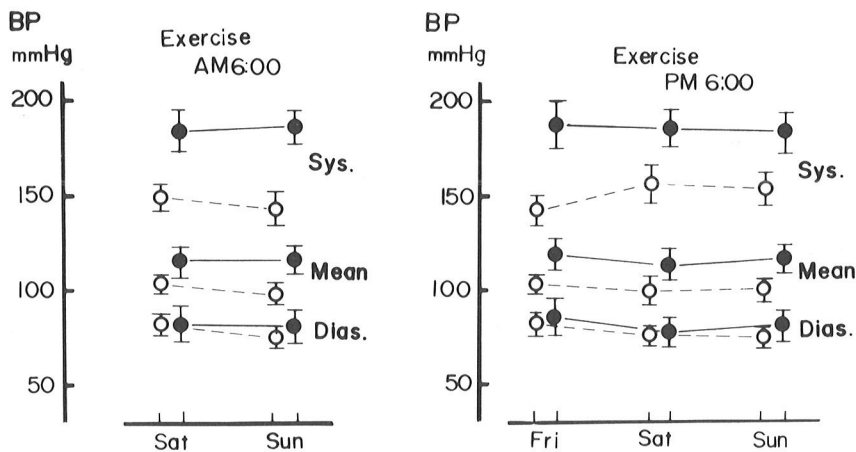


Figure 6. Average systolic, diastolic and mean blood pressure during standardized submaximal work on the identical time through experimental periods for the group I (○) and II (●). Vertical bars indicate mean  $\pm$  1SD.

#### 4. 考 察

実験初日のPM 6:00の安静血圧は、最低が70～118 mmHg、であり、最高が104～186 mmHgの範囲であった。したがって、血圧値の面からは、正常者及び高血圧症に属する被検者群であった。

安静血圧が拍出量と末梢循環抵抗とによって決

まることから(真島 1974)<sup>12)</sup>、断眠後の血圧が睡眠後に比べて有意に高かったことは、拍出量の増加又は末梢循環抵抗の増大があったものといえよう。しかしながらいずれも安静状態で測定していることから、拍出量については、各測定時で大きな差はないものと考えられる。したがって、断眠後の血圧上昇は末梢循環抵抗の増大によるもの

と推察される。Opstadら<sup>14)</sup>(1980)は、断眠と運動ストレスが血中のノルアドレナリンやアドレナリンを増加させることを報告していることから、断眠により血中の交感神経ホルモンが増加し、これにより細動脈緊張が通常の状態よりも高まったことが考えられる。しかしながら、この点については今回の実験において明らかにはされなかった。いま一つは、血液性状の変化による末梢循環抵抗の増大が推測される。すなわち、GIIにおいて、断眠後のAM6:00の血液水分量の平均値は差がみられなかったが、ヘマトクリット値は断眠後の方が高かった。また、血中総蛋白が断眠後に大きく低下したことから、断眠後の血液粘稠度(Burton 1965)<sup>4)</sup>と透過性が低下(ÅstrandとRodahl 1970)<sup>3)</sup>したことにより末梢循環抵抗が高まったと考えられる。

PM6:00の安静時平均血圧は、断眠後の方が断眠前よりも低くかった。これは、断眠前において、これから断眠に入るという情緒的不安感情を引き起し、通常より血圧を高くしたためとも考えられよう。しかし、有意ではないが、睡眠後に比べても断眠後の平均・最低血圧が低いことから、断眠のストレスが影響しているものと考えられる。ÅstrandとRodahl(1970)<sup>3)</sup>は、血液の粘稠度はすばやく変るものではないが、末梢循環抵抗の変化に大きな作用を与えている。GIIの被検者のヘマトクリットの平均は、3日間のうち断眠後のPM6:00が最低値に近い値を示し、血液水分量が最高値であったことから、血液の物理的な性状変化による粘稠度の低下(Burton 1965)<sup>4)</sup>が、断眠後の血圧低下の一つの原因としてあげられよう。

作業時血圧についてÅstrand *et al.* (1965)<sup>2)</sup>は、自転車作業時の血圧が作業負荷の増大にともない直線的に増加することを報告しており、本実験の作業時血圧の平均が、GIよりGIIで高かったのは、作業負荷がGIよりもGIIで高かったことがその原因と考えられる。

一定負荷作業時の血圧は定状態を保つといわれる(Åstrand 1965, Denolin *et al.* 1966)が、GIIの被検者TY, SY, HM, SAの最高及び

平均血圧は、作業10分以後低下する傾向がみられた。これは、作業による体温の上昇が原因とも考えられる(IngranとMount 1975)<sup>8)</sup>が、DenolinとMallion(1977)<sup>5)</sup>は、作業負荷がある閾値を越えると最高血圧が上昇せず、むしろ低下し、その時点で作業の継続が困難になることを示すものであるとしている。今回のこの4人の作業負荷は、約80%  $\dot{V}O_2$  max 前後であったが、DenolinとMallion<sup>5)</sup>らの結果からみて、各被検者が継続できる作業負荷の限界に近かったことを示したのではないかと考えられる。さらに、断眠後(Sat)の作業では、10分以後の血圧低下が著しいことから、断眠ストレスがこれらの被検者の負荷強度を断眠前又は睡眠後に比べて相対的に高くしたことを暗示するものである。

AM6:00の作業時血圧は、GIは断眠後高く、睡眠後低下する傾向であったが、GIIでは、逆に睡眠後高くなる傾向であった。このようにGIとGIIとでAM6:00の作業時の血圧応答に差異が生じた原因として、GIのように軽い作業では、循環系の適応が安静と同様に血液性状や自律神経系の反応応答に主として影響されるが、高い作業負荷では、骨格筋の受容器や代謝産物による血圧調整が優勢になった(LonghurstとMitchell 1979)<sup>11)</sup>ためと思われる。

実験期間のPM6:00の作業時血圧を比較すると、GI・GIIともに断眠後の平均、最低血圧が最も低くなり、安静時の場合と同じ傾向であった。作業時の酸素摂取量は、3日間でほとんど差がみられなかったことから、断眠前、後のPM6:00の拍出量に差がないものと考えられる。したがって、この血圧低下の現象は、末梢血管抵抗の低下によるものといえよう。すなわち、安静時血圧と同様にヘマトクリットの減少と体温上昇による血液粘稠度の低下がその一つの原因であろう。さらに、作業が末梢血管拡張に作用すると考えられる炭酸ガス、乳酸、カリウム、リンなどの代謝産物(Hudlická 1977)<sup>7)</sup>や交感神経興奮性の低下などが血管平滑筋のトーンスを低下させたとも考えられる。

しかしながら、効率的な血液循環には適度の血圧値が必要である(ÅstrandとRodahl 1970)<sup>3)</sup>と

いわれることから、断眠後の作業で血圧の低下を示したことが、運動ストレスに対する適切な循環系の適応反応であるかどうかは、今後究明されるべき課題であるといえよう。

#### 参 考 文 献

- 1) Åstrand, I.: Blood pressure during physical work in group of 221 women and men 48–63 years old. *Acta Med. Scand.* **41** : 178–185, 1965.
- 2) Åstrand, P-O., B. Ekblom, R. Messin, B. Saltin and J. Stenberg: Intra-Arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J. Appl. Physiol.* **20** : 253–256, 1965.
- 3) Åstrand, P-O. and K. Rodahl: Textbook of work physiology. McGraw Hill Book Company, New York, 1970.
- 4) Burton, A. C.: Hemodynamics and physics of the circulation, In *Physiology and Biophysics*, Eds. T. C. Ruch and H. D. Patton, pp.523–542, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1965.
- 5) Denolin, H. and J. Mallion: Hypertention and exercise. *Medicine Sport*, **10** : 97–117, Karger, Basel, 1977.
- 6) Halberg, F., Nelson, W., Doe, R., Bartter, F. C. and Reinberg, A.: Chronobiologie. *J. E. T.*, Nov.–Dec. 1969, **No. 6** : 311–318, 1969.
- 7) Hüdlická, O., Effect of training on macro- and micro-circulatory changes in exercise, In *Exercise and Sports Science Reviews*, Ed. R. S. Hutton, Journal Publishing Affiliates, Santa Berbera, California, 1977.
- 8) Ingran, D. L. and L. E. Mount: Man and animals in hot environments, pp. 64–81, Springer-Verlag Berlin, 1975.
- 9) Karlefors, T.: Hemodynamic studies in male diabetics. *Acta Med, Scand.* **81**, Suppl. 449, 1966.
- 10) Littler, W. A., M. J. West, A.J. Honour and P. Sleight: The variability of arterial pressure. *Am. Heart J.* **95** : 180–186, 1978.
- 11) Longhurst, J. C. and J. H. Mitchell: Reflex control of the circulation by afferents from skeletal muscle, In *International Review of Physiology. Cardiovascular Physiology III*, **18** : 125–148, Eds. A. C. Guyton and D. B. Young, University Park-Press Baltimore, 1979.
- 12) 真島英信, 生理学. 文光堂, 1974.
- 13) 増山善明, 血圧の生理と高血圧. 宮尾定信編, 生活と血圧 pp.1–20, 医歯薬出版株式会社, 1978.
- 14) Opstad, P. K., A. Aakvaag and T. O. Rognum: Altered hormonal response to short-term bicycle exercise in young men after prolonged physical strain, caroric deficit, and sleep deprivation. *Eur. J. Appl. Physiol.* **45** : 51–62, 1980.

(1982年3月10日受付)

