

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.08.036

体外循环下先天性心脏病患儿血糖及动脉血乳酸水平的变化及临床意义*

方 炜 胡英超 王雪芹 陈莉莉 丁 力

(安徽省儿童医院心外科 安徽 合肥 230051)

摘要 目的:探究体外循环下先天性心脏病患儿血糖及动脉血乳酸水平的变化及临床意义。**方法:**回顾性选取 2018 年 1 月至 2019 年 12 月期间我院诊治的 263 例先天性心脏病患儿作为研究对象,收集其临床资料,根据患儿预后将患儿分为存活组($n=254$)和死亡组($n=9$)。分别于体外循环阻断前(T0),体外循环升温时(T1),后平行时(T2)检测两组患儿血糖及动脉血乳酸水平,单因素分析临床各指标与患儿预后的关系,采用 Logistic 回归分析体外循环下先天性心脏病患儿死亡的影响因素,采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血糖、动脉血乳酸对体外循环下先天性心脏病患儿死亡的预测价值。**结果:**存活组、死亡组 T0、T1、T2 的血糖和动脉血乳酸水平均持续升高($P<0.05$),且死亡组高于存活组($P<0.05$)。单因素分析结果显示,死亡组患儿体外循环时间、主动脉阻断时间、住 ICU 时间长于存活组($P<0.05$),肌酐(Cr)水平高于存活组,而平均动脉压(MAP)和动脉氧分压与吸入氧浓度比($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)低于存活组($P<0.05$)。Logistic 回归分析显示血糖、动脉血乳酸是体外循环下先天性心脏病患儿死亡的危险因素($P<0.05$)。血糖预测体外循环下先天性心脏病患儿死亡的曲线下面积(AUC)为 0.777,最佳截断值为 $8.46 \mu\text{mol/L}$,灵敏度和特异性分别为 0.76 和 0.81;动脉血乳酸预测体外循环下先天性心脏病患儿死亡的 AUC 为 0.877,最佳截断值为 $3.18 \mu\text{mol/L}$,灵敏度、特异性分别为 0.81、0.85;血糖联合动脉血乳酸预测体外循环下先天性心脏病患儿死亡的 AUC 为 0.921,灵敏度、特异性分别为 0.88、0.91。**结论:**体外循环下先天性心脏病患儿血糖及动脉血乳酸水平显著升高,并且血糖、动脉血乳酸是体外循环下先天性心脏病患儿死亡的影响因素,二者的联合检测对体外循环下先天性心脏病患儿死亡具有较好的预测价值。

关键词:体外循环;先天性心脏病;血糖;乳酸;预后;危险因素;预测价值

中图分类号:R541.1 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2021)08-1563-05

Changes of Blood Glucose and Arterial Lactic Acid Levels in Children with Congenital Heart Disease Under Extracorporeal Circulation and Its Clinical Significance*

FANG Wei, HU Ying-chao, WANG Xue-qin, CHEN Li-li, DING Li

(Department of Cardiac Surgery, Anhui Children's Hospital, Hefei, Anhui, 230051, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the changes and clinical significance of blood glucose and arterial lactic acid levels in children with congenital heart disease under extracorporeal circulation. **Methods:** 263 children with congenital heart disease who were diagnosed and treated in our hospital from January 2018 to December 2019 were selected as the research objects, and their clinical data were collected. According to their prognosis, the children were divided into survival group ($n=254$) and death group ($n=9$). Blood glucose and arterial blood lactate were measured before cardiopulmonary bypass (T0), when cardiopulmonary bypass was heated (T1), and when cardiopulmonary bypass was parallel (T2). The relationship between clinical indexes and prognosis of children was analyzed by single factor analysis. The influencing factors of death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass were analyzed by logistic regression. Blood glucose and artery were analyzed by ROC curve The predictive value of blood lactate on the death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass. **Results:** The blood glucose and arterial blood lactate levels of T0, T1 and T2 in the survival group and the death group were all increased continuously ($P<0.05$). and the death group was higher than the survival group ($P<0.05$). The results of univariate analysis showed that the time of cardiopulmonary bypass, aortic occlusion and ICU stay in the dead group were longer than those in the alive group ($P<0.05$), Creatinine (CR) level was higher than that of the survival group, but Mean arterial pressure (map), arterial oxygen partial pressure to inhaled oxygen concentration ratio ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) were lower than that of the survival group ($P<0.05$). Logistic regression showed that blood glucose and arterial blood lactate were the risk factors of death in children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass ($P<0.05$). The AUC of blood glucose in predicting the death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass is 0.777, the best cutoff value is $8.46 \mu\text{mol/L}$, the sensitivity and specificity were 0.76 and 0.81 respectively; the AUC of arterial blood lactate in predicting the death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass is 0.877, the best cutoff value is $3.18 \mu\text{mol/L}$, the sensitivity and specificity are 0.81 and 0.85

* 基金项目:安徽省科技厅科研基金项目(1604f0805119)

作者简介:方炜(1986-),女,硕士,主治医师,研究方向:婴幼儿体外循环,E-mail: xwktwxh7437@126.com

(收稿日期:2020-07-30 接受日期:2020-08-23)

respectively, the AUC of blood glucose combined artery was 0.81 and 0.85 respectively, The AUC of blood lactate was 0.921, the sensitivity and specificity were 0.88 and 0.91 respectively. **Conclusion:** The level of blood glucose and arterial blood lactate in children with congenital heart disease increased significantly under cardiopulmonary bypass, and blood glucose and arterial blood lactate were the influencing factors of the death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass. The combined detection of the two has a better predictive value for the death of children with congenital heart disease under cardiopulmonary bypass.

Key words: Cardiopulmonary bypass; Congenital heart disease; Blood glucose; Lactate; Prognosis; Risk factors; Predictive value

Chinese Library Classification(CLC): R541.1 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2021)08-1563-05

前言

先天性心脏病是最为常见的先天性畸形之一,约占先天性畸形的 30%左右^[1]。我国每年约有 30 万例先天性心脏病患儿出生,占到新生婴儿的 0.8%左右,是婴幼儿死亡的主要因素,并且 80%的先天性心脏病患儿需要接受手术治疗^[2]。随着体外循环技术的发展,先天性心脏病患儿的生存率明显提高^[3]。血糖是组织细胞的主要能量来源,经细胞糖酵解代谢后产生大量能量以满足组织细胞的能量需求^[4]。血糖水平异常是机体内代谢紊乱的主要表现,机体的代谢紊乱是高血压和心力衰竭等心血管疾病发病的危险因素^[5,6],并且与先天性心脏病患儿死亡和动脉粥样硬化的发生密切相关^[7]。乳酸是葡萄糖在无氧条件下的代谢产物,乳酸水平异常升高是机体内代谢失衡的主要标志^[8]。乳酸水平异常升高会导致高乳酸血症的发生,在心血管损伤与缺血再灌注患者中乳酸水平明显升高,并且与患者的不良预后密切相关^[9,10],是先天性心脏病患儿不良预后的预测指标^[11]。目前在评估体外循环下先天性心脏病患儿的预后上仍然存在较大困难^[12],早期预测体外循环下先天性心脏病患儿的存活率对于改善患儿预后以及提高患儿生存率具有重要价值。本研究通过检测血糖及动脉血乳酸水平,旨在探讨其在先天性心脏病患儿中的水平以及与患儿预后的关系,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性选择 2018 年 1 月至 2019 年 12 月期间我院诊治的 263 例先天性心脏病患儿作为研究对象,收集其临床资料,纳入标准:(1)体外循环下实施手术治疗;(2)经 X 线及彩色多普勒超声心动图检测确诊为先天性心脏病。排除标准:(1)临床资料不完整;(2)合并糖尿病患儿;(3)合并肿瘤患儿;(4)肝肾功能损伤患儿;(5)存在全身性感染性疾病患儿。年龄 4 个月至 12 岁,体重 4.5-43.2kg,并根据患儿在重症监护病房(intensive care unit, ICU)的预后情况将患儿分为存活组 254 例和死亡组 9 例。

1.2 体外循环方法

采用咪达唑仑、芬太尼和罗库溴铵静脉注射以及七氟烷吸入复合麻醉。采用桡动脉穿刺置管测动脉压,右颈内静脉穿刺置管建立中心静脉通路。使用 Jostra 人工心肺机,膜式氧合器,婴儿型动脉微栓过滤器和超滤器。经升主动脉和上、下腔静脉插管建立体外循环。管道内 20 mg 肝素预充,体外循环转流前经右心房 2 mg/kg 一次性给药抗凝,检测全血激活凝固时间大于 480 s 开始转流,停机后给予鱼精蛋白按每 1 mg 鱼精蛋白可中和 100 IU 肝素给药。转流后改用改良超滤使红细胞压积

(hematocrit, HCT)达到 0.35~0.40。术中连续监测患儿平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、中心静脉压、鼻咽温和肛温、泵压、动静脉血氧饱和度、红细胞比容。

1.3 观察指标

1.3.1 相关指标的检测 于主动脉阻断前(T0)、升温时(T1)、后平行(T2)时抽取患儿桡动脉血液 3 mL,采用全自动生化分析仪(美国贝克曼库尔特科技有限公司,型号:AU680)对患儿的肌酐(creatinine, Cr)、总胆红素(total bilirubin, TBil)、血糖和动脉血乳酸水平进行检测,采用血气分析仪(美国雷度米特医疗设备有限公司,型号:ABL800)对两组患儿的 MAP、动脉氧分压与吸入氧浓度比(partial pressure of oxygen/fraction of inspiration O_2 , PaO₂/FiO₂)进行检测,采用全自动血液分析仪(深圳美思康电子科技有限公司,型号:MC6200)检测两组患儿的 HCT。

1.3.2 其它临床资料的收集 对患儿的体外循环时间、主动脉阻断时间、住 ICU 时间等临床资料进行统计。

1.4 统计学分析

采用 SPSS20.0 软件进行数据分析。血糖、动脉血乳酸和 TBil 水平等计量资料采用均值±标准差的方式来表示,采用 t 检验。计数资料用%表示,采用 χ^2 检验。单因素分析临床各指标与预后的关系,多因素 Logistic 回归分析患儿死亡的影响因素,采用受试者工作特征(receiver operating curve, ROC)曲线分析血糖、动脉血乳酸对先天性心脏病患儿死亡的预测价值, $P<0.05$ 则表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各时间点两组患儿血糖及动脉血乳酸水平的比较

在 T0、T1 和 T2 时,两组患儿血糖和动脉血乳酸水平均持续升高($P<0.05$),且死亡组的各时间点血糖和动脉血乳酸明显高于存活组,组间差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

2.2 临床各指标与患儿预后的关系分析

两组患儿的性别比例、年龄、体重、TBil 水平及 HCT 比较无差异($P>0.05$)。死亡组的体外循环时间、主动脉阻断时间、住 ICU 时间长于存活组($P<0.05$),Cr 水平高于存活组($P<0.05$),而 MAP 和 PaO₂/FiO₂ 明显低于存活组($P<0.05$)。具体数据见表 2。

2.3 先天性心脏病患儿死亡影响因素的 Logistic 回归分析

以患儿是否死亡作为因变量,表 1、表 2 中有统计学意义的指标为自变量进行多因素逐步 Logistic 回归分析,结果显示,血糖、动脉血乳酸是先天性心脏病患儿死亡的危险因素($P<0.05$)。见表 3。

表 1 各时间点两组患儿血糖及动脉血乳酸的比较

Table 1 Comparison of blood glucose and arterial blood lactate between the two groups at each time point

Groups	n	Time	Blood sugar(mmol/L)	Arterial lactate(mmol/L)
Survival group	254	T0	5.62± 0.62	2.29± 0.25
		T1	7.59± 0.83 [#]	3.14± 0.34 [#]
		T2	9.95± 1.04 ^{#&}	4.31± 0.45 ^{#&}
Death group	9	T0	9.61± 1.07*	3.36± 0.37*
		T1	11.37± 1.24* [#]	4.28± 0.47* [#]
		T2	14.47± 1.51* ^{#&}	5.59± 0.58* ^{#&}

Note: compared with the survival group, *P<0.05; compared with T0, #P<0.05; compared with T1, &P<0.05.

表 2 临床各指标与患儿预后的关系分析

Table 2 Analysis of the relationship between clinical indicators and prognosis of children

Indexes	Survival group(n=254)	Death group(n=9)	t/χ ²	P
Male/female	152/102	5/4	0.066	0.797
Age(year)	4.86± 0.95	4.37± 0.78	1.524	0.129
Weight(kg)	25.47± 4.99	23.61± 4.22	1.103	0.271
Cardiopulmonary bypass time(min)	93.19± 18.27	121.73± 21.74	4.576	0.000
Aortic occlusion time(min)	45.29± 8.88	61.08± 10.91	5.202	0.000
ICU time(d)	2.31± 0.45	3.28± 0.59	6.251	0.000
Cr(μmol/L)	116.73± 22.89	150.81± 26.93	4.364	0.000
TBil(μmol/L)	27.17± 5.33	30.12± 5.38	1.632	0.104
MAP(mmHg)	79.83± 15.65	61.74± 11.03	3.434	0.001
HCT(%)	31.47± 6.06	28.94± 5.45	1.234	0.218
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	385.41± 75.57	243.62± 43.50	5.589	0.000

表 3 先天性心脏病患儿死亡影响因素的 Logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis of influencing factors of death in children with congenital heart disease

Indexes	β	SE(β)	Wald χ ²	P	OR	95%CI
Cardiopulmonary bypass time	0.239	0.021	2.041	0.239	1.269	0.894~1.733
Aortic occlusion time	0.329	0.081	1.685	0.253	1.389	0.927~1.834
ICU time	0.228	0.025	1.036	0.271	1.256	0.866~1.521
Cr	0.414	0.056	1.926	0.245	1.514	0.938~2.006
MAP	0.303	0.041	0.898	0.494	1.353	0.904~1.627
Blood sugar	0.851	0.135	12.381	0.001	1.744	1.428~1.942
Arterial lactate	0.693	0.107	14.029	0.001	1.997	1.239~3.187

2.4 血糖、动脉血乳酸对先天性心脏病患儿死亡的预测价值

采用 ROC 曲线评估血糖、动脉血乳酸对先天性心脏病患儿死亡的预测价值,结果显示,血糖的曲线下面积(area under curve, AUC)为 0.777,最佳截断值为 8.46 μmol/L,灵敏度、特异性分别为 0.76、0.81;动脉血乳酸的 AUC 为 0.877,最佳截断值为 3.18 μmol/L,灵敏度、特异性分别为 0.81、0.85;血糖联合动脉血乳酸预测先天性心脏病患儿死亡的 AUC 为 0.921,灵敏度、特异性分别为 0.88、0.91。见表 4,图 1。

3 讨论

体外循环技术的发展使得先天性心脏病患儿的死亡率明显下降,但是体外循环手术所引起的机体代谢紊乱、心肺功能下降和术中出血等不良反应对患儿的预后造成严重影响,严重制约了体外循环技术在先天性心脏病患儿心脏手术中的应用^[3-15]。找到体外循环下先天性心脏病患儿死亡的影响因素,对于改善先天性心脏病患儿预后和提高患儿生存率具有重要意义。

表 4 血糖、动脉血乳酸对先天性心脏病患儿死亡的预测价值

Table 4 Predictive value of blood glucose and arterial blood lactate on death of children with congenital heart disease

Indexes	AUC	95%CI	Sensitivity	Specificity	Best truncation value	Jordan index
Blood sugar	0.777	0.673~0.806	0.76	0.81	8.46 μmol/L	0.57
Arterial lactate	0.877	0.812~0.905	0.81	0.85	3.18 μmol/L	0.66
Blood glucose + arterial blood lactate	0.921	0.893~0.934	0.88	0.91	/	0.79

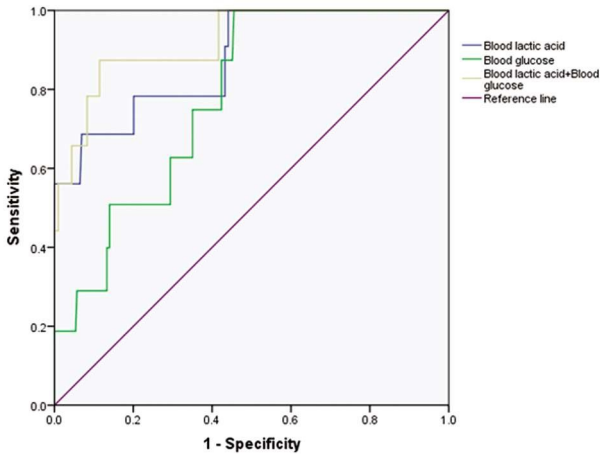


图 1 血糖和动脉乳酸值对先天性心脏病患儿死亡的预测价值的 ROC 曲线图

Fig.1 ROC curve of the predictive value of blood glucose and arterial lactate for the death of children with congenital heart disease

本研究发现死亡组的体外循环时间、主动脉阻断时间、住 ICU 时间和 Cr 水平高于存活组，而 MAP 和 PaO₂/FiO₂ 明显低于存活组，分析其原因可能是由于体外循环时间和主动脉阻断时间的延长对患儿的心脏功能造成一定负担，提高患儿死亡风险^[6]。住 ICU 时间的延长表明患儿的身体条件较差，患儿的免疫功能和循环功能下降，使得患儿感染和心肌缺血的风险提高，导致患儿预后较差^[7]。患儿 Scr 水平的升高表明其肾功能存在轻微的肾功能异常，已有的研究报道显示先天性心脏病患儿往往伴随一定程度的肾功能异常^[8]，因此该实验结果与已有的研究报道结果较为一致。MAP 和 PaO₂/FiO₂ 指标下降则表明患儿的肺部功能存在障碍，在先天性心脏病患儿中肺部感染的情况较为常见^[9]，肺部感染会导致肺功能下降，因此肺功能指标与患儿预后存在一定相关性。

葡萄糖经细胞的糖酵解作用形成丙酮酸和少量能量，生成的丙酮酸在有氧条件下进入三羧酸循环产生水和二氧化碳，并释放大能量以满足细胞生命活动的需求^[20]。本研究发现在主动脉阻断前、升温时以及后平行时患儿的血糖水平依次升高，实验结果表明体外循环处理会引起患儿血糖水平的明显上调。分析其原因可能是由于体外循环下患儿的体温会出现一定程度的下降，机体因此作出适应性变化，提高患儿的血糖浓度，以保证机体供能及产热^[21]。本研究发现在死亡组患儿的血糖水平明显高于存活组，实验结果表明体外循环下先天性心脏病患儿的不良预后可能与血糖水平的升高相关。进一步通过 Logistic 回归分析证实血糖水平是体外循环下先天性心脏病患儿死亡的主要

风险因素，推测其原因可能是由于体外循环会造成低温、短暂性缺氧和应激反应等过程，对患儿的心脏组织细胞会造成一定损伤，导致心肌细胞表面的葡萄糖转运蛋白 2 表达抑制^[22]，葡萄糖摄取出现障碍而导致血糖升高^[23]。此外，应激反应过程中产生的大量氧自由基会明显抑制心肌细胞的 AKT 信号通路的活化，从而促进心肌细胞的糖异生过程，导致血糖水平的明显升高^[24]。

糖酵解产生的丙酮酸在缺氧条件下则会在乳酸脱氢酶的催化作用下生成乳酸，乳酸的大量积累会导致机体出现乳酸酸中毒，对组织细胞的生理活动造成严重影响^[25]。本研究发现在主动脉阻断前、升温时以及后平行时患儿的动脉血乳酸依次升高，实验结果表明体外循环处理会引起患儿动脉血乳酸的明显上调。分析其原因可能是由于体外循环下容易引起患儿出现乳酸代谢紊乱，进而造成动脉血乳酸异常升高^[26,27]。本研究发现在死亡组患儿的动脉血乳酸明显高于存活组，实验结果表明体外循环下先天性心脏病患儿的不良预后可能与动脉血乳酸的升高相关。进一步通过 Logistic 回归分析证实动脉血乳酸是体外循环下先天性心脏病患儿死亡的危险因素，推测其原因可能是由于体外循环会造成低温、短暂性缺氧、应激反应、缺血再灌注损伤和血液稀释等过程，低温和短暂性缺氧会抑制三羧酸循环过程，从而促进葡萄糖的无氧酵解而产生大量乳酸^[28]。应激反应、缺血再灌注损伤和血液稀释会造成血液中的氧浓度下降，形成缺氧环境^[29]，缺氧环境进一步激活低氧诱导因子 1A (Hypoxic induction factor 1A, HIF1A) 信号通路并促进乳酸产生，导致患儿体内乳酸水平进一步升高^[30]，恶性循环下，患儿缺氧严重，最终导致死亡。

ROC 曲线分析结果还显示，血糖、动脉血乳酸及血糖联合动脉血乳酸预测体外循环下先天性心脏病患儿死亡的价值均较高，其中联合检测的预测效能明显优于血糖、动脉血乳酸单独预测，提示早期检测体外循环下先天性心脏病患儿血糖、动脉血乳酸，可作为临床预测体外循环下先天性心脏病患儿死亡的重要指标。

综上所述，血糖、动脉血乳酸异常升高与体外循环下先天性心脏病患儿死亡密切相关，早期联合检测有助于预测体外循环下先天性心脏病患儿预后，从而降低体外循环下先天性心脏病患儿的死亡风险。

参考文献 (References)

[1] Brosig CL, Bear L, Allen S, et al. Neurodevelopmental outcomes at 2 and 4 years in children with congenital heart disease [J]. Congenit Heart Dis, 2018, 13(5): 700-705
 [2] Moodie D. The Journal Congenital Heart Disease--2016 [J]. Congenit

- Heart Dis, 2016, 11(1): 5-6
- [3] Chen F, You Y, Ding P, et al. Effects of Balanced Ultrafiltration During Extracorporeal Circulation for Children with Congenital Heart Disease on Postoperative Serum Inflammatory Response[J]. Fetal Pediatr Pathol, 2019, 13(10): 1-8
- [4] Schwarz PEH, Timpel P, Harst L, et al. Blood Sugar Regulation for Cardiovascular Health Promotion and Disease Prevention: JACC Health Promotion Series [J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 72 (15): 1829-1844
- [5] 彭小珊, 易光辉, 温文慧, 等. 老年患者下肢动脉粥样硬化与心血管疾病的危险因素相关分析 [J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(32): 6279-6282, 6331
- [6] Aune D, Schlesinger S, Neuenschwander M, et al. Diabetes mellitus, blood glucose and the risk of heart failure: A systematic review and meta-analysis of prospective studies [J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2018, 28(11): 1081-1091
- [7] 张婷婷, 庄周颖, 管咏梅, 等. 复杂型先天性心脏病患儿术后危重程度评分的初步构建探索[J]. 中国实用护理杂志, 2016, 32(2): 86-90
- [8] Ferguson BS, Rogatzki MJ, Goodwin ML, et al. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding [J]. Eur J Appl Physiol, 2018, 118(4): 691-728
- [9] Lian H, Zhuo SQ, Tian XT, et al. Increased plasma lactate level is associated with subclinical cardiovascular damage in patient with non-dipping hypertension [J]. Clin Exp Hypertens, 2016, 38 (6): 541-544
- [10] Akinmoladun AC, Saliu IO, Olowookere BD, et al. Improvement of 2-Vessel Occlusion Cerebral Ischaemia/Reperfusion-Induced Corticostriatal Electrolyte and Redox Imbalance, Lactic Acidosis and Modified Acetylcholinesterase Activity by Kolaviron Correlates with Reduction in Neurobehavioural Deficits [J]. Ann Neurosci, 2018, 25 (1): 53-62
- [11] 黄继红, 徐卓明, 张明杰, 等. 区域组织氧饱和度与乳酸联合预测先天性心脏病术后早期转归 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 10(8): 772-776
- [12] Haponiuk I, Jaworski R, Paczkowski K, et al. Postoperative kinetics of common inflammatory biomarkers after congenital heart defect procedures with extracorporeal circulation in children[J]. Kardiol Pol, 2018, 76(6): 968-973
- [13] Suntharop P, Setser RM, Bradley-Skelton S, et al. Real-time three dimensional CT and MRI to guide interventions for congenital heart disease and acquired pulmonary vein stenosis [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(10): 1619-1626
- [14] Guo Z, Li X. 2016 survey about temperature management during extracorporeal circulation in China[J]. Perfusion, 2018, 33(3): 219-227
- [15] Karkouti K, Ho LTS. Preventing and managing catastrophic bleeding during extracorporeal circulation[J]. Hematology Am Soc Hematol Educ Program, 2018, 2018(1): 522-529
- [16] 方炜, 胡英超, 王雪芹, 等. 10kg 以下先天性心脏病患儿心内直视术的体外循环管理体会[J]. 安徽医学, 2016, 37(6): 734-735, 736
- [17] Neidenbach R, Niwa K, Oto O, et al. Improving medical care and prevention in adults with congenital heart disease-reflections on a global problem-part II: infective endocarditis, pulmonary hypertension, pulmonary arterial hypertension and aortopathy [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(6): 716-724
- [18] 胡秀红, 杨洪娟, 王会卿, 等. 胱抑素 C、肾损伤分子-1、肌酐在先天性心脏病体外循环术所致急性肾损伤早期预警中的临床价值[J]. 中国现代医学杂志, 2016, 26(5): 31-35
- [19] 孙丽颖, 董彦博, 田丽, 等. 不同静脉营养支持方式对先天性心脏病术后低体质量患儿肺部感染的疗效研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2016, 26(11): 2590-2592
- [20] Reed Harris AE, Pajunoja A, Cazaunau M, et al. Multiphase Photochemistry of Pyruvic Acid under Atmospheric Conditions [J]. J Phys Chem A, 2017, 121(18): 3327-3339
- [21] Seth HS, Mishra P, Khandekar JV, et al. Relationship between High Red Cell Distribution Width and Systemic Inflammatory Response Syndrome after Extracorporeal Circulation[J]. Braz J Cardiovasc Surg, 2017, 32(4): 288-294
- [22] Ferrannini G, Rydén L. Sodium-glucose transporter 2 inhibition and cardiovascular events in patients with diabetes: information from clinical trials and observational real-world data[J]. Clin Sci (Lond), 2018, 132(18): 2003-2012
- [23] Skorobogatko Y, Dragan M, Cordon C, et al. RalA controls glucose homeostasis by regulating glucose uptake in brown fat [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2018, 115(30): 7819-7824
- [24] Ren Z, Xie Z, Cao D, et al. C-Phycocyanin inhibits hepatic gluconeogenesis and increases glycogen synthesis via activating Akt and AMPK in insulin resistance hepatocytes [J]. Food Funct, 2018, 9(5): 2829-2839
- [25] Seheult J, Fitzpatrick G, Boran G. Lactic acidosis: an update [J]. Clin Chem Lab Med, 2017, 55(3): 322-333
- [26] 钟超超, 刘功俭. 婴幼儿心脏手术体外循环前并行期间降温速度对血乳酸值变化的影响 [J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2016, 37(4): 303-305
- [27] 任洁, 熊小雨, 刘成军, 等. 先天性心脏病术后患儿血管活性药物评分与其预后关系 [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2018, 34(3): 139-143
- [28] Kubiak GM, Tomasik AR, Bartus K, et al. Lactate in cardiogenic shock - current understanding and clinical implications [J]. J Physiol Pharmacol, 2018, 69(1): 15-21
- [29] Düring J, Dankiewicz J, Cronberg T, et al. Lactate, lactate clearance and outcome after cardiac arrest: A post-hoc analysis of the TTM-Trial [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2018, 62(10): 1436-1442
- [30] Sikes KJ, Li J, Gao SG, et al. TGF- β 1 or hypoxia enhance glucose metabolism and lactate production via HIF1A signaling in tendon cells[J]. Connect Tissue Res, 2018, 59(5): 458-471