

体质指数与 2 型糖尿病患者糖化白蛋白及糖化白蛋白与糖化血红蛋白比值的相关性研究

何兢¹, 周晓惠¹, 王广宇², 李连喜³

【摘要】 背景 糖化白蛋白(GA)及糖化白蛋白与糖化血红蛋白比值(GA/HbA_{1c})是反映血糖控制的临床新指标,明确两者与体质指数(BMI)的相关性有助于更加准确地评估血糖控制状况。目的 分析 BMI 与 2 型糖尿病(T2DM)患者 GA、GA/HbA_{1c} 的相关性。方法 选取 2017 年 11 月—2018 年 2 月合肥市第三人民医院内分泌科收治的 T2DM 患者 170 例,根据 BMI 分为超重肥胖组(BMI ≥ 25 kg/m², n=72)和非超重肥胖组(BMI < 25 kg/m², n=98)。比较两组患者实验室检验指标,包括总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、尿酸(SUA)、C 反应蛋白(CRP)、胰岛素抵抗指数(IR)、清蛋白、血红蛋白、促甲状腺激素(TSH)、空腹血糖(FBG)、2 h 血糖(2 h BG)、GA、糖化血红蛋白(HbA_{1c})及 GA/HbA_{1c}; BMI 与 T2DM 患者 GA、GA/HbA_{1c} 的关系分析采用 Pearson 相关分析/Spearman 秩相关分析及多元线性回归分析。结果 (1) 两组患者 TC、TG、LDL-C、CRP、清蛋白、血红蛋白、TSH、FBG 及 HbA_{1c} 比较,差异无统计学意义(P>0.05); 超重肥胖组患者 HDL-C、2 h BG、GA、GA/HbA_{1c} 低于非超重肥胖组, SUA 和 IR 高于非超重肥胖组(P<0.05)。(2) 相关性分析结果显示, GA 与 T2DM 患者 FBG、2 h BG、HbA_{1c} 呈正相关,与 BMI、SUA 呈负相关(P<0.05); 进一步行多元线性回归分析结果显示, GA 与 T2DM 患者 BMI ($\beta = -0.301$)、HbA_{1c} ($\beta = 2.881$) 独立相关(P<0.05)。(3) 相关性分析结果显示, GA/HbA_{1c} 与 T2DM 患者年龄、糖尿病病程呈正相关,与 BMI、TG、SUA、IR、血红蛋白呈负相关(P<0.05); 进一步行多元线性回归分析结果显示, GA/HbA_{1c} 与 T2DM 患者年龄 ($\beta = 0.100$)、BMI ($\beta = -0.036$) 独立相关(P<0.05)。结论 BMI 与 T2DM 患者 GA、GA/HbA_{1c} 呈负相关,因此采用 GA、GA/HbA_{1c} 评估 T2DM 患者血糖控制状况应考虑 BMI 的影响。

【关键词】 糖尿病, 2 型; 糖化白蛋白; 糖化血红蛋白; 体质指数; 血糖控制

【中图分类号】 R 587.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.06.011

何兢, 周晓惠, 王广宇, 等. 体质指数与 2 型糖尿病患者糖化白蛋白及糖化白蛋白与糖化血红蛋白比值的相关性研究 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27 (6): 48-52. [www.syxnf.net]

HE J, ZHOU X H, WANG G Y, et al. Correlations of body mass index with glycosylated albumin and ratio of glycosylated albumin to glycosylated hemoglobin in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27 (6): 48-52.

Correlations of Body Mass Index with Glycosylated Albumin and Ratio of Glycosylated Albumin to Glycosylated Hemoglobin in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus HE Jing¹, ZHOU Xiaohui¹, WANG Guangyu², LI Lianxi³

1. Department of Endocrinology, the Third People's Hospital of Hefei, Hefei 230022, China

2. Department of Endocrinology, the People's Hospital of Putuo District, Shanghai, Shanghai 200060, China

3. Department of Endocrinology and Metabolism, the Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: LI Lianxi, E-mail: lilx@sjtu.edu.cn

【Abstract】 **Background** Glycosylated albumin (GA) and ratio of glycosylated albumin to glycosylated hemoglobin (GA/HbA_{1c}) are new clinical indicators reflecting blood glucose control, clear correlations of body mass index (BMI) with the above two is helpful to evaluate blood glucose control more accurately. **Objective** To analyze the correlations of BMI with GA and GA/HbA_{1c} in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). **Methods** From November 2017 to February 2018, a total of 170 T2DM patients were selected in the Department of Endocrinology, the Third People's Hospital of Hefei, and they were

基金项目: 合肥市卫生计生委 2016 年应用医学研究项目 (hwk2016yb007)

1.230022 安徽省合肥市第三人民医院内分泌科 2.200060 上海市普陀区人民医院内分泌科 3.200233 上海市, 上海交通大学附属第六人民医院内分泌代谢科

通信作者: 李连喜, E-mail: lilx@sjtu.edu.cn

divided into overweight and obesity group (with BMI ≥ 25 kg/m², n=72) and non-overweight and obesity group (with BMI < 25 kg/m², n=98) according to BMI. Laboratory examination results including TC, TG, LDL-C, HDL-C, SUA, CRP, insulin resistance index (IR), albumin, hemoglobin, TSH, FBG, 2 h BG, GA, HbA_{1c} and GA/HbA_{1c} were compared between the two groups; correlations of BMI with GA and GA/HbA_{1c} in patients with T2DM were analyzed by Pearson correlation analysis/Spearman rank correlation analysis and multiple linear regression analysis. **Results** (1) There was no statistically significant difference in TC, TG, LDL-C, CRP, albumin, hemoglobin, TSH, FBG or HbA_{1c} between the two groups ($P>0.05$); HDL-C, 2 h BG, GA, GA/HbA_{1c} in overweight and obese group were statistically significantly lower than those in non-overweight and obese group, while SUA and IR in overweight and obese group was statistically significantly higher than that in non-overweight and obese group ($P<0.05$). (2) Correlation analysis results showed that, GA was positively correlated with FBG, 2 h BG and HbA_{1c} in patients with T2DM, respectively, but was negatively correlated with BMI and SUA, respectively ($P<0.05$); further multiple linear regression analysis results showed that, GA was independently correlated with BMI ($\beta=-0.301$) and HbA_{1c} ($\beta=2.881$) in patients with T2DM, respectively ($P<0.05$). (3) Correlation analysis results showed that, GA/HbA_{1c} was positively correlated with age and disease course in patients with T2DM, respectively, but was negatively correlated with BMI, TG, SUA, IR and hemoglobin, respectively ($P<0.05$); further multiple linear regression analysis results showed that, GA/HbA_{1c} was independently correlated with age ($\beta=0.100$) and BMI ($\beta=-0.036$) in patients with T2DM, respectively ($P<0.05$). **Conclusion** BMI is negatively associated with GA and GA/HbA_{1c} in patients with T2DM, respectively, therefore, influence of BMI should be taken into account in evaluating blood glucose control status in patients with T2DM by GA, GA/HbA_{1c}.

【Key words】 Diabetes mellitus, type 2; Glycated albumin; Glycated hemoglobin; Body mass index; Blood sugar control

肥胖是一种由多种因素引起的慢性代谢性疾病,近年来随着居民生活水平提高、饮食结构改变及体育锻炼缺乏,肥胖发病率呈大幅升高^[1],已引起人们关注。《2013年中国慢性病及其危险因素监测报告》显示,糖尿病患者中超重或肥胖者所占比例高达36.5%^[2]。与非肥胖糖尿病患者相比,肥胖糖尿病患者血糖控制效果差、并发症进展快,生活质量明显下降^[3]。因此,有效管理体质量有助于减缓糖尿病患者并发症发生,提高患者生活质量。血糖监测是糖尿病诊治工作的重要环节。目前,糖化血红蛋白(HbA_{1c})是国际公认的评估糖尿病患者长期血糖控制效果的“金标准”,其可反映近2~3个月血糖控制效果^[4]。糖化白蛋白(GA)是反映血糖控制新的临床指标,其 $t_{1/2}$ 仅为17 d,因此能反映近2~3周血糖控制效果,且不受红细胞转运影响。近年研究发现,GA与餐后血糖有关,糖化白蛋白与糖化血红蛋白比值(GA/HbA_{1c})升高可作为餐后高血糖或血糖漂移的参考指标^[5-6],且两者均可能与体质指数(BMI)有关^[7]。本研究旨在分析BMI与2型糖尿病(T2DM)患者GA、GA/HbA_{1c}的相关性,为GA、GA/HbA_{1c}作为血糖监测指标提供一定参考依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2017年11月—2018年2月合肥市第三人民医院内分泌科收治的T2DM患者170例,均符合《2010年ADA糖尿病诊疗指南》^[8]中T2DM的诊断标准。排除标准:(1)严格控制饮食者;(2)并发糖尿病酮症酸中毒、高渗性昏迷者;(3)伴有肝肾

功能不全、清蛋白代谢异常者;(4)合并急性感染、肿瘤、甲状腺功能亢进或减退、严重心血管疾病者;(5)妊娠期妇女。根据BMI将所有患者分为超重肥胖组(BMI ≥ 25 kg/m², n=72)和非超重肥胖组(BMI < 25 kg/m², n=98)^[9]。两组患者性别、年龄、糖尿病病程、吸烟率、收缩压及舒张压比较,差异无统计学意义($P>0.05$,见表1),具有可比性。本研究经合肥市第三人民医院医学伦理委员会审核批准,所有患者对本研究知情同意。

表1 两组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general information between the two groups

组别	例数	性别 (男/女)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	糖尿病病程 ($\bar{x} \pm s$, 年)	吸烟 [n(%)]	收缩压 ($\bar{x} \pm s$, mm Hg)	舒张压 ($\bar{x} \pm s$, mm Hg)
非超重肥胖组	98	50/48	58 ± 13	12 ± 7	27 (27.6)	124 ± 17	76 ± 10
超重肥胖组	72	49/23	56 ± 12	11 ± 7	22 (30.6)	128 ± 18	78 ± 10
$t(\chi^2)$ 值		4.952 ^a	0.743	1.149	0.183 ^a	-1.497	-1.146
P值		0.056	0.459	0.252	0.699	0.136	0.253

注:^a为 χ^2 值;1 mm Hg=0.133 kPa

1.2 实验室检查指标 抽取两组患者空腹8 h后静脉血2 ml, 3 500 × g离心5 min, 留取血浆;采用酶法检测总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、尿酸(SUA)及C反应蛋白(CRP),所用仪器为SIEMENS自动生化分析仪(型号:ADVIA2400);考

虑部分住院患者使用胰岛素，故采用 C 肽计算胰岛素抵抗指数 (IR)；采用溴甲酚绿比色法检测清蛋白，采用比色法检测血红蛋白；采用化学发光法检测促甲状腺激素 (TSH)；采用氧化酶法检测空腹血糖 (FBG)、2 h 血糖 (2 h BG)；采用液态酶法检测 GA，采用高效液相色谱法 (HPLC) 检测 HbA_{1c}，并计算 GA/HbA_{1c}。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 23.0 软件学软件进行数据处理，采用 Kolmogorov-Smirnov 检验法进行正态性检验，符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示，组间比较采用两独立样本 *t* 检验；计数资料分析采用 χ^2 检验；GA、GA/HbA_{1c} 相关因素分析采用 Pearson 相关分析 / Spearman 秩相关分析及多元线性回归分析，自变量入选采用向前法。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 实验室检查指标 两组患者 TC、TG、LDL-C、CRP、清蛋白、血红蛋白、TSH、FBG 及 HbA_{1c} 比较，差异无统计学意义 ($P > 0.05$)；超重肥胖组患者 HDL-C、2 h BG、GA、GA/HbA_{1c} 低于非超重肥胖组，SUA 和 IR 高于非超重肥胖组，差异有统计学意义 ($P < 0.05$ ，见表 2)。

2.2 GA 相关因素 相关性分析结果显示，GA 与 T2DM 患者 FBG、2 h BG、HbA_{1c} 呈正相关，与 BMI、SUA 呈负相关 ($P < 0.05$ ，见表 3)；将表 3 中有统计学差异的指标及年龄、糖尿病病程、收缩压、舒张压、TC、TG、清蛋白作为自变量，将 GA 作为因变量进行多元线性回归分析，结果显示，GA 与 T2DM 患者 BMI、HbA_{1c} 独立相关 ($P < 0.05$ ，见表 4)。

2.3 GA/HbA_{1c} 相关因素 相关性分析结果显示，GA/

HbA_{1c} 与 T2DM 患者年龄、糖尿病病程呈正相关，与 BMI、TG、SUA、IR、血红蛋白呈负相关 ($P < 0.05$ ，见表 5)；将表 5 中有统计学差异的指标及清蛋白作为自变量，将 GA/HbA_{1c} 作为因变量进行多元线性回归分析，结果显示，GA/HbA_{1c} 与 T2DM 患者年龄、BMI 独立相关 ($P < 0.05$ ，见表 6)。

表 3 GA 相关因素的 Pearson 相关分析 /Spearman 秩相关分析
Table 3 Pearson correlation/Spearman rank correlation analysis on related factors of GA

变量	<i>r</i> (<i>r_s</i>) 值	<i>P</i> 值	变量	<i>r</i> (<i>r_s</i>) 值	<i>P</i> 值
性别	0.110 ^a	0.372	HDL-C	-0.107	0.390
年龄	-0.056	0.478	SUA	-0.173	0.027
糖尿病病程	0.008	0.923	CRP	0.166	0.187
吸烟	1.058 ^a	0.294	IR	-0.117	0.341
收缩压	-0.064	0.414	清蛋白	0.132	0.283
舒张压	-0.036	0.652	血红蛋白	0.034	0.785
BMI	-0.203	0.009	TSH	0.033	0.790
TC	-0.059	0.637	FBG	0.434	<0.01
TG	-0.012	0.923	2 h BG	0.373	<0.01
LDL-C	0.064	0.608	HbA _{1c}	0.884	<0.01

注：BMI= 体质指数；^a 为 *r_s* 值

表 4 GA 相关因素的多元线性回归分析
Table 4 Multiple linear regression analysis on related factors of GA

变量	β	SE	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
BMI	-0.301	0.072	-4.177	<0.01
HbA _{1c}	2.881	0.115	0.875	<0.01

表 2 两组患者实验室检查指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of laboratory examination results between the two groups

组别	例数	TC (mmol/L)	TG (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	SUA (μmol/L)	CRP (mg/L)	IR
非超重肥胖组	98	4.75 ± 1.52	2.34 ± 3.64	3.36 ± 8.47	1.08 ± 0.47	309 ± 86	2.99 ± 4.49	2.0 ± 1.2
超重肥胖组	72	4.71 ± 1.23	2.59 ± 2.78	2.60 ± 0.86	0.94 ± 0.20	340 ± 92	3.04 ± 5.78	2.7 ± 1.3
<i>t</i> 值		-0.065	-0.488	0.761	2.316	-2.259	-0.036	-2.130
<i>P</i> 值		0.949	0.626	0.448	0.022	0.025	0.971	0.037

组别	清蛋白 (g/L)	血红蛋白 (g/L)	TSH (mIU/L)	FBG (mmol/L)	2 h BG (mmol/L)	GA (%)	HbA _{1c} (%)	GA/HbA _{1c}
非超重肥胖组	46 ± 6	143 ± 19	2.10 ± 1.63	10.48 ± 3.64	16.30 ± 5.64	23.7 ± 7.0	8.8 ± 2.2	2.68 ± 0.36
超重肥胖组	45 ± 5	148 ± 15	1.98 ± 0.98	8.98 ± 3.46	13.62 ± 4.85	21.1 ± 7.0	8.3 ± 1.8	2.48 ± 0.37
<i>t</i> 值	0.817	-1.373	0.555	1.739	2.073	2.343	1.545	3.941
<i>P</i> 值	0.417	0.174	0.580	0.087	0.042	0.007	0.124	0.001

注：TC= 总胆固醇，TG= 三酰甘油，LDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇，HDL-C= 高密度脂蛋白胆固醇，SUA= 尿酸，CRP=C 反应蛋白，IR= 胰岛素抵抗指数，TSH= 促甲状腺激素，FBG= 空腹血糖，2 h BG=2 h 血糖，GA= 糖化白蛋白，HbA_{1c}= 糖化血红蛋白，GA/HbA_{1c}= 糖化白蛋白与糖化血红蛋白比值

表5 GA/HbA_{1c} 相关因素的 Pearson 相关分析/Spearman 秩相关分析
 Table 5 Pearson correlation/Spearman rank correlation analysis on related factors of GA/HbA_{1c}

变量	r (r_s) 值	P 值	变量	r (r_s) 值	P 值
性别	0.195 ^a	0.112	HDL-C	0.071	0.569
年龄	0.176	0.024	SUA	-0.209	0.007
糖尿病病程	0.173	0.027	CRP	-0.103	0.417
吸烟	0.459 ^a	0.648	IR	-0.273	0.025
收缩压	-0.022	0.779	清蛋白	0.157	0.200
舒张压	-0.090	0.253	血红蛋白	-0.247	0.043
BMI	-0.318	<0.01	TSH	-0.208	0.090
TC	-0.159	0.198	FBG	0.057	0.471
TG	-0.331	0.006	2 h BG	0.121	0.131
LDL-C	0.045	0.716			

注: ^a 为 r_s 值

表6 GA/HbA_{1c} 相关因素的多线性回归分析

Table 6 Multiple linear regression analysis on related factors of GA/HbA_{1c}

变量	β	SE	t 值	P 值
年龄	0.100	0.045	2.215	0.028
BMI	-0.036	0.008	-4.231	<0.01

3 讨论

糖尿病是一组以慢性高血糖为特征的代谢性疾病, 良好的血糖控制可延缓糖尿病急、慢性并发症发生发展。目前, HbA_{1c} 是评价糖尿病长期血糖控制效果的“金标准”, 但其存在“延迟效应”, 此外还受血红蛋白相关疾病的影响, 因此其评价伴有血红蛋白相关疾病的糖尿病患者长期血糖控制状况并不很理想。

GA 是反映血糖控制状况新的临床指标, 能反映近 2~3 周血糖控制效果。《中国血糖监测临床应用指南 (2015 版)》已将 GA 列为血糖监测指标之一, 尤其是评估短期住院、初发糖尿病、伴有应激状态及血糖波动较大的糖尿病患者具有明显优势, 在血糖监测体系中甚至可以作为 HbA_{1c} 的有效补充^[10]。既往研究表明, 无论是 1 型糖尿病还是 T2DM, 血清 GA 水平均较 HbA_{1c} 能更好地反映患者血糖波动^[11-12]。因此, 在 HbA_{1c} 评估结果不准确或血糖波动大、餐后血糖控制效果差的糖尿病患者中, GA 可作为评估血糖控制状况的有效指标^[13]。1 型糖尿病患者 GA/HbA_{1c} 为 3.3~3.5, T2DM 患者为 2.7~3.0^[14]; 本研究结果显示, 非超重肥胖组患者 GA/HbA_{1c} 为 (2.68 ± 0.36), 超重肥胖组患者为 (2.48 ± 0.37), 与上述研究结果相一致。KIM 等^[15] 研究表明, GA/HbA_{1c} 与餐后血糖的相关性强于与 FBG 的相关性, 推测 GA/HbA_{1c} 可弥补指尖血糖监测及 HbA_{1c} 的不足, 有利于全面评价血糖控制状况。

近年研究表明, GA 与年龄、BMI、吸烟史、甲状

腺激素水平、清蛋白及尿酸水平有关^[16]。国外研究表明, 非糖尿病肥胖儿童^[17] 和肥胖 T2DM 患者^[18-19] GA 水平均较低。HE 等^[7] 通过调查我国 1 223 例社区 T2DM 患者及 1 339 名非糖尿病者发现, BMI 与 GA、GA/HbA_{1c} 呈负相关, 且 BMI 每增加 1 kg/m² 则 GA 绝对值降低约 13%。KOGA 等^[20] 通过分析日本 179 例使用降糖药物的 T2DM 患者发现, BMI 与 T2DM 患者 GA 呈负相关。上述研究均提示 BMI 对 GA 及 GA/HbA_{1c} 的影响可能与用药及血糖无关。我国近期一项纳入 953 例受试者的多中心研究结果显示, GA/HbA_{1c} 与餐后 30 min 血糖和 BMI 有关, 提示 GA/HbA_{1c} 可作为餐后血糖波动的参考指标^[21], 与国外研究显示的血糖波动与 GA/HbA_{1c} 相关一致^[5]。本研究结果显示, BMI 与 T2DM 患者 GA、GA/HbA_{1c} 呈负相关, 提示采用 GA、GA/HbA_{1c} 评估 T2DM 患者血糖控制状况应考虑 BMI 的影响。

GA 与 T2DM 患者 BMI 相关的具体机制尚未完全明确, 可能如下: (1) 慢性炎症机制: 非糖尿病患者 GA 与 BMI 呈负相关的机制与慢性炎症状态下相关清蛋白分解代谢增加有关^[22], 但慢性炎症机制是否同样适用于糖尿病患者尚不清楚。(2) 肥胖对清蛋白的影响: 既往研究表明, 肥胖者较非肥胖者清蛋白水平降低^[23], 而 GA 是血中葡萄糖与血浆蛋白 (约 70% 为清蛋白) 发生非酶促反应的产物, 这可能解释肥胖糖尿病患者 GA 水平较低的部分原因。但本研究结果显示, 两组患者清蛋白间无统计学差异。(3) 胰岛素分泌影响: 随着 BMI 增加胰岛素抵抗随之增强, 而胰岛素抵抗又造成胰岛 β 细胞代偿性增大、胰岛素分泌增加, 继而通过降低餐后高血糖和 / 或减少血糖波动而降低 GA 水平^[20]。同时, 国外动态血糖监测发现, 血糖波动指标、餐后血糖与 GA、GA/HbA_{1c} 呈负相关^[5-6, 24]。BMI 与 GA/HbA_{1c} 之间的机制亦未明确。YOSHIFUMI 等^[11] 研究表明, 胰岛 β 细胞功能与 GA/HbA_{1c} 呈负相关; 本研究结果显示, BMI 和年龄是影响 GA/HbA_{1c} 的独立危险因素, 这是否意味着肥胖和衰老均影响血糖波动? HUH 等^[24] 结果表明, BMI 可直接影响糖耐量正常患者 GA/HbA_{1c}, 但其是通过胰岛素抵抗机制或调节胰岛素分泌而影响糖尿病前期和 T2DM 患者 GA/HbA_{1c}。

综上所述, BMI 与 T2DM 患者 GA、GA/HbA_{1c} 呈负相关, 因此采用 GA、GA/HbA_{1c} 评估 T2DM 患者血糖控制状况应考虑 BMI 的影响。但本研究样本量较小, 且为横断面研究, 尚不能明确 BMI 与 T2DM 患者 GA、GA/HbA_{1c} 的因果关系, 有待进一步研究证实。

作者贡献: 何兢、李连喜进行文章的构思与设计; 王广宇进行研究的实施与可行性分析; 何兢、周晓惠进行数据收集、整理、分析; 何兢进行结果分析与解释; 何兢、周晓惠、王广宇负责撰写论文; 李连喜负责文章

的质量控制及审校;何兢、周晓惠、王广宇、李连喜对文章整体负责,监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] MA R C, LIN X, JIA W. Causes of type 2 diabetes in China [J] . *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2014, 2 (12) : 980-991. DOI: 10.1016/S2213-8587 (14) 70145-7.
- [2] WANG L, GAO P, ZHANG M, et al. Prevalence and ethnic pattern of diabetes and prediabetes in China in 2013 [J] . *JAMA*, 2017, 317 (24) : 2515-2523. DOI: 10.1001/jama.2017.7596.
- [3] SCHEEN A J, VAN GAAL L F. Combating the dual burden: therapeutic targeting of common pathways in obesity and type 2 diabetes [J] . *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2014, 2 (11) : 911-922. DOI: 10.1016/S2213-8587 (14) 70004-X.
- [4] American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care* [J] . *Diabetes Care*, 2004, 27 (Suppl 1) : S15-35. DOI: 10.2337/diacare.27.2007.s15.
- [5] OGAWA A, HAYASHI A, KISHIHARA E, et al. New indices for predicting glycaemic variability [J] . *PLoS One*, 2012, 7 (9) : e46517. DOI: 10.1371/journal.pone.0046517.
- [6] SAISHO Y, TANAKA K, ABE T, et al. Glycated albumin to glycated hemoglobin ratio reflects postprandial glucose excursion and relates to beta cell function in both type 1 and type 2 diabetes [J] . *Diabetol Int*, 2011, 2 (3) : 146-153. DOI: 10.1007/s13340-011-0035-x.
- [7] HE X, MO Y, MA X J, et al. Associations of body mass index with glycated albumin and glycated albumin/glycated hemoglobin A1c ratio in Chinese diabetic and non-diabetic populations [J] . *Clin Chim Acta*, 2018, 484: 117-121. DOI: 10.1016/j.cca.2018.05.044.
- [8] American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes—2010 [J] . *Diabetes Care*, 2010, 33 (Suppl 1) : S11-61.
- [9] Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation [J] . *World Health Organ Tech Rep Ser*, 2000, 894: i-xii, 1-253.
- [10] 巴建明, 窦京涛, 张小群, 等. 2型糖尿病患者液态酶法测定糖化血清白蛋白的临床观察 [J] . *中华医学杂志*, 2009, 89 (22) : 1570-1572. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2009.22.019.
- [11] YOSHIUCHI K, MATSUHISA M, KATAKAMI N, et al. Glycated albumin is a better indicator for glucose excursion than glycated hemoglobin in type 1 and type 2 diabetes [J] . *Endocr J*, 2008, 55 (3) : 503-507.
- [12] KOGA M. Glycated albumin; clinical usefulness [J] . *Clin Chim Acta*, 2014, 433: 96-104. DOI: 10.1016/j.cca.2014.03.001.
- [13] LEE E Y, LEE B W, KIM D, et al. Glycated albumin is a useful glycation index for monitoring fluctuating and poorly controlled type 2 diabetic patients [J] . *Acta Diabetol*, 2011, 48 (2) : 167-172. DOI: 10.1007/s00592-010-0242-0.
- [14] SUZUKI K, YAGI K, OKA R, et al. Relationships of serum haptoglobin concentration with HbA_{1c} and glycated albumin concentrations in Japanese type 2 diabetic patients [J] . *Clin Chem Lab Med*, 2009, 47 (1) : 70-74. DOI: 10.1515/CCLM.2009.022.
- [15] KIM D, KIM K J, HUH J H, et al. The ratio of glycated albumin to glycated haemoglobin correlates with insulin secretory function [J] . *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2012, 77 (5) : 679-683. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2011.04312.x.
- [16] 唐菲菲, 陈莉丽. 糖化白蛋白的影响因素及应用 [J] . *国际内分泌代谢杂志*, 2013, 33 (6) : 398-401. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4157.2013.06.012.
- [17] NISHIMURA R, KANDA A, SANO H, et al. Glycated albumin is low in obese, non-diabetic children [J] . *Diabetes Res Clin Pract*, 2006, 71 (3) : 334-338. DOI: 10.1016/j.diabres.2005.07.008.
- [18] KOGA M, MATSUMOTO S, SAITO H, et al. Body mass index negatively influences glycated albumin, but not glycated hemoglobin, in diabetic patients [J] . *Endocr J*, 2006, 53 (3) : 387-391.
- [19] MIYASHITA Y, NISHIMURA R, MORIMOTO A, et al. Glycated albumin is low in obese, type 2 diabetic patients [J] . *Diabetes Res Clin Pract*, 2007, 78 (1) : 51-55. DOI: 10.1016/j.diabres.2007.02.021.
- [20] KOGA M, HIRATA T, KASAYAMA S, et al. Body mass index negatively regulates glycated albumin through insulin secretion in patients with type 2 diabetes mellitus [J] . *Clin Chim Acta*, 2015, 438: 19-23. DOI: 10.1016/j.cca.2014.07.035.
- [21] MO Y, MA X, LI H, et al. Relationship between glycated albumin and glycated hemoglobin according to glucose tolerance status: A multicenter study [J] . *Diabetes Res Clin Pract*, 2016, 115: 17-23. DOI: 10.1016/j.diabres.2016.03.003.
- [22] KOGA M, OTSUKI M, MATSUMOTO S, et al. Negative association of obesity and its related chronic inflammation with serum glycated albumin but not glycated hemoglobin levels [J] . *Clin Chim Acta*, 2007, 378 (1/2) : 48-52. DOI: 10.1016/j.cca.2006.10.013.
- [23] SALAS-SALVADÓ J, BULLÓ M, GARCÍA-LORDA P, et al. Subcutaneous adipose tissue cytokine production is not responsible for the restoration of systemic inflammation markers during weight loss [J] . *Int J Obes (Lond)*, 2006, 30 (12) : 1714-1720. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803348.
- [24] HUH J H, KIM K J, LEE B W, et al. The relationship between BMI and glycated albumin to glycated hemoglobin (GA/A1c) ratio according to glucose tolerance status [J] . *PLoS One*, 2014, 9 (2) : e89478. DOI: 10.1371/journal.pone.0089478.

(收稿日期: 2019-01-26; 修回日期: 2019-05-12)

(本文编辑: 谢武英)