

心脏外科术后肺部并发症发生风险的列线图预测模型构建

张 静 李 娟 朱鑫瀛 袁 超

【摘要】 目的 构建预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型,并评估模型的区分度和一致性。**方法** 选取2016年1月至2021年3月郑州市第七人民医院收治的择期进行心脏瓣膜手术患者517例为研究对象,根据术后是否发生肺部并发症将患者分为肺部并发症组($n=88$)和无肺部并发症组($n=429$)。收集两组患者的临床资料,采用单因素及多因素 logistic 回归分析筛选影响心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素;采用 R 软件构建预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型,并使用受试者工作特征(ROC)曲线及校准曲线验证列线图模型的区分度和一致性。**结果** 517例心脏外科术后患者肺部并发症发生88例,并发症发生率为17.02%(88/517)。肺部并发症组年龄、吸烟史比例、慢性阻塞性肺部疾病(COPD)比例、术后清蛋白<35 g/L比例、术后清蛋白水平、术后白细胞计数 $\geq 10 \times 10^9/L$ 比例、术后白细胞计数水平、术中体外循环时间、主动脉阻断时间、术后机械通气时间与无肺部并发症组患者比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素 logistic 回归分析显示,年龄、术后清蛋白、主动脉阻断时间、术后机械通气时间是影响心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素($P<0.05$)。采用 R 软件构建的列线图预测模型具有较好的区分度(ROC 曲线下面积为0.942)与一致性(Hosmer - Lemeshow 拟合优度检验 $\chi^2=9.443$, $P=0.336$)。**结论** 基于心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素建立的列线图模型具有良好的预测能力,可个体化预测肺部并发症发生风险。

【关键词】 心脏手术;肺部并发症;列线图模型

doi:10.3969/j.issn.1000-0399.2022.09.005

Construction of a nomogram prediction model for risk of pulmonary complications after cardiac surgery

ZHANG Jing, LI Juan, ZHU Xinying, YUAN Chao

CSICU of Zhengzhou Seventh People's Hospital, Zhengzhou 450000, China

【Abstract】 Objective To construct a nomogram model for predicting the occurrence of pulmonary complications in patients undergoing cardiac surgery, and to evaluate the distinction and consistency of the model. **Methods** A total of 517 patients undergoing elective heart valve surgery admitted to Zhengzhou Seventh People's Hospital from January 2016 to March 2021 were selected as the research objects. All patients were divided into pulmonary complications group (88 cases) and the non - pulmonary complications group (429 cases) according to whether they had pulmonary complications after surgery. The clinical data of patients were collected, univariate and multivariate logistic regression analysis were used to screen the risk factors affecting the occurrence of pulmonary complications in patients undergoing cardiac surgery. R software was used to construct a nomogram model for predicting the occurrence of pulmonary complications after cardiac surgery, and ROC curve and calibration curve were used to verify the discrimination and consistency of the nomogram model. **Results** In this study 88 cases of pulmonary complications occurred in 517 patients after cardiac surgery, the incidence rate was 17.02% (88/517). There was a statistically significant difference in age, smoking history ratio, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) ratio, postoperative albumin <35 g/L ratio, the level of postoperative albumin, postoperative white blood cell count $\geq 10 \times 10^9/L$ ratio, the level of postoperative white blood cell count, intraoperative extracorporeal circulation time, aortic occlusion time, postoperative mechanical ventilation time between the pulmonary complications group and non - pulmonary complications group ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that age, postoperative albumin, aortic occlusion time and postoperative mechanical ventilation time were the risk factors of postoperative pulmonary complications in cardiac surgery patients ($P<0.05$). The nomogram prediction model constructed by R software had good degree of discrimination (the area under the ROC curve was 0.942) and consistency (Hosmer - Lemeshow goodness of fit test $\chi^2=9.443$, $P=0.336$). **Conclusion** The nomogram model established in this study based on the risk factors of postoperative pulmonary complications in patients with cardiac surgery has good predictive ability, which can individually predict the risk of postoperative pulmonary complications.

【Key words】 Cardiac surgery; Pulmonary complications; Nomogram model

心脏瓣膜疾病是临床上常见的心脏疾病,通常采取心脏瓣膜置换手术^[1-2]。目前,多数心脏瓣膜置换术依赖于体外循环,但体外循环易导致血细胞破坏、炎性细胞因子释放及全身多脏器缺血性再灌注损伤,是引发肺部并发症的危险因素^[3]。采取有效的临床措施保护患者心肺功能,可明显降低术后肺部并发症的发生。尽管临床已研究影响心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素^[4],但尚不能精准预测肺部并发症的发生风险。列线图是一种图形描述,可呈现回归模型并简化风险评估,反应每个患者发生不良事件的概率,以识别手术患者术后肺部并发症发生风险^[5-6]。因此,本研究旨在通过构建个体化预测心脏外科术后患者肺部并发症发生的列线图模型,以早期辅助临床对心脏外科手术患者术后发生肺部并发症风险进行评估。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2016年1月至2021年3月郑州市第七人民医院收治的择期进行心脏瓣膜手术的患者517例为研究对象,其中男性280例,女性237例;年龄31~74岁,平均 (50.79 ± 11.62) 岁。纳入标准:①患有心脏疾病,且具有体外循环心脏手术治疗的适应症;②接受体外循环下心脏瓣膜置换术;③进行手术前肝功能正常。排除标准:①先天性心脏病者;②恶性肿瘤者;③妊娠期、哺乳期患者;④术前行气管插管患者。本研究对象行二尖瓣置换术403例,二尖瓣+主动脉瓣置换术86例,三尖瓣置换术28例。本研究经医学伦理委员会批准(批准文件号:2016-002)。

肺部并发症的诊断:肺部并发症定义为围术期肺炎或呼吸功能衰竭。肺炎依据相关性肺炎诊断标准^[7]:痰培养阳性需用抗生素治疗,或胸部X线诊断肺炎;呼吸功能衰竭^[8]:患者术后无创呼吸支持持续48h以上或再次气管插管呼吸机>48h。将所有患者根据术后是否发生肺部并发症,分为肺部并发症组($n=88$)和无肺部并发症组($n=429$)。肺部并发症组男性53例,女性35例,年龄31~74岁,平均 (63.42 ± 10.05) 岁;无肺部并发症组男性227例,女性202例,年龄31~74岁,平均 (48.26 ± 10.74) 岁。两组患者年龄、性别比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 观察指标 收集所有研究对象的年龄、性别、糖尿病史、术前体质量指数、吸烟史、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)史、术后2h清蛋白水平、术后2h白细胞计数水平、术前NY-

HA心功能分级、术中体外循环时间、主动脉阻断时间、术后机械通气时间、应用血管活性药物情况、心脏换瓣手术类型(二尖瓣置换术、二尖瓣+主动脉瓣置换术、三尖瓣置换术)等临床资料。比较肺部并发症组和无肺部并发症组以上指标差异,分析独立风险因素。

1.3 统计学方法 采用SPSS 21.0处理数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 描述,两组间比较采用 t 检验;计数资料以例或率描述,两组间比较采用 χ^2 检验。非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,采用非参数检验。logistic回归模型分析危险因素。将确定的危险因素引入R 3.6.3软件及RMS程序包,构建预测心脏外科术后患者肺部并发症发生风险的列线图模型。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估其区分度, Hosmer-Lemeshow拟合优度检验与校准曲线评估其一致性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术后发生肺部并发症风险的单因素分析 本研究517例心脏外科术后患者肺部并发症发生88例,发生率为17.02%(88/517)。两组患者性别、糖尿病比例、体质量指数、NYHA心功能分级、应用血管活性药物的比例心脏换瓣手术类型比较差异均无统计学意义($P>0.05$);肺部并发症组年龄、吸烟史比例、COPD比例、术后清蛋白<35g/L比例、术后清蛋白水平、术后白细胞计数 $\geq 10 \times 10^9/L$ 比例、术后白细胞计数水平、术中体外循环时间、主动脉阻断时间、术后机械通气时间明显高于无肺部并发症组患者,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表1。

2.2 心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的多因素logistic回归分析 将心脏外科术后患者是否有肺部并发症发生作为因变量(无肺部并发症=0,肺部并发症=1),将有统计学意义的单因素(年龄、吸烟史、COPD、术后清蛋白、术后白细胞计数、术中体外循环时间、主动脉阻断时间、术后机械通气时间)作为自变量进行分析,变量赋值方式见表2。多因素logistic回归分析结果显示,年龄($OR=1.163, 95\% CI: 1.114 \sim 1.214$)、术后清蛋白<35g/L($OR=3.009, 95\% CI: 1.339 \sim 6.763$)、主动脉阻断时间($OR=1.065, 95\% CI: 1.037 \sim 1.093$)、术后机械通气时间($OR=1.052, 95\% CI: 1.032 \sim 1.072$)是影响心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素($P<0.05$)。见表3。

表 1 两组患者术后发生肺部并发症风险的单因素分析

因素	肺部并发症组(<i>n</i> = 88)	无肺部并发症组(<i>n</i> = 429)	<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	63.42 ± 10.05	48.26 ± 10.74	13.191	<0.001
性别[例(%)]			1.573	0.210
男性	53(60.23)	227(52.91)		
女性	35(39.77)	202(47.08)		
身体质量指数(kg/m ²)	22.29 ± 2.18	22.75 ± 2.46	1.617	0.106
糖尿病[例(%)]			0.436	0.509
有	4(4.55)	11(2.56)		
无	84(95.45)	418(97.44)		
吸烟史[例(%)]			13.972	0.001
有	42(47.73)	118(27.51)		
无	46(52.27)	311(72.49)		
COPD[例(%)]			22.511	<0.001
有	41(46.59)	95(22.14)		
无	47(53.41)	334(77.86)		
术后清蛋白[例(%)]			15.673	<0.001
<35 g/L	33(37.50)	79(18.41)		
≥35 g/L	55(62.50)	350(81.59)		
术后清蛋白(g/L)	36.97(29.08,40.27)	52.92(39.62,57.54)	9.594	<0.001
术后白细胞计数[例(%)]			19.855	<0.001
<10 × 10 ⁹ /L	40(45.45)	301(70.16)		
≥10 × 10 ⁹ /L	48(54.55)	128(29.84)		
术后白细胞计数(×10 ⁹ /L)	10.40(9.19,13.73)	8.88(7.83,10.23)	7.508	<0.001
NYHA 心功能分级 > II 级[例(%)]			1.402	0.236
有	63(71.59)	279(65.03)		
无	25(28.41)	150(34.97)		
术中体外循环时间(min)	118.18 ± 31.76	84.27 ± 17.82	13.904	<0.001
主动脉阻断时间(min)	81.65 ± 23.56	53.28 ± 15.84	13.944	<0.001
术后机械通气时间(min)	142.65 ± 28.51	105.34 ± 22.43	13.528	<0.001
应用血管活性药物[例(%)]			3.247	0.072
有	58(65.91)	238(55.48)		
无	30(34.09)	191(44.52)		
心脏换瓣手术类型[例(%)]			2.092	0.351
二尖瓣置换术	64(72.73)	339(79.02)		
二尖瓣 + 主动脉瓣置换术	17(19.32)	69(16.08)		
三尖瓣置换术	7(7.95)	21(4.90)		

注:COPD 为慢性阻塞性肺疾病。

表 2 变量赋值方式

变量	赋值
年龄	连续变量
吸烟史	无 = 0, 有 = 1
COPD	无 = 0, 有 = 1
术后清蛋白	≥35 g/L = 0, <35 g/L = 1
术后白细胞计数	<10 × 10 ⁹ /L = 0, ≥10 × 10 ⁹ /L = 1
术中体外循环时间	连续变量
主动脉阻断时间	连续变量
术后机械通气时间	连续变量

表3 心脏外科手术患者术后发生肺部并发症风险的多因素 logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95% CI
年龄	0.151	0.022	47.522	<0.001	1.163	1.114 ~ 1.214
吸烟史	0.137	0.428	0.1033	0.749	1.147	0.495 ~ 2.655
COPD	0.138	0.413	0.112	0.738	1.148	0.511 ~ 2.578
术后清蛋白	1.102	0.413	7.112	0.008	3.009	1.339 ~ 6.763
术后白细胞计数	0.017	0.418	0.002	0.968	1.017	0.448 ~ 2.309
术中体外循环时间	0.000	0.010	0.000	0.999	1.000	0.980 ~ 1.020
主动脉阻断时间	0.063	0.013	21.743	<0.001	1.065	1.037 ~ 1.093
术后机械通气时间	0.051	0.010	26.528	<0.001	1.052	1.032 ~ 1.072
常量	-20.625	2.286	81.438	<0.001	0.000	

注:COPD 为慢性阻塞性肺疾病。

2.3 预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型建立 使用 R 软件构建心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图预测模型(见图1),各因素对心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的影响程度以分值形式呈现,年龄每增加5岁,评分增加7.7分,术后清蛋白<35 g/L为11分,主动脉阻断时间每增加10 min,评分增加6.22分,术后机械通气时间每增加10 min,评分增加5.17分。假如1名患者年龄50岁(30.80分),术后清蛋白<35 g/L(11分),主动脉阻断时间80 min(37.32分),术后机械通气时间130 min(36.19分),即患者总分为115.31分,于总分值坐标115.31分处做垂线,对应的预测概率约为30%,则该心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的预测值为30%。

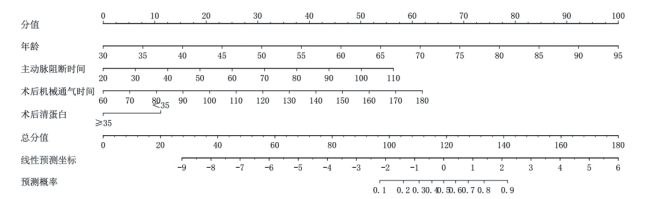


图1 预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图

2.4 预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型的验证 列线图模型预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型的校准曲线(见图2),预测值与实际值基本一致,且 Hosmer – Lemeshow 拟合优度检验 $\chi^2 = 9.443, P = 0.336$,一致性较好。ROC 曲线下面积为 0.942 (95% CI: 0.915 ~ 0.969),区分度较优。见图3。

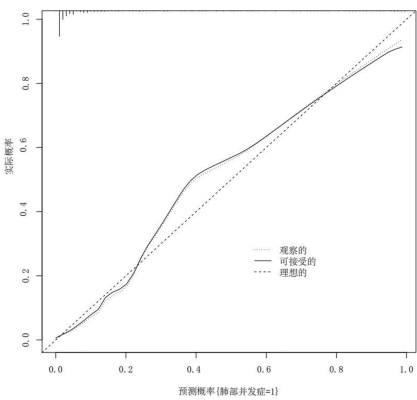


图2 预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的校准曲线

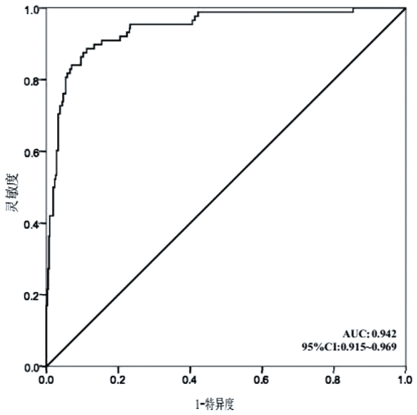


图3 预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的 ROC 曲线

3 讨论

研究表明,心脏瓣膜置换术后肺部并发症的发生率大约为5%~28%^[9]。本研究517例心脏外科术后患者肺部并发症发生发生率为17.02%。肺部并发症是体外循环的常见术后并发症,高龄、术前合并基础疾病、吸烟、肺部基础疾病、心功能状况、术中气道插管及术后机械通气等均易导致术后肺部并发症发生^[10-12]。

多因素 logistic 回归分析显示年龄、术后清蛋白<35 g/L、主动脉阻断时间、术后机械通气时间是影响心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的危险因素。本

研究基于以上4项危险因素,构建预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型,有利于有效评估心脏外科手术患者术后发生肺部并发症情况并进行个体化预防。

本研究显示,患者年龄每增加5岁,列线图评分增加7.7分。高龄患者一般合并多种疾病,机体生理功能、心肺储备功能、免疫功能及肝肾代偿能力均发生减退,耐受创伤能力也发生下降;另外高龄患者术后康复时间也较年轻人长,病情容易反复,均会影响术后肺部并发症的发生^[13]。老年人合并基础疾病例如糖尿病,血糖控制较差会增加患者术后肺炎的感染风险,而合并COPD会影响患者呼吸功能,加重患者肺部疾病^[14-15]。本研究显示,主动脉阻断时间每增加10 min,对心脏外科术后患者肺部并发症贡献6.22分的影响权重。随着患者体外循环心脏手术延长,其体内主动脉被阻断的时间也会有所延长,进而导致体内各种器官功能均受到影响,甚至会加重器官损伤。本研究显示,术后机械通气时间每增加10 min,对心脏外科术后患者肺部并发症贡献5.17分的影响权重。心脏手术患者术后需要行机械通气,维持呼吸和循环功能的稳定性,但机械通气时间延长会增加血细胞的损伤,阻塞毛细血管,进一步加重肺功能损伤^[16]。另外,气管插管会造成气道损伤及气管屏障损伤,致病菌易在损伤部位繁殖,减少机械通气时间可降低外科心脏手术后肺部并发症发生率。本研究显示,术后清蛋白<35 g/L对心脏外科术后患者肺部并发症贡献11分的影响权重。人体清蛋白可维持机体胶体渗透压和维持细胞的完整性,减少血浆的外渗;清蛋白水平降低表示基础疾病较为严重程度。另外清蛋白具有抗氧化的功能,可清除机体中活性氧^[17]。心脏外科手术患者发生低清蛋白血症可能会影响肺组织的修复,加重胸腔积液并进一步损害肺功能,同时还可导致机体免疫功能下降,增加机体发生二次感染的风险^[18]。列线图模型预测心脏外科手术患者术后发生肺部并发症的列线图模型的校准曲线预测值与实际值基本一致,且 Hosmer - Lemeshow 拟合优度检验 $\chi^2 = 9.443$, $P = 0.336$,一致性较好。ROC 曲线下面积为0.942 (95% CI: 0.915 ~ 0.969),区分度较好。

综上所述,本研究基于年龄、术后清蛋白、主动脉阻断时间、术后机械通气时间4项危险因素构建的列线图模型,一致性、区分度及临床适用性较好,为临床制定针对性的个体化防治提供指导。

参考文献

- [1] GALES J, KRASUSKI R A, FLEMING G A. Transcatheter valve replacement for right - sided valve disease in congenital heart patients[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2018, 61 (3/4): 347 - 359.
- [2] MUJTABA S S, CLARK S. Quadruple valve replacement for carcinoid heart disease[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2018, 33(4):398 - 403.
- [3] 房大广, 冯增斌, 崔春燕, 等. 心功能分级和术前肺动脉高压对风湿性心脏病患者心脏瓣膜置换术后并发症的影响[J]. *中国临床研究*, 2020, 33(5):630 - 632, 637.
- [4] 施舟, 陈振星, 王斌, 等. 心脏外科术后肺部并发症的危险因素[J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(10):1023 - 1028.
- [5] LI S, SU J, SUI Q, et al. A nomogram for predicting post-operative pulmonary infection in esophageal cancer patients [J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1):283 - 290.
- [6] WANG B, CHEN Z, ZHAO R, et al. Development and validation of a nomogram to predict postoperative pulmonary complications following thoracoscopic surgery [J]. *Peer J*, 2021, 9(1):1 - 18.
- [7] 中华预防医学会医院感染控制分会第四届委员会重点部位感染防控学组. 术后肺炎预防和控制专家共识[J]. *中华临床感染病杂志*, 2018, 11(1):11 - 19.
- [8] 张利勇, 彭宇明, 于斌, 等. 老年患者择期行开颅手术后肺部并发症及相关因素分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2018, 34(6):606 - 609.
- [9] 黄栋. 心脏瓣膜置换术后肺部并发症的多因素分析[J]. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2018, 6(28):196.
- [10] 刘建民, 刘建斌, 叶蕾, 等. 先天性心脏病和心脏瓣膜病术后肺部感染的相关因素分析[J]. *安徽医药*, 2019, 23(4):707 - 709.
- [11] SIEVERS H H, STOCK S, STIERLE U, et al. Longer - term results, z scores, and decision nomograms for treatment of the ascending aorta in 1693 bicuspid aortic valve operations[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155(2):549 - 559.
- [12] TRUONG V T, BEYERBACH D, MAZUR W, et al. Dynamic nomogram for predicting pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2021, 44(7):1277 - 1278.
- [13] 曹安强, 罗勇, 袁武, 等. 70岁及以上患者心脏瓣膜置换术的临床经验总结[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2019, 21(10):1094 - 1096.
- [14] 李建国, 周明, 徐永明, 等. 急诊老年社区获得性肺炎患者预后相关危险因素分析[J]. *临床急诊杂志*, 2020, 21(6):446 - 450.
- [15] 宋伟伟, 王宇, 王志勇, 等. 95岁及以上长寿老年人社

前列腺癌术后 RapidArc 与 IMRT 放疗计划的剂量学比较

童铸廷 周 骏 潘淑豪 李 锐 夏叶叶 朱倩倩

【摘 要】 目的 比较前列腺癌术后辅助放疗患者 RapidArc 与适形调强放疗 (IMRT) 计划在靶区和危及器官的剂量学差异。方法 选择 2020 年 7 月至 2022 年 2 月在安徽医科大学第一附属医院接受术后辅助放疗或者术后生化复发的前列腺癌患者 14 例, 分别设计 7 野 IMRT 和 RapidArc 计划, 对 2 种计划的靶区和危及器官的剂量学进行比较。结果 RapidArc 计划的 $D_{2\%}$ 为 $(6\,645.28 \pm 242.48)$ cGy, 低于 IMRT 计划, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。 $D_{2\%}$ 的下降导致 RapidArc 计划的靶区剂量均匀度指数优于 IMRT 计划 ($P < 0.05$); RapidArc 计划的膀胱 V_{40} 和 V_{50} , 直肠 V_{50} 以及左右侧股骨头 $D_{5\%}$ 均低于 IMRT 计划, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。 RapidArc 计划的执行效率高于 IMRT 计划, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。结论 RapidArc 计划在靶区剂量均匀度, 危及器官高剂量受照体积限制, 以及机器跳数和治疗时间方面优于 IMRT 计划。

【关键词】 前列腺癌; 容积旋转调强放疗; RapidArc; 适形调强放疗; 剂量学

doi:10.3969/j.issn.1000-0399.2022.09.006

Dosimetry comparison study between RapidArc and IMRT planning for postoperative prostate cancer

TONG Zhuting¹, ZHOU Jun², PAN Shuhao¹, LI Rui¹, XIA Yeye¹, ZHU Qianqian³

1. Department of Radiation Oncology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China; 2. Department of Urology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China; 3. Department of Radiation Oncology, Fuyang Cancer Hospital, Fuyang 236010, China

【Abstract】 Objective To compare the dosimetry differences between RapidArc and IMRT plan for patients diagnosed with prostate cancer. Methods Fourteen prostate cancer patients received post-prostatectomy or biochemical relapse radiotherapy therapy in the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University were selected for this study. We designed RapidArc and IMRT plan for each prostate cancer patient respectively, and the dosimetric differences in target area and organs at risk (OAR) between RapidArc and IMRT was assessed. Results

The $D_{2\%}$ of RapidArc ($6\,645.28 \pm 242.48$ cGy) was significantly lower than that of seven-field plan, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$), resulting in better homogeneity index. The bladder V_{40} , V_{50} and rectum V_{50} and bilateral femoral head $D_{5\%}$ of RapidArc were obviously reduced than those of IMRT plan ($P < 0.05$). In addition, the execution efficiency of RapidArc was significantly higher than that of IMRT plan ($P < 0.05$). Conclusions RapidArc is superior to IMRT in terms of dose homogeneity of target volume, protection of organs at risk at high dose, machine unit number and treatment time.

【Key words】 Prostate cancer; Volumetric modulated arc therapy; RapidArc; IMRT; Dosimetry

随着我国人口逐步步入老龄化以及人们的生活方式
和饮食结构的改变, 前列腺癌的发病率呈现逐年快
速增长的趋势。目前前列腺癌在我国的发病率已经超
过膀胱癌, 成为男性泌尿生殖系统发病率最高的恶性

基金项目: 安徽省教育厅高等学校自然科学研究基金(项目编号: KJ2021A0295), 安徽省高校优秀拔尖人才培养项目(项目编号: gxgwf2018015)

作者单位: 230022 安徽合肥 安徽医科大学第一附属医院肿瘤放疗科(童铸廷, 潘淑豪, 李锐, 夏叶叶), 泌尿外科(周骏)

236010 安徽阜阳 安徽省阜阳市肿瘤医院肿瘤放疗科(朱倩倩)

- 区获得性肺炎住院转归的相关因素分析[J]. 中华老年医学杂志, 2019, 38(2): 113-118.
- [16] 朱喜亮, 有远兵, 张杰. 三尖瓣置换术后早期与远期临床效果及影响术后机械通气时间延长的危险因素分析[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(7): 708-712.
- [17] 孙梦寒, 茆梦, 孙杰. 术前低白蛋白血症与肺切除术后肺部并发症的关系[J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40(7): 795-799.
- [18] 王尚宏, 王耀勇, 王美霞. 人血白蛋白治疗感染性休克的研究进展[J]. 医学综述, 2020, 26(18): 3653-3657.
- (2021-11-16 收稿)
- (本文编校: 崔月婷, 张迪)