

長距離走が血液性状におよぼす影響

中 京 大 学 体 育 学 部

藤 田 公 和

矢 島 慶 子

野 寄 哲 明

田 中 豊 穂

THE EFFECT OF ENDURANCE RUNNING ON CHANGES OF BLOOD CONSTITUENTS

K. FUJITA

K. YAJIMA

T. NOYORI

T. TANAKA

School of Physical Education

Chukyo University

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate the effects of 21-km running on blood constituents and to discuss the endurance work capacity from the view point of hemodynamics.

The subjects were three female university students and two male ones.

Blood constituents, blood pressure and body weight were measured before, during and after 21-km running.

The results were summarized as follows:

- 1) The decrease of body weight due to perspiration was observed in all subjects accompanying running. The difference of body weight between before and after running were 1.05-1.10 kg in females and 1.06-2.05 kg in males.

- 2) There was remarkable hemoconcentration during 21-km running. Resting value in Ht, Hb, whole blood specific gravity, TP were $44.5 \pm 2.4\%$ (mean \pm S.D of five subjects), 14.7 ± 1.0 g/dl, 1.057 ± 0.001 , 7.5 ± 0.3 g/dl, respectively but, after running that values increased to $47.2 \pm 1.8\%$, 15.6 ± 1.0 g/dl, 1.061 ± 0.001 , 8.4 ± 0.2 g/dl, respectively.
- 3) Higher serum enzymes (CPK, LDH, GOT, GPT) activities were observed during and after running compared with before running. Especially, CPK activity showed the highest values after 1 day. The serum enzymes activity observed one day after running in elite distance runner (subject HIM) was, however, almost equal to the value of before running.

諸論

昨今のジョギングブームには目を見張るものがある。老若男女を問わず、自分のペースで手軽に実行でき、それなりの効果が期待されるということから爆発的なブームになったものと考えられる。

全身の持久的なトレーニングが呼吸・循環系諸機能の改善をもたらすことはよく知られている。また、身体トレーニングの効果は一種の身体適応と考えることができる。身体の生理的諸機能はある一定の身体トレーニングの原則に従うならば、加えられた運動負荷に応じた生理的適応をおこす。心拍出量の増加、骨格筋の毛細血管網の拡充等はトレーニングによって生ずる顕著な生理的適応の例である。

血液中の生化学成分は各組織、器官の代謝状態を反映する適切な指標である。したがって、組織、器官に生じた生理的適応を検討するための重要な因子になりうる。伊藤¹⁰⁾たち、Ekblom⁴⁾たちはトレーニングにより最大作業時の血中乳酸値が増加したことを報告している。また、塩田¹³⁾たち、Fowler⁶⁾たち、Gerald⁷⁾たちは運動後の血清逸脱酵素は鍛練者よりも非鍛練者の方が顕著な増加を示すことを報告した。すなわち、長期間のトレーニングにより身体の各組織、器官に生理的適応が生じ、その結果運動を行なった時の血液性状が鍛練者と非鍛練者で異なった特性を示すようになる。

しかしながら、トレーニングに伴う血中生化学成分の変化をただ単に運動適応の結果であるとみなしてよいかどうかは疑問である。例えば運動後にみられる血清逸脱酵素の異常高値、運動性貧血等について未だ生理学的に十分な検討

が加えられていない状態である。

本実験に参加した被検者は5名中4名が運動クラブに所属し、日常的に身体トレーニングを行なっているということで運動負荷として21kmという比較的長時間の作業を行なわせた。したがって本実験の目的は、長距離走を行なわせることにより、血中生化学成分および血圧、体重の変動から、このような運動が生体にどのような影響を与えるのか、あるいは身体の鍛練度と生理的応答がどのような関係にあるかを調べることである。

方法

本実験は1979年12月21日から12月26日、1980年12月24日から12月26日にわたって実施した。

本実験に参加した被検者は中京大学体育学部学生および大学院生、女子3名、男子2名である。被検者の身体特性および走行時間はTable 1に示されている。被検者H I Mは1979年12月

Table 1. Characteristics and running time of subjects.

Name	Sex	Age (yrs.)	Height (cm)	Running Time
HIM	Female	21	162.0	1°45'
NIS	Female	21	164.0	2°00'
YOS	Female	19	156.5	1°55'
FUJ	Male	24	170.0	1°52'
MOR	Male	18	171.0	1°48'

に開催された第1回東京国際女子マラソン大会出場選手であり、その時の記録は3時間17分22秒であった。N I Sは陸上競技部の5種競技の選手であり、東海インカレ2位入賞の実績を有

している。なお、800mの公式記録は2分31秒1である。YOSは卓球部の選手である。彼女はこの年(1979年)東海新人戦ダブルス3位、東海学年別大会シングルス2位の成績を収めている。この3名の被検者は1979年の実験に参加した。被検者FUJは大学院生で、週1~2回、5~10kmの持久走を過去数年間実施していた。

MORは卓球部の選手である。彼はこの年(1979年)に東海新人戦シングルス3位、東海学年別大会シングルス3位の成績を収めている。この2名の被検者は1979年、1980年の2回の実験に参加した。

各被検者は実験開始日の2~3日前に安静および負荷心電図を記録し、同時に血圧も測定した。測定した心電図と血圧に異常所見はみられなかった。

採血は各被検者とも肘静脈から行なった。血中成分の分析項目と測定法はTable 2に示されている。被検者HIMとNISは12月21日、22日、

23日に早朝練習を行なっていたため、採血日および採血時間は次のように設定した。21km走行日の2日前午前11時、1日前午前11時、走行当日午前11時、走行中の6km地点、12km地点、ゴール直後、ゴール後30分、ゴール後3時間、ゴール後6時間、走行1日後午前8時(朝食前、以下同様)、2日後午前8時、3日後午前8時。一方、1980年の実験は被検者2名であったが採血は次のように行なった。走行1日前午前7時、走行当日午前7時、走行中の6km地点、ゴール直後、ゴール後6時間、走行1日後午前7時、走行2日後午前7時。1979年の実験では採血回数が多いため、時間により血液成分の測定項目を減らし採血量を調節した。

長距離走の走行コースは中京大学豊田校舎周辺、距離は21kmとした。スタート前に各被検者に対し、各自のペースで完走することを一応の目標とするよう注意を与えた。また、走行中の6km、12km地点で自由に水分を補給できるよう、

Table 2. Determined items, methods and normal ranges in blood constituents. Normal range used values of KAMO hospital. (F) and (M) mean female and male respectively.

Determined items	Methods	Normal range
Blood Sugar	o-Toluidin Boric	65-105 mg/dl
Blood Lactate	Enzymatic	(6-20) mg/dl
Triglyceride	Enzymatic	50-130 mg/dl
NEFA	Laurell-TAC	0.18-0.48 mEq/l
Total Cholesterol	Enzymatic	120-250 mg/dl
Total Protein	Biuret	6.7-8.5 g/dl
Albumin	Biuret	4.3-5.6 g/dl
Ht	Centrifuge	35-45% (F) 40-53% (M)
Hb	Cyanmethemoglobin	11.5-15.5 g/dl (F) 13.5-17.5 g/dl (M)
Viscosity	Copper Sulfate	
GOT	UV	0-40 K.U
GPT	UV	0-35 K.U
CPK	VD Rate Assay	7-52 U
LDH Total	UV	190-420 U
LDH ₁		18-31%
LDH ₂		27-40%
LDH ₃	Pol E Gelfilm System	20-33%
LDH ₄		3-14%
LDH ₅		1-8%

市販のオレンジジュースを用意し、摂取量を記録した。

21km走行前後で体重を測定した。測定は神戸衡機株式会社製の体重計を用い、各被検者は汗を十分にふきとった後下着のみで体重測定を行なった。

全実験期間中、各被検者に体調、食事内容、睡眠時間、クラブの練習時間等についての調査

を行なった。

走行日の天候は走行中において、1979年が外気温12.0℃、湿度43%の曇天、1980年は外気温11.3℃で曇り後雨であった。

結果

1. 血液濃縮

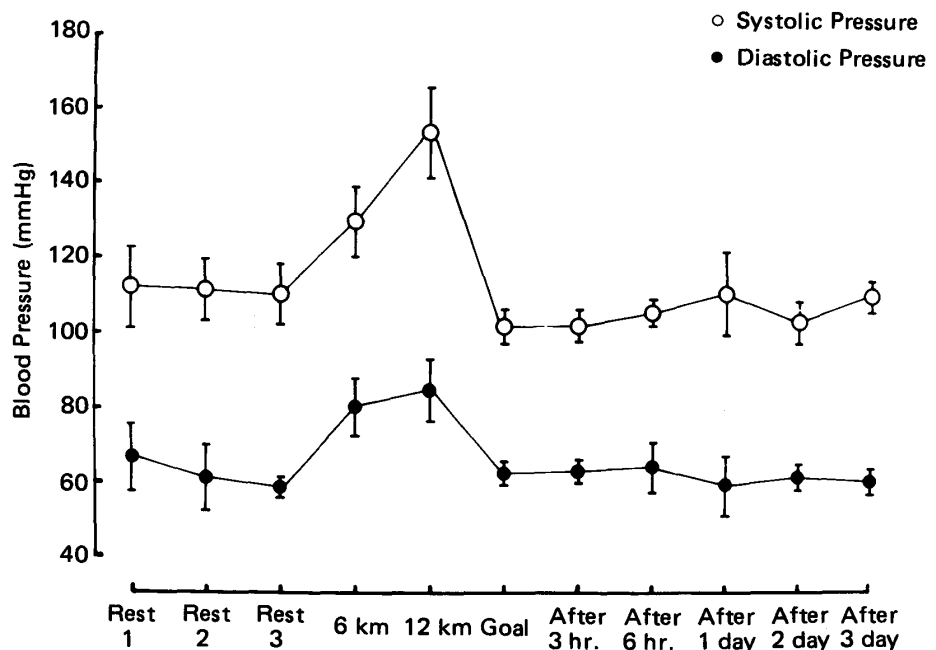
Table 3 は各被検者によって得られた21km走前後の体重の変化を示している。女子3名の平

Table 3. Changes body weight in before and after running

Subj. / Items	Body Weight (before) (kg)	Body Weight (after) (kg)	Decreasing Rate (%)
HIM (F)	47.87	46.77	2.30
NIS (F)	57.50	56.38	1.95
YOS (F)	50.13	49.08	2.09
FUJ (M)	72.20	70.15	2.84
MOR (M)	58.12	57.06	1.82
M (F)	51.83	50.74	2.11
±S.D	4.11	4.10	0.14
(M)	65.16	63.61	2.33
	7.04	6.55	0.51

均体重は走行前に51.83 ± 4.11 (平均値 ± 標準偏差, 以下同様) kg であるものが走行後に50.74 ± 4.10 kg まで減少した。減少率は平均で体重の2.1%に相当する。男子2名の平均では65.16 ± 7.04 kg あった体重が63.61 ± 6.55 kg に減少している。減少率は2.3%であった。FUJを除く他の4名は走行中に全く水分を補給しなかったため、この被検者達の体重の減少は大部分発汗等により身体から失われた水分を示している。但し、FUJは6km地点で100ccの水分を補給し

Fig. 1. Time course of rest, during running and after running of systolic and diastolic pressure. Values indicate mean and standard deviation in five subjects.



たため、走行後の体重から100g減じた値を走行後の体重として取り扱った。

Fig.1 .は安静時, 21km 走行中および走行後の血圧の変化を示している。図は5名の平均と標準偏差を表わしたものである。収縮期, 拡張期血圧とも走行中に増加する傾向がみられ, 12km地点でHIMは168/78mmHg, NISは138/96mmHgまで上昇した。しかし, ゴール直後にはほぼ安静水準にもどっている。

Fig.2. は安静時, 21km 走行中および走行後に血液濃縮の指標として測定した血中諸成分の変化を示している。

Ht (hematocrit), Hb (hemoglobin), 全血比重, TP (total protein) のいずれにおいても走行中およびゴール直後に高値を示す傾向がみられた。また, この傾向はTPにおいて最も顕著であった。5名の被検者において測定項目の全てにほぼ同様の变化傾向がみられたため, 図は5名の平均値と標準偏差を示している。

2. 血清逸脱酵素

Fig.3. は安静時, 走行中および走行後のCPK (creatin phosphokinase), LDH (lactate dehydrogenase), Fig.4. はGOT (glutamate oxaloacetate transaminase), GPT (glutamate pyruvate transaminase) の変化を示している。血清中のCPKは走行1日後の朝に最も高値を示し, その後徐々に減少する傾向がみられた。しかしHIMは21km走行にもかかわらずCPK値は安静時とほぼ同一水準を維持した。LDHは走

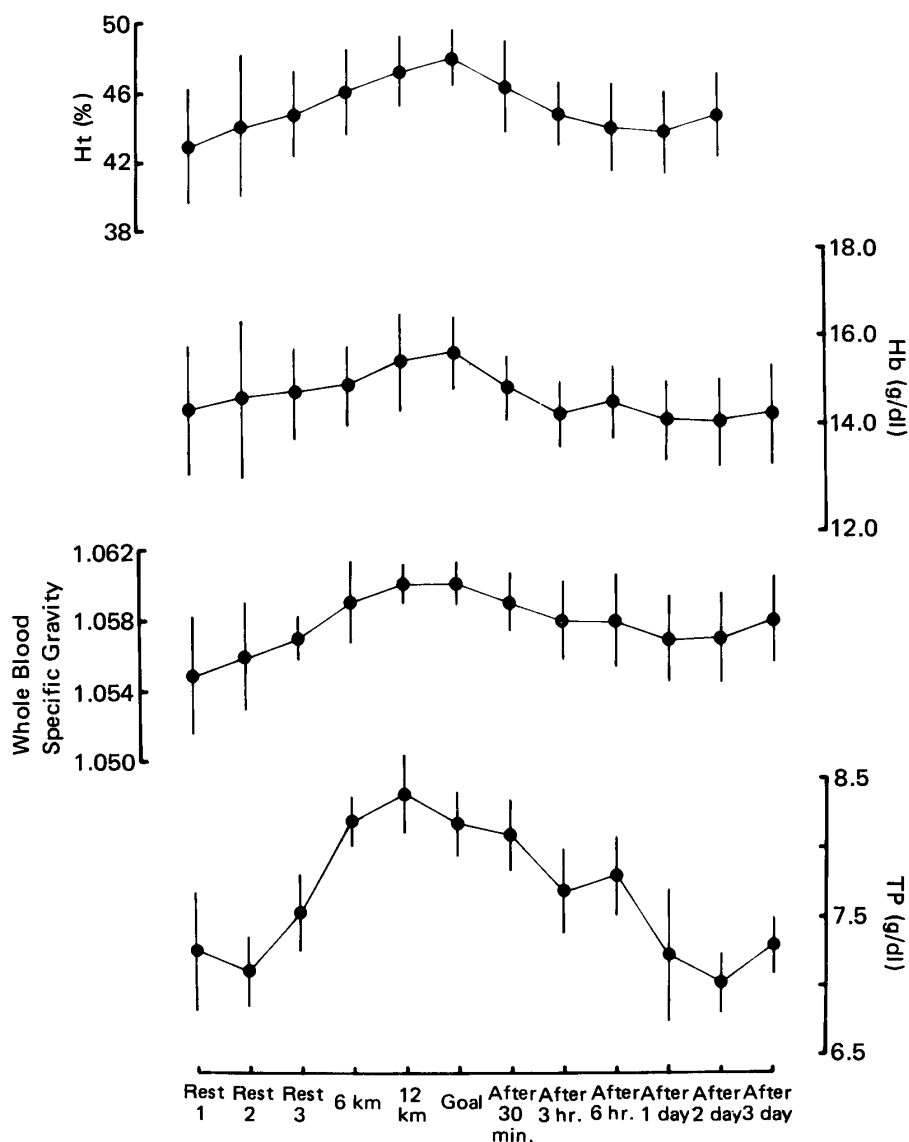


Fig. 2. Time course of rest, during running and after running of Ht, Hb, specific gravity and TP. Values indicate mean and standard deviations in five subjects.

行中ないしゴール直後に高値を示す傾向がみられた。GOTは走行1日後に安静値より高くなった被検者が3名であり, 他の2名の被検者はほぼ同じ水準か逆に低値を示した。GPTについては顕著な変化はみられなかった。

Fig.5. はFUJのLDH isoenzyme 活性の変化を示したものである。Total LDH量に占めるLDH₁, LDH₂, LDH₃, LDH₄の比率は大きな変動を示さないが, 走行に伴ない骨格筋, 肝臓由来であるLDH₅が増加し, ゴール直後では安静時の2倍程度まで増加している。これは運動により主として骨格筋のLDH活性が著しく増加したことを示している。

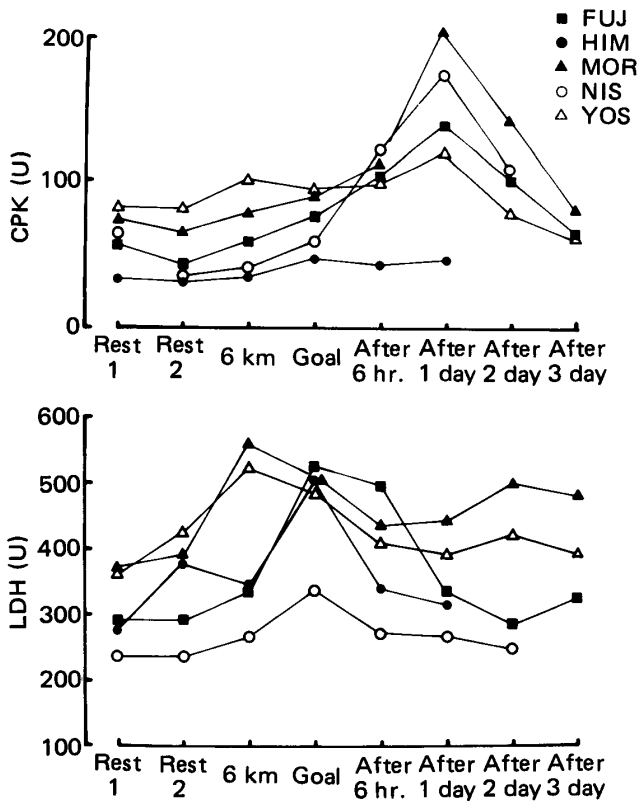


Fig. 3. Time course of rest, during running and after running of CPK and LDH in five subjects.

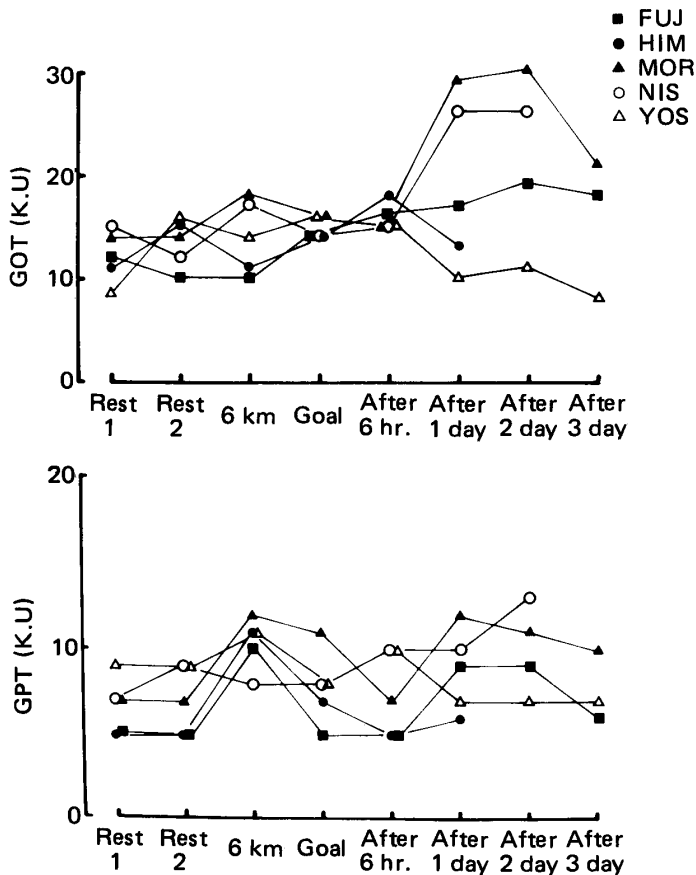


Fig. 4 Time course of rest, during running and after running of GOT and GPT activity in five subjects.

Fig. 6. は FUJ と MOR について 1979 年, 1980 年の 2 回の実験で得られた CPK と LDH 活性を表わしている。被検者が 2 名であるため詳細な考察は困難であるが, MOR は 1 年前と同じ 21km という作業負荷に対し低い CPK の逸脱がみられた。一方, FUJ については 1979 年, 1980 年ではほぼ同一水準の値が得られた。また, 2 日後の高値は 1 日後の午後 8 km 走ったためのリバウンド現象であると考えられる (FUJ は 1980 年には週 4 回の定期的な持久的トレーニングを行っていた。走行距離は週にほぼ 20 ~ 30km であった)。LDH 活性についてはほぼ同一水準か, やや 1980 年の方が低くなる傾向がみられた。

3. エネルギー源および乳酸

長距離走中のエネルギー源として最初は主にグリコーゲンが使われるが, 貯蔵グリコーゲンが枯渇すると次にエネルギー源として脂肪が利用される。

Fig. 7. は安静時, 21km 走行中および走行後の TG (triglycerides), NEFA (non esterified fatty acid), Glucose を示している。TG の変化について 21 km 走の影響はみられなかった。HIM, YOS は走行前後でほぼ同じ水準の値を示したが MOR, NIS は実験期間中徐々に減少, 逆に FUJ は徐々に増加する傾向を示した。血清中の NEFA は走行開始により急激な増加を示し, ゴール直後まで高値を維持した。6 km 地点では女子 3 名の値が男子より高いが男子 2 名はその後増加する傾向がみられた。Glucose は 1 名を除いて走行中よりもゴール直後に低値を示す傾向がみられた。走行中の高血糖値は主として肝臓からのグリコーゲンの動員によるものである。しかし, HIM と NIS は走行中比較的高値を示したが他の 3 名の被検者は特に著しい増加はみられなかった。ゴール後 6 時間の高値は午後 7 時頃に

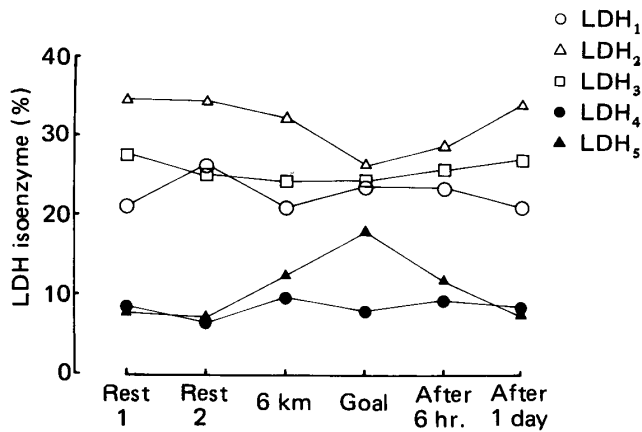


Fig. 5 Time course of rest, during running and after running of LDH isoenzyme activity. This figure shows result obtained from subject FUJ.

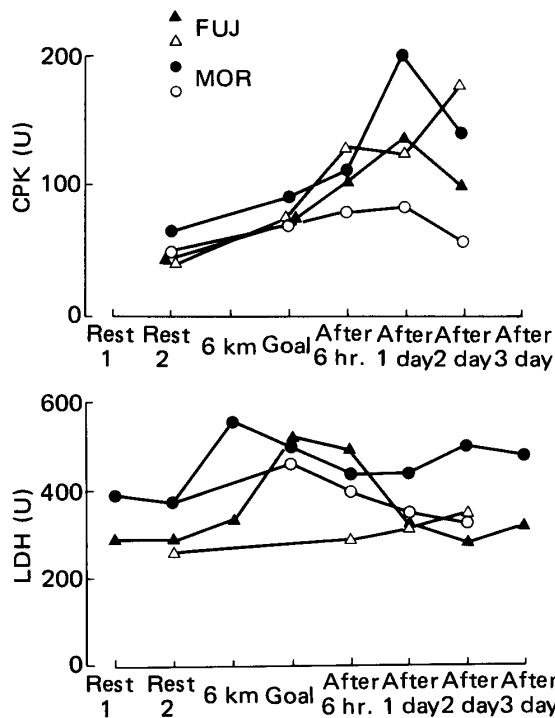


Fig. 6. Comparison of 1979 (solid symbols) and 1980 (open symbols) in CPK and LDH activity. Subjects are two, FUJ and MOR.

摂った食事の影響と思われる。

Fig. 8. は血中乳酸の変動を示している。いずれの被検者についても走行中およびゴール直後に最も高い値を示している。5名の被検者のうち最も高い値を示したのはHIMのゴール直後で33.6mg/dlであった。一方 MOR のゴール直後の値は安静時の正常範囲の上限値を脱していない。5名のピーク値の平均は25.0mg/dlであった。また、走行タイムと乳酸値の間に相関はみ

られなかった。

論議

1. 血液濃縮

長時間の身体運動において、主として発汗による血液濃縮がおこることはよく知られている。発汗量は気温、湿度、風の有無等によりかなり異なる。1979年12月12日の第1回東京国際女子マラソン大会³⁾ (以下、国際女子マラソンと略記) では、気温11.0℃~13.5℃の条件下で平均1.78kgの体重減を示し、これはレース前の体重の3.50%に相当すると報告されている。Åstrand たち¹⁾ は85kmのクロスカントリースキーで3.9kgの体重減(全体重の5.5%に相当)がみられ、この時の外気温は0℃ないしそれ以下であったと述べている。また、Colt たち²⁾ は10マイル走で1.6kg(体重の2.3%に相当)の体重減少がみられたと述べている。

本実験の結果では、走行距離21km、外気温12℃、湿度43%の条件下で平均1.28kg(体重の2.20%に相当)の体重減少がみられた。国際女子マラソンでは、走行前後の体重変化は摂取水分量を計算しない水負債であるため本実験の結果と直接比較することはできない。また、男子より女子の方が走行中の発汗量が少ないという報告も³⁾、本実験では被検者数が少ないので

論議できない。

しかしながら、発汗により起こる生理的变化が持久的作業能に影響をおよぼすことは従来の報告からも明白である。Moroff たちは30名の被検者に対して3.5マイル毎時のスピードのトレッドミルで90分間の歩行運動を行なわせた。1回目の実験は歩行前に2,000mlの水を摂取した状態、2回目は歩行前に水を摂取しない状態で作業を行ない、両方の歩行中に更に1,200mlの水

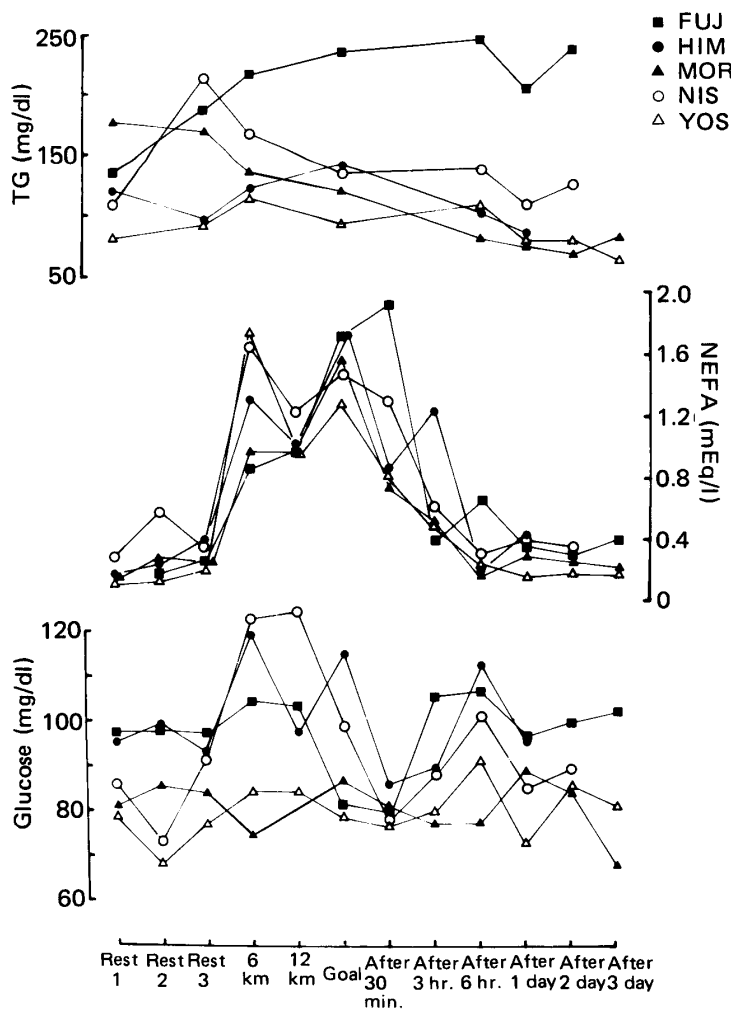


Fig. 7. Time course of rest, during running and after running of TG, NEFA and Glucose in five subjects.

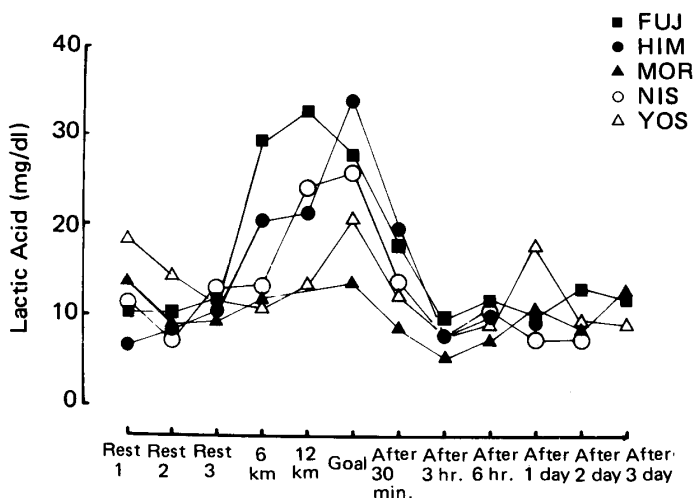


Fig. 8. Time course of rest, during running and after running of lactic acid in five subjects.

分を補給した時の直腸温と心拍数について比較を行なった。その時の室温は49°Cであった。その結果、直腸温と心拍数の増加率は歩行前に水を摂取しなかった作業の方が高くなったことを報告している。

本実験において、走行後に1.28 kg (5名の平均)の体重減少がみられた。体重の8%を全血液量として考えた場合、5名の被検者の血液量は平均4.57kgになる。一方Htの変動をみると走行前44.61±2.40%であったものが走行後には47.17±1.76%まで増加している。すなわち、血液中の水分量は平均2.56%減少したにすぎない。この値に全血液量を乗ずると0.12kgの減少になる。したがって、走行に伴う発汗等による水分減少は皮膚及び皮膚と血管との間に存在する組織の水分、あるいはリンパ液が減少しその結果血液濃縮が生ずるものと考えられる。

2. 血清逸脱酵素

筋作業後にみられる血清CPK活性の高値については多くの報告がなされている。

塩田¹³⁾たちは5,000m走前後の血中生化学成分を測定し、CPK値は走行1日後に最も高値を示すことを報告した。一方、堀居⁸⁾たちは自転車エルゴメーターを用い130名の被検者に540と1,080 kpmの負荷で20分間の作業を行なわせた。その結果、CPKのpeak値は運動直後ないし運動終了後数分以内であったと述べている。本実験で得られた結果は塩田¹³⁾と同様、走行1日後に最も高値を示した。これは運動強度および時間等の影響により組織から血中への逸脱、蓄積時間が決定されるものと思われる。

LDHもCPKと同様、筋作業中ないし筋作業終了後に増加傾向を示す酵素である。しかしCPKとは異なり21km走行終了直後に最も高値を示す傾向がみられた。これはFowlerたちの報告⁶⁾とほぼ同様の結果であった。LDHの5種類のisoenzymeのうちLDH₁, LDH₂は主として心筋と腎臓, LDH₃は肺, LDH₄, LDH₅は主として骨格筋, 肝臓, 赤血球, 血小板に存在する。本実験では走行中およびゴール直後に特にLDH₅の血液中への逸脱が多くなった。これはRose¹²⁾たち, 国際女子マラソンの結果と同様であった。

運動後の血清逸脱酵素の値は鍛練者より非鍛練者の方が高いといわれている。また, トレーニングにより逸脱酵素の値が低下するという報告もある^{4, 9)}。21km走行前後の血清CPK活性値の変化と身体鍛練との関係を見ると, 最も高度な持久的トレーニングを行なっているHIMは21kmの走行にもかかわらずCPK値はほとんど変動を示さなかった。また, 走行後のアンケート調査においても他の4名の被検者は一様に筋肉痛(主として大腿)を訴えているが, HIMは全く筋肉痛がないと述べている。同時に, FUJとMORの2回のデータからも身体トレーニングにより同一作業に対する酵素の逸脱は減少することが推測される。

このような生理現象の原因として塩田¹³⁾たちは運動による膜の透過性亢進, 骨格筋およびその他の組織細胞の損傷・破壊などによるものとしている。しかし, なぜ膜の透過性が運動中ないし運動終了後でなく1日後に増加するのか, 組織から血液中に流出した酵素の蓄積量がなぜ1日後にpeakになるか等, 未だ解明されていない問題が多い。また数値だけを問題にするならば, 今回の実験ではCPK, LDHの値に臨床医学の見地からみて異常と判定され得る高値が測定された。したがって運動に伴うこのような生理的現象をどのように考慮するのか, 今後更に検討を加える必要があるものと思われる。

3. エネルギー源および乳酸

長時間の比較的強度の低い作業ではエネルギー源として最初炭水化物が利用されるが, 時間経過とともに徐々に脂肪が主なエネルギー源と

して利用されるようになる。

Fox⁵⁾は歩行運動を行なわせた時の炭水化物と脂肪の利用比率は30分前後で交替することを示している。しかし本実験ではGlucose, NEFAの変動について彼の述べているような明確な傾向はみられなかった。

ある一定強度以上の筋作業に伴う血中乳酸の増加は常に観察されるものである。国際女子マラソン³⁾では走行後の血中乳酸値は25.4±11.4 mg/dlである。本実験で得られた値は5名の平均で25.0mg/dlである。鍛練者の最大作業後にみられる血中乳酸の最高値はほぼ100~120mg/dlである。したがってマラソンという競技はかなり血中乳酸値の低い状態, すなわち作業強度の低い状態で行なわれる運動といえる。

本実験での走行距離は21kmであり国際女子マラソンの約半分である。それにもかかわらず血中乳酸値はほぼ同じ程度であった。血液中の過剰乳酸は高度のトレーニングを積んだ選手ほど高い酸素摂取水準で現われる。非鍛練者は最大酸素摂取量に対する割合の低い水準の作業強度でも過剰乳酸を生ずるが, 鍛練者は逆に最大酸素摂取量に対する割合の高い水準での作業でないと過剰乳酸を生じない。すなわち, 血中乳酸が鍛練者(国際女子マラソン)と本実験の被検者でほぼ同じであったということは, 鍛練者は非鍛練者と比較しより長い距離をより速い速度で走行する能力を有しているということに起因していると思われる。

謝辞

本稿を草するにあたり, 被検者として実験に参加していただいた樋廻志げ子, 西田紀子, 吉田紀代美, 森山清和の諸君および, 実験遂行に御協力いただきました運動生理学研究室の諸氏に心から感謝します。

血液性状の一部は加茂病院に分析を依頼した。便宜をはかっていただいた中検主任の杉浦先生に感謝の意を表します。

要約

本実験の目的は長時間走(21km)が血液性状, 血圧, 体重におよぼす影響について, その走行前後数日間の測定値も考慮して検討を加えるこ

とである。本実験に参加した被検者は中京大学体育学部学生、女子3名、男子2名の計5名であった。

得られた結果は以下のように要約される。

1. 21km走行前後の体重を比較すると、走行後には主として発汗によると考えられる体重の減少がみられた。女子では1.05～1.10kg、男子は1.06～2.05kgの体重減少であった。
2. 21km走行中著しい血液濃縮がみられた。安静時のHt, Hb, 全血比重, TPの値はそれぞれ $44.6 \pm 2.4\%$ (5名の平均と標準偏差), $14.7 \pm 1.0\text{g/dl}$, 1.057 ± 0.001 , $7.5 \pm 0.3\text{g/dl}$ であったが、21km走行によりそれぞれの値は $47.2 \pm 1.8\%$, $15.6 \pm 1.0\text{g/dl}$, 1.061 ± 0.001 , $8.4 \pm 0.2\text{g/dl}$ まで増加した。
3. 血清逸脱酵素 (CPK, LDH, GOT, GPT) は走行中ないし走行後に高値を示す傾向がみられた。特に CPK 活性は走行1日後に最も高い値を示し、被検者によっては安静時の3倍近くまで増加した。しかし、高度な持久的トレーニングを行なっている被検者 (HIM) は走行1日後でもほとんど増加傾向がみられなかった。

引用文献

- 1) Åstrand, per-Olof, and Bengt Saltin: Plasma and red cell volume after prolonged severe exercise. *J. Appl. Physiol.* 19 (5): 829-832, 1964.
- 2) Colt, Edward W.D., Jack Wang, and Richard N. Pierson, Jr: Effect on body water of running 10 miles. *J. Appl. Physiol.* 45 (6): 999-1001, 1978.
- 3) 第1回 東京国際女子マラソン大会 メディカルテスト報告書 (財)日本陸上競技連盟 1979.
- 4) Ekblom, Bjorn., Per-Olof, Åstrand., Bent, Saltin., Jesper, Stenberg. and Britt-mari, Wallsstrom: Effect of training on circulatory response to exercise. *J. Appl. Physiol.* 24 (4): 518-528, 1968.
- 5) Edward L. Fox: *Sports Physiology.*
- 6) Fowler, William M., JR., Sudhir R. Chowdhury, Carl M. Person, Gerald Gardner, and Robert Bratton: Changes in serum enzyme levels after exercise in trained and untrained subjects. *J. Appl. Physiol.* 17 (6): 943-946, 1962.
- 7) Gerald W. Gardner, Ph.D., Robert Bratton, M.S., Sudhir R. Chowdhury, Ph. D., William M. Fowler, Jr., M.D., and Carl M. Pearson, M.D.: Effect of exercise on serum enzyme levels in trained subjects.
- 8) 堀居昭, 弘 卓三, 中嶋寛之「血清C P K活性からみた身体運動に関する研究」第35回 日本体力医学会大会予稿集 P. 70 1980
- 9) Hunter, J. Barry, and Jerry B. Critz: Effect of training on plasma enzyme levels in man. *J. Appl. Physiol.* 31 (1): 20-23, 1971.
- 10) 伊藤 朗, 河北尚夫, 岩田 惇, 岩本圭史, 「全身持久性トレーニングのための運動処方に関する生化学的研究」*体育科学* 1: 41-57, 1973.
- 11) Moroff, S.V. and D.E. Buss: Effects of over-hydration on man's physical responses to work in the heat. *J. Appl. Physiol.* 20: 267-270, 1965
- 12) Rose, Leslie I., James E. Bousser, and Kenneth H. Copper: Serum enzymes after marathon running. *J. Appl. Physiol.* 29 (3): 355-357, 1970.
- 13) 塩田正俊, 鈴木政登, 中島考之「運動後の血中生化学成分の消長からみた身体鍛練の影響」*日本体育学会* 第31回大会号 P. 320. 1980.