

本文引用: 郑卫峰, 王 皓, 范彩逢, 等. 分次逐级经皮腔内球囊肺动脉瓣成形术在治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者中的临床疗效及安全性[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(5): 412-418. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2025.05.006.

· 临床研究 ·

[文章编号] 1007-3949(2025)33-05-0412-07

分次逐级经皮腔内球囊肺动脉瓣成形术在治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者中的临床疗效及安全性

郑卫峰, 王 皓, 范彩逢, 薛国华

郑州大学附属洛阳中心医院心内科, 河南省洛阳市 471000

[摘要] **[目的]** 探讨分次逐级经皮腔内球囊肺动脉瓣成形术(BPA)治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压(CTEPH)患者的临床效果,并分析围手术期的安全性。**[方法]** 入选2018年8月—2024年2月于郑州大学附属洛阳中心医院行BPA治疗的30例CTEPH患者,选择药物治疗的30例CTEPH患者设为对照,收集患者的性别、年龄、体质指数、伴发疾病、血浆氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP)水平、肺动脉高压靶向药应用情况、6分钟步行试验距离(6-MWD)、WHO心功能分级资料及心脏超声肺动脉压相关数据。手术组行右心导管检查获得肺血管血流动力学相关参数。比较BPA术前、末次BPA术后和6个月随访时WHO心功能分级、6-MWD、NT-proBNP、肺血管血流动力学相关参数及心脏超声肺动脉压相关数据的变化以及在两组之间的差异。记录手术相关并发症(肺动脉损伤、造影剂肾病及再灌注肺水肿)的发生及处理结果。**[结果]** 与BPA术前相比,末次BPA术后心排出量(CO)、心脏指数(CI)和混合静脉血氧饱和度(SvO_2)升高,平均肺动脉压(mPAP)和肺血管阻力(PVR)降低(均 $P<0.05$),6-MWD、NT-proBNP、右心室直径、右心房上下径、右心房左右径、左心室舒张末内径及三尖瓣反流速度均得到改善(均 $P<0.05$)。与对照组相比,手术组6-MWD升高,NT-proBNP水平降低,右心室直径、右心房上下径及右心房左右径减小,左心室舒张末内径增大,三尖瓣反流速度降低,WHO心功能分级亦显著改善(均 $P<0.05$)。在30例BPA患者中,2例患者术中出现咯血,1例患者术后发生再灌注肺水肿,1例患者发生造影剂肾病,经治疗后均好转出院。**[结论]** 分次逐级BPA在治疗CTEPH患者中具有良好的临床疗效及安全性,是一种治疗CTEPH的有效技术,值得在临床中推广。

[关键词] 球囊肺动脉瓣成形术; 慢性血栓栓塞性肺动脉高压; 临床疗效; 安全性

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Clinical efficacy and safety of sequential balloon pulmonary angioplasty in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension

ZHENG Weifeng, WANG Hao, FAN Caifeng, XUE Guohua

Department of Cardiology, Luoyang Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Luoyang, Henan 471000, China

[ABSTRACT] **Aim** To explore the clinical efficacy of sequential balloon pulmonary angioplasty (BPA) in the treatment of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH), and analyze the safety during the perioperative period. **Methods** 30 patients with CTEPH who underwent BPA treatment at Luoyang Central Hospital affiliated to Zhengzhou University from August 2018 to February 2024 were selected, 30 patients with CTEPH who chose drug treatment were set as controls, the patients' gender, age, body mass index, comorbidities, plasma N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) levels, application of pulmonary hypertension targeted drugs, 6-minute walking distance (6-MWD), WHO cardiac function classification and cardiac ultrasound pulmonary arterial pressure related data were collected. Right heart catheterization was performed to obtain pulmonary hemodynamic parameters in the BPA group. Changes in WHO cardiac function classification, 6-MWD, NT-proBNP, pulmonary vascular hemodynamic parameters and cardiac ultrasound pulmonary artery pressure data before BPA, after the final BPA and at 6-month follow-up were com-

[收稿日期] 2024-07-29

[修回日期] 2025-02-22

[基金项目] 河南省自然科学基金项目(232300420247)

[作者简介] 郑卫峰, 硕士, 副主任医师, 主要研究方向为心脏重症治疗、复杂冠状动脉疾病介入治疗、结构性心脏病介入治疗以及肺动脉介入治疗, E-mail: 834883830@qq.com.

pared, as well as differences between the two groups. The occurrence and management results of surgical complications such as pulmonary artery injury, contrast nephropathy and reperfusion pulmonary edema were recorded. **Results**

Compared with before BPA, after the last BPA, cardiac output (CO), cardiac index (CI), and mixed venous oxygen saturation (SvO_2) increased, mean pulmonary artery pressure (mPAP) and pulmonary vascular resistance (PVR) decreased (all $P < 0.05$), and 6-MWD, NT-proBNP, right ventricular diameter, right atrial up-down diameter, right atrial left-right diameter, left ventricular diastolic end diameter, and tricuspid regurgitation velocity all improved (all $P < 0.05$). Compared with the control group, the surgical group showed an increase in 6-MWD, a decrease in NT-proBNP levels, a decrease in right ventricular diameter, right atrial up-down diameter and right atrial left-right diameter, an increase in left ventricular end diastolic diameter, a decrease in tricuspid regurgitation velocity and a significant improvement in WHO cardiac function classification (all $P < 0.05$). Among 30 BPA patients, 2 patients experienced hemoptysis during surgery, 1 patient developed reperfusion pulmonary edema after surgery, and 1 patient developed contrast nephropathy. After treatment, all patients improved and were discharged. **Conclusion** Sequential BPA has good clinical efficacy and safety in the treatment of CTEPH patients, and is an effective technique for treating CTEPH, which is worth promoting in clinical practice.

[**KEY WORDS**] balloon pulmonary angioplasty; chronic thromboembolic pulmonary hypertension; clinical efficacy; safety

慢性血栓栓塞性肺动脉高压 (chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH) 是由于慢性机化血栓引起的肺动脉压长期持续升高, 从而导致右心衰竭, 其临床死亡率极高^[1-2]。肺动脉内膜剥脱术 (pulmonary endarterectomy, PEA) 是其首选治疗方法, 但目前国内 PEA 处于起步阶段, 能够成熟开展 PEA 的中心较少^[3]。利奥西呱、波生坦和马西滕坦等肺动脉高压靶向药可拮抗内皮素受体, 被证实 CTEPH 的治疗中具有确切疗效^[4-6], 但靶向药治疗费用较高, 且无法解决肺动脉血栓机械梗阻的问题, 远期效果不确定。据报道, 通过超声评估显示 CTEPH 患者在经皮腔内球囊肺动脉瓣成形术 (balloon pulmonary angioplasty, BPA) 治疗后右心功能显著改善, 临床死亡率低, BPA 在治疗 CTEPH 患者中安全有效^[7-8], 该技术在海外被广泛应用, 但国内尚在起步阶段, 开展较少, 相关文献报道较少。本研究对 30 例分次逐级 BPA 治疗 CTEPH 患者的疗效和安全性进行了探讨, 其中 15 例术中应用腔内影像学光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 进行指导, 以期临床实践提供有意义的参考。

1 资料和方法

1.1 研究对象

纳入 2018 年 8 月—2024 年 2 月于郑州大学附属洛阳中心医院行 BPA 治疗的 CTEPH 患者 30 例, 设为手术组; 选择单纯药物治疗的 CTEPH 患者 30 例, 设为对照组。该研究已通过本院伦理委员会批

准, 所有入选者均签署知情同意书。

1.2 入选与排除标准

所有 CTEPH 患者的诊断均符合《中国肺高血压诊断和治疗指南 2018》的诊断标准^[2]; WHO 心功能 II ~ IV 级或伴有活动后低氧血症且接受 BPA 治疗的患者纳入研究对象。糖尿病诊断符合 2017 年 ADA 糖尿病诊疗标准^[9]; 高血压诊断符合中国高血压防治指南 (2018 年修订版) 诊断标准^[10]; 吸烟是指每天吸烟至少 1 支, 且持续 1 年以上^[11]。排除标准: 合并急性肺栓塞、合并精神障碍无法配合手术者、合并其他严重疾病 (如严重肝肾功能不全、免疫缺陷性疾病、出血倾向及恶性肿瘤疾病)、造影剂过敏、纤维纵隔炎、严重慢性阻塞性肺疾病、左心相关性肺动脉高压及动脉炎。

1.3 观察指标

收集患者的性别、年龄、体质指数、伴发疾病、肺动脉高压靶向药应用情况, 手术组患者 BPA 术前、末次 BPA 术后行右心导管术及采用间接 Fick 法计算所得指标: 平均肺动脉压 (mean pulmonary artery pressure, mPAP)、肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance, PVR)、混合静脉血氧饱和度 (mixed venous oxygen saturation, SvO_2)、心排出量 (cardiac output, CO)、心脏指数 (cardiac index, CI) 等资料。收集患者术前、末次术后及 6 个月后随访时临床相关指标, 用化学发光免疫分析法测定血浆氨基末端脑钠肽前体 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 水平, 行 6 分钟步行距离 (6-minute walking distance, 6-MWD) 检查, 用 Philips iE 33 彩色多普勒超声诊断仪 (S5-1 心脏探头, 频率 3.5 ~

5.0 MHz)获得肺动脉压相关数据(右心室直径、左心室舒张末内径、右心房上下径、右心房左右径及三尖瓣反流速度)。观察患者术后相关并发症的发生及处理结果。在30例行BPA的患者中,行BPA共108次,末次术后随访时长(321.68 ± 114.31)天。

1.4 肺动脉造影及BPA治疗

应用6F PIG导管行非选择性肺动脉造影(图1)。采取分次逐级球囊扩张的方法,使用8FMPA1+6FJR4.0/6FJL4.0双指引导管技术,行选择性肺动脉造影,明确病变情况、选择靶血管。送冠状动脉介入工作导丝至靶病变远端,根据靶病变处血管直径和病变类型选择合适的球囊,扩张结束后重复造影以明确血管扩张后疗效(图2),并判断有无血管损伤。

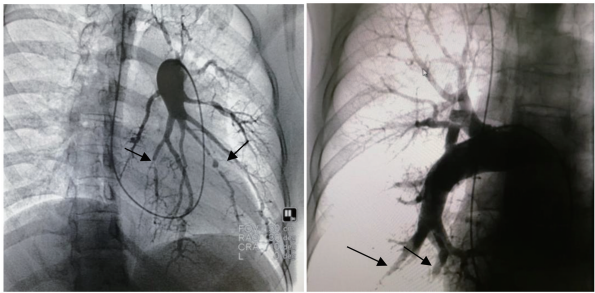


图1. CTEPH患者肺动脉造影

左图可见多支肺动脉狭窄,右图可见多支肺动脉闭塞。

Figure 1. Pulmonary angiography of CTEPH patients

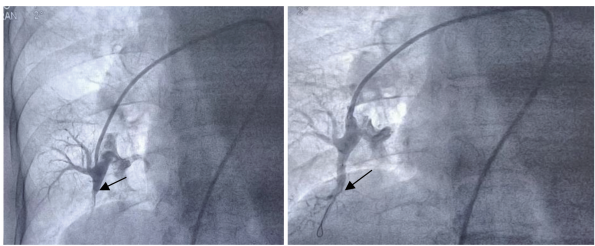


图2. BPA手术前后的肺动脉造影

左图显示右下肺动脉前基底段近端闭塞,远端未见显影;右图显示BPA治疗后肺动脉显影良好,较扩张前明显改善。

Figure 2. Pulmonary angiography before and after BPA surgery

1.5 BPA治疗相关的并发症

BPA治疗相关的并发症有再灌注肺水肿(reperfusion pulmonary edema, RPE)、造影剂肾病和肺动脉损伤^[12]。RPE是指术后24 h内出现胸闷气促,心率增快,咳嗽或伴咳泡沫样痰,血氧饱和度降低,胸片或胸部CT上手术部位新出现斑片样渗出灶;造影剂肾病是指术后24~72 h内血清肌酐水平升高超过 $44.2\text{ }\mu\text{mol/L}$ 或基础值的25%^[13];肺血管损伤

主要表现为术中突发咯血。

1.6 统计学分析

使用SPSS 27.0统计软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,BPA治疗前后的比较采用配对 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P25, P75)$ 表示,BPA治疗前后的比较采用非参数秩和检验;WHO心功能分级为计数资料,BPA治疗前后的比较采用 χ^2 检验;术前、末次术后及随访时临床指标包括超声肺动脉相关数据比较采用单因素重复测量方差分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料比较

手术组临床资料与对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$;表1)。

表1. 手术组与对照组临床资料比较

Table 1. Comparison of clinical data between surgical group and control group

项目	对照组 ($n=30$)	手术组 ($n=30$)	P
男/女/[例(%)]	19(63.33)/ 11(36.67)	17(56.67)/ 13(43.33)	0.601
年龄/岁	64.27 $\pm$ 10.15	65.53 $\pm$ 10.06	0.304
体质指数/(kg/m^2)	23.85 $\pm$ 2.31	23.09 $\pm$ 2.34	0.857
合并糖尿病/[例(%)]	6(20.00)	7(23.33)	0.756
合并高血压/[例(%)]	4(13.33)	5(16.67)	0.720
下肢静脉血栓史/ [例(%)]	11(36.67)	16(53.33)	0.198
吸烟/[例(%)]	2(6.67)	0(0.00)	0.255
6-MWD/m	220.67 $\pm$ 65.67	262.78 $\pm$ 86.73	0.129
NT-proBNP/($\mu\text{g/L}$)	6.713 (4.924,8.502)	6.641 (4.906,8.377)	0.940
右心室直径/mm	27.60 $\pm$ 3.64	28.32 $\pm$ 4.28	0.610
左心室舒张末内径/mm	40.53 $\pm$ 3.78	40.21 $\pm$ 3.89	0.930
右心房上下径/mm	47.81 $\pm$ 7.34	51.42 $\pm$ 7.79	0.170
右心房左右径/mm	51.86 $\pm$ 7.16	53.89 $\pm$ 6.31	0.390
三尖瓣反流速度/(m/L)	4.21 $\pm$ 0.59	4.99 $\pm$ 1.99	0.250
WHO心功能分级/[例(%)]			0.450
I级	0(0.00)	0(0.00)	
II级	6(20.00)	8(26.67)	
III级	22(73.33)	21(70.00)	
IV级	2(6.67)	1(3.33)	

续表			
项目	对照组 (n=30)	手术组 (n=30)	P
抗凝治疗/[例(%)]			0.443
利伐沙班	18(60.00)	16(53.33)	
达比加群酯	10(33.33)	9(30.00)	
华法林	2(6.67)	5(16.67)	
靶向药治疗/[例(%)]			0.641
利奥西呱	2(6.67)	1(3.33)	
安立生坦/波生坦	4(13.33)	3(10.00)	
西地那非/他达拉非	2(6.67)	1(3.33)	
安立生坦+西地那非	1(3.33)	2(6.67)	

2.2 BPA 手术前后肺动脉血流动力学指标比较
与 BPA 术前相比,BPA 术后 mPAP 和 PVR 降低,SvO₂ 升高,CO 和 CI 增高(均 $P<0.05$;表 2)。

2.3 手术组随访时临床指标变化
与术前相比,随访时 6-MWD 增加,WHO 心功能分级显著改善,血浆 NT-proBNP 水平降低,右心室直径、右心房上下径和右心房左右径减小,三尖

瓣反流速度降低(均 $P<0.05$;表 3)。

2.4 手术组与对照组随访时临床指标比较
与对照组比较,手术组随访时 6-MWD 增加,NT-proBNP 水平降低,右心室直径、右心房上下径及右心房左右径均减小,左心室舒张末内径增大,三尖瓣反流速度降低,WHO 心功能分级亦显著改善(均 $P<0.05$;表 3)。

表 2. BPA 手术前后肺动脉血流动力学指标比较
Table 2. Comparison of pulmonary artery hemodynamic indicators before and after BPA surgery

项目	BPA 术前	BPA 术后	P
SvO ₂ /%	51.00±9.92	77.68±5.84	<0.001
mPAP/mmHg	47.15±10.07	28.26±3.97	0.009
PVR/(WU)	4.08±0.87	2.20±0.51	0.013
CI/[L/(min·m ²)]	1.79±0.31	2.51±0.51	0.042
CO/(L/min)	2.86±0.47	4.31±0.72	0.043

表 3. 手术组与对照组临床指标比较
Table 3. Comparison of clinical indicators between surgical group and control group

项目	对照组(n=30)	手术组(n=30)			P
		BPA 术前	BPA 术后	随访时	
6-MWD/m	241.47±84.19	262.78±86.73	508.68±14.77	506.63±81.50	<0.001
NT-proBNP/(μg/L)	1.299 (0.998,1.599)	6.642 (4.906,8.377)	0.826 (0.644,1.008)	0.606 (0.186,1.105)	<0.001
右心室直径/mm	24.00±5.89	28.32±4.28	18.95±2.68	17.68±2.38	<0.001
左心室舒张末内径/mm	40.40±3.87	40.21±3.89	42.84±2.85	43.21±2.49	0.003
右心房上下径/mm	41.33±4.02	51.42±7.79	36.37±7.38	34.89±5.56	<0.001
右心房左右径/mm	41.27±5.33	53.89±6.31	38.05±6.88	36.84±5.23	<0.001
三尖瓣反流速度/(m/L)	3.78±0.44	4.47±0.68	3.12±0.66	3.07±0.28	<0.001
WHO 心功能分级/[例(%)]					<0.001
I 级	9(30.00)	0(0.00)	22(73.33)	21(70.00)	
II 级	4(13.33)	8(26.67)	6(20.00)	6(20.00)	
III 级	17(56.67)	21(70.00)	2(6.67)	3(10.00)	
IV 级	0(0.00)	1(3.33)	0(0.00)	0(0.00)	

2.5 BPA 手术前后肺动脉高压靶向药应用情况
BPA 术前应用肺动脉高压靶向药治疗患者共 7 例,BPA 术后随访 6 个月,2 例患者停用靶向药治疗,1 例患者维持原用药方案,其余 4 例患者靶向药用量均予减量。

2.6 BPA 手术相关并发症的发生
BPA 手术共 108 次,肺动脉损伤 2 例(1.85%),均为术中突发咯血,终止手术后观察好转,未予特殊治疗;RPE 1 例(0.93%),给予高流量吸氧,利尿剂静脉应用及糖皮质激素静脉应用后好转;造影剂肾

病 1 例(0.93%),给予水化治疗后好转,无其他并发症发生(图 3)。



图 3. BPA 术后发生 RPE 影像

左图为 BPA 术前胸片,右图 BPA 术后发生 RPE,胸片显示右肺新发大量斑片状阴影。

Figure 3. RPE imaging after BPA surgery

3 讨论

BPA 是目前临床上治疗 CTEPH 的一种新兴替代疗法。低氧和机械应力是导致 CTEPH 的主要机制^[14-15],BPA 是通过血管介入应用球囊扩张成形术碎裂肺动脉内机化血栓,解除肺动脉血栓的机械梗阻,降低 mPAP 和 PVR,改善右心室重塑和功能,纠正肺通气/血流比例失调,提高氧合水平,从而改善患者临床症状及预后^[16]。

Feinstein 等^[17]报道 18 例 CTEPH 患者接受 BPA 治疗,术后 11 例患者发生 RPE,30 天死亡率为 5.6%,因此该技术因存在过多争议而未能业内推广。有研究采用改良的 BPA 技术即利用小球囊分次逐级扩张肺动脉方法治疗 CTEPH,取得了良好的临床疗效,RPE 发生率及 30 天死亡率明显降低^[8,18]。近年来,国外的荟萃分析及国内的医疗中心相继报道了 BPA 的有效性及安全性^[19-20]。然而,从总体上看,我国在 BPA 手术领域起步较晚,开展时间较短,经验尚显不足,且缺乏系统性的研究。我院自 2018 年 8 月起开始运用 BPA 技术,并结合 OCT 技术进行检查和指导。通过 OCT 技术,能够细致观察血管壁的状况、靶病变部位的血管内径以及血栓的形态,并据此指导球囊直径的选择。在术中,可观察到 CTEPH 患者的管腔内呈现蜘蛛网状或莲藕状结构。BPA 术后,OCT 导管显示这些网状结构被打破撕裂,管腔相较于术前变得更粗且通畅(图 4)。本研究发现,经过多次 BPA 手术后,CTEPH 患者的 mPAP 和 PVR 较术前显著降低,同时 CO、CI 及 SvO₂ 等指标显著提高,这一结果与国

外研究一致^[8]。本研究中,BPA 术后 NT-proBNP 水平显著降低,这与既往报道结果一致^[21]。研究显示,NT-proBNP 能够预测肺动脉高压患者的临床预后以及恶性事件的发生概率^[22]。本研究中,经 BPA 手术治疗后,患者的右心后负荷降低,这可能有助于改善 CTEPH 患者的预后并减少恶性事件的发生。6-MWD 在临床上常被用来评估患者的心肺功能,它能客观地反映患者的活动耐受能力,而 WHO 心功能分级则用于评估患者的病情严重程度^[23-24]。本研究发现,CTEPH 患者在接受 BPA 术后,6-MWD 显著提高,同时 WHO 心功能分级也得到显著改善,6 个月随访时右心室直径、右心房上下径及左右径较术前显著减小,左室舒张末内径较术前增大,三尖瓣反流速度显著降低。以上结果表明,BPA 可显著改善 CTEPH 患者心脏结构,并具有显著的临床疗效。本研究中,BPA 术后肺动脉高压靶向药用量减少,部分患者可停用靶向药,临床效果好,提示 BPA 治疗可替代且效果优于药物治疗。本研究中,最常见的并发症是肺动脉损伤,这与国际上的研究结果相吻合^[25],共发生 2 例,发生率为 1.85%,表现为术中突发咯血,均由球囊扩张导致的迂曲病变血管破裂引起,均通过术中观察确认咯血逐渐停止。在本项研究中,患者在手术过程中使用的造影剂为碘克沙醇注射液,每次手术的用量均控制在 300 mL 以内。研究期间,1 例出现造影剂肾病,经过水化治疗后恢复了正常。此外,1 例发生 RPE,该病例发生在本中心技术开展初期。分析其原因,可能与早期手术经验不足、靶血管病变类型选择不当、球囊型号选择不适宜等因素有关。此外,术前心力衰竭控制不充分以及手术时机选择不佳,也可能导致该病例的发生。目前,得益于改良的分次逐级 BPA 和肺水肿预测指数的运用,临床上再灌注肺水肿的发生率显著降低。然而,肺动脉损伤的发生率相对较高。在我院的临床实践中,最常见的并发症是肺动脉损伤,这通常发生在治疗迂曲病变或使用过大的球囊直径时。通过应用 OCT 来指导球囊的选择,可以显著减少肺动脉损伤的发生。因此,采用腔内影像学技术,特别是 OCT 指导下进行的 BPA 治疗,能够有效降低并发症的发生率,值得在临床上推广应用。

本研究为单中心回顾性研究,样本量较小,统计结果可能存在偏倚。研究发现,肺血管重构是肺动脉高压发生发展的重要病理基础^[26],BPA 治疗是否能够逆转肺血管重构目前还未见报道,将来可能

会成为 CTEPH 的研究热点。

综上所述,本研究的发现表明,采用分次逐级 BPA 术可以显著改善 CTEPH 患者的右心导管指标和心脏彩超中的肺动脉压指标,提升氧合水平和心功能,增强患者的活动耐受性和生活质量,展现了良好的临床疗效。此外,该手术的并发症发生率低且易于控制,显示出其高度的安全性。

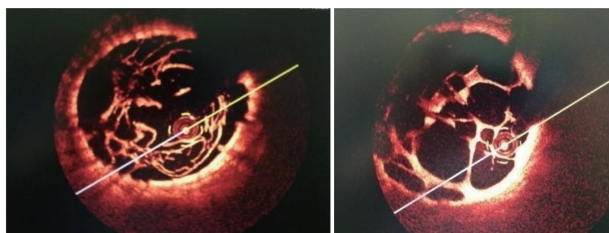


图 4. 球囊扩张前后肺动脉 OCT 横断面图像

左图是球囊扩张前,可见管腔内大量网状结构;
右图是球囊扩张后,可见管腔内网状结构撕裂,管腔扩大。

Figure 4. OCT cross-sectional images of pulmonary artery before and after balloon dilation

[参考文献]

- [1] 董星琪, 李积凤. 慢性血栓栓塞性肺动脉高压的诊断与治疗—《肺血栓栓塞症诊治与预防指南》推荐[J]. 中国医刊, 2018, 53(10): 1085-1087.
DONG X B, LI J F. Interpretation of guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of pulmonary thromboembolism: diagnosis and treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin J Med, 2018, 53(10): 1085-1087.
- [2] 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国肺高血压诊断和治疗指南 2018[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(12): 933-964.
Pulmonary Vascular Disease Group of the Cardiovascular Disease Branch of the Chinese Medical Association, Editorial Committee of the Chinese Journal of Cardiovascular Disease. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension 2018[J]. Chin J Cardiol, 2018, 46(12): 933-964.
- [3] 刘晓鹏, 甄雅南. 慢性血栓栓塞性肺动脉高压的外科手术治疗[J]. 中国实用内科杂志, 2023, 43(1): 10-13, 27.
LIU X P, ZHEN Y N. Surgical treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin J Pract Int Med, 2023, 43(1): 10-13, 27.
- [4] SURIE S, REESINK H J, MARCUS J T. Bosentan treatment is associated with improvement of right ventricular function and remodeling in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Clin Cardiol, 2013, 36(11): 698-703.
- [5] 张泰隆, 何康, 武忠. 肺动脉高压靶向药物在慢性血栓栓塞性肺动脉高压中的应用现状[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2022, 21(8): 602-608.
ZHANG T L, HE K, WU Z. Current status of pulmonary arterial hypertension-targeted pharmacotherapy applied in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin J Respir Crit Care Med, 2022, 21(8): 602-608.
- [6] 张亚萍, 徐仓宝. 内皮素 1 及其受体在肺动脉高压发病机制中作用的研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2019, 27(11): 1009-1012.
ZHANG Y P, XU C B. The roles of endothelin-1 and its receptors in the pathogenesis of pulmonary hypertension[J]. Chin J Arterioscler, 2019, 27(11): 1009-1012.
- [7] MIWA H, TANABE N, JUJO T, et al. Long-term outcome of chronic thromboembolic pulmonary hypertension at a single Japanese pulmonary endarterectomy center[J]. Circ J, 2018, 82(5): 1428-1436.
- [8] MIZOGUCHI H, OGAWA A, MUNEMASA M, et al. Refined balloon pulmonary angioplasty for inoperable patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2012, 5(6): 748-755.
- [9] 应令雯, 周健. 2017 年 ADA 糖尿病医学诊疗标准解读[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(增刊 2): 154-161.
YING L W, ZHOU J. Interpretation of standards of medical care in diabetes 2017[J]. Chin Circ J, 2017, 32(Suppl 2): 154-161.
- [10] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟, 中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南(2018 年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019, 24(1): 24-56.
Chinese Hypertension Prevention and Treatment Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance, Cardiovascular Disease Branch of Chinese Medical Association, Hypertension Professional Committee of Chinese Medical Association, et al. 2018 Chinese guidelines for the management of hypertension[J]. Chin J Cardiovasc Med, 2019, 24(1): 24-56.
- [11] WANG Q. Smoking and body weight: evidence from China health and nutrition survey[J]. BMC Public Health, 2015, 15: 1238.
- [12] OGAWA A, MATSUBARA H. After the dawn-balloon pulmonary angioplasty for patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Circ J, 2018, 82(5): 1222-1230.
- [13] 葛峰. 冠脉介入术后比较碘普罗胺与碘克沙醇肾毒性的研究[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2018, 6(21): 70-71.
GE F. Comparison of nephrotoxicity between iopromide and iodixanol after coronary intervention surgery[J]. Cardiovasc Dis J Integr Tradit Chin West Med (Electron),

- 2018, 6(21): 70-71.
- [14] 陈薇, 张梦洁, 冯荣, 等. 低氧诱导因子在心血管疾病中的研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志, 2024, 32(1): 72-78.
- CHEN W, ZHANG M J, FENG R, et al. Research progress of hypoxia inducible factors in cardiovascular diseases[J]. Chin J Arterioscler, 2024, 32(1): 72-78.
- [15] 首健, 霍云龙. 机械力信号与部分心血管疾病的发生[J]. 中国动脉硬化杂志, 2023, 31(1): 34-40.
- SHOU J, HUO Y L. Mechanical force signal and the occurrence of cardiovascular disease[J]. Chin J Arterioscler, 2023, 31(1): 34-40.
- [16] KAWAKAMI T, OGAWA A, MIYAJI K, et al. Novel angiographic classification of each vascular lesion in chronic thromboembolic pulmonary hypertension based on selective angiogram and results of balloon pulmonary angioplasty[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2016, 9(10): e003318.
- [17] FEINSTEIN J A, GOLDBERGER S Z, LOCK J E, et al. Balloon pulmonary angioplasty for treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Circulation, 2001, 103(1): 10-13.
- [18] KATAOKA M, INAMI T, KAWAKAMI T, et al. Balloon pulmonary angioplasty (percutaneous transluminal pulmonary angioplasty) for chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a Japanese perspective[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2019, 12(14): 1382-1388.
- [19] ZOPPELLARO G, BADAWY M R, SQUIZZATO A. Balloon pulmonary angioplasty in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis[J]. Circ J, 2019, 83(8): 1660-1667.
- [20] 赵智慧, 王勇, 罗勤, 等. 球囊肺动脉成形术治疗慢性血栓栓塞性肺动脉高压的安全性和有效性分析[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(6): 563-567.
- ZHAO Z H, WANG Y, LUO Q, et al. Safety and efficacy of balloon pulmonary angioplasty in the treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Chin Circ J, 2019, 34(6): 563-567.
- [21] BROCH K, MURBRAECH K, RAGNARSSON A, et al. Echocardiographic evidence of right ventricular functional improvement after balloon pulmonary angioplasty in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. J Heart Lung Transplant, 2016, 35(1): 80-86.
- [22] 肖家旺, 王建铭, 庚靖淞, 等. 重度肺动脉高压患者的左心室射血分数及 NT-proBNP 与预后相关[J]. 心脏杂志, 2024, 36(2): 171-175, 181.
- XIAO J W, WANG J M, GENG J S, et al. Association of left ventricular ejection fraction and NT-proBNP with prognosis in patients with severe pulmonary arterial hypertension[J]. Chin Heart J, 2024, 36(2): 171-175, 181.
- [23] GABLER N B, FRENCH B, STROM B L, et al. Validation of 6-minute walk distance as a surrogate end point in pulmonary arterial hypertension trials[J]. Circulation, 2012, 126(3): 349-356.
- [24] BADESCH D B, RASKOB G E, ELLIOTT C G, et al. Pulmonary arterial hypertension: baseline characteristics from the REVEAL registry[J]. Chest, 2010, 137(2): 376-387.
- [25] EJIRI K, OGAWA A, FUJII S, et al. Vascular injury is a major cause of lung injury after balloon pulmonary angioplasty in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2018, 11(12): e005884.
- [26] 周琴怡, 龚邵新, 彭琴, 等. 肺动脉平滑肌细胞: 肺动脉高压的关键治疗靶点[J]. 中国动脉硬化杂志, 2021, 29(6): 543-547.
- ZHOU Q Y, GONG S X, PENG Q, et al. Pulmonary arterial smooth muscle cells: a key therapeutic target for pulmonary arterial hypertension[J]. Chin J Arterioscler, 2021, 29(6): 543-547.
- (此文编辑 文玉珊)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

作者更正

发表在《中国动脉硬化杂志》2025 年第 33 卷第 4 期《Furin 启动子甲基化率与非糖尿病成人血脂的相关性》一文,因作者失误,将方法学部分的最终样本数(1 834 例)写错,现将 1.1 研究对象中最后一句话更正为本研究采用该队列基线时的数据,排除数据缺失的 4 例样本(低密度脂蛋白数据缺失 1 例, Furin 启动子 CpG2、CpG7 及 CpG8 位点甲基化数据缺失各 1 例)后,最终纳入 1 832 例受试者进行二次横断面分析。并在此致歉!