

정상인과 당뇨병 환자에 있어서 Maltitol 경구 투여가 혈당과 혈액내 Insulin농도 변화에 미치는 영향*

문수재* · 이명희** · 허갑범*** · 이관우***

*연세대학교 생활과학대학 식품영양학과 · **배재대학 가정교육과

***연세대학교 의과대학 내과학교실

Effects of Maltitol on Blood Glucose and Insulin Responses in Normal and Diabetic Subjects

Moon, Soojae · Lee, Myunghee · Huh, Kapbum · Lee, Kwanwoo

**Department of Food and Nutr, Yonsei University*

***Department of Home Economics Education, Paichai College*

****Department of Internal Medicine, Yonsei University*

ABSTRACT

This study was an attempt to investigate the usefulness of maltitol as an alternative sweetener. The acute effects of oral ingestion of 50g of maltitol or glucose on blood glucose and insulin levels following test dose were investigated by using five healthy normal subjects and ten diabetic patients.

The data demonstrated marked differences between the utilization of maltitol and of glucose in both groups. Blood glucose and insulin responses to glucose were significantly greater than to maltitol in normal subjects($p < 0.05$).

In diabetic patients, the peaks of the mean increment in blood glucose concentration after glucose and maltitol were reached at 60 minutes with mean values of 135mg/dl and 49mg/dl, respectively, and these differences were statistically significant($p < 0.001$).

As for blood insulin responses in diabetic patients, the peak of the mean increment after glucose was 25.03 μ U/ml at 120 minutes. In contrast insulin responses to maltitol were significantly lower than to glucose($p < 0.05$), and the peak value was 7.98 μ U/ml at 60min.

From these results it can be concluded that ingestion of maltitol resulted in significantly lower blood glucose and insulin increments than did glucose in both normal and diabetic patients.

KEY WORDS : glucose · maltitol · blood glucose · blood insulin.

*본 연구는 1989년도 연세대학교 학술연구비에 의하여 연구를 수행 작성 된것임.
접수일자 : 1990년 8월 3일

서 론

최근 당뇨병의 발생 빈도가 매우 급격히 증가하고 있어 당뇨병과 이와 연관된 합병증들이 중요한 건강의 문제로 대두되고 있다. 그러므로 이의 원인을 밝히고 예방과 치료 방안을 모색하기 위해 여러 측면에서의 연구가 이루어지고 있다.

당뇨병 환자에 있어서 치료의 기본 목표는 높은 혈당을 정상 수준으로 저하시키는 것이다. 따라서 비만이 insulin 저항성의 주요 원인이 되는 insulin 비의존형 당뇨병의 경우에는 무엇보다도 열량 제한에 의한 체중 조절이 선행되어야 한다¹⁾. 즉식이 조절로 체중을 감소시킴으로써 insulin 저항성을 막고 조직의 insulin에 대한 민감도를 회복시키자는 것이다. 이와 같이 insulin 비의존형 당뇨 환자의 치료를 위해서는 혈당 조절과 열량 제한이 문제가 되므로, 이러한 관점에서 당뇨병 환자의 당질 섭취는 여러 연구자들의 관심의 대상이 되어 왔다.

여러 연구에서 단당류나 이당류는 전분과 같은 복합 당질에 비해 소화, 흡수되는 속도가 빠르기 때문에 혈액 내 glucose 농도를 급격히 증가시키게 되고 따라서 고혈당증을 더욱 촉진시킨다고 밝혀져 당뇨병 환자에 있어 glucose와 sucrose 등의 섭취를 제한하고 있다^{2~12)}.

한편 최근 미생물 공학과 효소 공학의 기술이 눈부신 진전을 보임에 따라 sorbitol, xylitol 뿐 아니라 maltitol, lactitol 등 여러 당 alcohol류들이 상품화될 수 있는 수준에까지 이르렀고¹³⁾, sucrose, fructose 등 기존 감미료들의 대체용품으로서의 유용성에 대해 활발히 연구되고 있는 실정이다^{14~18)}.

여러 당 alcohol류 중에서도 maltitol은 단맛이 sorbitol보다 강하고 순수한 단맛을 지닌 반면, 체내에 분해 효소가 없어서 소장에서는 소화, 흡수되지 않고, 대장 내에 서식하고 있는 미생물에 의해 일부만이 분해되어 에너지로 사용된다고 보고되고 있다^{19~26)}. 그러므로 일본과 미국 등 경제 수준이 높아 선진국형 질병이라 일컬어지는 비만, 당뇨병 등의 문제를 안고 있는 몇몇 나라에서는 주로 maltitol 섭취 후에 초래되는 혈액 내의 당질과

insulin 농도 변화를 중심으로 이의 유용성을 검토한 바 있으나^{16~18)27)}, 우리나라에서는 이에 관한 연구가 아직까지 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 정상인과 당뇨병 환자를 대상으로 임상 실험을 실시하여 maltitol 섭취 후 혈액 내 glucose와 insulin 농도 변화 추이를 조사함으로써 당뇨병 환자를 위한 대체 감미료로서 maltitol의 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

실험 내용 및 방법

1. 실험 대상

본 연구의 목적과 연구 내용을 미리 주지시킨 후 자발적으로 참여할 의사를 지닌 정상인과 당뇨병 환자를 실험 대상으로 하였다.

정상인군으로는 40~50대의 연령층으로 oral glucose tolerance test를 실시하였을 때 정상의 범주에 속하는 여자 5명을 실험 대상으로 하였다. 당뇨병 환자군은 Y대학교 의과대학 부속 병원에 찾아온 당뇨병환자로 구성하였다. 이중 Impaired Glucose Tolerance(IGT) 환자가 3명, insulin 비의존형 당뇨병 환자는 7명으로 총 10명의 환자들을 대상으로 하였다.

2. 실험 내용 및 방법

본 연구에서는 정상인과 당뇨병 환자를 대상으로 maltitol(Hayashibara Co.)을 섭취하였을 때의 혈액내 glucose와 insulin 농도 변화를 glucose를 섭취한 경우와 비교하기 위하여 glucose tolerance test와 maltitol tolerance test를 실시하였다.

1) Glucose Tolerance Test

당질 섭취 후 혈액 내 glucose 농도 변화를 조사하기 위하여 피험자에게 조사 전날 저녁부터 다음 날 아침까지 12시간 동안 물 이외에 아무 것도 먹지 않도록 하고, 다음 날 아침의 공복 상태에서 20% glucose 용액으로 50g의 glucose를 제공하였다. 이때 정상인을 대상으로 한 실험에서는 glucose 용액을 마시기 전과 마신 후 30분, 60분, 90분, 120분 경과했을 때, 당뇨병 환자의 경우에는 glucose 용액을 마시기 전과 마신 후 30분, 60분, 120분이

Maltitol 투여 후 혈당 및 insulin 농도 변화

경과했을때 혈액을 채취하였다. 그 후 5000rpm에서 10분간 원심 분리하여 각각 혈장과 혈청을 분리하고, 이때 분리된 시료는 후의 분석을 위하여 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

2) Maltitol tolerance test

실험 대상자에게 미리 체중 1kg당 0.5g의 maltitol을 7일간 제공하여 maltitol 섭취에 적응하게 한 다음, 8일째 되는 날 아침의 공복시에 50g의 maltitol을 20% 용액으로 한번에 마시게 하였다.

Maltitol 섭취후의 혈당 변화를 관찰하기 위해서는 glucose tolerance test의 경우와 같이 정상 인군에서는 maltitol 용액을 마시기 전과 마신 후 30분, 60분, 90분, 그리고 120분이 경과했을때, 당뇨병 환자의 경우에는 마시기 전과 30분, 60분, 120분 경과했을 때의 혈액을 채취하였다. 그 후 5000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 혈장과 혈청을 분리하고 이를 glucose와 insulin 농도를 측정할 때까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다.

3) Blood Glucose농도와 Insulin농도의 측정

혈액 내 glucose의 농도는 상업용 glucose kit(Sigma Chemical Co., kit No. 510)를 이용한 glucose oxidase method로 측정하였으며, 혈액내 immunoreactive insulin(IRI)농도는 상업용 kit(Dainabot Co., Insulin · Riabead[®])를 이용한 radioimmunoassay법으로 측정하였다.

3. 자료의 처리 및 분석

당질 섭취 후의 혈액 내 glucose농도와 insulin 농도를 측정하고 이때 얻어진 결과는 각 당질 섭취 후 시간 경과에 따른 증가량으로 나타내어 비교하였다. 이를 위해 공복시의 glucose농도를 기준으로 하여 매 측정 시간에 얻어진 glucose농도와의 차이를 계산하고, 평균 값과 표준 편차를 구하였다.

Insulin농도의 변화도 같은 방법으로 계산하고 평균값과 표준편차를 구하였다.

정상인군과 당뇨병 환자군에서 각각 glucose와 maltitol을 섭취한 후의 시간 경과에 따른 glucose와 insulin농도 변화의 차이는 paired t-test²⁸⁾를 이용하여 유의성을 검증하였다.

Table 1. Age, weight, height and body mass index of normal subjects

| Subect | Sex | Age | Weight | Height | Body mass |
|--------|-----|-----|--------|--------|-------------------|
| | | yr | kg | cm | kg/m ² |
| A | F | 40 | 55 | 164 | 20 |
| B | F | 40 | 50 | 153 | 24 |
| C | F | 46 | 59 | 160 | 23 |
| D | F | 48 | 68 | 163 | 26 |
| E | F | 49 | 63 | 155 | 26 |

*F : Female

실험결과 및 고찰

1. 정상인을 대상으로 한 연구

1) 실험 대상자의 일반 사항

본 연구에 정상인군으로 참여한 실험 대상자의 성별, 연령, 체중 및 신장에 대한 사항을 정리하여 Table 1에 제시하였다.

피험자는 46세에서 50세의 중년층으로 구성되었고 이들의 평균 연령은 47세이었다. 이들의 체격 지표인 체중과 신장의 범위는 각각 55~63kg과 153~164cm였으며, 평균값은 59.2kg과 160cm로 측정되었다. 조사 대상자의 비만 정도를 알기 위해 body mass index를 산출한 결과 구성원 중 2명이 비만이었고 나머지는 과다 체중이거나 정상인 것으로 나타났다.

2) Blood Glucose농도 변화

실험 대상자에게 glucose와 maltitol 각 50g씩을 용액 상태로 만들어 마시게 한 다음 시간의 경과에 따른 혈장내 glucose농도의 변화 양상을 본 결과는 Table 2에 제시하였다.

Glucose와 maltitol을 섭취한 후 30분이 지났을 때의 혈당 증가량은 각각 37mg/dl, 14mg/dl로 maltitol을 섭취하였을때 유의적으로 혈당의 증가가 적었다($p < 0.05$). 그 후 60분이 경과한 다음에도 maltitol을 섭취한 경우에는 12mg/dl의 증가를 보여 공복시에 비해서 40mg/dl가 증가한 glucose의 경우보다 크게 적었다. 그러나 이 때 glucose 섭취 후 피험자에 따라 혈당 증가량에 커다란 차이가

Table 2. Mean blood glucose increments in normal subjects after oral administration of glucose or maltitol solution

| Subject | Time, minutes | | | | |
|--------------|---------------|--------|----|----|-----|
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| 50g glucose | | | | | |
| | | mg/dl | | | |
| A | 0 | 42 | 33 | 20 | 0 |
| B | 0 | 31 | 10 | 2 | 3 |
| C | 0 | 39 | 26 | 20 | -7 |
| D | 0 | 24 | 65 | 36 | 32 |
| E | 0 | 49 | 67 | 0 | 2 |
| Mean | 0 | 37 | 40 | 12 | 6 |
| ± | · | ± | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 9 | 22 | 14 | 13 |
| 50g maltitol | | | | | |
| A | 0 | 22 | 2 | 2 | 0 |
| B | 0 | 24 | 14 | 14 | 14 |
| C | 0 | 16 | 11 | 4 | 16 |
| D | 0 | 0 | 18 | 9 | 6 |
| E | 0 | 10 | 16 | 12 | 2 |
| Mean | 0 | 14 | 12 | 8 | 8 |
| ± | · | ± | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 9 | 6 | 5 | 6 |
| Significance | · | p<0.05 | NS | NS | NS |

*S.D. : Standard Deviation

있어서 통계적으로 유의성을 보이지는 않았다. 또한 90분, 120분 후의 증가량은 각각 12~8mg/dl, 6~8mg/dl의 범위로 거의 공복시의 수준으로 회복되었고 당질 종류에 따른 유의적인 차이도 없었다.

이러한 결과는 Mimura등²⁷⁾, Obayash등²⁹⁾, Kearsley등³⁰⁾의 보고와 같은 경향을 나타내고 있었다. 이들은 maltitol, glucose 혹은 sucrose등이 혈당 변화에 미치는 영향에 대해 조사하고 maltitol섭취후 혈당 증가가 유의적으로 낮으며, 이와 같이 다른 당류보다 maltitol을 준 경우 혈당 증가가 적은 것은 maltitol이 체내에서 가수 분해되지 않는 데에 기인하는 것이라고 해석하였다.

3) Blood Insulin농도 변화

당질을 섭취한 후 혈당의 증가는 췌장 β-세포

Table 3. Mean blood insulin increments in normal subjects after oral administration of glucose or maltitol solution

| Subject | Time, minutes | | | | |
|--------------|---------------|--------|-------|-------|-------|
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| 50g glucose | | | | | |
| | | μU/ml | | | |
| A | 0 | 47.45 | 50.94 | 34.22 | 16.89 |
| B | 0 | 28.38 | 5.30 | 10.63 | 12.47 |
| C | 0 | 73.34 | 29.52 | 10.66 | 5.02 |
| D | 0 | 23.48 | 66.50 | 16.91 | 5.34 |
| E | 0 | 31.45 | 37.88 | 25.85 | 17.06 |
| Mean | 0 | 40.82 | 38.03 | 19.65 | 11.36 |
| ± | · | ± | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 18.14 | 20.60 | 9.17 | 5.31 |
| 50g maltitol | | | | | |
| A | 0 | 29.45 | - | - | 0.30 |
| B | 0 | 3.95 | 86.09 | 5.85 | 5.38 |
| C | 0 | 19.77 | 9.54 | 3.10 | 1.76 |
| D | 0 | 0.36 | 11.37 | 8.62 | 6.69 |
| E | 0 | -0.30 | 0.15 | 0.83 | -4.33 |
| Mean | 0 | 10.65 | 6.79 | 4.60 | 1.96 |
| ± | · | ± | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 11.89 | 4.28 | 2.92 | 3.91 |
| Significance | · | p<0.05 | NS | NS | NS |

*S.D. : Standard Deviation

에서의 insulin분비를 자극하며, insulin의 분비는 당질의 종류에 따라 달라진다. 본 연구에서 glucose와 maltitol을 투여한 후 혈장 insulin농도의 변화 양상을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

당질 섭취 후 30분이 지난 다음의 혈장 insulin농도 증가는 glucose의 경우 40.82μU/ml, maltitol의 경우 10.65μU/ml로 maltitol을 섭취한 후 insulin분비 증가가 유의적으로 적은 것으로 나타났다(p<0.05). 또한 그 이후에도 혈장내 insulin농도의 증가는 maltitol을 섭취한 경우 현저히 낮았고 glucose투여시에는 2시간 이후에도 11.36μU/ml이 증가한 것으로 측정된데 반해 maltitol 투여시에는 1.96μU/ml로 공복시와 거의 비슷하였다.

이는 정상인에게 30g의 maltitol과 sucrose를 주

Table 4. Clinical characteristics of diabetic patients

| Subect | Sex | Age | Weight | Height | Body mass index | Type of diabetes |
|--------|-----|-----|--------|--------|-------------------|------------------|
| | | yr | kg | cm | kg/m ² | |
| A | F | 69 | 47 | 139 | 24 | IGT |
| B | F | 41 | 75 | 158 | 30 | IGT |
| C | F | 70 | 60 | 156 | 25 | IGT |
| D | F | 41 | 41 | 142 | 19 | IIa |
| E | F | 59 | 54 | 158 | 22 | IIa |
| F | M | 45 | 69 | 171 | 24 | IIa |
| G | F | 65 | 59 | 155 | 25 | IIb |
| H | F | 56 | 80 | 163 | 30 | IIb |
| I | M | 45 | 80 | 170 | 28 | IIb |
| J | F | 47 | 79 | 153 | 34 | IIb |

*F : Female

*M : Male

*IGT : Impaired Glucose Tolerance

*IIa : Type IIa Diabetes

*IIb : Type IIb Diabetes

있을 때 sucrose의 경우 공복시에 비해 25.5 μ U/ml이 증가하였으나 maltitol의 경우에는 이보다 훨씬 낮아 9.3 μ U/ml이 증가하였다고 한 Felber등¹⁸⁾의 연구 결과와 일치하는 것이었다.

이상과 같이 정상인을 대상으로 glucose tolerance test(GTT)와 maltitol tolerance test(MTT)를 실시하였을 때 maltitol 투여시 혈당의 증가와 이에 따른 insulin분비가 glucose에 비해 현저히 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 maltitol이 체내에서 소화, 흡수되지 않으며 섭취 후 insulin분비를 자극하지 않음을 반영해 주는 것으로 maltitol이 당뇨병 환자를 위한 저열량 대체감미료로서 유용하게 쓰일 수 있음을 시사해 준다.

2. 당뇨병 환자를 대상으로 한 연구

1) 실험 대상자의 일반 사항

본 연구의 조사 대상자는 병원에 찾아온 환자들 10명으로 구성 하였다. 이들의 성별 구성은 남자 2명과 여자 8명이었고, 연령별 분포 상황은 50대와 60대 환자가 각각 2명과 3명, 나머지는 40대의 환자들이었다(Table 4).

Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 피험자들의 체중과 신장은 각각 38~80kg, 138~171cm으로

대상자 사이에 큰 차이가 있었으며, 이로 부터 body mass index를 산출하여 비만 정도를 측정 한 결과 비만인 경우가 6명이었고 나머지는 정상 체중보다 약간 초과된 경우였다.

한편 피험자들의 당뇨 현황을 분류하면 피험자 A, 피험자 B, 피험자 C는 IGT 환자들이었고, 이외에는 insulin 비 의존형 당뇨병 환자들이었다.

2) Blood Glucose농도 변화

당뇨병 환자들을 대상으로 50g의 glucose와 maltitol을 함유하는 수용액을 주고 이들 당질 섭취 후 나타나는 혈당의 농도 변화를 측정하였을 때 얻어진 결과는 Table 5와 같다.

Glucose와 maltitol, 두 종류의 당질을 섭취한 다음 30분이 지났을 때의 혈당 증가량은 glucose 섭취시가 100mg/dl인데 비해 maltitol섭취 후에는 이보다 유의적으로 적어($p < 0.001$) 평균 45mg/dl의 증가를 보였다(Table 5). 또한 혈당 농도가 최고에 이른 60분 경과 후 glucose를 준 경우에는 혈당 증가량이 135mg/dl로 30분 후보다 더 증가하였으나 maltitol을 준 경우에는 공복시에 비해 49mg/dl가 증가하여 45mg/dl의 증가를 보였던 30분 후의 수준을 거의 그대로 유지하였다(Table 5).

당뇨병 환자에게 50g의 glucose와 maltitol을 주고 혈당 증가 정도를 비교한 Kamoi등¹⁶⁾은 혈당이 가장 높았던 90분 후의 Δ GTT/ Δ MTT는 3.8로 측정되었다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 glucose를 준 경우의 혈당 증가는 maltitol을 준 경우의 약 3배에 달하여, 이때의 혈당 증가량은 두 당질 사이에 유의적인 차이가 있었다($P < 0.001$).

Table 5. Mean blood glucose increments in diabetic patients after oral administration of glucose or maltitol solution

| Subject | Time, minutes | | | |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 30 | 60 | 120 |
| 50g glucose | | | | |
| | | mg/dl | | |
| A | 0 | 67 | 103 | 73 |
| B | 0 | 96 | 129 | 63 |
| C | 0 | 83 | 116 | 27 |
| D | 0 | 86 | 116 | 169 |
| E | 0 | 139 | 83 | 76 |
| F | 0 | 130 | 211 | 105 |
| G | 0 | 78 | 113 | 147 |
| H | 0 | 126 | 212 | 107 |
| I | 0 | 100 | 164 | 159 |
| Mean | 0 | 100 | 135 | 86 |
| ± | · | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 24 | 44 | 45 |
| 50g maltitol | | | | |
| A | 0 | 22 | 14 | 9 |
| B | 0 | 23 | 37 | 15 |
| C | 0 | 29 | 31 | 12 |
| D | 0 | 30 | 32 | 34 |
| E | 0 | 79 | 72 | 5 |
| F | 0 | 85 | 109 | 48 |
| G | 0 | 32 | 63 | 73 |
| H | 0 | 40 | 12 | 8 |
| I | 0 | 18 | 39 | 43 |
| Mean | 0 | 45 | 49 | 21 |
| ± | · | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 23 | 29 | 22 |
| Significance | · | $p < 0.001$ | $p < 0.001$ | $p < 0.001$ |

*S.D. : Standard Deviation

당질 섭취 2시간 후의 혈당 증가는 glucose와 maltitol의 경우 공복시에 비해서 각각 86mg/dl, 21 mg/dl이 증가한 것으로 나타났으며, maltitol을 섭취한 경우 glucose를 섭취하였을 때보다 혈당의 증가량이 유의적으로 적었다($p < 0.001$).

이상의 결과로부터 당 alcohol인 maltitol은 섭취 후 glucose의 경우보다 혈당이 증가되는 정도도

Table 6. Mean blood insulin increments in diabetic patients after oral administration of glucose or maltitol solution

| Subject | Time, minutes | | | |
|--------------|---------------|-------|------------|------------|
| | 0 | 30 | 60 | 120 |
| 50g glucose | | | | |
| | | μu/ml | | |
| A | 0 | 36.07 | 58.96 | 57.56 |
| B | 0 | 37.73 | 37.25 | 54.95 |
| C | 0 | 9.29 | 16.38 | 13.11 |
| D | 0 | 1.35 | 2.31 | 5.20 |
| E | 0 | 9.56 | 13.76 | 13.78 |
| F | 0 | 0.54 | -1.04 | 4.13 |
| G | 0 | 20.83 | 25.49 | - |
| I | 0 | 12.93 | 30.60 | 27.57 |
| J | 0 | 9.51 | 10.89 | 23.91 |
| Mean | 0 | 15.76 | 21.27 | 25.03 |
| ± | · | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 15.36 | 20.87 | 19.56 |
| 50g maltitol | | | | |
| A | 0 | 3.65 | 10.87 | 8.84 |
| B | 0 | 7.58 | 12.81 | 12.25 |
| C | 0 | 3.81 | 6.05 | 4.44 |
| D | 0 | 0.91 | 0.86 | 0.83 |
| E | 0 | 6.41 | 6.94 | 0.50 |
| F | 0 | -2.61 | 2.70 | 0.21 |
| G | 0 | 2.37 | 10.13 | 10.49 |
| I | 0 | 22.81 | 12.86 | 8.89 |
| J | 0 | 8.13 | 8.59 | 15.53 |
| Mean | 0 | 5.83 | 7.98 | 6.89 |
| ± | · | ± | ± | ± |
| S.D. | 0 | 6.80 | 4.00 | 5.29 |
| Significance | · | NS | $p < 0.05$ | $p < 0.05$ |

*S.D. : Standard Deviation

혈선 낮을 뿐 아니라, 2시간 후의 혈당치에서 알 수 있는 바와 같이 섭취 후 정상 수준으로 회복되는 정도도 훨씬 양호한 것으로 판단된다.

3) Blood Insulin 농도 변화

당뇨병 환자에게 50g의 glucose와 maltitol을 음료로 마시게 한 후 혈청 insulin농도 변화를 측정 한 결과는 Table 6과 같다.

Glucose와 maltitol을 투여하기 전에 측정한 공복시 혈청 insulin농도는 각각 평균 13.65 μ U/ml, 12.06 μ U/ml로 유의적인 차이가 없었다. 그러나 glucose를 섭취하고 30분, 60분, 120분이 경과했을 때 혈청 insulin 증가량의 평균치는 각각 15.76 μ U/ml, 21.27 μ U/ml, 25.03 μ U/ml로 당질 섭취 30분 혹은 60분 후 최고에 이른 다음 감소하였던 정상인과는 달리 계속 증가하는 경향을 보였다.

Maltitol을 섭취하였을 때에는 glucose의 경우와 다소 차이를 보여 공복시에 비해서 30분 후에는 5.83 μ U/ml, 60분과 120분 후에는 각각 7.98 μ U/ml, 6.89 μ U/ml이 증가하여 혈청 insulin농도 증가가 glucose투여시 보다 크게 적었고, 60분과 120분 지났을 때의 혈청 insulin농도 증가량 사이에는 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$).

이때 insulin비의존형 당뇨병 환자의 경우보다 IGT환자에 있어서 maltitol섭취 후 혈청 insulin증가가 glucose투여시 보다 현저하게 적었다.

이상에서 얻어진 결과는 maltitol이 체내에서 insulin의 도움을 받지 않고 대사된다는 선행 연구들과^{16) 17) 18) 27) 31)} 같은 결과를 보인 것으로서 maltitol이 당뇨병 환자에게 설탕 대신 유용하게 쓰일 수 있음을 시사해 주는 것이라 사료된다.

결론 및 제언

본 연구에서는 5명의 정상 성인 여자와 10명의 당뇨병 환자들에게 50g의 glucose와 maltitol을 음료로 준 다음 이들의 섭취후 초래되는 혈당과 insulin농도 변화 양상을 비교함으로써, 당뇨병 환자를 위한 설탕 대체 감미료로서 maltitol의 유용성을 검토해 보고자 하였다.

본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1) 정상인에 있어서 당질 섭취 후 최고에 달하였을 때의 혈당 증가량은 maltitol의 경우에는 14 mg/dl로 측정되었고, 이에 비해 glucose섭취 후에는 maltitol을 준 경우보다 약 3배 정도 높아 37 mg/dl의 증가를 보였다. 이때 두 당질 섭취 후 혈당 증가량 사이에는 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$).

2) Glucose와 maltitol을 섭취한 후의 혈액 내 insulin농도 증가는 각각 40.82 μ U/ml과 10.65 μ U/ml로 측정되어 maltitol투여시에는 insulin농도 증가가 유의적으로 적은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

3) 당뇨병 환자를 대상으로 한 실험에서는 당질섭취 후 1시간이 지났을 때에 최고에 달하였다. 이 때 maltitol 투여시에는 혈당이 가장 높을 때에 135mg/dl의 증가를 보였던 glucose의 경우보다 유의적으로 적어 49mg/dl로 측정되었다($p < 0.001$).

4) 당질 섭취 후 혈액 내의 insulin농도 변화는 당질에 따라 다소 차이가 있었다. 즉, glucose를 준 경우에는 시간이 지남에 따라 계속 증가하여 2시간 후에 가장 높아 공복시보다 25.03 μ U/ml이 증가한 것으로 나타났다. 이에 반해 maltitol 섭취 후에는 1시간이 지났을 때 7.98 μ U/ml이 증가하였고, 2시간 후에는 약간 낮아져 6.89 μ U/ml의 증가를 보였다. 이때 측정된 insulin농도 증가량 사이에는 당질 종류에 따라 유의적인 차이가 있었다.

정상인과 당뇨병 환자를 대상으로 임상 실험을 행하여 얻어진 본 연구 결과에 의하면 체내 glucose와 maltitol의 이용에는 현저한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 특히 비만이 문제가 되는 insulin비의존형 당뇨병 환자에 있어서 maltitol이 sucrose대신 효과적으로 쓰일 수 있음을 입증해 주는 것이었다.

Literature cited

- 1) National Institutes of Health. Consensus development conference on diet and exercise in non-insu-

- lin dependent diabetes mellitus. *Diabetes Care* 10 : 639-644, 1987
- 2) American Diabetes Association. Principles of nutrition and dietary recommendation for individuals with diabetes mellitus : 1979. *Diabetes* 28 : 1027-1030, 1979
 - 3) American Diabetes Association. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus : 1986. *Diabetes Care* 10 : 126, 1987
 - 4) Coulston AM, Hollenbeck CB, Donner CC, Williams R, Chiou YM, Reaven GM. Metabolic effects of added dietary sucrose in individuals with NIDDM. *Metabolism* 34 : 96-966, 1985
 - 5) Coulston AM, Swislocki ALM. Metabolic effects of high carbohydrate, moderate sucrose diets in patients with non-insulin dependent diabetes mellitus(NIDDM). *Diabetes* 34(suppl.1) : 34A, 1985
 - 6) Reiser S, Handler HB, Gardner LB, Hallfrisch JG, Michaelis IV OE, Prather ES. Isocaloric exchange of dietary starch and sucrose in humans. II. Effect on fasting blood insulin, glucose and glucagon and on insulin and glucose response to a sucrose load. *Am J Clin Nutr* 32 : 2206-2216, 1979
 - 7) Reiser S, Bohn E, Hallfrisch J, Michaelis IV OE, Keeney M, Prather ES. Serum insulin and glucose in hyperinsulinemic subjects fed three different levels of sucrose. *Am J Clin Nutr* 34 : 2348-2358, 1981
 - 8) Liu G, Coulston A, Hollenbeck C, Reaven G. The effect of sucrose content in high and low carbohydrate on plasma glucose, insulin, and lipid responses in hypertriglyceridemic humans. *J Clin Endocrinol & Metab* 59 : 636-642, 1984
 - 9) Reiser S, Hallfrisch J, Fields M, Powell A, Mertz W, Prather ES, Canary JJ. Effects of sugars on indices of glucose tolerance in humans. *Am J Clin Nutr* 43 : 151-159, 1986
 - 10) Hollenbeck CB, Coulston AM, Reaven GM. Effects of sucrose on carbohydrate and lipid metabolism in NIDDM patients. *Diabetes Care* 12(suppl.1) : 62-66, 1989
 - 11) Hollenbeck CB, Coulston AM, Reaven GM. Glycemic effects of carbohydrates : A different perspective. *Diabetes Care* 9 : 641-647, 1986
 - 12) Crapo PA. Use of alternative sweeteners in diabetic diet. *Diabetes Care* 11 : 174-182, 1988
 - 13) Mesquita MF, Seabra MP, Halpern MJ. Simple carbohydrates in the diet. *Am J Clin Nutr* 45 : 1197-1201, 1987
 - 14) Vaaler S, Hanssen KF, Aagenaes O. Sucrose and sorbitol as sweeteners in the diet of insulin-dependent diabetics. *Acta Med Scand* 207 : 371-373, 1980
 - 15) Vaaler S, Bjorneklett A, Jelling I, Skrede G, Hanssen KF, Fausa O, Aagenaes O. Sorbitol as a sweetener in the diet of insulin-dependent diabetes. *Acta Med Scand* 221 : 165-170, 1987
 - 16) Kamoi M, Shimizu Y, Kawachi M, Fujii Y, Kikuchi T, Mizukawa S, Yoshioka H, Kibata M. Clinical experiment on maltitol metabolism. 4 : 153-158, 1972
 - 17) 厚治 秀行, 野 誠一, 松木 駿, 片岡 邦三, 中島 倫子, 鈴木 洋, 高林 洋一, 丸山 博. 二糖類 アルコルマルチトルの代謝に關すち研究. *臨床營養* 41 : 200-208, 1972
 - 18) Felber JP, Tappy L, Vouillamoz D, Randin JP, Jequier E. Comparative study of maltitol and sucrose by means of continuous indirect calorimetry. *J Parenteral and Enteral Nutr* 11 : 250-254, 1987
 - 19) Dahlqvist A, Telenius U. The utilization of a presumably low cariogenic carbohydrate derivative. *Acta Physiol Scand* 63 : 156-163, 1965
 - 20) Oku T, Inoue Y, Hosoya N. Absorption and excretion of maltitol-U-¹⁴C in rat. *J Jap Soc Food and Nutr* 24 : 399-404, 1971
 - 21) Hosoya N. Effect of sugar alcohol on the intestine. *Proc 9th Int Congr Nutrition, Mexico* 1 : 164-168, 1972
 - 22) Inoue Y, Moriuchi S, Hosoya N. Effects of maltitol

Maltitol 투여 후 혈당 및 insulin 농도 변화

- administration on the development of rats. *J Jap Soc Food and Nutr* 23 : 625-629, 1970
- 23) Kamoi M, Study on metabolism of maltitol. Part 1. Fundamental experiment. *J Japan Diab Soc* 18 : 243-249, 1975
- 24) Rennhard HH, Bianchine JR. Metabolism and caloric utilization of orally administered maltitol-¹⁴C in rat, dog and man. *J Agric Food Chem* 24 : 287-291, 1976
- 25) Lian-Loh R, Birch GG, Coates ME. The metabolism of maltitol in the rat. *Br J Nutr* 48 : 477-481, 1982
- 26) Zunft HJ, Schulze J, Gartner WH, Grutte FK. Digestion of maltitol in man, rat and rabbit. *Ann Nutr Metab* 17 : 470-476, 1983
- 27) Mimura G, Koga T, Oshikawa K, Kido S, Sadanaga T, Jinnouchi T, Kawaguchi K, Mori N. Maltitol test with diabetes. *榮養學 雜誌* 30 : 145-152, 1972
- 28) Nie NH, Hull CH, Jenkins JG, Steinbrenner K, Bent DH. Statistical package for the social sciences. 2nd ed. Mc Graw-Hill Book Company, 1975
- 29) 尾林 紀雄, 山田 治男, 佐 木英織, 森本 泰雄, 齊藤 浩, 安澤 龍徳, 田 義雄. 健常者 おあび 糖尿病患者におけそマルチトルと 蔗糖 經口 投餘 後の 血糖, 血中 IRI, 血清 NEFA の 變動. *基礎臨床* 7 : 1163-1166, 1973
- 30) Kearsley MW, Birch GG. Blood glucose profiles in man after ingestion of hydrogenated glucose syrups. *Metabolism and Nutrition : Physiology* 6 : 82, 1987
- 31) 鴨井 正樹. マルチトルの 代謝に 關する 研究. 第2 篇 臨床的 檢討 *糖尿病* 18 : 451-460, 1985