

早朝運動の安全性に関する 循環器学的・生化学的研究

広島大学 大成 浄 志
(共同研究者) 同 黒川 隆 志
同 原 均

Cardio-Vascular and Biochemical Study on Safety of Exercise in the Early Morning

by

Kiyoshi Onari,
Takashi Kurokawa and Hitoshi Hara
Hiroshima University

ABSTRACT

This paper is related to clarify the safety of jogging in the early morning. Cardio-vascular and serum biochemical analysis were carried out as follows in 10 healthy male students of Hiroshima Univ. Dept. Physical Education. Design of experiment was, A: early morning at fast, B: early morning at carbohydrate (100 g) intake, C: two hours after lunch. Intensity of exercise was 60% $\dot{V}O_{2max}$ and duration was thirty minutes. Items of examination were a) postural test and cold pressor test in the early morning and afternoon, b) HR and BP during exercise, c) serum biochemical parameters at before and after (BS, IRI, FFA, CPK, UA, LA).

Group A showed the lower heart rate, blood pressure and higher reactivity to postural and cold pressor test than other two groups. Group A resulted in lower HR and BP than those observed in group B, C during initial 15 minutes. In group A, lower serum BS and IRI response at both before and after, and higher levels of FFA at after exercise were observed.

These results suggested that a remarkable delay of cardio-vascular adap-

tation and rise of FFA might be a risk factor against the safety of exercise in the early morning.

要 旨

本研究は早朝運動時の安全性を検討するため循環器学的・生化学的検査を行なったものである。

対象：本学体育科男子学生10名である。方法：運動負荷はトレッドミル走とし、強度は60% $\dot{V}O_2$ max とした。実験条件は A：早朝空腹時，B：早朝糖質摂取時，C：昼食後2時間とした。検査項目：①起立試験・寒冷昇圧試験 ②運動中の心拍数・血圧・心電図 ③血清生化学検査 (BS, IRI, FFA, CPK, UA, LA) である。

実験成績：①起立試験・寒冷昇圧試験によって、早朝は午後に比して循環調節機能が劣っており、交感神経緊張不良状態を示した。②運動中の心拍数・血圧は条件Aでは開始後15分までは運動に対する順応が遅れた。しかし条件Bでは遅れは見られなかった。③生化学検査ではAにおいて低いBSとIRIを示し、また最も高いFFA値を示した。心電図は異常を呈しなかったが、以上の成績から早朝空腹のジョギングは好ましくないことが判明した。しかし早朝でも糖質を摂取すれば安全であると考えられた。

1. 緒 言

我が国においてここ数年来、急速に健康増進を目的としたスポーツに対する関心が高まって来ている。1980年代に入って我が国においてもジョギングブームが到来したといわれている。

しかし、一方このようなジョギング人口の増加に比例してジョギング中の突然死が相変わらず報道されている。最近では初心者のみならず、数年以上の経験者の死亡事故も目立って来ている。こ

れらの原因・予防法を考える時、医学的には少なくともジョギング開始前に medical check を受け、心電図その他に異常のある者は、それなりの注意・監督のもとに行われるべきである。しかしたとえ心電図に異常が発見されなくても絶対に安全であると言う保障はない。

従来からの運動生理学的説明によれば、運動負荷時のエネルギー源として、最初は糖質が動員され運動が長くなるに伴って脂質が利用され、両者が枯渇すると体蛋白質の分解がおこるとされている¹⁾。体脂肪の分解利用は体脂肪率の減少、体重減少の面からは合目的々であるが一方で、代謝過程において遊離脂肪酸 (FFA) が産生される。FFA は運動時のエネルギー源として重要であるが、心臓に対する有害作用も指摘されており、小野²⁾ は臨床的に運動負荷心電図に異常を認めない青年および中高年者を対象とした持久的運動の実験で、血中 FFA の増加を認め、同時に心室性期外収縮を主とした不整脈を観察しており、これらは特に運動前に低糖質食を摂取後の空腹時に発生頻度が高いと報告している³⁾。

また、早朝は自律神経系が副交感神経優位であり、心拍数・心拍出量・血圧および物質代謝等が低下した状態であり、この状態から急に運動を始めることは危険を伴うことが十分に予測される。かかる観点から我々は今回早朝ジョギングにおける事故防止の目的で早朝運動が身体の代謝・循環機能に及ぼす影響について検討した。

2. 実験対象

実験は、広島大学体育科男子学生年齢19～22歳のボランティア10名である。

3. 実験方法

実験は運動中の代謝・循環機能を測定する本実験と、それに先立って本実験の運動負荷強度設定のために必要な最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) の測定を行った。

A. 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) の測定

(1) 運動負荷試験：体重の影響が正しく評価されかつ最大の負荷がかけやすい方法としてトレッドミル走行法で行った。運動負荷プロトコールは本実験における負荷強度の設定を容易にする目的で、傾斜角は0%に固定し、スピードを表1に示す様に5段階を設定した。

表1 運動負荷検査プロトコール

段階	時間 (分)	傾斜 (%)	速度 (km/時)
I	3	0	4.0
II	3	0	6.0
III	3	0	8.0
IV	3	0	10.0
V	3	0	11.5

負荷試験開始前には安静時の心電図が12誘導およびモニター上で異常がないことを確認した。安全性と warm up を考慮して低速 66.7m/min (4 km/時) からスタートした。各負荷時間は3分間としたが、目標心拍数 (85~90% HRmax) に達した場合や目標に達しない場合でも胸部不快感・圧迫感・胸痛などを訴えた場合はその時点で中止することとした。

(2) 心拍数測定：運動負荷中の心拍数および心電図の観察は、フクダ電子社製 Dynascope 800 無線テレメータによって行った。

(3) 呼気ガス分析：試験中は呼気ガスマスクと蛇管を用いて直接三栄測器社製 Aerobics Processor ガスアナライザーに接続して、連続して30秒ごとにガス分析を行った。安静時は5分間、各負荷段階では最後の1分間の平均値を採用し

た。

(4) 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \max$) の計算：各運動負荷段階における心拍数 (H. R) と $\dot{V}O_2$ との関係から最小二乗法によって回帰直線を求め、外挿法によって算出した。なお最大心拍数は $205.02 - 0.411 \times \text{年齢}$ を用いた。

B 本実験

(1) 実験条件：対象者を実験時刻および食物摂取の有無から早朝空腹 (以下条件Aと略) 早朝糖質摂取時 (以下条件Bと略す) および昼食後2時間 (以下条件Cと略す) の3条件で、1人につき各1回計3回実験を行った。条件AとBの場合には被検者は実験前日午後9時までには通常の夕食を摂らせ、以後一切の飲食を禁じた。午後10時までに実験室に来室させ午後11時就寝、実験日の朝は6時30分起床とした。実験日は条件Aでは起床後水分および食物の摂取を一切禁止した。条件Bにおいては実生活の場面を想定し、起床後インスタントコーヒー1杯 (コーヒー1.2g, 砂糖16g) およびアンパン1個 (約100g) を摂取させた。条件Cでは昼食の内容は特に指定しなかった。

(2) 運動負荷条件：運動負荷はトレッドミルによる走運動とし、運動時間は全体で30分とした。運動強度は前半の15分間は warm up を兼ねて3分毎に速度を増し、15分後に各自の60% $\dot{V}O_2 \max$ になるようにスピードを設定して以後そのスピードを維持した (表2)。

(3) 心拍数・心電図測定：運動負荷検査と同様にフクダ電子社製 Dynascope 800 無線テレメータにより測定した。HRは30秒ごとに記録し、心電図モニター上で異常を発見した場合記録紙に記録することとした。

(4) 血圧測定：実験中の血圧はリバロッチ型水銀血圧計を用いて聴診法で測定した。測定は3~5分ごととしその都度トレッドミルを止め、可及的速やかに測定した。

(5) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) 換気量 ($\dot{V}E$) および呼

表2 対象者の運動プログラム (m/分)

段 階	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
時 間	3	3	3	3	3	5	5	5
① K.S	60	80	100	130	160	180	180	180
② Y.N	60	80	100	130	160	180	180	180
③ K.W	60	80	100	120	140	160	160	160
④ Y.N	60	80	100	130	150	170	170	170
⑤ T.N	60	80	100	120	140	160	160	160
⑥ K.S	60	80	100	110	120	130	130	130
⑦ K.S	60	80	100	110	120	130	130	130
⑧ H.K	60	80	100	110	120	130	130	130
⑨ M.S	60	80	100	110	120	130	130	130
⑩ N.N	60	80	90	100	110	120	120	120

吸数 (RR) 測定： $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}E$ および RR の測定は三栄測器社製 Aerobics Processor ガスアナライザーを用いて30秒ごとに行った。

(6) 自律神経機能検査

被検者の交感・副交感両神経の緊張の程度を検査する目的で、本試験に先立って自律神経機能検査を行った。

a) 起立試験：被検者を数分間安静仰臥させた後、脈拍数と血圧を測定し、次いで起立させ楽な姿勢で10分間起立させたところで立位のまま脈拍数と血圧を測定する。起立前後の数値を比較し、次の判定基準、すなわち 1) 脈圧の縮小 16mmHg 以上 2) 最大血圧下降 21mmHg 以上 3) 脈拍数増加 21/分以上のいずれかに該当する場合を陽性と判定した。本試験は交感神経緊張不良性体質者が陽性を呈し、いわゆる起立性調節障害すなわちめまい、失神などの脳貧血症状として若年者によく見られるものである⁹⁾。

b) 寒冷昇圧試験：被検者を20～30分間安静臥位とし、血圧・脈拍が安定するのを待ち血圧を測定した後一側の手を手関節の上まで 0°C の氷水に浸し、その間15秒ごとに反対側の腕で最大・最小血圧を測定する。1分後に手を氷水から出しその後2分ごとに測定を続け冷浴前の値に復帰する

まで行う。

判定基準は平均最大血圧 12mmHg、最小血圧 10mmHg 以内の上昇を正常、最大血圧上昇 20mmHg 以上を血管運動神経緊張昂進状態とし、20～29mmHg (+), 30～39mmHg (++)、40mmHg 以上 (+++) とした。

(7) 血清生化学, 内分泌検査

運動負荷の前と直後に正中静脈より真空採血管によりそれぞれ 15ml ずつ採血した。測定項目は血糖値 (BS), 中性脂肪 (TG), 遊離脂肪酸 (FFA), CRK, 尿酸 (UA), およびインスリン (IRI) の7項目である。

4. 実験結果

(1) 対象者の身体的特徴

対象者はいずれも19～22歳の健康な男子の学生であり、 $\dot{V}O_2\max$ は、39.4～63.6ml/kg/min に分布し、判定は「高い」が4例。「やや高い」が3例、「平均」2例、「低い」1例であった(表3)。

(2) 運動負荷プログラム

本実験における各自の運動強度・時間のプログラムは前もって測定した $\dot{V}O_2\max$ を基にし、運動開始15分後にはほぼ60% $\dot{V}O_2\max$ になるように表2に示すごとく段階 I～Vまで漸増し、それ以

表3 対象者の身体的特徴

Case No.	性別	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	判定
① K.S	男	22	166.0	55.0	62.2	高い
② Y.N	男	21	174.0	66.0	63.6	高い
③ K.W	男	22	175.0	64.0	58.4	高い
④ Y.N	男	22	172.0	59.0	59.2	高い
⑤ T.N	男	21	180.0	77.0	53.9	やや高い
⑥ K.S	男	19	167.4	64.3	54.3	やや高い
⑦ K.S	男	19	171.0	62.9	50.9	平均
⑧ H.K	男	20	173.0	69.0	54.0	やや高い
⑨ M.S	男	20	181.0	75.0	48.6	平均
⑩ N.M	男	20	175.4	64.0	39.4	低い

表4 起立試験成績

		(A) 早 朝			(B) 午 後		
		HR	BPmax	BPmin	HR	BPmax	BPmin
起立前	平均 ±S.D	47.6 4.5	119.2 7.9	74.2 14.2	61.4 9.8	126.0 10.7	66.0 11.0
起立後	平均 ±S.D	74.6 9.5	105.8 6.3	77.3 8.0	77.3 9.5	113.8 6.5	70.6 8.9
P-Value		***	***	N.S	***	**	N.S
判定 (陽性者)		9/10=90%			6/10=60%		
		*** p<0.001 **p<0.01		N=10			

後は一定の速度とした。

(3) 自律神経機能検査

a) 起立試験：図4に早朝および午後の起立試験における心拍数，最大血圧 (SBP)，最小血圧 (DBP) の変化の平均値を示した。早朝では起立前と後では HR は平均 27b/min 増加 (p<0.001)，SBP は平均 13.4mmHg 低下した。DBP は逆に平均 3.1mmHg 増加した。起立試験の判定では10名中9名が陽性を示し，この内の1名は10分後に脳貧血のため倒れた。これに対して午後では起立後の HR は起立前より平均 15.9b/min の増加にとどまり，SBP は平均 12.2mmHg の低下，DBP は平均 4.6mmHg の増加であって，「判定」は10名中6名が陽性であって，早朝倒れた1名も午後は倒れることはなかった。安静時の HR は

早朝が 47.6±4.5 に対して午後は 61.4±9.8b/min と約 15b/min 高く，起立時の SBP も午後の方が高かった。これらの成績から早朝は午後比べて明らかに心・循環系の適応が悪いことが分った。

b) 寒冷昇圧試験

早朝では SBP の平均値は122.4，30秒133.9，60秒140.4 となり，180秒後には 124mmHg と安静時まで回復した。同じく DBP は安静時 76.4 mmHg から 98.2，106.4，と上昇し，180秒後には 80.2mmHg まで回復した。「判定」は10名中6名に「血管運動神経緊張昂進状態」を示した。また午後では「判定」は10名中2名に「血管運動神経緊張昂進状態」がみられるのみであった (表5)。

表5 寒冷昇圧試験成績

		(A) 早 朝		(B) 午 後	
		BPmax	BPmin	BPmax	BPmin
安静時	平均±SD	122.4±10.3	76.4±10.3	130.0±7.8	70.6±12.7
30秒後	平均±SD	133.9±10.3	98.2±10.8	139.8±6.5	88.8±7.3
60秒後	平均±SD	140.4±9.4	106.4±10.7	143.0±8.7	94.2±12.7
180秒後	平均±SD	124.2±9.3	80.2±7.4	131.6±6.7	74.8±9.0
判定(陽性者)		6/10=60%		2/10=20%	

N=10

表6 運動負荷時の心拍数の推移

(回/分)	安静時	3分後	6分後	9分後	12分後	15分後	20分後	25分後	30分後	35分後
(A) 平均 ±SD	56.8 7.1	72.4 6.5	80.8 8.1	92.1 7.8	104.0 10.6	116.5 10.6	129.7 12.5	132.0 11.9	134.6 12.2	77.3 0.7
(B) 平均 ±SD	59.7 5.6	77.8 8.8	85.9 9.2	96.4 9.2	110.5 11.1	121.8 10.1	132.8 9.4	136.0 8.5	139.0 9.0	81.4 12.5
(C) 平均 ±SD	63.7 9.2	79.4 10.4	88.3 9.1	100.7 7.5	112.0 10.7	123.6 10.6	134.0 10.1	134.6 10.8	136.5 12.7	83.4 13.5
検 定	A 対 B	★	★	★★	★	★	N.S	N.S	N.S	N.S
	A 対 C	★★★	★	★★★	★★★	★	★	N.S	N.S	★
	B 対 C	★	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

p-value ★: p<0.05 ★★: p<0.01 ★★★: p<0.001
 条件 A: 早朝空腹時 B: 早朝糖分摂取時 C: 昼食後2時間

(4) 運動中の呼吸・循環系反応

a) 心拍数(HR)の変動: 表6に運動プログラム35分間のHRの推移をABCの3条件別に示した。条件A(早朝空腹時)では安静時56.8b/minから30分後には134.6b/minに上昇, 同じく条件B(早朝糖質摂取)では59.9から139.6b/minに上昇し条件C(昼食後2時間)では同じく63.7から131.5b/minに上昇した。これらの変化は統計学的に, 条件AとBの間で安静時, 3, 6, 9, 12分後にそれぞれ5~1%の有意水準で, 同様にAとCの間にも15分までと35分後に5~0.1%水準でAの方が低かった。すなわち, 早朝空腹時は昼に比べて12~15分までは運動に対す

る心・循環系の適応が遅れ, また同じ早朝でも糖質非摂取は摂取に比して適応の遅れがあることが分った。

b) 血圧の推移

i) 最高血圧(SBP): 条件Aでは安静時の平均が109.0から20分後145.0mmHgに30分後には133.2mmHgに低下した。同じく条件Bでは116.0から20分151.6, 30分には146.2mmHgとなった。条件Cでは安静時119.0から25分後に最高値156.2mmHgとなり, 30分後では149.6mmHgとなった。統計学的には条件AとBおよびAとCとの間に安静時, 3, 5, 9分および30分に有意の差が見られた。

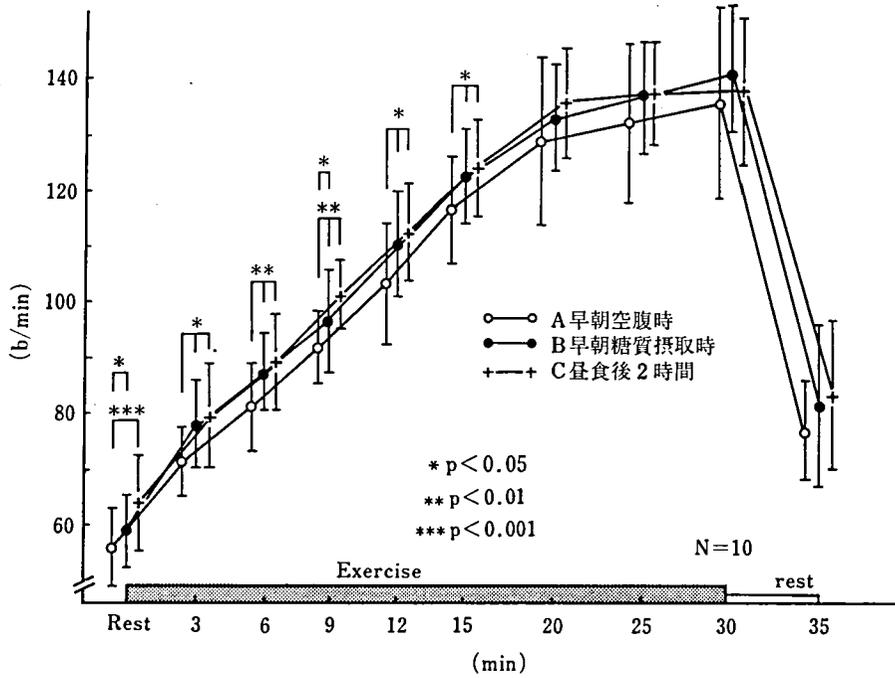


図1 運動負荷時心拍数の推移

表7 運動負荷時の最高血圧

(mmHg)	安静時	3分後	6分後	9分後	12分後	15分後	20分後	25分後	30分後	35分後	
(A) 平均 ±SD	109.0 8.8	121.2 9.0	122.4 5.9	124.4 8.5	131.4 10.3	137.0 10.5	145.0 13.6	143.4 13.3	133.2 14.7	117.4 6.0	
(B) 平均 ±SD	116.2 10.8	127.4 8.2	132.6 8.9	134.8 12.1	139.6 14.0	144.4 13.3	151.6 11.8	142.2 11.6	151.6 9.0	119.4 8.9	
(C) 平均 ±SD	119.0 7.3	128.4 5.4	130.2 9.3	140.6 7.5	148.6 9.6	143.8 9.5	149.8 13.1	156.2 10.1	149.6 12.2	121.0 4.1	
検 定	A 対 B	*	*	**	*	N.S	N.S	N.S	N.S	**	N.S
	A 対 C	N.S	*	N.S	**	**	*	N.S	**	*	N.S
	B 対 C	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	**	N.S	N.S

p-value * : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

条件 (A) : 早朝空腹時 (B) : 早朝糖分摂取時 (C) : 昼食後2時間

N=10

ii) 最小血圧 (DBP) : 運動負荷中の DBP は条件 A, B, C ともに変動が少なく, また 3 条件間に差は見られなかった (表 7, 図 2).

iii) 脈圧 : 条件 A では安静時 36.6mmHg から 20分後に 69.4mmHg と最大となり, 30分後には 59.6mmHg に低下し, recovery 5分後には 44.6

mmHg まで回復した. 条件 B, C もほぼ同様の傾向を示したが, 統計学的には A と B の間で 3, 6, 9 および 30分後に, A と C の間ではほぼ全期間中に 5~0.1% の水準で B および C の方が大きかった. 条件 B と C の間には差は見られなかった.

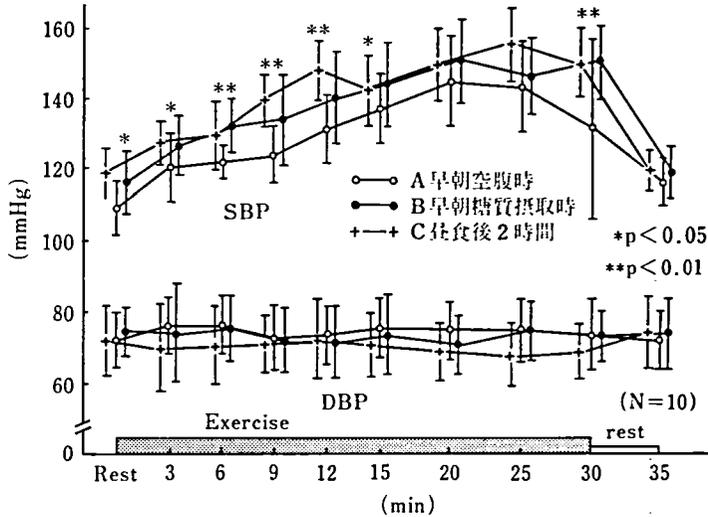


図2 運動負荷時の血圧の推移

表8 運動負荷時の血清生化学検査の変動

条 件	(A) 早朝空腹時		(B) 早朝糖摂取		(C) 昼食後2 H		P-Value		
	前	後	前	後	前	後	(A)	(B)	(C)
運動負荷前後									
BS 平均 ±SD	86.3 8.1	89.1 6.1	106.8 18.4	94.3 11.3	91.7 9.4	104.1 10.1	N.S	N.S	★
IRI 平均 ±SD	5.0 2.2	7.2 2.4	28.1 9.9	16.7 7.5	27.0 15.1	20.3 14.6	★	N.S	N.S
TG 平均 ±SD	87.8 23.0	87.3 19.5	100.1 32.3	101.0 30.0	136.9 59.7	129.2 46.5	N.S	N.S	N.S
FFA 平均 ±SD	418.0 154.6	821.0 345.4	345.0 91.7	360.7 81.8	407.9 179.1	487.3 160.9	★★★	N.S	N.S
CPK 平均 ±SD	134.5 51.1	141.1 65.7	129.9 28.2	145.0 35.1	135.5 92.1	143.6 106.5	N.S		N.S
UA 平均 ±SD	5.4 1.0	5.3 1.0	5.5 0.9	5.5 0.9	5.9 1.7	5.8 1.6	N.S	N.S	N.S
LA 平均 ±SD	8.1 4.1	8.5 1.6	11.6 3.8	12.1 2.6	10.8 1.9	10.4 1.7	N.S	N.S	N.S

★★★p<0.001 ★★p<0.01 ★p<0.05

N=10

c) 呼吸数 (RR) の推移: 条件A では安静時 15.6/min から30分後 38.8/min に, 条件B, C もほぼ同様の成績であり, 3条件間に有意の差を認めなかった。

d) 分時換気量 (VE) の推移: 条件A では安静時 9.4l/min から 30分後 58.1l/min まで増

加, 条件B, Cはそれぞれ安静時 9.9, 10.5から 30分後 55.2, 60.9l/min と増加した。しかし統計学的には有意差は見られなかった。

e) 酸素摂取量 (VO₂) の推移: 条件Aでは安静時 4.0ml/kg/ml であるが, 30分後に31.1に上昇し, 同様に条件B, Cでも30分後には30.5,

31.5ml/kg/min まで上昇して条件間に差を認めなかった。

f) 心電図検査：運動前の検査所見で、洞性徐脈(45~55/min)を呈する者が3例あったが、運動直後においても心室性期外収縮を始めとする異常心電図は見られなかった。

(5) 運動前後の血清生化学検査所見の変化

a) 血糖値 (BS)：条件Aすなわち早朝空腹時は 86.3±8.1mg/dl であったが30分の運動後には 89.1mg/dl とわずかな上昇が見られた。条件Bでは運動前は糖質摂取直後であるため106.8とAよりも高値であるが、運動後は 94.3±11.3mg/dl まで低下した。条件Cは普通食による昼食後

2時間の血糖値 91.7から運動後には 104.1±10.1 mg/dl まで上昇した (p<0.05)

b) 血中インスリン (IRI)：条件Aでは運動によって血糖値が上昇するに伴い IRI も有意に上昇した。この変化は食物の経口摂取を行った他の2条件とは絶対値および変化のパターンも異なるものであった。

c) 血清中性脂肪 (TG)：運動負荷前後の血清TG値は条件Aでは87.8±23.0, B100.1±32.3, C136.9mg/dl と条件Cが最も高値で食事の影響がみられた。運動による変化は条件AおよびBでは運動前後に全く差を認めなかった。条件Cにおいては軽度ながら低下が認められたが、有意では

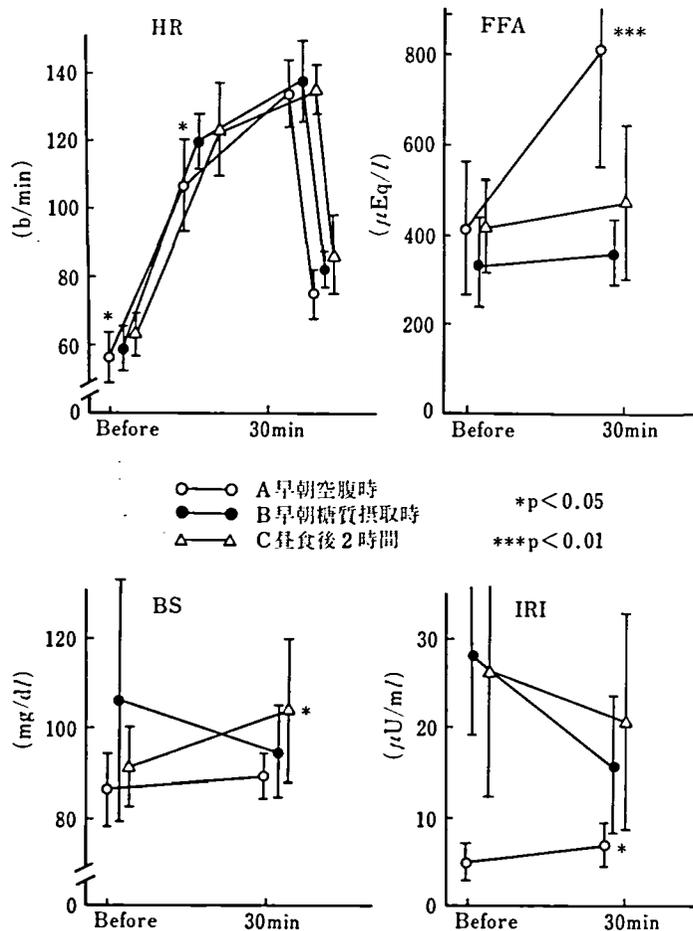


図3 60% $\dot{V}O_{2max}$ 走における生化学検査の変動 (1)

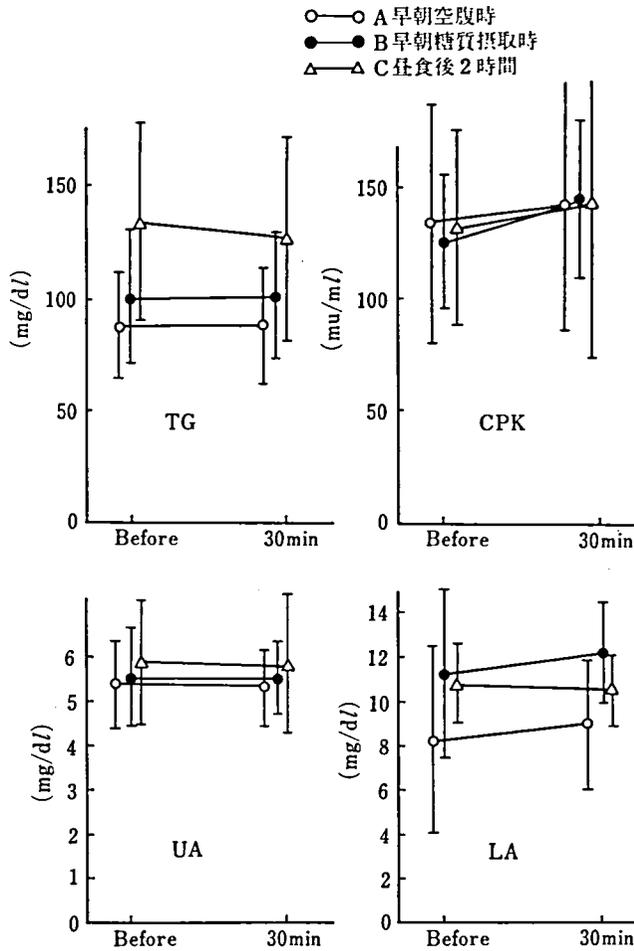


図4 60% $\dot{V}O_2\max$ 走における生化学検査の変動 (2)

なかった。

d) 血中遊離脂肪酸 (FFA) : 運動前の FFA は条件 A 418 ± 154 , B 345 ± 91.7 , C $407.9 \pm 179.1 \mu\text{Eq/l}$ であり 3 条件間に有意差は認められないが, 運動後では条件 A では約 2 倍の $821 \pm 345 \mu\text{Eq/l}$ と著明な上昇が認められた ($p < 0.001$)。これに対して糖質経口摂取を行なった条件 B および C ではほとんど上昇は認められなかった。

e) CPK 値 : 血中 CPK 値は日常のスポーツ活動の強弱によって個人差が大きく, また同一個人であっても実験日が異なると値にばらつきが大きかった。3 条件ともに 30 分間の運動によって約

5~15 μml の上昇が認められたが, 有意ではなかった。

f) 血中尿酸値 (UA) : 3 条件ともに運動の前・後に全く差を認めなかった。

g) 血中乳酸値 (LA) : 3 条件ともに運動後に上昇は認められず, 60% $\dot{V}O_2\max$ は対象者にとってはいずれの条件下でも有酸素運動であることが示された。

5. 総括および考察

近年のジョギングブームに伴って多くの多忙なサラリーマンの間でも走る人が増えて来た。彼等

の目的は持久的体力をつけるというものもあるが、大部分は減量のためである。また彼等は忙しさのために、会社出勤前の早朝でしかも空腹状態でのことが多い。このような特殊な状態においては、たとえ50~60% $\dot{V}O_2\max$ 程度のいわゆる有酸素運動とされる運動であっても中高年者ことに心・循環系にリスクを有する人にとってはその安全性に問題があるものと指摘されるようになって来た。本研究はこのような早朝時の運動の安全性を検討する目的で行われたものである。

実験対象と方法についてであるが、実験の本来の目的からすると、中高年者を対象とするべきであるが、実験の安全性や実施上の困難さから止むを得ず、本学体育科学生を対象とした。若年者である学生に起こる生体の反応は中高年者にもあてはまると考えたためである。運動負荷方法は自転車エルゴメターを用いる方が採血・血圧測定等の操作には便利であるが、実生活での運動は走運動が多いことからトレッドミル走とし、傾斜角を 0° とし速度のみを変化させて運動量を調節した。実験条件はA：早朝かつ空腹時を中心としその対照としてB：早朝ではあるが糖質を100gと小量のコーヒー（+砂糖16g）を実際場面を想定して摂取させた群と、C：1日の内でベスト・コンディションとされる昼食後2時間を設定した。

成績についての考察であるが、まず自律神経系の検査として心臓調節神経と血管運動神経の機能を検査するものとされる「起立試験」を行なった。一般に立位姿勢をとると1回心拍出量が減少して心拍数が増加する。従って姿勢変換によるこれらの変化が大きいほど循環調節機能が劣ると考えられている。本実験においては早朝では10名中9名は交感神経緊張不良性体質（状態）と判定され、このうちの1名は脳貧血様症状を呈した。これに対して午後では10名中6名に減少した。血圧の変化においても最高・最低血圧とも早朝の方が午後に比して低下が著明であった。

また血管運動神経機能を知るために寒冷昇圧試験をおこなった。これは冷水による血管運動神経反射を検査するものであり、直ちに全自律神経機能状態を評価するものではないが、血管系の自律神経機能と密接な関係があるとされているものである。本実験においては早朝は10名中6名に血管運動神経緊張昂進状態を示しており、午後では10名中2名に減少した。

これらの成績は交感・副交感神経の a) 緊張の高低 b) 興奮性の強弱 c) 終末器官の被刺激性の3つの条件によって左右されるもので、従ってその成績の判定は複雑であり慎重でなければならないものの、早朝は心血管系の調節機能が午後に比して劣っていると言ってよいと考える。そのことは運動中の心拍数についての検討でも言える。

心拍数の増加は運動負荷強度にほぼ比例し、この事実が心拍数を運動強度の指標として用いられる根拠となっているが、本実験では3条件ともに厳密にトレッドミルの速度を一定に、すなわち負荷強度を一定にしており、理論的には同じ心拍数であるべきであるのに、早朝かつ空腹の状態では明らかに他の2条件よりも低い心拍数しか示さなかった。この差は運動開始後より15分間続き、それ以後は差がなくなることで、また血圧についても全く同様のことが言えることから、このような条件下での運動には安全のため最低15分間の注意深い warm up が必要であろう。

運動中の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、および呼吸数 (RR)、換気量 ($\dot{V}E$) についてみると、結論としてこれらは3条件ともに差は見られていない。 $\dot{V}O_2$ は分時心拍出量・動静脈酸素較差によって決まるものである。本実験においては循環系の適応が遅れている早朝空腹時においても同じ $\dot{V}O_2$ であることは、それだけ負担が大きいと考えられる。このような早朝時においても、糖質とコーヒーの摂取によって、午後のベストに近くなること

は注目される。

次に運動中のエネルギー代謝の面から考察すると、まず血糖値、IRI 値が問題になる。血糖値は腸管からの吸収・肝臓からの糖新生とグリコーゲンの合成、末梢組織の糖利用、腎からの排泄などの諸因子によって左右されるが⁹⁾、その調節には自律神経、各種ホルモンが密接に関与している。

本実験では早朝空腹時には運動の前後ともに低い血糖値と IRI 値を呈している。これに対して早朝 100g の糖質摂取後では十分ではないとしても高い血糖値を維持できるし、普通食による昼食後 2 時間では運動後さらに血糖値は上昇している。

すなわち運動前に十分な糖質摂取が行われない場合の運動エネルギー源としては当然体脂肪の分解が考えられる。実際に本実験においても早朝空腹時にのみ脂肪の分解代謝産物である遊離脂肪酸 (FFA) が運動後 3 倍近くまで上昇しており、他の 2 条件とは全く異なる変化を示した。このことは体脂肪を消費して減量する目的にはかなっているようにも思われるが、小野らが言うように FFA が不整脈の原因の一つであるとするならば、早朝空腹時の運動は大きな危険因子となる。幸い

に本実験においては健常で、鍛練された学生であることもあって、かかる心電図異常を呈するものはいなかったが、FFA の危険性が議論⁶⁾されている今日、やはり危険は避けるべきであろう。

以上本研究の要約をすると、自律神経系・心循環系の面からみると運動は早朝よりも午後行う方がよいこと、また同じ早朝であれば運動を始める前に少量でもよいから食物 (糖質) を摂ったほうがよい。このことは糖・脂質代謝の面からも同様のことがいえよう。

文 献

- 1) Saltin, B. and Hermansen, L.; Glycogen stores and prolonged severe exercise. *Nutrition and physical activity*, 32—46 (1975)
- 2) 小野三嗣; いわゆる健康体における運動ストレスの研究, *日本医師会雑誌*, 81: 643 (1979)
- 3) 織田敏始ほか; 高脂血症, 永井書店, 大阪, 198—201 (1982)
- 4) 金井泉, 金井正光; 臨床検査法提要: 改訂27版, 東京, 金原出版, XⅧ12~XⅧ13 (1975)
- 5) 井川幸雄; 運動で脂肪の消費を促進, *モダンメヂチン*, 83—4: 100—107 (1984)
- 6) Newsholme, E.A. and Leech, A.R.; *Biochemistry for the Medical Sciences*, Wiley (1983)