

인슐린비의존형 당뇨병환자에서 당질 및 지방 섭취량의 변화가 혈당 및 지질에 미치는 영향

연세대학교 생활과학대학 식품영양학과¹, 정식품 주식회사², 신촌 세브란스병원 영양과³, 연세대학교 의과대학 내과학교실⁴

윤지영¹ · 송영득⁴ · 이종호¹ · 박은주¹
김석민² · 임현숙³ · 이현철⁴ · 허갑범⁴

서 론

당뇨병의 치료와 조절에는 식사요법, 운동요법, 경구 혈당강하제 및 인슐린 요법 등이 있으며 이중 식사요법은 가장 중요하며 기본적인 요법으로^(1,2) 당뇨병환자들 중 약 80% 정도를 차지하는 인슐린비의존형 당뇨병환자에서는^(3,4) 식사와 운동요법만으로도 혈당 조절이 잘 되는 경우가 많다^(5~7).

미국에서 당뇨병환자를 위한 권장식이는 지방질이 총열량의 30%를 초과하지 말고 열량의 10% 이하를 포화지방산으로 섭취하며 식이 cholesterol은 하루 300mg 이하를 섭취하는 것이다^(8~10). 식이내 포화지방산을 탄수화물로 교환하는 것이 당뇨병환자의 식이 치료의 중요한 면이라고 강조되어 왔으나 많은 임상 실험들은 탄수화물의 섭취를 증가시켰을 때의 문제점들을 제거하고 있다^(11~16). 인슐린비의존형 당뇨병환자의 경우 탄수화물 섭취량을 총 열량의 50% 정도에서 60%로 증가시키면 VLDL-cholesterol, 식후 혈당, 중성지방의 농도가 모두 증가하였고 HDL-cholesterol은 감소하며 상승된 혈당을 조절하기 위해 인슐린 투여 양을 증가시켰음에도 불구하고 혈당조절이 어렵다는 보고도 있다^(11,17~20).

인슐린비의존형 당뇨병환자에서 흔히 보이는 문제가 고혈당, 인슐린 저항성, 중성지방 증가와 HDL-cholesterol의 감소^(11,21) 등임을 고려해 볼 때 고탄수화물 섭취는 인슐린비의존형 당뇨병환자들에게 당질 및 지단백 대사에 나쁜 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사해 준다. 따라서 최근에 미국에서는 포화지방산의 섭취를 제한한 만큼 탄수화물 증가 대신 단백질 섭취량을 증가시키는 식이^(22,23)와 열량 중 지방질로부터 섭취되는 총열량인 40%를 감소시키지 않고 포화지방산을 단일 불포화지방산으로 바꾸면서 cholesterol 섭취를 낮추는 식이^(12,13,15)도 제안되고 있다.

대한당뇨병학회에서는 당뇨병환자들을 위하여 권장하고 있는 탄수화물, 지방, 단백질의 배분은 총 열량의 약 60%를 당질, 약 20%를 지방, 나머지 20%를 단백질로 권장하고 있다^(1,24). 그러나 국내에서 당뇨병환자들을 대상으로 조사된 보고들^(25,26)을 보면 미국인 당뇨병환자들보다 당질을 훨씬 많이 섭취하고 있어, 총 열량의 65% 가량을 탄수화물, 약 18%를 지방 그리고 나머지를 단백질로 섭취하고 있다.

따라서 본 연구에서는 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 현재 식이 섭취 중 당질을 총열량의 60%에서 55%로 감소시키고 지방을 20%에서 25%로 증가시키면서 지방의 급원을 포화지방산이 아닌 단일 혹은 다불포화 지방산으로 대체시킬 때 혈당 조절, 혈청 인슐린 및 지질에 어떠한 영향이 오는지를 관찰하였다.

책임저자: 연세대학교 생활과학대학 식품영양학과 윤지영
접수일자: 1995년 3월 20일
통과일자: 1995년 4월 14일
본 연구는 학술진흥재단이 지원한 연구비로 수행되었음.

대상 및 방법

1. 대 상

인슐린비의존형 당뇨병환자 56명을 대상으로 하였으며 이들 중 남자는 29명, 여자는 27명 이었고 평균 나이는 56.8세(35~73세) 이었다. 당뇨병의 평균 이환기간은 7.8년(1~23년)이었고 혈당 조절 방법은 식사 및 운동요법으로만 치료한 경우가 4예, 경구혈당강하제(gliclazide)를 사용한 경우가 52예 이었고 연구관찰이 진행되는 동안 약 용량의 변화는 없었다.

2. 방 법

대상자들을 무작위로 두 군으로 나누어 실험군에서는 8주 동안 고지방음료(정식품 제조)를 대조군에서는 대조음료(정식품 제조)를 간식을 줄이고 하루 400kcal(두 캔)을 섭취하도록 하였다. 고지방음료는 열량의 50%가 지방, 30%가 당질, 20%가 단백질이며, 대조음료는 열량의 60%가 탄수화물, 20%가 지방, 20%가 단백질로 구성되고 나머지 조성은 고지방음료와 동일하였다.

본 연구에서 사용한 당뇨병환자를 위한 영양 음료는 1ml당 1kcal를 공급하였으며 단백질 공급원은 sodium caseinate이었다. 지방산 조성은 단일불포화지방산이 총지방의 80%, 다불포화지방산이 12%, 포화지방산이 8%를 차지하였으며 탄수화물 공급원은 maltodextrin과 과당을 사용하였다. 당뇨병환자를 위한 영양음료 1800 kcal를 기준으로 비타민과 무기질은 정상 성인의 1일 권장량을 함유하였으며 식이 섬유소는 20.3g을 포함하였다.

24시간 기억회상법(24-hr usual food intake)을 사용하여 대상자들의 열량 및 영양소 섭취량을 음료 투여 전과 투여 후 4주 및 8주째에 조사하였으며 인체계측치의 변동을 관찰하였다. 영양 섭취 상태는 우리나라 식품분석표²⁷⁾를 사용하여 열량, 탄수화물, 지방, 단백질 등의 섭취 상태를 분석하였다. 각각의 대상자마다 기초대사량을 Harris-Benedict 방정식²⁸⁾으로 구하고 하루 필요 열량은 육체적 활동량²⁹⁾과 식품의 특이동적 작용을 위한 열량을 가산하였다. 열량 영양소들의 섭취비율이 제대로 유지되고 있는지 또는 하루필요 열량을 섭

취하고 있는지를 점검하기 위해 매 1주일마다 3일치의 식품섭취기록 및 활동상태를 조사하였다. 체지방량은 체지방 측정기(Futrex 5000, Gaithersburg, MD, USA)로 측정하였다.

내당능 검사는 0주와 8주에 시행하였으며 검사 당일 아침 공복시 혈당을 채혈한 후 75g의 포도당을 경구투여하고 30, 60, 120분 후에 각각 정맥혈을 채혈하였다. 혈당은 포도당 산화효소법으로, C-peptide와 인슐린 농도는 INC(Immuno Nucleo Cooperation, Stillwater, Minnesota, USA)에서 제조한 kit를 사용하여 방사면역법으로 측정하였다. 또한 혈청 유리지방산은 Hitachi 7150 Autoanalyzer(Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다.

혈당 면적(glucose area), C-peptide면적(C-peptide area), 인슐린 면적(insulin area), 유리지방산 면적(free fatty acid area)은 각각 혈당, C-peptide, 인슐린 및 유리지방산 반응 곡선에서 곡선 아래 면적으로 계산하였다. 총 콜레스테롤과 중성지방은 Autoanalyzer Hitachi 7150(Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 효소법으로 분석하였고, HDL-cholesterol은 침전제로 PG pool(polyethylene glycol 4000등을 함유한 용액)을 이용하여 chylomicron, LDL(low density lipoprotein), VLDL(very low density lipoprotein)을 침전시킨 후 상층액에 있는 HDL(high density lipoprotein)층에서 콜레스테롤을 다시 효소법으로 측정하였다. 기타 말초 혈액 검사와 기본적인 혈액 생화학적 검사도 실시하였다.

3. 자료의 통계처리

모든 측정치는 평균과 표준오차로 표시하였으며 SPSS-PC⁺ 통계 package를 이용하여 통계처리 하였다³⁰⁾. 실험군과 대조군에서 0주, 4주, 8주 째의 결과는 one-way ANOVA를 이용하여 비교하였고, 실험군과 대조군사이에 측정된 값은 t-test를 실시하였으며 검정 시에는 P값이 0.05 미만일 때를 통계적으로 유의하다고 보았다³⁰⁾.

결 과

1. 8주간의 영양섭취상태

실험군과 대조군 사이에 나이, 당뇨병 이환기간, 혈압 및 남녀비는 비슷하였다(Table 1). 실험 시작전 체중, 이상 체중백분율, 총체지방량(Table 2), 일일 육체적 활동량 및 총열량 소모량(Table 2)은 실험군과 대조군 사이에 차이가 없었으며 4주, 8주 후에도 변화하지 않았다(Table 2).

실험 시작전 총 열량섭취량 중 단백질, 지방, 당질 섭취 비율은 대조군과 실험군 사이에 차이가 없었지만 고지방 음식을 섭취한 실험군은 4주, 8주 후에 지방 섭취 비율은 증가하고, 당질 섭취 비율은 감소하게 되었다(Table 3).

2. 공복혈당, 식후혈당, Glycated Hemoglobin

실험 시작 전 공복혈당, 식후 2시간 혈당, glycated hemoglobin(Table 4)은 대조군과 실험군에서 유의한 차이가 없었다. 대조군에서 처음과 비교하여 4주후 공복 혈당이 유의하게 감소하였으나 8주후 증가하여 처

Table 1. Comparison of Age, Duration of Diabetes and Blood Pressure between Modified Diet and Control Diet Group

	Control diet (n=28)	Modified diet (n=28)
Male/female	14/14	15/13
Age(yr)	57.5 ± 1.5	56.1 ± 1.5
Duration of diabetes(yr)	7.4 ± 0.9	8.1 ± 1.1
Systolic blood pressure (mmHg)	135.9 ± 3.7	136.8 ± 4.3
Diastolic blood pressure (mmHg)	85.7 ± 2.2	86.1 ± 1.9

Values are mean ± S.E.M.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

음과 비슷하였고, 식후 2시간 혈당이나 glycated hemoglobin은 유의한 변화가 없었다. 실험군에서는 공복혈당과 식후 2시간 혈당이 4주 후 유의하게 감소하였으며, 혈당의 감소는 8주까지 계속되었고 glycated hemoglobin은 감소하는 경향을 보였으나 유의한 변화는 아니었다(Table 4).

3. 당부하시 혈당, 인슐린, C-Peptide 면적

실험 시작 전 당부하 0, 30, 60, 120분 혈당(Fig. 1)과 혈당 면적(Fig. 2)은 대조군과 실험군 사이에 유의한 차

Table 2. Comparison of Change of Anthropometric Parameters and Total Energy Expenditure between Modified Diet and Control Diet Group

	Control diet (n=28)	Modified diet (n=28)
Body weight(kg)		
0 week	60.5 ± 1.5	63.1 ± 2.1
4 weeks	60.5 ± 1.5	63.1 ± 2.1
8 weeks	60.3 ± 1.5	62.6 ± 2.1
PIBW(%)		
0 week	112.2 ± 2.8	113.7 ± 2.7
4 weeks	112.1 ± 2.8	113.6 ± 2.6
8 weeks	111.8 ± 2.8	112.6 ± 2.6
Body fat(%)		
0 week	28.4 ± 1.3	27.4 ± 1.3
4 weeks	27.3 ± 1.3	28.0 ± 1.3
8 weeks	27.4 ± 1.3	28.0 ± 1.4
Physical activity(kcal/d)		
0 week	606 ± 25	647 ± 23
4 weeks	614 ± 25	647 ± 25
8 weeks	618 ± 27	662 ± 26
TEE(kcal/d)		
0 week	2095 ± 55	2195 ± 56
4 weeks	2104 ± 55	2195 ± 59
8 weeks	2106 ± 57	2205 ± 59

Values are mean ± S.E.M.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

PIBW(%): percent of ideal body weight

TEE: total energy expenditure

Table 3. Comparison of Nutrient Intakes between Modified Diet and Control Diet Group

	Control diet (n=28)	Modified diet (n=28)
Calorie intake(kcal/d)		
0 week	2138 ± 58	2237 ± 54
4 weeks	2159 ± 64	2151 ± 61
8 weeks	2167 ± 63	2153 ± 67
Protein(% energy)		
0 week	20 ± 1	19 ± 1
4 weeks	21 ± 1	20 ± 1
8 weeks	20 ± 1	20 ± 1
Fat(% energy)		
0 week	20 ± 1	20 ± 1
4 weeks	21 ± 1 ^b	25 ± 1 ^{***d}
8 weeks	21 ± 1 ^b	26 ± 1 ^{***d}
Carbohydrate(% energy)		
0 week	60 ± 2	61 ± 1
4 weeks	59 ± 1	55 ± 1 ^{***}
8 weeks	60 ± 1 ^a	54 ± 1 ^{***b}

Values are mean ± S.E.M.

***p < 0.001, compared with initial value.

Values in the same row with different superscripts are significantly different (p < 0.05) from each other.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

이를 보이지 않았다. 대조군에서는 8주 후 당부하시 혈당과 혈당면적에 변화가 없었다. 실험군에서는 실험 시작과 비교하여 8주 공복혈당(Fig. 1)과 당부하시 혈당면적(Fig. 2)은 유의한 감소를 보였으며 대조군과 비교하여 당부하시 혈당 면적이 유의하게 적었다.

실험 시작전 당부하 0, 30, 60, 120분 인슐린 농도(Fig. 1)와 인슐린 면적(Fig. 2)은 대조군과 실험군에서 유의한 차이가 없었다. 8주 후 실험군에서 인슐린 면적은 유의한 증가를 보여주었으나 대조군에서는 이러한 변화가 없었다.

실험 시작 전 실험군과 비교하여 대조군에서 당부하 120분 C-peptide 농도가 유의하게 많았다. 실험 8주 후 대조군에서는 당부하 30분 C-peptide 농도는 유의하게

Table 4. Comparison of Serum Glucose and Glycated Hemoglobin between Modified Diet and Control Diet Group

	Control diet (n=28)	Modified diet (n=28)
Fasting serum glucose(mmol/l)		
0 week	8.85 ± 0.28	8.83 ± 0.33
4 weeks	8.30 ± 0.31*	8.14 ± 0.24*
8 weeks	8.45 ± 0.25	7.91 ± 0.25*
2hr postprandial glucose(mmol/l)		
0 week	13.71 ± 0.57	14.24 ± 0.67
4 weeks	13.89 ± 0.66	13.58 ± 0.59*
8 weeks	13.38 ± 0.73	12.44 ± 0.74*
Glycated hemoglobin(%)		
0 week	10.6 ± 0.4	10.4 ± 0.3
4 weeks	10.1 ± 0.4	10.0 ± 0.3
8 weeks	10.1 ± 0.3	9.8 ± 0.3

Values are mean ± S.E.M.

*p < 0.05, compared with initial value.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

증가하였다. 실험 8주 후 실험군에서는 당부하 0, 30, 60, 120분의 C-peptide 농도(Fig. 1)와 C-peptide 면적(Fig. 2)이 유의하게 증가하여 대조군의 C-peptide 면적과 비슷하였다.

4. 당부하시 유리지방산 면적, 혈청지질 및 지단백 농도

실험 시작 전 대조군과 실험군에서 당부하 0, 30, 60, 120분 유리지방산 농도와 유리지방산 면적은 유의한 차이가 없었다. 실험 8주 후 처음과 비교하여 당부하 0, 30, 60, 120분 유리지방산 농도와 유리지방산 면적은 실험군과 대조군에서 변화가 없었으며 두 군 간의 차이도 없었다.

실험 시작 전 대조군과 실험군에서 혈청 중성지방, total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 농도는 유의한 차이가 없었다(Table 5). 실험 4주, 8주 후 처음과 비교하여 혈청 중성지방, total-cholesterol,

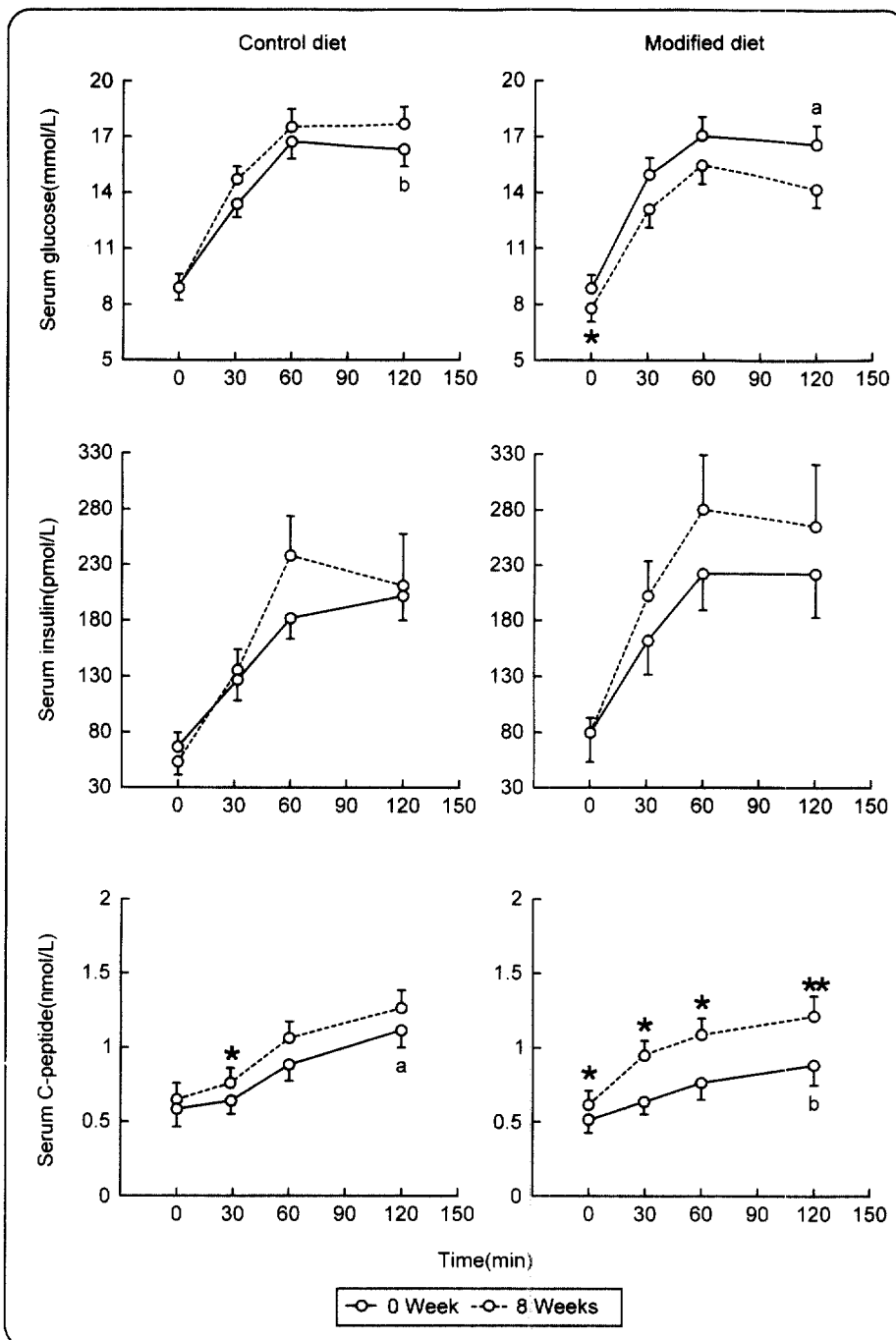


Fig. 1. Changes in serum glucose, insulin and C-peptide concentrations on oral glucose tolerance test between modified diet and control diet group
 Values are mean \pm S.E.M. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ compared with initial value.
 Values with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) from each other.
 Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively
 Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

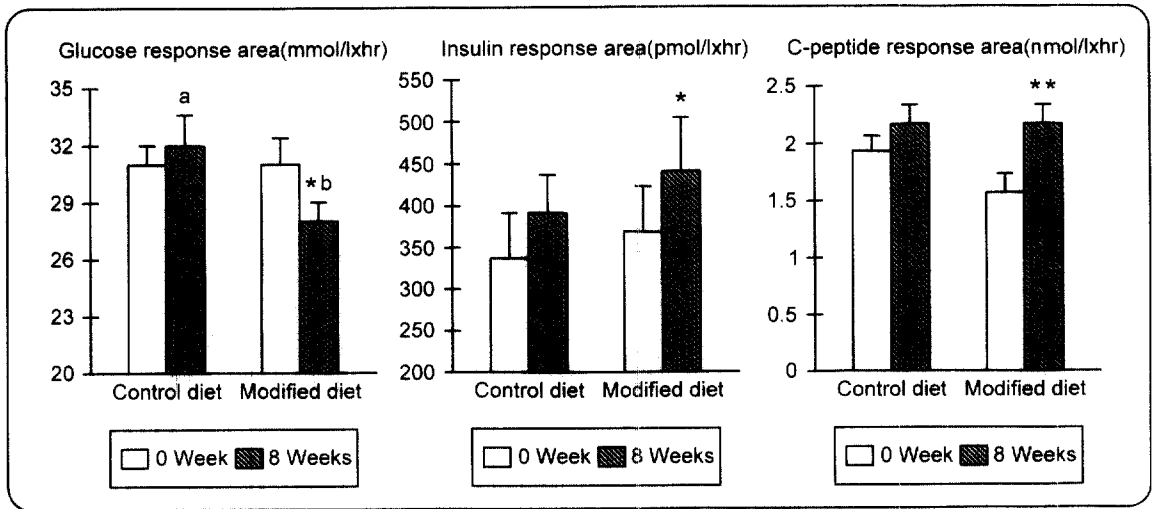


Fig. 2. Changes in serum glucose, insulin and C-peptide response areas on oral glucose tolerance test between modified diet and control diet group

Values are mean \pm S.E.M. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ compared with initial value.

Values with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) from each other.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

HDL- cholesterol, LDL-cholesterol 농도는 유의한 변화가 없었으며 두 군 간의 차이도 없었다.

5. 기타 혈액검사와 생화학적검사

대조군과 실험군 사이에 혈색소, 혈청 총단백, 알부민, transferrin, ALT, AST, BUN, 크레아티닌, 헤마토크릿, osmolality와 총 임파구수 농도는 정상범위에 있었으며 유의한 차이가 없었고 8주동안 유의한 차이를 보이지 않았다.

고 찰

인슐린비의존형 당뇨병환자에서 총열량 섭취량 중 당질 비율을 60에서 55로 감소시키고 지방비율을 단일 불포화지방산을 급원으로 20에서 25%로 증가시킨 결과 8주 후 공복 및 식후 2시간 혈당과 당부하시 혈당 면적이 유의하게 감소하였고 glycosylated hemoglobin 농도는 감소하는 경향을 보여 주었으며 혈청지질 농도는 변화가 없는 것으로 나타났다. 반면에 당질 및 지방 섭취 비율을 정상시대로 60, 20%로 섭취하였던 대조군

에서는 처음과 비교하여 8주 후 혈당, 당부하시 혈당 면적, glycosylated hemoglobin과 혈청 지질 농도가 유의하게 변화되지 않았다. 그러나 대조군과 실험군 사이에 8주후 공복 혈당에 있어 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 양군에서 동일하게 변화된 식사환경과 교육의 효과가 있어 대조군에서도 혈당이 떨어지지 않았나 생각된다. 8주의 실험기간 전후의 결과를 고찰하여 보면 실험군에서는 8주후에 혈당이 유의하게 감소되었으며 대조군에서는 4주후에 감소하는 경향을 보이다가 다시 증가하는 경향을 보였고 결국 8주간 전후의 혈당에는 유의한 변화가 없었다. 이러한 양군의 결과를 간접적으로 비교하여 볼 때 실험군에서 당질섭취의 감소가 어느 정도 혈당 조절에 도움이 될 것이라고 생각이 되며 더욱 장기간 관찰 또는 교차연구를 통하여 향후 더 명확한 결론이 있어야 할 것이다.

구미의 연구를 보면 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 식이내 당질을 단일불포화 지방산으로 대체시키면 혈당조절에 도움이 된다고 알려져 있고^{12,13,19,20,31}, 포화 지방산을 단백질이나 단일 불포화지방산으로 대체한 경우 공복시 혈청 중성지방과 VLDL 중성지방, 식후

Table 5. Comparison of Serum Lipids between Modified Diet and Control Diet Group

	Control diet (n=28)	Modified diet (n=28)
Triglyceride(mmol/l)		
0 week	2.04 ± 0.18	1.65 ± 0.24
4 weeks	1.78 ± 0.16	1.95 ± 0.19
8 weeks	2.16 ± 0.23	2.03 ± 0.19
Total-cholesterol(mmol/l)		
0 week	5.45 ± 0.2	5.50 ± 0.15
4 weeks	5.25 ± 0.18	5.32 ± 0.15
8 weeks	5.32 ± 0.17	5.28 ± 0.14
HDL-cholesterol(mmol/l)		
0 week	1.20 ± 0.06	1.18 ± 0.06
4 weeks	1.25 ± 0.06	1.13 ± 0.06
8 weeks	1.19 ± 0.07	1.15 ± 0.05
LDL-cholesterol(mmol/l)		
0 week	3.32 ± 0.2	3.56 ± 0.14
4 weeks	3.18 ± 0.17	3.30 ± 0.14
8 weeks	3.17 ± 0.18	3.21 ± 0.15

Values are mean ± S.E.M.

Control diet: 60, 20, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

Modified diet: 55, 25, 20% of total calorie intake as carbohydrate, fat, protein, respectively

혈당과 인슐린 농도, HDL-cholesterol 농도에 변화 없이 혈청 총 cholesterol과 LDL-cholesterol 농도를 감소시킬 수 있었다고 한다^{11~13,15,16,32~37}. 당질 대신 단일 불포화 지방산으로 대체시킬 경우 혈당이 감소되는 이유는 당질 섭취의 감소와^{38,39} 단일 불포화지방산이 혈당조절에 도움을 줄 수 있는 지방산이기 때문일 것으로 생각되고 있다³⁸.

구미인의 그러한 연구는 평상시 서양식이의 당질, 지질 및 단백질 섭취비율이 각각 40~50%, 30~40%, 30%의 저당질 및 고지방단백질로 되어 있어 당뇨병환자에서 지질대사의 개선과 인슐린저항성의 감소를 통하여 죽상동맥경화증등의 발병을 낮추기 위하여 지방섭취량을 줄이는 대신 당질섭취를 늘이되 혈당조절에 나쁜 영향을 주지 않고 최대한 당질섭취를 늘여보자는 데에 이론적 근거를 두고 있다. 그러나 한국인은 평상

시에 고당질식사에 적응되어 있으므로 당뇨병환자에서 당질섭취를 줄이고 불포화지방산의 섭취를 늘이는 것이 당뇨병 조절에 미치는 영향이 서구인과는 다를 것으로 생각이 된다. 따라서 본 연구에서는 실험군의 당질섭취를 60%에서 55%로 감소시키고 지방의 섭취비율을 20%에서 불포화 지방산으로 증가시켜 25%까지로 늘린 식사를 8주간 섭취하도록 하였다.

인슐린비의존형 당뇨병환자에서 만성적인 고혈당은 췌장의 β -cell을 계속적으로 자극하여 손상시키므로써 인슐린 분비에 결함을 초래하기 때문에 당부하시 인슐린 분비량은 공복혈당이 증가 할 수록 감소하는 것으로 알려졌다^{44~47}. 자극에 대한 인슐린 분비량은 혈당 농도가 변화됨에 따라 다양하고 치료를 통하여 인슐린 분비가 완벽하게 정상으로 회복되지 못할지라도 혈당이 감소될 경우 당부하시 인슐린 분비량이 증가하는 부분적인 회복을 보여 준다고 한다^{44,46,47}. 본 연구에서는 당질 섭취량을 감소시키고 단일 불포화지방산 섭취를 증가시킨 실험군에서 공복 혈당과 당부하시 혈당 면적은 감소되었고 당부하시 인슐린과 C-peptide 면적은 증가하였다. 이러한 당부하 곡선 변동의 부분적인 이유로 당질 섭취량의 감소를 들 수 있으며, 혈당 감소에 따른 췌장의 β -cell의 예민도와 분비반응의 개선과 관련이 있다고 사료된다³⁹.

실험군에서 당질 섭취비율을 60에서 55%로 줄이고 지방 섭취비율을 단일불포화지방산을 급원으로 20에서 25%로 증가시키기 위해서 열량의 50%가 지방이고 지방의 80% 이상이 단일불포화지방산으로 제조된 특수 액체식을 환자들의 고당질식품을 대체시키는 방법으로 하루 400kcal를 공급하였다. 또한 대조군에서는 placebo로서 하루 400kcal를 평상시 당질과 지방섭취 비율과 동일한 60%, 20%이고 나머지 단백질, 비타민, 무기질, 섬유소의 양은 실험군과 동일한 액체식을 공급하였다. 따라서 두 종류의 액체식이 공급결과 실험군과 대조군에서 당질과 지방섭취량 및 비율만 다르게 섭취시켰을 뿐 다른 영양소들의 공급은 두 군간의 차이가 없도록 하였다.

실제로 실험군에서 지방섭취비율을 증가시키기 위해 전체식단에 변동을 주지 않고 불포화지방산을 섭취하게 하였는데, 환자들이 수용하기 쉽게 하기위해 일일

열량의 5% 이상을 증가시키기가 어려웠다. 따라서 당질 섭취도 5% 정도만 감소시킬 수 있었다. 만약 당질 섭취를 10% 정도 변동을 주었다면 혈당의 감소가 좀 더 뚜렷했을지도 모르며 향후 이에 대한 연구가 있을 것으로 기대된다.

이상의 결과로 미루어보아 서구인에 비해 평소 고당질 식사를 하고 있는 한국인 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 당질 섭취량 및 비율을 다소 감소시키고 단일불포화지방산의 섭취량을 증가시킬 경우 혈청지질에 유의한 변화없이 혈당조절을 용이하게 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 실험의 결과는 8주간의 단기 실험이고, 쉽게 구할 수 있는 식품들을 사용한 것이 아니고 특수 액체식을 사용한 것이기 때문에 환자들에게 실질적인 도움을 주기 위해서는 단일불포화지방산을 이용한 식단들과 실용 가능성에 대한 장기적인 연구가 필요하다고 사료된다.

요 약

연구배경: 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 현재 식이 섭취 중 당질을 총 열량의 60%에서 55%로 감소시키고 단일불포화지방산을 급원으로 지방 섭취 비율을 20%에서 25%로 증가시킬 경우 혈당 조절과 혈청 및 경구 당부하후 인슐린과 혈당의 반응곡선의 변화를 관찰하였다.

방법: 인슐린비의존형 당뇨병환자 56명을 대상으로 열량 영양소의 비율이 다른 두가지 식이를 8주 동안 식사에 첨가하여 섭취하도록 하였다. 실험군에서는 당질 섭취 비율을 총 열량의 60%에서 55%로 감소시키고, 지방 섭취 비율을 20%에서 25%로 증가시키기 위해서 열량의 50%가 지방, 30%가 당질, 20%가 단백질이고 지방의 80%가 단일불포화지방산으로 구성된 고지방음료를 간식대신 하루 400kcal씩 섭취하였다. 대조군에서는 평상시 열량 영양소 섭취비율에 따라 placebo로서 열량의 60%가 당질, 20%가 지방, 20%가 단백질로 구성되고 나머지 조성은 고지방 음료와 동일한 음료로 하루 400kcal를 간식대신 섭취하였다.

결과: 실험 시작 전 공복 혈당, 식후 2시간 혈당, glycated hemoglobin, 혈청 중성 지방, HDL, LDL,

total-cholesterol과 당부하시 포도당, 인슐린, 유리지방산 면적은 실험군과 대조군 사이에 차이가 없었으며 C-peptide 면적이 실험군에서 대조군보다 유의하게 적었다.

실험 시작 8주 후 처음과 비교하여 실험군에서 공복 및 식후 2시간 혈당이 유의하게 감소하였고 glycated hemoglobin은 감소하는 경향을 보여주었으며, 대조군에서는 공복 및 식후 2시간 혈당과 glycated hemoglobin 농도에 변화가 없었다.

실험 시작 8주 후 처음과 비교하여 실험군에서 당부하시 인슐린 및 C-peptide 면적은 증가하였고 혈당 면적은 감소하였으며 대조군에서는 변화가 없었다. 혈청 중성지방, HDL, LDL, total-cholesterol 농도와 당부하시 유리지방산 면적은 실험 8주 후 양군에서 변화가 없었다.

결론: 이상의 결과로 미루어 보아 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 섭취열량 중 당질 비율을 60%에서 55%로 감소시키고 지방비율을 단일불포화지방산을 급원으로 20%에서 25%로 증가시킬 경우 혈청지질 농도에 변화없이 혈당조절을 용이하게 할 수 있을 것으로 생각된다.

= Abstract =

Effect of Different Levels of Carbohydrate and Fat Intake on Glucose and Lipid Metabolism in Patients with NIDDM

Jee Young Yoon,¹ D.S., Young Duk Song,⁴ M.D.,
Jong Ho Lee,¹ Ph.D, Eun Ju Park,¹ M.S.,
Suk Min Kim,² Ph.D., Hyun Suk Lim,³ M.S.,
Hyun Chul Lee,⁴ M.D. and Kap Bum Huh,⁴ M.D.

*Department of Food & Nutrition,¹
College of Human Ecology, Yonsei University Dr.
Chung's Food Company, Limited²
Department of Internal Medicine, College of Medicine,
Yonsei University,⁴
Department of Dietetics, Severance Hospital,³
Seoul, Korea*

Background: The objective of this study was to

assess the effects of decreased intake of dietary carbohydrate and increased intake of fat on glucose and lipid metabolism in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus(NIDDM).

Methods: Fifty-six NIDDM patients were divided into two groups: control diet group(n=28, 60 and 20% of total energy from carbohydrate and fat, respectively), modified diet group(n=28, 55 and 25% of total energy from carbohydrate and fat, respectively). Plasma glucose and lipid metabolic parameters were monitored. In modified diet group, two cans(400 kcal) of high-fat nutrition formula were substituted for high-carbohydrate foods and provided daily for 8 weeks. High-fat nutrition formula was composed of 30% of total energy from carbohydrate, 20% from protein and 50% from fat(80% of fat as monounsaturated fatty acid). In control diet group, patients received two cans(400kcal) of normal-fat nutrition formula as a placebo, which was composed of 60% of total energy from carbohydrate, 20% from protein and 20% from fat. Two enteral nutrition formulas were same with respect to the contents of dietary fiber, vitamins and minerals.

Results: In the begining, the levels of fasting and postprandial glucose, glycated hemoglobin, triglyceride, HDL, LDL, total-cholesterol, and the response areas of glucose, insulin and free fatty acid to oral glucose tolerance test were not different between two groups, but C-peptide response area was lower in modified diet group than in control diet group. After 8 weeks, modified diet decreased fasting and postprandial glucose and tended to decrease glycated hemoglobin; it also increased insulin and C-peptide response areas, and decreased glucose response area. However, in control group, there were no changes in those concentrations. Compared with initial values, at 8 weeks the levels of serum triglyceride, HDL, LDL, total-cholesterol and free fatty acid area were not changed in both control and modified diet groups.

Conclusion: The results indicated that reduction of carbohydrate propotion from 60 to 55% of total energy and increased fat intake from 20 to 25% as monounsaturated fat could improve glycemic control in Korean NIDDM patients.

Key Words: NIDDM, Dietary carbohydrate, Monounsaturated fatty acid

참 고 문 헌

- 1) 당뇨병의 진료지침. 대한당뇨병학회 1990
- 2) NIH Consensus development conference on diet and exercise in NIDDM. *Diabetes Care* 10:639-644, 1987
- 3) 허갑범: 영양실조형 당뇨병. *대한의학협회지* 7: 744-750, 1987
- 4) 허갑범, 김현만, 임승길, 이은직, 김도영, 김경래, 이현철, 김덕희. 한국인에서의 비전형적 당뇨병. *대한내과학회잡지* 33:762-770, 1987
- 5) Wing RR, Blair EH, Bononi P, Marcus MD, Watanabe R, Bergman RN: *Caloric restriction per se is a significant factor in improvements in glycemic control and insulin sensitivity during weight loss in obese NIDDM patients. Diabetes Care* 17:30-36, 1994
- 6) 박해심, 임승길, 김현만, 이현철, 홍천수, 허갑범: 인슐린비의존형 당뇨병환자의 단기간 식이 및 운동요법의 효과에 관한 연구. *대한내과학회잡지* 29: 313-318, 1985
- 7) 허갑범: 인슐린 저항성과 만성퇴행성 질환. *당뇨병* 16:93-98, 1992
- 8) Anderson JW, Akanji AD: *Dietary fiber-an overview. Diabetes Care* 14:1126-1131, 1991
- 9) Campbell SM, Schiller MR: *Considerations for enteral nutrition support of patients with diabetes. Top Clin Nutr* 7:23-32, 1991
- 10) Amrican Diabetes Association. *Nutritional recommendations and principles for individuals with*

- diabetes mellitus. 1986, *Diabetes Care* 10:126-132, 1987
- 11) 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
 - 12) Garg A, 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
 - 13) Rasmussen OW, Thomsen C, Hansen KW, Vesterlund 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
 - 14) 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
 - 15) Bonanome A, Visona A, Lusiani L, Beltramelli G, Confortin L, Biffanti S, Sorgato F, Costa F, Pegnan A: *Carbohydrate and lipid metabolism in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus: effects of a low-fat, high-carbohydrate diet vs a diet high in monounsaturated fatty acids. Am J Clin Nutr* 54:586-590, 1991
 - 16) Gabriele R, Angela AR: *Effects of dietary fiber and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients. Diabetes Care* 14:1115-1125, 1991
 - 17) Coulston AM, Liu GC, Reaven GM: *Plasma glucose, insulin and lipid responses to high-carbohydrate, low-fat diets in normal humans. Metabolism* 32:52-56, 1983
 - 18) Liu GC, Coulston AM, Reaven GM: *Effect of high carbohydrate-low fat diets on plasma glucose, insulin and insulin response in hypertriglyceridemic Humans. Metabolism* 32:750-753, 1983
 - 19) Coulston AM, Hollenbeck CB, Swislocki AML, Chen Y-Di, Reaven GM: *Deleterious metabolic effects of high-carbohydrate, sucrose containing diets in patients with NIDDM. Am J Med* 82:213-220, 1987
 - 20) Coulston AM, Hollenbeck CB, Swislocki AML, Reaven GM: *Resistance of hypertriglyceridemic effect of low-fat high-carbohydrate diets in NIDDM patients. Diabetes Care* 12:94-101, 1989
 - 21) Reaven GM: *Looking at the world through LDL-cholesterol-colored glasses. Am J Clin Nutr* 44:1143-1147, 1986
 - 22) Wolfe BM, Goivannetti PM: *Short-term effects of substituting protein for carbohydrate in the diet of moderately hypercholesterolemic human subjects. Metabolism* 40:338-343, 1991
 - 23) Blankenhorn DH, Johnson RL, Mack WJ, Zein HA, Vialas LI: *The influence of diet on the appearance of new lesions in human coronary arteries. JAMA* 263:1646-1652, 1990
 - 24) 당뇨병의 식품교환지침. 대한당뇨병학회. 대한영양사회. 한국영양학회. 1988
 - 25) 최미숙, 이종호, 백인경, 정윤석, 이현철, 허갑범: 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 체지방 분포가 혈청당질 및 지질에 미치는 영향. *당뇨병* 16:45-53, 1992
 - 26) 최미숙, 이종호, 백인경, 안광진, 정윤석, 이현철, 허갑범: 인슐린비의존형 당뇨병환자에서 이환기간이 영양상태에 미치는 영향. *당뇨병* 16:35-44, 1992
 - 27) 식품분석표 농촌진흥청. 4차 개정판. 1991
 - 28) Page CP, Hardin TC: *Determination of nutritional requirements. In: Nutritional Assessment and Support, pp27-44, Baltimore, Williams & Wilkins* 1989
 - 29) Christian JL, Greger JL: *Energy sources and*

- uses. In: *Nutritional for Living*. pp.111-139, Redwood City, The Benjamin/Cummings Publ. Comp. Inc. 1991
- 30) Zar JH: *One sample hypotheses*. In: *Biostatistical Analysis*. pp. 97-121, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc. 1984
- 31) Campbell LV, Borkman M, Marmot PE, Storlien LH, Dyer JA: *The high-monounsaturated fat diet as a practical alternative for NIDDM*. *Diabetes Care* 17:177-182, 1994
- 32) Mensink RP, Groot MJM, Broeke LT, Severijnen-Nobels AP, Demacker PNM, Katan MN: *Effects of monounsaturated fatty acids and complex carbohydrates on serum lipoproteins and apoproteins in healthy men and women*. *Metabolism* 38:172-178, 1989
- 33) Grundy SM: *Comparison of monounsaturated fatty acid and carbohydrate in lowering plasma cholesterol*. *N Engl J Med* 314:745-748, 1988
- 34) Zavaroni I, Vattzzati M, Gasparini P, Colombi A, Speroni G, Bacchin E, Passeri M, Reaven GM: *Changes in carbohydrate and lipoprotein metabolism with ingestion of low fat, high carbohydrate diets in patients with impaired glucose tolerance*. *Nutr Metabol Cardiovasc Dis* 1:87-91, 1991
- 35) Mensink RP, Katan MB: *Effect of monounsaturated fatty acids versus complex carbohydrates on high-density lipoproteins in healthy men and women*. *Lancet* 1:122-125, 1987
- 36) Mattson FH, Grundy SM: *Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man*. *J Lipid Res* 26:194-202, 1985
- 37) Mensink RP, Katan MB: *Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and man*. *New Engl J Med* 321:436-441, 1989
- 38) Garg A: *High-monounsaturated fat diet for diabetic patients*. *Diabetes Care* 17:242-246, 1994
- 39) Henry RR, Scheaffer L, Olefsky JM: *Glycemic effects of intensive caloric restriction and isocaloric refeeding in NIDDM*. *J Clin Endocrinol Metab* 61:917-925, 1985
- 40) Bussard JH, Dallinga-Thie G, Groot PH, Katan MB: *Effects of amount and type of dietary fat on serum lipids, lipoproteins and apoproteins in man: a controlled 8-week trial*. *Atherosclerosis* 36:315-327, 1980
- 41) Bussard JH, Dallinga-Thie G, Groot PHE: *Serum lipoproteins of healthy persons fed a low-fat diet or a polyunsaturated fat diet for three months*. *Atherosclerosis* 42:205-219, 1982
- 42) Borkman M, Campbell LV, Chishom DJ, Storlien LH: *Comparison of the effect on insulin sensitivity of high carbohydrate and high fat diets in normal subjects*. *J Clin Endocrinol Metab* 72:432-437, 1991
- 43) Riccardi G, Rivellese AA: *Effects of dietary fiber and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients*. *Diabetes Care* 14:1115-1125, 1991
- 44) 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, 1980
- 45) DeFronzo RA, Ferranini E, Simoson D: *Fasting hyperglycemia in NIDDM: Contributions of excessive hepatic glucose production and impaired tissue glucose uptake*. *Metabolism* 38:387-395, 1989
- 46) DeFronzo RA, Banadonna RC, Ferrannini E: *Pathogenesis of NIDDM: A balanced overview*. *Diabetes Care* 15:318-368, 1992
- 47) DeFronzo RA: *The triumvirate: β -cell, muscle, liver. A collusion responsible for NIDDM*. *Diabetes* 37:667-687, 1988