

体外循环下心脏术后发生急性呼吸窘迫综合征的危险因素分析及其预测价值*

陈永良¹ 薛晶² 房大广¹ 田雪飞¹ 王磊¹ 王艳华¹ 严晓丽² 冯增斌¹

[摘要] 目的:分析体外循环下心脏术后急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)发生的危险因素及其预测价值。方法:选取2016年11月—2020年12月承德医学院附属医院行体外循环下心脏手术患者283例,依据术后是否发生ARDS分为ARDS组和非ARDS组,统计2组患者临床资料,采用多因素logistic回归分析探讨体外循环下心脏术后ARDS的危险因素,采用ROC曲线分析危险因素对ARDS的预测价值。结果:单因素logistic回归分析结果显示:年龄、体重指数、脑梗死、心功能等级、置换生物瓣、急行体外循环、体外循环时长、主动脉阻断时长、二次开胸与术后ARDS相关($P < 0.05$)。多因素logistic回归分析显示年龄、体重指数、体外循环时长、主动脉阻断时长、心功能(NYHA分级)、二次开胸为术后ARDS发生的独立危险因素。ROC曲线分析ARDS发生效果最好的是体外循环时长(截断值为110.5 min,曲线下面积为0.794);其次是主动脉阻断时长;再次为体重指数。结论:年龄 > 60.5 岁、体重指数 > 24.4 kg/m²、体外循环时间 > 110.5 min、主动脉阻断时间 > 74.5 min对体外循环下心脏术后发生ARDS有预测价值,多因素联合分析显示年龄+体重指数+体外时长预测敏感度达90%。

[关键词] 体外循环;心脏手术;急性呼吸窘迫综合征;危险因素

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.04.014

[中图分类号] R654.1 **[文献标志码]** A

Risk factors and predictive value of acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass

CHEN Yongliang¹ XUE Jing² FANG Daguang¹ TIAN Xuefei¹ WANG Lei¹
WANG Yanhua¹ YAN Xiaoli² FENG Zengbin¹

(¹Department of Cardiac Surgery, Affiliated Hospital of Chengde Medical College, Chengde, Hebei, 067000, China; ²Chengde Medical College)

*基金项目:河北省教育厅青年科学基金(No:QN2019131);河北省医学科学研究青年科技课题项目(指令性课题 No:20200182);承德市科技计划项目(No:202006A048)

¹承德医学院附属医院心脏外科(河北承德,067000)

²承德医学院

通信作者:薛晶, E-mail:18233844007@163.com

引用本文:陈永良,薛晶,房大广,等.体外循环下心脏术后发生急性呼吸窘迫综合征的危险因素分析及其预测价值[J].临床心血管病杂志,2023,39(4):307-312. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.04.014.

- [15] Chen SN, Mestroni L, Taylor MRG. Genetics of dilated cardiomyopathy[J]. Curr Opin Cardiol, 2021, 36(3):288-294.
- [16] Mazzarotto F, Tayal U, Buchan RJ, et al. Reevaluating the Genetic Contribution of Monogenic Dilated Cardiomyopathy[J]. Circulation, 2020, 141(5):387-398.
- [17] Lehnart SE, Wehrens XHT. The role of junctophilin proteins in cellular function[J]. Physiol Rev, 2022, 102(3):1211-1261.
- [18] Setterberg IE, Le C, Frisk M, et al. The Physiology and Pathophysiology of T-Tubules in the Heart[J]. Front Physiol, 2021, 12:718404.
- [19] Douard M, Brette F. Transverse tubules strike back: may the junctophilin-2 be with you[J]. Cardiovasc Res, 2021, 117(1):7-8.
- [20] Poulet C, Sanchez-Alonso J, Swiatlowska P, et al. Junctophilin-2 tethers T-tubules and recruits functional L-type calcium channels to lipid rafts in adult cardiomyocytes[J]. Cardiovasc Res, 2021, 117(1):149-161.
- [21] Yamakawa S, Wu D, Dasgupta M, et al. Role of t-tubule remodeling on mechanisms of abnormal calcium release during heart failure development in canine ventricle[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2021, 320(4):H1658-H1669.
- [22] Parker LE, Kramer RJ, Kaplan S, et al. One gene, two modes of inheritance, four diseases: A systematic review of the cardiac manifestation of pathogenic variants in JPH2-encoded junctophilin-2[J]. Trends Cardiovasc Med, 2023, 33(1):1-10.
- [23] Luo T, Yan N, Xu M, et al. Junctophilin-2 allosterically interacts with ryanodine receptor type 2 to regulate calcium release units in mouse cardiomyocytes[J]. Gen Physiol Biophys, 2022, 41(2):133-140.
- [24] Dibb KM, Louch WE, Trafford AW. Cardiac Transverse Tubules in Physiology and Heart Failure[J]. Annu Rev Physiol, 2022, 84:229-255.

(收稿日期:2022-11-17)

Corresponding author: XUE Jing, E-mail: 18233844007@163.com

Abstract Objective: To analyze the risk factors and predictive value of acute respiratory distress syndrome (ARDS) after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. **Methods:** Two hundred and eighty-three patients who underwent cardiac surgery under cardiopulmonary bypass from November 2016 to December 2020 at the Affiliated Hospital of Chengde Medical College were divided into an ARDS group and a non ARDS group according to the occurrence of ARDS after the operation. The clinical data of the two groups were statistically analyzed. The risk factors of ARDS after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass were analyzed by multivariate logistic regression analysis. The predictive value of risk factors for ARDS was analyzed by ROC curve. **Results:** Univariate logistic regression analysis showed that age, body mass index, cerebral infarction, cardiac function grade, replacement of biological valve, urgent cardiopulmonary bypass, cardiopulmonary bypass time, aortic clamp time, and secondary thoracotomy were associated with postoperative ARDS ($P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that age, body mass index, cardiopulmonary bypass time, aortic clamp time, cardiac function (NYHA grade) and secondary thoracotomy were independent risk factors for the occurrence of postoperative ARDS. ROC curve analysis showed that the best effect of ARDS was the cardiopulmonary bypass time (the cut-off value was 110.5 min, and the area under the curve was 0.794); The second is aortic clamp time; Body mass index. **Conclusion:** Age > 60.5 years old, body mass index > 24.4 kg/m², cardiopulmonary bypass time > 110.5 min, aortic clamp time > 74.5 min and secondary thoracotomy had predictive value for ARDS after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. The combined prediction of multiple factors showed that the sensitivity of age + body mass index + in vitro duration was 90%.

Key words cardiopulmonary bypass; heart surgery; acute respiratory distress syndrome; risk factor

体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB)是当今心脏手术过程中必备技术之一^[1],而术后可引起复杂的炎症反应和氧化应激反应,导致一系列并发症^[2]。急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)是CPB术后最常见的并发症^[3]。目前ARDS的诊断主要采用动脉血气测量、支气管灌洗液分析、胸片检查等方法^[4],这些方法都是间接的、滞后的。ARDS可伴组织缺氧,气体交换受限,病情不易控制,治疗困难,最终导致多器官功能障碍,病死率高^[5-6]。对于ARDS的诊断,我们迫切的寻找早期标志物以降低ARDS的发病率和死亡率,如细胞间黏附分子1(ICAM-1)^[7]、IL-6和IL-8^[8]等。但目前为止并没有一个定论。本研究主要是从年龄、体重指数、脑梗死、心功能等级、置换生物瓣、急行CPB、CPB时长、主动脉阻断时长、二次开胸等多方面研究其与ARDS的相关性,以便CPB下心脏术后及时采取措施预防ARDS的发生。

1 对象与方法

1.1 对象

选取2016年11月—2020年12月于承德医学院附属医院行CPB下心脏手术患者283例,其中包括先心病矫治术28例,瓣膜置换术211例,大血管手术20例,冠脉旁路移植术14例,其他心脏手术10例。术后发生ARDS患者20例(ARDS组),未发生ARDS患者263例(非ARDS组)。本研究经承德医学院附属医院伦理委员会批准同意,患者对本研究知情同意。

1.2 纳入及排除标准

纳入标准:符合2012年柏林诊断标准诊断

ARDS;手术方式为胸骨正中开胸(不包括胸腔镜等微创手术方式)、全身麻醉、气管内插管;年龄 ≥ 18 岁。本研究观察患者是否发生ARDS以术后72h为时间节点。

排除标准:术前机械通气者;术前有肺部感染或呼吸衰竭者;合并胸外伤,或同期行其他组织器官手术者。

1.3 研究资料

收集2组患者围术期相关资料,包括年龄、体重指数、脑梗死、糖尿病、吸烟史、慢性阻塞性肺疾病史(COPD)、术前房颤、心功能等级(NYHA分级)、肺动脉高压、同期行迷宫射频消融术、置换生物瓣、CPB时长、主动脉阻断时长、急行CPB、二次开胸。参考联合国年龄分段, ≥ 65 岁定义为老年,将年龄分为 < 65 岁和 ≥ 65 岁2组。

1.4 统计学处理

应用SPSS 25.0进行统计学分析。正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 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 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用两独立样本秩和检验。计数资料采用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用logistic回归分析筛选CPB下心脏术后发生ARDS危险因素。绘制独立危险因素与是否发生ARDS患者工作特征(ROC)曲线。应用ROC曲线评估预测价值,设定每个结果为可能的诊断界值,以真阳性率(即敏感度=真阳性数/患病数 $\times 100\%$)为纵坐标,以假阳性率(即1-特异度)为横坐标绘制曲线,其曲线下面积表明了预测的准确程度。敏感度反映鉴别发生ARDS患者的能力,特异度反映鉴

别未发生 ARDS 患者的能力;通过约登指数获得每个独立危险因素的截断值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组患者围术期临床资料及分析结果

ARDS 组 20 例,年龄 45~76 岁,平均(62±8.03)岁;瓣膜置换术 16 例,大血管手术 2 例,冠脉旁路移植术 2 例。非 ARDS 组 263 例,年龄 18~78 岁,平均(55±9.93)岁;先心病矫治术 28 例,瓣膜置换术 195 例,大血管手术 18 例,冠脉旁路移植术 12 例,其他心脏手术 10 例。2 组患者年龄、体重指数、脑梗死、心功能等级(NYHA 分级)、置换生物瓣、急行 CPB、CPB 时长、主动脉阻断时长、二次开胸差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。2 组患者部分数据进行分类处理见表 2。

2.2 2 组患者围术期临床资料 logistic 回归分析结果

对 2 组患者临床资料进行单因素 logistic 回归分析,结果见表 3。结合单因素 logistic 回归分析结果进行多因素 logistic 回归分析,结果显示年龄、体重指数、心功能、CPB 时长、主动脉阻断时长、二次开胸为 CPB 下心脏术后发生 ARDS 的独立危险因素,见表 4。

2.3 ROC 曲线分析

本研究中单因素预测 ARDS 发生效果最好的是 CPB 时长;其次是主动脉阻断时长;再次为体重指数,见表 5、图 1。综合多因素联合预测分析,年龄+体重指数+体外时长预测敏感性最佳,见表 6、图 2。

3 讨论

ARDS 是由各种原因导致的急性呼吸衰竭,主要表现为呼吸窘迫和低氧血症,发病急,进展快,发病率和病死率都较高^[9-10]。流行病学研究表明,心脏手术与 CPB 是一个已知的 ARDS 的危险因素^[11]。在 CPB 的运行过程中,血液中会释放大量炎性因子,加上缺血再灌注对肺部造成的严重损伤,导致术后出现 ARDS 的概率增加^[12-13]。目前临床医生对 ARDS 并未引起足够重视且有误诊及漏诊得发生^[14]。因此,在术前及术后根据患者的一般情况及手术状况对术后患者发生 ARDS 的概率进行预测,对降低 ARDS 的发生或者做出早期判断,可有效降低患者的死亡率。

本研究单因素分析结果显示:年龄、体重指数、脑梗死、心功能等级、置换生物瓣、急行 CPB、CPB 时长、主动脉阻断时长、二次开胸与 CPB 术后 ARDS 相关($P < 0.05$)。以上都在近期多项研究中得到证实^[15-21]。然而并不是存在危险因素就一定会发生 ARDS,还受其他多种因素影响。

表 1 2 组患者围术期临床资料分析结果

Table 1 The results of perioperative clinical data of two groups of patients 例(%), $\bar{X} \pm S$

临床资料	ARDS 组 (20 例)	非 ARDS 组 (263 例)	t/χ^2	P 值
年龄			9.535	0.002
<65 岁	11(55.0)	223(84.8)		
≥65 岁	9(45.0)	40(15.2)		
性别			0.460	0.831
男	10(50.0)	125(47.5)		
女	10(50.0)	138(52.5)		
体重指数			6.970	0.009
<24 kg/m ²	7(35.0)	170(64.6)		
≥24 kg/m ²	13(65.0)	93(35.4)		
脑梗死			4.765	0.041
是	6(30.0)	33(12.5)		
否	14(70.0)	230(87.5)		
糖尿病			0.119	0.730
是	3(15.0)	26(9.9)		
否	17(85.0)	237(90.1)		
吸烟史			1.020	0.313
是	12(60.0)	127(48.3)		
否	8(40.0)	136(51.7)		
COPD			0.067	0.796
是	1(5.0)	4(1.5)		
否	19(95.0)	259(98.5)		
术前房颤			2.226	0.136
是	4(20.0)	25(9.5)		
否	16(80.0)	238(90.5)		
心功能等级 (NYHA 分级)			21.794	<0.001
Ⅱ级	3(15.0)	54(20.5)		
Ⅲ级	14(70.0)	207(78.7)		
Ⅳ级	3(15.0)	2(0.8)		
肺动脉高压			0.138	0.711
是	2(10.0)	14(5.3)		
否	18(90.0)	249(94.7)		
同期行迷宫射 频消融术			0.032	0.857
是	0	9(3.4)		
否	20(100.0)	254(96.6)		
置换生物瓣			4.076	0.044
是	2(10.0)	3(1.1)		
否	18(90.0)	260(98.9)		
CPB 时长/min	134.00± 30.57	100.53± 28.47	-5.042	<0.001
主动脉阻断时 长/min	83.85± 32.66	68.04± 26.19	-2.555	0.011
急行 CPB			6.439	0.011
是	2(10.0)	4(1.5)		
否	18(90.0)	259(98.5)		
二次开胸			11.173	0.001
是	3(15.0)	3(1.1)		
否	17(85.0)	260(98.9)		

表 2 临床资料数据处理分类
Table 2 Classification of clinical data

变量	编号	变量赋值
性别	X1	1=男,2=女
年龄	X2	1=18~64岁,2=65~76岁
吸烟	X3	0=不吸或者戒烟,1=吸烟
COPD	X4	0=否,1=是
房颤	X5	0=否,1=是
肺动脉高压	X6	0=否,1=是
脑梗死	X7	0=否,1=是
糖尿病	X8	0=否,1=是
心功能(NYHA 分级)	X9	1=Ⅰ级,2=Ⅱ级,3=Ⅲ级,4=Ⅳ级
急转体外	X10	0=否,1=是
射频消融	X11	0=否,1=是
生物瓣膜	X12	0=否,1=是
二次开胸	X13	0=否,1=是
ARDS	Y	1=非 ARDS 组,2=ARDS 组

表 3 2 组患者围术期临床资料单因素 logistic 回归分析结果

Table 3 The results of univariate logistic regression analysis on perioperative clinical data of two groups of patients

临床资料	β	P 值	OR	95%CI
年龄	0.099	0.003	1.105	(1.034,1.180)
体重指数	0.505	0.001	1.657	(1.241,2.214)
吸烟	0.474	0.316	1.606	(0.636,4.058)
COPD	1.226	0.283	3.408	(0.363,32.020)
房颤	0.867	0.147	2.380	(0.738,7.673)
肺动脉高压	0.681	0.391	1.976	(0.417,9.375)
脑梗死	1.094	0.036	2.987	(1.073,8.313)
糖尿病	0.475	0.471	1.609	(0.442,5.858)
心功能(NYHA 分级)	3.296	0.002	27.000	(3.197,228.052)
急转体外	1.973	0.028	7.194	(1.234,41.957)
CPB 时长	0.036	<0.001	1.037	(1.020,1.054)
主动脉阻断时长	0.022	0.012	1.022	(1.005,1.040)
射频消融	-18.661	0.999	0	(0,0)
生物瓣	2.265	0.017	9.630	(1.511,61.357)
二次开胸	2.727	<0.001	15.294	(2.868,81.557)

ROC 曲线预测 ARDS 发生效果最好的是 CPB 时长;其次是主动脉阻断时长;再次为体重指数;最后为年龄。本研究中 ARDS 组患者的 CPB 时长及主动脉阻断时长均明显长于非 ARDS 组,两者为 CPB 术后发生 ARDS 的独立危险因素,且差异有

统计学意义,且体外循环时间>110.5 min、主动脉阻断时间>74.5 min 对 CPB 下心脏术后发生 ARDS 有预测价值。在 CPB 中血液离开人体,会刺激机体中各种炎性因子反应^[22],加上补体(C3a 和 C5a)的释放及鱼精蛋白和肝素的应用都会导致术后炎症反应^[23],从而促进 ARDS 发生的概率,时间越长,概率越大;体重指数是影响心脏术后 ARDS 发病的独立危险因素,本研究发现体重指数>24.4 kg/m² 对心脏术后发生 ARDS 有预测价值。体重指数高的患者发生 ARDS 的原因可能是:肥胖患者体内脂肪细胞因子产生和释放明显减少,脂肪细胞因子分泌失衡,脂肪细胞因子具有抗炎和调节免疫功能,从而导致 ARDS 的发病。患者年龄越大,心肺储备功能会越差,患病时间越长,病情越重,更容易出现合并症,手术耐受性也会越差,同时也会增加术中输注异体血的风险^[24],因此高龄是患者术后发生 ARDS 的一个独立因素,本研究中年龄>60.5 岁可预测 CPB 下心脏术后发生 ARDS 的风险,因此对高龄患者要加强管理,减少 ARDS 的发生;胡媛等^[25]研究表明围手术期输入血浆量是 ARDS 的一个独立危险因素,而输红细胞并非 ARDS 的独立危险因素,可能与血浆中抗体和生物活性物质(细胞因子、脂质)增加肺微血管的通透性,导致肺损伤和毛细血管渗漏^[26]。本研究中并未对输血进行说明,后期会进一步进行验证。多因素联合分析更有利于全面剖析患者多项指标对术后出现 ARDS 的影响,本研究分析显示年龄+体重指数+体外时长预测敏感性达 90%。

表 4 2 组患者围术期临床资料多因素 logistic 回归分析有意义结果

Table 4 The significant results of multivariate logistic regression analysis on perioperative clinical data of two groups of patients

临床资料	β	P 值	OR	95%CI
年龄	2.306	0.001	10.033	(2.496,40.321)
体重指数	0.542	0.005	1.720	(1.179,2.511)
心功能(NYHA 分级)	3.761	0.004	42.972	(3.288,561.650)
CPB 时长	0.109	<0.001	1.115	(1.063,1.170)
主动脉阻断时长	-0.092	0.001	0.912	(0.864,0.962)
二次开胸	4.427	0.003	83.081	(4.683,1495.430)

表 5 单因素预测 CPB 下心脏手术后发生 ARDS 的 ROC 曲线分析

Table 5 ROC curve analysis of single factor in predicting ARDS after cardiac surgery under CPB

变量	截断值	敏感度	特异度	约登指数	AUC 及 95%CI	Z	P 值
年龄	60.5 岁	0.700	0.684	0.384	0.713(0.590~0.837)	-3.186	0.001
体重指数	24.4 kg/m ²	0.650	0.741	0.391	0.717(0.595~0.840)	-3.242	0.001
CPB 时长	110.5 min	0.900	0.715	0.615	0.794(0.682~0.906)	-4.387	<0.001
主动脉阻断时长	74.5 min	0.850	0.696	0.546	0.728(0.610~0.846)	-3.401	0.001

表 6 多因素联合预测 CPB 下心脏手术后发生 ARDS 的 ROC 曲线分析
Table 6 ROC curve analysis of multi-factor in predicting ARDS after cardiac surgery under CPB

变量	敏感度	特异度	约登指数	AUC 及 95%CI	Z 值	P 值
年龄+体重指数	0.750	0.669	0.421	0.800(0.710~0.889)	-4.289	<0.001
年龄+体外时长	0.850	0.764	0.377	0.854(0.764~0.943)	-3.634	<0.001
年龄+阻断时长	0.650	0.684	0.353	0.785(0.670~0.900)	-5.612	<0.001
年龄+二次开胸	0.550	0.614	0.465	0.793(0.697~0.888)	-4.012	<0.001
体重指数+体外时长	0.850	0.627	0.579	0.812(0.707~0.917)	-3.221	<0.001
体重指数+阻断时长	0.500	0.549	0.629	0.737(0.610~0.865)	-4.505	<0.001
体重指数+二次开胸	0.600	0.588	0.378	0.763(0.642~0.884)	-4.228	<0.001
年龄+体重指数+体外时长	0.900	0.769	0.553	0.869(0.787~0.951)	-4.332	<0.001
年龄+体重指数+阻断时长	0.700	0.639	0.732	0.814(0.713~0.914)	-3.523	<0.001
年龄+体重指数+二次开胸	0.800	0.730	0.389	0.867(0.797~0.937)	-3.687	<0.001
体外时长+急转体外	0.850	0.772	0.642	0.866(0.816~0.915)	-4.786	<0.001

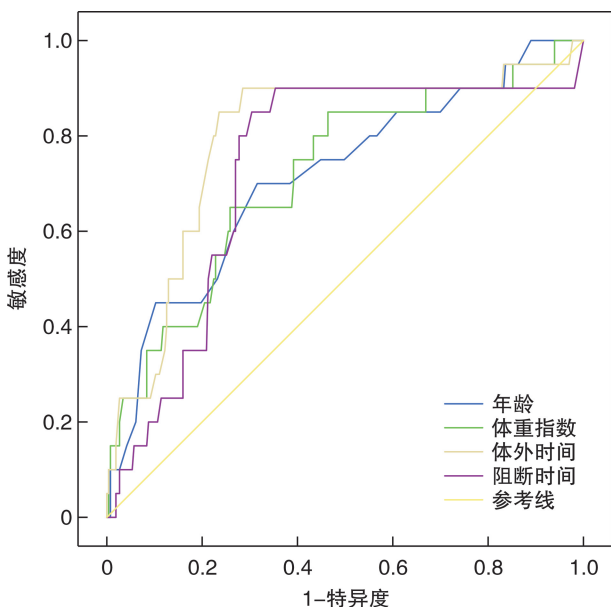


图 1 主动脉阻断时长、CPB 时长、年龄、体重指数预测心脏术后发生 ARDS 的 ROC 曲线图

Figure 1 ROC curve of aortic occlusion duration, cardiopulmonary bypass duration, age and body mass index in predicting ARDS after cardiac surgery

综上所述,对于心脏手术患者,除了预防性应用抗生素外,术前积极加强呼吸功能锻炼,加强肺功能储备,特别是老年患者,术中尽量缩短 CPB 时间及主动脉阻断时间,术后早期拔管,尽可能减少或避免 ARDS 的发生,促进加速康复外科在心血管外科的应用^[27]。但本研究为单中心、小样本回顾性分析,在病例数、潜在危险因素等方面存在一定差异性和局限性,仍需大规模、多中心、多层次的研究进一步评价相关指标对 CPB 下心脏术后 ARDS 发生的预测价值,以期早发现、早诊断、早干预,促进患者康复,改善患者预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

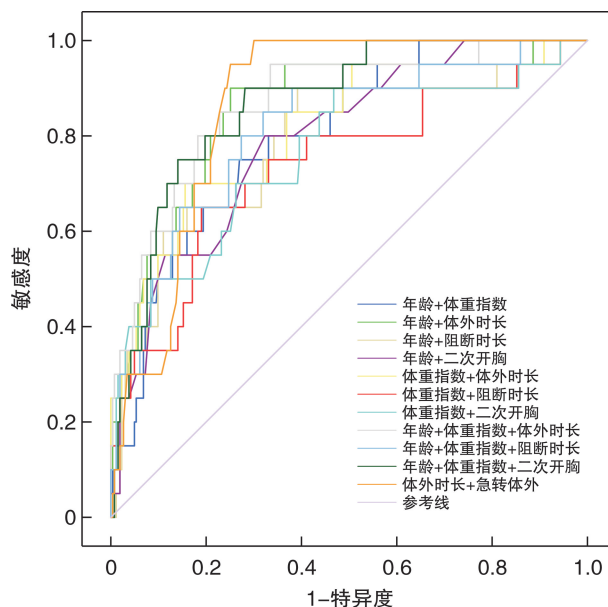


图 2 联合因素预测心脏术后发生 ARDS 的 ROC 曲线图

Figure 2 ROC curve of multi-factor in predicting ARDS after cardiac surgery

参考文献

[1] 于洪波,马大实,王宝刚,等. 胰石蛋白与体外循环心脏手术后患者早期感染的关系[J]. 实用医学杂志, 2019,35(7):1106-1109,1115.
[2] Song J, Yao L, Zhao L, et al. Changes in the concentrations of mediators in exhaled breath condensate during cardiac valve replacement under cardiopulmonary bypass and their relations with postoperative acute respiratory distress syndrome[J]. Medicine(Baltimore), 2020,99(21):e20007.
[3] Fan E, Brodie D, Slutsky AS. Acute Respiratory Distress Syndrome: Advances in Diagnosis and Treatment[J]. JAMA, 2018, 319(7):698-710.
[4] Banavasi H, Nguyen P, Osman H, et al. Management

- of ARDS-What Works and What Does Not[J]. *Am J Med Sci*, 2021, 362(1):13-23.
- [5] Tran MC, Crockett DC, Formenti F, et al. Lung heterogeneity and dead space volume in animals with acute respiratory distress syndrome using the inspired sinewave test[J]. *Physiol Meas*, 2020, 41(11):10.
- [6] Alghetaa H, Mohammed A, Zhou J, et al. Resveratrol-mediated attenuation of superantigen-driven acute respiratory distress syndrome is mediated by microbiota in the lungs and gut[J]. *Pharmacol Res*, 2021, 167:105548.
- [7] Yao MY, Zhang WH, Ma WT, et al. Long non-coding RNA MALAT1 exacerbates acute respiratory distress syndrome by upregulating ICAM-1 expression via microRNA-150-5p downregulation [J]. *Aging (Albany NY)*, 2020, 12(8):6570-6585.
- [8] Wilson JG, Simpson LJ, Ferreira AM, et al. Cytokine profile in plasma of severe COVID-19 does not differ from ARDS and sepsis[J]. *JCI Insight*, 2020, 5(17):e140289.
- [9] Batah SS, Fabro AT. Pulmonary pathology of ARDS in COVID-19: A pathological review for clinicians[J]. *Respir Med*, 2021, 176:106239.
- [10] 兀瑞俭, 詹晓娟, 郭发瑞, 等. 俯卧位通气联合气道压力释放通气模式对中重度急性呼吸窘迫综合征患者的疗效观察 [J]. *临床急诊杂志*, 2021, 22(10):667-672.
- [11] Cheng ZB, Chen H. Higher incidence of acute respiratory distress syndrome in cardiac surgical patients with elevated serum procalcitonin concentration: a prospective cohort study[J]. *Eur J Med Res*, 2020, 25(1):11.
- [12] 谢沪兰, 吴西强, 刘建, 等. 呼吸功能锻炼器在老年体外循环心脏手术患者围术期中的应用[J]. *中国体外循环杂志*, 2022, 20(2):103-106.
- [13] Lagier D, Velly LJ, Guinard B, et al. Perioperative open-lung approach, regional ventilation, and lung injury in cardiac surgery[J]. *Anesthesiology*, 2020, 133(5):1029-1045.
- [14] Bellani G, Pham T, Laffey JG. Missed or delayed diagnosis of ARDS: a common and serious problem[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(6):1180-1183.
- [15] Wu C, Chen X, Cai Y, et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China [J]. *JAMA Intern Med*, 2020, 180(7):934-943.
- [16] Schwede M, Lee RY, Zhuo H, et al. Clinician Recognition of the Acute Respiratory Distress Syndrome: Risk Factors for Under-Recognition and Trends Over Time [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(6):830-837.
- [17] Sasannejad C, Ely EW, Lahiri S. Long-term cognitive impairment after acute respiratory distress syndrome: a review of clinical impact and pathophysiological mechanisms[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1):352.
- [18] Ying J, Zhou D, Gu T, et al. Endocan, a Risk Factor for Developing Acute Respiratory Distress Syndrome among Severe Pneumonia Patients[J]. *Can Respir J*, 2019, 2019:2476845.
- [19] Boiron L, Hopper K, Borchers A. Risk factors, characteristics, and outcomes of acute respiratory distress syndrome in dogs and cats: 54 cases[J]. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*, 2019, 29(2):173-179.
- [20] Xiao CH, Wan J, Liu H, et al. Red blood cell distribution width is an independent risk factor in the prediction of acute respiratory distress syndrome after severe burns[J]. *Burns*, 2019, 45(5):1158-1163.
- [21] 胡岳秀, 苏云艳, 王哲芸, 等. 肥胖合并 A 型主动脉夹层患者术后急性肺损伤的肺康复护理[J]. *护士进修杂志*, 2022, 37(10):943-946.
- [22] Mali S, Haghaninejad H. Pulmonary complications following cardiac surgery[J]. *Arch Med Sci Atheroscler Dis*, 2019, 4:e280-e285.
- [23] Lackner I, Weber B, Baur M, et al. Complement Activation and Organ Damage After Trauma-Differential Immune Response Based on Surgical Treatment Strategy[J]. *Front Immunol*, 2020, 11:64.
- [24] 周任, 杨迪成, 施盛, 等. 瓣膜置换手术的非贫血患者术中异体血输注的影响因素分析[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(4):351-355.
- [25] 胡媛, 陈唯韫, 黄宇光. 输血相关急性肺损伤发病机制及防治措施研究进展[J]. *中国医学科学院学报*, 2020, 42(5):674-680.
- [26] Semple JW, Rebetz J, Kapur R. Transfusion-associated circulatory overload and transfusion-related acute lung injury[J]. *Blood*, 2019, 133(17):1840-1853.
- [27] 温姝钰, 乔鞞华, 董念国. 加速康复外科在心脏大血管外科的应用及展望[J]. *临床心血管病杂志*, 2021, 37(9):787-790.

(收稿日期:2022-06-16)