

论著·临床研究

二氧化碳结合力联合血清 β -羟丁酸、乳酸在糖尿病酮症酸中毒诊断及病情评估中的价值刘彦群¹, 孙立东¹, 于吉芬²

(开封一五五医院; 1. 急诊重症医学科; 2. 五官科, 河南 开封 475000)

[摘要] **目的** 探究二氧化碳结合力(CO_2CP)联合血清 β -羟丁酸($\beta\text{-HB}$)、乳酸(LAC)在糖尿病酮症酸中毒诊断及病情评估中的价值。**方法** 选取 2020 年 8 月至 2024 年 2 月该院治疗的糖尿病酮症酸中毒患者 70 例、单纯糖尿病(无酮症酸中毒)患者 70 例,分为糖尿病酮症酸中毒组和糖尿病组,另募集同期入院体检健康者 70 例作对照组。根据病情严重程度,将糖尿病酮症酸中毒患者分为轻度组(23 例)、中度组(25 例)和重度组(22 例)。比较各组 CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 水平,以糖尿病组为对照,绘制受试者操作特征(ROC)曲线评价 CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 对糖尿病酮症酸中毒的诊断价值,经 logistic 二元回归拟合构建各指标联合预测风险,比较各组单一指标及联合的曲线下面积(AUC)。采用 Pearson 相关系数分析各指标与动脉血 pH 值的相关性。**结果** CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 单一指标均对糖尿病酮症酸中毒具有诊断价值, AUC 分别为 0.729、0.721、0.717,联合诊断 AUC 为 0.856,高于单一指标($Z=3.350, 3.305, 3.158, P<0.05$)。不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者 CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 水平的比较,差异有统计学意义($P<0.05$);其中 CO_2CP 水平:轻度组>中度组>重度组, $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 水平:轻度组<中度组<重度组。Pearson 相关分析显示,糖尿病酮症酸中毒患者 CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 水平分别与动脉血 pH 值呈负相关($r=-0.751, -0.584, -0.688, P<0.05$)。**结论** CO_2CP 、 $\beta\text{-HB}$ 和 LAC 对糖尿病酮症酸中毒诊断价值较高,还可用于病情严重程度的评估。

[关键词] 糖尿病酮症酸中毒; 二氧化碳结合力; β -羟丁酸; 乳酸; 诊断价值; 病情评估

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2025.04.015

中图法分类号:R578.1

文章编号:1009-5519(2025)04-0887-04

文献标识码:A

Value of carbon dioxide binding capacity combined with serum β -hydroxybutyrate and lactic acid in the diagnosis and assessment of diabetic ketoacidosisLIU Yanqun¹, SUN Lidong¹, YU Jifen²

(1. Department of Emergency and Critical Care Medicine; 2. Department of Otolaryngology, Kaifeng 155th Hospital, Kaifeng, Henan 475000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of carbon dioxide binding capacity(CO_2CP) combined with serum β -hydroxybutyrate($\beta\text{-HB}$) and lactic acid(LAC) in the diagnosis and assessment of diabetic ketoacidosis. **Methods** A total of 70 patients with diabetic ketoacidosis and 70 patients with simple diabetes mellitus (without ketoacidosis) treated in the hospital from August 2020 to February 2024 were selected and divided into diabetic ketoacidosis and diabetes mellitus groups, and 70 healthy people who were admitted for physical examination during the same period of time were recruited as the control group. According to the severity of the disease, the patients with diabetic ketoacidosis were divided into mild(23 cases), moderate(25 cases) and severe(22 cases) groups. The levels of CO_2CP , $\beta\text{-HB}$ and LAC were compared in each group, and the diabetes mellitus group was used as the control group. The diagnostic value of CO_2CP , $\beta\text{-HB}$ and LAC for diabetic ketoacidosis were evaluated by receiver operator characteristics(ROC) curves, and the joint predictive risk of each index was constructed by logistic binary regression fitting, and the area under the curve(AUC) of each index and the joint were compared. Pearson correlation coefficient was used to analyze the correlation between each index and arterial blood pH. **Results** CO_2CP , $\beta\text{-HB}$ and LAC single indexes all had diagnostic value for diabetic ketoacidosis, with AUC of 0.729, 0.721, 0.717, respectively, and the combined diagnostic AUC was 0.856, which was higher than that of the single indexes($Z=3.350, 3.305, 3.158, P<0.05$). Comparison of CO_2CP , $\beta\text{-HB}$ and LAC levels in diabetic ketoacidosis patients with different disease severity showed statistically significant differences($P<0.05$); among them, CO_2CP level: mild group > moderate group > severe

作者简介:刘彦群(1977—),本科,主治医师,主要从事危急重症疾病的诊治工作。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250221.1804.066\(2025-02-24\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20250221.1804.066(2025-02-24))

group, and β -HB and LAC levels; mild group < moderate group < severe group. Pearson correlation analysis showed that CO_2CP , β -HB and LAC levels in patients with diabetic ketoacidosis were negatively correlated with arterial blood pH, respectively ($r = -0.751, -0.584, -0.688, P < 0.05$). **Conclusion** CO_2CP , β -HB and LAC have relatively high diagnostic value for diabetic ketoacidosis and can also be used to assess the severity of the condition.

[Key words] Diabetic ketoacidosis; Carbon dioxide binding capacity; β -hydroxybutyric acid; Lactic acid; Diagnostic value; Condition assessment

糖尿病酮症酸中毒属于糖尿病急性并发症,是高血糖引起的代谢严重紊乱,具有发病率高、病情进展快、病死率高的特点^[1]。此病的病因和发病机制极为复杂,主要病因为胰岛素严重缺乏,不仅血糖升高,而且脂肪、蛋白质分解增加,最终导致血酮升高^[2]。糖尿病酮症酸中毒的诱因很多,如遗传、免疫功能紊乱、感染等^[3]。疾病早期可表现为糖尿病症状加重,若不及时干预,会出现脑水肿、神经损害等严重后果^[4]。因此,早期诊断及准确病情评估对于改善患者预后具有重要的临床价值。二氧化碳结合力(CO_2CP)是指血浆中呈结合状态的 CO_2 ,主要反映机体碱储备量,可评价酸碱平衡状态^[5]。 β -羟丁酸(β -HB)是酮体的主要成分,对糖尿病酮症酸中毒的鉴别诊断很有帮助^[6]。血乳酸(LAC)水平与机体合成速度和代谢率密切相关,可反映患者代谢状态^[7]。目前, CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 与糖尿病酮症酸中毒的相关性已有报道^[8-9],但三者联合用于此病的诊断及病情评估尚少有研究。基于此,本研究将分析 CO_2CP 联合 β -HB、LAC 在糖尿病酮症酸中毒诊断及病情评估中的价值,以期指导此类患者的临床评估。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 8 月至 2024 年 2 月入 院治疗的糖尿病酮症酸中毒患者 70 例、单纯糖尿病 (无酮症酸中毒)患者 70 例,分别作糖尿病酮症酸中 毒组和糖尿病组。诊断标准:糖尿病的诊断参考《中 国 2 型糖尿病防治指南(2017 版)》^[10];糖尿病酮症酸 中毒的诊断参考《中国高血糖危象诊断与治疗指 南》^[11]。纳入标准:糖尿病酮症酸中毒、单纯糖尿病患 者均明确诊断,年龄 18~80 岁,临床资料完整。排除 标准:合并恶性肿瘤,合并其他糖尿病并发症,合并感 染、肝肾功能不全、慢性胰腺炎等,存在精神或认知障 碍,处于妊娠或哺乳期。糖尿病酮症酸中毒根据动脉 血 pH 值评估病情严重程度,划分为轻度组(23 例)、 中度组(25 例)和重度组(22 例)。另募集同期来院体 检健康者 70 例作对照组,排除标准同上。本研究经 本院医学伦理委员会批准(批件号:KY2020-081)。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 通过调取受试者病历资料,整理 相关临床资料[年龄、性别、身体质量指数(BMI)、糖 尿病病程、基础疾病]和实验室检查结果。受试者入

院 24 h 采集空腹静脉血,检测 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 水平,其中 CO_2CP 采用滴定法测定, β -HB 采用 β -HB 酶法测定,LAC 采用氧化酶法测定。

1.2.2 观察指标 (1)比较糖尿病酮症酸中毒组、糖 尿病组和对照组一般资料。(2)比较糖尿病酮症酸中 毒组、糖尿病组和对照组 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 水 平。(3)绘制受试者操作特征(ROC)曲线评价 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 对糖尿病酮症酸中毒的诊断价 值。(4)比较不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患 者一般资料。(5)比较不同病情严重程度糖尿病酮症 酸中毒患者 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 水平。(6)分析糖 尿病酮症酸中毒患者各指标与动脉血 pH 值的相 关性。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 23.0 进行统计分析, 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,多组比较采用单因素方 差分析,组内多重比较采用 SNK- q 检验,2 组间比较采 用 t 检验;计数资料采用 $n(\%)$ 描述,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法以糖尿病组为对照,绘制受试者操 作特征(ROC)曲线评估诊断价值,采用 logistic 二元 回归拟合构建各指标联合预测风险,计算曲线下面积 (AUC),采用 Delong 法比较,确定诊断灵敏度和特异 度。采用 Pearson 相关系数,分析糖尿病酮症酸中毒 患者各指标与动脉血 pH 值的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组一般资料的比较 3 组年龄、性别、BMI、糖 尿病病程及基础疾病资料比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 3 组 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 水平的比较 3 组 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 水平的比较,差异有统计 学意义($P < 0.05$);其中糖尿病酮症酸中毒组 CO_2CP 水平低于糖尿病组和对照组, β -HB 和 LAC 水平高于糖 尿病组和对照组,糖尿病组 β -HB 水平高于对照组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 联合 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 对糖尿病酮症酸中 毒的诊断价值 CO_2CP 、 β -HB 和 LAC 单一指标均对 糖尿病酮症酸中毒具有诊断价值,AUC 分别为 0.729、0.721、0.717,联合诊断 AUC 为 0.856,高于 单一指标($Z = 3.350, 3.305, 3.158, P < 0.05$)。见 图 1、表 3。

表 1 3 组一般资料的比较

项目	糖尿病酮症酸中毒组(<i>n</i> =70)	糖尿病组(<i>n</i> =70)	对照组(<i>n</i> =70)	<i>F</i> / χ^2	<i>P</i>
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	57.21±7.84	56.56±8.29	56.19±7.35	0.304	0.738
性别[<i>n</i> (%)]				1.036	0.596
男	38(54.29)	41(58.57)	35(50.00)		
女	32(45.71)	29(41.43)	35(50.00)		
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	23.43±2.21	23.75±2.65	22.98±3.16	1.435	0.240
糖尿病病程($\bar{x}\pm s$,年)	7.28±1.68	6.95±1.55	—	1.208	0.229
基础疾病[<i>n</i> (%)]					
高脂血症	13(18.57)	11(15.71)	—	0.201	0.654
高血压	5(7.14)	6(8.57)	—	0.099	0.753
冠心病	2(2.86)	3(4.29)	—	—	1.000

注：—表示无此项。

表 2 3 组 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平的比较($\bar{x}\pm s$,mmol/L)

组别	<i>n</i>	CO ₂ CP	β-HB	LAC
糖尿病酮症酸中毒组	70	9.42±1.54 ^{ab}	0.57±0.16 ^{ab}	4.58±0.86 ^{ab}
糖尿病组	70	23.35±2.16	0.34±0.11 ^a	1.57±0.45
对照组	70	24.51±2.59	0.20±0.06	1.45±0.41
<i>F</i>	—	1 077.347	177.458	594.937
<i>P</i>	—	<0.001	<0.001	<0.001

注：—表示无此项；与对照组比较，^a*P*<0.05；与糖尿病组比较，^b*P*<0.05。

2.4 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者一般资料的比较 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者年龄、性别、BMI、糖尿病病程及基础疾病资料比较，差异均无统计学意义(*P*>0.05)。见表 4。

2.5 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平的比较 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平的比较，差异有统计学意义(*P*<0.05)；其中 CO₂CP 水平：轻度组>中度组>重度组，β-HB 和 LAC 水平：轻度组<中度组<重度组，差异有统计学意义(*P*<0.05)。见表 5。

表 4 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者一般资料比较

项目	轻度组(<i>n</i> =23)	中度组(<i>n</i> =25)	重度组(<i>n</i> =22)	<i>F</i> / χ^2	<i>P</i>
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	56.82±7.50	57.51±8.03	57.28±7.96	0.048	0.953
性别[<i>n</i> (%)]				0.533	0.766
男	12(52.17)	15(60.00)	11(50.00)		
女	11(47.83)	10(40.00)	11(50.00)		
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	23.52±2.05	23.14±2.28	23.67±2.51	0.341	0.712
糖尿病病程($\bar{x}\pm s$,年)	6.95±1.42	7.24±1.72	7.67±1.53	1.200	0.308
基础疾病[<i>n</i> (%)]					
高脂血症	3(13.04)	4(16.00)	6(27.27)	—	0.470*
高血压	1(4.35)	2(8.00)	2(9.09)	—	0.862*
冠心病	1(4.35)	1(4.00)	0	—	1.000*

注：—表示无此项；*表示采用 Fisher 精确概率法。

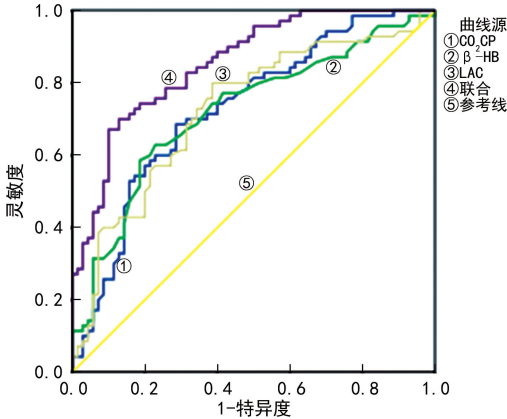


图 1 联合 CO₂CP、β-HB 和 LAC 诊断糖尿病酮症酸中毒的 ROC 曲线

表 3 联合 CO₂CP、β-HB 和 LAC 对糖尿病酮症酸中毒的诊断价值

项目	AUC	95%CI	<i>P</i>	灵敏度(%)	特异度(%)
CO ₂ CP	0.729	0.645~0.812	<0.001	68.57	71.43
β-HB	0.721	0.636~0.806	<0.001	62.86	77.14
LAC	0.717	0.642~0.812	<0.001	80.00	61.43
联合检测	0.856	0.795~0.916	<0.001	70.00	87.14

表 5 不同病情严重程度糖尿病酮症酸中毒患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平的比较($\bar{x}\pm s$, mmol/L)

组别	n	CO ₂ CP	β-HB	LAC
轻度组	23	12.73±1.78	0.45±0.11	3.27±0.74
中度组	25	8.54±1.58 ^a	0.56±0.14 ^a	4.35±0.91 ^a
重度组	22	6.96±1.40 ^{ab}	0.71±0.17 ^{ab}	6.21±1.05 ^{ab}
F	—	78.344	19.071	60.368
P	—	<0.001	<0.001	<0.001

注:—表示无此项;与轻度组比较,^a $P<0.05$;与中度组比较,^b $P<0.05$ 。

2.6 糖尿病酮症酸中毒患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平与动脉血 pH 值的相关性 糖尿病酮症酸中毒患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平分别与动脉血 pH 值呈负相关($r=-0.751$ 、 -0.584 、 -0.688 , $P<0.05$)。

3 讨 论

临床统计发现,不同类型的糖尿病患者酮症酸中毒的诱因不同,1 型糖尿病多发生在停用或减少胰岛素剂量后,2 型糖尿病则多由感染、手术、心力衰竭等应激因素刺激下发病,另外少数妊娠糖尿病患者也会发生^[12]。随着糖尿病酮症酸中毒标准化诊治的临床推广,其死亡率降低了 50%,但整体预后仍较差。有数据显示,成年患者死亡率为 1%~5%,尤其是老年和合并严重基础疾病人群^[13]。因此,及时评估与处理尤为关键。

CO₂CP 是反映酸碱度的常规指标,糖尿病患者出现酮症酸中毒时,CO₂CP 降低^[14]。血酮是诊断糖尿病酮症酸中毒的重要指标,β-HB 是酮体的组成部分,正常生理状态下产生的 β-HB 会被机体迅速利用,血循环中含量较低;但糖尿病患者体内胰岛素作用减弱,脂肪和蛋白质分解能力加强,导致 β-HB 合成增加^[15]。另外,血 LAC 升高也是糖尿病酮症酸中毒患者的病理表现之一。本研究结果显示,糖尿病酮症酸中毒组 CO₂CP 水平低于糖尿病组 and 对照组,β-HB 和 LAC 水平高于糖尿病组 and 对照组,糖尿病组 β-HB 水平高于对照组,这与既往研究结果相似^[16]。可能是糖尿病症酸中毒患者胰岛素分泌不足,大量脂肪组织分解形成脂肪酸,经肝脏氧化分解形成 β-HB 等代谢产物;而且因细胞供氧不足,血清会积累大量 LAC,导致酸碱失衡,表现为 CO₂CP 水平降低。进一步 ROC 曲线分析,发现 CO₂CP、β-HB 和 LAC 单一指标均对糖尿病酮症酸中毒具有诊断价值,但联合检测可有效提高诊断效能,提示临床联合检测 CO₂CP、β-HB 和 LAC 对糖尿病酮症酸中毒诊断有较高的指导意义。另外,随着病情的加重,CO₂CP 呈降低趋势,β-HB 和 LAC 呈升高趋势,且患者 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平分别与动脉血 pH 值呈负相关,提示 CO₂CP、β-HB 和 LAC 水平是对糖尿病酮症酸中毒病情判断的敏感检测指标。若患者出现持续性 CO₂CP 降低,β-HB 和

LAC 升高,应警惕病情变化。
综上所述,CO₂CP、β-HB 和 LAC 联合检测对糖尿病酮症酸中毒诊断价值较高,还可用于病情严重程度的评估。但本研究属于回顾性研究,且纳入样本量偏少,可能影响数据证据效力,还需要开展大样本研究进一步跟踪随访分析。

参考文献

[1] DAGDEVIREN M, AKKAN T, ERTUGRUL D T. Re-emergence of a forgotten diabetes complication: Euglycemic diabetic ketoacidosis[J]. Turk J Emerg Med, 2024, 24 (1):1-7.

[2] SRIDHARAN K, SIVARAMAKRISHNAN G. Risk of diabetic ketoacidosis associated with Sodium glucose co-transporter-2 inhibitors: a network meta-analysis and meta-regression[J]. J Clin Med, 2024, 13(6):1748-1759.

[3] 李明, 张立绘, 翟晓丹, 等. 微量泵持续胰岛素泵入联合奥曲肽治疗糖尿病酮症酸中毒的作用机制研究[J]. 临床误诊误治, 2023, 36(8):46-51.

[4] 陈坚, 邵灿, 潘胜平, 等. 中性粒细胞/淋巴细胞比值与糖尿病酮症酸中毒预后的关系[J]. 中国卫生检验杂志, 2020, 30(17):2127-2129.

[5] 秦玉玲, 张乐, 李雷, 等. CO₂ 结合力对肝硬化食管胃静脉出血休克患者预后的判断价值[J]. 传染病信息, 2021, 34 (1):67-70.

[6] WANG J, YANG X Q, SHEN L L, et al. A new turn-on fluorescent probe for fast detection of diabetic biomarker beta-hydroxybutyrate in vitro[J]. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc, 2024, 304:123437.

[7] 向玉平, 黄琦, 孙力, 等. 2 型糖尿病患者高乳酸水平的危险因素分析[J]. 武汉大学学报(医学版), 2023, 44(3):316-323.

[8] 叶正华, 高明松, 胡亚耘. 大柴胡汤合白虎汤化裁联合胰岛素治疗糖尿病酮症酸中毒的疗效观察[J]. 中国中医急症, 2023, 32(11):1974-1976.

[9] LI J W, YANG Y X, PENG Z C, et al. A novel photoelectrochemical microfluidic chip for multi-index determination of diabetes and its complications[J]. Biosens Bioelectron, 2022, 217:114719.

[10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(4):292-344.

[11] 中华医学会糖尿病学分会. 中国高血糖危象诊断与治疗指南[J]. 中华糖尿病杂志, 2013, 5(8):449-461.

[12] 赵东波, 黄樱, 何扬, 等. 血清 CRP/Alb 比值诊断糖尿病酮症酸中毒合并感染的价值[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(14):2095-2098.

[13] BLANCHARD F, CHARBIT J, VAN DER MEERSCH G, et al. Early sepsis markers in patients admitted to intensive care unit with moderate-to-severe diabetic ketoacidosis[J]. Ann Intensive Care, 2020, 10(1):58.

[14] MA L P, LIU X, CUI B C, et al. Diabetic ketoacidosis with acute pancreatitis in patients with(下转第 895 页)

高,进而胎儿脐动脉阻力升高,最终使胎儿循环血量降低,影响胎儿心脏功能,导致胎儿宫内缺氧或胎儿窘迫^[14-16]。羊水量的多少可反映胎儿宫内的健康情况,羊水深度小于 2 cm,或羊水指数小于 5 时,则可能出现胎儿宫内缺氧,导致胎儿心率减慢及胎动减少。通过二元 logistic 回归分析显示,小胎龄、孕母心率是中晚期孕妇发生 FECG 异常的相关危险因素,随着孕母心率的增快,胎儿心率亦相应增快,胎龄越小,发生 FECG 异常的风险越高;但随着胎龄的增大,反而成为 FECG 的保护因素。通过对胎龄及孕母心率的监测,可以预测评估胎儿心率发生异常的风险。

FECG 也具有一定的局限性,如 FECG 只能显示心室除极波(QRS 波),而心房除极波(P 波)与心室复极波(T 波)不能显示,只能描记孕妇及胎儿的心电图波形,不能同步记录胎动及宫缩情况,但 FECG 的优势在于可连续监测胎儿心率的实时变化并可记录保存,若联合多普勒超声可更加利于胎儿的监护,但需注意多普勒超声可因孕妇体位及胎动影响获取胎儿心率的质量^[17]。FECG 也可反映心脏节律是否匀齐,节律异常常为各类早搏及房室阻滞,多见于孕妇患有免疫系统疾病、羊水异常、胎儿心脏先天发育异常等。本次研究通过分析健康孕妇 FECG 胎儿心率的影响因素,未纳入异常孕妇 FECG,可能使结果存在一些偏倚,但希望通过 FECG 的检查,引起临床医师对健康孕妇 FECG 结果的重视,通过早期的心率变化,发现可能发生的疾病,及时采取治疗措施,控制病情进展。

参考文献

[1] 陈清启. 心电图学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2002:735.

[2] 王建伟,王丽可,井伟,等. 胎儿心电图在孕检中的临床应用研究[J]. 中国保健营养,2021,31(29):73.

[3] 李花莲,赵胜,魏欣,等. 胎儿心电图 125 例中异常心电图的特点与临床表现[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2018,32(2):141-146.

[4] TONGPRASERT F, LUEWAN S C A, SRISUPUNDIT K, et al. Fetal atrial flutter associated with atrial septal aneurysm[J]. *Diagnostics*(Basel), 2022, 12(7):1722.

[5] YUAN S M. Fetal arrhythmias; surveillance and manage-

ment[J]. *Hellenic J Cardiol*, 2019, 60(2):72-81.

[6] TUNCA SAHIN G, BEATTIE R B, UZUN O. Favourable outcome for hydrops or cardiac failure associated with fetal tachyarrhythmia: a 20-year review [J]. *Cardiol Young*, 2022, 32(7):1077-1084.

[7] 张伟,张艳敏,陈国强. 胎儿心律失常的研究进展[J/CD]. 发育医学电子杂志, 2022, 10(2):152-155.

[8] 张丽红,姚常柏,崔健君. 颈交感神经干离断对妊高征大鼠胎盘血供及去甲肾上腺素和一氧化氮的影响[J]. *中华麻醉学杂志*, 2004, 24(2):119-121.

[9] MONGA M. Fetal heart rate response to maternal exercise[J]. *Clin Obstet Gynecol*, 2016, 59(3):568-575.

[10] 魏丽云. 妊娠期高血压综合征产妇羊水及脐血儿茶酚胺与胎儿预后的关系[J]. *中国当代医药*, 2010, 17(10):9-10.

[11] 王冠杰,王海飞,龚晓萍,等. 超声监测早孕期胎心率变化规律的初步研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2020, 22(2):139-141.

[12] FOX N S, HILL M B, CONNOLLY C T, et al. The association between high-normal blood pressure and the development of preeclampsia in twin pregnancies[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 34(2):182-186.

[13] 俞凯君,许子非,李春. 脐动脉血流信号非线性临床研究[J]. *软件*, 2019, 40(4):162-167.

[14] 余婷婷,闻捷,魏欣,等. 胎儿缓慢性心律失常的临床表现及转归[J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2022, 36(6):519-522.

[15] YAN J, SU R N, ZHANG W Y, et al. Epigenetic alteration of Rho guanine nucleotide exchange Factor 11 (ARHGEF11) in cord blood samples in macrosomia exposed to intrauterine hyperglycemia[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 34(3):422-431.

[16] OWAKI Y, WATANABE K, IWASAKI A, et al. Placental hypoplasia and maternal organic vascular disorder in pregnant women with gestational hypertension and preeclampsia[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 34(3):353-359.

[17] VULLINGS R, VAN LAAR J O E H. Non-invasive fetal electrocardiography for intrapartum cardiotocography[J]. *Front Pediatr*, 2020, 8:599049.

(收稿日期:2024-06-15 修回日期:2024-11-18)

(上接第 890 页)

type 2 diabetes in the emergency department; a retrospective study [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9:813083.

[15] 张建丽,李丽花,朱丽丽. AMS、BUN 及 β-HB 在糖尿病酮症酸中毒诊断及病情评估中的作用[J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2023, 15(11):2008-2011.

[16] TREMBLAY E S, MILLINGTON K, MONUTEAUX M C, et al. Plasma β-Hydroxybutyrate for the diagnosis of diabetic ketoacidosis in the emergency department[J]. *Pediatr Emerg Care*, 2021, 37(12):e1345-e1350.

(收稿日期:2024-08-11 修回日期:2024-12-15)