

Metabolic Syndrome Related with Serum Biochemical Factors Affecting Serum GGT at Transitional Ages in Gumi

Seong Ja Seok[†]

Department of Clinical Pathology, Sorabol College, 165, Chunghyo-dong, Gyeongju 780-711, Korea

This study has been done with 1,431 subjects who visited Health Promotion Centers of the hospitals in Gumi for National Health Screening Program for People at Transitional Ages from April to December 2007. Serum biochemical tests related with metabolic syndrome were performed. Among biochemical factors related with metabolic syndrome, the mean values of serum glucose, AST, ALT, triglyceride and HDL cholesterol except LDL cholesterol were significantly higher in males than in females, so a significant difference by sex was observed ($P<0.001$). AST, ALT, triglyceride and HDL were thought to be significantly affecting serum GGT for males. In contrast, ALT and HDL cholesterol were important factors for females ($P<0.001$). For both sexes, serum glucose and LDL cholesterol did not produce any meaningful effect on serum GGT. In males AST, ALT and HDL cholesterol were associated with high risk of abnormality of serum GGT and in females AST, ALT and LDL cholesterol were related with high risk of abnormality of serum GGT. Therefore, AST and ALT showed a significant effect on abnormality of serum GGT in both males and females. It was observed that males exhibited significantly high correlation between metabolic syndrome related biochemical factors and serum GGT than females, and their influence on abnormality of serum GGT was also higher in males than in females. Therefore, serum GGT tests performed for health screening are considered to be useful for managements of cardiovascular diseases and metabolic syndrome as well as liver function test.

Key Words: Serum GGT, Metabolic syndrome, Serum Biochemical Factors

서 론

최근 우리나라는 인구의 노령화, 식생활습관의 서구화 등으로 비만, 고혈압, 당뇨병 등 비전염성 만성질환이 증가하고 있다 (WHO West Pacific Region, 2000).

통계청이 발표한 2008년 우리나라의 3대 사망원인으로 악성 신생물 28.0%, 뇌혈관질환 11.3%, 심장질환 8.7% 순이며 이 중 심혈관질환은 총 사망자의 20.5%를 차지하고 있으며 (Statistics Korea, 2009), 심혈관질환의 위험인자로는 복부비만, 고혈압, 당뇨병이나 내당능 장애, 지질 대사이상, 고요산혈증, 혈액응고 장애 등이 있다 (Isomaa et al., 2001).

2008년 국민건강영양조사에서 비만의 유병률이 30.7%, 고혈압 26.8%, 고콜레스테롤혈증 10.9%, 당뇨병 9.7%로

높은 유병률을 보여 (Korea National Statistical Office, 2009) 심혈관계질환의 심각성이 대두되고 있다. 이러한 질환들의 공통된 특성이 군집을 형성하는 경우가 많아 대사증후군이란 용어가 등장하게 되었으며, 1988년 Reaven은 고혈압, 내당능 장애 (glucose intolerance), 동맥경화성지질혈증을 동반하는 증후군을 'Syndrome X' 라고 명명하였고 이후 인슐린 저항성이 이들 질환의 공통적인 원인이라 하여 '인슐린 저항성증후군'으로 불리다가 1998년 WHO에서 '대사증후군 (Metabolic syndrome)'으로 정의하였다. 대사증후군은 심혈관계질환의 이환율과 이로 인한 사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있으며 (Isomaa et al., 2001) 최근 대사증후군은 전 세계적인 증가 추세를 보이고 있는데 특히 아시아 지역에서 두드러지게 증가하는 것으로 보고되고 있다 (Yamamoto et al., 2003). NCEP-ATP III (National Cholesterol Education Program, Adult Treatment Panel III, 이하 NCEP-ATP III)에 의한 대사증후군의 진단기준은 비만, 고혈압, 공복시 혈당, 고중성지방혈증, HDL 콜레스테롤 저하의 5가지 구성요소 중 3가지 이상을 가진 경우 대사증후군으로 정의하였으며,

*접수일: 2010년 8월 12일 / 수정일: 2010년 12월 24일
채택일: 2010년 12월 27일

[†]교신저자: 석성자, (우) 780-711 경북 경주시 충효동 165, 서라벌대학 임상병리과
Tel: 054-770-3676, e-mail: seok@sorabol.ac.kr

NCEP-ATP III의 기준에 따른 미국인의 대사증후군 유병률은 남자 16.5~28.0%, 여자 22.7~36.3%이며 (Ford et al., 2003), 우리나라의 유병률은 남자 5.2~9.4%, 여자 9.0~10.0%이며, 허리둘레 대신 Body Mass Index (BMI)를 기준으로 한 연구에서 유병률은 남자 13.2~24.1%, 여자 12.4~18.4%로 다양한 유병률을 보고하였다 (Lym et al., 2003; Kim, 2009). 대사증후군 관련요인으로 흡연, 음주, 운동 등 건강 관련요인과 총콜레스테롤, AST, ALT, 혈청 GGT, 백혈구수, 적혈구수, 요산, 갑상선호르몬 등 생화학적·혈액학적·내분비적 요인 등이 있다 (Choi et al., 2009; Lim et al., 2005; Lee et al., 2004).

혈청 γ -Glutamyl transpeptidase (이하 혈청 GGT)는 임상적으로 주로 알코올을 섭취의 정도나 간담도계질환을 나타내는 지표로서 널리 사용되고 있는 효소이나 최근 연구에서 혈청 GGT와 심혈관계질환 및 대사성질환간에 관련이 있음을 보여주고 있으며 전향적인 연구에서도 혈청 GGT가 향후 고혈압, 당뇨병, 심혈관계질환의 발생 및 예후에 대한 위험인자로서 역할을 할 수 있음을 제시하고 있다 (Lee et al., 2003; Yokoyama et al., 2002; Mun, 2005; Lim et al., 2005).

본 연구는 생애전환기 건강검진수검자를 대상으로 대사증후군 관련요인 중 혈청 생화학적 검사항목들을 분석하여 대사증후군 관리에 있어서 혈청 GGT의 유용성과 심혈관질환의 예방 및 대사증후군 관리에 기초 자료를 제공하자 한다.

재료 및 방법

연구대상

2007년 4월부터 12월까지 구미시의 종합병원 건강증진센터를 방문하여 국민건강보험공단에서 실시한 생애전환기 건강검진을 받은 40세 성인 1,239명, 66세 노인 192명을 대상으로 하여, 생애전환기 수검자 1,431명 (남자 774명, 여자 657명)의 혈청 생화학적 검사결과를 분석하였다.

연구방법

생애전환기 건강진단은 혈청검사를 위해 금식 후 채혈하여 혈당 (fasting blood sugar), Aspartate Aminotransferase (이하 AST), Alanine Aminotransferase (이하 ALT), 중성지방 (triglyceride), 고밀도 지단백 콜레스테롤 (high density lipoprotein cholesterol 이하 HDL-콜레스테롤), 저밀도 지

단백 콜레스테롤 (low density lipoprotein 이하 LDL-콜레스테롤), 혈청 GGT의 농도를 Hitach 7600 (Hitach, Japan) 생화학 자동분석기를 이용하여 분석하였다. 혈청 생화학 검사항목 중 Glucose, AST, ALT, triglyceride, HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤을 대사증후군 관련요인으로 선정하였으며 총콜레스테롤은 모든 요인과 상관성이 매우 높게 나타나 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인으로 고려하지 않았다. 혈청 GGT는 국민건강보험공단의 기준치를 적용하여 남자 63 IU/L 이하, 여자 35 IU/L 이하를 정상으로 규정하였다.

분석방법

수집된 자료는 SPSS version 17.0을 이용하여 연구대상자의 성별 및 연령에 따른 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인 비교를 위하여 교차분석과 Chi-square 검정을 하였다. 혈청 GGT에 영향을 미치는 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인을 알아보기 위하여 생화학 검사항목을 독립변수로 하고 혈청 GGT를 종속변수로 하여 다중로지스틱 회귀분석을 하였고, 혈청 GGT의 유병에 미치는 위험도를 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석을 실시하여 교차비와 95% 신뢰구간을 구하였다.

결 과

대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인분석

대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인들의 평균농도를 구하여 성별로 비교한 결과 LDL 콜레스테롤을 제외한 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인 및 혈청 GGT는 성별에 따라 유의성이 있었다 ($P < 0.001$).

혈당의 평균농도는 남자 94.7 ± 18.6 mg/dL, 여자 91.4 ± 18.6 mg/dL이며, AST의 평균농도는 남자 25.0 ± 10.4 IU/L, 여자 20.6 ± 8.6 IU/L이며, ALT의 평균농도는 남자 27.2 ± 17.9 IU/L, 여자 16.0 ± 11.2 IU/L로 혈당, AST, ALT의 평균농도는 남자가 여자보다 유의하게 높았다 ($P < 0.001$). 혈청지질 중 중성지방의 경우 남자 150.5 ± 105.6 mg/dL, 여자 91.6 ± 56.8 mg/dL로 남자가 여자보다 유의하게 높았으며 ($P < 0.001$), HDL 콜레스테롤에서는 남자 54.6 ± 11.9 mg/dL, 여자 60.7 ± 12.9 mg/dL로 여자가 남자보다 높았음의 유의성이 있었으나 ($P < 0.001$), LDL 콜레스테롤에서는 유의성이 없었다 (Table 1).

생애전환기 40세와 66세의 연령에 따른 생화학적 요인들의 평균농도를 비교한 결과 중성지방, HDL 콜레스테

Table 1. Mean values of metabolic syndrome related with biochemical factors by sex

	Male (N=774) (M ± SD)	Female (N=657) (M ± SD)	t	P
Glucose (mg/dL)	94.7±18.6	91.4±18.6	3.382	0.001
AST (IU/L)	25.0±10.4	20.6±8.6	8.596	<0.001
ALT (IU/L)	27.2±17.9	16.0±11.2	14.293	<0.001
TG (mg/dL)	150.5±105.6	91.6±56.8	13.303	<0.001
HDL-C (mg/dL)	54.6±11.9	60.7±12.9	-9.242	<0.001
LDL-C (mg/dL)	114.4±32.2	111.4±27.5	1.901	0.057
GGT (IU/L)	45.6±49.8	19.7±44.0	10.352	<0.001

Table 2. Mean values of metabolic syndrome related with biochemical factors by age

	40 ages (N=1239) (M ± SD)	66 ages (N=192) (M ± SD)	t	P
Glucose (mg/dL)	92.5±17.2	98.1±26.7	-2.601	0.010
AST (IU/L)	22.6±9.3	25.4±13.2	-3.348	0.001
ALT (IU/L)	22.4±16.7	20.1±11.7	2.200	0.029
TG (mg/dL)	122.3±93.8	132.9±72.3	-1.399	0.162
HDL-C (mg/dL)	57.4±12.7	57.0±13.2	0.389	0.697
LDL-C (mg/dL)	111.6±29.9	123.6±30.4	-4.855	<0.001
GGT (IU/L)	33.5±40.4	36.0±90.0	-0.637	0.524

Table 3. Association between metabolic syndrome related with biochemical factors and serum GGT

		Glucose	AST	ALT	Triglyceride	HDL-C	LDL-C
Male (N=774)	AST	0.071					
	ALT	0.131**	0.724**				
	Triglyceride	0.171**	0.120**	0.248**			
	HDL-C	-0.047	0.039	-0.145**	-0.450**		
	LDL-C	-0.003	0.019	0.102**	-0.220**	-0.022	
	GGT	0.093*	0.533**	0.454**	0.211**	0.115**	-0.048
Female (N=657)	AST	0.023					
	ALT	0.055	0.798**				
	Triglyceride	0.190**	0.100*	0.131**			
	HDL-C	-0.057	0.064	-0.042	-0.398**		
	LDL-C	0.151**	0.041	0.083*	0.090*	-0.008	
	GGT	0.030	0.265**	0.360**	0.031	0.135**	0.105*

*P<0.05, **P<0.01

를, 혈청 GGT에서는 유의성이 없었다. 따라서 혈청 GGT와의 상관분석에서 연령에 따른 분석은 고려하지 않았다 (Table 2).

대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인과 혈청 GGT와의 상관관계

대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인과 혈청 GGT와의 상관관계를 분석한 결과 남자에서 LDL 콜레스테롤을 제외한 AST, ALT, 중성지방, HDL 콜레스테롤에서 혈청

GGT와 유의성이 있었으며 (P<0.01). 혈당에서는 유의성이 낮았다 (P<0.05). 여자에서는 AST, ALT, HDL 콜레스테롤에서 혈청 GGT와 유의성이 있었고 (P<0.01), LDL 콜레스테롤에서는 유의성이 낮았으며 (P<0.05) 혈당과 중성지방에서는 혈청 GGT와 유의성이 없었다.

따라서 남자에서 여자보다 대사증후군과 관련된 혈청 생화학적 요인과 혈청 GGT와의 상관성이 컸다 (Table 3).

Table 4. Metabolic syndrome related with biochemical factors affecting serum GGT

(multiple regression)

	Male (N=774)				Female (N=657)			
	B	β	t	P	B	β	t	P
Glucose	0.049	0.018	0.611	0.541	-0.003	-0.001	-0.034	0.973
AST	1.866	0.389	8.899	0.000	-0.547	-0.107	-1.747	0.081
ALT	0.413	0.149	3.284	0.001	1.733	0.441	7.203	0.000
Triglyceride	0.104	0.220	6.214	0.000	0.039	0.050	1.222	0.222
HDL-C	0.925	0.221	6.543	0.000	0.616	0.181	4.491	0.000
LDL-C	-0.027	-0.017	-0.559	0.577	0.112	0.070	1.897	0.058
Constant	-79.896		-5.997	0.000	-49.899		-3.713	0.000
Adjusted R ²	0.344				0.156			

Table 5. Metabolic syndrome related with biochemical factors affecting abnormality of serum GGT

(logistic regression)[†]

	Male (N=774)				Female (N=657)			
	B	Exp (B)	95% 신뢰구간		B	Exp (B)	95% 신뢰구간	
Glucose	0.006	1.006	0.996 1.017		0.013	1.013	1.002 1.024	
AST	0.052	1.053	1.020 1.088		0.034	1.035	0.986 1.087	
ALT	0.027	1.027	1.010 1.045		0.041	1.042	1.003 1.082	
Triglyceride	0.006	1.006	1.004 1.008		0.006	1.006	1.000 1.011	
HDL-C	0.052	1.053	1.033 1.074		0.004	1.004	0.973 1.036	
LDL-C	0.003	1.003	0.997 1.010		0.011	1.011	0.998 1.023	
Constant	-8.386	0.000			-7.779	0.000		

[†]Normal=0, Abnormal=1

혈청 GGT 및 혈청 GGT 유병에 영향을 미치는 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인

혈청 생화학 검사항목을 독립변수로 하고 혈청 GGT를 종속변수로 하여 혈청 GGT에 영향을 미치는 혈청 생화학적 요인을 알아보기 위하여 다중로지스틱 회귀분석을 하였다 (남자 $r=0.344$, 여자 $r=0.156$). 남자의 경우 대사증후군 관련 혈청 생화학적 요인들 중 AST, ALT, 중성지방, HDL 콜레스테롤이 혈청 GGT에 유의한 영향을 미쳤으나 ($P<0.001$), 혈당과 LDL 콜레스테롤은 유의한 영향을 미치지 못했다. 여자에서는 ALT, HDL 콜레스테롤은 혈청 GGT에 유의한 영향을 미쳤으나 ($P<0.001$), 혈당, GOT, 중성지방, LDL 콜레스테롤에서 유의성이 없었다.

혈청 GGT의 유병에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 로지스틱 회귀분석한 결과 정상을 기준으로 했을 때 남자는 AST에서 혈청 GGT 유병의 비차비가 1.053 (95% CI (confidence interval) 1.02~1.088), ALT에서의 비차비가 1.027 (95% CI 0.010~1.045), HDL 콜레스테롤에서의 비차비가 1.053 (95% CI 1.033~1.074)로 남자는 대사

증후군 관련 혈청 생화학적 요인 중 AST, ALT, HDL 콜레스테롤에서 혈청 GGT의 유병에 대한 위험도가 높았으며, 여자에서도 정상을 기준으로 했을 때 AST에서 혈청 GGT 유병의 비차비가 1.035 (95% CI 0.986~1.087), ALT에서의 비차비가 1.042 (95% CI 1.003~1.082), LDL 콜레스테롤에서의 비차비가 1.011 (95% CI 0.998~1.023)로 여자는 AST, ALT, LDL 콜레스테롤에서 혈청 GGT의 유병에 대한 위험도가 높아 남녀 모두 AST와 ALT에서 혈청 GGT의 유병에 미치는 영향이 컸다 (Table 4 & 5).

고 찰

대사증후군과 관련된 혈청 생화학적 요인 중 대사증후군 진단기준 항목들을 중심으로 비교해 보면, 본 연구에서 혈당의 평균농도는 남자 94.7±18.6 mg/dL, 여자 91.4±18.6 mg/dL로 30세 이상 성인을 대상으로 한 2008년 국민영양조사에서의 결과 (남자 100.8 mg/dL, 여자 98.0 mg/dL)와 Lym 등 (2003)의 연구결과 (남자 101.5 mg/dL, 여자 94.7 mg/dL)보다 본 연구의 혈당 평균농도가 낮았

다. 중성지방은 운동, 체중, 어류섭취, 고당질식이 등에 영향을 받으며 주간보다 야간에 낮고 조식 전에 제일 낮아 (Gweon et al., 1996) 혈청농도의 변동폭과 평균농도의 표준편차가 크게 나타난다. 본 연구에서 중성지방의 평균농도는 남자 150.5±105.6 mg/dL, 여자 91.6±56.8 mg/dL로, 남자의 경우 Gweon 등 (1996)의 연구결과 (149±67.6 mg/dL)와 Seok and Shin (2006)의 결과 (149.9±95.5 mg/dL)와 본 연구결과는 일치하였고 Lym 등 (2003)의 연구결과 (155.8 mg/dL)와 비슷하였으나, 국민영양조사 (2008)의 결과 (161.4 mg/dL) 보다는 본 연구결과가 낮았다. 여자의 경우 국민영양조사 결과 (120.0 mg/dL)와 Lym 등 (2003)의 연구결과 (108.8 mg/dL)와 Gweon 등 (1996)의 연구결과 (133 mg/dL) 보다 본 연구의 결과가 낮았다. 본 연구의 HDL 콜레스테롤의 평균농도는 남자 54.6±11.9 mg/dL, 여자 60.7±12.9 mg/dL로 Lym 등 (2003)의 연구결과 (남자 49.4 mg/dL, 여자 56.9 mg/dL)와 Gweon 등 (1996)의 연구결과 (남자 50.3±3.3 mg/dL, 여자 50±4.3 mg/dL) 보다 본 연구의 HDL 콜레스테롤 평균농도가 높았다. 본 연구에서 혈청 생화학적 요인들의 평균농도가 대체적으로 낮게 조사된 것은 대상자의 연령이 생애전환기 40세 (1,239명)와 66세 (192명)의 연령의 제한과 조사대상자 수의 제한 및 단면연구에 따른 제한점에 기인한 것으로 사료된다.

혈청 GGT는 알코올 섭취의 정도나 간담도계질환을 나타내는 지표로 사용되고 있는 효소이나 많은 연구에서 혈청 GGT는 고혈압, 2형 당뇨, 뇌졸중, 내당성 장애 및 대사증후군과 강한 관련성이 있었으며 (Lee et al., 2003; Nakanishi et al., 2003; Mun, 2004; Lim et al., 2005), 대사증후군과 혈청 GGT와의 관련성도 많은 논문에서 (Rantala et al., 2000; Yokoyama et al., 2002) 보고하였다. 최근 미국의 Coronary Artery Risk Development in young Adults (CARDIA) 연구에서 혈청 GGT의 농도가 생체내에서 산화 스트레스의 표지자와 밀접하게 관련성이 있었다 (Lee et al., 2004; Lim et al., 2005).

대사증후군과 관련된 혈청 생화학적 요인과 혈청 GGT와의 관련성에 대한 연구가 거의 없어 비교하기는 어렵지만 본 연구에서 남자의 경우 LDL 콜레스테롤을 제외한 AST, ALT, 중성지방, HDL 콜레스테롤, 혈당에서 혈청 GGT와 유의성이 있었으며 혈당, 총콜레스테롤, 중성지방이 혈청 GGT와 유의한 관련성이 있었던 (Lim et al., 2005) 연구결과와 고령, 비만, 고혈압, 고중성지방혈증, 고지혈증, 고혈당, 고요산 등이 유의성이 있었던 (Cho et

al., 2007)의 연구결과와 비슷하였으나 HDL 콜레스테롤과 혈청 GGT는 관련성이 없어 본 연구와 다른 결과를 나타냈다. 여자의 경우 (Cho et al., 2007)의 연구에서는 고령, 비만, 고혈압, 고중성지방혈증, 고지혈증, 고혈당, 고요산 등이 혈청 GGT와 관련성이 있었으나 본 연구에서는 혈당과 중성지방에서 혈청 GGT와의 관련성에 유의성이 없었다. Mun (2005)의 연구에서 대사증후군 구성인자의 수가 많을수록 혈청 GGT의 유병률이 높아져 대사증후군은 혈청 GGT의 유병률의 위험도를 약 3.4배 상승시켜 대사증후군이 혈청 GGT에 영향을 미친다는 연구결과와 마찬가지로 본 연구에서도 대사증후군과 관련된 모든 혈청 생화학적 요인들이 혈청 GGT의 유병률에 대한 위험도가 높았으며 특히 남녀 모두 AST와 ALT에서 혈청 GGT의 유병률에 미치는 영향이 컸다

본 연구의 제한점으로 혈청 GGT에 영향을 줄 수 있는 약물 사용력이나 복부초음파상 지방간 등 간 이상소견 등에 대한 조사가 미흡한점이 있으나 생애전환기 자료를 이용하여 성인에서 증가하고 있는 대사증후군과 심혈관 질환을 예방하는 건강검진사업에 기초 자료를 제시하는데 의의가 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Cho YG, Song HJ, Chung HJ, Cho JJ, Paek YJ, Park KH, Byun JS. The Association between Gamma-glutamyltransferase and Metabolic Syndrome in Korean Male Workers. *Korean J Acad Fam Med.* 2007. 28: 45-50.
- Choi SM, Kim KY, Lee TY, Jung JG, Lee OK. Incidence and Related Factors of the Metabolic Syndrome. *Korean J Society of Health Promotion.* 2009. 26: 35-46.
- Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. 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 (Adults Treatment Panel III) *JAMA* 2001. 285: 2486-2497.
- Ford ES, Giles WH. A comparison of the prevalence of the metabolic syndrome using two proposed definitions. *Diabetes Care* 2003. 26: 575-581.
- Gweon S, Koo SM, Cho BK, Jeong ER, Weon S, Ryu JK, Lee BR, Chae SC, Jun JE, Park WH, Bae KS. Nomal Values of Serum Lipids in Healthy Adults by Sex and Age. *Korean J Medicine.* 1996. 50: 159-171.

- Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forse B, Lathi K, Nissen M, Taskinen MR, Groop L. Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2001. 24: 683-689.
- Kim JH. Prevalence and Related Factors of Metabolic Syndrome in Health Screening Participants. master's dissertation, 2009.
- Korea National Statistical Office; 2008, 4 (2) Korea National Health and Nutrition Examination Survey. 2009.
- Lee DH, Jacobs DR Jr., Gross M, Kiefe CI, Roseman J, Lewis CE, Steffes M. Gamma-glutamyltransferase is a predictor of incident diabetes and hypertension: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Study. *Clinical Chemistry* 2003. 49: 1358-1366.
- Lee MY, Weon CS, Ko CH, Lee BJ, Lee Y, Kim MJ, Shin YK, Chung CH. Relations between serum gamma-glutamyltransferase and prevalence of diabetes mellitus. *Korean J Medicine*. 2004. 67: 498-505.
- Lim JS, Kim YJ, Chun BY, Yang JH, Lee DH, Kam S. The Association between Serum GGT Level within Normal Range and Risk Factors of Cardiovascular Diseases. *Korean J Pre Medicine*. 2005. 38: 101-106.
- Lym YL, Hwang SW, Shim HJ, Oh EH, Chang YS, Cho BL. Prevalence and Risk Factors of the Metabolic Syndrome as Defined by NCEP-ATP III. *Korean J Acad Fam Med*. 2003. 24: 135-143.
- Mun JH. The risk factors of Metabolic syndrome and the association between Metabolic syndrome. doctoral dissertation, 2004.
- Nakanishi N, Nishina K, Li W, Sato M, Suzuki K, Tataru K. Serum gamma-glutamyltransferase and development of impaired fasting glucose or type 2 diabetes in middle-aged Japanese men. *Journal of Internal Medicine* 2003. 254: 287-295.
- Rantala AO, Lilja M, Kauma H, Savolainen MJ, Reunanen A, Kesaniemi YA. Gamma-glutamyl transpeptidase and the metabolic syndrome. *Journal of Internal Medicine* 2000. 248: 230-238.
- Reaven GM. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 1988. 37: 1595-1607.
- Seok SJ, Shin DM. Analysis of serum lipids of medical check-up subjects by age and sex, doctoral. *Korean J Clinical Laboratory Science*. 2006. 38: 105-110.
- Statistics Korea. 2008 Annual Report on the Cause of Death Statistics, 2009.
- WHO West Pacific Region. The Asia-Pacific Perspective: Redefining Obesity and its Treatment. IOTF. Feb. 2000.
- Yamamoto A, Temba H, Horibe H, Mabuchi H, Saito Y, Matsuzawa Y, Kita T, Nakamura H. Life style and cardiovascular risk factors in the Japanese population from an epidemiological survey on serum insulin levels in Japan 1990 part I; influence of life style and excess body weight on HDL-cholesterol and other lipid parameters in men. *J Atheroscler Thromb* 2003. 10: 165-175.
- Yokoyama H, Hirose H, Moriya S, Saito I. Significant correlation between insulin resistance and serum gamma-glutamyl transpeptidase (gamma-GTP) activity in non-drinkers. *Alcoholism* 2002. 26: 91-94.