http://www.zjujournals.com/med　　**DOI**:10.3724/zdxbyxb-2022-0069

·原　著·

肠和肾血氧饱和度能较好预测小儿先天性心脏病术后急性肾损伤

柳立平,张明杰,陈　曦,王丽平,徐卓明
上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心心胸外科,上海 200127

[摘　要]　**目的**:研究脑、肠、肾区域血氧饱和度(rSO_2)预测小儿先天性心脏病术后急性肾损伤(AKI)发生的价值。**方法**:选择2020年1—12月在上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心进行体外循环先天性心脏病纠治术、体重大于2.5 kg且年龄在1岁及以下的患儿57例。采用近红外光谱连续监测患儿术后48 h内脑、肠、肾rSO_2。比较AKI组与非AKI组,以及发生与未发生2级及以上AKI患儿脑、肠、肾rSO_2的变化差异,并采用ROC曲线分析肠、肾rSO_2对术后发生AKI及严重程度的预测价值。**结果**:57例患儿中,38例(66.7%)发生AKI,其中AKI　1级18例(47.4%),AKI　2级9例(23.7%),AKI　3级11例(28.9%),AKI总发生率约为66.7%。AKI组与非AKI组脑rSO_2的变化差异无统计学意义(F=0.012,P>0.05),但AKI组肠rSO_2和肾rSO_2明显低于非AKI组(F=5.017和5.003,均P<0.05)。发生与未发生2级及以上AKI患儿脑rSO_2的变化差异无统计学意义(F=0.311,P>0.05),但发生2级及以上AKI患儿肠rSO_2和肾rSO_2均低于未发生2级及以上AKI患儿(F=6.431和14.139,均P<0.05)。对术后AKI的预测效能进行分析发现,24 h内肠rSO_2的诊断效能较好,其中术后3 h肠rSO_2诊断AKI的曲线下面积(AUC)为0.823,以术后3 h肠rSO_2低于85%预测AKI的敏感度为66.7%、特异度为89.5%;24~48 h肾rSO_2的诊断效能较好,其中术后31 h肾rSO_2诊断AKI的AUC为0.918,以术后31 h肾rSO_2低于84%预测AKI的敏感度为72.2%、特异度为84.2%。对术后发生2级及以上AKI的预测效能进行分析发现,24 h内肠rSO_2的诊断效能较好,其中术后3 h肠rSO_2诊断2级及以上AKI的AUC为0.829,以术后3 h肠rSO_2低于84%预测2级及以上AKI的敏感度为62.2%、特异度为90.0%;24~48 h肾rSO_2的诊断效能较好,其中术后34 h肾rSO_2诊断2级及以上AKI的AUC为0.826,以术后34 h肾rSO_2低于71%预测2级及以上AKI的敏感度为91.9%、特异度为55.0%。**结论**:肠、肾rSO_2不仅对术后AKI发生有较好的预测作用,同时对AKI的严重程度也有较好的预测效能。

[**关键词**]　先天性心脏病;急性肾损伤;近红外光谱监测;区域血氧饱和度;肠道;肾
[**中图分类号**]　R726.5　　[**文献标志码**]　A

收稿日期:2022-02-28　　**接受日期**:2022-05-14

第一作者:柳立平,主管护师,主要从事儿童重症监护研究;E-mail:appleliupp@163.com;https://orcid.org/0000-0002-4340-8570
通信作者:徐卓明,主任医师,主要从事小儿先天性心脏病重症监护研究;E-mail:zmxcicu@163.com;https://orcid.org/0000-0001-5695-8662

Prediction value of regional oxygen saturation in intestine and kidney for acute kidney injury in children with congenital heart disease after surgery

LIU Liping, ZHANG Mingjie, CHEN Xi, WANG Liping, XU Zhuoming (*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China*)
Corresponding author: XU Zhuoming, E-mail: zmxcicu@163.com, https://orcid.org/0000-0001-5695-8662

[**Abstract**] **Objective**: To study the prediction value of regional oxygen saturation (rSO_2) in brain, intestine and kidney for acute kidney injury (AKI) in children with congenital heart disease after surgery. **Methods**: Fifty-seven children with congenital heart disease (CHD), whose weight >2.5 kg and age≤1 year were treated in Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine from January 2020 to December 2020. The rSO_2 of brain, intestine and kidney were monitored with near-infrared spectroscopy continuously for 48 h after surgery. The predictive values of cerebral, intestinal and renal rSO_2 for occurrence and severity of postoperative AKI were analyzed. **Results**: Among 57 patients, postoperative AKI developed in 38 cases (66.7%), including 18 cases of AKI-1 (47.4%), 9 cases of AKI-2 (23.7%) and 11 cases of AKI-3 (28.9%). There was no significant difference in cerebral rSO_2 between AKI group and non-AKI group (F=0.012, P>0.05), while the intestinal rSO_2 and renal rSO_2 in AKI group were significantly lower than those in non-AKI group (F=5.017 and 5.003, both P<0.05). There was no significant difference in brain rSO_2 between children with or without AKI-2 and above (F=0.311, P>0.05), but the intestinal rSO_2 and renal rSO_2 in children with AKI-2 and above were lower than other children (F=6.431 and 14.139, both P<0.05). The area under ROC curve (AUC) of intestinal rSO_2 3 h after surgery for predicting AKI was 0.823, and with intestinal rSO_2 3 h after surgery <85%, the sensitivity and specificity were 66.7% and 89.5%, respectively. The AUC of renal rSO_2 for the diagnosis of AKI at 31 h after surgery was 0.918, and with intestinal rSO_2 31 h after surgery <84%, the sensitivity and specificity were 72.2% and 84.2%, respectively. The AUC of intestinal rSO_2 3 h after surgery for the diagnosis of AKI-2 and above was 0.829, and with intestinal rSO_2 3 h after surgery <84%, the sensitivity and specificity were 62.2% and 90.0%, respectively. The AUC of renal rSO_2 for the diagnosis of AKI-2 and above was 0.826 at 34 h postoperatively, and with intestinal rSO_2 34 h after surgery <71%, the sensitivity and specificity were 91.9% and 55.0%, respectively. **Conclusion**: The monitoring of intestinal and renal rSO_2 can predict the occurrence and severity of postoperative AKI in children with congenital heart disease after surgery.

[**Key words**] Congenital heart disease; Acute kidney injury; Near-infrared spectroscopy monitoring; Regional oxygen saturation; Intestine; Kidney

[J Zhejiang Univ Med Sci, 2022, 51(3): 334-340.]

[**缩略语**] 急性肾损伤(acute kidney injury,AKI);近红外光谱(near-infrared spectro-

scopy,NIRS);区域血氧饱和度(regional oxygen saturation,rSO_2);估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate,eGFR);受试者操作特征曲线(receiver operator characteristic curve,ROC曲线);先天性心脏病手术风险评估(risk adjustment in congenital heart surgery,RACHS-1);重症监护室(intensive care unit,ICU)

先天性心脏病患儿术后AKI的发生率为36%~59%[1],当患者出现血清肌酐升高时肾脏损伤往往已经很严重[2]。很多学者探究了可早期识别先天性心脏病术后AKI发生的生物学标志物[3],包括中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白、胱抑素C、肝型脂肪酸结合蛋白、白介素-8、胰岛素样生长因子结合蛋白7和组织金属蛋白酶抑制物2等[4-8]。然而这些检查均无法实时监测,反复抽取标本易导致患儿贫血等问题。

NIRS利用近红外光的特点来检测rSO_2,因无创、连续和可实时监测等优点,近年在临床中的应用越来越多[9-11]。由于体外循环的心肺旁路会导致脑血流和氧合的突然变化,因此常在先天性心脏病的手术过程利用NIRS监测脑rSO_2是否下降,以预防缺氧性损伤[10]。有研究显示,肾rSO_2下降可预测术后AKI的发生[11]。同时先天性心脏病术后发生AKI的患儿往往存在腹腔脏器供血供氧的不足,包括肠系膜血供,因此本文拟通过监测先天性心脏病患儿术后脑、肾、肠三个位置的rSO_2,探究其对术后AKI发生的预测价值。

1　对象与方法

1.1　对　象

选择2020年1—12月在上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心进行体外循环先天性心脏病纠治术且体重大于2.5 kg、年龄在1岁及以下的患儿。共入组65例先天性心脏病术后患儿,1例术前肾功能已受损,3例安装体外膜肺氧合器,4例rSO_2数据缺失,最终57例患儿的数据为有效数据。57例患儿中,男性34例,女性23例,年龄为3~355 d,体重为2.6~10.0 kg;主动脉缩窄/主动脉弓发育不良/主动脉弓中断患儿16例,法洛四联症10例,完全性肺静脉异位引流7例,瓣膜疾病6例,房室间隔缺损5例,右心室双出口、完全性大动脉转位各3例,左冠状动脉异常起源于肺动脉3例,威廉姆斯综合征2例,永存动脉干1例,肺动脉狭窄1例;54例患儿为根治手术,3例为姑息手术;12例患儿早期进行腹膜透析,均为发生2级及以上AKI患儿;所有患儿术后均存活。本研究通过上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心伦理委员会审查(SCMCIRB-W2020008),并获得监护人的知情同意。

1.2　AKI的诊断和分级标准

收集患儿术后1~3 d的每日血清肌酐数据。参照改善全球肾脏病预后组织的标准[12],术后48 h内血清肌酐浓度增加至少26.5 μmol/L或超过基线值1.5倍诊断为AKI。其中,肌酐浓度增加至少26.5 μmol/L或超过基线值的1.5~1.9倍为1级,肌酐升高超过基线值2.0~2.9倍为2级;术后48 h内血清肌酐浓度增加至少353.6 μmol/L,或肌酐升高超过基线值3倍,或开始肾脏替代治疗,或eGFR低于35 $mL \cdot min^{-1} \cdot 1.73\ m^{-2}$为3级。

1.3　NIRS监测方法

采用美国Covidien公司的INVOS™ 5100C脑/体血氧饱和度监护仪连续监测患儿术后48 h脑、肠及肾rSO_2。将NIRS的电极片分别粘贴于患儿头部前额、腹部和肾区。头部电极片粘贴位置为眉弓上1 cm右侧,腹部电极片粘贴在脐上或脐下,肾区电极片放在脊柱左侧或右侧、肋弓下方部位。每小时记录一次NIRS数据。

1.4　统计学方法

应用SPSS 25.0进行数据整理与分析。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验;非正态分布的计量资料以中位数(上下四分位数)[$M(Q_1,Q_3)$]表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验;计数资料以百分数(%)表示,组间比较采用χ^2检验。术后48 h内不同时间点间rSO_2的比较采用重复测量的方差分析。采用ROC曲线分析脑、肠、肾rSO_2对术后AKI发生和严重程度的预测价值。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2　结　果

2.1　先天性心脏病术后是否发生AKI患儿一般情况比较

57例患儿中,38例发生AKI,其中AKI 1级

18例(47.4%),AKI 2级9例(23.7%),AKI 3级11例(28.9%),AKI总发生率约为66.7%。AKI组和非AKI组一般人口学情况、RACHS-1分级、疾病种类、手术方式、体外循环时间和主动脉阻断时间差异均无统计学意义(均P>0.05),但AKI组ICU滞留时间、呼吸机时间和住院时间均长于非AKI组(均P<0.05),见表1。发生与未发生2级及以上AKI患儿身高、手术方式、ICU滞留时间、呼吸机使用时间和住院时间差异有统计学意义(均P<0.05)。见表2。

2.2 先天性心脏病患儿术后肠、脑、肾rSO_2监测结果

AKI组与非AKI组脑rSO_2的差异无统计学意义(F=0.012,P>0.05),但AKI组肠rSO_2和肾rSO_2低于非AKI组(F=5.017和5.003,均P<0.05)。发生与未发生2级及以上AKI患儿脑rSO_2的差异无

表 1 先天性心脏病术后是否发生AKI患儿一般资料比较

Table 1 Clinical data of congenital heart disease patients with or without AKI after surgery

[n或$M(Q_1,Q_3)$或$\bar{x}\pm s$]

组别	n	男性/女性	日龄(d)	身高(cm)	体重(kg)	诊断							
						CoA/主动脉弓发育不良/IAA	TOF	TAPVC	AVSD	DORV	TGA	瓣膜疾病	其他
AKI组	38	23/15	94(3,355)	60±8	5.4±2.0	12	5	3	3	2	2	4	7
非AKI组	19	11/8	119(6,312)	62±6	5.6±1.5	4	5	4	2	1	1	2	0
$\chi^2/t/Z$值	—	0.036	0.499	1.181	0.262	7.136							
P值	—	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05							

组别	n	RACHS-1分级		手术方式		体外循环时间(min)	主动脉阻断时间(min)	ICU滞留时间(d)	呼吸机使用时间(h)	住院时间(d)
		≤2级	≥3级	姑息	根治					
AKI组	38	12	26	3	35	119±47	70±32	10±7	96.5(18.0,700.5)	24±11
非AKI组	19	9	10	0	19	102±57	57±30	6±4	48.8(9.4,315.8)	15±6
$\chi^2/t/Z$值	—	1.357		1.583		1.165	1.395	2.856	2.015	4.238
P值	—	>0.05		>0.05		>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

—:无相关数据;AKI:急性肾损伤;CoA:主动脉缩窄;IAA:主动脉弓中断;TOF:法洛四联症;TAPVC:完全性肺静脉异位引流;AVSD:房室间隔缺损;DORV:右心室双出口;TGA:完全性大动脉转位;RACHS-1:先天性心脏病手术风险评估;ICU:重症监护室.

表 2 是否发生2级及以上AKI 患儿一般资料比较

Table 2 Clinical data of congenital heart disease patients with or without AKI stage 2 and above

组别	n	男性/女性	日龄(d)	身高(cm)	体重(kg)	诊断							
						CoA/主动脉弓发育不良/IAA	TOF	TAPVC	AVSD	DORV	TGA	瓣膜疾病	其他
发生2级及以上AKI患儿	20	13/7	119(6,312)	58±8	5.0±1.7	11	8	6	4	2	1	3	2
未发生2级及以上AKI患儿	37	21/16	94(3,355)	62±7	5.8±1.9	5	2	1	1	1	2	3	5
$\chi^2/t/Z$值	—	0.367	0.499	2.074	1.527	8.895							
P值	—	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05							

组别	n	RACHS-1分级		手术方式		体外循环时间(min)	主动脉阻断时间(min)	ICU滞留时间(d)	呼吸机使用时间(h)	住院时间(d)
		≤2级	≥3级	姑息	根治					
发生2级及以上AKI患儿	20	4	16	3	17	102±57	57±31	13±8	118.9(18.0,700.5)	29±11
未发生2级及以上AKI患儿	37	17	20	0	37	119±47	70±32	6±4	66.8(9.4,315.8)	17±7
$\chi^2/t/Z$值	—	3.756		5.858		1.165	1.395	3.961	2.868	4.315
P值	—	>0.05		<0.05		>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

—:无相关数据;AKI:急性肾损伤;CoA:主动脉缩窄;IAA:主动脉弓中断;TOF:法洛四联症;TAPVC:完全性肺静脉异位引流;AVSD:房室间隔缺损;DORV:右心室双出口;TGA:完全性大动脉转位;RACHS-1:先天性心脏病手术风险评估;ICU:重症监护室.

统计学意义(F=0.311,P>0.05),但发生2级及以上AKI患儿肠rSO_2和肾rSO_2均低于未发生2级及以上AKI患儿(F=6.431和14.139,均P<0.05)。见图1。结果提示,先天性心脏病患儿术后肠和肾rSO_2可能可以预测AKI的发生。

2.3　肠和肾rSO_2预测AKI发生的诊断效率

对术后AKI的预测效能进行分析发现,24 h内肠rSO_2的诊断效能较好,其中术后3 h肠rSO_2诊断AKI的AUC为0.823,以术后3 h肠rSO_2低于85%预测AKI的敏感度为66.7%、特异度为89.5%;24~48 h肾rSO_2的诊断效能较好,其中术后31 h肾rSO_2诊断AKI的AUC为0.918,以术后31 h肾rSO_2低于84%预测AKI的敏感度为72.2%、特异度为84.2%。见图2A。

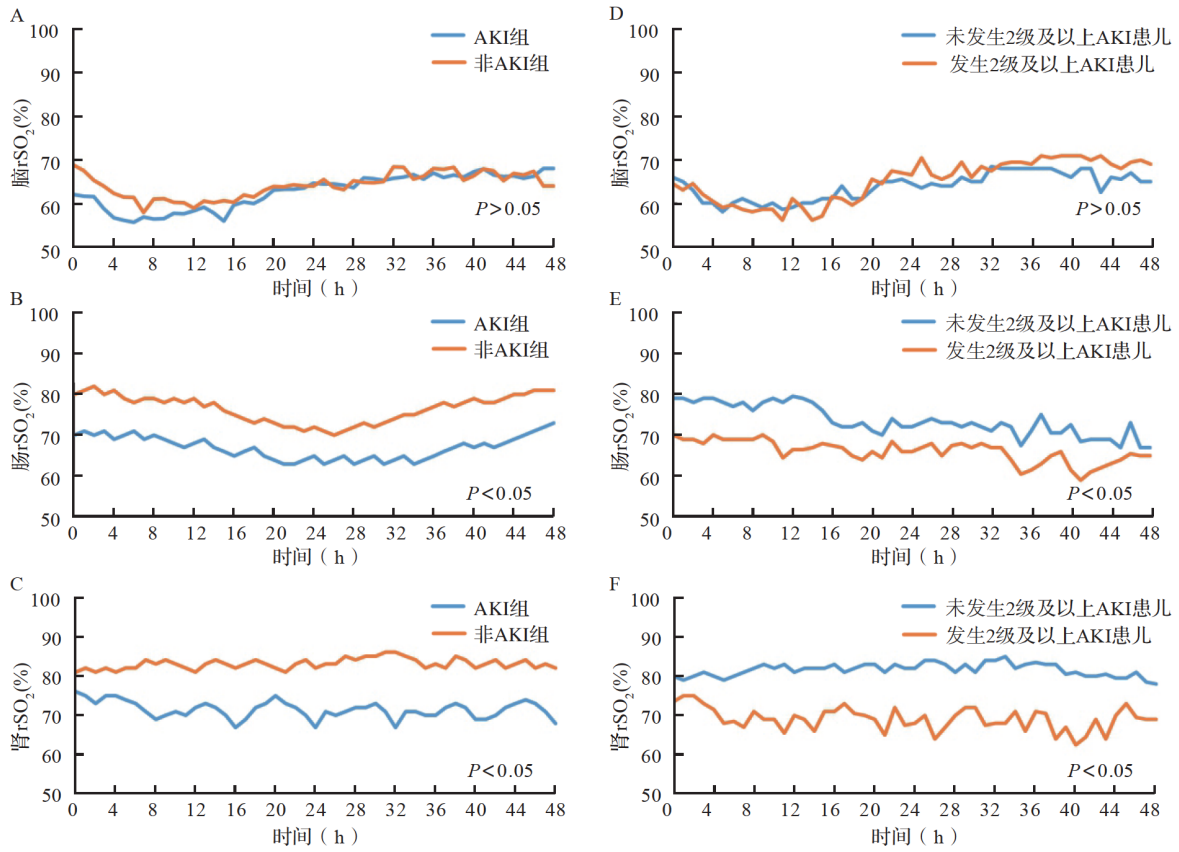
对术后发生2级及以上AKI的预测效能进行分析发现,24 h内肠道rSO_2的诊断效能较好,其中术后3 h肠rSO_2诊断2级及以上AKI的AUC为0.829,以术后3 h肠rSO_2低于84%预测2级及以上AKI的敏感度为62.2%、特异度为90.0%;24~48 h肾rSO_2的诊断效能较好,其中术后34 h肾rSO_2诊断2级及以上AKI的AUC为0.826,以术后34 h肾rSO_2低于71%预测2级及以上AKI的敏感度为91.9%、特异度为55.0%。见图2B。

以上结果提示,肠rSO_2可作为术后24 h内预测AKI及2级及以上AKI的指标,而术后24~48 h以肾rSO_2的预测效能为佳。

3　讨　论

随着先天性心脏病体外循环手术患者年龄减小,手术复杂程度越来越高,预防AKI仍然是小儿先天性心脏病术后脏器保护的重要方面。目前的研究多集中于生化检测灵敏度方面,对于无创实时监测的研究尚少。本研究通过多通道的NIRS监测,挖掘其在预测先天性心脏病术后患儿AKI的临床意义,从而早期预警和指导治疗。

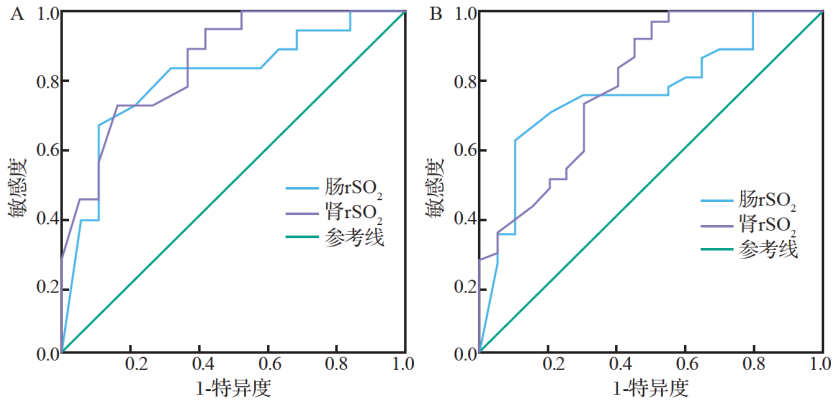
文献报道,先天性心脏病术后患儿AKI的发



A、B、C分别为AKI组和非AKI组脑、肠、肾rSO_2的变化趋势比较;D、E、F为发生与未发生2级及以上AKI患儿脑、肠、肾rSO_2的变化趋势比较. 各时间点取平均值表示,入重症监护室的时间为0点,每小时记录一次,记录时长为48 h. AKI:急性肾损伤;rSO_2:区域血氧饱和度.

图1　先天性心脏病术后是否发生AKI及不同程度AKI患儿脑、肠、肾rSO_2的变化趋势

Figure 1　Changes of brain, intestine and renal rSO_2 in patients after congenital heart surgery



A：术后3 h肠rSO_2和术后31 h肾rSO_2预测AKI的ROC曲线；B：术后3 h肠rSO_2和术后34 h肾rSO_2预测2级及以上AKI的ROC曲线. rSO_2：区域血氧饱和度；AKI：急性肾损伤；ROC曲线：受试者操作特征曲线.

图 2 肠和肾rSO_2预测先天性心脏病患儿术后AKI的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of postoperative intestinal and renal rSO_2 in predicting AKI in child patients after congenital heart surgery

生率为36%~59%[1]，本文资料显示先天性心脏病术后患儿AKI的发生率为66. 7%，较以往报道发生率明显增高，可能与本文资料中的患儿年龄较小有关。研究表明，低龄是先天性心脏病患儿术后发生AKI的危险因素[13-14]。Morgan等[15]研究显示，新生儿先天性心脏病术后AKI的发生率高达64%；Blinder等[16]研究发现，小于90 d患儿先天性心脏病术后AKI发生率为52%。AKI的发生会导致患儿病死率增加，然而本文资料中AKI组和非AKI组病例均未出现死亡，这可能与发生AKI患儿早期积极进行腹膜透析有关。有研究表明积极的腹膜透析可以改善预后[17-18]。虽然两组病死率无差别，但ICU滞留时间、呼吸机使用时间以及住院时间均为AKI组长于非AKI组，可见AKI是影响患儿术后转归的重要因素。

关于肾rSO_2与心脏术后AKI发生的关系，Ruf等[9]在一项前瞻性研究中纳入59例行心脏手术并进行了体外循环小于1岁的患儿，采用NIRS监测患儿术中及术后24 h的rSO_2，结果显示AKI组术中及术后12、24 h肾rSO_2明显低于非AKI组；Owens等[19]前瞻性研究了40例行双心室修补手术的婴儿，采用NIRS监测患儿术后48 h肾rSO_2，结果肾rSO_2低于50%持续2 h以上的患儿发生AKI的比例明显高于其他患儿。本文资料显示，肾rSO_2对先天性心脏病术后患儿AKI发生具有良好的预测效能，其中术后31 h肾rSO_2低于84%预测AKI的敏感度为72. 2%、特异度为84. 2%。不同于以往研究的是，本文资料显示先天性心脏病术后24 h内肠道rSO_2对先天性心脏病术后AKI的预测效能较肾rSO_2更佳，其中术后3 h肠rSO_2低于85%预测AKI的敏感度为66. 7%、特异度为89. 5%。进一步分析发现，肠rSO_2能够在患儿术后早期预测2级及以上AKI的发生。

综上所述，肠rSO_2能够在术后早期预测AKI的发生及严重程度。但本研究也存在着一定不足：首先，本研究主要关注了患儿术后早期的NIRS监测数据，随着病情的进展，NIRS监测数据与疾病发展之间的关系尚待于进一步研究；其次，由于本研究对象年龄小，对容量超负荷的耐受性差，大多早期进行了腹膜透析等减轻心脏容量负荷的治疗，可能对研究结果产生一定的影响；最后，由于NIRS监测样本量有限，本研究仅得出了预测界值，未进行外部验证，因此本研究结果有待更大样本量的研究进行验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] KWIATKOWSKI D M, KRAWCZESKI C D. Acute kidney injury and fluid overload in infants and children after cardiac surgery[J]. **Pediatr Nephrol**, 2017, 32(9): 1509-1517.

[2] WANG Y, BELLOMO R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment[J]. **Nat Rev Nephrol**, 2017, 13(11): 697-711.

[3] MCCULLOUGH P A, SHAW A D, HASSE M, et al. Diagnosis of acute kidney injury using functional and injury biomarkers: workgroup statements from the tenth acute dialysis quality initiative consensus conference[J]. **Contrib Nephrol**, 2013, 182: 13-29.

[4] SU L J, LI Y M, KELLUM J A, et al. Predictive value of cell cycle arrest biomarkers for cardiac surgery-associated acute kidney injury: a meta-analysis[J]. **Br J Anaesthesia**, 2018, 121(2): 350-357.

[5] SAYDAM O, TÜRKMEN E, PORTAKAL O, et al. Emerging biomarker for predicting acute kidney injury after cardiac surgery: cystatin C[J]. **Turk J Med Sci**, 2018, 48(6): 1096-1103.

[6] MUTLU H, GÜNDÜZ E, TITIZ T A, et al. Investigation of AKI with early biomarkers after cardiac surgery[J]. **Braz J Cardiovasc Surg**, 2020, 35(5): 722-731.
[7] YONEYAMA F, OKAMURA T, TAKIGIKU K, et al. Novel urinary biomarkers for acute kidney injury and prediction of clinical outcomes after pediatric cardiac surgery[J]. **Pediatr Cardiol**, 2020, 41(4): 695-702.
[8] CUMMINGS J J, SHAW A D, SHI J, et al. Intraoperative prediction of cardiac surgery-associated acute kidney injury using urinary biomarkers of cell cycle arrest[J]. **J Thoracic Cardiovasc Surg**, 2019, 157(4): 1545-1553.e5.
[9] RUF B, BONELLI V, BALLING G, et al. Intraoperative renal near-infrared spectroscopy indicates developing acute kidney injury in infants undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: a case-control study[J]. **Crit Care**, 2015, 19(1): 27.
[10] KUSSMAN B D, WYPIJ D, DINARDO J A, et al. Cerebral oximetry during infant cardiac surgery: evaluation and relationship to early postoperative outcome[J]. **Anesth Analg**, 2009, 108(4): 1122-1131.
[11] COLASACCO C, WORTHEN M, PETERSON B, et al. Near-infrared spectroscopy monitoring to predict post-operative renal insufficiency following repair of congenital heart disease[J]. **World J Pediatr Congenit Heart Surg**, 2011, 2(4): 536-540.
[12] THOMAS M E, BLAINE C, DAWNAY A, et al. The definition of acute kidney injury and its use in practice[J]. **Kidney Int**, 2015, 87(1): 62-73.
[13] HIRANO D, ITO A, YAMADA A, et al. Independent risk factors and 2-year outcomes of acute kidney injury after surgery for congenital heart disease[J]. **Am J Nephrol**, 2017, 46(3): 204-209.
[14] LEE S H, KIM S J, KIM H J, et al. Acute kidney injury following cardiopulmonary bypass in children-risk factors and outcomes[J]. **Circ J**, 2017, 81(10): 1522-1527.
[15] MORGAN C J, ZAPPITELLI M, ROBERTSON C M T, et al. Risk factors for and outcomes of acute kidney injury in neonates undergoing complex cardiac surgery[J]. **J Pediatr**, 2013, 162(1): 120-127.e1.
[16] BLINDER J J, GOLDSTEIN S L, LEE V V, et al. Congenital heart surgery in infants: effects of acute kidney injury on outcomes[J]. **J Thoracic Cardiovasc Surg**, 2012, 143(2): 368-374.
[17] BOJAN M, GIOANNI S, VOUHÉ P R, et al. Early initiation of peritoneal dialysis in neonates and infants with acute kidney injury following cardiac surgery is associated with a significant decrease in mortality[J]. **Kidney Int**, 2012, 82(4): 474-481.
[18] ZARBOCK A, KELLUM J A, SCHMIDT C, et al. Effect of early vs delayed initiation of renal replacement therapy on mortality in critically ill patients with acute kidney injury[J]. **JAMA**, 2016, 315(20): 2190.
[19] OWENS G E, KING K, GURNEY J G, et al. Low renal oximetry correlates with acute kidney injury after infant cardiac surgery[J]. **Pediatr Cardiol**, 2011, 32(2): 183-188.

[本文编辑 余 方 刘丽娜]

·学术动态·

毛春友研究员团队等揭示生长抑素受体的配体识别和选择性机制

2022年5月16日,浙江大学医学院附属邵逸夫医院毛春友研究员联合中国科学院大学附属肿瘤医院李清林教授在《细胞研究》(*Cell Research*)发表了题为“Structures of the endogenous peptide and selective non-peptide agonist-bound SSTR2 signaling complexes”的研究论文(DOI:10.1038/s41422-022-00669-z)。

研究人员利用冷冻电镜技术解析了分别结合内源性多肽激动剂(SS-14)、选择性小分子激动剂(L-054,264)的生长抑素受体(SSTR)2与下游Gi蛋白复合物的高分辨结构。结构分析表明,SS-14的“W8-K9”基序深度插入七次跨膜域内部,与受体形成了疏水相互作用以及电荷相互作用。L-054,264采用了“倒Y型”构象插入受体结合口袋。其中吲哚基团和环己烯基团模拟了肽类激动剂的“W8-K9”基序,与受体形成类似的互作模式。此外,研究人员发现受体的3个非保守残基参与了SSTR2对L-054,264的螺环的选择性识别。

陈礼楠和董映君博士研究生、王伟伟博士为论文第一作者。研究工作得到了国家自然科学基金等资助。