

断眠が血液の物理的組成に 及ぼす影響

Effect of Sleep Deprivation on Physical Composition of Blood

山本 親^{*1} 近藤 孝晴^{*2}
宮村 実晴^{*2} 松井 秀治^{*2}

Chikashi YAMAMOTO^{*1}, Takaharu KONDO^{*2}, Miharuru MIYAMURA^{*2}
and Hideji MATSUI^{*2}

This study was under-taken to elucidate the effects of overnight sleep deprivation on the physical composition of blood and to examine the inductive factors of cardiovascular disease.

The subjects were healthy 24 men over 30 years old. They sat up all night with playing mahjong from Friday evening to Saturday morning, but they slept at Saturday night. For experimental group submaximal exercise was conducted using bicycle ergometer. In order to determine hematocrit, hemoglobin concentration, water volume in the blood, red blood cell and white blood cell before and after exercise, blood sample was drawn from antecubital vein 10 or 12 times for 3 days.

It was observed in this study that: 1) Hematocrit increased after exercise, but it decreased gradually during the experimental periods. 2) Hemoglobin concentration, red blood cell, and white blood cell increased significantly after exercise as compared with those at rest. The effects of overnight sleep deprivation on those parameters were not recognized. 3) Water volume in the blood decreased after exercise and it had tendency to increase in the morning. However, obvious effects of overnight sleep deprivation could not be seen.

From these results, it was suggested that effect of overnight sleep deprivation on hematocrit might have any influences on heart and/or cardiovascular functions.

ヒトのからだは外界の変化に応じて、その環境に適応できるように、体内の様々な調節機能が動員され、生体を安定した状態に維持しようと努める。すなわち、生体は気温、気圧、湿度といった外界のあらゆる事象が変化した時や、運動を行った場合にもその内部環境を一定に保とうとする機序がよく発達していることが知られている。

断眠という生活様式の変化においても同様で、普通の日常生活においては、睡眠は疲労回復の面からみて重要な意味を持つ。しかし、何らかの理由により、時には睡眠時間になっても睡眠するこ

とができない場合もありうる。これまで断眠が長時間続くと、眼瞼が重くなり 注意力が減退し、疲労感がでてくることが報告されている¹⁴⁾。これは、生体の様々な機能の変化によるものと思われるが、断眠が、血液の物理的組成にどのような影響を及ぼすかは、十分明らかにされていない。本研究では、一夜だけの徹夜作軽作業が血液の物理的組成にどのような変化を及ぼすかを明らかにすると共に、これらの変化が、心臓疾患の誘発要因とどのような関係を有するかについても検討しようとした。

*1 名古屋学院大学 *2 名古屋大学総合保健体育科学センター

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

Table 1. Characteristics of Subjects

		Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_2$ max. (l/min.)	$\dot{V}O_2$ max. per Body Weight (ml/kg/min.)
1979 Exp. Group	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
1980 Exp. Group	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
Control Group	S.I*	49	163.0	60.0	—	—
	K.M*	37	170.0	58.0	—	—
	S.S*	52	156.0	50.0	—	—
	N.T*	35	176.0	63.0	—	—
	I.O	37	166.0	60.0	—	—
	S.K	51	170.2	70.0	—	—
	M.H	39	170.0	61.0	—	—
	Y.I	51	163.0	50.0	—	—

* The subjects participated in the former experiment in each year.

実験方法

被験者は、N大学に勤務する30才以上の中・高年の職員、延べ24名である。(Table 1.)24名のうち、1979年では、実験群8名、1980年では、実験群8名、コントロール群8名とした。

実験は、両年とも、金曜日の夕方に開始し、金曜日から土曜日にかけて徹夜し、土曜日から日曜にかけては、睡眠をとり、日曜日の夕方に実験を終了した。

実験の概要は Fig. 1. に示した通りである。まず被験者は、金曜日の平常の勤務を終えてから実験に参加した。金曜日から土曜日にかけて徹夜した後、

土曜日は、各々の勤務場所において平常通りの半日勤務を終えたのち、再び実験に参加した。土曜日から日曜にかけて睡眠をとり、日曜日は、各被験者とも夕方まで休息した。食事に関しては、検者の用意したものを取り、飲み物に関しては、アルコール類を除いては、特に制限を加えず、自由摂取とした。

実験環境は、空調の完備した部屋を用い、室内の気温は $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、湿度は $60 \pm 10\%$ にコントロールした。断眠中は、軽作業として麻雀を行わせた。

各被験者に対し、1979年では、朝、夕、計5回、1980年では、土曜日の昼を加えて、計6回、自転

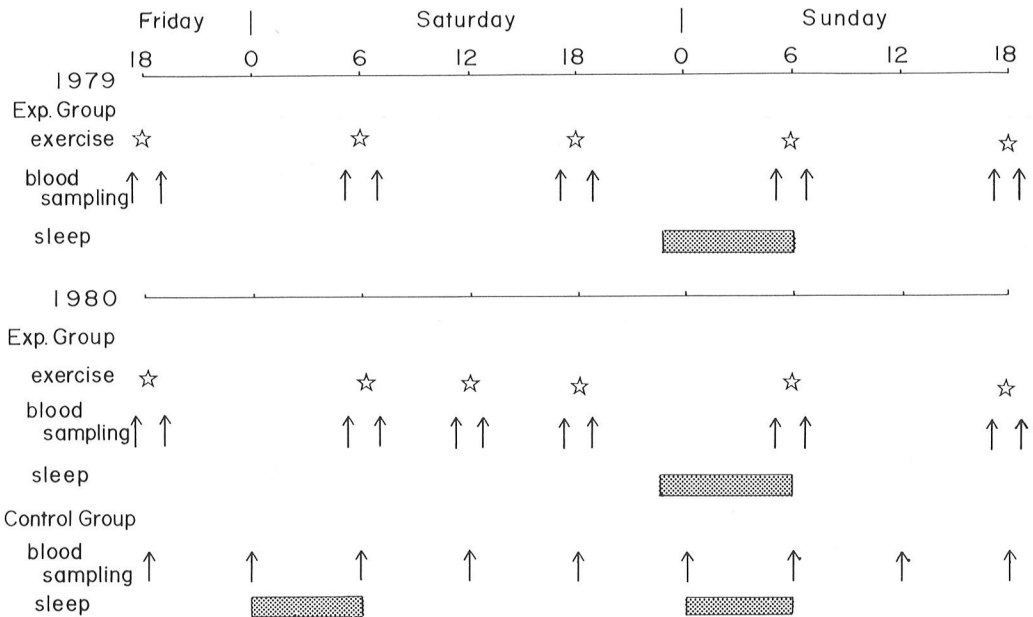


Figure 1. Experimental Protocol

車エルゴメーターを用いて、毎分50回転で20分間の運動を行わせたが、1979年と、1980年の運動強度は、各々最大酸素摂取量の40~60%と70~80%とした。

ヘマトクリット、赤血球数、ヘモグロビン濃度、血液水分量、白血球数を測定するため、前腕肘静脈より、約5 ml採血した。採血時間は、実験群では、各運動時の前・後、コントロール群は、6時間おきの計9回とした。1979年では、ヘマトクリット、ヘモグロビン、1980年では、この他に、血液水分量、赤血球および白血球数を測定した。

ヘマトクリットは、高速遠心マイクロヘマトクリット法、ヘモグロビンは、シアンメトヘモグロビン法、赤血球および白血球数は、自動血球計数器を用いて測定した。また、血液水分量は、乾燥器(120°)に入れる前後の、約0.1mlの血液を自動天秤を用いて重量を測定し、その重量差から算出した。

結 果

(1) ヘマトクリット(Ht)

(Fig. 2 ~ Fig. 6)

1979年では、1名を除いて全体として、徹夜あけの朝に低い値を示し、その後、夕刻にかけ一過性に上昇したものの、金曜の夕刻(47.2%)よりもやや低い値を示した。また運動後においては、最大酸素摂取量を測定した時に比べ、その増加の割合は低いものの、ほとんどの場合において上昇を示した。

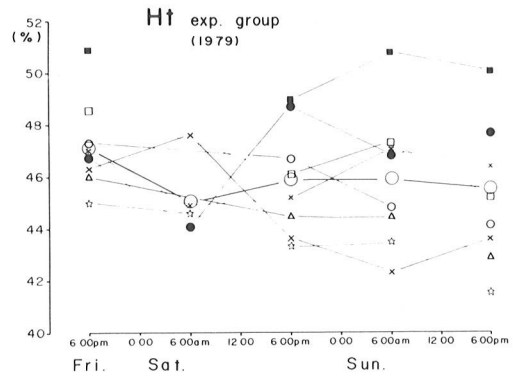


Figure 2. Changes of Hematocrit (Ht) in the experimental group (1979).

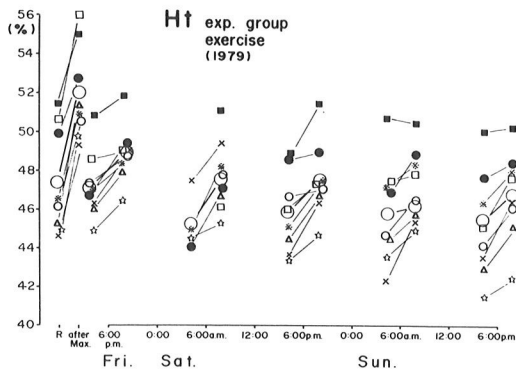


Figure 3. Changes of Hematocrit (Ht) before and after exercise (1979).

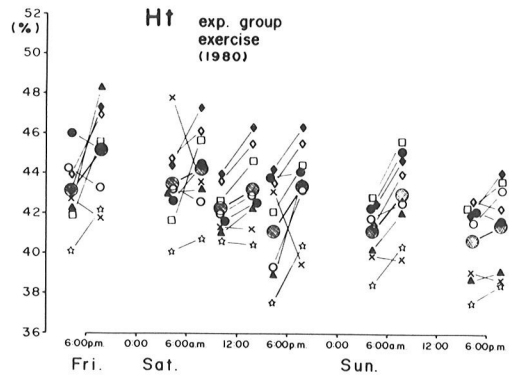


Figure 6. Changes of Hematocrit before and after exercise (1980).

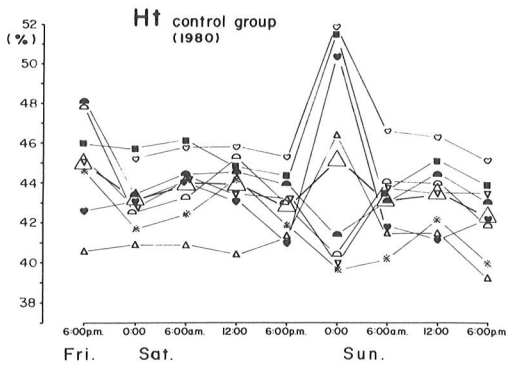


Figure 4. Changes of Hematocrit (Ht) in the control group (1980).

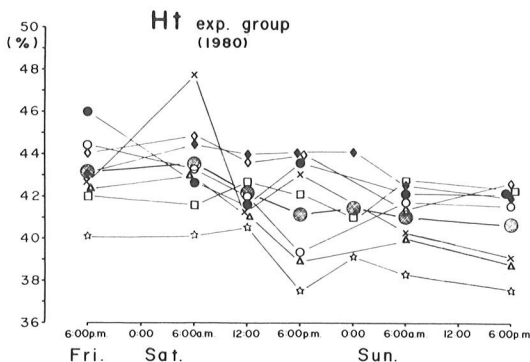


Figure 5. Changes of Hematocrit (Ht) in the experimental group (1980).

1980年においては、コントロール群は、金曜の夕刻で44.9%、その後、土曜の深夜において、前半のグループと後半のグループがまったく逆の傾向を示したほかは、大きな変動はなかった。実験群においては、1979年の場合とやや異なり、徹夜あけの値がやや上昇したが、その後、全体として下降し、1979年と類似した傾向を示した。運動後においては、多くの場合上昇を示しているが、下降した例もいくつか認められた。

本実験では、両年とも実験群における安静時のHtは、断眠した翌日の睡眠によっても増加する傾向が認められなかった。

(2) ヘモグロビン濃度(Hb)

(Fig. 7 ~ Fig. 11)

1979年では、金曜の夕刻で、16.2g/dl、徹夜あけの朝で、16.4g/dlと大きな変動はなかった。軽運動の前後では、運動後、ほとんどの場合において上昇を示した。なお、最大酸素摂取量測定における運動後のヘモグロビン濃度の上昇は、軽運動終了時と比べ大であった。この傾向は、先のヘマトクリットの結果と同様であった。

1980年では、コントロール群は、実験開始の金曜の夕刻で14.8g/dl、その後、平均値で1g/dl前後の変動で、日内リズムは認められなかった。一方、実験群では、金曜夕刻で、14.8g/dlとコントロール群と同じ値であったが、土曜の朝から昼に

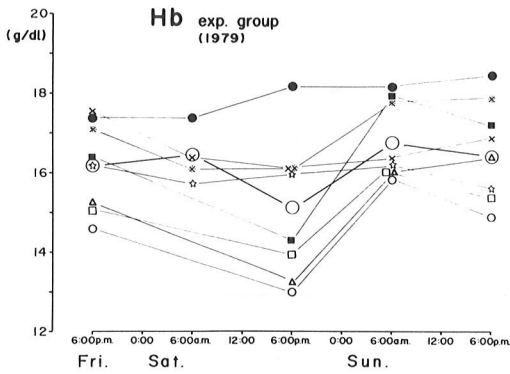


Figure 7. Changes of Hemoglobin (Hb) in the experimental group (1979).

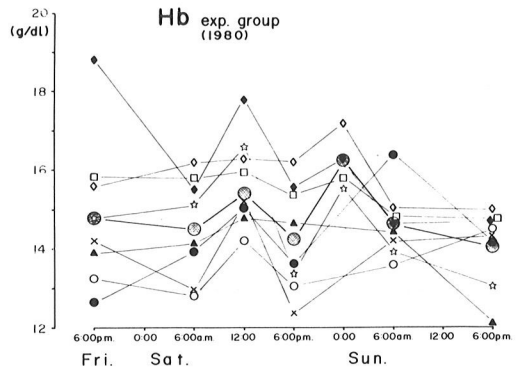


Figure 10. Changes of Hemoglobin (Hb) in the experimental group (1980).

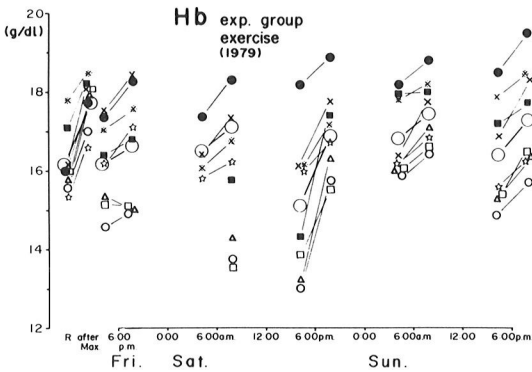


Figure 8. Changes of Hemoglobin (Hb) before and after exercise (1979).

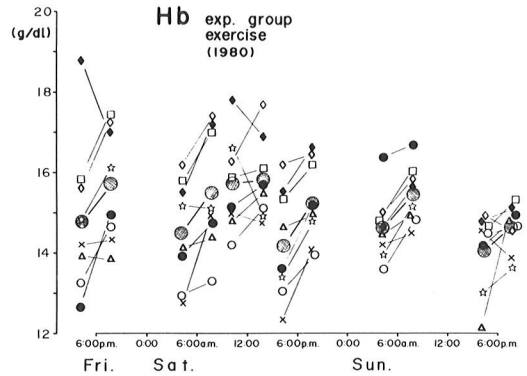


Figure 11. Changes of Hemoglobin (Hb) before and after exercise (1980).

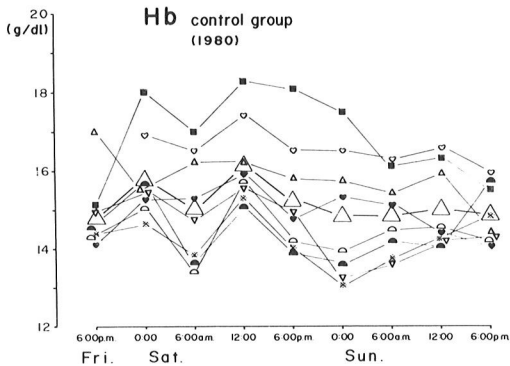


Figure 9. Changes of Hemoglobin (Hb) in the control group (1980).

かけて上昇し、15.7g/dl となり、夕刻にかけて下降する傾向がみられた。

中程度の運動後のヘモグロビン濃度は、ほとんどの被検者において上昇した。

1979年、1980年の両年をとおして、多くの被検者で、土曜の夕刻に低値を示した事が特徴的であった。

(3) 血液水分量 (H₂O)

(Fig. 12 ~ Fig. 14)

コントロール群では、深夜から明け方にかけて上昇し、昼にかけて下降するという日内リズムが認められた。同様の傾向が、採血回数は少ないが、実験群においても認められた。しかし、血液水分

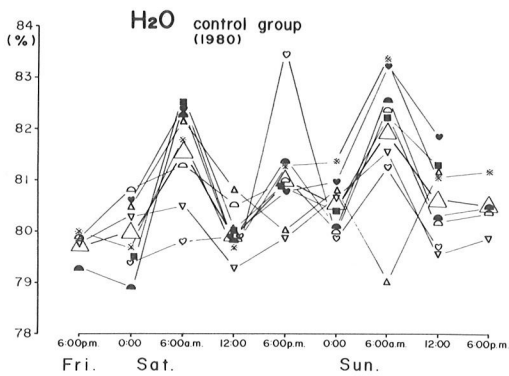


Figure 12. Changes of Blood water content (H₂O) in the control group (1980).

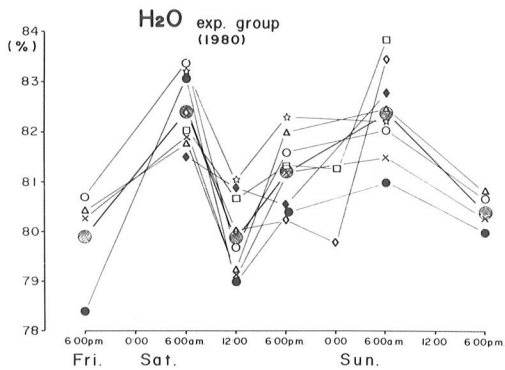


Figure 13. Changes of Blood water content (H₂O) in the experimental group (1980).

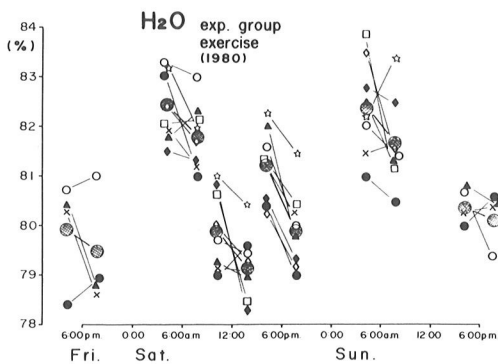


Figure 14. Changes of Blood water content (H₂O) before and after exercise (1980).

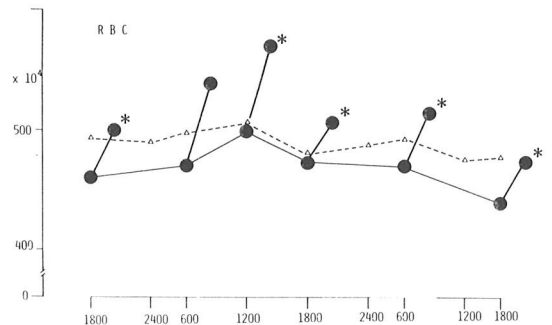


Figure 15. Changes of Red Blood Cell (RBC) in the control group and before and after exercise in the experimental group (1980).

量からみた実験群とコントロール群との間には、特に有意な差は認められなかった。

中等度の運動では、運動前に比べて水分量は、ほとんどの場合下降する傾向を示した。

(4) 赤血球数 (RBC)

Fig. 15 は、実験群 (黒丸印) とコントロール群 (三角印) の RBC の変化を示したものである。

RBC は運動後上昇し ($\Delta RBC = +34 \times 10^4 \sim +86 \times 10^4/mm^3$), 第 2 日 6 時は, $\Delta RBC = +67 \times 10^4 \pm 25 \times 10^4/mm^3$ であり, 有意差がなかったが, 他はすべて有意な上昇であった。RBC と年齢および RBC の日内変動については一定の傾向は認められなかった。

(5) 白血球数 (WBC)

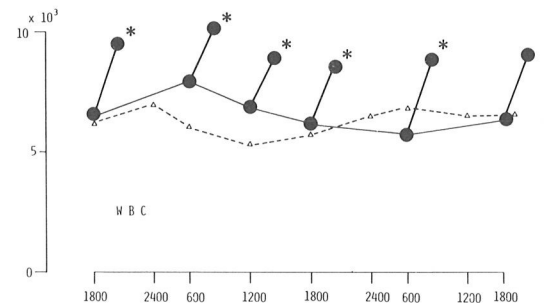


Figure 16. Changes of White Blood Cell (WBC) in the control group and before and after exercise in the experimental group (1980).

Fig. 16 は、実験群（黒丸印）とコントロール群（三角印）の WBC の変化を示したものである。同じく運動後の WBC は上昇し、第 3 日、18 時をのぞいて有意な上昇であった。その程度は、[2300 ~ 3100 の増加であった。WBC と年齢との関係、WBC の日内変動についての一定の傾向は認められなかった。なお、RBC の運動による上昇 (ΔRBC) と WBC の運動による上昇 (ΔWBC) の間には、有意な相関関係はなかった。 (ΔWBC v.s. ΔRBC ; $y = -0.4x + 60.5$, $r = 0.18$, $n = 23$, $p > 0.05$)

考 察

近年、Hagan⁶⁾ らは、仰臥位から座位または立位と姿勢を変化させた時、ヘマトクリット値が大きく変化し、その値が一定になるにはかなりの時間（30分～1時間）が必要であることを報告している。

本実験では、できるだけ同じ座位姿勢で採血したが、各人のヘマトクリットやヘモグロビン濃度に多少のバラツキが認められるのは、姿勢の影響も少し含まれているのかもしれない。また、土曜の深夜に前半の 4 名と後半の 4 名（コントロールグループ：1980年）が、全く逆の変動を示したのは、採血の直前の被検者の状態が、前半のグループでは睡眠をとって、後半のグループでは、睡眠をとっていなかったためと思われる。

全体としてのヘマトクリット、ヘモグロビン濃度の変動は、両群とも日内リズムは認められず、特に実験群においては、ヘマトクリットが減少する傾向が認められた。そしてこの減少は、断眠後における翌日の睡眠によっても回復はしなかった。

赤血球 (RBC)、白血球 (WBC) も日内リズムはなく、断眠による明らかな影響は認められなかった。

黒田^{9,10)} らは、血液水分量は、環境温度の変化とほぼ平行して変動すると述べているが、本実験における血液水分量は、両群とも朝夕多くなり、昼間少なくなるという日内リズムが認められ、ほぼ同様の変動パターンであった。したがって、日内リズムの有無によって断眠の影響に差が生ずるか否かは、今後の研究を待たねばならないが、安

静時におけるヘモグロビン濃度、RBC、WBC と同じ日内リズムの認められないヘマトクリットでは、断眠による影響に差があるように思われる。

一方、運動後のヘマトクリット、ヘモグロビン濃度、赤血球数、白血球数は安静時と比べ増大し、血液水分量は逆に減少することはよく知られている。^{1,4,5,7,13)} これら運動時における血液の物理的組成の変化は、より多くの O₂ を組織へ供給するための適応現象の一つと考えられるが、本実験では運動後のヘマトクリットは増加した。(Fig. 3, 6) この結果は、最大下運動を行わせ、ヘマトクリットの増大を観察した Wilkerson¹⁵⁾ の結果と一致するものである。しかし、Novosadová¹²⁾ や Beaumont^{2,3)} は、最大下運動ではヘマトクリットに明らかな変化が認められなかったと報告している。これらの結果の違いについては、小林⁸⁾ も述べているように、運動と姿勢の影響によるものと思われる。すなわち、採血前に姿勢を考慮に入れたか否かによって運動時の Ht の増加は大きく左右される。

ところで Maron¹¹⁾ は、マラソン走行直後ではヘマトクリットは上昇しているが、レースの翌日には大きく減少し、一週間ほど低い値が持続したと報告している。本実験の断眠は、マラソンのようなストレスと質的な違いはあるが、Fig. 3, 6 で示したように運動後のヘマトクリットは、安静時のそれとほぼ同様に、実験終了時まで減少しつづけた。

これら安静時および運動後のヘマトクリット減少の原因は、血液水分量には断眠の影響が認められないことから、血漿蛋白の減少などが考えられる。さらに断眠の影響が最も顕著に現われると推測される土曜日の 6 時におけるヘモグロビン濃度は、金曜日の同時刻と比べ、1979年、1980年とも低く、特に、1979年の実験群ではより減少した。(Fig. 7) これらの血液の稀釈を代償するため、血圧や心拍数の上昇といった形で心臓、血管系へ影響を及ぼすことが考えられる。

参 考 文 献

- 1) Barcroft, J. & Barcroft, H.: Observations on the

- taking up of carbon monoxide by the hemoglobin in the spleen. *J. Physiol.* **58** : 138—144. 1923.
- 2) Beaumont, W. van., J.E. Greenleaf, and L. Juhos: Disproportional changes in hematocrit, plasma volume, and proteins during exercise and bed rest. *J. Appl. Physiol.* **33(1)** : 55—61. 1972.
 - 3) Beaumont, W. van., J.C. Strand, J.S. Petrofsky, S.G. Hipskind, and J.E. Greenleaf: Changes in total plasma content of electrolytes and proteins with maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* **34(1)** : 102—106. 1973.
 - 4) Broun, G.O.: Blood destruction during exercise. I Blood changes occurring in the course of a single day of exercise. *J. Exper. Med.* **36** : 481—500. 1922.
 - 5) Farris, E.J.: The blood picture of athletes as affected by inter-collegiate sports. *Am. J. Anat.* **72**: 223—257. 1943.
 - 6) Hagan, R.D., F. J. Diaz, and S.M. Horvath: Plasma volume changes with movement to supine and standing positions. *J. Appl. Physiol.* **45(3)** : 414—418. 1978.
 - 7) 井関敏之, 近藤達夫, 三木文雄: 疾走後の血液像に関する研究. *体力科学.* **5** : 276—277. 1956.
 - 8) 小林寛道: 血漿体積の移動と運動姿勢の影響. *東海保健体育科学.* **2** : 47—51. 1980.
 - 9) 黒田喜一郎, 永水義己: 炭鉱坑内環境の血液水分に及ぼす影響. *医学と生物学.* **13(3)** : 204—207. 1948.
 - 10) 黒田喜一郎: 血液水分の研究. 医学書院. 1969, pp. 268—302.
 - 11) Maron, M.B., S.M. Horvath, and J.E. Wilkerson: Blood biochemical alterations during recovery from competitive marathon running. *Eur. J. Appl. Physiol.* **36** : 231—238. 1977.
 - 12) Novosadová, J.: The changes in hematocrit, hemoglobin, plasma volume and proteins during and after different types of exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* **36** : 223—230. 1977.
 - 13) Schneider, E.E. & Havens, L.C.: Changes in the blood after muscular activity and during training. *Am. J. Physiol.* **36** : 239—259. 1915.
 - 14) 渡辺悟: 中枢神経, 医科生理学要綱. 南江堂. 1978. pp. 262—288.
 - 15) Wilkerson, J.E., B. Gutin, and S.M. Horvath: Exercise-induced changes in blood, red cell and plasma volumes in man. *Med. Sci. Sports,* **9(3)** : 155—158. 1977.

(1982年2月10日受付)