

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.22.010

电子心力测量法在先天性心脏病患儿术后监护中的临床应用*

任新蕊¹, 谭雁玲², 蒋坤凤³, 李静², 胡语航¹, 熊小雨², 刘成军^{2△}

(1. 四川省妇幼保健院儿童重症医学科, 成都 610045; 2. 重庆医科大学附属儿童医院重症医学科 400014; 3. 重庆医科大学附属儿童医院心脏超声科 400014)

[摘要] **目的** 探讨电子心力测量法(EC)在先天性心脏病(CHD)患儿术后监护中的临床意义。**方法** 选取2019年12月至2020年6月在重庆医科大学附属儿童医院接受CHD手术并于术后转入ICU的患儿117例为研究对象。选取17例患儿分别采用EC及经胸超声心动图(TTE)进行每搏射血量(SV)、每搏变异度(SVV)、下腔静脉扩张指数(dIVC)测定。选取100例患儿分为EC组和常规组,每组50例;常规组根据常规监测指标及临床经验进行治疗,EC组在常规组基础上,采用EC监测患儿术后0、8、16、24 h的心脏指数(CI)、SVV、外周血管阻力指数(SVRI)。记录两组患者机械通气时间、ICU停留时间、术后24 h乳酸清除率,术后24 h血管活性药物评分均值(VIS_{24mean})、最大值(VIS_{24max}),术后24 h单位体重液体净入量、严重病情结局。**结果** EC与TTE所测SV呈明显正相关($r=0.932, P<0.01$),测得SV差值的均值与一致性区间为 (-0.29 ± 3.32) mL,平均百分误差28.78%,一致性较好;EC测得SVV与TTE测得dIVC呈正相关($r=0.517, P<0.05$)。EC组患儿机械通气时间、ICU停留时间均短于常规组,24 h单位体重液体净入量、低心排综合征发生率、严重病情结局发生率低于常规组($P<0.05$)。两组患儿24 h乳酸清除率、血管活性药物评分,腹膜透析、心肺复苏及死亡比例未见明显差异($P>0.05$)。**结论** 采用EC监测对CHD术后治疗具有一定临床价值。

[关键词] 微创心功能;电子心力测量;儿童;先天性心脏病术后;血流动力学

[中图分类号] R72 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)22-3828-05

Clinical application of electrical cardiometry in postoperative monitoring of children patients with congenital heart disease*

REN Xinrui¹, TAN Yanling², JIANG Kunfeng³, LI Jing², HU Yuhang¹,
XIONG Xiaoyu², LIU Chengjun^{2△}

(1. Department of Critical Care Medicine, Sichuan Provincial Maternal and Child Health Care Hospital, Chengdu, Sichuan 610045, China; 2. Department of Critical Care Medicine, Affiliated Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400014, China; 3. Department of Cardiology, Affiliated Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400014, China)

[Abstract] **Objective** To explore the clinical significance of electrical cardiometry (EC) in postoperative monitoring of children patients with congenital heart disease (CHD). **Methods** One hundred and seventeen children patients receiving the CHD surgery and transferring to ICU after operation in the Affiliated Children's Hospital of Chongqing Medical University from December 2019 to June 2020 were selected as the study subjects. Seventeen cases were selected to adopt EC and transthoracic echocardiography (TTE) to detect the stroke volume (SV), stroke volume variation (SVV) and the distensibility index of the inferior vena cava (dIVC). Other 100 children cases were selected and divided into the EC group and routine group, 50 cases in each group. The routine group was treated according to the routine monitoring indicators and clinical experience, while on the basis of the routine group, the EC group adopted EC to monitor the cardiac index (CI), SVV and systemic vascular resistance index (SVRI) at postoperative 0, 8, 16, 24 h. The mechanical ventilation time, ICU stay time, lactic acid clearance rate at postoperative 24 h, VIS_{24mean} at postoperative 24 h, VIS_{24max}, net fluid intake per unit body weight at postoperative 24 h and severe disease outcome were recorded in the two groups. **Results** EC had significantly positive correlation with SV measured by EC ($r=0.932, P<0.01$); the mean

* 基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(2020FYXX111)。 作者简介:任新蕊(1995-),住院医师,硕士,主要从事儿童危急重症疾病研究。 △ 通信作者, E-mail: liucwd@163.com。

value of detected SV difference value and the consistency interval were (-0.29 ± 3.32) mL, the average percentage error was 28.78% with good consistency. SVV measured by EC was positively correlated with dIVC measured by TTE ($r=0.517, P<0.05$). The use time of breathing machine and ICU stay time in the EC group were shorter than those in the routine group. The 24 h net fluid volume intake per unit body weight, incidence rate of low cardiac output syndrome and severe disease outcome in the EC group were lower than those in the routine group ($P<0.05$). The 24 h lactic acid clearance rate, vasoactive drug score, peritoneal dialysis, cardiopulmonary resuscitation and mortality rate had no significant differences between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** Adopting the EC monitoring has a certain clinical value for postoperative treatment of CHD.

[Key words] non-invasive cardiac function; electrical cardiometry; children; postoperative congenital heart disease; hemodynamics

先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)患儿术后的血液动力学复杂, 医师临床经验、体格检查和常规监测难以充分评估血液动力学功能障碍的性质和程度。血流动力学参数的优化可以降低病死率、术后并发症发生率和住院时间, 提高患儿的功能恢复水平。AESCULON® 无创心功能监测仪(Osypka Medical, 德国)是利用电子心力测量法(electrical cardiometry, EC)获得血流动力学参数的一项无创、安全、简便的监测设备。本研究进行前瞻性研究, 探讨 EC 在 CHD 患儿术后监护中的临床应用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 12 月至 2020 年 6 月在重庆医科大学附属儿童医院接受 CHD 手术并于术后转入 ICU 的 117 例患儿为研究对象。先纳入 17 例患儿进行一致性研究; 再纳入 100 例患儿进行临床应用研究, 分

为 EC 组和常规组, 每组 50 例, 两组患儿性别、年龄、体重、病种分布、体外循环时间、主动脉阻断时间及平均第三代小儿死亡风险评分(PRISM III 评分)比较差异均无统计学意义($P<0.05$), 见表 1。纳入标准: (1)诊断为 CHD; (2)年龄 0~<18 岁; (3)接受体外循环内心直视手术; (4)术后转入 ICU 治疗; (5)镇静状态, 呼吸机辅助通气。排除标准: (1)延迟关胸; (2)术后出现心律失常或带有临时起搏器; (3)主动脉严重病变或术后仍存在主动脉瓣中重度反流; (4)头颈部、胸部及大腿部皮肤病影响电极粘贴或对电极片粘贴极过敏。本研究通过重庆医科大学附属儿童医院伦理审查委员会审批(批准号:[2019]244 号), 并在中国临床试验注册中心注册(注册号: ChiCTR1900028225)。已获受试者及监护人知情同意。

表 1 两组患儿一般资料比较

基本资料	EC 组(n=50)	常规组(n=50)	t/Z/χ ²	P
年龄[M(P ₂₅ , P ₇₅), 岁]	0.98(0.46, 2.52)	0.78(0.46, 1.29)	-1.386	0.116
性别(男/女, n/n)	24/26	26/24	0.160	0.689
体重($\bar{x} \pm s$, kg)	8.86 ± 3.88	7.71 ± 2.99	1.654	0.101
类型[n(%)]			0.060	0.806
简单型	11(22)	10(20)		
复杂型	39(78)	40(80)		
体外循环时间($\bar{x} \pm s$, min)	93.72 ± 32.05	95.52 ± 30.41	-0.228	0.774
主动脉阻断时间($\bar{x} \pm s$, min)	53.12 ± 26.80	56.66 ± 24.88	-0.684	0.495
PRISM III 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	6.00 ± 2.81	6.02 ± 3.71	-0.030	0.976

1.2 方法

1.2.1 一致性研究

入选 17 例患儿于术后 24 h 进行经胸超声心动图(TTE)检查, 记录每搏射血量(SV)及下腔静脉扩张指数(dIVC)。由本院同一位专业心脏超声科医师采用 GE VIVIDi 彩色多普勒超声仪行床旁 TTE 检查, 测量血流速度时间积分(VTI)及下腔静脉吸气末和

呼气末直径(IVCD), 计算 SV 及 dIVC, 连续测量 3 次取平均值。同时采用 AESCULON® 无创心功能监测仪进行心功能检测, 测得 SV 及每搏变异度(SVV)。患儿取仰卧位, 用 75% 乙醇擦拭患儿额部、左侧颈底部、剑突水平与左腋中线交点、腹部左腋中线或者左侧大腿皮肤, 待擦拭处干燥后放置专用电极片, 连接检测仪导线, 输入患儿基本信息后开始自动监测, 间

隔 3 min, 读取 3 次, 计算平均值。

1.2.2 EC 在 CHD 患儿术后监护中的临床应用

常规组: 患儿予以常规心电监护、出入量统计、动脉血气检测、心脏超声检查等, 并根据临床症状体征给予相应的对症支持治疗, 如机械通气、抗感染、液体治疗、血管活性药物等。EC 组: 患儿在常规组基础上, 利用 AESCULON[®] 无创心功能监测仪采集术后 0、8、16、24 h 血流动力学指标, 包括心脏指数(CI)、SVV、外周血管阻力指数(SVRI); 调整血管活性药物剂量、种类及液体治疗使 $CI > 2.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, SVV 维持在 10%~15%, SVRI 维持在 $800 \sim 1\ 600 \text{ dyn} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5} \cdot \text{m}^2$ 。

1.2.3 观察指标

记录两组患者机械通气时间、ICU 停留时间、术后 24 h 乳酸清除率, 术后 24 h 血管活性药物评分均值[$VIS_{24\text{mean}}$]、最大值[$VIS_{24\text{max}}$], 术后 24 h 单位体重液体净入量, 严重病情结局(以下至少出现 1 种): 低心排综合征(LCOS)、腹膜透析、心肺复苏或死亡。

1.3 统计学处理

采用 SPSS22.0 及 MedCalc 统计软件进行分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 t 检验。偏态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以率表示, 采用 χ^2 检验或连续校正 χ^2 检验。采用 Pearson 相关性分析, Bland-Altman 一致性分析, 平均百分误差小于 30% 认为两者一致性好。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 相关性和一致性分析

17 例患儿中男 8 例, 女 9 例, 平均年龄 0.39 (0.28, 0.83) 岁, 平均体重 $(6.67 \pm 3.79) \text{ kg}$, 均为复杂型, 平均体外循环时间 $(115.12 \pm 37.86) \text{ min}$, 平均主动脉搏阻断时间 $(60.88 \pm 29.33) \text{ min}$, PRISM III 评分 4.00 (2.00, 5.50) 分。EC 及 TTE 测得的 SV 分别为 $(11.23 \pm 4.43) \text{ mL}$ 和 $(11.52 \pm 4.64) \text{ mL}$, EC 与 TTE 测量 SV 呈正相关 ($r = 0.932, P < 0.01$), 见图 1。EC 与 TTE 测量 SV 差值的均值与一致性区间为 $(-0.29 \pm 3.32) \text{ mL}$, 其平均百分误差为 28.78%, 见图 2。EC 测量的 SVV 为 $(15.71 \pm 5.25) \%$, TTE 测得的 dIVC 为 $(17.33 \pm 6.32) \%$, 二者呈正相关 ($r =$

$0.517, P = 0.034$), 见图 3。

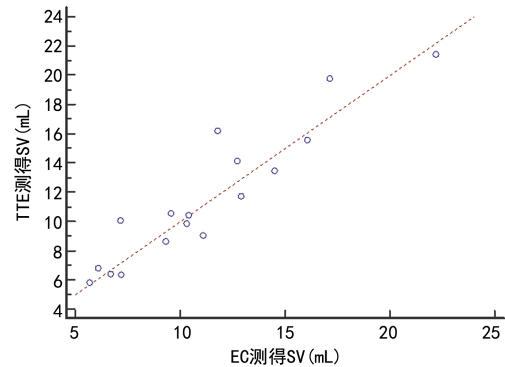


图 1 EC 和 TTE 监测 SV 的相关性分析

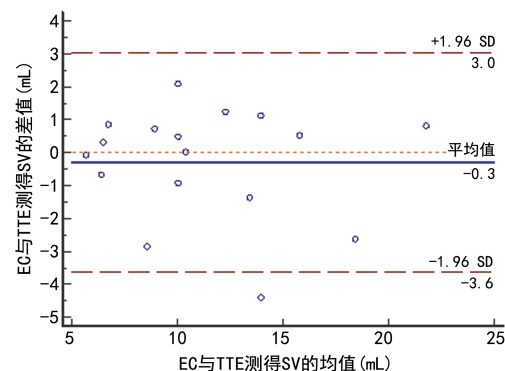


图 2 EC 和 TTE 监测 SV 的一致性分析

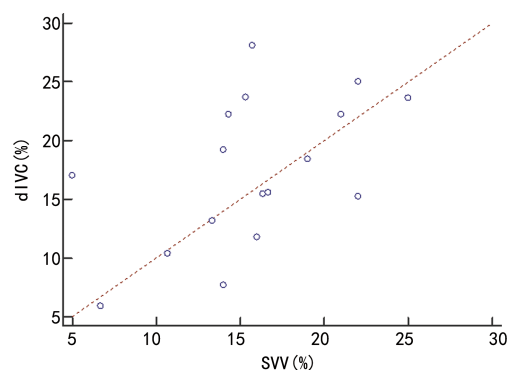


图 3 SVV 与 dIVC 的相关性分析

2.2 两组各临床指标比较

两组患儿的术后 24 h 乳酸清除率、 $VIS_{24\text{mean}}$ 、 $VIS_{24\text{max}}$ 、腹膜透析率、心肺复苏率及死亡比例比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。EC 组机械通气时间、ICU 停留时间较常规组明显缩短, 24 h 单位体重液体净入量、LCOS 发生率及严重病情结局发生率较常规组降低, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 2。

表 2 两组各临床指标比较

预后指标	EC 组 ($n=50$)	常规组 ($n=50$)	Z/χ^2	P
24 h 乳酸清除率 [$M(P_{25}, P_{75}), \%$]	33.30 (-12.90, 44.10)	27.30 (5.87, 47.83)	0.298	0.766
$VIS_{24\text{mean}}$ [$M(P_{25}, P_{75}), \text{分}$]	11.40 (10.00, 15.13)	13.86 (9.78, 19.17)	1.052	0.293
$VIS_{24\text{max}}$ [$M(P_{25}, P_{75}), \text{分}$]	14.75 (10.00, 22.55)	17.74 (12.47, 24.94)	1.426	0.154
24 h 单位体重液体净入量 [$M(P_{25}, P_{75}), \text{mL}$]	2.83 (-7.98, 20.93)	15.78 (4.29, 31.91)	1.989	0.047

续表 2 两组各临床指标比较

预后指标	EC 组 (n=50)	常规组 (n=50)	Z/ χ^2	P
机械通气时间[M(P ₂₅ , P ₇₅), h]	23.38(12.33, 88.25)	67.92(28.04, 163.37)	3.464	0.001
ICU 停留时间[M(P ₂₅ , P ₇₅), d]	3.88(2.67, 6.78)	5.96(3.86, 9.12)	2.940	0.003
严重病情结局[n(%)]	11(22)	21(42)	4.596	0.047
腹膜透析	6(12)	3(6)	0.488	0.485*
心肺复苏	3(6)	1(2)	0.260	0.610*
LCOS	10(20)	19(38)	3.934	0.047
死亡	3(6)	3(6)	0.000	1.000*

*: 连续校正 χ^2 检验。

3 讨 论

CHD 是儿童常见心血管系统疾病,我国 CHD 发病率 0.8%~0.9%,目前居出生缺陷疾病第一位,是导致婴幼儿死亡的主要原因之一,外科手术是目前主要治疗手段。术中体外循环应用、内环境改变等打击,导致脏器灌注不足、再灌注损伤,可并发心律失常、LCOS 等,严重影响生存率及并发症发生率。因此严密监测患儿术后血流动力学变化是优化治疗、改善预后的重要环节。目前临床常用血流动力学监测技术中,有创血压和中心静脉压监测均为有创操作,监测指标单一,不能全面反映 CHD 患儿术后血流动力学状态;脉搏指示持续心排量监测需进行穿刺置管操作,有感染、出血、血栓形成风险,耗材昂贵,在血液动力学不稳定的患者中,需频繁校准;TTE 虽为目前 CHD 患儿术后常用无创监测手段,可监测术后心脏结构及心功能情况,但其操作需专业医师,超声信号易受干扰,且只能监测时间点血流动力学情况,不能动态监测。AESCULON® 无创心功能监测仪是基于 EC 对血流动力学进行监测,其原理为监测主动脉瓣开关前后的血流导电性变化率,计算血流动力学参数。该操作过程简单,避免穿刺、管道留置等有创操作,可以连续监测血流动力学变化。文献报道^[1-4],该技术在儿科人群中的测量结果与侵入性技术高度相关,在儿童常用无创心排量监测中,EC 测量的偏倚最小,平均百分误差最低。NARULA 等^[3]研究表明,在各种结构性心脏病的儿童进行心导管手术前后,使用 EC 测量的 CI 与肺动脉漂浮导管有较高一致性,可提供可靠的血流动力学数据的评估。GROLLMUSSE 等^[5]在大动脉转位术后血流动力学监测研究中证明 EC 测量的 SV 与 TTE 有好的一致性,两种测量方式均可正确反映心排量的趋势。本研究显示,EC 测得 SVV 与 TTE 测得 dIVC 呈正相关($r=0.513, P<0.05$)。EC 与 TTE 两种方法所测 SV 呈正相关($r=0.932, P<0.01$),其差值的均值与一致性区间为 (-0.29 ± 3.32) mL,平均百分误差为 28.78%,两种监测方法一致性良好,提示 EC 可作为一项可靠的监测方法,用于 CHD 患儿术后的血流动力学监测。相

较于 TTE,EC 操作简单,可连续进行血流动力学监测。液体疗法和血管活性药物维持血流动力学稳定,保证全身灌注是降低器官衰竭风险和病死率的重要环节之一。传统静态容量负荷指标,如中心静脉压、肺动脉楔压等,在反映容量反应性上准确性较差,随着无创监测方法普及,动态指标在液体治疗中的应用引起重视。研究表明^[6-8],SVV 是评价儿童心脏术后液体反应性的可靠指标,dIVC 对于机械通气状态下患者容量状态具有较好诊断价值。CI 和 SVRI 分别反映心肌收缩力和外周血管阻力。因此,本研究采用 EC 监测的 CI、SVRI、SVV 指标,以此指导血管活性药物及液体治疗方案。CHD 患儿基础心功能较差,手术操作对机体打击大,术后需要密切监测血流动力学变化,早期、准确调节临床治疗方案,以期改善患儿预后。血管活性药广泛应用于 CHD 术后,血管活性药物评分用于量化血管活性药物使用情况,与 CHD 术后早期病死率相关^[9-10],是影响术后撤机的主要因素之一^[11]。另有 meta 分析^[12]指出,液体超负荷与住院时间延长及术后病死率明显相关。因此,精准、个体化的液体治疗和血管活性药物应用可有效改善术后早期恢复效果,可能提高术后存活率。本研究显示,EC 组 24 h 单位体重液体净摄入量、LCOS 发生率及严重病情结局发生率较常规组低,说明在 EC 监测指导下进行液体管理,可减少液体过负荷,降低术后 LCOS 发生率,改善患儿术后早期心功能情况。EC 组患儿机械通气时间及 ICU 停留时间均短于常规组。两组患儿术后 24 h 乳酸清除率、血管活性药物评分、腹膜透析率、心肺复苏率及死亡比例未见明显差异,该结果可能与样本量少、年龄及体重跨度大、CHD 类型复杂、其他影响因素(如基础疾病、感染控制情况、其他脏器功能衰竭)等有关。

综上所述,EC 监测具有无创、简便、连续测量性,其测量值与 TTE 有良好的一致性和相关性;采用 EC 监测下指导 CHD 患儿术后临床治疗,可改善部分早期预后,制订个体化、精细化的治疗方案,值得临床推广。未来仍需扩大数据量,进一步研究其对改善儿童 CHD 术后早期治疗效果和远期预后情况等临床

意义。

参考文献

- [1] SKOWNO J J. Hemodynamic monitoring in children with heart disease; overview of newer technologies [J]. *Paediatr Anaesth*, 2019, 29 (5):467-474.
- [2] O'NEILL R, DEMPSEY E M, GARVEY A A, et al. Non-invasive cardiac output monitoring in neonates [J]. *Front Pediatr*, 2021, 8:614585.
- [3] NARULA J, CHAUHAN S, RAMAKRISHNAN S, et al. Electrical cardiometry: a reliable solution to cardiac output estimation in children with structural heart disease [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(3):912-917.
- [4] SUEHIRO K, JOOSTEN A, MURPHY L S, et al. Accuracy and precision of minimally-invasive cardiac output monitoring in children: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Clin Monit Comput*, 2016, 30(5):603-620.
- [5] GROLLMUSS O, DEMONTOUX S, CAPDE-ROU A, et al. Electrical velocimetry as a tool for measuring cardiac output in small infants after heart surgery [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(6):1032-1039.
- [6] LUO D, LIU F, DAI W, et al. Diagnostic accuracy of stroke volume variation for predicting fluid responsiveness in children undergoing cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *Paediatr Anaesth*, 2021, 31(7):755-762.
- [7] ASLAN N, YILDIZDAS D, HOROZ O O, et al. Central venous pressure, global end-diastolic index, and the inferior vena cava collapsibility/distensibility indices to estimate intravascular volume status in critically ill children: a pilot study [J]. *Aust Crit Care*, 2021, 34(3):241-245.
- [8] SONG Y, HOU H, BAI J, et al. Prediction of fluid responsiveness by stroke volume variation in children undergoing fontan operation [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020:2595960.
- [9] DILLI D, AKDUMAN H, ORUN U A, et al. Predictive value of vasoactive-inotropic score for mortality in newborns undergoing cardiac surgery [J]. *Indian Pediatr*, 2019, 56(9):735-740.
- [10] LOOMBA R S, FLORES S. Use of vasoactive agents in postoperative pediatric cardiac patients: insights from a national database [J]. *Congenit Heart Dis*, 2019, 14(6):1176-1184.
- [11] 巴宏军, 徐玲玲, 彭慧敏, 等. 婴幼儿先天性心脏病术后呼吸机撤离影响因素分析 [J]. *实用医学杂志*, 2019, 35(5):743-746.
- [12] BELLOS I, ILIOPOULOS D C, PERREA D N. Association of postoperative fluid overload with adverse outcomes after congenital heart surgery: a systematic review and dose-response meta-analysis [J]. *Pediatr Nephrol*, 2020, 35(6):1109-1119.
- (收稿日期:2021-04-11 修回日期:2021-08-26)
-
- (上接第 3827 页)
- 与血清炎症因子的关系 [J]. *重庆医学*, 2017, 46(2):250-253.
- [12] PANTELI K E, HATZIMICHAEL E C, BOURANTA P K, et al. Serum interleukin (IL)-1, IL-2, sIL-2Ra, IL-6 and thrombopoietin levels in patients with chronic myeloproliferative diseases [J]. *Br J Haematol*, 2005, 130(5):709-715.
- [13] POURCELOT E, TROCME C, MONDET J, et al. Cytokine profiles in polycythemia vera and essential thrombocythemia patients: clinical implications [J]. *Exp Hematol*, 2014, 42(5):360-368.
- [14] GREGOR H, GEORG G, PETER V. Cytokine regulation of microenvironmental cells in myeloproliferative neoplasms [J]. *Mediators Inflamm*, 2015, 2015:869242.
- [15] MUSHTAQ M U. Prognostic significance of neutrophil-to-lymphocyte ratio in relapsed/refractory acute myeloid leukemia [J]. *Blood*, 2018, 132(S1):5246.
- [16] BELTRAN B E, CASTRO D, DE LA CRUZ-VARGAS J A, et al. The neutrophil-lymphocyte ratio is prognostic in patients with early stage aggressive peripheral T cell lymphoma [J]. *Br J Haematol*, 2019, 184(4):650-653.
- (收稿日期:2021-02-25 修回日期:2021-07-08)