

한국 성인의 총당류 섭취와 대사증후군과의 관계 - 2001년과 2002년도 국민건강영양조사자료를 이용하여 -

정진은[§]

안산1대학 식품영양학과

Association of Total Sugar Intakes and Metabolic Syndrome from Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2002

Chung, Chin-Eun[§]

Department of Food and Nutrition, Ansan College, Ansan 426-701, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to establish an association between the percent of energy from total sugar and disease prevalence of obesity, hypertension, dyslipidemia, insulin resistance, and metabolic syndrome with the context of the current population dietary practice in Korea. The Korean National Health and Nutrition Survey, 2001 and 2002 dataset were used as the source of data for this research. Usual nutritional intakes for over 20 years old people were calculated from the two non-consecutive dietary intake data from KNHANES 2001 and 2002 dataset. SAS and SUDAAN were used for statistical analyses. Sample weighted means, standard errors, and population percentages were calculated, and multiple logistic regression model with adjustment for covariates were used to determine the odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals. Subjects were categorized as 3 ways and compared the LS means and ORs for health factors. First, subjects excluding pregnant women, were categorized according to percent of energy from the usual total sugar intakes as $\leq 10\%$, 11-15%, 16-20%, 21-25%, $> 25\%$. Risk of LDL cholesterol showed a tendency to increase in the ' $> 25\%$ ' group compared to the ' $< 10\%$ ' group. The risks of the other health effects did not show any significant differences. Second, the subjects were categorized considering both Acceptable Macronutrient Distribution Range (AMDR) from carbohydrate and %Energy from total sugar as 'CHO $< 55\%$ & Total sugar $\leq 10\%$ ', 'CHO 55-70% & Total sugar 11-25%', and 'CHO $\geq 70\%$ & Total sugar $\geq 25\%$ '. The risk of obesity tended to increase in the 'CHO $\geq 70\%$ & Total sugar $\geq 25\%$ ' group compared to the 'CHO $< 55\%$ & Total sugar $\leq 10\%$ '. Third, the subjects were categorized as 'CHO $< 55\%$ & Total sugar $\leq 10\%$ ', 'CHO 55-70% & Total sugar 11-20%', and 'CHO $\geq 70\%$ & Total sugar $\geq 20\%$ '. The risk of obesity also tended to increase in the 'CHO $\geq 70\%$ & Total sugar $\geq 20\%$ ' group compared to the 'CHO $< 55\%$ & Total sugar $\geq 20\%$ ' group. In conclusion, risk of LDL cholesterol showed a tendency to increase in the over 25% total sugar intake group, and the risk of obesity tended to increase in the 20-25% total sugar intake and high carbohydrate intake group. The risks of hypertension, hyperlipidemia, insulin resistance, and metabolic syndrome were not associated with total sugar intakes. More research to elucidate the association for Korean between the intakes of total sugar, added sugar, glucose, fructose, and sweeteners and diseases prevalences should be executed in the future. (*Korean J Nutr* 2007; 40(Suppl): 29~38)

KEY WORDS: total sugar, metabolic syndrome, disease prevalence, odds ratio, AMDR (acceptable macronutrient distribution range).

서론

세계적으로 사람들이 섭취하는 식품의 패턴이 변화함에 따라 만성질환의 발병양상이 변화되고 있다. 최근 만성질

병이 현대사회의 주요한 사망원인이 되면서 비만의 발병과 함께, 고지혈증, 고혈압, 당뇨병, 심혈관계 질환 등이 급증하는 추세이므로 이들 질병의 위험요인을 규명하려는 욕구가 많이 대두되고 있다. 또한 식이요인과 건강과의 관련성에 대한 관심이 고조되고 있다. 그동안 만성질환과 관련된 지방섭취에 대한 연구들이 많이 이루어져 왔으나 최근에는 탄수화물 또는 설탕에 대한 관심이 증가하고 있다.

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail : cechung@ansan.ac.kr

과거 오랫동안 미국인의 식사지침과 여러 가지 권장사항들은 심혈관계질환과 관련된 지질, 포화지방, 콜레스테롤, 단일 불포화지방산, 트랜스 지방산 등에 대한 지침이 많았다.^{1,2)} 그 결과 미국에서는 국민들의 식습관을 변화시켜 지질섭취와 지질에너지비를 감소시켰고 그로 인해 심혈관계질환의 유병률이 매우 감소하였다. 지질에너지비의 감소는 전체적인 에너지섭취와 다른 열량영양소의 섭취와 관계가 있으므로 최근에는 탄수화물과 설탕섭취에 대한 관심이 커지고 있다.

설탕의 소비는 식품가공이나 생활습관 또는 마케팅에 의해 변화해 왔다. 설탕의 단맛은 사람들로 하여금 많은 애호를 받아왔고 설탕으로 많은 가공식품을 만들어 왔다. 그동안 설탕은 당뇨병, 심혈관계질환, 비만, 고혈압 등 성인의 만성질환과 또한 어린이의 과잉행동장애, 충치 등과 관련이 있다고 알려져 왔다.³⁾ 그러나 2003년 WHO/FAO의 보고서에서 설탕에 대한 긍정적인 보고서가 발표된 이후 많은 반론들이 제기되고 있다.⁴⁾ 만성질환의 양상을 살펴보기 위해서는 열량영양소의 섭취량 뿐만 아니라 열량영양소의 에너지섭취비를 자세히 검토해야한다. 탄수화물섭취로부터의 에너지비와 당뇨병과의 관계,⁵⁾ 과거 10년동안 미국 어린이들의 음료소비 패턴의 변화 등⁶⁾에 관한 연구에서 보면 복합탄수화물과 단순탄수화물의 섭취비율과 건강과의 관계에 대한 결과가 확실하게 나타나지 않았다.

최근 우리나라에서도 설탕을 많이 섭취한 경우 발생할 수 있는 여러 가지 유해 작용, 또는 체중증가 등에 대한 관심이 고조되고 있으며 설탕에 대한 부정적인 견해가 많은 실정이다. 설탕섭취실태에 대한 대단위 조사와 설탕섭취와 질병과의 관계에 대한 연구는 외국에서는 많이 이루어지고 있으나 우리나라에서는 거의 이루어지지 않고 있다. 그러므로 본 연구에서는 한국인의 설탕섭취에 따른 여러 질병, 또는 대사 증후군과의 관계를 2001~2002년도 국민건강영양조사 자료를 분석하여 살펴보고자 하였다.

연구방법

연구 대상자

본 연구는 2001년도 국민건강 영양조사 자료와 2002년도 계절별 국민영양조사 자료를 이용하였다. 2001년도 국민건강영양자료 중에서 식이섭취조사에 참여한 대상자 중 20세 이상의 성인으로 임신한 여성을 제외한자를 대상으로 하였다. 또한 조사대상자들의 섭취량을 정확하게 측정하고 보정하기 위하여 비연속적으로 2일간의 식이조사 결과를 산출하기 위하여 2002년도 계절별 국민영양조사 자

료 중 2001년도 조사와 동일인에게 2일 조사된 자료를 이용하여 분석하였다.

총당류 섭취량과 영양섭취 조사

총당류 섭취량과 영양섭취량은 선행연구와 동일한 방법으로 실시하였다.⁷⁾ 2001년도 국민영양조사와 2002년도 봄 영양조사 자료를 이용하여 대상자들의 식품 섭취량을 기초로 평소섭취량을 산출하기 위하여 한국인의 2일 동안의 총당류 섭취량과 영양섭취량을 계산한 후 1일 평균 섭취량을 산출하였다. 총당류로부터 섭취하는 에너지 비율이 10% 이하, 11~15%, 16~20%, 21~25%, 25% 이상으로 구분하여 질병위험인자, 대사증후군, 기타 건강위험요인과의 관계를 살펴보았다.

질병 위험인자 및 질병 유병률

총당류 섭취에 따른 전체적인 건강상태와 질병의 양상을 파악하기 위하여 신장, 체중, 등 신체체측자료와 혈액의 생화학적 수치를 이용하였으며, 신장, 체중으로부터 계산한 체질량지수 (BMI)와 혈액의 생화학적 수치를 이용해 질병의 유병률을 산출하였다.

최근 관심이 커지고 있는 대사증후군의 유병률을 산출하기 위하여 대사증후군의 항목이 되는 5가지 증후의 유병률을 먼저 산출한 후 대사증후군의 유병률을 산출하였다. 대사증후군의 분류기준은 NCEP-ATP III guideline과 WHO 아시아태평양 비만 기준을 이용하였다. 즉 비만도는 체질량지수가 25 kg/m² 이상인 경우, 인슐린 저항성은 공복시 혈당이 110 mg/dl 이상인 경우, 지질 이상으로 혈청의 중성지방 (TG)농도가 150 mg/dl 인 경우, 혈청 고밀도 (HDL) 콜레스테롤이 남자 40 mg/dl, 여자 50 mg/dl 미만인 경우, 고혈압은 수축기혈압 130 mmHg, 이완기혈압 85 mmHg 이상인 경우로 정의하였으며 이중 3가지 이상의 증후를 가지고 있으면 대사증후군으로 판별하였다.⁸⁾

통계 분석

총당류 섭취량의 에너지 섭취비율에 의한 그룹간의 평균의 비교는 LSD (least significant difference) 방법을 이용하여 '≤ 10%'군과 비교하였다. 연령, 성별, 지역, 교육, 수입, 에너지 섭취량을 보정한 후 다중 로지스틱 회귀분석을 하여 Wald F statistic에 의한 P value를 계산한 후 각각의 질병유병률에 대하여 '10% 이하 섭취하는 군'에 대한 승산비 (Odds Ratio)를 구하여 비교하였다. 국민건강영양조사의 자료처리는 SAS 9.13 (Statistical Analysis System, SAS Institute, Cary, NC) 프로그램을 이용하였다. 모든 변수의 평균과 표준오차의 계산은 가중치를 고려하여 계산

하였으며 SUDAAN 9.01 (SUDAAN, Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC)을 이용하여 Taylor series의 linearization variance estimation 방법으로 계산한 후 유의성 검증을 하였다.

결 과

20세 이상 성인을 대상으로 총당류 섭취에 의한 에너지

섭취비율을 5등분하여 1군 (< 10%), 2군 (11~15%), 3군 (16~20%), 4군 (21~25%), 5군 (> 25%)의 5군으로 나누어 여러 가지 건강요인들과의 관계를 분석하였다.

성별, 연령, 교육수준, 소득수준, 지역, 에너지섭취를 보정한 후 여러 건강요인들의 Least squares means (adjusted means)와 질병의 유병률을 총당류의 섭취비율이 가장 낮은 '10% 이하군'에 비해 어떻게 다른지 비교한 결과는 Table 1과 같다. '10% 이하군'에 비해 수축기혈압이 '21~

Table 1. Adjusted means of health variables and disease prevalence by %Energy from Total Sugar for Korean Adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring

%Energy from total sugar	Total	≤10%		11-15%		16-20%		21-25%		≥25%			
		N	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
Health variables													
BMI (kg/m ²)	794	23.77	0.11	23.81 ¹⁾	0.20	23.73	0.22	23.91	0.38	23.24	0.39	23.90	0.44
Systolic blood pressure (SBP: mmHg)	720	122.54	1.02	125.23	1.47	120.04	1.81	121.90	1.75	117.81	1.61*	118.44	2.01*
Diastolic blood pressure (DBP: mmHg)	720	77.46	0.67	78.88	0.96	75.62	0.97*	76.90	1.13	75.67	1.18	76.45	1.37
Serum total cholesterol (mg/dL)	789	187.5	1.45	188.84	2.18	189.14	2.73	185.37	3.03	179.17	4.44	188.26	4.97
Serum triglyceride (mg/dL)	766	142.07	4.29	151.33	5.94	129.94	7.38	127.85	7.86	143.46	10.34	145.45	13.03
Serum HDL-cholesterol (mg/dL)	794	45.46	0.52	44.78	0.66	46.76	1.00	45.33	1.09	46.15	1.56	45.71	1.48
Serum LDL-cholesterol (mg/dL)	758	112.13	1.26	112.08	1.62	115.64	2.56	111.63	3.03	104.04	3.97	112.90	4.98
Serum fasting glucose (FG: mg/dL)	779	97.72	1.06	98.64	1.27	95.42	1.53	99.21	1.88	94.90	2.67	98.49	3.44
Disease Prevalence (%)													
Obesity (BMI ≥ 25)	671	33.01	0.04	31.99	2.30	34.76	3.87	34.18	4.00	32.02	5.71	33.39	6.99
Hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85)	794	17.81	1.41	22.24	3.10	12.70	2.30*	14.42	3.60	9.66	4.36*	19.93	5.35
Dyslipidemia (TG ≥ 150)	720	35.36	1.99	41.32	3.57	30.28	4.91	26.36	4.53*	32.66	5.57	33.35	9.30
(HDL M < 40 and F < 50)	766	56.11	2.39	55.84	3.57	52.98	4.62	60.41	4.26	56.48	6.77	57.50	9.23
Insulin resistance (FG ≥ 10)	794	16.42	2.39	18.93	2.73	12.42	2.88	15.24	3.55	11.78	4.45	19.72	7.66
metabolic syndrome [§]	779	20.86	1.79	23.93	3.14	15.47	2.98	20.37	4.24	23.08	4.96	14.31	6.00

*: Means were significantly different compared to the '≤ 10%' group by LSD method. Means were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake. data were sample weighted using SUDAAN 9.1

Table 2. Odd ratios (and 95% confidence intervals) by %Energy from Total Sugar of Korean Adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring

%Energy from total sugar	≤10%		11-15%		16-20%		21-25%		≥25%		Wald P			
	OR	OR	95%CI	OR	95%CI	OR	95%CI	OR	95%CI					
Risk of obesity (BMI ≥ 25)	1	1.25	0.80	1.95	1.29	0.82	2.04	1.09	0.57	2.10	1.14	0.54	2.41	0.6474
Risk of hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85 mmHg)	1	0.62	0.36	1.05	0.66	0.36	1.22	0.44	0.13	1.46	1.14	0.50	2.61	0.2504
Risk of dyslipidemia (TG ≥ 150 mg/dL)	1	0.68	0.39	1.19	0.62	0.36	1.08	0.82	0.42	1.61	0.94	0.38	2.35	0.3496
Risk of dyslipidemia (HDL: Men < 40 and Women < 50)	1	0.77	0.48	1.22	1.05	0.65	1.69	0.90	0.46	1.75	0.88	0.38	2.06	0.6262
Risk of Insulin resistance (FG ≥ 110 mg/dl)	1	0.70	0.40	1.23	0.99	0.47	2.09	0.71	0.32	1.59	1.43	0.47	4.38	0.4499
Risk of metabolic syndrome (3 or more of above symptoms)	1	0.61	0.36	1.05	0.85	0.41	1.74	1.11	0.51	2.44	0.62	0.21	1.80	0.2782
Risk of elevated systolic blood pressure (≥ 130 mmHg)	1	0.69	0.45	1.07	0.62	0.33	1.17	0.58	0.28	1.17	1.18	0.52	2.64	0.1620
Risk of elevated diastolic blood pressure (≥ 85 mmHg)	1	0.75	0.48	1.15	0.82	0.48	1.41	0.51	0.21	1.24	1.03	0.51	2.09	0.3672
Risk of total cholesterol (≥ 240 mg/dL)	1	0.71	0.30	1.67	0.84	0.37	1.89	0.45	0.09	2.22	1.77	0.72	4.36	0.5220
Risk of elevated LDL cholesterol (≥ 160 mg/dL in 20+ yr)	1	1.30	0.57	2.99	1.18	0.48	2.89	0.86	0.21	3.55	2.71	1.01	7.34	0.3858

dds ratios were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake. data were sample weighted using SUDAAN 9.1

*: P value based on Wald F statistic

25%군' 과 '25%이상군'에서 유의적으로 낮아졌고, 이완기혈압은 '11~15%군'에서 유의적으로 낮아졌으며 그 외 다른 위험요인들, 즉 BMI, 혈청 총콜레스테롤, 혈청중성지방, 혈청 HDL 콜레스테롤, 혈청 LDL 콜레스테롤, 혈청공복 포도당 농도는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. '10%이하군'에 비해 총당류에너지비율이 높아질수록 대부분의 건강위험요인들의 평균값이 낮아지는 경향이였다.

반면 질병의 유병률을 살펴본 결과는 고혈압의 유병률이 '11~15%군'과 '21~25%군'에서 유의적으로 낮았고, 혈청중성지방이 높을 이상지혈증의 확률도 '16~20%군'에서 유의적으로 낮게 나타났다. 그 외 비만, 저HDL혈증, 인슐린저항성의 유병률은 총당류 섭취군에 따라 차이가 나타나지 않았다. 국민건강영양조사 결과 20세 이상 한국인의 대사증후군의 유병률은 20.9%로 나타났다.

또한 성별, 연령, 교육수준, 소득수준, 지역, 에너지섭취를 보정한 후 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하여 '10%이하군'을 기준으로 하여 승산비 (Odds Ratio: OR)와 95%신뢰구간 (Confidence Interval: CI)을 구한 결과는 Table 2와 같다. LDL콜레스테롤의 위험이 유의수준 5%에서 검정하였을 때 Wald F statistic에 의한 p value는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 승산비 결과에 의하면 '25% 이상군'에서 증가하는 경향으로 나타났다 (OR = 2.71, 95% CI = 1.01, 7.34). 승산비란 두 변수간의 관련성을 나타내는 수치로서 승산비가 1이면 전혀 관련성이 없는 것을 의미하고, 1보다 큰 것은 양의 관련성이 있는 것을 의미하며 신뢰구간이 1을 포함하지 않으면 유의성이 있음을 의미한다. 여기에서 승산비 신뢰구간의 아래한계 (Lower Limit)가 거의 1에 가깝게 나타났으므로 '위험이 유의적인 관계가 있다'라기 보다는 '위험이 증가하는 경향이다'라고 변하고자 한다. 그 외의 모든 건강위험 요인들에서는 대부분 '10% 이하군'에 비해 승산비가 비슷하거나 또는 낮게 나타났다. 그러므로 여러 가지 건강 위험요인들 또는 대사증후군 발생의 위험은 총당류 섭취수준에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다.

우리나라의 영양섭취기준 설정 시, 탄수화물의 에너지 적정비율을 설정할 때 2001년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 탄수화물 섭취와 지방 섭취를 함께 고려하여 심혈관질환의 위험요인에 대한 관련성을 조사하였다.⁹⁾ 본 연구에서도 총당류의 섭취기준을 설정하기 위하여 탄수화물의 에너지적정비율과 총당류 섭취수준을 함께 고려하였다.

저 탄수화물과 저 총당류를 섭취하는 "탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군", 중 탄수화물과 중 총당류를 섭취하는 "탄수화물 55~70%와 총당류 11~25%군", 고 탄수화

물과 고 총당류를 섭취하는 "탄수화물 > 70%와 총당류 > 25%군"의 3군으로 나누어 LS mean과 OR를 위와 같은 방법으로 살펴보았다 (Method 1: Table 3, Table 4). Table 3의 결과를 보면 위험인자들의 LS mean은 모두 3군간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 Table 4에서 보는 바와 같이 로지스틱 회귀분석결과 저 탄수화물과 저 총당류 섭취군인 '탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군'에 비해 고 탄수화물과 고 총당류 섭취군인 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 25%군'에서 비만의 위험의 경향이 나타났다 (OR = 3.03, 95%CI = 1.07, 8.58). 여기서도 Wald F statistic의 p value에 의한 검정결과는 유의적인 차이가 없었고 또한 승산비 신뢰구간의 아래한계가 거의 1에 가깝게 나타났으므로 '위험이 증가하는 경향이다'라고 표현하고자 한다.

그 외의 다른 건강위험요인들인 고혈압, 이상지혈증, 인슐린저항성, 또는 대사증후군 발생의 위험은 3군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그 외 수축기혈압과 이완기혈압을 따로 살펴본 경우에도 고혈압의 위험은 나타나지 않았고 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤이 높을 위험도 나타나지 않았다.

다음은 위와 같이 탄수화물의 에너지적정범위와 총당류 섭취 수준을 함께 고려하였으나 고 총당류의 에너지섭취비율을 위와 조금 다르게 20%로 하여 다시 분석하였다 (Method 2: Table 5, Table 6). '탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%', '탄수화물 55~70%와 총당류 11~20%', '탄수화물 > 70%와 총당류 > 20%'의 3군으로 나누어 LS mean과 OR를 위와 같은 방법으로 살펴보았다. Table 5의 결과를 보면 위험인자들의 LS mean은 모두 3군 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 Table 6의 로지스틱 회귀분석결과 저 탄수화물과 저 총당류 섭취군인 '탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군'에 비해 고 탄수화물과 고 총당류 섭취군인 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 20%군'에서 비만의 위험의 경향이 나타났다 (OR=2.34, 95% CI = 1.02, 5.36). 여기서도 Wald F statistic의 p value에 의한 검정결과는 유의적인 차이가 없었고 또한 승산비 신뢰구간의 아래한계가 거의 1에 가깝게 나타났으므로 '위험이 증가하는 경향이다'라고 표현하고자 한다. 그 외의 다른 건강위험요인들인 고혈압, 이상지혈증, 인슐린저항성, 또는 대사증후군 발생의 위험은 3군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그 외 수축기혈압과 이완기혈압을 따로 살펴본 경우에도 고혈압의 위험은 나타나지 않았고 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤이 높을 위험도 나타나지 않았다.

따라서 고 탄수화물 식사이면서 총당류의 에너지섭취비율

Table 3. Adjusted means of health variables and disease prevalence by %Energy from Total sugar and %Energy from Carbohydrate for Korean Adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring: Method 1

Health variables	%Energy from carbohydrate %Energy from total sugar		CHO < 55%		CHO 55-70%		CHO > 70%		P value
	Total sugar ≤ 10%		Total sugar 11-25%		Total sugar > 25%				
	LSmean	SE	LSmean	SE	LSmean	SE			
BMI (kg/m ²)	23.6 ¹⁾	0.47	23.37	0.25	24.31	0.53	NS ²⁾		
Systolic blood pressure (SBP: mmHg)	121.34	1.78	118.48	1.31	120.02	2.49	NS		
Diastolic blood pressure (DBP: mmHg)	79.24	1.23	76.31	0.94	76.85	1.91	NS		
Serum total cholesterol (mg/dL)	186.18	4.69	184.52	3.05	186	6.04	NS		
Serum triglyceride (mg/dL)	143.78	11.57	127.33	6.61	145.95	14.74	NS		
Serum HDL-cholesterol (mg/dL)	47.74	1.07	46.9	1.32	45.5	1.8	NS		
Serum LDL-cholesterol (mg/dL)	109.7	3.49	110.19	3.01	110.46	5.86	NS		
Serum fasting glucose (FG: mg/dL)	98.73	2.24	95.09	1.62	100.61	4.3	NS		
Disease prevalence (%)									
Obesity (BMI ≥ 25)	23.27	4.81	30.95	3.04	39.56	7.83	NS		
Hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85)	21.54	5.86	10.17	3	23.37	7.04	NS		
Dyslipidemia (TG ≥ 150)	40.62	7.96	29.22	4.98	28.77	9.25	NS		
(HDL M < 40 and F < 50)	43.22	5.79	54.1	4.73	60.96	11.04	NS		
Insulin resistance (FG ≥ 10)	19.55	5.48	10.03	3.04	24.07	9.34	NS		
metabolic syndrome (3 or more of above symptoms)	19.58	6.39	15.13	3.1	17.56	7.79	NS		

¹⁾ Means were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake.

²⁾ Not significant by Wald F test.

data were sample weighted using SUDAAN 9.1.

Table 4. Odd ratios (and 95% confidence intervals) by %Energy from total sugar and %Energy from carbohydrate of Korean adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring: Method 1

Risk factors	%Energy from carbohydrate %Energy from total sugar		CHO < 55%		CHO 55-70%		CHO > 70%		P value*
	Total sugar ≤ 10%		Total sugar 11-25%		Total sugar > 25%				
	OR		OR	95% CI	OR	95% CI			
Risk of obesity (BMI ≥ 25)	1		1.96	0.97 3.97	3.03	1.07 8.58	0.0852		
Risk of hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85 mmHg)	1		0.55	0.17 1.74	1.43	0.32 6.37	0.2286		
Risk of dyslipidemia (TG ≥ 150 mg/dL)	1		0.84	0.33 2.15	0.67	0.19 2.35	0.8175		
Risk of dyslipidemia (HDL: Men < 40 and Women < 50)	1		1.12	0.54 2.36	1.55	0.49 4.90	0.7414		
Risk of insulin resistance (FG ≥ 110 mg/dl)	1		0.52	0.17 1.58	1.51	0.29 7.99	0.1422		
Risk of metabolic syndrome (3 or more of above symptoms)	1		1.02	0.35 2.94	1.28	0.26 6.31	0.9397		
Risk of elevated systolic blood pressure (≥ 130mmHg)	1		0.49	0.19 1.24	0.98	0.28 3.45	0.1907		
Risk of elevated diastolic blood pressure (≥ 85 mmHg)	1		0.89	0.35 2.27	1.58	0.46 5.49	0.4431		
Risk of total cholesterol (≥ 240 mg/dL)	1		1.79	0.52 6.19	4.84	0.95 24.65	0.1558		
Risk of elevated LDL cholesterol (≥ 160 mg/dL in 20 + yr)	1		2.53	0.52 12.44	6.32	0.80 50.06	0.2101		

Odds ratios were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake.

data were sample weighted using SUDAAN 9.1

*: P value based on Wald F statistic

이 20~25% 이상이면 비만의 위험이 증가하는 경향임을 알 수 있다.

고 찰

2005년도에 한국인의 영양섭취기준 설정 시 에너지영양소의 섭취기준을 설정할 때 고 탄수화물 식사일 경우 심혈관질환의 위험이 있음을 고려하여 탄수화물, 지질, 단백질

의 에너지적정비율을 설정하였다.⁹⁾ 본 논문에서도 총당류 섭취수준에 의한 건강위험인자 및 질병양상의 차이를 알아보기 위하여 비만, 혈압, 혈청 중성지방 및 HDL콜레스테롤 수준, 혈청 포도당수준 등을 선정하여 알아보았고 대사증후군 유병률에 대한 것을 살펴보았다.

대사증후군이란 비만, 당뇨병, 고혈압, 심혈관계질환의 위험 요인들이 한 개인에게 동시에 나타나는 임상적인 이상 상태를 말한다. 대사증후군은 비만과 관련이 많고 동맥경

Table 5. Adjusted means of health variables and disease prevalence by %Energy from total sugar and %Energy from carbohydrate for Korean adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring: Method 2

Health variables	%Energy from carbohydrate %Energy from total sugar		CHO < 55%		CHO 55-70%		CHO > 70%		P value
	Total sugar ≤ 10%	Total sugar > 10%	Total sugar ≤ 10%	Total sugar > 10%	Total sugar 11-20%	Total sugar > 20%	Total sugar > 20%		
	LSmean	SE	LSmean	SE	LSmean	SE	LSmean	SE	
BMI (kg/m ²)	23.56 ¹⁾	0.46	23.53	0.27	23.99	0.28	23.99	0.28	NS ¹⁾
Systolic blood pressure (SBP: mmHg)	121.26	1.88	119.09	1.67	119.48	2.16	119.48	2.16	NS
Diastolic blood pressure (DBP: mmHg)	79.07	1.27	75.92	1.05	75.85	1.39	75.85	1.39	NS
Serum total cholesterol (mg/dL)	185.9	4.66	188.8	3.13	187.36	4.68	187.36	4.68	NS
Serum triglyceride (mg/dL)	143.83	11.73	126.54	7.3	143.34	9.64	143.34	9.64	NS
Serum HDL-cholesterol (mg/dL)	47.5	1.14	46.96	1.21	45.44	1.25	45.44	1.25	NS
Serum LDL-cholesterol (mg/dL)	109.66	3.69	114.43	3.07	112.64	4.32	112.64	4.32	NS
Serum fasting glucose (FG: mg/dL)	98.93	2.41	96.01	1.66	97.6	2.8	97.6	2.8	NS
Disease prevalence (%)									
Obesity (BMI ≥ 25)	22.48	4.69	31.67	3.66	37.24	4.63	37.24	4.63	NS
Hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85)	20.93	5.74	11.5	3.53	16.64	3.93	16.64	3.93	NS
Dyslipidemia (TG ≥ 150)	39.25	7.84	30.96	5.86	31.76	5.99	31.76	5.99	NS
(HDL M < 40 and F < 50)	43.54	5.75	51.88	5.23	60.39	6.96	60.39	6.96	NS
Insulin resistance (FG ≥ 10)	20.39	6.07	10.45	3.23	15.68	4.47	15.68	4.47	NS
Metabolic syndrome (3 or more of above symptoms)	19.57	6.24	14.82	3.22	21.94	4.47	21.94	4.47	NS

¹⁾ Means were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake.

²⁾ Not significant by Wald F test. data were sample weighted using SUDAAN 9.1.

Table 6. Odd ratios (and 95% confidence intervals) by %Energy from total sugar and %Energy from carbohydrate of Korean adults, KNHANES 2001 and 2002-Spring: Method 2

Risk factors	%Energy from carbohydrate %Energy from total sugar		CHO < 55%		CHO 55-70%		CHO > 70%		P value*
	Total sugar ≤ 10%	Total sugar > 10%	Total sugar ≤ 10%	Total sugar > 10%	Total sugar 11-20%	Total sugar > 20%	Total sugar > 20%		
	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI	
Risk of obesity (BMI ≥ 25)	1		1.92	0.80 4.08	2.34	1.02 5.36	1.02	5.36	0.1239
Risk of hypertension (SBP ≥ 130 and DBP ≥ 85 mmHg)	1		0.51	0.15 1.70	0.75	0.21 2.58	0.21	2.58	0.4362
Risk of dyslipidemia (TG ≥ 150 mg/dL)	1		0.76	0.30 1.93	0.79	0.30 2.09	0.30	2.09	0.8394
Risk of dyslipidemia (HDL: Men < 40 and Women < 50)	1		0.95	0.45 2.00	1.20	0.48 3.0	0.48	3.0	0.8726
Risk of Insulin resistance (FG ≥ 110 mg/dl)	1		0.53	0.17 1.68	0.85	0.23 3.23	0.23	3.23	0.3980
Risk of Metabolic syndrome (3 or more of above symptoms)	1		0.80	0.26 2.44	1.39	0.43 4.47	0.43	4.47	0.3950
Risk of elevated systolic blood pressure (≥ 130 mmHg)	1		0.48	0.19 1.21	0.64	0.23 1.77	0.23	1.77	0.2862
Risk of elevated diastolic blood pressure (≥ 85 mmHg)	1		0.85	0.35 2.08	0.92	0.31 2.72	0.31	2.72	0.9206
Risk of total cholesterol (≥ 240 mg/dL)	1		1.50	0.39 5.67	2.29	0.56 9.46	0.56	9.46	0.4988
Risk of elevated LDL cholesterol (≥ 160 mg/dL in 20 + yr)	1		2.73	0.51 14.65	4.47	0.66 30.45	0.66	30.45	0.3013

Odds ratios were adjusted for age, gender, region, education, income, and energy intake.

data were sample weighted using SUDAAN 9.1

*: P value based on Wald F statistic

화성 이상지혈증, 높은 혈압, 인슐린저항성, 염증 유발상태, 혈전 유발상태 등과 함께 다양한 질환들이 복잡하게 연관되어 있다. 동맥경화성 이상지혈증의 요인으로는 아포 지단백 B 상승, 중성지방의 상승, 작고 견고한 LDL 입자의 상승, HDL 콜레스테롤의 감소 등이 있다. 대사증후군은 주로 당대사와 지방대사에 이상이 있는 것을 나타내며 가장 중요한 결과는 죽상동맥경화성 심혈관계질환 (Atherosclerotic cardiovascular disease: ASCVD)이다. 그러므로 대

사증후군은 심혈관계질환과 당뇨병의 중요한 지표로 여겨진다. 대사증후군의 분류기준은 여러 가지로 사용되고 있으나 본 연구에서는 위의 연구방법에서 언급한 것과 같이 NCEP-ATP III guideline과 WHO 아시아태평양 비만 기준을 이용하였다. 총당류 에너지섭취비율에 따른 대사증후군의 항목이 되는 5가지 증후의 유병률을 먼저 산출한 뒤 대사증후군의 유병률을 산출하여 비교하고 대사증후군 위험의 승산비를 구하여 비교하였다.

본 논문에서는 우리나라 사람들의 탄수화물 섭취가 많은 것을 고려하여 2005년에 설정된 탄수화물 에너지적정비율과 총당류 에너지섭취비율을 함께 고려하였을 때 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 20%' 군에서 비만이 증가하는 경향으로 나타났다. 설탕, 과당, 당류식품, 탄산음료, 첨가당 등의 섭취와 비만과의 관계에 대한 연구는 외국에서 많이 수행되었다. Schulze 등¹⁰⁾은 51,000명을 대상으로 1991년부터 1999년 까지 여성을 대상으로 전향적인 코호트연구, 즉 Nurses' Health Study II를 수행하였다. 그의 결과에 의하면 1일 탄산음료를 1회 이상 먹은 여성과 1주일에 1회 이하 먹은 사람을 비교한 결과 매일 1회 이상 먹은 여성의 체중이 4년동안 4.7 kg 증가하였다. Kant¹¹⁾는 에너지밀도가 크고 미량영양소가 적은 식품이나 음료 (지방, 감미료, 설탕을 첨가한 음료, 후식, 간식 등)와 에너지섭취량과는 양의 상관관계가 있다고 하였다. Teff 등¹²⁾과 Havel 등¹³⁾은 과당 함량이 높은 식이를 먹으면 포도당 함량이 높은 식이를 먹는 것 보다 체내의 순환되는 인슐린과 leptin 농도를 감소시키고, ghrelin 농도를 증가시킨다고 보고하였으며 고 과당식을 오래 먹으면 비만의 위험이 있다고 주장하였다. 그 외에도 고 과당식이 또는 고 과당시럽을 먹으면 체중이 증가한다는 결과가 발표되었다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 미국의 경우 1980년대 이후 감미료로서 특히 미국의 음료산업에서 설탕대신 고농도의 과당 함유 옥수수 시럽을 사용해 왔는데 이것이 미국인의 비만율의 증가와 관계가 있고, 또한 당뇨병의 원인이 된다고 주장하기도 하였다. 우리나라 사람들의 설탕, 과당 또는 탄산음료 등의 섭취량과 비만, 만성질환 발병율과의 관계는 앞으로 많이 연구해야 될 과제이다.

이와 대조적으로 당류 섭취와 비만은 상관관계가 없다는 학설과 반대로 음의 상관관계가 있다는 학설도 많다. Newby¹⁷⁾는 2~5세의 1,300명의 저소득층 유아를 대상으로 조사한 결과 과일주스, 과일음료, 우유, 소다, 다이어트소다의 섭취와 비만과는 상관관계가 없다고 하였다. Forshee 등¹⁸⁾은 미국의 1988~1994년도 국민건강영양조사 III 자료에서 12~16세 청소년을 대상으로 분석한 결과 일반탄산음료와 과일음료를 많이 먹으면 BMI가 높아질 것이라는 가정 하에 분석하였으나 전혀 유의적인 상관관계가 나타나지 않았고, 반면 운동을 한 군에서는 탄산음료를 많이 먹어도 BMI가 감소하였다고 보고하였다. Gibson 등¹⁹⁾은 영국의 5세 이하의 어린이 1,500명을 대상으로 조사한 결과에서 비만과 에너지섭취량과는 양의 상관관계가 있었으나 설탕섭취량과는 음의 상관관계가 있는 것으로 보고하였다. 뿐만 아니라 첨가당 섭취와 BMI는 음의 상관관계가 있다는 보고도 많다.^{20,21)} Hill 등²²⁾은 비만에 관한 여러 논문을 검토

한 review paper에서 대사에 대한 여러 논문에서 고 지방 식이는 고 탄수화물 식이보다 체지방 축적에 영향을 미치며 고 지방식이가 비만을 초래한다는 보고는 많이 있으나 고 설탕식이와 비만과는 관계가 없다고 주장하였다.

대사증후군이 있는 대부분의 사람들은 인슐린 저항성이 있으며 대사증후군이 없는 사람보다 약 5배 이상 제2형 당뇨병이 발생할 위험이 높다고 한다.²³⁾ 제2형 당뇨병의 원인은 인슐린 저항성과 인슐린 분비 결함이며 인슐린저항성은 인슐린 분비결함이 오기 수년전부터 선행한다. 인슐린 저항성은 이상지혈증과 고혈압에 선행하며, 고혈당의 선행 요인이며 궁극적으로는 동맥경화를 유발시킨다. 인슐린저항성을 측정하는 것은 어렵지만 고인슐린혈증과 고혈당이 동시에 나타나며 공복혈당장애로 인슐린저항성이 증가되어 있음을 보여준다.

Davis 등²⁴⁾의 연구에서 9~13세의 63명의 어린이를 대상으로 실험한 결과 설탕과 설탕을 첨가한 음료를 먹은 어린이들은 인슐린 민감성이 떨어지고 베타세포의 기능이 떨어지는 것으로 나타났다. Gross 등²⁵⁾은 미국인의 경우 1909년에서 1997년 동안의 20세기 동안 옥수수 시럽과 같은 정제된 당의 섭취는 증가하였고, 식이섬유의 섭취는 감소하였으며 따라서 제2형의 당뇨병은 증가하였다고 발표하였다. Schulze 등²⁶⁾은 51,603명의 여성을 대상으로 한 조사에서 설탕을 첨가한 음료를 먹으면 제2형의 당뇨병이 발생할 위험이 커진다고 했는데 이것은 에너지섭취가 커지고 설탕의 흡수력이 매우 빨라지기 때문이라고 하였다.

Salmeron 등²⁷⁾은 Nurses' Health Study에서 식이 glycemic index와 제2형 당뇨병과는 매우 유의적인 관계가 있다고 주장하였다. Wu 등²⁸⁾은 과잉의 과당 섭취와 high glycemic food는 혈액내 C-peptide농도를 증가시키고, 인슐린 민감성과 당내성을 감소시킨다고 주장하였다.

반면 설탕섭취와 당뇨병과는 상관관계가 없다는 상반된 주장도 많다. Meyer 등²⁹⁾은 Iowa Women's Health Study에서 식이섬유섭취량을 보정하면 식이 glycemic index와 제2형 당뇨병과는 유의적인 관계가 나타나지 않았다. Janket³⁰⁾은 45세 이상의 미국여성의 경우 설탕섭취와 제2형의 당뇨병과는 상관관계가 없다고 하였다. Daly 등^{31,32)}은 과잉의 과당 섭취와 high glycemic food는 인슐린 민감성에 전혀 영향을 미치지 않는다고 주장하였다. 본 연구에서도 총당류의 섭취량과 인슐린 저항성간에는 전혀 유의성이 나타나지 않았다.

반면 본 연구에서 LDL콜레스테롤의 위험이 총당류 섭취 '25%이상군'에서 증가하는 경향으로 나타났다. 설탕 섭취와 지질대사에 관한 연구는 외국에서 많이 이루어 졌

는데 본 연구와 비슷한 결과도 다음과 같이 발표되었다. Reiser 등³³⁾은 설탕에너지비가 33%일 경우, 남자에서 혈액내 지질이 관상심장병의 위험을 나타내었다. 즉 남자에서 공복시 총지질, 총콜레스테롤, VLDL, LDL 콜레스테롤의 농도가 증가하였다.

Albrink 등³⁴⁾은 설탕 에너지비가 0%, 18%, 36%, 52%인 식사를 11일 동안 준 결과 36%, 52%군에서 혈액내 중성지질의 농도가 증가하였고, LDL 콜레스테롤은 0%, 18%에서 감소한 것으로 나타났다. Surwit 등³⁵⁾은 설탕 에너지비가 4%, 43%인 식사를 6주 동안 준 결과 혈액내 중성지질과 HDL콜레스테롤 수준은 차이가 없었으나 LDL콜레스테롤은 유의적으로 증가하였다. Marckmann 등³⁶⁾은 21~52세 성인 여성에서 고탄수화물 (59%)과 고설탕 (23.2%)식을 먹은 군에서 HDL콜레스테롤 수준은 변화가 없었으나 혈액내 중성지질과 LDL콜레스테롤 수준이 유의적으로 증가하였다.

반면 설탕섭취와 지질대사는 관계가 없다는 상반된 연구 결과도 많이 발표되었다. Saris 등³⁷⁾은 식이내의 탄수화물/지질의 비율과 단순당/복합당의 비율에 따른 체중변화와 혈액의변화에 대한 연구결과 혈액의 TG, LDL, HDL 콜레스테롤 수준에 유의적인 영향을 미치지 않았다고 하였다. Bantle 등³⁸⁾은 식이내 과당과 혈액내의 공복시 또는 식후의 TG농도는 여자에서는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았고, 혈액내의 공복시 콜레스테롤, HDL, LDL 콜레스테롤 농도와 일관적인 관련성이 나타나지 않았다고 하였다. Havel 등³⁹⁾은 고과당 식사 (25%에너지)를 하면 10주 후 식후 TG와 Apo B의 농도를 증가시키는데 고 포도당식이 (25%에너지)는 유의적인 차이가 없었다.

이상과 같이 외국의 모든 연구에서는 일관된 결과가 도출되지 않고 여러 상반된 결과가 나타났다. 본 연구에서 이상과 같이 살펴 본 5가지 항목을 종합한 대사증후군 유병률에 대한 관련성을 살펴보았으나 총당류 섭취에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 미국의학협회 (IOM, 2002)는 여러 가지 연구결과를 종합해 볼 때 첨가당의 섭취증가와 BMI, 총치, 이상지혈증, 과잉행동증 간에는 명확하고 일관된 관련성이 없다고 결론지었으며 첨가당 또는 총당류에 대한 상한섭취량을 설정하지 않았다.⁴⁰⁾ 우리나라에서도 앞으로 한국인을 대상으로 당류섭취와 건강과의 관계에 대한 많은 연구가 이루어져야 한다고 생각된다.

요약 및 결론

본 연구는 2001~2002년도 국민건강영양조사 자료의 2

일간의 섭취량을 이용하여 20세 이상 성인의 총당류의 평소섭취량을 산출하였고 총당류 에너지섭취비율에 따른 여러 질병과의 관계를 살펴보았다.

1) 총당류 섭취에 의한 에너지섭취비율을 5등분하여 '< 10%군', '11~15%군', '16~20%군', '21~25%군', '> 25%군'의 5군으로 나누어 성별, 연령, 교육수준, 소득수준, 지역, 에너지섭취를 보정한 후 여러 건강요인들의 adjusted means와 질병의 유병률을 조사하였다. 다중로지스틱 회귀분석 결과 '< 10%군'을 기준으로 하여 승산비를 구한결과 LDL콜레스테롤의 위험이 '> 25%군'에서 증가하는 경향으로 나타났다. 그 외의 모든 건강위험 요인들, 즉 비만, 고혈압, 이상지혈증, 인슐린저항성, 또한 이들을 종합한 대사증후군 등의 유병률에서 유의적인 차이가 없었고 대부분 '10%이하군'에 비해 승산비가 비슷하거나 또는 낮게 나타났다. 그러므로 대부분의 건강 위험요인들 또는 대사증후군 발생의 위험은 총당류 섭취수준에 따라 차이가 없는 것으로 나타났다.

2) 탄수화물의 에너지적정비율과 총당류 섭취수준을 함께 고려하여 "탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군", "탄수화물 55~70%와 총당류 11~25%군", "탄수화물 > 70%와 총당류 > 25%군"의 3군으로 나누어 LS mean과 OR를 살펴보았다 (Method 1). LS mean은 모두 3군간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나 로지스틱 회귀분석결과 '탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군'에 비해 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 25%군'에서 비만의 위험이 증가하는 경향으로 나타났다.

3) 고 총당류의 에너지섭취비율을 20%로 하여 "탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군", "탄수화물 55~70%와 총당류 11~20%군", "탄수화물 > 70%와 총당류 > 20%군"의 3군으로 나누어 분석하였다 (Method 2). 위와 마찬가지로 LS mean은 모두 3군간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으나 로지스틱 회귀분석결과 '탄수화물 < 55%와 총당류 ≤ 10%군'에 비해 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 20%군'에서 비만의 위험이 증가하는 경향으로 나타났다. 그 외의 다른 건강위험요인들인 고혈압, 이상지혈증, 인슐린저항성, 또는 대사증후군의 발생 위험은 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

위의 결과를 종합해 볼 때 총당류의 에너지섭취비율이 '> 25%군'에서 LDL콜레스테롤의 위험이 증가하는 경향이었고 그 외 다른 질병 발생 위험의 유의성은 없었다. 탄수화물의 에너지적정비율과 총당류 섭취수준을 함께 고려하였을 경우 '탄수화물 > 70%와 총당류 > 20~25%군'에서 비만의 위험이 증가하는 경향으로 나타났다. 그 외 고혈압, 이

상지혈증, 인슐린저항성, 또는 대사증후군의 발생 위험은 총 당류의 에너지섭취비와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 앞으로 한국인을 대상으로 설탕, 과당, 감미료, 당류식품 등의 섭취와 여러 질병과의 관계에 대한 포괄적이고 심도 있는 연구가 많이 이루어져야 한다고 생각된다.

Literature cited

- 1) US Department of Agriculture. Dietary Guidelines for Americans 2005; 2005
- 2) American Heart Association. AHA dietary guidelines. revision 2000: a statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *Circulation* 2000; 102: 2284-2299
- 3) Murphy S, Johnson R. The scientific basis of recent US guidance on sugars intake. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 827S-33S
- 4) World Health Organization. Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases. In: Consultation JWFE, ed. WHO Technical Report Series 916. Geneva; 2003
- 5) Yang EJ, Chung HK, Kim WY, Kerver J, Song WO. Carbohydrate intake is associated with diet quality and risk factors for cardiovascular disease in US adults: NHANES III. *Am J Coll Nutr* 2002; 22: 71-79
- 6) Park Y, Meier E, Bianchi P, Song W. Trends in children's consumption of beverages: 1987 to 1998. *Family Economics and Nutrition Review* 2002; 14
- 7) Chung CE. Dietary intakes and food sources of Total Sugars from the Korean National Health and Nutrition Survey; 2001-2002
- 8) Executive Summary of The Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001; 285: 2486-97
- 9) The Korean Nutrition Society, Dietary Reference Intakes for Koreans, Seoul; 2005
- 10) Schulze MB, Manson JE, Ludwig DS, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *JAMA* 2004; 292(8): 927-934
- 11) Kant AK. Consumption of energy-dense, nutrient-poor foods by adult Americans: Nutritional and health implications. The Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 929-936
- 12) Teff KL, Elliott SS, Tschop M, Kieffer TJ, Rader D, Heiman M, Townsend RR, Keim NL, D'Alessio D, Havel PJ. Dietary fructose reduces circulating insulin and leptin, attenuates postprandial suppression of ghrelin, and increases triglycerides in women. *J Clin Endocrinol Metab* 2004 Jun; 89(6): 2963-2972
- 13) Havel PJ. Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. *Nutr Rev* 2005 May; 63(5): 133-157
- 14) Jurgens H, Haass W, Castaneda TR, Schurmann A, Koebnick C, Dombrowski F, Otto B, Nawrocki AR, Scherer PE, Spranger J, Ristow M, Joost HG, Havel PJ, Tschop MH. Consuming fructose-sweetened beverages increases body adiposity in mice. *Obes Res* 2005 Jul; 13(7): 1146-1156
- 15) Bray GA, Nielsen SJ, Popkin BM. Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr* 2004 Apr; 79(4): 537-543
- 16) Salbe AD, Weyer C, Harper L, Lindsay RS, Ravussin E, Tataranni PA. Assessing risk factors for obesity between childhood and adolescence: II. Energy metabolism and physical activity. *Pediatrics* 2002 Aug; 110(2 Pt 1): 307-314
- 17) Newby PK, Peterson KE, Berkey CS, Leppert J, Willett WC, Colditz GA. Beverage consumption is not associated with changes in weight and body mass index among low-income preschool children in North Dakota. *J Am Diet Assoc* 2004 Jul; 104(7): 1086-1094
- 18) Forshee RA, Anderson PA, Storey ML. The role of beverage consumption, physical activity, sedentary behavior, and demographics on body mass index of adolescents. *Int J Food Sci Nutr* 2004 Sep; 55(6): 463-478
- 19) Gibson SA. Non-milk extrinsic sugars in the diets of pre-school children: Association with intakes of micronutrients, energy, fat and NSP. *Br J Nutr* 1997; 78: 367-378
- 20) Gibson SA. Are diets high in non-milk extrinsic sugars conducive to obesity? An analysis from the Dietary and Nutritional Survey of British Adults. *J Hum Nutr Diet* 1996; 9: 283-292
- 21) Troiano RP, Briefel RR, Carroll MD, Bialostosky K. Energy and fat intakes of children and adolescents in the United States: Data from the National Health and Nutrition Examination Surveys. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:1343S-1353S
- 22) Hill JO, Prentice AM. Sugar and body weight regulation. *Am J Clin Nutr* 1995 Jul; 62(1 Suppl): 264S-273S; discussion 273S-274S
- 23) Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI. Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association Conference on scientific issues related to definition. *Circulation* 2004; 109(3): 433-438
- 24) Davis JN, Ventura EE, Weigensberg MJ, Ball GD, Cruz ML, Shaibi GQ, Goran MI. The relation of sugar intake to beta cell function in overweight Latino children. *Am J Clin Nutr* 2005 Nov; 82(5): 1004-1010
- 25) Gross LS, Li L, Ford ES, Liu S. Increased consumption of refined carbohydrates and the epidemic of type 2 diabetes in the United States: an ecologic assessment. *Am J Clin Nutr* 2004 May; 79(5): 774-779
- 26) Schulze MB, Manson JE, Ludwig DS, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *JAMA*. 2004 Aug 25; 292(8): 927-934
- 27) Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *J Am Med Assoc* 1997; 277: 472-477
- 28) Wu T, Giovannucci E, Pischon T, Hankinson SE, Ma J, Rifai N, Rimm EB. Fructose, glycemic load, and quantity and quality of carbohydrate in relation to plasma C-peptide concentrations in US women. *Am J Clin Nutr* 2004 Oct; 80(4): 1043-1049

- 29) Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident of type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 921-930
- 30) Janket SJ, Manson JE, Sesso H, Buring JE, Liu S. A prospective study of sugar intake and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care* 2003 Apr; 26(4): 1008-1015
- 31) Daly ME. Dietary carbohydrates source and insulin sensitivity. *Diabetes Med* 1997. 14s: S25 abstract (Daly 1997 rev ref 59)
- 32) Daly ME, Vale C, Walker M, Littlefield A, Alberti KG, Mathers JC. Acute effects on insulin sensitivity and diurnal metabolic profiles of a high-sucrose compared with a high-starch diet. *Am J Clin Nutr* 1998 Jun; 67(6): 1186-1196
- 33) Reiser S, Bickard MC, Hallfrisch J, Michaelis OE 4th, Prather ES. Blood lipids and their distribution in lipoproteins in hyperinsulinemic subjects fed three different levels of sucrose. *J Nutr* 1981 Jun; 111(6): 1045-1057
- 34) Albrink MJ, Ullrich IH. Interaction of dietary sucrose and fiber on serum lipids in healthy young men fed high carbohydrate diets. *Am J Clin Nutr* 1986 Mar; 43(3): 419-428
- 35) Surwit RS, Feinglos MN, McCaskill CC, Clay SL, Babyak MA, Brownlow BS, Plaisted CS, Lin PH. Metabolic and behavioral effects of a high-sucrose diet during weight loss. *Am J Clin Nutr* 1997 Apr; 65(4): 908-915
- 36) Marckmann P, Raben A, Astrup A. Ad libitum intake of low-fat diets rich in either starchy foods or sucrose: effects on blood lipids, factor VII coagulant activity, and fibrinogen. *Metabolism* 2000 Jun; 49(6): 731-735
- 37) Saris WH, Astrup A, Prentice AM, Zunft HJ, Formiguera X, Verboeket-van de Venne WP, Raben A, Poppitt SD, Seppelt B, Johnston S, Vasilaras TH, Keogh GF. Randomized controlled trial of changes in dietary carbohydrate/fat ratio and simple vs complex carbohydrates on body weight and blood lipids: the CARMEN study. The Carbohydrate Ratio Management in European National diets. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000 Oct; 24(10): 1310-1318
- 38) Bantle JP, Raatz SK, Thomas W, Georgopoulos A. Effects of dietary fructose on plasma lipids in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 2000 Nov; 72(5): 1128-1134
- 39) Havel PJ, Elliott S, Keim NL, Rader D, Krauss R, Teff KL. Short-term and long-term consumption of high fructose, but not high glucose diets, increases postprandial triglycerides and apolipoprotein-B in women. *J Invest Med* 51 (Suppl 1): S163
- 40) Institute of Medicine. Dietary reference intake for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington D.C.: National Academy Press: 2002