

## 한국 성인의 육가공품 섭취 빈도와 대사증후군과의 관련성: 2007~2008년 국민건강영양조사 자료 분석

구 슬 · 박 경<sup>§</sup>

영남대학교 식품영양학과

### The Association between Consumption of Processed Meat and Prevalence of Metabolic Syndrome Among Korean Adults: Based on 2007-2008 Korean National Health and Nutrition Examination Survey

Koo, Sle · Park, Kyong<sup>§</sup>

Department of Food & Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

#### ABSTRACT

Recent studies have shown that high consumption of processed meat may be associated with increasing risk of metabolic syndrome, which have been suggested as a predictor of diabetes and cardiovascular disease. However, limited studies have investigated this association in Korean population. The purpose of this study was to investigate the cross-sectional association between processed meat/unprocessed (beef, pork, chicken) intakes and the prevalence of metabolic syndrome. Using data from 2007-2008 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES), we analyzed data including 5,545 men and women who were aged older than 20 years, and who were free of chronic disease such as hypertension, type 2 diabetes and cardiovascular disease. Subjects who frequently consumed processed meat tended to be younger and more likely to be current smokers. In addition, men were more likely to consume processed meat than women. Although higher processed/unprocessed meat intakes were significantly associated with the lower risk of metabolic syndrome in a crude model, these associations were no longer significant after adjustment for potential confounding factors. For example, comparing subjects in the highest intake quartile of processed meat with the lowest intake group, the multivariate-adjusted odds ratio (OR) of metabolic syndrome was 0.92 (95% CI: 0.58-1.46) for processed meat, 1.09 (95% CI: 0.76-1.56) for beef, 1.10 (95% CI: 0.74-1.62) for pork and 0.75 (95% CI: 0.51-1.12) for chicken. In conclusion, we found no evidence of any adverse effects of frequent processed or unprocessed meat intakes on the prevalence of metabolic syndrome among Korean adults at the exposure levels seen in this study. (*Korean J Nutr* 2011; 44(5): 406 ~ 415)

**KEY WORDS:** metabolic syndrome, processed meat, meat.

#### 서 론

대사증후군은 인슐린 저항성, 고혈압, 복부비만, 고지혈증 등 다양한 대사질환 위험요인들이 서로 군집을 이루는 현상을 질환군으로 개념화 시킨 것이다.<sup>1)</sup> 선행 연구에 따르면 대사증후군을 가진 경우 제2형 당뇨병 혹은 심혈관 질환의 발병 위험도가 증가된다고 알려져 있고, 대사증후군을 조기 진단, 예

방함으로써 이러한 질병 발생을 효과적으로 관리할 수 있다는 결과가 보고되고 있다.<sup>2-4)</sup>

국민건강영양조사 자료에 의하면 한국인 20세 이상 성인의 대사증후군 유병률은 1998년 25.3%, 2001년 29.0%, 2005년에는 24.1%로 성인의 4명 중 약 1명이 대사증후군에 해당되는 매우 높은 유병률을 보이고 있다.<sup>5)</sup> 또한 대사증후군과 매우 밀접한 관련이 있는 당뇨병은 한국인의 사망원인 중 암, 혈관질환, 심장질환 다음의 위치를 차지하고 있는 질환이며 한국인 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률은 2001년 8.6%에서 2008년 9.7%로 꾸준한 증가 추세를 보여주고 있고,<sup>6)</sup> 이러한 추세는 높은 대사증후군의 유병률 및 노령인구의 증가와 함께 더욱 가속화 될 것으로 예측된다.

접수일: 2011년 6월 4일 / 수정일: 2011년 6월 30일  
채택일: 2011년 7월 18일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail: kypark@ynu.ac.kr

일련의 역학연구들을 통해서 대사증후군과 관련된 여러 가지 식이요인들이 제시 되어왔다.<sup>7-10</sup> 그러나 한국인의 육가공품 섭취빈도 및 섭취량의 정도에 따른 대사증후군의 상대 위험도에 차이가 있는지에 대해서는 아직 불분명하다.<sup>11,12</sup> 2000년에 보고된 프랑스의 성인 남, 여를 대상으로 한 횡단연구에서는 대사증후군의 유병률이 육가공품 섭취 수준에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다.<sup>10</sup> 반면에 다른 유럽국가인 스페인의 성인 남, 여를 대상으로 한 연구에서는 육가공품의 섭취가 높은 사람이 낮은 사람과 비교하여 대사증후군 유병률이 유의적으로 높다는 결과가 보고되었고,<sup>13</sup> 2008년 미국의 성인 남, 여를 대상으로 식이 섭취와 대사증후군과의 연관성을 분석하여 보고한 전향적인 코호트 연구에서도 육가공품 섭취가 높을수록 대사증후군의 발생률이 유의적으로 높다는 결과가 보고되었다.<sup>14</sup> 그러나 위에 기술한 것과 같이 선행되었던 대부분의 연구들은 유럽인과 미국인을 중심으로 진행되어 왔고, 이들과는 다른 식습관과 생활패턴을 가진 한국인에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

최근 젊은 인구를 중심으로 한국인의 식습관이 서구화 되고 있다. 육가공품의 섭취수준도 증가추세를 보이고,<sup>6,14</sup> 대사증후군 유병률 또한 높은 실정이다.<sup>15</sup> 따라서 한국인 성인을 대상으로 구체적인 육가공품의 섭취패턴을 조사하고, 실제 한국인의 육가공품 섭취수준에서 만성질환 (특히 당뇨병)의 지표가 되는 대사증후군의 위험률을 높이는지, 그리고 다른 환경적, 생활적 요인과는 독립적으로 유의한 관계가 있는지 명확하게 규명할 필요가 있다. 본 연구에서는 2007~2008 국민건강영양조사 자료를 이용하여 한국인의 육가공품 섭취 현황과 이와 관련된 인구통계학적 요인, 생활습관요인, 혈액 건강지표와의 관계를 규명하고, 육가공품의 섭취와 대사증후군과의 관계를 횡단적 분석방법을 이용하여 규명하고자 한다. 또한 연구결과의 이해와 해석을 돕기 위해 육가공품의 섭취와 밀접한 관련이 있는 육류의 섭취 현황 및 대사증후군과의 관계도 병행하여 분석하고자 한다.

## 연구 방법

### 조사대상 및 항목

한국인 국민건강영양조사 (KNHANES, Korea National Health And Nutrition Examination Survey)는 전반적인 국민의 건강과 영양상태 및 그 추이에 대하여 대표성과 신뢰성 있는 국가통계자료이다. 본 연구에서는 제4기 1차년도 (2007), 제4기 2차년도 (2008) 국민건강영양조사 자료를 통합하여 분석에 사용하였다.

제4기 1차년도 (2007) 조사는 100개 조사구 2,300가구 만

1세 이상 6,455명을 대상으로 조사하였으며, 총 응답자수는 4,594명 이었다. 제4기 2차년도 (2008) 조사는 200개 조사구 약 4,600가구의 만 1세 이상 12,528명을 대상으로 조사하였으며, 총 응답자수는 9,744명 이었다. 본 연구의 분석에서는 총 14,338명의 제4기 1, 2차년도 조사 참여자 중 20세 이상의 성인만을 포함하였으며, 명확한 관계분석과 결과해석을 위하여 아래에 열거한 항목에 해당하는 참여자를 제외하여 분석하였다. 첫째, 하루 에너지 섭취량이 500 kcal 미만 혹은 5,000 kcal 초과한 대상자는 분석에서 제외하였다. 둘째, 특정 질병을 앓고 있는 대상자는 그 질병의 상태와 인식 정도에 따라서 발병 이후에 식이 섭취와 생활 패턴을 바꿀 수 있다는 점을 고려하여 주요 대사질환 (고혈압, 당뇨병, 심혈관질환)을 앓고 있는 자 또는 관련 약물 복용자를 분석에서 제외하였다. 마지막으로, 식이섭취조사 항목에서 본 연구의 주요 독립변수인 육가공품과 육류 섭취 빈도에 대한 응답에 결측치가 있거나, 주요 종속 변수인 대사증후군의 진단 기준 5가지 (공복혈당, 허리둘레, HDL-콜레스테롤, 중성지방, 최종 수축기 혈압)의 항목에 결측치가 있는 참여자를 제외하여 최종적으로 5,545명을 대상으로 본 연구를 수행하였다.

### 식이섭취조사

주요 독립 변수인 육가공품 및 육류에 관한 정보는 국민건강영양조사에서 실시된 식품섭취빈도조사 (FFQ, Food Frequency Questionnaire) 자료를 이용하여 조사하였고, 빈도 항목은 ‘거의 안 먹음’, ‘1년 6~11회’, ‘한 달 1회’, ‘한 달 2~3회’, ‘1주 1회’, ‘1주 2~3회’, ‘1주 4~6회’, ‘하루 1회’, ‘하루 2회’, ‘하루 3회’, ‘모름/무응답’ 10가지 문항으로 구성되었다. 또한 대상자의 육가공품 및 육류 섭취량과 총 영양소 섭취량을 산출하기 위하여 1일 24시간 회상조사 자료를 이용하였다.

### 육가공품 및 육류의 정의

본 연구에서는 가공된 육류인 햄, 베이컨, 소시지를 “육가공품 (Processed meat)”이라 정의하였으며, 가공되지 않은 일반 육류인 쇠고기, 돼지고기, 닭고기를 “육류 (Unprocessed meat)”라 정의하였다.

### 대사증후군 정의

대사증후군의 기준은 The National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEPATP III)의 진단 기준에 근거하여 정의하였다. 복부비만의 경우 세계보건기구 (WHO)에서 제시한 동양인 복부비만 (허리둘레) 기준을 적용하였으며 공복혈당장애 기준은 2003년 American Diabetes Association에서 110 mg/dL 기준을 100 mg/dL로 하향 조정한 값을 사용하였다.<sup>16</sup> 다음에 열거된 5가지 대사증

후군 구성 요소 중 3가지 혹은 그 이상을 만족하는 경우 대사증후군으로 분류하였다.

- 1) 복부비만: 허리둘레  $\geq 90$  cm (남),  $\geq 80$  cm (여)
- 2) 낮은 HDL-콜레스테롤: HDL-콜레스테롤  $<40$  mg/dL (남),  $<50$  mg/dL (여)
- 3) 고 중성지방혈증: 중성지방  $\geq 150$  mg/dL
- 4) 높은 혈압: 최종 수축기 혈압  $\geq 130$  mmHg 또는 최종 이완기 혈압  $\geq 85$  mmHg
- 5) 공복혈당장애: 공복혈당  $\geq 100$  mg/dL

## 통계분석

국민건강영양조사는 층화과정을 통해 표본조사를 실시하였으므로, 본 연구의 분석 과정에서는 표본조사방법과 관련된 1차 추출단위 (Primary Sampling Unit), 층화변수, 가중치를 모두 고려하여 통계분석을 시행하였다. 주요 독립변수인 육가공품과 육류 섭취빈도조사 항목은 ‘거의 먹지 않음 (Rarely)’, ‘한 달 1~3회 (1~3/month)’, ‘1주 1회 (1/week)’, ‘1주 2회 이상 ( $\geq 2$ /week)’ 4개의 그룹으로 재분류 하였다.

육가공품 및 육류 각각의 섭취 빈도에 따른 대사증후군 유병률을 분석하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석 (Multivariate logistic regression)을 이용하여 교차비 (OR, Odds Ratio)와 95% 신뢰구간 (95% CI, 95% Confidence Interval)을 산출하였다. 육가공품/육류 섭취와 대사증후군과의 관계에 영향을 미칠 수 있는 다양한 교란인자들을 단계적으로 보정하기 위하여 4가지 통계 모델을 분석에 사용하였다. 각 모델의 내용은 다음과 같다. Model 1: 보정하지 않은 모델; Model 2: 나이, 성별, 소득수준을 보정한 모델; Model 3: Model 2에 음주빈도, 흡연여부, 신체활동수준, BMI를 추가로 보정한 모델; Model 4: Model 3에 육가공품 및 육류 섭취와 높은 상관관계를 보이는 영양소 즉, 총 에너지 섭취량, 지방, 탄수화물, 조섬유, 나트륨, 철, 칼륨, 비타민 A, 비타민 C 섭취량을 추가로 보정한 모델.

모든 자료 분석 결과는 SAS (Statistical Analysis System ver. 9.2)를 이용하여 통계처리 하였으며, 통계적 유의성은 유의수준  $p < 0.05$ 를 기준으로 검정하였다.

## 결 과

### 대상자의 연령에 따른 특성

대상자 5,545명의 평균나이는 45세였고, 이 중 62%가 여성이었다. 각 연령대에 따른 인구통계학적 특성과 생활습관 요인을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 대상자들의 소득수준은 연령대별로 큰 차이를 보이지 않았다. 전체 대상자 중 현재 담

배를 피우고 있다고 응답한 사람이 21%였고, 흡연율은 나이가 많을수록 감소하는 경향을 보였다 ( $p$ -value  $< 0.0001$ ). 음주빈도는 나이와 관련하여 양분화 되는 경향을 보였는데, 나이가 많을수록 “비음주자”와 음주자 중 “음주빈도가 가장 높은 그룹 ( $\geq 4$ /week)”의 비율이 동시에 높은 경향을 보였다 ( $p$ -value  $< 0.0001$ ). 나이와 가장 밀접한 관계를 보이는 요인이 교육수준이었는데, 20대는 약 44%가 대학졸업자인 반면 60대 이상은 6%만이 대학졸업자였고, 나이가 증가함에 따라 교육수준은 낮아지는 추세를 보였다 ( $p$ -value  $< 0.0001$ ).

대상자의 주요 검진결과에 대하여 성별을 보정한 후 연령대별로 구분하여 Table 2에 제시하였다. BMI와 허리둘레를 이용하여 산출한 대상자들의 비만도를 각 연령대에 따라 비교한 결과, 나이가 많은 대상자들의 비만도가 더 높은 경향을 보였고, 특히 복부비만도를 나타내는 허리둘레가 유의적으로 높은 경향을 보였다 ( $p$ -trend  $< 0.0001$ ). 조사대상자의 공복혈당, 중성지방, 총 콜레스테롤, 최종 수축기 혈압은 나이가 많은 대상자에게 더 높은 경향을 보인 반면 ( $p$ -trend  $< 0.0001$ ), HDL-콜레스테롤은 나이가 많은 대상자에게서 더 낮은 경향을 보였다 ( $p$ -trend  $< 0.0001$ ).

### 육가공품 섭취실태 및 섭취자의 특성

1일 24시간 회상조사 자료를 이용하여 대상자들의 하루 육가공품/육류 및 영양소 섭취량을 산출하였고, 이 결과는 성별과 에너지섭취량을 보정하여 각 연령대별로 구분하여 제시하였다(Table 3). 본 연구에 포함된 조사대상자 중 24시간 회상조사 시 육가공품을 섭취한 인원은 불과 606명 (전체 대상자의 약 11%)이었고, 이들의 하루 평균 육가공품 섭취량은 약 28 g이었다. 조사대상자들의 육가공품 및 육류의 하루 섭취량은 연령에 따른 뚜렷한 선형관계의 패턴을 보이지 않았다. 단백질과 지방의 섭취량은 나이가 많아질수록 유의적으로 감소하였으나 탄수화물의 섭취량은 증가하였다 ( $p$  trend  $< 0.0001$ ). 조섬유, 칼슘, 인, 철, 칼륨의 하루 섭취량은 나이가 많은 대상자가 섭취량이 더 높은 경향을 보였으나 60대 이상에서는 증가추세가 주춤하였다 ( $p$  trend  $< 0.0001$ ). 또한 비타민 B<sub>1</sub>, 비타민 B<sub>2</sub>의 섭취량은 나이가 증가함에 따라 꾸준히 감소추세를 보였으나 ( $p$  trend  $< 0.0001$ ) 나트륨, 나이아신, 비타민 A, 비타민 C의 섭취량은 나이에 따른 일정한 패턴을 보이지 않았다.

대상자들의 육가공품 섭취 빈도에 따른 인구통계학적 특성 및 생활습관요인을 Table 4과 같이 분류하였다. 평균 육가공품 섭취 빈도는 일주일을 기준으로 약 0.1회였고, 육류의 섭취 빈도는 일주일을 기준으로 약 1회 정도의 수준을 보였다. 나이가 많은 대상자는 육가공품 섭취 빈도가 현저히 낮았

**Table 1.** General characteristics of subjects by age (n = 5,545)

	Age (year)					p-value
	20-29	30-39	40-49	50-59	60 ≤	
Sex (%)						0.5
Men	37	34	37	38	45	
Women	63	66	63	62	55	
Smoking status (%)						< .0001
Never	61	63	64	64	57	
Former	13	15	15	19	27	
Current	26	22	21	17	16	
Alcohol consumption (%)						< .0001
Never	14	19	22	33	43	
≤ 1/month	35	36	31	31	23	
2-4/month	35	26	24	15	11	
2-3/week	13	16	16	12	10	
≥ 4/week	3	3	7	9	13	
Physical activity (%)						< .0001
Low	42	47	41	41	57	
Moderate	50	45	50	50	37	
Active	8	8	9	9	6	
Income (%)						0.7
Low	25	22	24	24	26	
Mid-low	25	26	24	26	24	
Mid-high	26	27	26	26	25	
High	25	25	26	24	25	
Education (%)						< .0001
Middle school graduation or less	3	4	24	62	84	
High school graduation	53	47	47	27	10	
College or more	44	49	29	11	6	

**Table 2.** Metabolic risk factors by age

	Age (year)					p trend
	20-29	30-39	40-49	50-59	60 ≤	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23	23	24	24	23	< .0001
Waist circumference (cm)	77	79	81	83	82	< .0001
Fasting blood glucose (mg/dL)	87	91	93	94	95	< .0001
Triglycerides (mg/dL)	98	123	135	131	137	< .0001
Total cholesterol (mg/dL)	171	180	188	197	195	< .0001
HDL-cholesterol (mg/dL)	51	49	48	48	47	< .0001
Systolic blood pressure (mmHg)	107	108	112	116	123	< .0001

Data are presented as adjusted means for sex

으며 (p-value < 0.0001), 여성보다는 남성이 육가공품을 더 자주 섭취하였다 (p-value = 0.0002). 현재 흡연을 하는 사람 일수록 (p-value < 0.0001), 교육 수준이 높을수록 (p-value < 0.0001) 육가공품을 더 자주 섭취하는 경향을 보였다.

대사증후군 관련 주요 검진 결과를 육가공품 섭취 빈도에 따라 구분하였고, 다중 선형 회귀분석을 이용하여 성별과 연령

을 보정한 평균값을 Table 5에 제시하였다. 육가공품을 한 달에 한 번 이상 섭취한 사람들은 거의 먹지 않은 사람들과 비교하여 총 콜레스테롤 수준이 약간 높은 경향 (p trend = 0.02) 을 보였으나, BMI (p trend = 0.7), 허리둘레 (p trend = 0.5), 공복혈당 (p trend = 0.6), 중성지방 (p trend = 0.9), HDL-콜레스테롤 (p trend = 0.6), 최종 수축기 혈압 (p trend = 0.7)은

**Table 3.** Dietary intakes of subjects by age: The 24-hour recall data

	N	Age (year)					p trend
		20-29	30-39	40-49	50-59	60 ≤	
<b>Meat intakes</b>							
Processed meat (g/day)	606	37	35	24	24	36	0.007
Beef (g/day)	1,783	43	51	50	50	50	0.2
Pork (g/day)	2,059	84	61	66	64	73	0.04
Chicken (g/day)	606	116	117	113	120	98	0.5
<b>Nutrient intakes</b>							
Protein (g/day)	5,545	67	67	66	66	60	< .0001
Fat (g/day)	5,545	44	39	34	30	28	< .0001
Carbohydrate (g/day)	5,545	270	287	298	314	315	< .0001
Fiber (g/day)	5,545	6	7	8	8	7	< .0001
Ca (mg/day)	5,545	436	468	480	502	445	0.04
P (mg/day)	5,545	1037	1088	1109	1145	1069	0.0002
Na (mg/day)	5,545	4422	4800	5153	4920	4444	0.04
Fe (mg/day)	5,545	12	13	14	15	13	< .0001
K (mg/day)	5,545	2584	2842	3033	3094	2772	< .0001
Niacin (mg/day)	5,545	15	15	15	15	14	0.4
Vitamin A (μgRE/day)	5,545	680	791	782	774	667	0.8
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/day)	5,545	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	< .0001
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/day)	5,545	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	< .0001
Vitamin C (mg/day)	5,545	92	101	106	105	95	0.07

Data are presented as adjusted means for total energy intake (kcal/day) and sex

육가공품 섭취 빈도별로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

대상자들의 하루 육가공품/육류 및 영양소 섭취량을 육가공품 섭취 빈도에 따라 구별하였고, 산출된 섭취량은 다중선택회귀분석을 이용하여 하루 에너지 섭취량과 나이, 성별을 보정한 후 Table 6에 제시하였다. 영양소 섭취량을 분석한 결과, 육가공품 섭취 빈도가 높아질수록 지방 섭취량은 증가하였으나 (p trend < 0.0001) 탄수화물 (p trend = 0.001)과 조섬유 섭취량은 감소하였다 (p trend < 0.0001). 또한 육가공품을 한 달에 한 번 이상 먹는 대상자는 그렇지 않은 대상자와 비교할 때 나트륨 (p trend = 0.03), 철 (p trend = 0.001), 칼륨 (p trend < 0.0001), 비타민 A (p trend = 0.01), 비타민 C (p trend < 0.0001) 섭취량이 더 낮았다.

### 다중 로지스틱 회귀분석: 육가공품/육류와 대사증후군 유병률의 관계

분석 대상자 5,545명 중 대사증후군 기준에 해당하는 사람은 총 936명으로 약 17%가 대사증후군으로 분류되었다. 육가공품 섭취 빈도와 대사증후군 유병률간의 연관성을 분석한 다중 로지스틱 회귀분석 결과, 교란인자를 보정하지 않은 분석모델 (Model 1)의 경우, 육가공품을 일주일에 2회 이상 섭취하는 그룹은 섭취 빈도가 가장 낮은 그룹 (Rarely)과 비교

했을 때 대사증후군 유병률이 50% (OR: 0.50, 95% CI 0.35-0.73) 더 낮은 경향을 보였다. 나이, 성별, 소득수준을 보정한 결과, 육가공품 섭취와 대사증후군 유병률의 교차비는 더 이상 통계적으로 유의하지 않았으며 (p trend = 0.7), 그 외 생활 습관 요인 및 식이 섭취 요인을 추가로 보정하여 분석한 통계 모델에서도 유의하지 않은 결과를 보였다 (Table 7).

쇠고기 섭취 빈도와 대사증후군 유병률간의 관계를 분석한 결과, 쇠고기를 일주일에 2회 이상 섭취하는 대상자들은 가장 적게 섭취한 대상자들 (Rarely)과 비교했을 때 대사증후군 유병률이 41% (OR: 0.59, 95% CI 0.44-0.79) 낮았다 (Model 1). 그러나 나이, 성별, 소득수준을 보정한 후 쇠고기 섭취와 대사증후군간의 관계는 더 이상 유의하지 않았고 (p trend = 0.6), 그 외의 요인을 추가로 보정한 통계 모델에서도 유의하지 않은 결과를 보였다.

동일한 방법으로 돼지고기 섭취 빈도에 따른 대사증후군 유병률을 분석한 결과 쇠고기 섭취 빈도에 따른 교차비 분석 결과와 유사하였다. 교란인자를 보정하지 않은 경우, 돼지고기 섭취 빈도가 가장 높은 그룹 (≥2/week)은 섭취 빈도가 가장 낮은 그룹과 비교하여 대사증후군 유병률이 39% (OR: 0.61, 95% CI 0.44-0.84) 더 낮았지만, 이러한 관계는 교란인자들을 보정한 후 더 이상 유의하지 않았다 (p trend = 0.7).

**Table 4.** General characteristics of subjects according to the frequency of processed meat intake (n=5,545)

	Frequency of processed meat intake				p value
	Rarely	1-3/month	1/week	≥ 2/week	
Age (%)					< .0001
20-29	6	20	29	34	
30-39	15	44	45	44	
40-49	24	23	20	16	
50-59	22	8	4	4	
60 ≤	33	5	2	2	
Sex (%)					0.0002
Male	37	36	41	41	
Female	63	64	59	59	
Smoking status (%)					< .0001
Never	64	62	58	56	
Former	18	17	17	13	
Current	18	21	25	31	
Alcohol consumption (%)					< .0001
Never	32	19	17	17	
≤ 1/month	29	35	32	31	
2-4/month	18	27	32	28	
2-3/week	12	14	16	19	
≥ 4/week	9	5	3	5	
Physical activity (%)					0.04
Low	48	45	44	40	
Moderate	44	47	48	50	
Active	8	8	8	10	
Income (%)					0.03
Low	26	24	16	23	
Mid-low	26	22	25	26	
Mid-high	25	27	31	24	
High	23	27	28	27	
Education (%)					< .0001
Middle school graduation or less	51	14	6	6	
High school graduation	31	45	46	49	
College or more	18	41	48	45	

**Table 5.** Metabolic risk factors according to the frequency of processed meat intake

	Frequency of processed meat intake				p trend
	Rarely	1-3/month	1/week	≥ 2/week	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23	23	23	23	0.7
Waist circumference (cm)	81	80	81	80	0.5
Fasting blood glucose (mg/dL)	92	92	92	92	0.6
Triglycerides (mg/dL)	127	125	120	130	0.9
Total cholesterol (mg/dL)	185	188	186	189	0.02
HDL-cholesterol (mg/dL)	49	49	48	49	0.6
Systolic blood pressure (mmHg)	113	113	113	113	0.7

Data are presented as adjusted means for sex and age (year)

**Table 6.** Dietary intakes according to the frequency of processed meat intake: The 24-hour recall data

	N	Frequency of processed meat intake				p trend
		Rarely	1-3/month	1/week	≥ 2/week	
<b>Meat intakes</b>						
Processed meat (g/day)	606	26	28	26	32	0.5
Beef (g/day)	1783	51	46	46	56	0.5
Pork (g/day)	2059	72	61	63	59	0.2
Chicken (g/day)	606	128	97	94	99	0.2
<b>Nutrient intakes</b>						
Protein (g/day)	5545	65	66	65	67	0.2
Fat (g/day)	5545	34	36	38	40	< .0001
Carbohydrate (g/day)	5545	300	295	294	284	0.001
Fiber (g/day)	5545	8	7	7	6	< .0001
Ca (mg/day)	5545	478	446	465	461	0.4
P (mg/day)	5545	1104	1076	1073	1085	0.2
Na (mg/day)	5545	4853	4773	4682	4621	0.03
Fe (mg/day)	5545	14	13	13	13	0.001
K (mg/day)	5545	2976	2788	2813	2659	< .0001
Niacin (mg/day)	5545	15	15	15	15	0.8
Vitamin A (μgRE/day)	5545	768	721	770	642	0.01
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/day)	5545	1.2	1.2	1.2	1.1	0.07
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/day)	5545	1.1	1	1.1	1.1	0.7
Vitamin C (mg/day)	5545	105	97	99	84	< .0001

Data are presented as adjusted means for total energy intake (kcal/day), sex and age (year)

닭고기 섭취 빈도가 가장 높은 그룹은 가장 낮은 그룹과 비교하여 대사증후군 유병률이 유의적으로 63% (OR: 0.37, 95% CI 0.27-0.50) 더 낮았으나 주요 교란인자를 보정한 후에는 더 이상 유의하지 않았다.

또한, 육가공품 섭취와 대사증후군 유병률과의 관계 분석 시 나이, 성별, 흡연여부, 음주빈도에 따른 효과변경작용 (effect modification, interaction) 여부를 추가로 분석하였으나, 통계적으로 유의한 효과변경변수 (effect modifier)는 발견되지 않았다.

## 고 찰

본 연구는 2007~2008년 한국인 국민건강영양조사 자료를 이용하여 20세 이상 성인의 육가공품 및 육류 섭취 빈도와 그에 따른 대사증후군 유병률을 분석하였다. 조사대상자의 육가공품 섭취 빈도는 약 두 달에 1회, 육류는 약 일주일에 1회 정도의 수준을 보였다. 나이가 많아질수록 육가공품 및 육류의 섭취 빈도는 감소하였고, 흡연을 하는 사람일수록 육가공품을 더 자주 섭취하였다. 육가공품을 자주 섭취하는 사람은 혈중 총 콜레스테롤 수준이 더 높은 경향을 보였으나 그 외 대사질환 위험인자들 (BMI, 허리둘레, 공복혈당, 중성지방,

HDL-콜레스테롤)과 대사증후군 유병률과는 유의적인 관계를 보이지 않았다.

육가공품의 섭취와 대사증후군과의 관계를 분석한 연구들은 매우 미비하며, 그 연구 결과들 또한 일치하지 않는다. 최근 Azadbakht 박사팀이 이란에 거주하고 있는 482명의 중년 여성을 대상으로 진행한 횡단 연구에서, 육가공품의 섭취가 가장 높은 그룹은 섭취가 가장 낮은 그룹과 비교했을 때 대사증후군 유병률이 약 2배 정도 높다고 보고하였다.<sup>11)</sup> 또한 미국 성인 남성과 여성을 대상으로 9년 동안 추적 조사한 코호트 연구에서는 육가공품을 가장 많이 섭취하는 그룹의 대사증후군 발생 위험률이 가장 적게 섭취하는 그룹과 비교했을 때 약 26% 더 높다고 보고되었고, 이 관계는 인구통계학적 특성, 생활습관, 식품 섭취와 관련된 공변량을 모두 보정한 후에도 통계적으로 유의하였다.<sup>1)</sup> 위 연구결과들과는 대조적으로, 브라질에 거주하는 일본계 성인 브라질인을 대상으로 식이섭취와 대사증후군 위험간의 연관성을 7년간 추적 조사한 연구 분석에서는 육가공품의 섭취와 대사증후군 위험률 사이에 유의한 연관성이 없다고 보고하였다.<sup>12)</sup> 또한 프랑스의 성인을 대상으로 진행된 횡단 연구의 결과에서도 육가공품의 섭취에 따른 대사증후군 유병률의 유의적인 차이가 없었다.<sup>10)</sup> 본 연구의 결과 또한 이들 두 연구 결과와 일치한 양상을 보인다.

**Table 7.** Association between processed/unprocessed meat intakes and prevalence of metabolic syndrome

	Frequencies of meat consumption							
	Rarely	1-3/month		1/week		≥ 2/week		p trend
	OR	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI	
<b>Processed meat</b>								
Model 1	1	0.68	(0.56-0.83)	0.46	(0.34-0.63)	0.50	(0.35-0.73)	<.0001
Model 2	1	1.12	(0.89-1.41)	0.88	(0.62-1.23)	0.99	(0.67-1.48)	0.7
Model 3	1	1.19	(0.92-1.54)	0.81	(0.55-1.19)	0.93	(0.58-1.47)	0.4
Model 4	1	1.19	(0.92-1.53)	0.83	(0.57-1.22)	0.92	(0.58-1.46)	0.4
<b>Beef</b>								
Model 1	1	0.80	(0.65-0.99)	0.66	(0.51-0.84)	0.59	(0.44-0.79)	0.0004
Model 2	1	1.07	(0.86-1.33)	1.00	(0.77-1.30)	1.01	(0.73-1.40)	0.6
Model 3	1	1.07	(0.86-1.34)	1.03	(0.79-1.36)	1.04	(0.73-1.48)	0.7
Model 4	1	1.08	(0.87-1.36)	1.07	(0.81-1.42)	1.09	(0.76-1.56)	0.9
<b>Pork</b>								
Model 1	1	0.81	(0.60-1.09)	0.68	(0.50-0.93)	0.61	(0.44-0.84)	0.007
Model 2	1	1.09	(0.78-1.53)	1.12	(0.79-1.60)	1.11	(0.78-1.59)	0.7
Model 3	1	1.11	(0.77-1.60)	1.09	(0.75-1.59)	1.07	(0.73-1.56)	0.9
Model 4	1	1.10	(0.76-1.60)	1.11	(0.76-1.62)	1.10	(0.74-1.62)	0.9
<b>Chicken</b>								
Model 1	1	0.60	(0.50-0.72)	0.50	(0.38-0.65)	0.37	(0.27-0.50)	<.0001
Model 2	1	0.89	(0.72-1.11)	0.94	(0.69-1.27)	0.77	(0.54-1.10)	0.1
Model 3	1	0.92	(0.72-1.18)	0.94	(0.67-1.33)	0.73	(0.49-1.08)	0.051
Model 4	1	0.93	(0.72-1.20)	0.96	(0.68-1.37)	0.75	(0.51-1.12)	0.07

Model 1: Unadjustment, Model 2: Adjustment for age (year), sex and income (low, mid-low, mid-high, high), Model 3: Additional adjustment for alcohol consumption (never, ≤ 1/month, 2-4/month, 2-3/week, ≥ 4/week), smoking status (never, former, current), physical activity (low, moderate, active) and BMI (kg/m<sup>2</sup>), Model 4: Model 3 + Additional adjustment for total energy (kcal/day), fat (g/day), carbohydrate (g/day), fiber (g/day), Na (mg/day), Fe (mg/day), K (mg/day), vitamin A (μgRE/day), vitamin C (mg/day) intakes

육가공품의 섭취와 대사증후군 위험도 사이의 관계를 분석한 연구들이 일치하지 않는 결과를 보이는 것은 각 연구에서 분석된 대상자의 인구통계학적 특성, 환경요인, 생활습관, 조사 대상자 수, 연구 디자인 등 다양한 차이점이 결과에 다르게 영향을 줄 수 있고 식생활 패턴 특히 육가공품 섭취량의 차이도 간과할 수 없다. 실제로 미국 국민건강영양조사 (NHANES, The National Health and Nutrition Examination) 자료를 이용하여 성인의 육가공품 섭취 패턴을 분석한 결과 미국 성인의 하루 평균 육가공품 섭취량은 약 109 g이었으며,<sup>17)</sup> 본 연구 대상자의 하루 육가공품 섭취량은 미국 성인의 육가공품 섭취량의 약 1/4에 해당하는 28 g이었다. 이와 같이 미국 등의 육가공품 섭취 패턴과는 대조적으로 현저히 낮은 육가공품의 섭취량과 섭취 빈도의 수준에서는 육가공품의 섭취가 대사증후군의 유병인자로서 유의적인 영향을 미치지 못할 가능성도 있을 수 있다.

최근까지 선행되어 온 역학 연구결과와 본 연구의 결과로 미루어 볼 때 육가공품 섭취와 대사증후군과의 명확한 연관성을 설명할 수 있는 충분한 역학적인 증거는 부족하다. 대사

증후군은 인슐린 저항성이 주요 병인으로 작용하여 당 대사 이상, 고혈압, 복부 비만 등의 대사 장애가 복합적으로 나타나는 군집현상이다.<sup>1)</sup> 이 현상은 제2형 당뇨병의 전단계인 prediabetic condition 으로 규명될 정도로 당뇨병의 강력한 위험요인으로 인지되고 있고<sup>2,3)</sup> 대사증후군의 생체 메커니즘 또한 대사적인 측면에서 제2형 당뇨병 발생 메커니즘과 많은 부분을 공유하고 있다.<sup>2)</sup> 제2형 당뇨병과 육가공품 섭취와의 관련성에 대한 분석을 수행한 일부 선행 연구에서는 육가공품 섭취가 높으면 제2형 당뇨병의 위험을 높일 수 있다는 결과를 보여주면서 육가공품에 함유되어 있는 몇몇 특정한 요소들이 직접 혹은 간접적으로 대사질환과 관련되어 있다고 제시하고 있다.<sup>18,19)</sup> 육가공품 및 육류는 총 지방과 포화지방, 콜레스테롤 등의 주요 급원식품이고 이들은 비만,<sup>20-22)</sup> 대사증후군,<sup>1,12)</sup> 고인슐린혈증 및 고혈당증<sup>23,24)</sup> 등의 질환을 유발시킴으로써 제2형 당뇨병의 위험을 증가시킨다고 보고되고 있다. 또한 이들 식품에 포함되어 있는 헴철<sup>25,26)</sup>과 육류의 가공과정에서 사용되는 질산염 및 아질산염<sup>27)</sup> 등에 의한 영향이 대사증후군 및 당뇨병의 위험과 연관되어 있다고 제시하고 있다. 인체

내에서 유리된 철 분자는 hydroxyl radical의 형성을 증가시킴으로써 산화적 스트레스를 유발하고 이것은 특히 췌장의 betacell 조직에 손상을 일으키게 되며, 육가공품 및 육류의 잦은 섭취로 체내에 철이 높은 농도로 존재하게 되면 결국 인슐린 민감성을 감소시키게 되어 인슐린 저항성, 대사증후군 그리고 제2형 당뇨병의 위험을 증가시킬 수 있다고 한다.<sup>28-32)</sup>

또한 육류의 가공과정에서 사용되는 질산염 및 아질산염은 인체의 위장 또는 가공과정에 의해서 아미노 화합물과 상호작용하여 nitrosamines를 형성할 수 있는데,<sup>33)</sup> 이는 췌장의 betacell에 대하여 독성을 나타낼 수 있다고 한다.<sup>34)</sup> 대사증후군의 발생 또한 이러한 기작을 통해 그 위험이 증가할 것이라 예상되나 아직까지 명확히 규명된 바는 없으며, 이 외에도 인종, 나라별 육가공품 및 육류 섭취량의 차이, 연구 디자인의 제한으로 보정되지 못한 다른 식이섭취 요인, 생활습관 혹은 다른 환경적 요인의 가능성이 남아 있다.

본 연구는 횡단적 연구 방법을 사용하였으므로 질병과 독립변수 사이의 인과관계를 규명하기 어렵다는 제한점이 있다. 그러나 이를 보완하기 위하여 분석단계에서 이미 질병이 있거나, 관련된 약을 복용하거나, 질병이 있다고 인지하고 있는 대상자를 제외하여 분석하였으므로 질병으로 인한 식이 및 생활습관 변화의 가능성을 최소화하였다. 또한 통계분석 시 잠재적인 교란인자를 최대한 보정함으로써 질병에 대한 육가공품 및 육류의 독립적인 영향을 도출하고자 하였다. 식품섭취조사 방법으로는 정량적 식품섭취빈도조사가 아닌 단순식품섭취빈도조사 설문지를 사용하였으므로 대상자들의 식이섭취량에 대하여 정확한 양을 알 수 없다는 제한점이 있으나, 본 연구에서 24시간 회상법을 이용한 식이섭취조사 데이터를 추가로 분석하여 결과 해석에 참고하였다.

본 연구는 만성질환의 예방 지표로서 대두되고 있는 대사증후군과 육가공품 및 육류 섭취와의 관계를 상대적으로 연구가 미비했던 한국인을 대상으로 분석하여 그 결과를 질병 예방에 대한 전략으로 사용할 수 있다는 점에서 큰 의의가 있다. 또한 대표성과 신뢰성이 높은 국민건강영양조사를 사용하였으므로 본 연구의 결과를 폭넓게 일반화 할 수 있다는 장점이 있다. 통계 분석단계에서는 체계적이고 명확한 분석모형을 사용하였고, 분석에 요구되는 표본 가중치를 적절하게 적용하여 분석하였으므로 결과에 대한 오차를 최소화 하였다.

본 연구에서는 육가공품 섭취와 대사증후군 유병률간의 유의적인 연관성을 발견하지 못하였다. 그러나 한국인의 식습관이 빠르게 서구화되고 있고, 서양인을 대상으로 하는 일부 코호트 연구에서 대사증후군에 대한 육가공품의 독립적인 위험성을 제시하고 있다. 따라서 육가공품 및 육류 섭취와 대사증후군 발병 위험 사이의 명확한 인과관계를 규명하기 위하여

한국인의 식습관을 보다 더 정확하게 측정할 수 있는 식품섭취조사방법을 이용한 전향적 역학 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 요약 및 결론

본 연구는 육가공품 및 육류 섭취가 대사증후군 유병률과 어떠한 관계가 있는지 알아보기 위하여 2007~2008 국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석하였다.

대상자의 평균 육가공품 섭취 빈도는 일주일을 기준으로 0.1회이었으며 하루 평균 섭취량은 약 28 g이었다. 나이가 많을수록 육가공품의 섭취 빈도는 현저히 낮았으며, 남성이 여성보다, 흡연자가 비흡연자보다 육가공품을 더 자주 섭취하는 경향을 보였다. 또한 교육 수준이 높을수록, 적당한 신체활동을 하는 대상자일수록 육가공품을 더 자주 섭취하는 경향을 보였다.

육가공품을 한 달에 한 번 이상 섭취하는 사람은 거의 먹지 않는 사람과 비교할 때 혈중 총 콜레스테롤과 하루 지방 섭취량은 더 높았고, 탄수화물, 조식유, 나트륨, 철, 칼륨, 비타민 A, 비타민 C는 더 적게 섭취하는 경향을 보였다.

육가공품의 섭취 빈도와 대사증후군 유병률간의 연관성을 분석하기 위해 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과, 단순회귀분석 모델에서는 육가공품을 더 자주 섭취하는 사람의 대사증후군 유병률이 유의적으로 낮았으나, 인구통계학적 특성, 생활습관 요인, 식이 섭취 요인을 추가로 보정한 후에는 더 이상 유의적인 관계를 보이지 않았다. 이러한 관계는 육류를 독립변수로 한 통계 모형에서도 유사한 결과를 보였다.

결론적으로 본 연구에서는 육가공품 섭취와 대사증후군 유병률간의 관계가 유의적이지 않았다. 본 연구주제의 명확한 인과관계를 검증하기 위해서는 향후 코호트 연구 등을 통한 확인이 필요하다.

## Literature cited

- 1) Lutsey PL, Steffen LM, Stevens J. Dietary intake and the development of the metabolic syndrome: the Atherosclerosis Risk in Communities study. *Circulation* 2008; 117(6): 754-761
- 2) Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, Gordon DJ, Krauss RM, Savage PJ, Smith SC Jr, Spertus JA, Costa F; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation* 2005; 112(17): 2735-2752
- 3) McNeill AM, Rosamond WD, Girman CJ, Golden SH, Schmidt MI, East HE, Ballantyne CM, Heiss G. The metabolic syn-

- drome and 11-year risk of incident cardiovascular disease in the atherosclerosis risk in communities study. *Diabetes Care* 2005; 28(2): 385-390
- 4) Bonora E, Targher G, Formentini G, Calcatera F, Lombardi S, Marini F, Zenari L, Saggiani F, Poli M, Perbellini S, Raffaelli A, Gemma L, Santi L, Bonadonna RC, Muggeo M. The Metabolic Syndrome is an independent predictor of cardiovascular disease in Type 2 diabetic subjects. Prospective data from the Verona Diabetes Complications Study. *Diabet Med* 2004; 21(1): 52-58
  - 5) Korea Centers for Disease Control and Prevention; Korea Health Industry Development Institute. In-depth analysis on the 3rd Korea national health and nutrition examination survey. 2007
  - 6) Ministry of Health & Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2008 national health statistic: the 4th Korea national health and nutrition examination survey. 2008
  - 7) Rosell MS, Hellénus ML, de Faire UH, Johansson GK. Associations between diet and the metabolic syndrome vary with the validity of dietary intake data. *Am J Clin Nutr* 2003; 78(1): 84-90
  - 8) Esmailzadeh A, Mirmiran P, Azizi F. Whole-grain consumption and the metabolic syndrome: a favorable association in Tehranian adults. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59(3): 353-362
  - 9) Freire RD, Cardoso MA, Gimeno SG, Ferreira SR; Japanese-Brazilian Diabetes Study Group. Dietary fat is associated with metabolic syndrome in Japanese Brazilians. *Diabetes Care* 2005; 28(7): 1779-1785
  - 10) Mennen LI, Lafay L, Feskens EJM, Novak M, Lépinay P, Balkau B. Possible protective effect of bread and dairy products on the risk of the metabolic syndrome. *Nutr Res* 2000; 20(3): 335-347
  - 11) Azadbakht L, Esmailzadeh A. Red meat intake is associated with metabolic syndrome and the plasma C-reactive protein concentration in women. *J Nutr* 2009; 139(2): 335-339
  - 12) Damião R, Castro TG, Cardoso MA, Gimeno SG, Ferreira SR; Japanese-Brazilian Diabetes Study Group. Dietary intakes associated with metabolic syndrome in a cohort of Japanese ancestry. *Br J Nutr* 2006; 96(3): 532-538
  - 13) Babio N, Sorlí M, Bulló M, Basora J, Ibarrola-Jurado N, Fernández-Ballart J, Martínez-González MA, Serra-Majem L, González-Pérez R, Salas-Salvadó J. Association between red meat consumption and metabolic syndrome in a Mediterranean population at high cardiovascular risk: Cross-sectional and 1-year follow-up assessment. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2010. [Epub ahead of print]
  - 14) Yoon GS, Woo J. The perception and the consumption behavior for the meats in Koreans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1999; 28(1): 246-256
  - 15) Ministry of Health & Welfare. The third Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES III). 2006
  - 16) Genuth S, Alberti KG, Bennett P, Buse J, DeFronzo R, Kahn R, Kitzmiller J, Knowler WC, Lebovitz H, Lernmark A, Nathan D, Palmer J, Rizza R, Saudek C, Shaw J, Steffes M, Stern M, Tuomilehto J, Zimmet P; Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Follow-up report on the diagnosis of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2003; 26(11): 3160-3167
  - 17) Wang Y, Beydoun MA, Caballero B, Gary TL, Lawrence R. Trends and correlates in meat consumption patterns in the US adult population. *Public Health Nutr* 2010; 13(9): 1333-1345
  - 18) Männistö S, Kontto J, Kataja-Tuomola M, Albanes D, Virtamo J. High processed meat consumption is a risk factor of type 2 diabetes in the Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention study. *Br J Nutr* 2010; 103(12): 1817-1822
  - 19) Fung TT, Schulze M, Manson JE, Willett WC, Hu FB. Dietary patterns, meat intake, and the risk of type 2 diabetes in women. *Arch Intern Med* 2004; 164(20): 2235-2240
  - 20) Kahn HS, Tatham LM, Heath CW Jr. Contrasting factors associated with abdominal and peripheral weight gain among adult women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21(10): 903-911
  - 21) Schulz M, Kroke A, Liese AD, Hoffmann K, Bergmann MM, Boeing H. Food groups as predictors for short-term weight changes in men and women of the EPIC-Potsdam cohort. *J Nutr* 2002; 132(6): 1335-1340
  - 22) Bes-Rastrollo M, Sánchez-Villegas A, Gómez-Gracia E, Martínez JA, Pajares RM, Martínez-González MA. Predictors of weight gain in a Mediterranean cohort: the Seguimiento Universidad de Navarra Study 1. *Am J Clin Nutr* 2006; 83(2): 362-370; quiz 394-395
  - 23) van Dam RM, Willett WC, Rimm EB, Stampfer MJ, Hu FB. Dietary fat and meat intake in relation to risk of type 2 diabetes in men. *Diabetes Care* 2002; 25(3): 417-424
  - 24) Feskens EJ, Virtanen SM, Räsänen L, Tuomilehto J, Stengård J, Pekkanen J, Nissinen A, Kromhout D. Dietary factors determining diabetes and impaired glucose tolerance. A 20-year follow-up of the Finnish and Dutch cohorts of the Seven Countries Study. *Diabetes Care* 1995; 18(8): 1104-1112
  - 25) Lee DH, Folsom AR, Jacobs DR Jr. Dietary iron intake and Type 2 diabetes incidence in postmenopausal women: the Iowa Women's Health Study. *Diabetologia* 2004; 47(2): 185-194
  - 26) Rajpathak S, Ma J, Manson J, Willett WC, Hu FB. Iron intake and the risk of type 2 diabetes in women: a prospective cohort study. *Diabetes Care* 2006; 29(6): 1370-1376
  - 27) Knight TM, Forman D, Al-Dabbagh SA, Doll R. Estimation of dietary intake of nitrate and nitrite in Great Britain. *Food Chem Toxicol* 1987; 25(4): 277-285
  - 28) Rajpathak SN, Crandall JP, Wylie-Rosett J, Kabat GC, Rohan TE, Hu FB. The role of iron in type 2 diabetes in humans. *Biochim Biophys Acta* 2009; 1790(7): 671-681
  - 29) Papakonstantinou E, Panagiotakos DB, Pitsavos C, Chrysohou C, Zampelas A, Skoumas Y, Stefanadis C. Food group consumption and glycemic control in people with and without type 2 diabetes: the ATTICA study. *Diabetes Care* 2005; 28(10): 2539-2540
  - 30) Hua NW, Stoohs RA, Facchini FS. Low iron status and enhanced insulin sensitivity in lacto-ovo vegetarians. *Br J Nutr* 2001; 86(4): 515-519
  - 31) Tuomainen TP, Nyyssönen K, Salonen R, Tervahauta A, Korpela H, Lakka T, Kaplan GA, Salonen JT. Body iron stores are associated with serum insulin and blood glucose concentrations. Population study in 1,013 eastern Finnish men. *Diabetes Care* 1997; 20(3): 426-428
  - 32) Salonen JT, Tuomainen TP, Nyyssönen K, Lakka HM, Punnonen K. Relation between iron stores and non-insulin dependent diabetes in men: case-control study. *BMJ* 1998; 317(7160): 727
  - 33) Lijinsky W. N-Nitroso compounds in the diet. *Mutat Res* 1999; 443(1-2): 129-138
  - 34) LeDoux SP, Hall CR, Forbes PM, Patton NJ, Wilson GL. Mechanisms of nicotinamide and thymidine protection from alloxan and streptozocin toxicity. *Diabetes* 1988; 37(8): 1015-1019