

高地 訓練時 營養管理에 關하여

서울大學校 醫科大學 生化學敎室 · 國民體力科學研究所

成 樂 應 · 李 昌 煥

=Abstract=

On the Management of Nutrition for High Altitude Training

N.E. Sung M.D., C.H. Lee, M.D.

Department of Biochemistry, College of Medicine, Seoul National University

The author investigated the effects of dietary composition upon the work efficiency of Splugue Dowley rat at high altitude, and obtained the following results:.

1. At high altitude a carbohydrate-rich diets worked more favorably upon work efficiency of the animal than a protein and or fat-rich diets did.
2. It may be recommended that fibrous components be excluded from the diets.
3. Ingestion of large amounts of sugars prior to the onset of work load is highly recommended.

緒 論

運動이 代謝에 미치는 影響에 對하여는 오래前부터 研究가 되어왔고 많은 研究者에 依하여 報告된 바 있다. 最近에만 하여도 Bergerstöm et al¹⁾에 依하면 사람에 있어 運動을 負荷시키면 glycogen metabolism에 變化가 온다고 하였고 Gollnick²⁾에 依하면 運動負荷時에는 脂肪動員이 相當히 增加된다고 하였다. 이들은 energy의 根源이 되는 것으로써 運動을 負荷시킴으로써 energy消費가 增大한 結果라고 보겠다. 한편 蛋白質의 分解도 促進되어 蛋白質所要量이 增加된다는 報告나³⁾ 其他 vitamin 등의 營養素에 있어서도 正常人에 比하면 其要求量이 增加하거나 體內에서의 代謝에도 異常을 招來하게 되어⁴⁾ 우리가 運動選手를 管理함에 있어 많은 關心을 가지고 있는 것이다.

한편 1968年度 世界오림픽大會를 앞두고 우리는 選手管理面에서 海拔 2,400 M 以上の 低壓, 低酸素壓狀態에서의 選手體力管理面을 考慮치 않으면 안되게 되어 있다. 即 高空·高地에서의 低壓·低酸素壓狀態下에서의 人體內에서 일어나는 各種代謝關係를 究明하게 되는 것이다. 이 方面에 對하여는 選手가 對象이라기보다는 人工衛星이 發展함에 비추어 地球圈外에 旅行하는 飛行士에 對한 生理的·生化學的 研究가 最近에 와서 눈부시게 發展하고 있는 것이다^{5,6)}

한편 低壓·低酸素壓狀態下에서의 選手訓練時 生理學的인 面에서 酸素攝取量의 變化나 그의 適應^{7,8)} 問題, 心脈管系의 壓力의 變化⁹⁾ 등은 많은 研究가 되어 왔고, 이점은 時日을 充分히 가지면 馴化가 된다고도 하고¹⁰⁾ 馴化가 않된다고도 하여¹¹⁾ 아직 甲論乙駁下에 있으나 여기서 著者は 低酸素壓下에서 體內에서 일어나는 代謝

를 追求하고 選手管理面에 있어 食事調節을 할 必要性을 認定하여 今般 動物實驗을 通하여 代謝의 變化를 追求하고 우리나라 選手로써 出戰하기 前의 食事構成을 檢討코자 實驗하여 結果를 얻었기에 報告 하는 바이다.

實驗方法 및 實驗材料

1. 實驗材料 :

Splague Dowley(白鼠) 體重 80~100 g 의 것을 購入하여 實驗室 stock diet 로써 飼育하여 (2 週間) 體重이 100~120 g 까지 하여 實驗에 使用하였음.

다음과 같은 群으로 動物를 區分 飼育하였다.

A群 : 高含水炭素食(CHO 85%, Protein 10%)

B群 : 高脂肪食(脂肪 45%, 蛋白質 15%)

C群 : 對照群(CHO 70%, Protein 20%, fat 10%)

各群마다 40 마리씩 8週間 飼育하고 第8週에가서 各群中 10 마리씩을 對照群으로 使用하고 나머지 30 마리씩을 15 마리씩 2群으로 分割하여 其中 1群은 平常氣壓에서 運動을 負荷하고 2群은 大氣壓보다 1氣壓 낮은곳에서 運動을 負荷시켜 血中 glucose, cholesterol, free fatty acid, triglyceride, lactic acid 를 測定하였다.

運動負荷는 22°C 水槽內에서 游泳을 시켰다. 運動負荷時間은 動物이 가락았을 때까지 시켰다.

採血은 斷頭하여 血液을 얻었고 室溫에서 4時間 放置後 血清을 分離하여 實驗에 使用하였다.

血糖量은 Somogy et al¹²⁾法에 依하여 測定하였다.

血中 Lactic acid 量은 Barker 法¹³⁾에 依하여 測定하였다.

血中 total cholesterol 量은 Zack et al 法¹⁴⁾, triglyceride 量은 von Handel 法¹⁵⁾, free fatty acid 量은 Dole 法¹⁶⁾에 依하여 測定하였다.

實驗結果 및 考察

表와 圖 1에서 보는바와 같이 血中 glucose 含量에 있

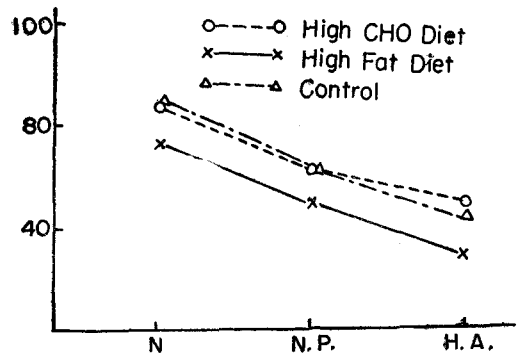


Fig. 1 : Blood Sugar Content of Blood Serum.

어서는 高含水炭素食에 있어서는 運動을 負荷치 않은 群은 stock diet 로 飼育한 動物에 比하여 큰 變化가 없다. 即 82±2.5 mg% 와 85±3.2 mg% 로써 變化가 없다. 한편 高脂肪食에 있어서는 70±3.5 mg% 로써 前兩者에 比하여 約 10% 內外가 적어졌다. 그것이 平地狀態에서 運動을 負荷시키면(對照群에 있어서는 65±2.2 mg%, 高糖質食에 있어서는 72±3.2 mg%, 高脂肪食에 있어서는 50±4.2 mg%로써 高糖質食을 爲始하여 運動을 負荷시키면 血中 glucose 含量이 低下되고 있으나 高脂肪食에서 많은 低下를 가져옴을 볼수가 있다. 이點은 다음 高地狀態에서에도 比較하면 60±3.1 mg%, 75 ± 4.1 mg% 및 45±2.5 mg% 로써 低下率이 一般적으로 平地狀態보다 高地狀態에서 좀 더한듯하나 特히 高脂肪食에 더 큰것을 알 수가 있다. 運動을 負荷시키면 血中 glucose 含量은 低下된다¹⁷⁾. 이것은 運動함으로써 血中 glucose 의 消失이 많은 까닭이다. 特히 高地狀態에 露出시키면 血中 glucose 含量은 갑자기 떨어진다고 하며 이것은 體內 glycogen 含量의 低下를 隨伴한다고 하고 있다¹⁾, 그러기에 一部學者는 運動時 特히 高地狀態에서 의 運動時에 있어서는 糖類를 多量投與함이 運動能力을

Table 1: Blood Serum Contents.

		Blood Sugar (mg %)	Lactic Acid (mg %)	Total cholesterol (mg %)	Triglyceride (mg %)	FFA (mEq/l)
Control Diet group	-None Ex.	85±3.2	2.0±0.5	98±5.2	62±2.3	12±1.4
	-Ex. at NP.	65±2.2	19.8±1.5	70±6.5	70±2.5	78±2.1
	-Ex. at H.A.	50±3.1	30.5±2.5	82±4.3	75±3.5	100±3.5
High CHO Diet group	-None Ex.	82±2.5	2.5±0.7	120±7.0	70±8.2	13±1.5
	-Ex. at N.P.	62±3.2	20.2±1.7	95±6.2	62±5.5	65±1.6
	-Ex. at H.A.	55±4.1	27.5±1.0	70±5.5	60±4.2	75±2.6
High Fat Diet group	-None Ex.	70±3.5	3.5±0.8	172±10.5	132±7.5	28±1.2
	-Ex. at N.P.	50±4.2	27.5±2.5	115±7.2	172±8.1	82±3.2
	-Ex. at H.A.	35±2.5	32.6±4.1	135±8.2	226±9.5	120±7.5

增加시킬 수 있다고 하였다^{18,19}). 그러나 運動時 特別히 高地狀態에서는 氣壓이 大氣壓보다 낮아서 섬유소等의 gas 形成食을 주는 것은 gas 發生을 쉽게 하여 腸內에서 gas 의 팽창으로 腹痛을 가져올 念慮가 있어 이런것은 避하는것이 좋다고 한다. 한편 高空訓練時에도 能力面에서 高蛋白質이나 高脂肪食보다는 高糖質食이 좋다고 한다¹). 이런 點은 著者の 實驗에서도 血中 glucose 含量이 高脂肪食에서 큰 變化를 가져와서 運動能力을 低下시킬 우려가 있어 도리히 高糖質食을 권하고자 한다.

고 運動을 負荷시키면 平地狀態에서는 27.5 ± 2.5 mg%, 高地狀態에서는 32.6 ± 4.1 mg% 로써 上昇率이 前兩者보다 크고 含量에 있어서도 約 80% 以上이 많았다. 一般的으로 運動을 負荷시키면 血中乳酸含量은 上昇하는 것이다¹³). 그것은 運動負荷時 lactic dehydrogenase 上昇을 보아도 우리가 알 수 있다²⁰). 그리고 高地狀態에서는 一般狀態時보다 乳酸의 含量이 많다고 보고 있으나 이 點은 體內代謝가 酸素缺乏狀態에서 變化된다든지¹³) 또는 乳酸이 많아진다는 것으로써²⁰) 알 수가 있다.

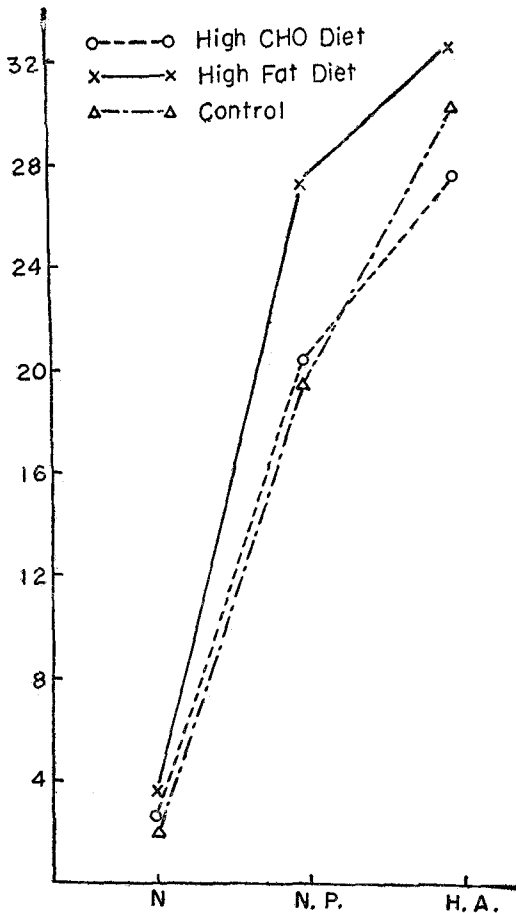


Fig. 2 : Lactic Acid Content of Blood.

血中乳酸含量의 變化에 對하여는 表와 圖 2 에서 보는 바와 같이 對照群에서는 運動을 負荷치 않는 狀態에서는 2.0 ± 0.5 mg% 이던것이 運動을 負荷하면 平地狀態에서는 19.8 ± 1.5 mg%, 高地狀態에서는 20.5 ± 2.5 mg% 로써 運動負荷로 約 200% 增加됨을 알았다. 高糖質食에 있어서는 2.5 ± 0.7 mg% 이던것이 運動을 負荷하면 平地狀態에서는 20.2 ± 1.7 mg%, 高地狀態에서는 27.5 ± 1.0 mg% 로써 이것亦是 上昇하고 있다. 高脂肪食에 있어서는 3.5 ± 0.8 mg% 로써 三群中 가장 平常時에도 높았

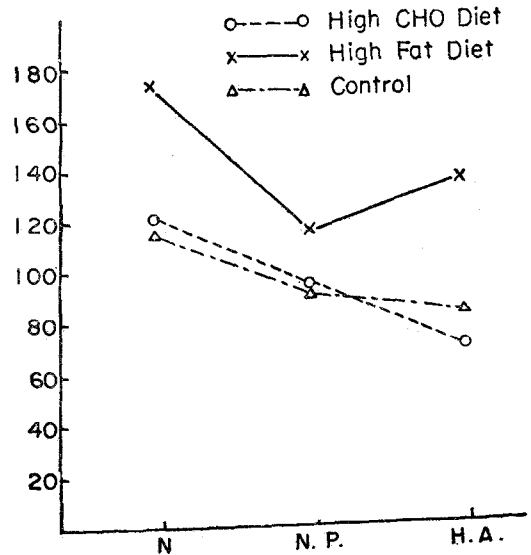


Fig. 3 : Total Cholesterol Level of Blood Serum.

血中 total cholesterol 含量에 있어서는 表와 圖 3 에서 보는바와 같이 對照群에 있어서는 運動負荷치 않는 狀態에서는 98 ± 5.2 mg%, 運動負荷時 平地狀態에서는 70 ± 6.5 mg%, 高地狀態에서는 82 ± 4.3 mg% 로써 若干 低下되고 있고 高地狀態에서 若干 低下率이 적었다. 高糖質食에 있어서는 120 ± 7.0 mg% 이던것이 運動을 負荷하면 平地狀態에서 95 ± 6.2 mg%, 高地狀態에서 70 ± 5.5 mg% 로써 亦是 運動을 負荷하면 低下되고 있었다. 한편 高脂肪食에 있어서는 運動을 負荷치 않은 群에 있어서는 172 ± 10.5 mg% 이던것이 運動負荷時에는 平地狀態에서 115 ± 7.2 mg%, 高地狀態에서 135 ± 8.2 mg% 로써 低下는 되고 있으나 高脂肪食에서 前兩群에 比하여 血中 total cholesterol 含量이 約 100% 많았다. 이點은 高脂肪食이 total cholesterol 含量을 增加시킨다는것과 一致한다. 그리고 運動을 負荷하면 血中 total cholesterol 含量이 低下된다고 하며²¹) 特別히 高地에 露出시키면 初期에는 thyroxine 分泌가 上昇한다고 하고 있어⁶) 이런 點을 보아 血中 total cholesterol 含量이 高地狀態에서 더 低下될 것이나 著者の 實驗結果로는 큰 變化가 없었다.

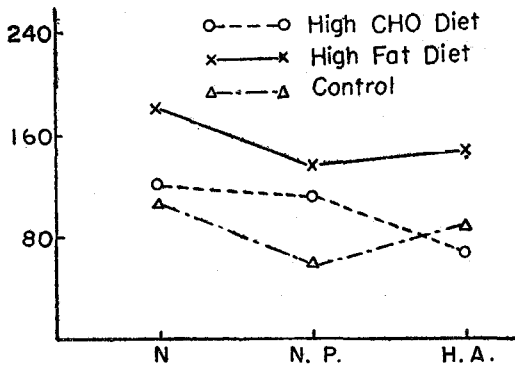


Fig. 4 : Triglyceride Content in Blood Serum.

血中 triglyceride 含量的變化에 있어서 表와 圖 4에서 보는바와 같이 對照群에 있어서는 運動을 負荷치 않은 群에 있어서는 $62 \pm 2.3 \text{ mg\%}$ 이던것이 運動을 負荷하면 平地狀態에서는 $70 \pm 2.5 \text{ mg\%}$, 高地狀態에서는 $75 \pm 3.5 \text{ mg\%}$ 로써 運動負荷로 若干 上昇하나 이것은 運動負荷로 脂肪의 動員이 많아진다는 것을 말한다²⁾. 高糖質食에 있어 運動을 負荷치 않은 狀態에서는 $70 \pm 8.2 \text{ mg\%}$ 이던것이 運動負荷로 平地狀態에서는 $82 \pm 5.5 \text{ mg\%}$, 高地狀態에서는 $90 \pm 4.2 \text{ mg\%}$ 로써 約 10~15%의 上昇率 이 있고 特히 高地에서 上昇率 이 크다. 高脂肪食에 있어서는 運動을 負荷치 않은 群은 $132 \pm 7.5 \text{ mg\%}$ 이던것이 運動負荷로써 平地狀態에서 $176 \pm 8.1 \text{ mg\%}$, 高地狀態에서 $226 \pm 9.2 \text{ mg\%}$ 로써 그 上昇率 이 8~10% 이고 特히 高地狀態에서 上昇率 이 크다. 그리고 高脂肪食에 있어서는 高糖質食이나 對照食에 比하여 血中 中性脂肪 含量이 約 100% 以上 높았고 脂肪動員도 크다고 보았다. 이點은 血中脂肪量이 食餌性에 依하여 크게 左右된다고 하였고²⁾, 한편 高地狀態에서 脂肪動員이 크다는것도 알

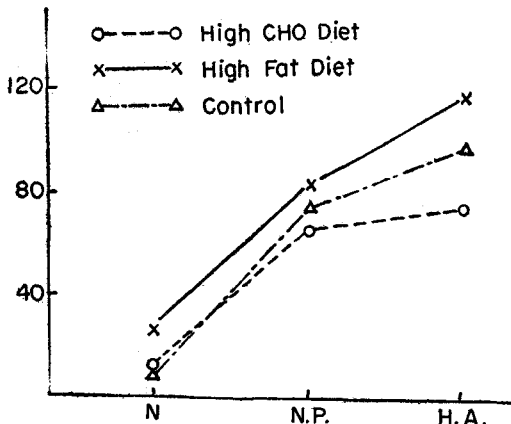


Fig. 5 : Free Fatty Acid Content of Blood Serum.

게 되었다.

血中 遊離脂肪酸含量(FFA)의 變化는 表와 制 5에서

보는 바와 같이 對照群에 있어서는 運動을 負荷치 않은 群은 $12 \pm 0.4 \text{ mEq/l}$ 이던것이 運動負荷時에는 平地狀態에서 $78 \pm 2.1 \text{ mEq/l}$, 高地狀態에서 $100 \pm 3.5 \text{ mEq/l}$ 로써 亦是 運動負荷로써 血中 FFA 含量이 增加되고 있고 特히 高地狀態에서 增加率 이 크다. 그러나 이것은 Gollnick²⁾ Jones^{23,24,25)}에 依하면 運動은 FFA의 動員을 增加시키고 한편 體內에서 FFA의 酸化도 促進시킨다고 하고 있다. 그러나 高地狀態에서 平地狀態보다 增加率 이 많은 것은 脂肪酸酸化에는 酸素消耗量이 많다. 그래서 低壓, 低酸素狀態에서는 必要에 따라 動員이 많이 되나 酸化過程이 運營이 여의치 않아 體內에 축적된다고 본다. 高糖質食에서 運動負荷치 않은 群은 對照群보다 若干 적어 $13 \pm 0.5 \text{ mEq/l}$ 이던것이 運動負荷時에는 平地狀態에 있어서는 $65 \pm 1.6 \text{ mEq/l}$ 高地狀態에서 $75 \pm 2.6 \text{ mEq/l}$ 로써 增加는 하고 있으나 對照群보다 增加率 이 알은 것을 알수가 있다.

高脂肪食에 있어 運動을 負荷치 않은 群은 $28 \pm 1.2 \text{ mEq/l}$ 로써 對照群 보다 120% 以上の 含量을 가지고 있으며 運動負荷時에 平地狀態에서는 $82 \pm 3.2 \text{ mEq/l}$ 이나 高地狀態에서는 $120 \pm 7.5 \text{ mEq/l}$ 라고 되어 있다. 이것은 高脂肪食에 있어서는 高糖質食이나 對照食에 比하여 血中 FFA 含量이 增加됨을 알수가 있으며 運動時 體內에서 일어나고 있는 脂肪動員이나 酸化狀態를 알수가 있다.

이런 것들은 우리에게 高空飛行士나 高地狀態에 있어서의 訓練中인 運動選手에서 食餌로 오는 運動能力의 變化를 招來 할수가 있다고 보게 되며 特히 1968年度 世界 올림픽大會가 海拔 2400 M의 Mexico市에서 開催됨에 있어 選手訓練時 또는 現地에 到着後 選手들의 食事管理面에서 慎重히 考慮할 問題라고 보고 있다. 한편 食鹽 攝取가 高地에서의 身體條件에 크게 關與 된다고 한다. 이點은 우리같이 食鹽攝取가 西歐人에 比하여 2倍以上 이 되는 우리로써 많은 關心을 가질 수 있는 것이라고 보고 있다.

結 論

著者は 高地活動時의 運動能力에 미치는 食事構成을 研究하여 아래와 같은 結論을 얻었다.

1. 高地에서는 高蛋白, 高脂肪食 보다는 高糖質食이 運動能力에 좋은 影響을 주었다.
2. 섬유소質은 可能な 限 制限함이 좋다고 본다.
3. 特히 運動直前에는 많은糖質을 攝取함이 좋다.

References

- 1) J. Bergerstrom et al: *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 19, 218, 1967.
- 2) P.D. Gollnick: *Am. J. Physiol.*, 213, 734, 1967.

- 3) K.Y. Lee, et al: *J.K.M.A.* 7 929. 1964.
- 4) E.C. Foltz et al: *Gastroenterology* 2. 323. 1944.
- 5) J.A. Vogel et al: *J. Appl. Physiol.* 22. 1124. 1967.
- 6) M.I. Surks et al: *J. Clin. End. Met.* 27. 789. 1967.
- 7) J.A. Vogel et al: *J. Appl. Physiol.* 23. 531. 1967.
- 8) D.B. Dill et al: *J. Appl. Physiol.* 23. 85. 1967.
- 9) J.A. Faulkner et al: *J. Appl. Physiol.* 22. 85. 1967.
- 10) M. Ehgai: *unpublished*.
- 11) M. Ehgai: *unpublished*.
- 12) Shaffer-Hartman-Somogi: *J. Lab. Clin. Med.* 34. 713. 1949.
- 13) Barker & Summerson: *J. Biol. Chem.* 138. 535. 1941.
- 14) B. Zack et al: *Am. J. Clin. Path.* 24. 1307. 1954.
- 15) E. Von Handel et al: *J. Lab, Clin. Med.* 50. 152, 1957.
- 16) C.S. Lieber et al: *J, Lab. Clin. Med.* 59, 826. 196
- 17) F.D. Blume et al: *J. Appl. Physiol.* 22, 75, 1967.
- 18) E.S. Sundström et al: *Mem. Univ. Calif.* 12. 1, 1942.
- 19) P.S.R. Timiras et al: *Am. J. Physiol.* 193. 415, 1958.
- 20) P.D. Gollnick et al: *J. Appl Physiol.* 22, 623. 1967
- 21) C.H. Lee: *Unpublished*
- 22) N.E. Sung: *Seoul J. Med.* 3. 247, 1962.
- 23) N.U. Jones et al: *Am. J. Physiol.* 213. 824, 1967.
- 24) R.J. Havel et al: *J. Appl. Physiol.* 19. 613, 1964.
- 25) R.J. Havel et al: *J. Clin. Invest.* 42. 1054, 1963.