

糖尿病の運動療法に関する研究

——糖及び運動負荷時における糖・脂質の経時的变化——

大阪市立大学 本間 聖 康

(共同研究者) 同 朝 井 均

同 井 関 敏 之

I. はじめに

近年、国民の栄養状態は改善されてきたものの、栄養に対する知識は十分ではなく、過食、欠食、偏食というような摂取傾向、加工食品の偏重、さらには、著しい技術革新による機械化、省力化がもたらした運動不足などが誘因となって、心臓病、動脈硬化症、脳卒中、高血圧症、肥満、糖尿病などの成人病が年々増加する傾向にある¹⁾。

糖尿病と運動の関係については、健康人でも、一定期間の安静により耐糖能が低下することが実験的に示されており^{2,3)}、糖尿病の素因をもった人に対して、運動不足はその発症因子としての意味をもつものと考えられている。また一方、適当な運動は、インシュリンの分泌増加を伴わずにブドウ糖を処理するなど^{4~6)}、糖尿病患者の過血糖処理上効果があると考えられ、糖尿病病態に好影響を与えるのではないかと期待されている。

このような観点から、従来、糖尿病の治療には、食事療法、薬物療法とならんで、運動療法が重要視されている。しかしながら、運動療法を処方するにあたっては、運動の強度、持続時間、頻度、さらには食事の摂取と運動開始時間との関係など、種々の観点をふまえた総合的な検討がなお必要である。

そこで、今回は、糖負荷後の運動の強度、持続時間が、また、糖負荷と運動開始時間が、糖・脂質代謝にどのように影響するかについて検討を加え、より望ましい運動療法を処方するうえでの資料とせんとした。

II. 方 法

被験者には、21才の健康男子を選んだ。検査当日は、12時間以上の空腹状態で来所させ、30分間の座位安静を保たせた後、実験を開始した。

糖負荷としては、ブドウ糖 100g/300ml を経口投与 (Gと表す) した。運動強度としては、 $\dot{V}O_2$ max の40%で60分間、60%で30分間、80%で15分間の3通り (Ex. 40%, Ex. 60%, Ex. 80%) を、さらに、糖負荷後の運動開始時間としては、直後、30分後、60分後の3通り (G-0', G-30', G-60') を選び、下記の13通りの場合について実験を行った。

- ① 糖負荷試験 (安静時) 1回
- ② $\dot{V}O_2$ max の40%(60'), 60%(30'), 80%(15') の運動単独実施
各1回 計3回
- ③ 糖負荷直後、30分後、60分後からの80% $\dot{V}O_2$ max 15分間の運動
各1回 計3回
- ④ 糖負荷直後、30分後、60分後からの

60% $\dot{V}O_2$ max 30分間の運動

各1回 計3回

⑤ 糖負荷直後, 30分後, 60分後からの

40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動

各1回 計3回

合計13回

さらに, Chemical Diabetes の者に運動を負荷した際の変化についても検討を加えた。

採血は, 肘静脈より行い, 血糖 (Blood sugar: BS), インシュリン (Immunoreactive insulin: IRI), 遊離脂肪酸 (Free fatty acid: FFA) ならびに中性脂肪 (Triglyceride: TG) の経時的変化を測定した。また, 運動中の呼気ガス, 心拍数も参考として測定した。

Ⅲ. 結果ならびに考察

A) 糖負荷試験と運動単独実施について

図1は, 糖負荷試験時 (G+Rest) ならびに糖を負荷せずに3通りの強度の運動のみを単独実施した際の BS, IRI, FFA, TG の経時的変化を示したものである。

1) 糖負荷試験時

G+Rest では, BS は, 糖負荷後30分で136 mg/dl を示した後, 漸次低下を示し, 150分後には糖負荷前値 (86mg/dl) にまでもどった。IRI は, 60分で $32\mu\text{U/ml}$ を示した後, 150分後には糖負荷前値 ($8\mu\text{U/ml}$) にまで低下した。FFA, TG は, 糖負荷後, 漸次低下がみられた。

2) Ex. 80%, Ex. 60%, Ex. 40%の運動単独実施時

糖を負荷せずに運動のみを単独に実施した場合についてみると, BS は, Ex. 80% で運動終了後, 軽度の増加がみられた。Ex. 60%, Ex. 40% の運動では, 運動による血糖増加はほとんどみと

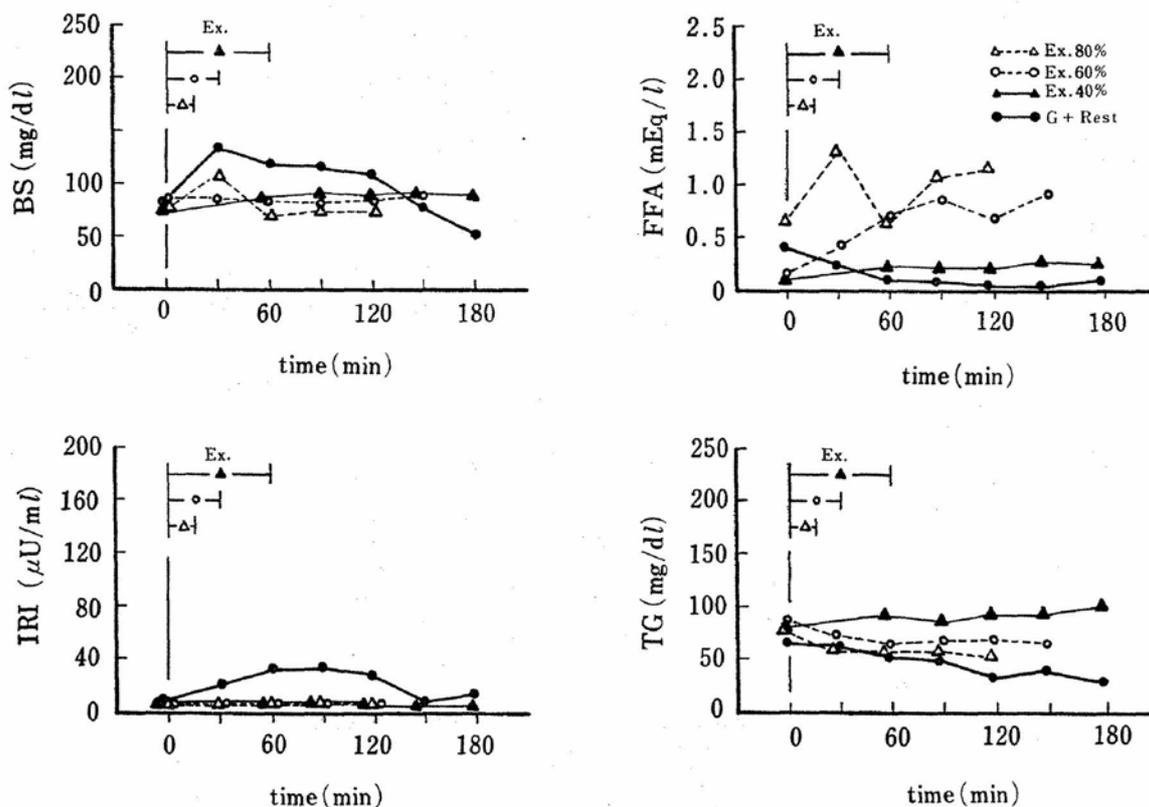


図1 糖負荷試験時 (G+Rest), ならびに運動単独実施時における BS, IRI, FFA, TG の経時的変化

められなかった。IRI は G+Rest よりも低く、いずれの運動においても、ほとんど増加はみられなかった。FFA は、Ex. 60%、Ex. 80%では軽度の増加がみられたが、Ex. 40%ではほとんど増加はみられなかった。TG は、Ex. 60%、Ex. 80%ではわずかに減少がみられたが、Ex. 40%ではわずかな増加を示した。

B) 糖負荷後の運動負荷強度と運動開始時間との組合せについて

図 2, 3, 4 は、80% $\dot{V}O_2$ max の運動を15分間、60% $\dot{V}O_2$ max の運動を30分間、および40% $\dot{V}O_2$ max の運動を60分間 (Ex. 80%, Ex. 60%, Ex. 40%) の3通りの運動をそれぞれ、糖負荷直後、30分後、60分後 (G-0', G-30', G-60') から実施した際の BS, IRI, FFA, TG の経時的变化を、糖負荷試験時 (G+Rest) の場合と比

較して示したものである。

1) 糖負荷後の80% $\dot{V}O_2$ max 15分間の運動と運動開始時間との関係 (図 2)

G+Ex. 80%についてみると、BS は、G-0' では運動終了後の30分で 199mg/dl, G-30' では運動終了後の60分で 257mg/dl と、G+Rest に比べて著しい増加がみられた。G-60' では G-0', G-30' の場合とは異なり、運動終了後の血糖値は 150mg/dl までの増加であったが、血糖曲線は G+Rest をわずかに上回っていた。IRI は、G-0' では G+Rest の場合とほぼ同様の变化を示したが、G-30' では 55 μ U/ml (120分)、G-60' では 85 μ U/ml (120分) と、運動終了後 G+Rest に比して分泌増加がみられた。FFA は、いずれの場合もほとんど変化はみられなかった。

このように、G+Rest に比べて血糖の著しい増

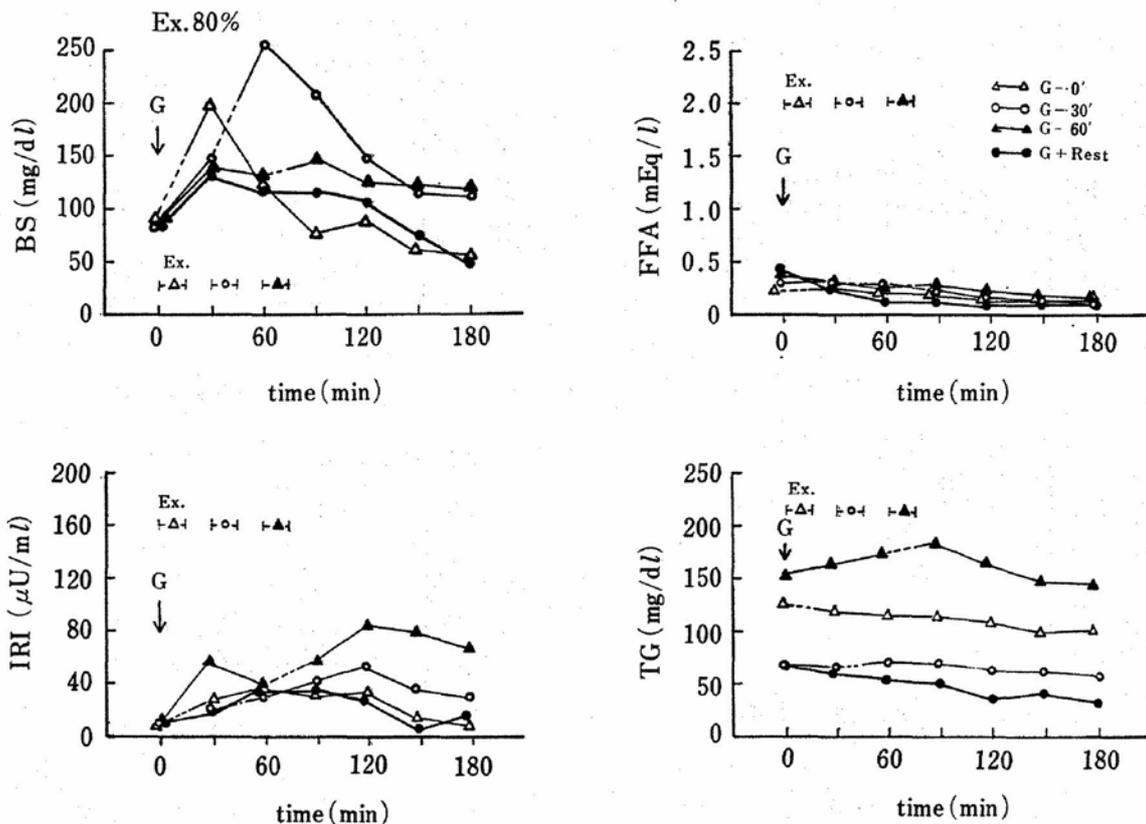


図 2 糖負荷直後、30分後、60分後から80% $\dot{V}O_2$ max の運動を15分間実施した際の BS, IRI, FFA, TG の経時的变化

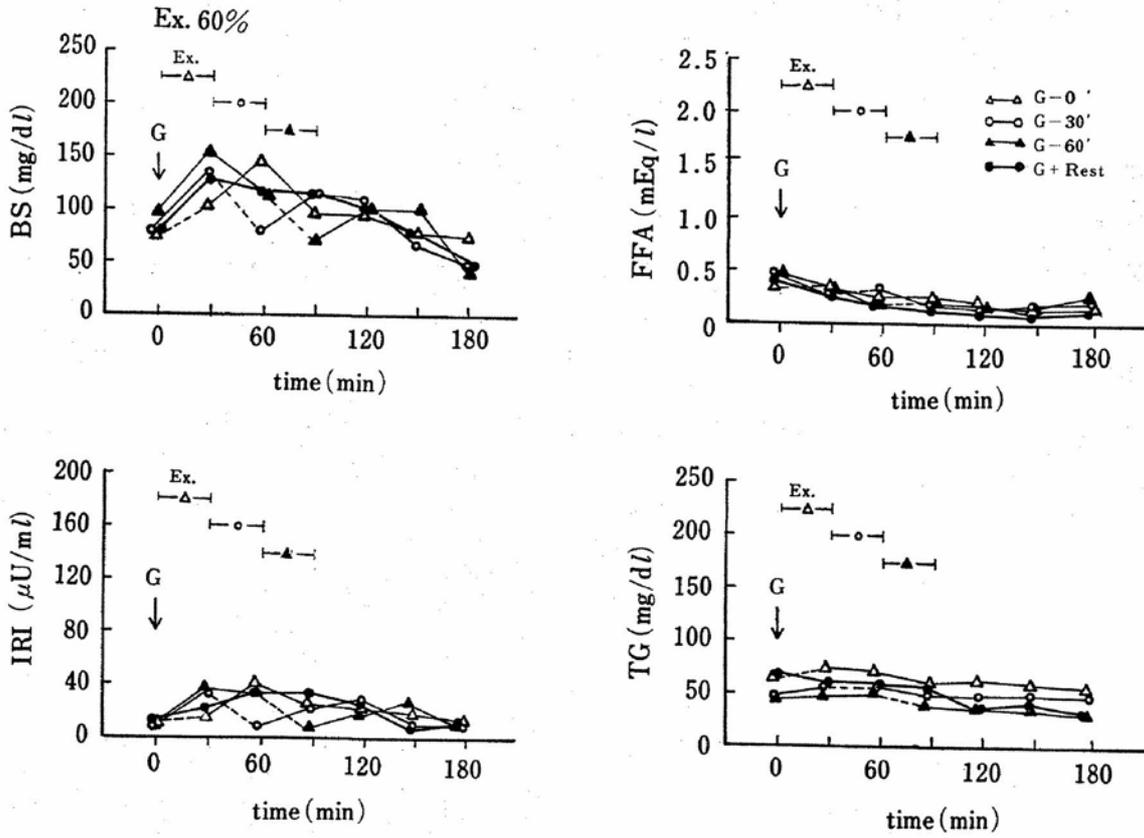


図3 糖負荷直後, 30分後, 60分後から60% $\dot{V}O_2$ max の運動を30分間実施した際のBS, IRI, FFA, TGの経時的変化

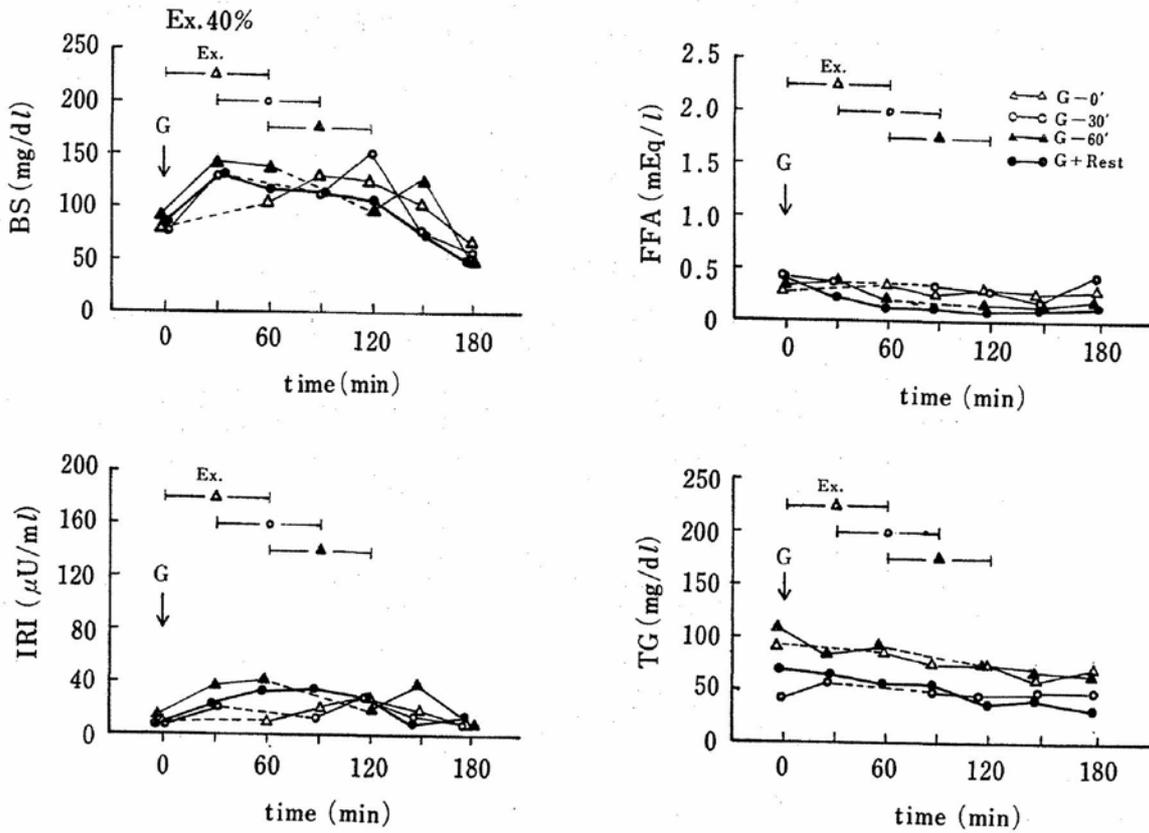


図4 糖負荷直後, 30分後, 60分後から40% $\dot{V}O_2$ max の運動を60分間実施した際のBS, IRI, FFA, TGの経時的変化

加を来す強度の運動は、糖尿病の運動処方としては望ましくない運動と考えられる。

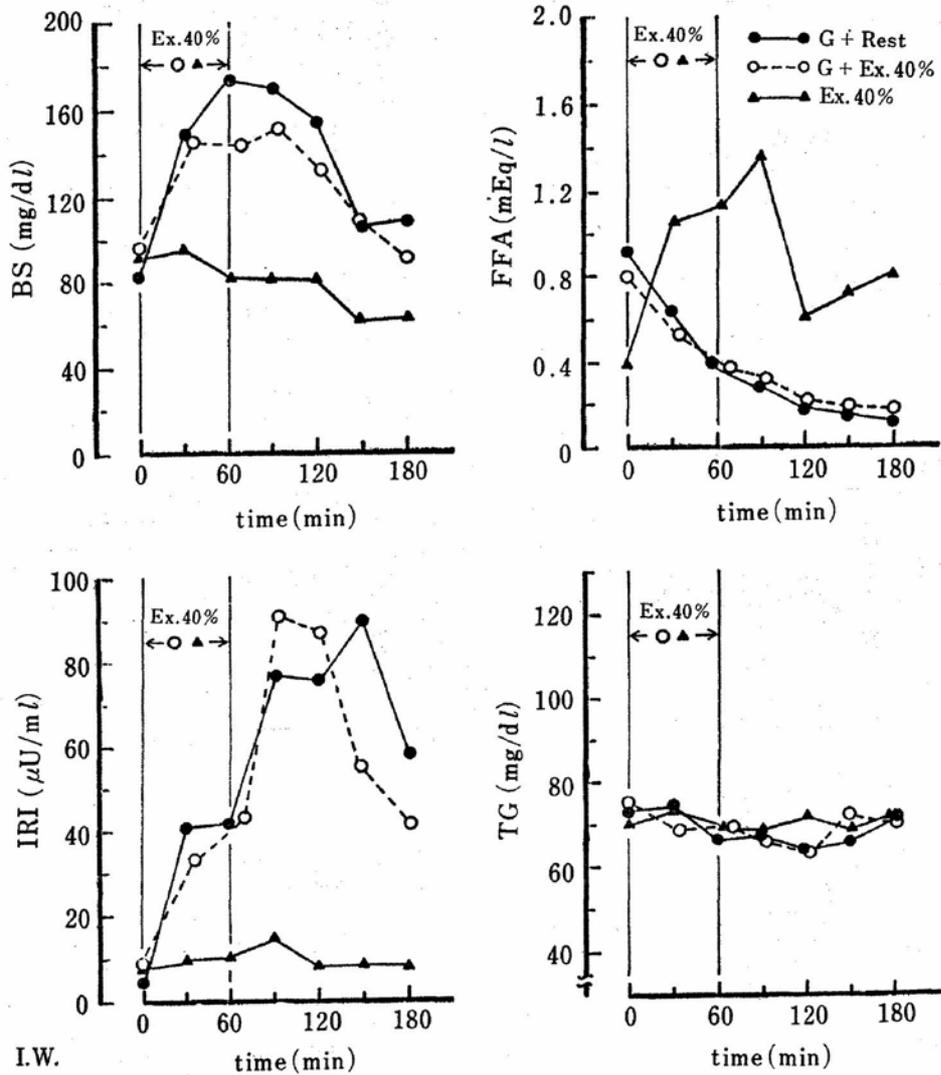
2) 糖負荷後の60% $\dot{V}O_2$ max 30分間の運動と運動開始時間との関係 (図3)

G+Ex. 60%についてみると、BS は、G-0' では運動終了直後 (30分) G+Rest に比べてわずかに低値を示したが、運動終了30分後 (60分) にわずかな増加がみられた。G-30', G-60' では、いずれも BS は運動終了直後ほぼ糖負荷前値にまで低下を示し、以後はほぼ正常域の値を示した。

IRI は、BS と同じような変化パターンを示した。FFA, TG は、いずれの場合もほとんど変化はみられなかった。

このように、G+Rest に比べて血糖の低下を来し、インシュリンの分泌増加を伴わずに糖が処理される G-30', G-60' の中程度の強度の運動は、糖尿病の運動処方としては望ましいと考えられる。

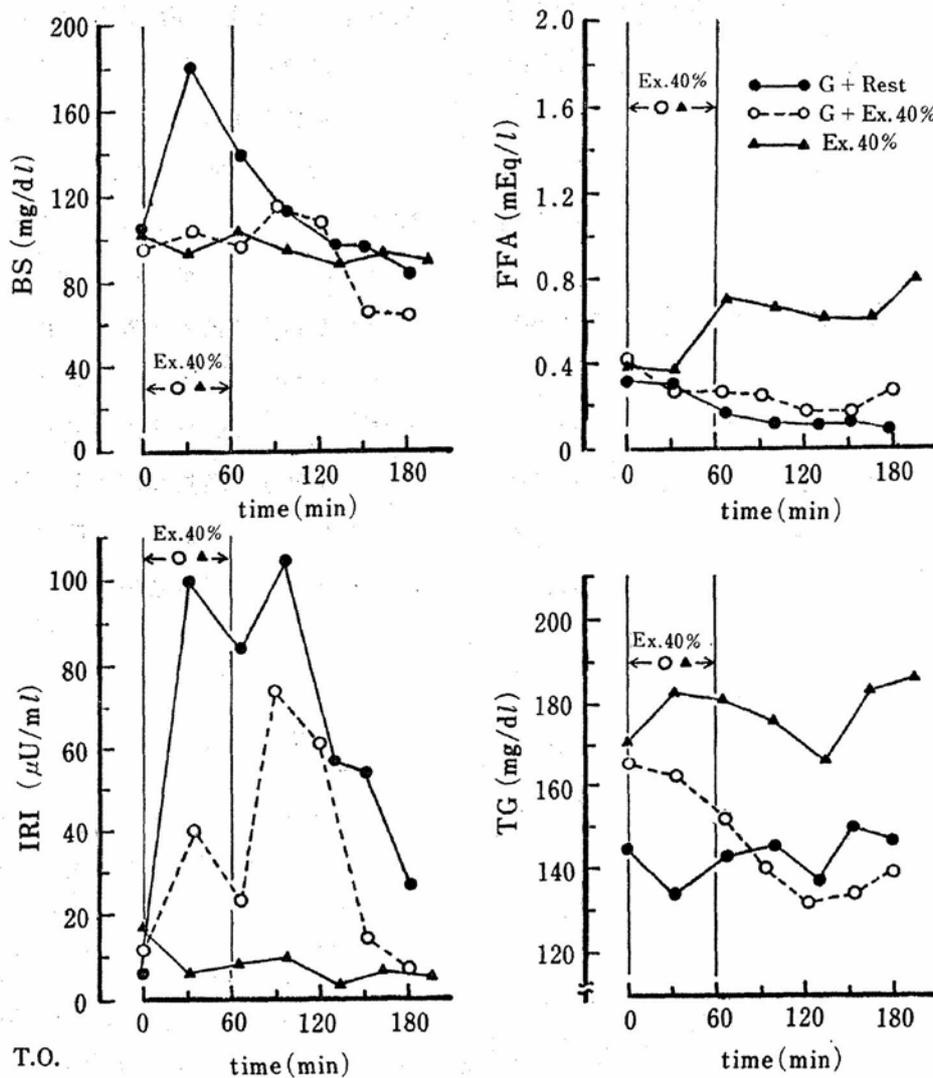
3) 糖負荷後の40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動と運動開始時間との関係 (図4)



I.W.

U	Time (min)	Pre ~ 0	~ 60	~ 120	~ 180
	100g GTT (●)	-	+	+	±
S	G + Ex. 40% (○)	-	-	-	±
	Ex. 40% (▲)	-	-	-	-

図5 糖負荷直後からの40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動が Chemical Diabetes の糖・脂質代謝に及ぼす影響 (その1)



U	Time (min)	Pre	~ 0	~ 60	~ 120	~ 180
	100g GTT (●)		-	+	±	-
S	G+Ex. 40%(○)		-	-	-	-
	Ex. 40% (▲)		-	-	-	-

図6 糖負荷直後からの40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動が Chemical Diabetes の糖・脂質代謝に及ぼす影響 (その2)

G+Ex. 40%についてみると、BS は、G-0' では、運動により G+Rest に比べてわずかに抑えられ、G-30'、G-60' では、ともに運動終了直後低下を示した。IRI は、いずれの場合も運動終了直後低下を示し、以後は G+Rest とほぼ同様の变化を示した。FFA、TG は、いずれの場合も、ほとんど変化はみられなかった。Ex. 40%では、Ex. 60%に比べて血糖の低下はわずかであるが、インシュリンの分泌増加を伴わずに糖が処理されていると考えられ、糖尿病患者の運動能力を考慮

すると、糖尿病の運動処方としては、まず、このような軽度の運動を導入するほうが望ましいと考えられる。

C) Chemical Diabetes の場合

図5、6は、Chemical Diabetes の者に、糖負荷直後から運動を负荷した際の変化を示したものである。

運動強度は、被験者が日常運動不足であることを考慮して、40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動 (Ex. 40%) とした。

図5の一例についてみると、糖負荷直後運動を実施することにより、BSのピークは、G+Rest (174mg/dl) に比べて低値 (153mg/dl) を示し、G+Rest でみられた尿糖の排泄もみられなくなった。IRI は、G+Rest に比べて減少はみられなかったが、G+Rest で150分にみられたピークが90分に移行し、その後の低下時期も早期に移行した。

図6の一例では、糖負荷直後運動を実施することにより、BSのピークは、G+Rest (181mg/dl) に比べて著しく低値 (115mg/dl) を示し、尿糖の排泄もみられなくなった。IRI も、運動により、G+Rest に比べて低値を示した。

このように、Chemical Diabetes の者においても、軽度の運動を負荷することにより、血糖値は、G+Rest に比べて低値を示し、また、インシュリンの節約がみられた。

IV. ま と め

健康成人を対象に、糖負荷直後、30分後、60分後から $\dot{V}O_2$ max の40%、60%、80%の運動をそれぞれ60分、30分、15分間負荷し、糖負荷後の運動が糖・脂質代謝に及ぼす影響を検討した。さらに Chemical Diabetes の者についても、運動負荷が糖・脂質代謝にどのような影響を及ぼすかを検討した。

得られた結果を要約すると次の通りである。

1) 糖負荷後の80% $\dot{V}O_2$ max 15分間の運動では、血糖、インシュリンは糖負荷試験時よりも高

値を示し、強度の運動負荷は、糖尿病の運動処方としては望ましくないと考えられる。

2) 糖負荷後の60% $\dot{V}O_2$ max 30分間、40% $\dot{V}O_2$ max 60分間の運動は、いずれの運動開始時間においても、インシュリンを節約して糖が処理されることから、糖尿病の運動処方としては望ましい運動強度であると考えられる。

3) Chemical Diabetes の者に、糖負荷直後から40% $\dot{V}O_2$ max 相当の運動を60分間負荷したところ、血糖値は糖負荷試験時に比べて低値を示し、また、インシュリンも節約がみられ運動負荷による病態の改善が期待された。

文 献

- 1) 厚生統計協会：国民衛生の動向，厚生指針，26 (9) 97 (1979)
- 2) Lipman, R.L. et al. : Impairment of peripheral glucose utilization in normal subjects by prolonged bed rest. *J. Lab. Clin. Med.* 76, 221 (1970)
- 3) 高山弘平，他：運動療法および絶対安静時の代謝・臨床病理，XXII，臨時号，126 (1974)
- 4) Wahren, J. et al. : Glucose Metabolism during Leg Exercise in Man. *J. Clin. Invest.* 50, 2715 (1971)
- 5) Pruett, E.D.R. : Plasma insulin concentrations during prolonged work at near maximal oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* 29, 155 (1970)
- 6) Wright, P.H., and W.J. Malaisse. : Effects of epinephrine, stress, and exercise on insulin secretion by the rat. *Amer. J. Physiol.* 214, 1031 (1968)