

· 论 著 ·

血清 GGT 与中老年人群代谢综合征相关性分析

仲颖¹, 毕艳¹, 冯文焕¹, 周卫红², 王静²

1. 南京大学医学院附属鼓楼医院内分泌科, 江苏 南京 210008;
2. 南京大学医学院附属鼓楼医院健康管理中心, 江苏 南京 210008

摘要: 目的 探讨中老年人血清 γ -谷氨酰转肽酶 (GGT) 水平与代谢表型之间的关系, 旨在为该人群代谢综合征 (MS) 的临床预测提供新思路。**方法** 选取 2016 年 1 月至 12 月南京鼓楼医院体检中心体检的年龄 ≥ 40 岁中老年人 3 289 例, 男性和女性均按有无 MS 分为 MS 组和非 MS 组。采用 Spearman 相关和 Logistic 回归分析 MS 危险因素, ROC 曲线用于确定血清 GGT 预测 MS 最佳临界点。**结果** 研究总人群 MS 患病率为 31.8% (1 046/3 289), 其中男性为 35.5% (921/2 598), 女性为 18.1% (125/691)。男性和女性 MS 组血清 GGT 水平均显著高于非 MS 组 ($P < 0.01$)。在男性和女性中, 血清 GGT 与腰围、收缩压 (SBP)、舒张压 (DBP)、空腹血清葡萄糖 (FPG) 和甘油三酯 (TG) 均呈正相关 ($P < 0.01$), 与高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 呈负相关 ($P < 0.01$); 依据血清 GGT 水平由低到高的四分位数将中老年男性和女性各分成四组 (Q1 ~ Q4), 在校正年龄、体质指数 (BMI)、尿酸、肌酐、尿素氮、冠心病及非酒精性脂肪肝病史等混杂因素后, 血清 GGT 仍是 MS 的独立危险因素 [男性 Q4 组 MS 患病风险是 Q1 组 5.569 倍 (95% CI: 4.004 ~ 7.746), 女性 Q4 组 MS 患病风险是 Q1 组 3.117 倍 (95% CI: 1.322 ~ 7.350)]。男性血清 GGT 在 28.5 U/L 预测 MS 灵敏度为 74.4%, 特异度为 64.2%; 女性血清 GGT 在 20.5 U/L 预测 MS 灵敏度为 72.0%, 特异度为 62.0%。**结论** 中老年人血清 GGT 升高是 MS 发生危险因素, 其正常范围内的升高即已与 MS 患病增加相关, 尤其是女性。

关键词: 代谢综合征; γ -谷氨酰转肽酶; 中老年; 性别; 高血压; 高血糖; 血脂紊乱; 腹型肥胖

中图分类号: R 589.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2020)05-0611-05

Relationship between serum GGT and metabolic syndrome in middle-aged and elderly population

ZHONG Ying*, BI Yan, FENG Wen-huan, ZHOU Wei-hong, WANG Jing

* Department of Endocrinology, Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of

Nanjing University Medical School, Nanjing, Jiangsu 210008, China

Corresponding author: BI Yan, E-mail: biyan@nju.edu.cn

Abstract: Objective To investigate the relationship between serum gamma-glutamyltransferase (GGT) level and metabolic phenotypes in the middle-aged and elderly population with metabolic syndrome (MS) to develop a new clinical prediction.

Methods A total of 3 289 participants aged 40 years or older were selected from physical examinees between January 2016 to December 2016 and were divided into non-MS group and MS group (2 598 males and 691 females). Spearman correlation and logistic regression were used to analyze the risk factors of MS, and receiver operating characteristic (ROC) curve was used to determine the optimal critical point of serum GGT for predicting MS. **Results** The prevalence of MS was 31.8% (1 046/3 289) in the study population, 35.5% (921/2 598) in men and 18.1% (125/691) in women. The serum GGT level in MS group was significantly higher than that in non-MS group ($P < 0.01$). The serum GGT level was positively correlated with waist circumference, systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), serum levels of fasting plasma glucose (FPG), triglyceride (TG) ($P < 0.01$) and was negatively correlated with serum level of high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) ($P < 0.01$) in both males and females. According to the quartile of serum GGT level from low to high, male and female subjects were divided into four groups (Q1-Q4), respectively, and after adjusting age, body mass index (BMI), serum uric acid, creatinine, urea nitrogen, history of coronary heart disease and non-alcoholic

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2020.05.009

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (81770819); 国家重点研发计划 (2016YFC1304804); 江苏省重点研发专项资金项目 (BE2016606); 南京市医药卫生科研课题 (YKK18067)

通讯作者: 毕艳, E-mail: biyan@nju.edu.cn

fatty liver, serum GGT level remained as independent risk factor of MS. The risk of MS in Q4 group was 5.569 times of that in Q1 group (95% CI:4.004–7.746) in men and 3.117 times of that in Q1 group (95% CI:1.322–7.350) in women. The sensitivity and specificity of predicting MS were 74.4% and 64.2% when GGT cutoff value was 28.5 U/L in male; and that were 72.0% and 62.0% when GGT cutoff value was 20.5 U/L in female. **Conclusions** Increase of serum GGT is a risk factor for MS in middle-aged and old people, and elevated serum GGT even within its normal range is associated with the development of MS, especially in females.

Key words: Metabolic syndrome; Gamma-glutamyltranspeptidase; Middle-aged and elderly population; Gender; Hypertension; Hyperglycemia; Dyslipidemia; Abdominal obesity

Fund program: General Project of National Natural Science Foundation of China (81770819); National Key R & D Plan (2016YKC1304804); Key R & D Special Fund Project of Jiangsu Province (BE2016606); Nanjing Medical and Health Research Project (YKK18067)

代谢综合征(MS)是一系列增加心血管疾病发病和死亡风险的疾病^[1-2],包含高血压、高血糖、血脂紊乱和腹型肥胖。MS患病率逐年上升,已成为全球主要公共卫生问题^[3],早期识别MS有利于及时干预。长久以来,血清 γ -谷氨酰转氨酶(GGT)被认为是过度饮酒以及肝胆功能异常的血液学指标^[4],近年一些流行病学研究表明血清GGT水平与MS相关^[5-7],然而这些结果并不一致,尤其在中老年人群中相关研究较少。由于MS患病率随年龄增长而增加^[8],本研究旨在探讨中老年人群中血清GGT水平与MS之间关系。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2016年1月至12月在南京大学医学院附属鼓楼医院体检中心体检、年龄 ≥ 40 岁中老年人为研究对象。排除标准:(1)长期饮酒史(男性 ≥ 40 g/d,女性 ≥ 20 g/d)或2周内大量饮酒史(> 80 g/d);(2)有除脂肪肝外其他肝脏疾病或服用肝毒性药物病史;(3)既往有严重心肾功能不全、恶性肿瘤者;(4)个人基本信息及相关检查不完整者。最终3 289例符合标准的对象纳入研究(男性2 598例,女性691例)。

1.2 研究方法

1.2.1 一般情况调查 由体检中心的专业医务人员以面对面问卷调查的形式开展一般情况调查,包括患者一般情况、既往病史及个人史(如出生日期、用药史、吸烟史、饮酒史等)。

1.2.2 体格检查 空腹、排空大小便、脱鞋、单层衣裤测量身高及体重,体质指数(BMI)=体重(kg)/身高²(m²);腰围的测量:被测者站立,双脚分开25~30 cm,脱掉外衣,腹部放松呼气时,卷尺经腋窝中心第十二肋骨下缘和髂骨上缘连线的中点水平围长;血压的测量:静息状态下10~15 min后,采用标准水银血压测量2次右上臂血压并取平均值。

1.2.3 实验室及器械检查 肘前静脉抽取空腹8 h以上静脉血样,均送至南京鼓楼医院检验科检验:糖化血红蛋白(HbA1c,高效液相色谱法,Tosoh, HLC-73G8,日本),空腹血清葡萄糖(FPG)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、血清肌酐(Scr)、尿酸(UA)、尿素氮(BUN)、GGT、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)(全自动免疫分析仪,Abbott Laboratories,美国);空腹行腹部超声检查(荷兰飞利浦HD15彩色超声诊断仪),参照2010年中华医学会肝脏病学分会标准诊断脂肪肝^[9]。

1.2.4 MS诊断标准 采取2013年中华医学会糖尿病学分会修订的MS诊断标准^[10]:(1)腰围男性 ≥ 90 cm,女性 ≥ 85 cm;(2)空腹血糖 ≥ 6.1 mmol/L或糖负荷后2 h血糖 ≥ 7.8 mmol/L和(或)已确诊为糖尿病并治疗者;(3)血压 $\geq 130/85$ mm Hg及(或)已确诊为高血压并治疗者;(4)空腹血清TG ≥ 1.70 mmol/L;(5)空腹血清HDL-C < 1.04 mmol/L。符合上述三项或以上者即诊断MS。

1.3 统计学方法 所有数据均通过SPSS 22.0软件进行统计分析。变量均经K-S正态性检验,符合正态分布的计量资料采用独立样本 t 检验,用 $\bar{x} \pm s$ 表示;不符合正态分布的计量资料采用秩和检验,用中位数(上下四分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示。计数资料的比较采用 χ^2 检验。Spearman相关及非条件Logistic回归分析危险因素相关性。ROC曲线确定血清GGT预测MS的最佳临界点。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同代谢表型中老年男性和女性临床资料比较 本研究共纳入年龄 ≥ 40 岁中老年3 289例,其中男性2 598例(79.0%),女性691例(21.0%)。由于男性血清GGT(35.0 ± 23.6) U/L,高于女性($24.1 \pm$

17.0)U/L,差异有统计学意义($P < 0.05$),为避性性别差异对研究结果的影响,对不同性别分别研究。整体人群 MS 患病率为 31.8% (1 046/3 289),男性 35.5% (921/2 598),女性 18.1% (125/691)。男性 MS 组 BMI、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、腰围、FPG、HbA1c、ALT、AST、GGT、UA、TC、TG 及非酒精性脂肪肝(NAFLD)、高血压和糖尿病患病率高于非 MS 组($P < 0.01$),HDL-C 值低于非 MS 组,差异有统计学意义($P < 0.01$);男性 MS 组年龄、冠心病患病率、Scr、BUN、LDL-C 与非 MS 组差异无统计学意义($P > 0.05$)。女性 MS 组 BMI、SBP、DBP、腰围、FPG、HbA1c、ALT、AST、GGT、UA、BUN、TG 及 NAFLD、高血压、糖尿病和冠心病患病率高于非 MS 组($P < 0.01$),HDL-C 低于非 MS 组,差异有统计学意义($P < 0.01$);女性 MS 组年龄、Scr、TC、LDL-C 与非 MS 组差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 GGT 水平与 MS 组分的相关性 Spearman 相关性分析结果显示,不论是男性还是女性,GGT 与腰围、

SBP、DBP、FPG 和 TG 均呈正相关($P < 0.01$),与 HDL-C 呈负相关($P < 0.01$)。见表 2。

2.3 血清 GGT 水平与 MS 多因素 Logistic 回归分析

以是否存在 MS 为因变量,男性和女性研究人群分别根据血清 GGT 四分位数水平分成四个亚组(Q1 ~ Q4),校正年龄、BMI、UA、Scr、BUN、NAFLD 及冠心病病史,进行多因素 Logistic 回归,评估血清 GGT 水平与 MS 患病风险关系。发现不论是男性还是女性,MS 患病风险 OR 值均随血清 GGT 的升高而升高,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中男性 Q4 组 MS 患病

表 2 血清 GGT 与 MS 组分的 Spearman 相关性分析

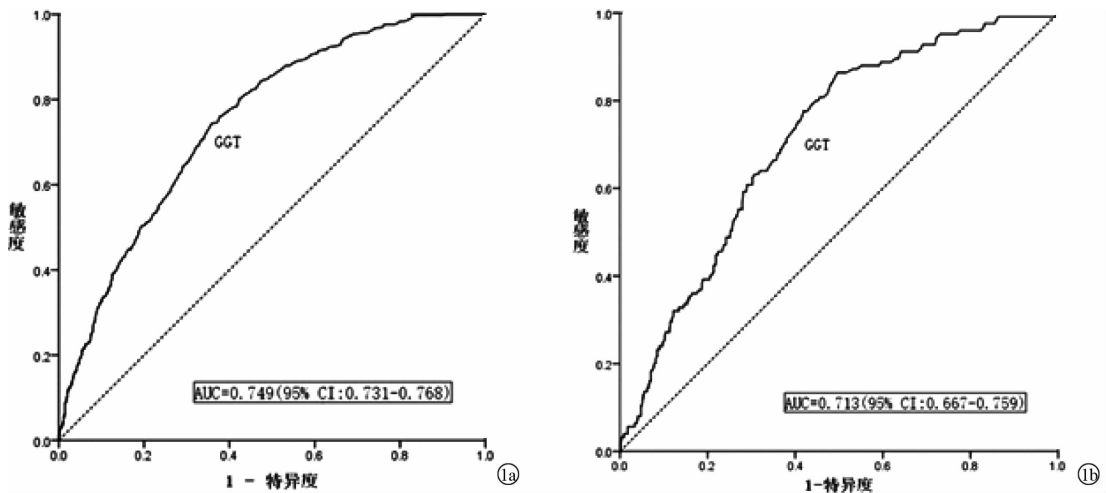
指标	男性		女性	
	r 值	P 值	r 值	P 值
腰围	0.405	0.000	0.300	0.000
SBP	0.129	0.000	0.309	0.000
DBP	0.245	0.000	0.244	0.000
FPG	0.261	0.000	0.304	0.000
TG	0.474	0.000	0.433	0.000
HDL-C	-0.259	0.000	-0.211	0.000

表 1 不同代谢表型中老年男性和女性临床资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	SBP(mm Hg)	DBP(mm Hg)	腰围(cm)	FPG(mmol/L)	HbA1c(%)
男性								
非 MS 组	1 677	58.1 ± 11.2	24.3 ± 2.5	128.3 ± 16.2	82.3 ± 10.5	84.7 ± 6.8	5.2 ± 0.9	5.6 ± 0.7
MS 组	921	57.5 ± 10.8	27.0 ± 2.5	136.8 ± 16.2	88.4 ± 10.7	93.0 ± 6.5	6.1 ± 1.7	6.1 ± 1.1
t 值		1.359	16.552	12.642	14.076	20.659	13.855	12.241
P 值		0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
女性								
非 MS 组	566	58.2 ± 11.3	23.0 ± 2.6	126.8 ± 18.1	76.9 ± 10.9	75.9 ± 6.6	5.0 ± 0.9	5.6 ± 0.6
MS 组	125	58.8 ± 11.5	26.2 ± 2.8	145.3 ± 14.5	83.4 ± 10.6	86.6 ± 7.5	6.3 ± 1.7	6.5 ± 1.2
t 值		0.504	11.565	10.679	6.124	14.651	12.308	11.460
P 值		0.615	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
组别	例数	ALT(U/L)	AST(U/L)	GGT(U/L)	TG(mmol/L)	TC(mmol/L)	HDL-C(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)
男性								
非 MS 组	1 677	23.2 ± 11.9	21.5 ± 6.3	29.3 ± 16.4	1.3 ± 0.6	4.9 ± 0.9	1.3 ± 0.3	2.7 ± 0.7
MS 组	921	30.9 ± 16.3	23.2 ± 7.5	45.5 ± 30.3	2.6 ± 1.9	5.0 ± 1.0	1.0 ± 0.2	2.7 ± 0.8
t 值		12.634	5.805	15.116	20.698	4.486	18.097	1.820
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069
女性								
非 MS 组	566	20.4 ± 12.0	21.5 ± 7.3	22.5 ± 14.9	1.2 ± 0.6	5.2 ± 0.9	1.5 ± 0.3	2.8 ± 0.7
MS 组	125	27.6 ± 19.3	23.1 ± 9.1	31.6 ± 23.0	2.3 ± 1.1	5.2 ± 1.0	1.2 ± 0.3	2.8 ± 0.8
t 值		5.391	2.167	5.577	14.904	0.176	11.066	0.560
P 值		0.000	0.031	0.000	0.000	0.860	0.000	0.576
组别	例数	UA(μmol/L)	Scr(μmol/L)	BUN(mmol/L)	NAFLD[例(%)]	高血压病史[例(%)]	糖尿病病史[例(%)]	冠心病病史[例(%)]
男性								
非 MS 组	1 677	363.4 ± 72.9	78.1 ± 17.4	5.6 ± 1.4	256(15.3)	480(28.6)	85(5.1)	81(4.8)
MS 组	921	398.9 ± 83.5	77.8 ± 20.4	5.7 ± 1.4	505(54.8)	473(51.4)	132(14.3)	41(4.5)
t/χ ² 值		10.839	0.407	1.224	140.355	132.297	66.647	0.190
P 值		0.000	0.684	0.221	0.000	0.000	0.000	0.663
女性								
非 MS 组	566	286.3 ± 62.8	57.9 ± 29.1	5.1 ± 1.3	60(10.6)	118(20.8)	17(3.0)	23(4.1)
MS 组	125	344.2 ± 78.4	59.4 ± 16.5	5.5 ± 1.6	57(45.6)	79(63.2)	37(29.6)	20(16.0)
t/χ ² 值		8.888	0.782	2.665	89.171	33.198	20.079	0.289
P 值		0.000	0.435	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3 中老年男性和女性血清 GGT 水平与 MS 患病风险关系

项目	Q1	Q2	Q3	Q4	P 值
男性 GGT 水平(U/L)	<21.6	21.6 ~ 28.2	28.3 ~ 39.4	≥39.5	
OR(95% CI)	1	1.931(1.384 ~ 2.695)	3.489(2.517 ~ 4.835)	5.569(4.004 ~ 7.746)	0.000
女性 GGT 水平(U/L)	<15.1	15.1 ~ 19.3	19.4 ~ 26.9	≥27.0	
OR(95% CI)	1	1.305(0.519 ~ 3.279)	3.139(1.335 ~ 7.383)	3.117(1.322 ~ 7.350)	0.005



注:1a:中老年男性血清 GGT 诊断 MS 的 ROC 曲线;1b:中老年女性血清 GGT 诊断 MS 的 ROC 曲线。

图 1 血清 GGT 诊断 MS 的 ROC 曲线

风险是 Q1 组 5.569 倍(95% CI:4.004 ~ 7.746),女性 Q4 组 MS 患病风险是 Q1 组 3.117 倍(95% CI:1.322 ~ 7.350)。见表 3。

2.4 血清 GGT 用于诊断 MS 的 ROC 曲线分析

ROC 曲线显示,中老年男性血清 GGT 区分 MS 最佳临界值为 28.5 U/L,灵敏度 74.4%,特异度 64.2%;中老年女性血清 GGT 最佳临界值为 20.5 U/L,灵敏度 72.0%,特异度 62.0%。见图 1。

3 讨论

随着经济发展,我国 MS 患病率显著升高,一项来自中国人群的荟萃研究结果显示,我国年龄 ≥15 岁人群 MS 患病率为 24.5%,在年龄 ≥40 岁时,中老年人群的患病率开始显著增加(15 ~ 39 岁:13.9%;40 ~ 59 岁:26.4%;≥60 岁:32.4%)^[11]。临床诊疗中,过度饮酒和肝胆功能异常可导致血清 GGT 水平升高。近年相关研究表明血清 GGT 与 MS 存在关联,血清 GGT 对 2 型糖尿病和 MS 的发生有预测意义。虽然 NAFLD 存在血清 GGT 升高可能,但 NAFLD 与促进 MS 发生的胰岛素抵抗相关^[12],因此本研究人群包含 NAFLD 人群。本研究男性血清 GGT 水平显著高于女性,笔者将血清 GGT 与 MS 相关性在男性和女性中分别研究。研究结果显示,不论是男性还是女性,血清 GGT 水平与 MS 各组分(WC、SBP、DBP、FPG、TG、HDL-C)均显著相关;虽然 NAFLD 可能影响血清 GGT 水平,但在校正 NAFLD

及年龄、BMI、UA、Scr、BUN、冠心病病史等混杂因素后,发现血清 GGT 仍是两组人群 MS 的独立危险因素,说明在排除 NAFLD 对血清 GGT 水平的影响后,血清 GGT 水平升高仍然预示 MS 发病风险增加。本研究提示,对于中老年男性,血清 GGT ≥39.5 U/L 者 MS 患病率是血清 GGT <21.6 U/L 者的 5.569 倍,中老年女性血清 GGT ≥27.0 U/L 者 MS 患病率是血清 GGT <15.1 U/L 者的 3.117 倍。

血清 GGT 如何影响 MS 尚不明确,一种解释是血清 GGT 水平变化可能与体内氧化应激反应密切相关^[13-15]。谷胱甘肽(GSH)是大多数细胞中主要抗氧化剂,GGT 与 GSH 细胞外分解代谢相关,在 GSH 稳态中起重要作用,同时 GGT 还在生理条件下直接参与活性氧(ROS)的产生,因此血清 GGT 表达增加可能提示体内细胞在营养过剩的代谢压力下,氧化应激反应增强。另外,血清 GGT 水平可作为肝脏胰岛素抵抗指标,其升高提示肝脏脂肪沉积增加^[16],导致肝脏及全身胰岛素信号通路受损,易于促发糖、脂等代谢紊乱^[17]。

本研究大部分研究对象血清 GGT 在正常范围,中老年男性血清 GGT ≥28.5 U/L 预测 MS 灵敏度为 74.4%,特异度为 64.2%,中老年女性血清 GGT ≥20.5 U/L 预测 MS 灵敏度为 72.0%,特异度为 62.0%。说明中老年人群正常范围内血清 GGT 水平的升高即已增加 MS 患病风险,这与既往研究结果相似,这些研究提示正常范围内血清 GGT 水平的升高,

可预测 2 型糖尿病、高血压、冠心病、中风等代谢异常疾病的发病风险及促进疾病进展^[18-19]。同时我们发现,相较于男性,中老年女性血清 GGT 更低水平的升高,MS 发病风险即已显著增加。

综上所述,中老年人群血清 GGT 在正常范围内的升高已预示 MS 发病风险增加,因此对于年龄 ≥ 40 岁的中老年人群,应在血清 GGT 升高及逐年升高人群中及时筛查 MS,特别是中老年女性人群。降低血清 GGT 治疗是否有助于减少中老年人 MS 发病风险,仍需治疗干预研究明确。

参考文献

- [1] Wilson PW, D'Agostino RB, Parise H, et al. Metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus[J]. *Circulation*, 2005, 112(20):3066-3072.
- [2] Sattar N, McConnachie A, Shaper AG, et al. Can metabolic syndrome usefully predict cardiovascular disease and diabetes? Outcome data from two prospective studies[J]. *Lancet*, 2008, 371(9628):1927-1935.
- [3] Ford ES, Li CY, McGuire LC, et al. Intake of dietary magnesium and the prevalence of the metabolic syndrome among US adults[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2007, 15(5):1139-1146.
- [4] Skinner HA, Holt S, Schuller R, et al. Identification of alcohol abuse using laboratory tests and a history of trauma[J]. *Ann Intern Med*, 1984, 101(6):847-851.
- [5] Nikniaz L, Nikniaz Z, Tabrizi JS, et al. Is within-normal range liver enzymes associated with metabolic syndrome in adults? [J]. *Clin Res Hepatol Gastroenterol*, 2018, 42(1):92-98.
- [6] Jo SK, Lee WY, Rhee EJ, et al. Serum Gamma-glutamyl transferase activity predicts future development of metabolic syndrome defined by 2 different criteria[J]. *Clin Chim Acta*, 2009, 403(1/2):234-240.
- [7] Franzini M, Scatagliani I, Ricchiuti A, et al. Association between plasma Gamma-glutamyltransferase fractions and metabolic syndrome among hypertensive patients[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):12003.
- [8] Choi HK, Ford ES, Li CY, et al. Prevalence of the metabolic syndrome in patients with gout: the third national health and nutrition examination survey[J]. *Arthritis Rheum*, 2007, 57(1):109-115.
- [9] 中华医学会肝脏病学分会脂肪肝和酒精性肝病学组. 非酒精性脂肪性肝病诊疗指南[J]. *中华内科杂志*, 2010, 49(3):275-278.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2013 年版)[J]. *中国糖尿病杂志*, 2014, 22(8):2-42.
- [11] Li R, Li WC, Lun ZJ, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Mainland China: a meta-analysis of published studies[J]. *BMC Public Health*, 2016, 16:296.
- [12] Gaggini M, Morelli M, Buzzigoli E, et al. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and its connection with insulin resistance, dyslipidemia, atherosclerosis and coronary heart disease[J]. *Nutrients*, 2013, 5(5):1544-1560.
- [13] Kugelman A, Choy HA, Liu R, et al. Gamma-Glutamyl transpeptidase is increased by oxidative stress in rat alveolar L2 epithelial cells[J]. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 1994, 11(5):586-592.
- [14] Oda K, Kikuchi E, Kuroda E, et al. Uric acid, ferritin and γ -glutamyltransferase can be informative in prediction of the oxidative stress[J]. *J Clin Biochem Nutr*, 2019, 64(2):124-128.
- [15] Lee DH, Blomhoff R, Jacobs DR Jr. Is serum Gamma glutamyltransferase a marker of oxidative stress? [J]. *Free Radic Res*, 2004, 38(6):535-539.
- [16] Doi Y, Kubo M, Yonemoto K, et al. Liver enzymes as a predictor for incident diabetes in a Japanese population; the Hisayama study[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2007, 15(7):1841-1850.
- [17] D'Adamo E, Cali AM, Weiss R, et al. Central role of fatty liver in the pathogenesis of insulin resistance in obese adolescents[J]. *Diabetes Care*, 2010, 33(8):1817-1822.
- [18] Goessling W, Massaro JM, Vasan RS, et al. Aminotransferase levels and 20-year risk of metabolic syndrome, diabetes, and cardiovascular disease[J]. *Gastroenterology*, 2008, 135(6):1935-1944.
- [19] Fraser A, Harris R, Sattar N, et al. Alanine aminotransferase, Gamma-glutamyltransferase, and incident diabetes; the British Women's Heart and Health Study and meta-analysis[J]. *Diabetes Care*, 2009, 32(4):741-750.

收稿日期:2019-12-24 修回日期:2020-01-22 编辑:王娜娜