

돼지고기가 공장근로자들의 신기능지표와 혈청 생화학치에 미치는 영향

한찬규 · 노정해* · 이복희¹

한국식품연구원, ¹중앙대학교 식품영양학과

Effect of Pork Consumption on Renal and Hematochemical Indices in Workers Occupationally Exposed to Unclean Environments

Chan-Kyu Han, Jeonghae Rho*, and Bog-Hieu Lee¹

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

¹Department of Food & Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to reveal the effects of pork consumption on the renal and hematochemical indices of workers occupationally exposed to an unclean environment for 6 weeks. Forty-five free-living volunteers were recruited from the workers employed in a car-engine part factory and a leather dyeing company in the Gyeonggi area. Volunteers were to submit a subject consent form prior to the study. They were asked to complete a questionnaire on dietary habits, and blood and urine samples were collected before and after the pork consumption trial. Pork dishes were fed twice weekly (150 g per meal) as part of lunch or dinner at the work place. Urine *N*-Acetyl- β -D-glucosamidase (NAG) levels were reduced after the trial, but total-cholesterol, HDL- and LDL-cholesterol levels did not change. However, triglyceride levels did increase significantly ($p < 0.005$). The Zn, Pb, and Cd concentrations in serum tended to decrease, though without statistical significance. In conclusion, the regular consumption of pork may be beneficial for renal functions, however further research in this area is needed.

Key words : pork, renal and hematochemical indices, factory workers

서 론

농협중앙회와 대한양돈협회가 공동으로 2004년 11월부터 2005년 2월 사이에 전국의 만 15세 이상 69세의 남녀 2,000명을 대상으로 실시한 '돼지고기 소비실태 조사'에 따르면 돼지고기에 대한 남녀노소의 선호도가 79.6%로 조사된 가운데 10대와 20대의 선호도가 다른 연령대에 비해 가장 높게 나타났다. 또한 돼지고기를 즐겨 먹는 이유는 '맛이 좋아서'가 54.3%로 가장 높았고, 다음은 '가족이 좋아해서'(21%), '가격이 저렴해서'(10.7%) 순으로 나타났다. 돼지고기에 대해 평소 갖고 있는 생각을 묻은 질문에서 응답자들은 '맛이 좋다', '서민적인 식품이다', '영양성분이 우수하다' 등 대부분 긍정적으로 답변한 반면 '돼지고기가 건강에 좋다'는 인식은 50.5%로 나타났다(NACF, 2005).

*Corresponding author : Jeonghae Rho, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea. Tel: 82-31-780-9060, Fax: 82-31-709-9876, E-mail: dmo@kfri.re.kr

한편, 봄철에 황사가 발생했을 때 흔히 해독음식으로 돼지고기를 꼽는데 이는 중금속이 함유된 미세한 비산먼지가 호흡기를 통해 기관지로 혼입됨으로 해서 결핵해진 목을 씻어주고 기관지를 보호해주는 의미로 흔히 삼겹살에 소주를 곁들여 먹는다. 돼지고기는 예로부터 기관지계 질환의 이환성이 높은 운전기사나 교통경찰, 광부의 진폐증 예방에 효과가 있고, 민간요법에서 납의 해독에도 효과가 있는 것으로 알려져 왔지만 이에 대한 실험적인 연구 자료는 거의 없는 실정이다. 대한양돈협회산하 양돈자조금관리위원회(KPB, 2007)가 간행한 돼지고기와 관련한 문헌 자료는 주로 돼지고기의 영양, 미량 영양소함량, 부위별 특징과 조리법, 관능적 또는 품질적인 특성 및 가공적성 등으로 이루어졌고, 돼지고기와 중금속과 관련한 실험적인 연구 자료는 저자들의 보고사례(Lee *et al.*, 1995; Rho *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1998; Han *et al.*, 1999a, 1999b; Rho *et al.*, 2005, 2007)가 있을 뿐이다.

납(Pb)은 두 가지 경로, 즉 폐로 흡입되거나 입과 소화기관을 통해 인체로 들어오는데, 폐로 흡입되는 경우는 금

속, 유리, 도자기 공예, 용접 등의 작업자들이 장기간 오염된 공기에 노출돼서 발생하는 직업성이다. 일반인은 오염된 물, 음식물, 음식용기 등에 의해 입과 소화기관을 통해 섭취된다. 폐로 들어온 경우 40%가 흡수되고, 위장관에서는 5-10% 정도만 흡수되며 나머지는 변으로 배설된다. 그러나 납은 일단 흡수되면 주로 소변으로 하루에 100 µg 이하의 극미량만 배출되므로 장기간 체내에 축적된다. 1998년도 국민건강영양조사보고서의 식품섭취량 자료를 기초로 하여 한국인의 납 섭취량을 산출한 결과 1인당 평균 섭취량 및 극단섭취량이 각각 274.07 µg/week, 1,195.31 µg/week(KHIDI, 2002)로 나타났다. 인체가 어느 정도까지 납을 흡수해도 안전한가의 기준은 FAO/WHO 식품첨가물 전문가위원회(1989)가 설정한 잠정주간 허용섭취량(provisional tolerable weekly intake, PTWI)이 가장 보편적으로 인정되는데, 그 수치는 25 µg/kg/week으로서 이를 60 kg 성인으로 환산하면 대략 1.5 mg/week이다.

카드뮴(Cd)의 체내 흡입량은 성인 한사람이 하루에 약 50-60 µg정도이고, 식품을 통한 경구적인 섭취량은 약 15-34 µg으로 그 중 5-10%가 위장관을 통해서 흡수된다(Hamilton and Smith, 1978). 일반적으로 출생시에는 체내에 카드뮴이 존재하지 않지만 일생동안 약 20-30 mg이 체내에 축적되고(Page and Chang, 1986), 체내 축적량 중 50-80%는 간과 신장조직에 분포하며, 신장 내 축적량이 200 ppm이 넘으면 신장 기능의 장애가 나타나는 것으로 알려졌다(Murakami *et al.*, 1983). 카드뮴에 노출되지 않은 일부 한국인의 혈중 카드뮴농도는 남성(n=160)이 0.18 µg/dL, 여성(n=243)이 0.15 µg/dL로 남성이 여성보다 높았다. 우리나라 국민의 식용해조류를 통한 카드뮴 섭취량은 하루에 평균 2.15 µg으로 이는 PTWI(7 µg/kg/week)의 3.57%, 납 섭취량은 평균 2.65 µg으로 PTWI의 1.20% 수준으로 매우 안전한 것으로 판단된다(Mok *et al.*, 2005). 대중음식에 함유된 중금속중 납과 카드뮴함량은 각각 131.8, 18.4 µg으로 대중음식으로부터 한사람의 1일 섭취량은 FAO/WHO의 허용량보다 낮았다(Kim *et al.*, 1989). 그러나 유해환경 근로자들의 체내 중금속 축적량은 훨씬 높을 것으로 추정되고 있으며, 대도시와 주변 거주자들 역시 각종 오염원으로 부터 배출되는 수많은 다이옥신류에 직간접으로 노출되어 있기 때문에 위해물질의 체내축적을 가능한 한 최소화시켜 건강한 사회적 환경을 조성할 필요가 있다.

신기능과 관련하여 과거에는 주로 요소태질소(BUN), 크레아티닌(creatinine) 및 뇨중 총 단백 등을 이용한 연구가 많이 시행되었다(Gerhadsson *et al.*, 1992). 그러나 신장은 여유용량(reserve capacity)이 크기 때문에 신기능이 상당히 저하되더라도 이러한 측정치들이 정상범위에 있을 수 있기 때문에 이들 측정치만 가지고 신장 기능의 장애여부를 판단하는 것은 어려움이 있다. 따라서 보다 조기에 신

기능 이상을 발견하기 위해서는 요중 저분자 단백이나 NAG(N-Acetyl-β-D-glucosamidase)효소활성도 측정이 바람직하다고 하였다. Nam 등(1998)도 BUN, creatinine 및 요산을 신기능지표로 설정하였고, 납폭로 지표로는 혈중 납과 ZPP(zinc protoporphyrin), 뇨중 δ-ALA(δ-aminolevulinic acid)를 선정하여 직업적 납폭로자들의 일부 신기능지표에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구는 작업환경이 비교적 열악한 남성근로자들에게 일정기간 동안 일상식사와 돼지고기를 섭취케 하고 신기능과 혈액지표성분에 미치는 영향을 분석함으로써 돼지고기의 영양생리화학적 우수성을 규명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험업체 및 대상자

본 연구에서는 자동차부품공장과 피혁가공공장을 시험업체로 선정하고, 두 업체의 남성근로자 45명을 대상으로 돼지고기 급여시험을 실시하였다(Table 1). 시험대상자는 시험 전 실험동의서(subject consent form)를 제출하고 식이섭취 설문지 작성, 시료채취 및 돼지고기 섭취와 같은 연구 활동에 동의한 근로자를 대상으로 하였다. 요로폐쇄(尿路閉鎖), 급만성 신염 등의 신장질환자, 또는 만성통풍, 비타민 C 또는 항생제 복용자는 시험대상에서 제외하였다.

시험내용 및 방법

- ① 돼지고기 섭취량과 급여기간 : 시험개시전 1주 동안은 자신의 일상식사에서 가급적 돼지고기섭취를 회피토록 하였으며, 6주 동안 근로자 1인당 돼지고기를 주당 2회, 각각 150 g씩 급여하도록 구내식당과 협조하였다(Table 2).
- ② 시료채취 : 시료(혈액, 뇨)의 채취일시와 채취자수는 Table 3과 같다.
- ③ 지표조사 : 작업환경에 대한 지표로서 식욕, 변비, 소화기장애, 사지의 지각이상, 피로감 등을 조사하였다(Table 4).

분석항목 및 방법

시험대상자의 시료(혈액, 뇨)를 채취하여 신기능과 혈액 지표성분으로 creatinine, blood-urea nitrogen(BUN), uric acid, glucose, N-Acetyl-β-D-glucosamidase(NAG), δ-aminolevulinic acid(ALA), 혈청 지질, 간기능치, 혈액학치 및 아연, 카드뮴, 납 등을 의뢰법인 녹색사(Green Cross

Table 1. Target enterprises and the number of participants

Location	Type of industry	No of worker
Hwaseong	Car-engine part factory	26
Dongducheon	Leather dyeing & manufacturing	19

Table 2. Experimental design and consumer test

Location	Time (week)	Amount (g per capita)	Site of consumption
Hwaseong	2 (Tue, Thu)	150	Dining Hall (Supper)
Dongducheon	2 (Wed, Fri)	150	Dining Hall (Lunch)

Table 3. Sampling date of blood and urine

Location	Date		No of participant	
	1st	2nd	1st	2nd
Hwaseong	Jan 6	March 27	28	29
Dongducheon	March 24	July 4	27	30

Reference Lab.)에서 분석하였다. 혈액과 뇨시료의 분석방법은 Table 4와 같다.

통계분석 및 연구의 제한점

돼지고기급여 전후의 혈액과 뇨중 신기능과 혈액지표성분의 측정치를 비교하였다. 즉, 두 측정시점간 비교는 대응이 있는 경우의 paired t-test에 의거하여 SAS package를 이용하여 분석하였다(Baek *et al.*, 1994). 한편, 본 연구의 제한점으로는 첫째, 시험대상 업체(자동차엔진부품공장 및 피혁가공공장)의 종사자를 "작업환경이 비교적 열악한 근로자"로 정의할 수 있는가 하는 점과, 둘째, 시험대상자가 6주 동안 섭취한 식이중에는 돼지고기 외에도 쇠고기, 닭고기, 생선과 같은 동물성단백질이 포함되었다는 점, 셋째, 시험대상자의 흡연과 음주를 실험기간동안 실제적으로 제한하지 못한 점, 넷째, 조사대상 업체가 경기도 남부와 북부에 소재하는 공장근로자(45명)를 대상으로 하고 있으므로 연령별 분포가 우리나라의 전체 근로자를 대표할 수 없다는 제한점 등을 고려하여야 할 것으로 사료된다.

Table 4. Analysis methods of blood and urine sample

Item	Method	Sample	Reagent	Analyzer
Creatinine	Jaffe reaction	Serum	Creatine reagents	Autoanalyzer
BUN	Urease with GLDH	Serum	Urea nitrogen reagents	ADVIA 1650
Uric acid	Uricase colorimetry	Serum	Uric acid reagents	ADVIA 1650
NAG	Spectrophotometry	Urine(random)	NAG	Hitachi 7180
δ-ALA	Spectrophotometry	Urine(random)	ALA/PBG	Spectrophotometer
Glucose	Enzymatic method	Serum	Glucose hexokinase	ADVIA 1650
TC	Enzymatic method	Serum	Cholesterol reagents	ADVIA 1650
TG	Lipase, GK, GPD, colorimetry	Serum	Triglyceride reagents	ADVIA 1650
HDL-C	Enzymatic method	Serum	Direct HDL-cholesterol	ADVIA 1650
LDL-C	Elimination, enzymatic method	Serum	HDL-cholesterol	ADVIA 1650/2400
T. protein	Biuret reaction	Serum	Total protein reagents	ADVIA 1650
γ-GTP	IFCC	Serum	GGT reagents	ADVIA 1650
GOT/GPT	IFCC	Serum	AST/ALT reagents	ADVIA 1650
CBC	Cell counter	Whole blood	CBC time Pak	ADVIA 2120
Zn	AAS	Serum	Auto	AAS flame from Perkin Elmer
Pb/Cd	AAS	Serum	Auto	AAS(-4100ZL)

그럼에도 불구하고 본 연구는 공장근로자들의 일상식사와 함께 그들의 기호식품의 섭취를 제한하지 않고 돼지고기(pork dish)를 일정기간동안 추가적으로 섭취시켰을 때 신기능지표와 혈청 지질과 간기능치, 혈액화학치 및 일부 중금속의 변화에 미치는 영향을 조사한 점에서 의의가 있을 것으로 사료된다.

결과 및 고찰

일반 환경요인

본 시험대상자의 일반 환경요인은 Table 5와 같이 피험자 수는 남성으로 45명이고, 평균나이는 41.3세, 평균신장은 171.8 cm, 평균체중은 68.5 kg이었다. 현 공장에서 근무기간은 평균 5년 5개월, 1일 평균 근무시간은 10.7시간으로 나타났다.

작업환경에 대한 지표조사

본 시험 개시전 두 업체의 남성 근로자 중에서 설문 응답한 32명이 대답한 작업환경에 대한 지표조사 결과는 Table 6과 같다. 즉, 지난 1년간 본인의 건강상태에 대해 어떻게 느끼고 있는가 하는 문항에서 37.5%가 '특별한 병은 없었으나 늘 피곤하였다'고 대답하였다. 평소 불면증

Table 5. General characteristics of male subjects

Variable	Mean±SD
Numbers of worker	45
Age (years)	41.3±11.7
Height (cm)	171.8± 6.3
Weight (kg)	68.5±10.2
Work duration (years)	5.5
Working hours (hr/day)	10.7± 1.5

Table 6. Health status and health-related subjective symptoms

Symptoms	Content	No	Remarks
Perceived health status during a year	sometimes ill	12	
	healthy	15	
	very healthy	5	
Sleep disturbance	moderate	12	
	little	12	
	very little	8	
Fatigue	much	3	
	moderate	24	2*
	little	1	
	very little	2	
Feeling right after rising	heavy	10	
	moderate	16	2*
	light	3	
	very light	1	
Abdominal pain	much	1	
	moderate	9	1*
	little	15	
	very little	6	
Constipation	much	1	
	moderate	10	1*
	little	12	
	very little	8	
Dizziness	moderate	8	
	little	17	2*, 1**
	very little	4	
Headache	much	-	
	moderate	6	2*
	little	18	
	very little	6	
Numbness	moderate	2	
	little	21	2*
	very little	7	
Loss of appetite	moderate	8	
	little	19	
	very little	5	
Weight loss	yes	8	
	no	24	

*Subject who was not answered.

**Subject who was much symptom.

등의 수면장애를 느끼는가에 대해서는 34.4%가 ‘약간 그렇다’고 답하였고, 37.5%는 ‘그렇지 않다’라고 답하였다. 평소 피로감을 느끼는 정도는 6.3%가 ‘항상 그렇다’라고 답하였고, 75%는 ‘약간 그렇다’라고 답하여 많은 사람들이 피로감을 느끼고 있는 것으로 조사되었다. 변비는 매우 심하다고 답한 근로자가 3.1%였으며, 31.3%는 약간 변비가 있는 것으로 답하였다. 전체적으로 대상근로자들 대부분이 비교적 건강상태가 양호하다고 느끼는 편이었으나 대체로 대부분이 만성 피로감을 느끼고 있었고, 기상시 몸 상태, 복통, 소화불량, 변비와 같은 증상을 가지고 있었다. 그러나 사지 무감각증이나 식욕저하와 같은 문제는 없는 편이었다.

신기능지표

남성근로자들에게 돼지고기를 6주 동안 급여한 다음 시험전후 신기능성분의 측정결과는 Table 7과 같다. 근육 중 creatine의 대사산물로 사구체여과율(GFR)의 지표로 이용되는 creatinine은 시험전후 각각 1.02, 1.03 mg/dL, BUN은 시험전후 각각 14.74, 14.50 mg/dL로 차이가 없었다. Purine체의 최종 대사산물로서 요산 생산량과 신장으로의 배설량에 의해 결정되는 요산은 시험전후 각각 5.04, 5.16 mg/dL로 역시 차이가 없었다. 축전지제조업체, 이차 제련업체, 일산화납 제조업체 근로자(n=342)와 대조군으로 직업적인 납폭로는 되지 않으나 폭로군과 동일회사에 근무하는 사무직근로자(n=60)를 대상으로 신기능지표를 조사한 Nam 등(1998)은 creatinine은 각각 0.9±0.2, 1.0±0.1 mg/dL, BUN은 각각 15.6±3.8, 11.5±4.3 mg/dL, 으로 두 집단 간에 통계적인 유의차가 있었고, 요산은 각각 5.3±1.1, 5.0±1.1 mg/dL로 차이가 없었다고 하였다. 신장의 곡세뇨관이나 사구체 장애시 신병변의 조기발견에 유용한 뇨중 NAG활성은 시험전후 각각 7.92, 6.89 IU/g creatinine로 시험 종료 후 감소하였으나 정상치(5.6 이하) 보다 다소 높았다(Lee and Kwon, 2000). 납 중독자에서 δ-ALA탈수효소 등에 장애가 생기면 결과적으로 혈액과 뇨중 δ-ALA 농도가 상승하기 때문에 납 중독의 스크리닝 검사로 유용

Table 7. Changes of renal indices between pre- and post-feeding of pork dish in male workers who occupationally exposed to unclean environment

Day	Concentration(mg/dL)				
	Creatinine	BUN ¹⁾	Uric acid	NAG ²⁾	ALA ³⁾
0	1.02±0.14	14.74±3.65	5.04±1.36	7.92±4.45	1.85±1.06
42	1.03±0.14	14.50±3.51	5.16±1.30	6.89±3.96	2.29±1.49
t-test	0.4190 ^{ns}	0.5592 ^{ns}	0.4822 ^{ns}	0.0546 ^{ns}	0.0653 ^{ns}

Values are mean±SD(n=45).

^{ns} Not significant.

¹⁾ Blood urea nitrogen.

²⁾ N-Acetyl-β-D-glucosamidase (Unit: IU/g · creatinine).

³⁾ δ-Aminolevulinic acid (Unit: mg/L).

Table 8. Changes of blood glucose and lipid concentration between pre- and post-feeding of pork dish in male workers who occupationally exposed to unclean environment

Day	Concentration(mg/dL)				
	Glucose	TC ¹⁾	HDL ²⁾	TG ³⁾	LDL ⁴⁾
0	91.47±29.70	188.8±37.9	47.90±10.28	111.5±67.8	110.7±32.2
42	101.0±73.50	189.0±38.0	47.19±12.49	150.1±96.9	112.9±36.1
t-test	0.1907 ^{ns}	0.9763 ^{ns}	0.6280 ^{ns}	0.0006 ^{****}	0.6735 ^{ns}

Values are mean±SD (n=45).

****Significantly different at $p<0.005$ by paired t-test.

^{ns} Not significant.

¹⁾ Total cholesterol.

²⁾ High-density lipoprotein cholesterol.

한 ALA농도는 본 연구에서 시험전후 각각 1.85, 2.29 mg/L로 시험 종료 후 증가하였다. 한편, Nam 등(1998)은 요 중 δ -ALA는 납폭로군과 대조군에서 각각 5.6 ± 7.0 , 2.6 ± 0.9 mg/L로 유의차가 있었고, 제련업체의 납 노출근로자(n=274)들과 직업적으로 납 노출경험이 없는 제조업체의 생산직근로자(n=113)들을 대상으로 조사한 Hwangbo 등(2002)은 각각 1.6 ± 0.4 , 1.0 ± 0.4 mg/L로서 두 집단간에 통계적인 차이가 있었다($p<0.01$). 고속도로 돌게이트근로자를 대상으로 조사한 Park 등(1990)의 0.17 - 3.41 mg/L(평균 1.04 mg/L)와 비교할 때 본 연구의 측정결과가 다소 높은 것으로 사료된다.

혈당과 지질농도

남성근로자들에게 돼지고기를 6주 동안 급여한 다음 시험전후 혈당과 혈청지질의 측정결과는 중성지방을 제외하고 통계적인 차이는 없었다(Table 8). 본 연구에서 검사 전 일 가급적 공복을 유지하고 음주도 삼가할 것을 요청하였지만 시험대상자가 생산직 근로자임을 감안할 때 일부 대상자는 그렇지 못한 경우가 있었다. Cheong과 Kim(1997)은 혈액검사에서 공복유지시간 및 전일 음주는 뇨검사와 혈중 지질검사 결과에 영향을 미치는 반면 간기능검사에 큰 영향은 없는 것으로 보고한 바 있다. 당뇨는 췌장의 랑게르한스섬 β 세포의 인슐린분비 조절기구의 장애로 동적 평형상태가 불량해지면 저혈당이나 고혈당이 일어난다. 본 시험에서 혈당치는 시험전후 각각 91.5, 101.0 mg/dL로 시험 종료 후 다소 증가하였다. 혈중 총콜레스테롤(TC)은 시험전후 각각 188.8, 189.0 mg/dL로 차이가 없었다. 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)은 동맥경화증의 위험인자로서 주로 간에서 콜레스테롤 합성저하로 인하여 생기는 경우가 많다. 당뇨병, 당질 과잉섭취, 지방간 등에서는 초저밀도지단백(VLDL)합성이 항진되어 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia)을 나타낸다. 고중성지방혈증은 동맥경화증의 위험인자로서 특히 급성 취장염의 원인이 된다. 본 시험에서 중성지방(TG)은 시험전후 각각 111.5, 150.1 mg/dL로 시험 종료 후 통계적으로 유의하게

증가하였다($p<0.005$). 역학조사 결과 저HDL혈증에서는 허혈성 심질환의 발병빈도가 증가하고, 대부분의 저HDL혈증 원인으로 고중성지방혈증에 수반하는 매우 낮은 저HDL혈증이 동맥경화증의 위험인자가 된다. 본시험에서 HDL 및 동맥경화증을 일으키는 콜레스테롤로 알려진 LDL콜레스테롤농도는 시험전후 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편, 40-49세의 사무직근로자 402명을 대상으로 흡연과 혈중 지질농도와의 관계를 조사한 Kim과 Park(1994)에 의하면 TC, HDL, TG 및 LDL은 각각 206.8 ± 38.5 , 50.1 ± 12.9 , 150.8 ± 80.4 , 126.0 ± 38.0 mg/dL로 나타났고, 연령과 TC, TG 및 LDL은 양의 관련성을, 음주와 HDL, TG는 양의 관련성을, 1일 흡연량, 흡연기간 또는 총 흡연량이 증가함에 따라 TC, TG 및 LDL은 유의하게 증가하였고, HDL은 유의하게 감소하였다. 본 연구에서 시험대상자의 평균 연령(41.3 ± 11.7 세)을 고려할 때 TG를 제외한 다른 지질농도는 낮은 것으로 나타났다.

총단백과 간기능치

남성근로자들에게 돼지고기를 6주동안 급여한 다음 시험전후 총단백과 간기능치의 측정결과는 Table 9와 같다. 일반적으로 총 단백질의 증가는 혈청단백의 대부분을 차지

Table 9. Changes of total protein and hepatic function test values between pre- and post-feeding of pork dish in male workers who occupationally exposed to unclean environment

Day	Total protein (g/dL)	GOT ¹⁾ (IU/L)	GPT ²⁾ (IU/L)	γ -GTP ³⁾ (IU/L)
0	7.71±0.49	25.46±10.15	18.46±11.96	33.39±30.43
42	7.54±0.37	27.81±13.03	25.74±19.27	34.74±30.00
t-test	0.0091 ^{****}	0.2110 ^{ns}	0.0009 ^{****}	0.7528 ^{ns}

Values are mean±SD(n=45).

, * Significantly different at $p<0.01$ and $p<0.005$ paired t-test, respectively.

^{ns} Not significant

¹⁾ Serum glutamic oxaloacetic transaminase

²⁾ Serum glutamic pyruvic transaminase

³⁾ γ -GTP: glutamyl transpeptidase

Table 10. Changes of complete blood count between pre- and post-feeding of pork dish in male workers who occupationally exposed to unclean environment

Day	CBC				
	RBC ¹⁾ ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	WBC ²⁾ ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	Platelet ³⁾ ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	Hct ⁴⁾ (%)	Hb ⁵⁾ (g/dL)
0	5.02±0.48	6.07±1.72	248.1±74.3	46.17±4.35	15.48±1.64
42	4.84±0.47	6.86±1.74	247.8±67.5	44.29±3.73	14.78±1.48
t-test	0.0045****	0.0051***	0.9699 ^{ns}	0.0003****	0.0001****

Values are mean±SD(n=45).

, * Significantly different at $p < 0.01$ and $p < 0.005$ by paired t-test, respectively.

^{ns} Not significant

¹⁾ Red blood cell

²⁾ White blood cell

³⁾ Platelet

⁴⁾ Hematocrit

⁵⁾ Hemoglobin

하는 albumin과 γ -globulin의 변화를 반영하는데 본 연구에서 측정된 농도는 시험전후 각각 7.71, 7.54 g/dL로 시험 종료 후 유의하게 감소하였다($p < 0.01$). 간은 암모니아, 스테로이드 호르몬, 약물 및 독성물질과 같은 다양한 내인성 또는 외인성물질을 생전환(biotransformation)을 통하여 해독하고 불활성화시키는 중요장기인 동시에 이러한 물질들의 표적장기이다. Aminotransferase(SGOT, SGPT)는 여러 조직에 널리 분포하는 효소로 특히, 간, 심근, 근육 등에 풍부하며, 세포내 활성치는 혈청내 효소활성치 보다 크기 때문에 이들 조직에 장애가 생기면 혈중으로 효소가 유출되어 혈중 효소활성이 증가된다(Lee and Lee, 1996). 따라서 SGOT, SGPT 및 γ -GTP는 비침습성 검사인 동시에 검사의 간편성, 용이성, 경제성 때문에 정기적인 생물학적 모니터링에 이용된다. 본 연구에서 SGOT는 시험전후 각각 25.46, 27.81 IU/L로 시험 종료 후 다소 증가하였지만 유의차는 없었다. 그러나 주로 간세포내에 존재하는 효소로 간세포 괴사, 파괴에 인하여 혈중으로 유출되는 SGPT는 시험전후 각각 18.46, 25.74 IU/L로 시험 종료 후 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.005$). γ -GTP는 간세포에 다량 포함되며, 어떤 종류의 화학물질, 약물이나 알콜등에 의한 간장질환에 대하여 aminotransferase 보다 민감도는 높지만 특이도가 낮은 단점이 있다. 본 연구에서 γ -GTP활성은 시험전후 각각 33.39, 34.74 IU/L로 차이가 없었다. 이상에서 볼 때 간기능치는 시험 종료 후 증가(SGOT) 또는 통계적으로 증가(γ -GTP)하였는데 이러한 결과는 일부 대상자의 음주빈도가 높았고, 특히 조사전일 음주를 삼가해줄 것을 요청했지만 그렇지 못한 데 기인한 것으로 사료된다. Hwangbo 등(2002)은 납 노출근로자와 제조업체근로자의 간기능치를 조사한 결과 SGOT는 각각 24.7±6.3, 23.1±7.9 IU/L, SGPT는 각각 20.0±7.6, 22.1±12.3 IU/L, γ -GTP는 각각 26.2±14.9, 23.7±18.1 IU/L로 통계적으로 유의하지 않았다고 보고하였다.

혈액학치

남성근로자들에게 돼지고기를 6주 동안 급여한 다음 시험전후 혈액학치의 측정결과는 Table 10과 같이 혈소판을 제외하고 통계적인 차이가 있었다. 본 시험에서 적혈구(RBC)는 시험전후 각각 5.02, 4.84($\times 10^6/\text{mm}^3$)로 시험 종료 후 통계적으로 유의하게 감소하였고($p < 0.005$), 백혈구(WBC)는 각각 6.07, 6.86($\times 10^3/\text{mm}^3$)로 유의하게 증가하였다($p < 0.01$). RBC는 일반적으로 남자가 여자보다 높고 특히 가임기 여성에서는 월경 때문에 남자보다 감소된다. WBC는 세균이나 이물 등이 체내에 침입해 일어나는 염증이나, 백혈병 등의 혈액 질환진단, 경과관찰에 이용되며, 일반적으로 염증성 질환이나 혈액계 악성종양, 탈수에 의한 혈액농축에서 증가경향을 보인다. 지혈을 담당하는 혈구성분으로 생산저하와 파괴 항진시에 감소하는 혈소판(platelet)은 시험전후 차이가 없었다. 적혈구용적률(Hct)은 적혈구수나 혈색소량을 함께 측정하는 것이 일반적으로 빈혈시 감소한다. 본 시험에서 Hct는 시험전후 각각 46.17, 44.29%로 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.005$). 산소의 운반을 담당하는 적혈구 헤모글로빈의 혈중 농도를 의미하는 혈색소(Hb)함량은 빈혈의 종류와 정도 진단에 이용되며, 시험전후 각각 15.48, 14.78 g/dL로 시험 종료 후 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < 0.005$). Hwangbo 등(2002)은 혈색소는 납 노출군(14.6±0.9 g/dL)이 대조군(14.9±1.0 g/dL) 보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$). Park 등(1990)이 고속도로틀게이트 근로자를 대상으로 조사한 적혈구($497 \times 10^4/\text{mm}^3$), 혈구용적(45.9%) 및 혈색소(15.41 g/dL)와 비교했을 때 비슷한 수치로 나타났다.

아연, 납 및 카드뮴농도

남성근로자들에게 돼지고기를 6주 동안 급여한 다음 시험전후 혈중 아연, 납 및 카드뮴의 측정결과는 통계적인 차이는 없었다(Table 11). 아연(Zn)농도는 시험전후 각각 80.87, 76.81 $\mu\text{g/dL}$ 로 다소 감소한 것으로 나타났다. 아연

Table 11. Changes of serum Zn, Pb and Cd between pre- and post-feeding of pork dish in male workers who occupationally exposed to unclean environment

Day	Concentration		
	Zn (µg/dL)	Pb (µg/dL)	Cd (µg/L)
0	80.87±10.29	2.91±1.08	1.82±0.77
42	76.81± 9.57	2.85±1.01	1.65±0.71
t-test	0.2803 ^{ns}	0.5821 ^{ns}	0.2608 ^{ns}

Values are mean±SD (n=45).

^{ns} not significant

은 대표적인 필수미량금속으로 70종 이상 효소의 조효소로서 생체의 다양한 대사계의 조절에 관여한다. 납 중독의 조기발견이나 폭로의 모니터링으로 실시되는 납(Pb)은 주로 호흡기나 소화기를 통해 체내로 흡수되고 뼈와 결합하여 축적된다. 본 시험에서 납농도는 시험전후 각각 2.91, 2.85 µg/dL로 차이가 없었다. 직업적인 납폭로자를 대상으로 혈중 연량을 조사한 Nam 등(1998)에 의하면 폭로군과 대조군에서 각각 54.5±16.3, 14.7±4.1 µg/dL로 통계적인 차이가 있었고, Hwangbo 등(2002)은 제련업체근로자의 혈중 납농도는 28.5±1.3 µg/dL로서 제조업체근로자(6.2±1.8 µg/dL)들과 비교할 때 통계적인 차이가 있었다(p<0.01). 고속도로틀게이트 근로자를 대상으로 측정된 혈중 연량은 4.2-38.9 µg/dL(Park et al., 1990)로 본 연구결과와 비교할 때 틀게이트근로자의 연폭로량이 기준치보다 훨씬 높았다. 본 연구에서 카드뮴(Cd)농도는 시험전후 각각 1.82, 1.65 µg/L로 시험 종료 후 낮았지만 유의차는 없었다. 카드뮴은 경구 또는 경피적으로 생체로 유입되고 그 대부분은 Cd-metallothionein의 형태로 간에 축적되어 혈액을 거쳐서 더 높은 농도로 신장에 축적되고, 일부는 뇨중으로 배설된다. 미국산업위생학회(ACGIH., 1990-1991)는 카드뮴 폭로에 대한 생물학적 폭로지표(BEI)를 혈액과 오줌에서 각각 1.0 µg/dL, 10 µg/g creatinine로 설정하였다. 산업안전보건법의 혈중 납 중독 판정기준(MOL, 1992)은 참고치, 주의한계, 선별한계에 따라 각각 39.9 µg/dL 이하, 40.0-59.9 µg/dL 및 60.0 µg/dL 이상으로 규정되었다. 직업적인 카드뮴 폭로경험이 없는 남녀의 혈중 카드뮴농도는 각각 0.18±0.10, 0.15±0.07 µg/dL(Yeon et al., 1992)로 본 연구결과와 비슷하였다.

요 약

본 연구는 공장 근로자들을 대상으로 작업환경에 대한 지표조사를 실시한 후 일상식이와 돼지고기를 섭취케 하고 신기능과 혈액지표성분에 미치는 영향을 분석하여 돼지고기의 영양학적인 우수성을 규명하고자 수행하였다. 작업환경이 비교적 열악한 남성근로자 45명에게 6주 동안 자신의 일상식이를 유지하면서 돼지고기를 주 2회(회당

150 g) 급여한 다음 시험전후 신기능지표와 혈청생화학치를 조사하였다. 시험 종료 후 신기능지표중 NAG활성도는 감소한 반면 ALA농도는 증가한 것으로 나타났다. 혈청 지질 중 총콜레스테롤(TC), 고밀도지단백(HDL) 및 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도는 차이가 없었고, 중성지방(TG)농도는 통계적으로 유의하게 증가하였다(p<0.005). 돼지고기 섭취는 혈중 아연, 납 및 카드뮴농도를 감소시켰지만 유의성은 없었다. 본 연구에서 시험대상자의 작업환경이 일반 근로자들에 비해 산업적인 오염노출의 위험도가 더 높다는 사실을 감안할 때 일상식이와 함께 돼지고기의 추가적인 급여가 신기능지표중 NAG활성도 저하와 혈중 카드뮴(Cd)농도를 감소시킨 것으로 나타났다. 향후 이와 관련된 보다 정밀하게 통제된 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

감사의 글

이 논문은 농림부와 양돈자조금관리위원회(2005년, 과제번호 G01591)의 지원에 의하여 연구된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. ACGIH(American Conference of Governmental Industry and Hygiene) (1990-1991) Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices: Cadmium & Compounds). BEI-55-BEI-58.
2. Baek, S. B., Do, E. S., Ahn, J. H., and Ho, K. S. (1994) Experimental Statistics, *Konkuk University*, Korea, pp. 20-65.
3. Cheong, H. K. and Kim, J. S. (1997) A study on the prevalence and risk factors of liver disfunction among the workers in chemical factories. *Korean J. Preventive Medicine* **30**, 103-128.
4. Gerhadsson, L., Chettle, D. R., Englyst, V., Nordberg, G. F., Nyhlin, H., Scott, M. C., and Todd, A. C., Vesterberg O. (1992) Kidney effects in long term exposed lead smelter workers. *Brit. J. Ind. Med.* **49**, 186-192.
5. Hamilton, D. L. and Smith, M. W. (1978) Inhibition of intestinal Ca uptake by Cd and the effects of a low Ca diet Cd retention. *Environ Res.* **25**, 175-181.
6. Han, C. K., Lee, N. H., Rho, J. H., Seong, K. S., and Chae, C. H. (1999a) Effect of pork on the inhibition of Cd and Pb accumulation *in vivo* (Invited speaker paper), *Korean Society for Science of Animal Resources. 23th Proceedings of Livestock Foods and Health, Sangji University.* pp. 97-117.
7. Han, C. K., Rho, J. H., Lee, N. H., Chae, C. H., Kim, K. S., and Lee, B. H. (1999b) Effect of dietary cadmium level on clinical toxicity, sperm capacity and histopathological changes in rats. *Korean J. Animal Reprod.* **23**, 1-12.
8. Hwangbo, Y., Kim, Y. B., Lee, G. S., Lee, S. S., Ahn, K. D.,

- and Lee, B. K. (2002) A study on liver function indices in male lead workers. *Korean J. Occup. Environ. Med.* **14**, 270-279.
9. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (1989) Evaluation of certain good additives and contaminants. *WHO Tech. Rep. Ser.* **776**, 8-9.
 10. Kim, J. H., Choug, N. J., and Park, S. B. (1989) Studies on the heavy metals of common restaurant meals. *Kor. J. Soc. Food Sci. Nutr.* **18**, 316-320.
 11. Kim, J. K. and Park, C. Y. (1994) The effect of smoking on the serum lipid levels of male white collar workers. *Korean J. Occup. Med.* **6**, 242-251.
 12. Korean Health Industry Development Institute (2002) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean Foods. Seoul, Korea, pp. 17-67.
 13. Korea Pork Board (2007) Index of Domestic Pork References, KPBB, Seoul, Korea, pp. 25-77.
 14. Lee, G. N. and Kwon, O. H. (2000) File for Clinical Pathology. Book Publication Medicine and Culture Co., Seoul, Korea.
 15. Lee, G. N. and Lee, J. S. (1996) File for Clinical Pathology. 2nd ed., Book Publication Medicine and Culture Co., Seoul, Korea.
 16. Lee, N. H., Han, C. K., Rho, J. H., Kim, Y. B., and Lee, B. H. (1995) Studies on the effect of pork intake on the metabolism of heavy metal. *Report of Korea Food Research Institute*(E1325-0667).
 17. Lee, N. H., Han, C. K., Rho, J. H., Kim, Y. B., Seong, K. S., Kwon, H. K., Song, B. J., and Chae, C. H. (1998) Effect of animal protein and fat on detoxifications of cadmium and lead. *Report of Korea Food Research Institute*(GA0061-0968).
 18. Ministry of Labor (1992) Special diagnosis method and management criteria of worker's health. Seoul, Korea.
 19. Mok, J. S., Park, H. Y., and Kim, J. H. (2005) Trace metal contents and safety evaluation of major edible seaweeds from Korean coast. *Kor. J. Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 1464-1470.
 20. Murakami, M., Cain, K., and Webb, M. (1983) Cd-metallothionein induced nephropathy : a morphological and autoradiographical study of Cd distribution, the development of tubular damage and subsequent cell regeneration. *J. Appl. Toxicol.* **51**, 237-242.
 21. Nam, J. S., Kim, Y. B., Ahn, H. C., Kim, H. S., Lee, G. S., Hwang, K. Y., Lee, S. S., Ahn, K. D., and Lee, B. K. (1998) Some renal function indices in workers occupationally exposed to lead. *Korean J. Occup. Environ. Med.* **10**, 139-148.
 22. National Agricultural Cooperative Federation (2005) Investigative Study of Pork Consumption Condition, Gain R&C Co. Ltd., Dongwha Printing Co., Seoul, Korea.
 23. Page, A. L., and Chang, A. C. (1986) Cadmium, Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp. 33-75.
 24. Park, C. Y., Koo, J. W., Roh, Y. M., and Lee, S. H. (1990) Lead exposure of tollgate workers on Korea Expressway. *Korean J. Occup. Med.* **2**, 134-141.
 25. Rho, J. H., Han, C. K., Lee, N. H., and Chung, Y. K. (1997) Effects of pork as a protein source on cadmium toxicity. *Korean J. Anim. Sci.* **39**, 605-616.
 26. Rho, J. H., Han, C. K., Seong, K. S., and Lee, N. H. (2005) Effects of pork on cadmium detoxification in rats. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* **25**, 373-382.
 27. Rho, J. H. and Han, C. K. (2007) Effects of pork feeding on detoxification process in rats intoxicated with lead. *J. Anim. Sci. Technol.* **49**, 415-428.
 28. Yeon, Y. Y., Ahn, K. D., and Lee, B. K. (1992) Blood and urine cadmium levels in non-exposed Korean to cadmium. *Korean J. Occup. Med.* **4**, 70-80.

(2007. 9. 12. 접수/2008. 1. 15. 채택)