

## 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에서 영양음료 섭취가 혈청 당질에 미치는 영향\*

김희선 · 이종호 · 박은주 · 윤지영  
김석민\*\* · 임현숙\*\*\* · 이현철\*\*\*\* · 허갑범\*\*\*\*

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과, 정식품 주식회사\*\*  
신촌 세브란스병원 영양과,\*\*\* 연세대학교 의과대학 내과학교실\*\*\*\*

### Effect of Enteral Nutrition Supplementation on Glucose Metabolism in Patients with NIDDM

Kim, Hee Son · Lee, Jong Ho · Park, Eun Ju · Yoon, Jee Young · Kim, Suk Min\*\*  
Lim, Hyun Suk\*\*\* · Lee, Hyun Chul\*\*\*\* · Huh, Kap Bum\*\*\*\*

*Department of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Yonsei University, Seoul, Korea*

*Dr. Chung's Food Company, Limited,\*\* Seoul, Korea*

*Department of Internal Medicine,\*\*\*\* College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea*

*Department of Dietetics,\*\*\* Yonsei University, Seoul, Korea*

#### ABSTRACT

This study investigated the effect of enteral nutrition supplementation on glucose and lipid metabolism in non-insulin dependent diabetes mellitus(NIDDM) patients(n=29). Nutrition formula(400kcal/day) were supplied daily for eight weeks as a substitute for a snack or a meal. Subjects were divided into three groups based on changes of fasting blood glucose(FBG), glucose response area(GRA) on oral glucose tolerance test(OGTT), before and after intake of nutrition formula : group 1(the group of a decrease in FBG and GRA, n=20), group 2(the group of a decrease in FBG and an increase in GRA, n=4), and group 3(the group of an increase in FBG and GRA, n=5). Before nutrition supplementation, group 3 showed a longer tendency of DM duration and a lower tendency of insulin and C-peptide response area than those of group 1 and 2. At 8 weeks after nutrition supplementation, group 1 showed a significant increase in insulin and C-peptide response areas but group 2 and 3 showed no change in those areas.

After nutrition supplementation, all three groups showed a tendency of decrease in glycated hemoglobin and no significant changes in the levels of serum triglycerides, HDL, LDL, total-

---

채택일자 : 1994년 9월 15일

\*본 연구는 주식회사 정식품이 지원한 연구비로 수행된 것입니다.

cholesterol, albumin, transferrin, creatinine, GOT and GPT. The results suggest that using an enteral nutrition formula in NIDDM patients is a good substitute for a meal or a snack and could improve blood glucose control without any changes in lipid levels, and liver and kidney functions. The beneficial effect of nutrition supplementation on glycemic control resulted from components of nutrition formula had such as additional fiber and high monounsaturated fatty acid as the source of fat to be helpful to glycemic control in diabetics.

KEY WORDS : nutrition supplementation · NIDDM · glycemic control.

## 서 론

인슐린 비의존형 당뇨병 환자에서 경구혈당강화제의 사용과 함께 식이요법은 치료의 가장 중요한 부분이다<sup>1,2)</sup>. 식이요법의 목적은 혈당을 조절하고 혈청 지질과 지단백질 농도를 정상화시키는 것이다<sup>3,4)</sup>. 미국에서 당뇨병 환자를 위한 권장식은 총열량의 55~60%를 탄수화물로 섭취하며 탄수화물 중 66% 이상은 복합당질로 섭취하고, 지방은 총열량의 30% 미만, 단백질은 이상체중 1kg당 0.8g을, 섬유소는 하루 약 40g을 섭취하는 것이다<sup>5,6)</sup>. 이러한 식이는 당뇨병 환자의 혈당 조절을 수월하게 하며 혈청지질과 지단백질 농도를 개선시킨다고 알려져 있다<sup>6)</sup>.

대한 당뇨병 학회에서는 우리나라 당뇨병 환자를 위하여 열량 영양소의 섭취를 총열량 중 탄수화물 60%, 지방 20%, 단백질 20%로 권장하고 있다<sup>2)3)</sup>. 그러나 식이요법을 따르는 당뇨병 환자의 수는 적어서 당뇨병 환자를 대상으로 한 조사에서는 영양교육을 받은 후 식이요법을 따르는 환자는 10% 미만으로 나타났으며<sup>10)</sup> 지키지 못하는 주된 이유는 식이요법의 까다로움이라고 하였다. 따라서 당뇨병 환자의 대사적 조절을 위하여 열량 영양소의 권장비율에 적합하고 효과적일뿐 아니라 구하기 쉽고 먹기 쉬운 식품들의 개발이 필요하다<sup>5)</sup>.

현재 시판되는 경장 영양제의 섭취는 섬유소 양이 적고 단순 당질이 차지하는 비율이 커서 위를 비우는 시간과 흡수 속도가 빠르기 때문에 당뇨병 환자의 혈당 조절에 부적절하다<sup>11)12)</sup>. 최근에 이러한 문제점들을 보완하여 당뇨병 환자를 위한 간식, 식사대용, 영양보충 및 tube 급식의 다목적으로

식품계 경장 영양제가 개발되었다. 이에 본 연구는 새로 개발된 당뇨병 환자를 위한 영양음료를 단기(4주), 장기간(8주) 투여하여 혈청 당질에 미치는 영향을 규명하였다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 당뇨병 환자를 위한 영양음료 구성성분

본 연구에서 사용한 당뇨병 환자를 위한 영양음료 1ml는 1kcal를 공급하였으며 열량 영양소의 비율은 단백질, 지방, 탄수화물이 각각 20, 20, 60%이었다. 단백질 급원은 총단백질 중 80%는 sodium caseinate이었고 20%는 soy protein이었다. 지방산 조성은 단일불포화지방산이 총지방의 80%, 다불포화지방산이 10.5%, 포화지방산이 9.5%를 차지하였으며 급원으로 high-oleic sunflower oil을 사용하였다. 불포화지방산의 종류 및 함량은 oleic acid(18 : 1)가 총 지방의 80%, linoleic acid(18 : 2)가 10%, linolenic acid(18 : 3)가 0.5%를 차지하였다. 포화지방산의 종류 및 함량은 palmitic acid(16 : 0)가 총지방의 4%, Stearic acid(18 : 0)가 4%, Arachidic acid(20 : 0)가 0.5%, behenic acid(22 : 0)가 1%를 차지하였다. 영양음료의 당질급원 중 90%는 당뇨병 환자의 경장영양제의 탄수화물 급원으로 권장되는 glucose의 중합도가 높은 maltodextrin을 사용하여<sup>13)</sup> 혈당 조절에 나쁜 영향을 주지 않도록 하였다. 당질 급원의 나머지 소량은 혈당조절을 개선시키거나<sup>14-16)</sup> 혹은 영향을 주지 않는다는<sup>17)</sup> 과당을 사용하였다. 당뇨병 환자를 위한 영양음료 200kcal (200ml)는 vitamin A 223IU, D 22.3IU, E 3.4IU, B<sub>1</sub> 0.16mg, B<sub>2</sub> 0.18mg, B<sub>6</sub> 0.25mg, B<sub>12</sub> 0.34mg, C

6.7mg, folic acid 44.5 $\mu$ g, nicotinamide 2mg, biotin 34 $\mu$ g, pantothenic acid 1.1mg, 나트륨 137mg, 칼륨 126mg, 칼슘 89mg, 인 89mg, 철분 1.1mg, 아연 1.7mg 등의 비타민과 무기질 및 2.3g의 수용성 섬유질을 포함하였다.

## 2. 연구대상

인슐린 비의존형 당뇨병으로 진단 받은 환자들 중 성별, 나이에 관계없이 간, 신장 및 심장 장애가 없는 31명이 자발적으로 참여하였다. 이들 중 2명이 심한 감기와 설사로 경구 혈당 강하제의 투여량이 증가되어 실험을 수행하지 못하고 29명이 실험을 완수하였다. 연구대상자들 중 남자는 16명, 여자는 13명 이었고 평균 나이는 56세(35~73세), 평균 이환기간은 8.3년(1~23년)이었다.

대상자들은 하루 평균 열량은 2170kcal, 열량 영양소는 탄수화물 330g, 단백질 105g, 지방 48g을 섭취하였으며 실험기간 동안에는 열량 영양소 중 400kcal(두 캔)를 간식대신 당뇨병 환자를 위한 영양음료로 8주 동안 복용하였다. 당뇨병 치료 방법은 29명 모두 경구혈당강하제(gliclazide)를 사용하였고 실험이 진행되는 동안 용량의 변화는 없었다.

## 3. 방 법

연구대상자들은 24시간 기억회상법(24-hr usual intake)을 사용하여 평상시의 음식 섭취량을 조사하였으며 4주, 8주후 하루 평균 섭취 열량은 영양음료를 통한 400kcal 섭취를 포함하여 계산하였다. 영양 섭취 상태는 우리나라 식품분석표<sup>18)</sup>를 사용하여 열량, 탄수화물, 지방, 단백질등의 섭취 상태를 분석하였다. 각각의 대상자마다 기초대사량을 Harris-Benedict<sup>19)</sup>로 구하고 하루 필요 열량은 육체적 활동량<sup>20)</sup>과 식품의 특이동적 작용을 위한 열량을 가산하였다. 실험기간 동안 환자가 섭취하는 열량 및 영양소를 조사하기 위하여 매주마다 3일씩 식품 섭취를 기록하게 하였다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취가 신체에 미치는 영향을 조사하기 위해서 정기적으로 인체 계측과 혈액 검사를 시행하였다. 이러한 측정은 연구가 시행된 첫날을 0주로 하여 0주, 4주, 8주의

3회를 측정하였다. 인체 계측으로 신장, 체중을 측정하였고 표준체중은 신장에서 100을 뺀 값에 0.9를 곱한 값을 사용하였다. 체지방량은 체지방 측정기(Futrex 5000, Futrex Comp., U.S.A.)로 측정하였다.

생화학적 검사로는 연구 대상자들의 공복시 혈액을 채취하여 hemoglobin, hematocrit, 총임파구 수는 Technicon H-1, H-2(Technoland Comp.)를 사용하여 분석하였다. Hydration 상태를 나타내는 혈청 osmolarity는 osmometer method로 분석하였다<sup>21)</sup>. 영양지표로 visceral protein status<sup>21-23)</sup> 변화를 측정하기 위하여 transferrin, total protein, albumin을 측정하였다. Transferrin은 potentiometry로 측정한 total iron binding capacity로부터 얻어진 값을 사용하였다. 혈청 total protein과 albumin은 각각 Biuret method와 BCG method로 측정하였다.

내당능 검사는 0주와 8주에 행해졌으며 검사 당일 아침 공복시 채혈한 후 75g의 포도당을 경구 투여하고 30, 60, 120분 후에 각각 채혈하였다. 혈당은 포도당 산화 효소법으로, C-peptide와 인슐린 농도는 INC(Immuno Nucleo Cooperation, U.S.A.)에서 제조한 kit를 사용하여 방사면역법으로 측정하였다. 또한 혈청 유리지방산은 Autoanalyzer(Hitachi 7150, Hitachi Comp., Japan)로 측정하였다. 혈당 면적(gucose area), C-peptide면적(C-peptide area), 인슐린 면적(insulin area), 유리지방산 면적(free fatty acid area)은 각각 혈당, C-peptide 및 인슐린 반응 곡선에서 각각의 0분과 120분의 농도를 X축[시간(min)]과 수직으로 연결하여 반응 곡선 아래 면적으로 계산하였다.

총콜레스테롤과 중성지방은 자동분석기를 이용하여 효소법으로 분석하였고, HDL-cholesterol은 침전제를 이용하여 chylomicron, LDL, VLDL(very low density lipoprotein)을 침전시킨 후 상층액에 있는 HDL중에서 콜레스테롤을 다시 효소법으로 측정하였다. 혈청 total bilirubin, alkaline phosphatase, glutamate oxaloacetate transaminase(GOT), glutamate pyruvate transaminase(GPT), blood urea nitrogen(BUN), creatinine, uric acid는 kit(Kyokuto kit, Kyokuto pharmaceutical Industrial Co., Japan)을

## 당뇨병 환자의 영양음료 섭취

사용하여 Gilford Autoanalyzer(Gilford Cooperation, U.S.A.)로 분석하였다.

### 4. 자료의 통계처리 및 혈당에 따른 연구 대상자들의 분류

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 8주후 처음과 비교하여 29명 중 20명은 공복혈당이 평균  $162.9 \pm 5.7$ 에서  $140.2 \pm 4.9$ 로, 당부하시 당면적은 평균  $592.0 \pm 28.6$ 에서  $528.3 \pm 25.6$ 로 둘다 유의하게 감소하였다. 4명은 공복혈당이 평균  $173.0 \pm 7.1$ 에서  $119.8 \pm 16.5$ 로 유의하게 감소하였으나 당면적은 평균  $528.1 \pm 49.7$ 에서  $600.9 \pm 48.9$ 로 유의하게 증가하였고, 나머지 5명은 공복혈당은 평균  $162.3 \pm 12.8$ 에서  $197.2 \pm 20.7$ 로 당면적은  $548.5 \pm 40.4$ 에서  $599.6 \pm 38.9$ 로 둘다 유의하게 증가하였다. 따라서 공복 혈당과 당면적의 변화에 따라 공복혈당과 당부하시 당면적이 감소한군(group 1, n=20), 공복혈당은 감소하였으나 당면적은 증가한군(group 2, n=4)과 공복혈당과 당면적이 모두 증가한 군(group 3, n=5), 세 그룹으로 나누어 비교하였으며 연구자료는 SPSS-PC<sup>+</sup> 통계 package를 이용하여 통계처리 하였다. 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 전 공복혈당과 당부하 포도당 면적은 3군간에 유의한 차이가 없었다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 0주, 4주, 8주 후에 t-test와 one-way ANOVA를 실시하였고 모든 측정치는 평균과 표준오차로 표시하였다<sup>24)</sup>. 그룹간의 비교는 측정치의 평균차이의 유의성을 보기 위해 least significant difference(LSD)를 실시하였다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 8주 후의 혈당의 변화에 영향을 주는 요인을 찾기 위하여 공복시 혈청 인슐린, C-peptide, 유리지방산 농도의 변화뿐 아니라 당부하시 각각의 면적들의 변화와의 관계(Stepwise multiple regression analysis)도 살펴 보았다. 검정시에는 p값이 0.05 미만일 때를 통계적으로 유의하다고 보았다<sup>24)</sup>.

## 결 과

### 1. 연령, 이환기간, 인체계측, 열량 소모량 및 영양 섭취 상태

당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 전과 비교하여 투여 8주 후에 공복 혈당과 당부하시 포도당 면적의 변화에 따라 세 그룹으로 나누어 비교한 결과 공복혈당이 영양음료 투여 후 증가한 군에서 공복혈당이 감소한 군들과 비교하여 평균 연령과 당뇨병 이환기간이 많았으나 유의한 차이는 아니었다(Table 1). 공복 혈당이 감소한 군들에서는 이환기간 8년 이하가 70-75% 이었고 공복혈당이 증가된 군은 9년 이상이 100%이었다.

이상체중 백분율은 공복혈당이 감소한 군들이 증가한 군보다 많았으나 유의한 차이는 아니었다(Table 3). 세 군의 평균체중, 평균이상체중백분율과 평균 체지방량은 영양음료 투여후 유의한 변화가 없었다(Table 2). 또한 일일 열량 소모량도 영양음료 투여후 유의한 차이가 없었으며 세 군간에 평균치도 유의한 차이가 없었다(Table 2).

당뇨병 환자를 위한 영양음료를 마시기 전 열량

**Table 1.** Age, duration of diabetes and blood pressure in three groups before nutrition formula ingestion

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)
	Age(yr)	55.2 ± 2.0	55.3 ± 1.0
Duration of diabetes(yr)	7.2 ± 1.1	8.3 ± 5.9	12.6 ± 2.6
Systolic BP(mmHg)	141.3 ± 4.8	126.7 ± 6.7	138.0 ± 13.6
Diastolic BP(mmHg)	89.4 ± 3.0	86.7 ± 3.3	88.0 ± 3.7

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test

Values are mean ± SE

**Table 2.** Changes of anthropometric parameters and total energy expenditure before and after intake of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose	
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)	
Body weight(kg)				
0 week	62.3 ± 2.4	66.8 ± 7.1	60.3 ± 5.4	
4 weeks	62.0 ± 2.4	65.5 ± 7.6	61.2 ± 5.4	
8 weeks	61.7 ± 2.3	65.4 ± 7.7	61.3 ± 5.0	
Percent ideal body weight				
0 week	119.0 ± 4.5	113.2 ± 7.5	102.8 ± 4.5	
4 weeks	118.3 ± 4.4	110.9 ± 8.5	104.3 ± 4.9	
8 weeks	117.8 ± 4.2	110.6 ± 8.5	104.7 ± 4.3	
Body fat %				
0 week	30.2 ± 1.8	27.2 ± 2.1	27.1 ± 3.1	
4 weeks	28.4 ± 1.7	27.6 ± 1.5	26.3 ± 3.0	
8 weeks	28.0 ± 1.8	26.5 ± 2.3	26.9 ± 0.9	
Total energy expenditure(kcal/d)				
0 week	2112 ± 74	2322 ± 153	2247 ± 140	
4 weeks	2109 ± 75	2366 ± 185	2233 ± 157	
8 weeks	2106 ± 74	2391 ± 179	2244 ± 145	

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test  
Values are mean ± SE

**Table 3.** Nutrient intakes before and after administration of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose	
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)	
Calorie intake(kcal/d)				
0 week	2115 ± 68	2377 ± 179	2288 ± 182	
4 weeks	2068 ± 64	2332 ± 209	2303 ± 189	
8 weeks	2076 ± 65	2357 ± 207	2341 ± 165	
Protein %				
0 week	19 ± 1	22 ± 3	19 ± 2	
4 weeks	20 ± 1	24 ± 2	20 ± 2	
8 weeks	20 ± 1	23 ± 2	20 ± 2	
Fat %				
0 week	20 ± 1 <sup>ab</sup>	23 ± 3 <sup>a</sup>	17 ± 2 <sup>b</sup>	
4 weeks	20 ± 1 <sup>ab</sup>	23 ± 2 <sup>a</sup>	17 ± 2 <sup>b</sup>	
8 weeks	20 ± 1 <sup>ab</sup>	24 ± 2 <sup>a</sup>	17 ± 2 <sup>b</sup>	
Carbohydrate %				
0 week	61 ± 2 <sup>ab</sup>	55 ± 6 <sup>b</sup>	64 ± 4 <sup>a</sup>	
4 weeks	60 ± 2 <sup>ab</sup>	53 ± 4 <sup>b</sup>	63 ± 4 <sup>a</sup>	
8 weeks	60 ± 2 <sup>ab</sup>	53 ± 4 <sup>b</sup>	64 ± 4 <sup>a</sup>	

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test Values are mean ± SE.  
Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other. If any letter combination matches, the difference between mean is not significant.

## 당뇨병 환자의 영양음료 섭취

섭취는 세 군간에 비슷하였으나 공복혈당이 증가한 군은 총 열량중 지방 섭취비율이 가장 적었고 탄수화물 섭취비율은 가장 많았다(Table 3). 당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 후에 열량 섭취량과 열량 영양소 섭취비율은 유의한 변화가 없었다.

### 2. 식후 혈당, glycated hemoglobin

당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여전 식후 2시간 혈당, glycated hemoglobin 농도는 3군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 4). 영양음료 투여 8주후 처음에 비하여 공복혈당 및 당부하시 당면적이 감소한 군에서는 식후 2시간 혈당도 유의하게 감소하였다. Gylcated hemoglobin은 영양음료 투여 8주후 공복혈당이 감소한 군들에서 감소하는 경향을 보였으며 공복혈당이 증가한 군에서는 처음과 비교하여 약간 감소하였으나 큰 차이는 아니었다(Table 4).

### 3. 당부하시 인슐린, C-peptide, 유리지방산 면적

당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여전 공복 인슐린 농도(Fig. 1)와 당부하시 인슐린 면적(Table 5)은 공복혈당과 당부하시 당면적이 감소한 군에서 가장 많았으며 공복혈당이 증가한 군에서 가장 적었으나

유의한 차이는 아니었다. 영양음료 투여 8주후 공복혈당과 당면적이 감소한 군에서는 당부하시 인슐린 면적은 증가하는 경향을 보였으며 다른 두 군은 감소하는 경향을 보였다(Table 5). 영양음료 투여 8주 후 당부하 60, 120분 인슐린 농도(Fig. 1)와 인슐린 면적(Table 5)은 공복혈당과 당부하시 당면적이 감소한 군에서 공복혈당이 증가한 군보다 유의하게 많았다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여전 공복 C-peptide와 당부하시 C-peptide 면적은 세 군간에 유의한 차이가 없었다(Table 5). 영양음료 투여 8주후 공복 혈당과 당면적이 감소한 군에서 C-peptide 면적이 유의하게 증가하였고 공복 혈당이 증가한 군에서는 감소하는 경향을 보여주었으나 유의한 차이는 아니었다. 영양음료 투여 8주후 C-peptide 면적은 공복혈당과 당면적이 감소한 군에서 공복혈당이 증가한 군과 비교하여 유의하게 많았다(Table 5).

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 전에 공복 유리지방산 농도와 유리지방산 면적은 세 군 간에 차이가 없었다(Table 5). 영양음료 섭취 8주 후 처음과 비교하여 공복 유리지방산 농도와 유리지

**Table 4.** Serum glucose and glycated hemoglobin before and after administration of nutrition formula for diabetics

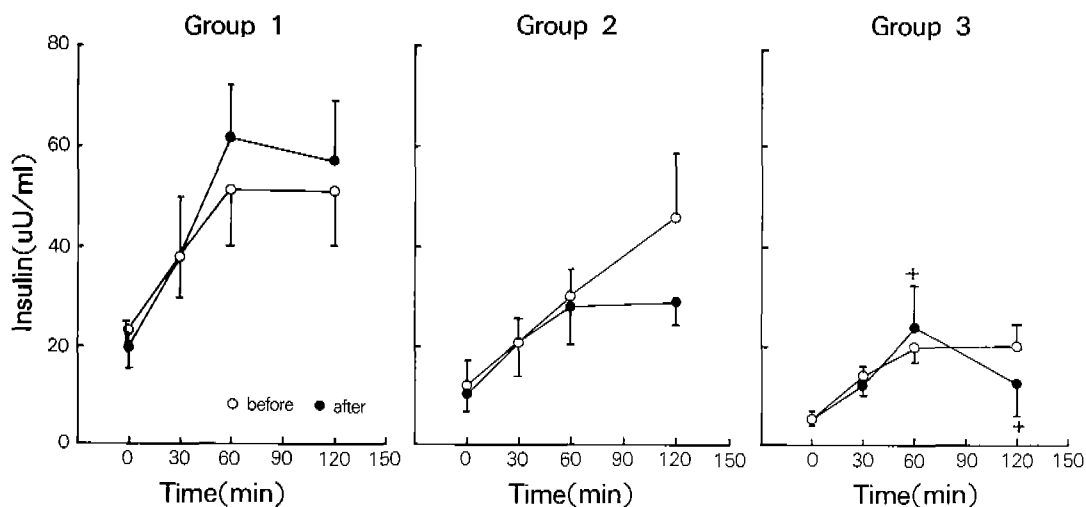
	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)
Serum glucose after 2hr(mg/dl)			
0 week	256.7 ± 11.0	230.5 ± 12.1	262.0 ± 25.0
4 weeks	223.6 ± 14.5	237.3 ± 13.5	248.3 ± 8.1
8 weeks	211.0 ± 12.5**	234.0 ± 10.2	274.0 ± 46.4
Glycated hemoglobin(%)			
0 week	10.5 ± 0.5	10.8 ± 0.6	11.2 ± 0.9
4 weeks	10.0 ± 0.4	10.2 ± 0.2	9.9 ± 0.7
8 weeks	9.7 ± 0.4	9.9 ± 0.3	10.8 ± 0.7

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test

Values are mean ± SE.

\*p<0.05, \*\*p<0.01, compared with 0 week.

Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other. If any letter combination matches, the difference between means is not significant.



**Fig. 1.** Changes in plasma insulin concentrations on OGTTs before and after ingestion of nutrition formula for diabetics.

Values are mean  $\pm$  SE, \* $p < 0.05$ , compared with group 1

Group 1 : decrease in AC and glucose area

Group 2 : decrease in AC and increase in glucose area

Group 3 : increase in AC and glucose area

**Table 5.** Insulin, C-peptide and free fatty acid responses to 75g oral glucose tolerance test before and after administration of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose	
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)	
Insulin response area( $\mu$ U/dl $\times$ hr)				
0 week	89.5 $\pm$ 20.1	52.7 $\pm$ 13.1	34.5 $\pm$ 4.4	
8 weeks	100.5 $\pm$ 19.2 <sup>a</sup>	41.3 $\pm$ 10.0 <sup>ab</sup>	32.7 $\pm$ 9.1 <sup>b</sup>	
Fasting C-peptide(ng/ml)				
0 week	2.3 $\pm$ 0.2	1.8 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.4	
8 weeks	2.4 $\pm$ 0.3	2.0 $\pm$ 0.5	1.6 $\pm$ 0.3	
C-peptide response area(ng/ml $\times$ hr)				
0 week	6.9 $\pm$ 0.9	6.3 $\pm$ 1.3	6.1 $\pm$ 1.2	
8 weeks	8.1 $\pm$ 0.9 <sup>a*</sup>	5.4 $\pm$ 1.5 <sup>ab</sup>	4.9 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>	
Fasting FFA <sup>2)</sup> (mg/dl)				
0 week	890.6 $\pm$ 76.3	785.5 $\pm$ 96.0	881.4 $\pm$ 186.4	
8 weeks	821.1 $\pm$ 91.6	713.3 $\pm$ 122.2	828.1 $\pm$ 137.9	
FFA response area(mg/dl $\times$ hr)				
0 week	1194.7 $\pm$ 111.4	949.4 $\pm$ 137.0	1064.0 $\pm$ 226.0	
8 weeks	1062.0 $\pm$ 102.8	928.5 $\pm$ 147.4	982.5 $\pm$ 188.4	

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test

Values are mean  $\pm$  SE.

2) FFA : Free fatty acid

\* $p < 0.05$  compared with 0 week.

Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other. If any leucor combination matches, the difference between means is not significant.

당뇨병 환자의 영양음료 섭취

방산 면적은 변화가 없었다. 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 8주 후 공복 유리지방산 농도와 당부하시 유리지방산 면적은 3군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 5).

4. 혈청 지질 및 지단백질 농도

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취전에 공복혈당과 당면적이 감소한 군에서 혈청 중성지방 농도가 공복혈당이 증가한 군보다 유의하게 높았으며 HDL-cholesterol은 공복 혈당과 당면적이 감소한 군에서 가장 낮았으나 유의한 차이는 아니었다(Table 6). 영양음료를 8주 섭취후 처음과 비교하여 혈청 total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol과 중성지방은 유의한 변화가 없었다. 영양음료 섭취 8주 후 각 군간의 차이는 처음과 비슷하여 공복 혈당과 당면적이 감소한 군에서 혈청 중성

지방은 가장 높았으며 HDL-cholesterol은 가장 낮았으나 유의한 차이는 아니었다(Table 6).

5. 혈색소, 헤마토크릿, Osmolality, 총 임파구수와 Visceral Protein Status

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취전 혈색소, 헤마토크릿, osmolality와 총 임파구수는 세 군간에 유의한 차이가 없었다(Table 7). 영양음료 섭취 8주 후 투여전과 비교하여 혈색소, 헤마토크릿과 osmolality, 총임파구수에 변화가 없었기 때문에 영양음료 섭취 8주 후 각 군 간의 차이가 없었다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취전 혈청 총단백, 알부민, transferrin은 정상범위 내에 있었으며 세 군간에 유의한 차이가 없었다(Table 7). 영양음료 섭취 8주후 투여전과 비교하여 혈청 총단백, transferrin과 알부민은 변화가 없었으며 영양음료

Table 6. Serum lipids before and after administration of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)
Total cholesterol(mg/dl)			
0 week	202.0 ± 8.6	207.5 ± 18.1	203.6 ± 18.4
4 weeks	197.7 ± 9.0	199.5 ± 15.4	199.4 ± 16.9
8 weeks	196.1 ± 8.0	211.8 ± 19.1	196.8 ± 17.2
Triglyceride(mg/dl)			
0 week	217.5 ± 22.3 <sup>a</sup>	144.8 ± 25.6 <sup>ab</sup>	119.4 ± 20.1 <sup>b</sup>
4 weeks	181.4 ± 16.7	173.8 ± 70.1	130.8 ± 37.9
8 weeks	225.6 ± 25.8	165.5 ± 37.7	131.0 ± 38.0
HDL-cholesterol(mg/dl)			
0 week	41.8 ± 2.1	50.3 ± 1.6	47.0 ± 3.3
4 weeks	43.5 ± 2.5	42.3 ± 1.3	44.4 ± 2.5
8 weeks	42.0 ± 2.6	49.5 ± 2.3	45.5 ± 2.3
LDL-cholesterol(mg/dl)			
0 week	116.7 ± 9.2	128.3 ± 16.0	132.7 ± 18.1
4 weeks	117.9 ± 8.4	122.5 ± 8.4	128.8 ± 11.8
8 weeks	109.3 ± 9.6	129.2 ± 16.6	125.1 ± 12.3

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test

Values are mean ± SE.

Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other. If any letter combination matches, the difference between means is not significant.



**Table 7.** Hemoglobin, hematocrit, total lymphocyte count, serum protein and osmolality before and after administration of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose	
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)	
<b>Hemoglobin(g/dl)</b>				
0 week	13.8 ± 0.4	14.0 ± 0.3	13.6 ± 0.6	
4 weeks	13.7 ± 0.4	13.9 ± 0.2	13.6 ± 1.1	
8 weeks	13.6 ± 0.4	14.4 ± 0.1	13.7 ± 0.7	
<b>Hematocrit(%)</b>				
0 week	41.0 ± 1.1	44.4 ± 0.5	41.5 ± 1.7	
4 weeks	39.8 ± 1.3	41.3 ± 1.4	40.6 ± 2.3	
8 weeks	40.1 ± 1.1	41.9 ± 0.7	40.9 ± 2.7	
<b>Osmolality(mOsm/kg)</b>				
0 week	289.0 ± 1.1	288.3 ± 0.3	291.0 ± 0.3	
4 weeks	288.0 ± 1.1	287.0 ± 1.7	290.0 ± 1.1	
8 weeks	286.5 ± 1.8	291.0 ± 4.4	291.3 ± 2.8	
<b>Total lymphocyte count(/mm<sup>3</sup>)</b>				
0 week	2403 ± 159	2107 ± 334	1847 ± 221	
4 weeks	2363 ± 164	2212 ± 458	2018 ± 342	
8 weeks	2356 ± 150	2372 ± 559	1813 ± 367	
<b>Total protein(g/dl)</b>				
0 week	7.5 ± 0.1	7.4 ± 0.3	7.6 ± 0.2	
4 weeks	7.6 ± 0.1	7.2 ± 0.3	7.5 ± 0.2	
8 weeks	7.6 ± 0.1	7.4 ± 0.3	7.5 ± 0.2	
<b>Albumin(g/dl)</b>				
0 week	4.9 ± 0.1	5.0 ± 0.1	4.8 ± 0.04	
4 weeks	4.9 ± 0.1	4.9 ± 0.1	4.7 ± 0.1	
8 weeks	4.9 ± 0.1	5.0 ± 0.1	4.6 ± 0.1	
<b>Transferrin(μg/dl)</b>				
0 week	211.9 ± 6.7	238.3 ± 12.7	220.2 ± 12.1	
4 weeks	217.8 ± 7.6	212.4 ± 17.2	207.2 ± 10.2	
8 weeks	208.1 ± 6.4	219.8 ± 11.6	209.4 ± 15.0	

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test  
Values are mean ± SE.

섭취 8주후 세 군 간에 유의한 차이가 없었다.

**6. 간기능 및 신장기능 검사**

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취전 간기능 검사로 행해진 혈청 총 bilirubin, alkaline phosphatase, GOT, GPT는 정상 범위내에 있었으며 각군

간에 유의한 차이가 없었다(Table 8). 영양음료 섭취 8주 후 섭취전과 비교하여 간기능 검사치는 변화가 없었다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취전 신장기능 검사로 행해진 혈청 blood urea nitrogen, creatinine, uric acid는 정상 범위내에 있었으며 각군간에 유

당뇨병 환자의 영양음료 섭취

**Table 8.** Liver and kidney function test before and after administration of nutrition formula for diabetics

	Decrease in fasting glucose		Increase in fasting glucose
	Decrease in glucose area <sup>1)</sup> (n=20)	Increase in glucose area (n=4)	Increase in glucose area (n=5)
Total bilirubin(mg/dl)			
0 week	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.1
4 weeks	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.1
8 weeks	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1
Alkaline phosphatase(IU/L)			
0 week	73.7 ± 4.4	77.5 ± 5.9	80.0 ± 5.9
4 weeks	72.1 ± 4.3	79.5 ± 5.4	79.0 ± 4.5
8 weeks	75.8 ± 4.4	71.0 ± 6.9	81.8 ± 6.4
GOT(IU/L)			
0 week	18.0 ± 1.9	16.0 ± 2.5	15.2 ± 1.3
4 weeks	18.7 ± 1.6	13.5 ± 1.2	14.4 ± 0.6
8 weeks	18.9 ± 1.8	14.3 ± 1.3	16.5 ± 1.9
GPT(IU/L)			
0 week	24.7 ± 5.0	23.0 ± 4.9	13.0 ± 1.8
4 weeks	22.9 ± 3.2	17.3 ± 1.2	13.2 ± 0.8
8 weeks	26.1 ± 3.2	17.8 ± 2.8	16.0 ± 3.7
Blood urea nitrogen(mg/dl)			
0 week	16.6 ± 0.9	20.7 ± 1.1	17.2 ± 1.9
4 weeks	17.0 ± 0.8	20.3 ± 0.9	19.0 ± 1.5
8 weeks	16.5 ± 0.9	19.7 ± 1.4	16.6 ± 1.4
Creatine(mg/dl)			
0 week	0.8 ± 0.04	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1
4 weeks	0.8 ± 0.04	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1
8 weeks	0.8 ± 0.04	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.1
Uric acid(mg/dl)			
0 week	5.2 ± 0.3	5.2 ± 0.3	4.7 ± 0.2
4 weeks	5.4 ± 0.3	4.7 ± 0.5	4.8 ± 0.4
8 weeks	5.3 ± 0.3	4.6 ± 0.4	4.4 ± 0.3

1) Glucose area : glucose response area on oral glucose tolerance test  
Values are mean ± SE.

의한 차이가 없었다(Table 8). 영양음료 섭취 8주 후 섭취전과 비교하여 신장기능 검사치는 변화가 없었다.

7. 영양음료 투여후 공복 혈당농도에 영향을 주는 요인  
본 실험에 참여하였던 29명 인슐린 비의존형

당뇨병 환자들을 대상으로 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여후 공복 혈당의 변화, 포도당 면적의 변화를 조사하기 위해 영양음료 투여후 농도에서 투여전 농도를 감산하였다. 공복 혈당의 변화, 포도당 면적의 변화에 영향을 주는 요인을 조사하기 위하여 공복시 인슐린, C-peptide, 유리지방산 농도 및 당부하시 각각의 면적과 각각의 변화량을 변수로

하여 단계별 투입 방식에 의한 다중 회귀분석(Stepwise multiple regression analysis)을 행하였다. 이 분석 결과 공복시 인슐린의 변화만이 영양음료 투여 후 공복 혈당의 변화와의 유의적인 독립변수가 되고, 그 회귀식은  $[fasting\ glucose\ change = -8.17065 \times (fasting\ insulin\ change) + 122.54274]$ 로 나타났다. 또한 공복시 인슐린의 변화는 포도당 면적의 변화에도 유의적인 독립변수가 되고, 그 회귀식은  $[glucose\ area\ change = -10.24532 \times (fasting\ insulin\ change) + 70.47715]$ 로 나타났다. 따라서 공복 혈당의 변화, 포도당 면적의 변화는 공복시 인슐린의 변화와 음의 상관관계를 보여 주었다.

## 고 찰

본 연구는 당뇨병 환자를 위한 영양음료를 사용한 인슐린 비의존형 당뇨병 환자들 중 약 69%가 공복혈당뿐 아니라 당부하시 당면적이 감소되어 영양음료 사용이 혈당 조절을 개선시킬 수 있다는 것을 보여주었다. 이러한 것은 하루 평균 섭취 열량이 2170kcal인 인슐린 비의존형 당뇨병 환자 29명에게 섭취열량 중 400kcal를 영양음료로 섭취하게 한 결과 처음과 비교하여 4주후 공복혈당이 5명은 증가하고 24명은 감소하였고 감소된 공복혈당은 8주까지 계속되었다. 또한 공복 혈당이 감소한 24명 중 당부하시 당면적이 처음과 비교하여 20명은 감소하였고 4명은 증가하였다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취후 공복혈당이 증가한 군에서 감소한 군과 비교하여 당뇨병의 이환기간과 평균 나이가 많은 경향으로 보여져서 영양음료 섭취가 혈당 조절에 미치는 영향은 당뇨병 이환기간과 관련이 있다는 것을 보여주었다. 실질적으로 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에서 식이요법의 실시 결과는 단기이환 환자의 경우 장기이환 환자보다 효과적이라고 한다<sup>5)25)26)</sup>. 또한 공복혈당이 증가된 군에서는 탄수화물 섭취량이 한국 당뇨병 환자를 위한 권장량보다 많았다. 당뇨병 환자에서 과다한 탄수화물의 섭취는 혈당조절을 어렵게 하고 췌장의  $\beta$ -cell을 계속적으로 자극하므로써 손상을 초래할 수 있다고 알려져 있다<sup>5)7)27)32)</sup>

인슐린 비의존형 당뇨병 환자에서 보여지는 고혈당은 말초조직에서 포도당 이동 system 활성을 손상시키므로써 인슐린 저항을 초래하고<sup>25)</sup> 췌장의  $\beta$ -cell을 손상시켜 인슐린 분비를 감소시킴으로써<sup>33)</sup> 혈당을 더욱 증가시킨다고 한다<sup>30)</sup>. 한편 인슐린, 경구 혈당 강하제 혹은 식이요법 치료를 통한 혈당의 감소는  $\beta$ -cell을 부분적으로 회복시켜 췌장 자극시에 인슐린 분비량을 증가시키는 것<sup>34-37)</sup>으로 알려져 있다. 본 실험에서도 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 8주후 당부하시 포도당 면적이 감소한 군이 증가한 군들보다 인슐린과 C-peptide면적이 유의하게 많았다. 또한 영양음료 투여 8주후 당부하시 포도당 면적에서 투여전 면적을 감안한 포도당 면적의 차이가 인슐린 면적 차이와 음의 상관관계를 보여주므로써, 영양음료 투여 후 당부하시 인슐린 분비가 증가된 환자가 포도당 면적이 감소된 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 후 혈당조절의 효과는 환자의 인슐린 분비능력과 밀접한 관계가 있다는 것을 제시하였다고 사료된다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료를 마신 후 혈당 조절이 가능하였던 것은 영양음료의 영양소 급원을 혈당조절에 도움을 주는 것으로 사용하였기 때문으로 간주된다. 지방산들 중 유일하게 단일불포화 지방산은 당뇨병 환자의 혈당 조절에 도움을 주고<sup>1)28)29)</sup>, 혈청 지질에는 영향을 미치지 않는다고 한다<sup>1)29)32)</sup>. 본 실험에서도 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여 후 29명 대상자 중 24명이 공복 혈당의 감소를 보여주었고 혈청 total-cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol, 중성지방과 당부하시 유리지방산 면적의 변화는 보여주지 않았다.

연구대상자들은 하루 평균 330g을 탄수화물로 섭취하는 중 약 20%인 60g을 당뇨병 환자를 위한 영양음료로 대체하였다. 또한 400kcal 당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취시 부가적으로 약 5g의 섬유소를 섭취할 수 있었다. 수용성 섬유소의 섭취는 소화와 흡수를 지연시키는 효과로 공복혈당보다는 특별히 식후 혈당과 glycated hemoglobin 농도를 감소시킨다고 한다<sup>6)7)13)31)32)</sup>. 본 연구에서는 세균 모두에서 glycated hemoglobin 농도가 감소하는 경

향을 보여주었으며 29명 대상자 중 20명은 당뇨병 환자를 위한 영양음료 섭취 후 식후 혈당이 감소하는 것을 보여주었다.

단백질은 하루 평균 105g 섭취량중 20g을 당뇨병 환자를 위한 영양음료로 공급받았다. 영양음료의 단백질 급원은 80%는 우유단백질인 casein을, 나머지 20%는 콩단백질을 사용하였다. 이러한 단백질의 섭취는 visceral protein 상태를 나타내는 혈청 총단백, 알부민, 총임파구수, transferrin을<sup>21-23)</sup> 유지시켰으므로 영양음료로 식사나 간식을 대체시킬 경우 단백질 섭취에도 문제가 없다는 것을 제시하였다.

당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여후 간기능을 나타내는 GOT, GPT 활성 등에 변화가 없었으며 신장기능을 나타내는 creatinine농도 등에도 변화가 없었다. 이러한 결과는 간식대신에 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여가 신장이나 간장에 부담을 주지 않고 영양상태를 유지하며 혈당 조절에 도움을 줄 수 있다는 것을 제시하였다고 생각된다.

## 결 론

인슐린 비의존형 당뇨병 환자 31명에게 당뇨병 환자를 위하여 개발된 식품계 경장 영양제를 투여하여 혈청 당질 및 지질에 미치는 영향을 조사하였다. 당뇨병 환자를 위한 영양음료는 8주간 간식 대용 식품으로 하루 400kcal가 공급되었으며 대상자들 중 2명이 심한 감기와 설사로 실험을 수행하지 못하고 29명이 실험을 완수하였다. 영양음료 섭취 8주 후 처음과 비교하여 29명 중 20명은 공복혈당과 당부하시 당면적이 감소하였고 4명은 공복혈당은 감소하였으나 당면적은 증가하였고 5명은 공복혈당과 당면적이 증가하여 공복혈당과 포도당 면적의 변화에 따라 세 그룹으로 나누어 비교하였다. 공복혈당이 증가한 군은 이환기간이 긴 경향을 보였으며 영양음료 투여전 당부하시 인슐린과 C-peptide분비도 적은 경향을 보여주었다. 영양음료 투여 8주후 당부하시 포도당 면적이 감소한 군은 당면적이 증가한 군들보다 인슐린과 C-peptide면적이 유의하게 증가하였다. 영양음료 투여 후 세 군 모

두에서 glycated hemoglobin은 감소하는 경향을, 혈청 중성지방, HDL, LDL, total-cholesterol, 알부민, transferrin, creatinine, GOT, GPT등은 변화하지 않았다.

이러한 결과는 간식 대신에 당뇨병 환자를 위한 영양음료 투여가 신장이나 간장에 부담을 주지 않고 영양상태를 유지하며 혈당조절에 도움을 줄 수 있다는 것을 제시하였다. 영양음료 투여후 혈당조절이 가능하였던 것은 영양소 급원을 혈당조절에 도움을 주는 지방의 급원으로 단일불포화지방산, 탄수화물의 급원으로 maltodextrin과 과당, 그리고 수용성 섬유질의 사용 때문으로 간주된다.

## Literature cited

- 1) Gang G, Bonanome A, Grundy SM, Zhang Z-J, Unger RH. Comparison of a high carbohydrate diet with a high monounsaturated fat diet in patients with NIDDM. *N Engl J Med* 319 : 829-834, 1988
- 2) 대한당뇨병 학회. 당뇨병의 진료지침. 1990
- 3) 대한당뇨병학회. 대한영양사회. 한국영양학회. 당뇨병의 식품교환지침. 1988
- 4) Milne RM, Mann JI, Chisholm AW, Williams SM. Long-term comparison of three dietary prescriptions in the treatment of NIDDM. *Diabetes Care* 17 : 74-80, 1994
- 5) Henry RR, Scheaffer L, Olefsky JM. Glycemic effects of intensive caloric restriction and isocaloric refeeding in NIDDM. *J Endocrinol Metab* 61 : 917-925, 1985
- 6) Anderson JW, Akanji AD. Dietary fiber-an overview. *Diabetes Care* 14 : 1126-1131, 1991
- 7) Riccardi G, Rivelles AA. Effects of dietary fiber and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients. *Diabetes Care* 14 : 1115-1125, 1991
- 8) American Diabetes Association. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus. 1986, *Diabetes Care* 10 : 126-132, 1987
- 9) Campbell SM, Schiller MR. Considerations for enteral nutrition support of patients with diabetes.

- Top Clin Nutr* 7 : 23-32, 1991
- 10) 최미숙 · 이종호 · 백인경 · 정윤석 · 이현철 · 허갑범. 인슐린 비의존형 당뇨병 환자에서 체지방 분포가 혈청당질 및 지질에 미치는 영향. *당뇨병* 16 : 45-53, 1992
  - 11) Anonymous. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 15 : 21-28, 1992
  - 12) Campbell SM, Schiller MR. Considerations for enteral nutrition support of patients with diabetes. *Top Clin Nutr* 7 : 23-32, 1991
  - 13) Gottschlich MM, Matarese LE, Shronts EP. Nutrition Support Dietetics 2nd ed. 1993 ASPEN MD.
  - 14) Anderson JW, Story LJ, Zettwoch NC, Gustafson NJ, Jefferson BS. Metabolic effects of fructose supplementaation in diabetic individuals. *Diabetes Care* 12 : 337-343, 1989
  - 15) Simonson DC, Tappy L, Jequier E, Felber JP, DeFonzo RA. Normalization of carbohydrate-induced thermogenesis by fructose in insulin-resistant states. *Am J Physiol* 254 : E201-207, 1988
  - 16) Tappy L, Jéquier E. Fructose and dietary thermogenesis. *Am J Clin Nutr* 58(suppl) : 766s-770s, 1993
  - 17) Gerrits PM, Tsalikian E. Diabetes and fructose metabolism. *Am J Clin Nutr* 58(suppl) : 796s-799s, 1993
  - 18) 농촌진흥청. 식품분석표. 4차 개정판. 1991
  - 19) Page CP, Hardin TC. Nutritional Assessment and Support. Williams & Wilkins, MD, 1989
  - 20) Christian JL, Greger JL. Nutrition for Living. Benjamin/Cummings Publ Co, Inc, CA, 1985
  - 21) Grant A, Dehoog S. Biochemical assessment, In : Nutritional Assessment and Support. pp35-72, WA, 1985
  - 22) Dikovics A. Laboratory data, In : Nutritional Assessment. pp96-106, GF Stickley Comp, PA, 1987
  - 23) Hopkins B. Assessment of nutritional status. In : Gottschlich MM, Matarese LE, Shornts EP, eds. Nutrition Support Dietetics 15-70, ASPEN, MA, 1993
  - 24) Zar JH. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc, NJ, 1984
  - 25) Henry RR, Wallace P, Olefsky JM. Effects of weight loss on mechanisms of hyperglycemia in obese NIDDM. *Diabetes* 35 : 990-998, 1986
  - 26) Nagulesparan M, Savage PJ, Bennion LJ, Unger RH, Benett PH. Diminished effect of caloric restriction on control of hyperglycemia with increasing known duration of type II diabetes mellitus. *J Clin Endocrinol Metab* 5 : 560-569, 1981
  - 27) Garg A, Grundy SM, Unger RH. Comparison of effects of high and low carbohydrate diets on plasma lipoproteins and insulin sensitivity in patients with mild NIDDM. *Diabetes* 41 : 1278-1285, 1992
  - 28) Garg A. High-monounsaturated fat diet for diabetic patients. *Diabetes Care* 17 : 242-246, 1994
  - 29) Rasmussen OW, Thomsen C, Hansen KW, Vesterglund M, Winther E, Hermansen K. Effects on blood pressure, glucose and lipid levels of a high-monounsaturated fat diet compared with a high-carbohydrate diet in NIDDM subjects. *Diabetes Care* 16 : 1565-1571, 1993
  - 30) Austin MA. Plasma triglyceride as a risk of factor for coronary heart disease : The epidemiologic evidence and beyond. *Am J Epidemiol* 129 : 249-259, 1989
  - 31) Hollenbeck CB, Coulston AM. Effects of dietary carbohydrate and fat intake on glucose and lipoprotein metabolism in individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 14 : 774-785, 1991
  - 32) Riccardi G, Rivellese AA. An update on monounsaturated fatty acids. *Current Opinion in Lipidology* 4 : 13-16, 1993
  - 33) Laakso M, Nusiuga M, Takala J, Majancer M, Reijonen T, Penttil I. Effects of hypocaloric diet and insulin therapy on metabolic control and mechanisms of hyperglycemia in obese non-insulin-dependent diabetic subjects. *Metabolism* 37 : 1092-1100, 1988
  - 34) DeFronzo RA, Banadonna RC, Ferrannini E. Pathogenesis of NIDDM : A balaced overview. *Diabetes Care* 15 : 318-368, 1992
  - 35) Kosaka K, Kuzuya T, Akanuma Y, Hagura R. Increase in insulin response after treatment of overt maturity-onset diabetes is independent on the mode of treatment. *Diabetologia* 18 : 23-28, 1992

80

- 36) Hidaka H, Nagulesparan M, Klimes I, Clark R, Sasaki H, Aronoff SL, Vasquez B, Rubenstein AH, Unger RH. Improvement of insulin secretion but not insulin resistance after short term control of plasma glucose in obese type II diabetics. *J Clin Endocrinol Metab* 54 : 217-222, 1982
- 37) Garvey WT, Olefsky JM, Griffin J, Hamman RE, Kolterman OG. The effect of insulin treatment on insulin secretion and insulin action in type II diabetes mellitus. *Diabetes* 34 : 222-234, 1985