

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2023.05.020

❖ 临床研究 ❖

动态血糖监测的准确性及血糖波动与低血糖的关系

李梓¹, 李丹丹²

(蚌埠市第一人民医院, 1. 内分泌科; 2. 全科医学科, 安徽 蚌埠 233000)

【摘要】目的: 探究动态血糖监测的准确性及血糖波动与低血糖的关系。**方法:** 选取 91 例糖尿病患者作为研究对象, 所有患者佩戴 5 d 动态血糖监测系统 (CGMS) 测定各个时段的血糖水平。使用 Bland-Altman 分析评估动态血糖监测在各个时段监测血糖的准确性。应用 Logistic 回归分析确定影响患者发生低血糖的危险因素, 并绘制 ROC 曲线评价血糖波动对糖尿病患者发生低血糖的预测价值。**结果:** 动态血糖监测空腹时段、餐后时段、平均水平的偏倚值及一致限度分别为 0.219 (-4.297 ~ 3.860)、0.189 (-4.919 ~ 5.296)、0.283 (-7.285 ~ 7.851)。高血糖标准差 (SDBG)、平均血糖值 (MBG)、糖化血红蛋白 (GHb) 水平是影响糖尿病患者并发低血糖的危险因素 ($P < 0.05$)。SDBG 预测糖尿病患者发生低血糖的敏感度、特异度、约登指数分别为 91.43%、80.00%、0.714。**结论:** CGMS 可较为准确的反映糖尿病患者的血糖变化, SDBG 是患者发生低血糖的危险因素。

【关键词】 动态血糖监测; 血糖波动; 准确性; 关联性

【中图分类号】 R587.1 **【文献标志码】** A

Accuracy of continuous blood glucose monitoring and the relationship between blood glucose fluctuations and hypoglycemia

LI Zi¹, LI Dan-dan²

(1. Department of Endocrinology; 2. Department of General Medicine, Bengbu First People's Hospital, Bengbu 233000, Anhui, China)

【Abstract】 Objective: To explore the accuracy of continuous blood glucose monitoring and the relationship between blood glucose fluctuations and hypoglycemia. **Methods:** A total of 91 diabetic patients were selected as the research subjects, and all patients were equipped with a 5 d continuous blood glucose monitoring system (CGMS) to measure the blood glucose levels in various periods. Bland-Altman analysis was used to evaluate the accuracy of continuous blood glucose monitoring in monitoring blood glucose in each time period. Logistic regression analysis were used to identify the risk factors affecting the occurrence of hypoglycemia, and the ROC curve was used to evaluate the predictive value of blood glucose fluctuations for hypoglycemia in diabetic patients. **Results:** The bias value and agreement limit of the fasting period, postprandial period, and average level of continuous blood glucose monitoring were 0.219 (-4.297 ~ 3.860), 0.189 (-4.919 ~ 5.296), 0.283 (-7.285 ~ 7.851). High standard deviation of blood glucose (SDBG), mean blood glucose (MBG) and glycosylated hemoglobin (GHb) level were risk factors for patients with diabetes complicated with hypoglycemia ($P < 0.05$). The sensitivity, specificity and Youden index of SDBG in predicting hypoglycemia in diabetic patients were 91.43%, 80.00%, and 0.714, respectively. **Conclusion:** The accuracy of continuous blood glucose monitoring is considerable, and CGMS can more accurately reflect the blood sugar changes in diabetes.

【Key words】 Continuous blood glucose testing; Blood sugar fluctuations; Accuracy; Relevance

糖尿病患者由于长时间处于高糖状态, 全身微血管可发生不同程度的病变, 并且易并发各种急、慢性并发症, 如酮症酸中毒、低血糖等, 威胁患者生命安全^[1-2]。研究^[3]发现, 良好的血糖控制可有效延缓或减轻微血管并发症的发生、发展。然而, 循证医学研究^[4]证实, 血糖控制过度 (降糖药物或胰岛素使用过多等), 会导致患者血糖波动幅度增大, 并引发严重心、脑血管问题。血糖波动指血糖水平在峰

值和谷值之间震荡的非稳定状态, 目前临床对于血糖波动的安全范围: 血糖标准差 (blood sugar standard deviation, SDBG) < 2.0 mmol/L, SDBG 值越高, 提示血糖波动越大, 但目前关于血糖幅度与糖尿病低血糖的相关性研究较少。基于此, 本研究欲探讨动态血糖监测 (continuous blood glucose monitoring system, CGMS) 的准确性, 并评估血糖波动与低血糖发生风险的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2022 年 1 月蚌埠市第一人民医院收治的 91 例糖尿病患者作为研究对象。纳入标准:(1)符合《1999 年 WHO 糖尿病诊断标准》^[5],并能完全配合至研究结束者;(2)家属支持,并在相关协议书上签字者。排除标准:(1)体质量指数 (BMI) < 18 kg/m² 或明显无脂肪层的患者;(2)油脂性皮炎致无法固定胶布者;(3)心肝肾功能不全者;(4)合并酮症酸中毒、高血糖高渗等急性并发症。本研究经医院伦理委员会批准实施。研究对象中,1 型糖尿病 2 例,2 型糖尿病 89 例;男性 46 例,女性 45 例;年龄 (59.36 ± 12.57) 岁, BMI (25.09 ± 3.36) kg/m², 糖化血红蛋白 (glycated hemoglobin, GHb) (9.35 ± 2.15)%。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 包括性别、身高、年龄、体重、BMI、病程、GHb、空腹血糖 (fasting plasma glucose, FPG)、餐后 2 h 血糖 (2 h postprandial plasma glucose, 2 h PG)、低密度脂蛋白 (LDL)、高密度脂蛋白 (HDL)、空腹 C 肽、平均血糖值 (average blood sugar, MBG)、SDBG 及降糖药物的使用次数 (胰岛素、磺脲类 OAD、非磺脲类 OAD)、合并症等。

1.2.2 动态血糖监测 所有患者均佩戴 5 d 动态血糖监测仪 (雅培医疗用品, 辅理善瞬感系统)、血糖仪 (雅培医疗用品, 辅理善系统), 统计三餐前、睡前及三餐后 2 h 共 7 次血糖值 [参考值分别为: 空腹时段 (7.85 ± 1.67) mmol/L、餐后时段 (11.52 ± 2.34) mmol/L、平均水平 (10.26 ± 2.54) mmol/L], 并同时指尖血糖监测, 连续监测 5 d。CGMS 每 15 min 收集一个数据, 由 CGMS 自动计算 MBG 和

SDBG。使用 Bland-Altman 分析评 CGMS 不同时段血糖水平与毛细血管血糖水平的一致性。期间统计患者出现低血糖的情况。将住院前 30 d 内发生低血糖 (≤ 3.9 mmol/L) 次数超过两次的患者定义为糖尿病合并低血糖。根据是否出现低血糖分为低血糖组 (n = 40) 和单纯糖尿病组 (n = 51)。

1.3 统计学分析

采用 SPSS22.0 软件进行数据处理与分析。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 计数资料以 [n (%)] 表示, 组间比较采用成组 χ^2 检验。影响糖尿病患者发生低血糖的危险因素用 Logistic 回归分析; 绘制 ROC 曲线评价血糖波动对糖尿病患者发生低血糖的预测价值。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CGMS 不同时段血糖水平的准确性

经 Bland-Altman 分析结果显示, CGMS 空腹时段、餐后时段、平均水平的偏倚值及一致限度 (D ± 1.96S) 分别为 0.219 (-4.297 ~ 3.860)、0.189 (-4.919 ~ 5.296)、0.283 (-7.285 ~ 7.851), 绝大部分差值均分布在 95% CI 范围内, 一致性较高。见表 1 及图 1。

表 1 CGMS 不同时段血糖水平的准确性 ($\bar{x} \pm s, D \pm 1.96S$)

时间	MBG (mmol/L)	偏倚值	一致限度 (mmol/L)	95% CI
空腹	7.63 ± 1.55	0.219	-4.297 ~ 3.860	-0.652 ~ 0.215
餐后	11.71 ± 1.47	0.189	-4.919 ~ 5.296	-0.354 ~ 0.731
平均水平	10.54 ± 2.71	0.283	-7.285 ~ 7.851	-0.522 ~ 1.087

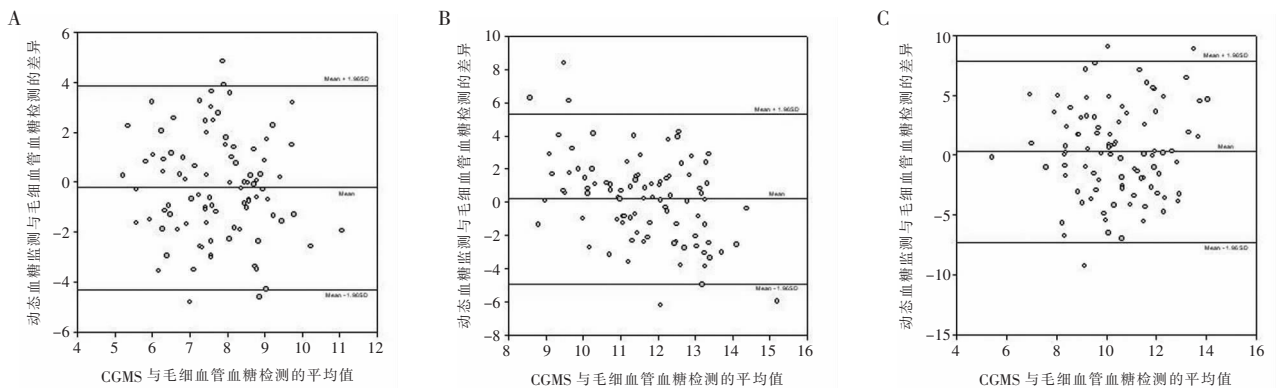


图 1 CGMS 不同时段与毛细血管血糖水平的 Bland-Altman 分析

A. 空腹时段; B. 餐后时段; C. 平均水平。

2.2 单因素分析影响糖尿病患者发生低血糖的相关因素

单因素分析显示,糖尿病组患者 HDL、空腹 C 肽水平高于低血糖组,GHb、FPG、MBG、SDBG 水平、胰岛素及磺脲类 OAD 使用率均低于低血糖组($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 单因素分析影响糖尿病患者发生低血糖的相关因素 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

因素	糖尿病组 (n=51)	低血糖组 (n=40)	χ^2/t 值	P 值
年龄 (岁)	58.77 ± 10.28	59.85 ± 11.54	0.471	0.639
性别			0.266	0.606
男	27(52.94)	19(47.50)		
女	24(47.06)	21(52.50)		
GHb (%)	6.33 ± 0.35	8.57 ± 1.44	10.727	<0.001
BMI (kg/m ²)	24.73 ± 2.13	25.24 ± 2.27	1.101	0.274
LDL (mmol/L)	2.51 ± 0.57	2.66 ± 0.73	1.101	0.274
HDL (mmol/L)	1.55 ± 0.37	1.36 ± 0.38	2.403	0.018
FPG (mmol/L)	6.76 ± 0.85	8.79 ± 3.68	3.817	<0.001
2 h PG (mmol/L)	10.23 ± 0.68	10.47 ± 0.86	1.487	0.141
空腹 C 肽 (ng/mL)	1.41 ± 1.02	0.77 ± 0.68	3.415	0.001
MBG (mmol/L)	7.19 ± 1.23	8.56 ± 2.18	3.788	<0.001
SDBG (mmol/L)	2.21 ± 0.98	3.51 ± 1.24	5.588	<0.001
药物使用率				
胰岛素	21(41.18)	37(92.50)	25.548	<0.001
磺脲类 OAD	0(0.00)	5(12.50)	6.746	0.009
非磺脲类 OAD	26(50.98)	14(35.00)	2.324	0.127

2.3 Logistic 回归分析影响糖尿病患者发生低血糖的危险因素

Logistic 回归分析显示,高 SDBG、MBG、GHb、空腹 C 肽是影响糖尿病患者并发低血糖的危险因素($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 Logistic 回归分析影响糖尿病患者发生低血糖的危险因素

因素	β 值	SE 值	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
SDBG	1.375	0.225	37.346	3.955	1.116 ~ 6.794	<0.001
GHb	1.314	0.293	20.112	3.721	1.175 ~ 6.267	<0.001
MBG	1.274	0.324	15.461	3.575	1.228 ~ 5.922	0.037
空腹 C 肽	0.963	0.377	6.525	2.620	1.264 ~ 3.975	0.048

2.4 血糖波动对糖尿病患者发生低血糖的预测价值

ROC 曲线显示,SDBG 预测糖尿病患者发生低血

糖的敏感度、特异度、约登指数(95% CI)分别为 91.43%、80.00%、0.714(0.685 ~ 0.841)。见图 2。

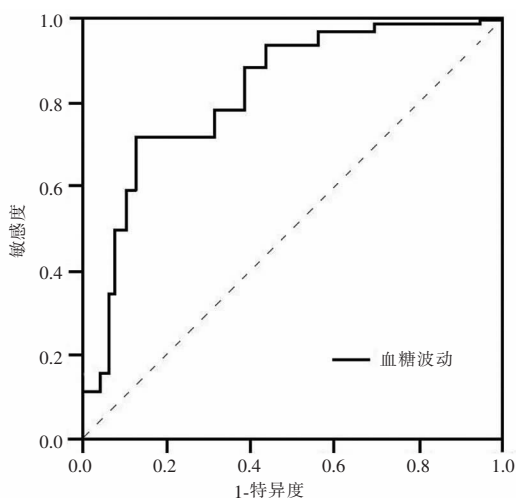


图 2 血糖波动评估糖尿病患者发生低血糖的 ROC 曲线图

3 讨论

有效的监测糖尿病患者血糖变化,良好的控制血糖,可在一定程度上降低低血糖的发生风险^[6-8]。CGMS 是近年来逐渐应用于临床的一种新型血糖监测系统,是由血糖记录仪、血糖探头、信息提取及分析软件四部分组成的一种实时监测血糖系统,能提供即刻血糖值,更好的观察到患者血糖波动情况^[9]。本研究显示,动态血糖监测空腹时段、餐后时段、平均水平的偏倚值及一致限度差值均分布在 95% CI 内,提示 CGMS 监测血糖总体一致性较好,准确度高。Zheng 等^[10] 研究结果也证实一点。

本研究 Logistic 回归分析显示,高 MBG、GHb 水平是影响糖尿病患者并发低血糖的危险因素,推测是因为血糖水平高会增加降糖药或胰岛素的过度使用,在一定程度上增加胰岛素抵抗的发生,加重人体代谢异常,继而导致低血糖的发生;高 SDBG 水平亦是影响糖尿病患者并发低血糖的危险因素,暗示了血糖波动幅度过大可导致糖尿病低血糖的发生,这可能是由于长期处于过高和过低血糖的状态下,会在一定程度上增加胰岛功能的负担,长此以往,会导致患者胰岛 β 细胞功能减退或者衰竭,导致体内胰岛素分泌不足,血糖调节能力低,造成胰岛素高峰后移,诱发低血糖^[11-12]。此外,本研究中应用 ROC 曲线分析 SDBG 预测糖尿病患者发生低血糖的敏感度、特异度、约登指数分别为 91.43%、80.00%、0.714,进一步佐证了 SDBG 水平高低与低血糖的发生

(下转第 680 页)