

# 高糖質食餌가 正常쥐와 Alloxan 糖尿쥐의 血糖量과 血清脂質成分에 미치는 影響

李容億·盧長淑·申雪容

明知大學校 理科學 營養食品學科

## Effects of High Carbohydrate Diets on Serum Glucose and lipid Values of Normal and Alloxan-Diabetic Rats

Lee, Yong-Ock · Noh, Jang-Sook · Shin, Sul-Yong

*Dept. of Food and Nutrition, College of Science,  
Myong Ji University*

(Received February 21, 1985)

### ABSTRACT

The possible effects of 10% carbohydrate containing diets on the serum glucose and lipids values were studied with normal and alloxan - diabetic male rats for a period of 28 days. The diets were supplemented with either glucose, cornstarch or sucrose, fructose or the basal diet containing no added carbohydrates.

After this period, 3 to 4 rats among the each group were killed and samples of serum, liver, spleen and kidney were collected. The others were rendered diabetic by the intraperitoneal injection of Alloxan ( $190\text{mg}/\frac{\text{wt}}{\text{kg}}$ ). Then original feeding schedule was continued for 3 days in all five diabetic groups, before the collection of tissue samples and serum.

Feeding the nondiabetic rats with glucose and fructose delayed the bodyweight development relatively compared with nonsugar group.

The weight deductions after alloxan injection were similar in all feeding groups.

All diabetic animals exhibited increased blood glucose, triglyceride levels but almost unchanged total-cholesterol values.

Blood glucose values for nondiabetic rats were normal ranges, and then the glucose feeding group was the lowest value. And glucose values for diabetic rats fed cornstarch were the lowest and glucose group was the highest.

Total - cholesterol values were the highest in nondiabetic rats fed glucose, fructose and in diabetics fed sucrose, glucose.

Triglyceride values were the highest in nondiabetic rats fed sucrose, and no difference in diabetic rats.

Some cornstarch group exhibited fatty-livers in diabetic and nondiabetic, and more studies need.

## I. 序 論

에너지의 供給源과 血糖量의 調整을 위하여 필요한 炭水化合物은 한 나라 및 個人的 經濟力에 따라서 攝取되는 種類와 量, 그리고 形態를 달리하고 있다. 經濟力이 上昇하면 이 炭水化合物의 攝取量은 低下되고 단당류에 의하여 複合당질의 섭취량도 低下한다고 한다.<sup>1,2)</sup>

우리 나라의 경우에도 漸次的으로 經濟成長과 더불어 炭水化合物의 섭취 비율이 低下되는 반면 精製糖의 消費가 늘어나고 있다. 이 精製糖의 過한 攝取는 당뇨병이나 심장병과 관련된 高인슐린症(hyperinsulinism), 高中性脂質症(hypertriglyceridemia) 인슐린 抵抗症(insulin resistance) 그리고 糖不耐症(glucose intolerance) 등을 誘發시켜 國民健康을 威脅하고 있다.<sup>3)</sup>

즉 過量的 食糖 消費는 糖耐力(glucose tolerance)과 血清인슐린과 中性脂質值에 損傷을 입혔으며<sup>4-6)</sup> 또한 血糖과 인슐린과의 反應에도 損傷을 가져왔고<sup>7)</sup> 脂肪의 合成을 促進시키는 酵素인 glucose-6-P DH (dehydrogenase)와 malic enzyme의 活性化가 높아짐으로 肝과 血漿내의 中性脂 量이 上昇하였다는 報告도 있다.<sup>8,9)</sup>

또한 요사이 果糖이 健康食品과 糖尿病治療食品인 甘味料로써 個人 뿐 아니라 商業的인 用度로써 대두하고 있는데<sup>10)</sup> 이 과당의 과용도 대사이상을 일으킨다는 報告가 많이 있다. 즉, glycerophosphate의 생성<sup>11)</sup>과 지방산합성<sup>12)</sup>의 上昇에 의해 中性脂質值의 상대적인 上昇<sup>13-17)</sup> 및 녹말이나 포도당 食餌에 비해 高果糖食餌는 간과 혈액에서 lipogenic enzyme의 活性化로<sup>18,19)</sup> 혈액의 지방함량(lipid content)이 상승하는 반면 간의 글리코겐량이 低下하였다는 報告가 있었다.<sup>17)</sup>

그러나 이와같은 精製糖의 바람직하지 못한 營養에 反하여 人體 및 動物에게 有意한 영향이 없었거나 개선 효과가 있었다고 발표하기도 하였다. 즉 인간의 경우 食糖 食餌가 다른 食餌에 比하여 糖耐力에 뚜렷한 損傷을 나타내지 않았다고 하였으며<sup>20)</sup> 다른 研究에서는 高糖質食餌조차도 正常人에게 糖代謝의 개선 작용을 가져왔으며<sup>21)</sup> 특히, 糖尿群을 대상으로 하였던 실험에서 高糖質食餌가 인슐린 분비를 증가시키지 못함으로 인하여 지질조직층의 포도당의 이동률(transport rate), 산화율(oxidation rate) 그리고 지방합성률(lipogenesis rate)에 有意한 변화가

일어나지 않았다고 한다.<sup>22)</sup> 또한 低糖質食餌와 高糖質食餌와의 비교 실험에서는 고당질식이 糖尿群의 糖과 中性脂質值을 저당질식에 비해 有意하게 변화시키지 못하였다고 한다.<sup>24)</sup> 특히 어느 특정 糖尿患者에게는 아주 바람직한 結果를 나타내기도 하였다.<sup>21,26,27)</sup> 한편 Thompson의 연구에 의하면 供給한 糖質의 종류와 양에 따라 血漿인슐린과 血糖量의 向上성을 변화시키지 않았다고 하였는데<sup>25)</sup> 이로써 正常人들은 높은 수준의 糖質 및 정제당을 섭취한다고 해도 정상적인 糖耐力과 혈당과 인슐린 사이의 向上성이 유지된다고 할 수 있다고 생각한다.<sup>28,29)</sup>

그러나 精製糖의 과한 攝取는 脂肪合成反應과 관련된 동맥경화증, 당뇨병, 비만증 그리고 혈관 및 심장의 장애 등의 발병요인중에 하나가 될 수 있다고 생각한다.<sup>3,5)</sup>

그러하여 本人은 本研究에서 옥수수녹말, 설탕, 과당, 그리고 포도당의 4 가지 당공급원중에서 한 가지씩을 10% 첨가한 高糖質食餌를 攝取한 正常群과 alloxan 糖尿群으로써 實驗하여 고당질식이 血清의 혈당치와 지질성분에 미치는 影響을 측정하여 이에 발표하는 바이다.

## II. 實驗材料 및 方法

### 1. 實驗動物

實驗動物은 서울보건대에서 구입한 Sprague-Dawley系 흰 쥐(雄) 63마리(실험초기 평균體重 139.4 ± 18.98g)를 대상으로 하였다. 實驗食餌 投與前에는 시판고형사료(삼양사료 Co.)로 1週間 豫備飼育하여 順應시킨 다음, 任意로 非糖群과 B, C, D, E, 등 5개 群으로 나누었고 1個群에는 12마리씩으로 하여서 한 케이지당 6마리씩으로 分離하여 4주간 實驗飼育을 하였다.

또한 豫備飼育 直後 實驗初其狀態 檢證을 위하여 3마리의 흰 쥐를 犧牲시켰으며 實驗開始 4週後에는 각 群에서 비교적 體重이 적게 나가는 흰 쥐 3~4마리를 選別하여 正常群으로 하여 犧牲시켰다. 그리고 각 群의 나머지 흰 쥐는 Alloxan—당노병을 誘發시켜 Alloxan—糖尿群으로 하여 같은 實驗食餌를 3일 더 供給한 後 犧牲시켰다.

食餌攝取量과 體重增加量은 週 1회 측정하였으며 實驗食餌와 물은 자유로이(ed libitum) 攝取할 수 있도록 하였다.

### 2. 實驗食餌 調整

Table 1. Composition of Experimental diet

Group	Diet	No. of rats	period (day)	
			Normal	Alloxan
Non Sugar	(A) S, D.	12	28	31
Corn-Starch	(B) S, D. +CS	12	28	31
Sucrose	(C) S, D. +S	12	28	31
Glucose	(D) S, D. +G	12	28	31
Fructose	(E) S, D. +F	12	28	31

S, D. : Standard diet  
 CS : 10% Corn-Starch  
 S : 10% Sucrose  
 G : 10% Glucose  
 F : 10% Fructose

實驗食餌는 Table 1에서와 같이 분말로 된 동물용고형飼料에 10%의 옥수수녹말, 설탕(삼양설탕 Co.), 포도당(獻약품 Co.), 그리고 과당(서독 LOR ENZ+LIHN 社)을 添加하여 물로 반죽하였으며, 다음에 일정한 모양으로 빚어서 전기오븐에서 48시간 저온건조시킨 고형화된 飼料을 供給하였다. 반면 非糖群은 시판고형飼料을 그대로 供給하였다.

3. 實驗方法

(1) 採血 및 血清과 臟器의 採取

實驗食餌로 飼育된 흰 쥐를 1일 絶食시키고 나서 무마취 상태에서 경정맥을 절단하여 실험관에 採血한 후 3000rpm으로 15分間 원심분리하여 상등액인 血清을 얻었으며 血液採取 直後에 腹部를 切開하여 간, 지라, 그리고 콩팥을 取하여 그 무게를 測定하였다.

(2) 血清分析

가. 血清 glucose 測定

血清 glucose 含量은 Glucose-E kit(영동시약 Co.)을 使用하여 測定하였다. 즉 試料 및 血清을 0.02ml씩 精確히 取하여 試驗管에 각각 넣고 발색시약을 3ml를 加하여 잘 混들어서 混합한 다음 37°C 수조에서 5分間 作用시킨다. 그리고 나서 발색시약을 평검으로 하여 분광광도계(spectro-photometer)에 波長 505nm에서 흡광도를 測定하였다. 그리하여 血清 glucose 含量은 다음 式에 의해 산출하였다.

$$\text{血清中的 glucose 含量} = \frac{\text{검체혈청의 흡광도}}{\text{표준액의 흡광도}} \times 200 \text{ (mg/100ml)}$$

나. 總 cholesterol 量 測定

血清 總 cholesterol(T-chol.)은 cholesterol 測定用 시약(한국시약 Co.)을 使用하여 測定하였다. 그 方

法은 試料血清 및 표준血清 0.1ml를 피펫으로 精確히 取하여 試驗管에 각각 넣고 발색시약 5ml를 加하여 잘 混들어서 混합한 다음 37°C 물은 中탕에서 10分間 加溫하여 분광광도계의 625nm에서 흡광도를 測定하였다. 血清 總 chol. 量은 다음 式에 의해 산출하였다.

$$\text{血清中的 總 chol. 量} = \frac{\text{시료혈청의 흡광도}}{\text{표준액의 흡광도}} \times 200 \text{ (mg/100ml)}$$

다. Triglyceride 量 測定

血清 triglyceride(TG)值은 Enzymatic Abbott-Triglyceride 測定用 試藥을 使用하여 測定하였다. 그 方法은 血清 10ml를 取하여 試藥 250ml를 加하여 Abbott-200 自動分析樣械에서 uv 波長 340nm와 380nm의 複數波長에서 uv 法으로 測定하였는데 reaction type은 down이었으며 end point 方法을 이용하였다.

(3) Alloxan 糖尿病 誘發 方法

Alloxan 糖尿 쥐는 각 群중에서 比較적 體重이 많이 나가는 쥐를 選別하여 24時間 충분히 絶食시키고 後, 體重을 다시 한 번 측정하여 그 體重에 따라 精確하게 alloxan(日本, Sigma Co.)을 체중 kg 당 190mg을 生理的 食鹽水에 녹인 1cc를 15分이내에 복강내 주사하였다.

II. 結 果

1. 成長過程

實驗食餌는 Table 1에 표기한대로 供給하였으며 alloxan 投入 前까지의 實驗動物의 體重增加量, 成長率, 飼料攝取量, 그리고 飼料效率(FER)을 Table 2에 나타내었다.

이 結果에 따르면 체중증가량은 설탕을 添加한 C群을 제외하고는 모든 糖質群이 非糖群인 A群보다 낮았는데 특히 포도당을 添加한 D群이 A群보다 아주 低調하였다. 그 다음 成長率을 보면 과당을 添加한 E群과 D群이 A群에 비해 아주 낮았으며 옥수수 녹말을 添加한 B群이 C群보다 근소하게 큰 값을 보였고 飼料攝取量은 A群이 가장 컸으며 나머지 糖質群들은 거의 비슷하였다. 한편, 각 群의 飼料效率을 살펴보면 D群이 A群 및 다른 糖質群보다 낮은 傾向을 나타내고 있었는데 B群과 C群은 비슷한 飼料效率을 나타내었다.

Table 3에는 Alloxan 投入 後 3日間の Alloxan 糖尿 群의 體重變化를 나타내었다. 모든 實驗群이 添加한 糖의 종류와는 상관없이 평균 10% 내외의 체

Table 2. Effect of Experimental diet on Growth rate, Body weight, Food intake, and FER

Group	Body weight		Growth rate (%)	Body wt. gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER <sup>b)</sup>
	Initial	Final				
	(g)	(g)				
Non Sugar (A)	1359 ± 6.67 <sup>a)</sup>	251.9 ± 32.61	85.4	4.14	18.96	0.22
Corn Starch (B)	1214 ± 6.3	228.3 ± 31.85	88.1	3.82	15.31	0.25
Sucrose (C)	1342 ± 7.69	252.2 ± 43.75	87.9	4.21	16.04	0.26
Glucose (D)	1474 ± 3.93	239.2 ± 26.21	62.3	3.28	16.08	0.20
Fructose (E)	1464 ± 4.27	245.1 ± 36.35	67.4	3.52	16.12	0.22

a) mean ± SD

b) FER: food efficiency ratio

Table 3. Body weight decrease in Alloxan diabetic Rats

Group	Body weight decreases (g)		Decrease rate (%)
	Normal Rats	Alloxan treatment	
Non Sugar (A)	241.0 ± 13.48	213.1 ± 17.50	12.0
Corn - Starch (B)	216.3 ± 58.76	199.1 ± 38.14	8.0
Sucrose (C)	247.1 ± 26.33	217.9 ± 19.43	11.8
Glucose (D)	223.4 ± 26.7	193.5 ± 8.27	13.3
Fructose (E)	249.8 ± 82.01	215.1 ± 99.58	13.9

Table 4. Weight of Liver, Spleen, and Kidney in Normal and Alloxan diabetic Rats

Group	(g/body wt. 100 g)					
	Normal			Alloxan		
	Liver	Spleen	Kidney	Liver	Spleen	Kidney
Initial	3.65	0.69	0.92			
Non Sugar (A)	3.08	0.57	0.78	3.08	0.40	1.04
Corn Starch (B)	3.76	0.54	0.80	4.0	0.39	0.99
Sucrose (C)	3.66	0.72	0.78	3.54	0.35	1.25
Glucose (D)	2.78	0.57	0.80	3.10	0.27	1.32
Fructose (E)	3.33	0.63	0.88	3.83	0.30	1.09

중감소를 보이고 있으며 특히 D群과 E群이 각각 13.3과 13.9로 가장 적게 감소했던 B群보다 약 5~6% 정도 더 감소하였다.

## 2. 臟器別 무게

Table 4에 모든 臟器의 무게를 體重 100g 당으로 환산하여 나타내었다. 우선 肝의 경우에 正常群에선 A群의 肝무게가 초기 A群보다 많이 작았으나, D群을 除外한 모든 糖質群에서는 A群보다 增加하였으며 그 중 B群이 가장 增加하였다. Alloxan 群에서는 A群보다 모든 糖質群이 增加하였으며 正常群과

마찬가지로 D群이 가장 적게 增加하였고 B群이 가장 많이 增加하였다.

지라의 무게는 正常群의 경우 B群을 제외하고는 糖質群이 비교적 무거웠으며 그 중 C群이 가장 무거웠고 B群이 가장 가벼웠다. 그리고 Alloxan 群에서는 正常群보다 지라의 무게가 모두 가벼워졌으며 A群이 다른 糖質群보다 무거웠고 당질군중에서는 D群이 제일 가벼웠다.

콩팥의 무게는 正常群에서 A群이 가장 많이 增加하였으며 C群이 가장 적게 增加하였다. 그리고 Alloxan 群에서는 D群이 다른 群보다 가장 많이 증

가하였으며 B群이 가장 적게 증가하였다.

正常群과 Alloxan 群을 비교하여 보면 肝과 췌장의 무게는 正常群보다 Alloxan 群에서 큰소하게나마 증가하였으나 지라의 무게는 아주 감소한 것을 알 수 있었다.

3. 血清 glucose 의 含量

Table 5에 正常群과 Alloxan 糖尿群의 血清 glucose 量을 나타내었다. 모든 正常群의 血清 glucose 量은 10%의 糖을 더 첨가한 食餌를 4週 攝取한 後에도 正常的인 血清 glucose 의 含量(70~110)을 維持하고 있었다.

우선 正常群에서 C群과 E群은 A群과 거의 비슷한 血清 glucose 量을 나타내고 있는 한편 D群은 실험개시할 때의 血清 glucose 含量보다도 낮았으며 특히 A군, B군, 그리고 C군보다 有意하게 낮은 값을 보였다. 그리고 Alloxan 군에서는 모든 群의 血清 glucose 含量이 正常群보다 약 4배정도 증가한 것을

Table 5. Levels of Serum Glucose in Normal and Alloxan diabetic Rats (mg/100 ml)

Group	Serum Glucose	
	Normal	Alloxan
Initial	8824 ± 0.0 <sup>a)</sup>	
Non Sugar (A)	923 ± 5.8	4037 ± 135
Corn-Starch (B)	890 ± 8.6	3739 ± 79 <sup>1)</sup>
Sucrose (C)	910 ± 4.2	4324 ± 307
Glucose (D)	740 ± 2.5 <sup>1)</sup>	4316 ± 51 <sup>1)</sup>
Fructose (E)	924 ± 4.0	4116 ± 194

a) mean ± SD

1) P < 0.01 (between A and B, C, D, E)

관찰할 수 있었으며 A群에 비하여 B群은 有意하게 낮았으며 D群은 有意하게 높았음을 알 수 있었다.

4. 血清總 Cholesterol 과 Triglyceride 의 含量

Table 6에 總 chol. 과 TG 값을 나타내었다. 먼저 總 chol. 량은 실험개시 때의 값이 正常群의 A群보다 약간 작았으며 다른 糖質群들은 A群보다 모든 群의 값을 나타내었는데 그중 D群과 E群은 有意하게 증가하였고 B群과 C群은 A群과 비슷하였다. 그리고 Alloxan 群에서는 모든 糖質群들이 A群보다 높은 總 chol. 량을 나타내었는데 그 값은 정상群에 비하여 크게 증가한 것은 아니다. 특히 실험개시 때보다도 Alloxan 을 투여한 後 A群의 總 chol. 량이 약간 낮았으며 그 반면 正常群에서는 낮은 값을 나타내었던 C群이 Alloxan 糖尿群에서는 가장 높은 含量을 기록하였으며 D群이 A群에 비해 有意하게 낮았고 E群도 낮은 편이었다.

TG 値는 실험개시 때의 값이 正常群의 A群의 量과 비슷하였는데 B群을 除外한 모든 群은 A群보다 TG 의 값이 증가하였는데 그중 C群이 有意性있게上昇하였고 D群과 E群은 비슷한 값을 보였다. Alloxan 群에서는 食餌에 따른 有意한 차이가 나타나지 않았으나 C群이 가장 높았다. 그리고 모든 群의 값은 정상군보다 3배정도 증가하였다.

IV. 考 察

本 實驗은 糖質을 添加한 食餌가 糖質을 添加하지 않은 食餌보다 10% 더 많은 糖質을 含有하고 있으므로 4週동안 高糖質食餌를 攝取함으로써 생길 수 있는 당이용력과 지방합성과 관련된 血糖量과 血液

Table 6. Levels of Serum T-cholesterol and Triglyceride in Normal and Alloxan diabetic Rats (mg/100 ml)

Group	Total Cholesterol		Triglyceride	
	Normal	Alloxan	Normal	Alloxan
Initial	63.38 ± 0.077 <sup>a)</sup>		107.7 ± 6.9	
Non Sugar (A)	67.19 ± 5.34	63.09 ± 4.17	103.8 ± 11.2	376.5 ± 54.2
Corn-Starch (B)	68.33 ± 6.47	77.63 ± 13.4	90.5 ± 0.5	382.0 ± 58.2
Sucrose (C)	70.31 ± 2.99	109.9 ± 15.77 <sup>2)</sup>	162.3 ± 24.3 <sup>1)</sup>	404.5 ± 44.02
Glucose (D)	118.33 ± 33.4 <sup>1)</sup>	75.31 ± 5.96 <sup>1)</sup>	119.0 ± 28.0	341.5 ± 66.3
Fructose (E)	87.50 ± 13.5	71.25 ± 5.33	112.0 ± 6.2	321.0 ± 58.4

a) mean ± SD

1) P < 0.05 (between A and B, C, D, E)

2) P < 0.01 (between A and B, C, D, E)

脂質成分의 변화를測定하여 보았다.

즉 供給한 糖質食餌中 특히 澱粉과 과당이 正常 쥐(Normal rat)에게 高血糖症, 高中性脂質血症 그리고 高콜레스테롤血症의 誘發原因이 되는가와 分명한 糖尿症狀을 나타내는 Alloxan 糖尿쥐에서도 糖質食餌로 인한 有意性있는 변화가 나타나는가를 研究하는 데 중점을 두었다.

우선 體重增加量과 成長率을 살펴보면 非糖群에 比하여 澱粉群이 增加하였는데 이는 澱粉이 體重增加와 칼로리 섭취의 主要原因物이라고 하였던 報告와 一致하며,<sup>30)</sup> 營養學的으로 完全한 動物用飼料에 糖質을 더 添加하였다 할 지라도 本實驗의 과당과 포도당群의 저조한 體重增加量과 飼料效率등은 本研究에서 使用한 高糖質食餌가 체중증가와 성장물에 別效果가 없었음을 時事해 주었다. 이런 結果는 표준食餌만을 供給한 群보다 糖을 添加한 群 모두가 현저한 體重增加를 보였다는 Robin<sup>31)</sup>의 報告나 포도당群이 과당이나 옥수수녹말群보다 큰 체중 증가가 있었다는 Yohko<sup>32)</sup>와 Louise<sup>33)</sup>의 報告와 一致하지 않았다. 또한 臟器의 무게를 살펴보면, 모든 實驗食餌群들이 初期 非糖群의 臟器무게보다 有意하게 上昇하지 않은 것으로 보아 4週間의 高糖質食餌가 體重 및 成長率 뿐 아니라 臟器의 成長에도 영향을 크게 못미친 것으로 보인다.

다음으로 血清 glucose의 含量에 관하여 言及하여 보면, 糖質食餌群 모두가 正常血糖值을 有持하고 있는데 그 중 포도당群이 非糖群이나 다른 糖質群보다 有意하게 낮은 것 外에는 糖質群과 非糖群 사이에는 차이가 없었다. 이 結果는 Wenju Lin과 一致하는 것으로써 그는 高糖質食餌(72% 澱粉)가 糖耐력에 有意한 영향을 안 미치는데 이는 實驗用 흰쥐의 종류와 유전적인 차이에 의해 다른 研究와 차이가 나는 듯 싶다고 說明하였다.<sup>34)</sup>

Thompson의 報告에 의하면 正常人의 총에너지의 45%와 65%를 澱粉과 콘시럽으로 供給한 食餌를 攝取하였을 때 供給한 量과 形態의 차이에 따라 인슐린과 血糖농도의 恒常性이 변하지 않았으며 糖耐력에 대한 glucose와 인슐린의 糖반응은 그들의 恒常성에 精確하게 영향을 주는 것은 아니라고 하였다.<sup>35)</sup>

또한 血糖值을 조절하는 호르몬인 인슐린은 그 能力이나 分泌率이 加水分解의 여부에 의한다가 보다는 腸壁(intestinal wall)에서의 吸水力에 의한다는 報告가 있었다.<sup>36)</sup>

또한 실험대상물이 인슐린分泌를 增加시키는 高糖質食餌를 감당할 수 있다면 高糖質食餌가 glucose의

이동율, 산화율, 그리고 지방합성율을 향상시킨다고도 한다.<sup>37)</sup>

이와같은 報告와 더불어 本研究의 結果는 本實驗에서 使用한 糖質의 수준 및 攝取期間으로는 糖代謝나 脂肪代謝의 이상에 의한 hyperglycemia가 誘發하지 않은 것으로 사려된다.

그러나 54%의 澱粉과 澱粉食餌를 11~13週間인 供給한 實驗에서 sucrose가 plasma 인슐린과 血糖值나 腹腔내의 糖耐力이 澱粉食餌보다 높았는데 이는 澱粉食餌가 糖耐력에 바람직하지 못한 영향을 미치는 證據가 되며<sup>38)</sup> 다른 報告에서는 高澱粉食餌에 의한 糖耐력의 損傷은 인슐린의 生物學的 活性(insulin-like activity)을 低下시켰고 또한 肝의 脂肪축적도 다른 糖質群보다 增加하였다고 한다.<sup>4)</sup>

그리고 14% 과당食餌도 長期間 給食하였을 때 옥수수 澱粉과 과당을 혼합한 食餌群이 옥수수 澱粉食餌群보다 血糖量이 높았으며 특히 9個月과 15個月에서 높았다고 한다.<sup>40)</sup>

그러므로 高精製糖質食餌의 長期間의 攝取는 glucose와 脂肪代謝 이상에 의한 糖尿病, 心臟病 그리고 動脈硬化症의 誘發原因이 될 수 있으므로 食餌調節에 의한 危險因子를 잘 조절할 필요가 있다고 생각한다.

또 한편 本研究의 糖尿群의 血清 glucose 含量이 正常群에 比해 有意하게 上昇하였으며 특히 非糖群에 比해 옥수수 澱粉群이 有意하게 低下하였으며 포도당群은 有意하게 上昇하였는데 그 중에 포도당群의 上昇은 45~65%의 糖質을 含有한 食餌를 攝取한 健康人과 糖尿病患者를 대상으로 하였던 報告와 비슷한 結果로써 供給하는 당공급원물 澱粉에서 옥수수시럽을 含有한 다른 糖質食餌로 바꾸었을 때 당뇨병 환자의 血糖量은 옥수수시럽, 과당-옥수수시럽, 그리고 포도당-옥수수시럽의 順으로 높게 나타난 반면 健康人은 血糖值의 변동이 有意하게 생기지 않았으며 또한 血糖과 인슐린의 恒常性도 변하지 않았다고 하였다.<sup>29)</sup>

하지만 streptozotocin-糖尿쥐에 4%의 糖을 含有한 食水를 供給하였던 實驗에서는 糖尿群 사이에서 血糖值의 차이가 없었으나 正常群에서는 포도당群과 과당群이 非糖群보다 높아짐으로써 本實驗의 糖尿群에서의 有意性있는 차이 및 正常群의 포도당群이 다른 糖質群보다 有意하게 낮은 값을 나타낸 결과와 一致하지 않았다.<sup>32)</sup>

그런데 攝取한 糖質의 종류와는 상관 없이 나타난 糖尿群의 血糖值의 上昇은 왕성한 글리코겐 분해(glycogenolysis)가 일어났음을 알려주는 것으로써

특히 포도당群에서 두드러졌던 것 같다. 그러나 어느 報告에 의하면 설당의 급식이 streptozotocin 糖尿群에게서 多食(hyperphagia) 多飲(polydipsia) 및 多尿(polyuria)의 現狀을 가장 뚜렷하게 나타냄으로 가장 선명한 糖尿症狀를 보였다고 하였는데<sup>33)</sup> 本 研究에서는 이 부분을 觀察치 못한 것을 有感으로 생각한다.

다음으로 總-chol. 値에 대하여 論하여 보기로 하겠다. 總-chol. 値는 正常群의 포도당群과 과당群이 非糖尿群과 설당群에 比하여 有意的으로 上昇하였는데 糖尿群에서는 非糖尿群에 比해 설당群이 포도당群과 더불어 현저하게 上昇하였다.

Philip의 研究에 의하면 4週 동안 10%의 포도당을 含有한 食水를 正常群에게 供給했을 때 總-chol. 値가 本 研究結果보다 약간 낮은 값을 나타냈으며<sup>18)</sup> 설당群의 낮은 總-chol. 値는, 高설당食餌群과 과당食餌群이 高포도당群과 前분群보다 脂肪合成과 肝의 脂肪축적을 촉진했을 뿐 아니라 血清 總-chol. 値도 上昇하였다는 報告와는 一致하지 않았다<sup>34)</sup>.

Ian의 報告에 따르면 포도당群이 설당群의 總-chol. 値보다 더 높았다고 하였는데 이는 本 實驗의 期間보다 긴 65日 동안의 長期研究이기는 했어도 本 結果와는 一致하였다<sup>35)</sup>.

또한 糖尿群과 正常群의 總-chol. 値를 비교해보면 대체적으로 別 上昇이 없었다. 이것은 alloxan 投入에 의해서 이자의 膵膵한스섬의  $\beta$ 세포가 파괴되어 insulin의 分泌가 阻礙되므로 血糖이 세포로 운반되는 것이 저지되어 脂肪代謝를 포함한 二次的인 영향이 誘發되어 血糖과 中性脂質 및 總 콜레스테롤의 有意的인 上昇이 일어난다는 發表와 일치하지 않은 것이다<sup>7,23)</sup>.

마지막으로 中性脂質 値의 結果를 살펴보면 正常群의 설당群이 有意하게 上昇하였으며 糖尿群에서는 모든 群의 TG 値가 급증하였으나 實驗群 사이의 有意성을 나타내지 않았다.

그런데 이러한 설당群의 TG 値의 上昇은 glycolytic enzyme와 glucose-6-p DH, NADP-malate DH, 그리고 acetyl CoA Carboxylase 등의 lipogenesis enzyme의 活性化로 인한 것이라고 하였는데<sup>31)</sup> James에 따르면 高설당食餌를 攝取한 正常群과 糖尿群의 血漿과 肝의 TG 値는 低설당食餌群과 비슷하였다고 하여 공급수준의 차이에 따른 TG 値의 上昇이 없었다고 하였으나<sup>24)</sup> 다른 報告에서는 血清 TG 値가 糖質의 공급수준에 비례하여 서서히 上昇하였다고 한다<sup>7)</sup>.

그리고 高설당食餌가 간과 血清의 TG 値를 높여 주었다는 發表가 있었는데 즉 食餌攝取方法을 달리 하여 설당食餌를 供給하였을 때 한끼분의 食餌量을 供給하는 것이 자유로이 給食하는 것보다 더 높은 TG 値를 나타내어 설당食餌가 糖耐力에 有意的인 損傷을 가져오는 증거라고 하였다<sup>32)</sup>.

또 Judith의 報告에 따르면 血清의 總-chol. 値의 上昇없이 나타나는 高中性脂質血症은 동맥경화증의 危險因子로 간주할 수 있다고 하였는데<sup>33)</sup> 本 實驗의 설당食餌群의 경우 正常群에서 總-chol. 値 上昇없이 TG 値가 다른 群에 比해 有意하게 上昇하였으나 그 TG 값이 아직은 정상범주 안에 있는 값이므로 本 實驗만으로는 쉽게 動脈硬化症의 위험인자(risk factor)라고 할 수는 없었으나 다른 많은 보고가 本 實驗의 結果를 補充하여 주고 있으므로 설당의 長期間의 과잉攝取는 피하는 것이 좋겠다.

한편 Bar-On과 Stein은 10% 과당을 攝取한 實驗動物의 血清 TG 値가 포도당群보다 上昇하였으며<sup>16)</sup> 반대로 Eaton과 Kipinis는 10% 포도당食餌도 TG 値를 上昇시켰다고 하였는데<sup>36)</sup> 本 실험에서는 포도당과 과당食餌群 間에 有意的인 上昇이 나타나지 않았으므로 위의 報告들과는 一致하지 않고 있다.

또한 많은 發表에서 과당食餌에 의한 高中性脂質血症의 誘發을 주장하였으나 本 결과에서는 다른 糖質에 比하여 有意的인 上昇도 나타나지 않았다. 즉 75%의 과당과 포도당食餌를 供給하였을 때 과당群이 肝과 血清의 TG 値의 上昇시킨 것으로 나타났으며 또한 더 지속적인 증가 현상을 보였다. 이러한 TG 値의 上昇은 TG 산물의 生産이 增加하거나 혹은 TG의 조직으로의 이동이 감소했거나 또는 이 두가지의 상호작용에 기인한 것이라고 하였다<sup>16)</sup>.

또한 고과당食餌가 前분群이나 포도당群보다 glycerophosphate 生産과 지방산 合成의 活性化에 의해 血清 TG 値를 上昇시켰다는 報告가 있었으며<sup>10,13)</sup> 이 고과당食餌도 설당食餌와 마찬가지로 糖耐力에 損傷을 가져오며 글리코겐의 合成을 低下시킨다고 하였다.<sup>17)</sup>

그리고 이 과당食餌에 의한 TG 値의 上昇은 前분이나 포도당食餌에 比하여 거의 하루종일 나타난 반면 인슐린 値는 항상 비슷하였다고 하는데 이는 TG 값의 上昇에 대한 과당의 영향은 血清인슐린의 변화에 기인한 것이 아님을 말해주는 것이다<sup>13)</sup>.

한편 糖尿群에서 TG 値의 有意的인 上昇은 있었으나 食餌期間의 차이가 나타나지 않았는데 이는 alloxan 투입으로 인해 당뇨群들이 食餌糖質의 형태 및

종류와는 상관없이 비슷한 代謝物을 生産해 내고 있으므로 糖尿群 間에는 差異가 나타나지 않은 것 같다<sup>32)</sup>.

한편 이러한 現狀으로써 臟器의 추출과정 중에 옥수수전분食餌群의 몇마리의 肝에서 지방간이 나타났었는데 그 原因究明을 위해서는 좀 더 세밀한 研究가 있어야 할 것으로 思慮된다.

以上の 結果로써 筆者는 正常群과 alloxan 糖尿群에서 과당食餌보다는 設糖食餌가 脂質代謝에 좀 더 민감한 反應을 보였다고 생각하는 바이며 다른 報告와 不一致한 많은 結果들은 實驗의 환경, 實驗動物의 종류, 유전적인 차이 그리고 實驗食餌의 차이 등 여러 요인에 의한 것이라 생각한다.

또한 과거 몇 年 동안의 肥滿症, 心臟病, 糖尿病, 및 高血壓, 動脈硬化症 등의 成人病의 發病增加는 經濟成長에 따른 食生活의 變化에 의한 精製糖의 消費增加와도 관련이 깊음으로 이 方向으로 더 많은 研究가 있어야 할 것이다.

## V. 結 論

本 研究는 10%의 糖質(設糖, 옥수수전분, 포도당 과당)을 含有한 糖質食餌가 正常群과 alloxan 糖尿群에 血清 glucose 含量과 脂質成分含量에 미치는 影響을 觀察하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 實驗動物의 體重增加量은 glucose 食餌群과 과당食餌群에서 낮은 傾向이었고 sucrose 食餌群에서는 약간 높았으나 큰 差異는 나타나지 않았다. 그리고 飼料效率도 體重增加量과 비슷한 추세를 보였다.

(2) 臟器의 무게는 食餌群別 間에 一率의인 現狀은 안 나타났으나, 體重과 比例하였다. 正常群과 糖尿群을 比較해 보면 간과 췌장은 糖尿群에서 均소하게나마 增加하였고 지라는 아주 작아진 것을 알 수 있었다.

(3) 血清 glucose 含量은 正常群에 비해 alloxan 糖尿群에서 현저하게 上昇하였으며 正常群에서는 모든 群이 正常血糖値를 유지하고 있었으나 포도당食餌群만이 有意하게 낮은 값을 나타냈다. 그리고 糖尿群에서는 옥수수전분食餌群이 非糖食餌群 및 他群보다 有意하게 낮았으며 포도당食餌群은 非糖食餌群보다 有意하게 上昇하였다.

(4) 血清 總-chol. 値는 正常群과 糖尿群 사이에 有意의인 差가 나타나지 않았으며 正常群의 포도당食餌群과 과당食餌群이 非糖群 및 設糖食餌群에 비해 有意하게 上昇하였으며 糖尿群에서는 設糖食餌群과

포도당食餌群이 非糖群보다 有意하게 높았다.

(5) 血清 TG 値는 正常群에 비해 糖尿群에서 현저히 上昇하였고 正常群의 設糖食餌群이 非糖食餌群보다 有意하게 높았으며 糖尿群에서는 모든 群이 높았으나 食餌群 사이에는 有意性있는 差異는 없었으며 그 중 設糖食餌群이 가장 높았다.

(6) 以上에서 高糖質食餌 中 設糖食餌가 과당食餌보다 血清脂質成分의 含量에 더 민감한 反應을 나타냄을 알 수 있었다.

## 문 헌

1. Thomas A. Anderson : Recent Trends in Carbohydrate consumption, *Ann. Rev. Nutr.*, **2** : 113(1982).
2. John Yudkin : Dietary Fat and Sugar—in Relation to ischaemic Heart-disease and Diabetic, *The Lancet.*, July 4, p. 4-5(1964).
3. Judith Hallfrish, Frances Lazar, Carol Jorg Ensen : Insulin and Glucose responses in rats fed Sucrose and Starch, *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, April p. 787-793(1979).
4. Cohen, A.M. and Teitelbaum, A. : Effect of Dietary Sucrose and Starch on Oral glucose tolerance and insulin-like activity, *Am. J. Physiol.*, **206**, 105-108(1964).
5. Paul, J. Nestel, Kevin F. Carroll : Plasma Triglyceride Response to carbohydrates, Fats, and Calorie Intake, *Metabolism*, **19**: January, 1-18(1970).
6. Uram, J.A., Friedman, L. and Kline, D.L. : Influence of diet on glucose tolerance, *Am. J. Physiol.*, **192**, 521-524(1958).
7. Gerald M. Reaven, M.D. : Effects of differences in amount and kind of dietary carbohydrate on Plasma glucose and Insulin responses in Man, *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 2568-2578(1979).
8. Cohen, A.M., Briller, S. and Shafrir, E. : Effect of longterm sucrose feeding on the activity of some enzymes regulating glycolysis, lipogenesis, and gluconeogenesis in rat liver and adipose tissue, *Biochim. Biophys. Acta.*, **279**, 129-138(1972).
9. Michaelis, O.E. IV, Nace, C.S. and Szepesi, B. : Demonstration of a specific metabolic eff-



- ect of dietary disaccharides in the rat, *J. Nutr.*, **105**, 1186-1191(1975).
10. Shirley R, Blankely, Judith Hallfrish: Long-term Effect of Moderate Fructose Feeding on Glucose Tolerance Parameters in Rats, *J. Nutr.*, **111**:307-314(1981).
  11. Pereira, J.N. and Jangard, N.O.: Differential of Glucose and Fructose metabolism in rat liver in vitro, *Metabolism*, **20**, 392-400 (1971).
  12. Clark, D.G., Rongsted, R. and Kat 2. J.: Lipogenesis in rat hepatocytes, *J. Biol., Chem.*, **249**, 2028-2036(1974).
  13. Louise S, Merkens, Helen M, Tepperman: Effect of Short-term dietary Glucose and Fructose on rat serum Triglyceride Concentration, *J. Nutr.*, **110**:982-988(1980).
  14. Waddell, M. and Fallon, H.J.: The effect of high carbohydrate diet on liver triglyceride formation in the rat, *J. Clin. Invest.*, **52**, 2725-2731(1973).
  15. Nikkila, E.A. and Stein, Y.: Induction of hyperglyceridemia by Fructose in the rat, *Life Sci.*, **4**, 937-941(1965).
  16. Bar-On, H. and Stein, Y.: Effect of Glucose and Fructose administration on lipid Metabolism in the rat, *J. Nutr.*, **94**, 95-105 (1965).
  17. Toppings, D.L. and Mayes, P.A.: Comparative effects of Fructose and Glucose on the lipid and Car. Metabolism of perfused rat liver, *Bri. J. Nutr.*, **36**, 113-126(1976).
  18. Eaton, R. Philip, and David M. Kipinis: Effect of High Carbohydrate diets on lipid and Car. Metabolism in the rat, *Am. J. Physiol.*, **217**(4): 1160-1168(1969).
  19. Yohko, Sugawa-Katayama and Nobuko Morita: Effect of High Fructose diet on Lipogenic enzyme Activities of mealfed rats, *J. Nutr.*, **107**:534-538(1977).
  20. Otho, E. Michaelis, IV. Daniel J. Scholfield.: Demonstration of a disaccharide effect in Nutritionally stressed Rats, *J. Nutr.*, **108**, 919-925(1978).
  21. Brunzell, J.D., R.L. Lerner, D. Porte, Jr. and E.L. Bierman: Effect of a fat-free, high car. diet on Diabetic subjects with fasting hyperglycemia, *Diabetes*, **23**:138(1974).
  22. Tae G. Kiehm, M.D., James W. Anderson, M.D.: Beneficial effects of a high Car. high fiber diet on hyperglycemic diabetic man, *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**:895-899(1976).
  23. Mark Saekow and Jerrold M. Olefsky: Effect of a high Car. diet on Adipocyte glucose metabolism in spontaneously Obese Rats and Insulin deficient Diabetic Rats, *Endocrinology*, **107**:2004(1980).
  24. Wen-Ju Lin and James W. Anderson: Effect of high Sucrose and Starch-bran diets on Glucose and Lipid metabolism of Normal and Diabetic Rats, *J. Nutr.*, **107**:584-595, (1977).
  25. Robert G. Thompson, M.D., John T. Hayford, M.D.: *Diabetes*, **27**:1020-1026, October, (1978).
  26. James W. Anderson, M.D.: Effect of Car. Restriction and High Car. diet on men with Chemical D.M., *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**:402-408(1977).
  27. Singh, I.: Low-fat diet and therapeutic doses of Insulin in Diabetes Mellitus, *Lancet*, **1**:422(1955).
  28. Robert S. Goodhart, M.D., D.M.A.: Nutritional Aspects of Dietary Carbohydrates, Modern Nutrition in health and disease, 99-112(1980).
  29. Thompson, Robert G., Hayford, Jhon T.: Influence of dietary Car. on 24-hour concentration of Glucose, lipids and Glucoregulatory Hormones, Metab. Eff. Util. Dietary, Car. (Proc. symp), 175-207(1982).
  30. Robin B. Kanarek and Nilla Orthen-Gambill: Differdietary Effects of sucrose, fructose and glucose on Car.-induced Obesity in Rats, *J. Nutr.*, **112**:1546-1554(1982).
  31. A. Lutjens, H. Verleur and M. Plooiij: Glucose and Insulin levels on loading with different Car.s, *Clinica chimica Acta.*, **62**, 239-243 (1975).
  32. Maurim, Hamalaten: Metabolism of Glucose, Fructose and Xylitol in Normal and Streptozotocin-Diabetic Rat, *J. Nutr.*, **112**:

- 1369-1378 (1982).
33. Judith Hallfrish: Effect of Feeding Sucrose and Starch to Rats made Diabetic with streptozotocin, *J. Nutr.*, **109**: 1909-1915 (1979).
34. Edward H. Leiter, Douglas L. Coleman: Influence of Dietary Car. On the Induction of Diabetic in (57BL/Ksj-db/db) Diabetic Mice, *J. Nutr.*, **113**: 184-195 (1983).
35. Ian Macdonald, Trevor H. Grenby: Differences Between Sucrose and Glucose Diets in their Effects on the Rate of Body Weight Change in Rats, *J. Nutr.*, **111**: 1543-1547 (1981).
36. Eaton, R. P. and D. M. Kipinis: Effect of Glucose feeding on lipoprotein synthesis in the Rat, *Am. J. Physiol.*, **217**: 1153 (1969).