



双源CT对成人房间隔缺损肺动脉高压的诊断价值

赵海珊, 王 诚, 韩曙光, 徐彤彤, 伍雪晴, 胡春峰

The Diagnostic Value of Dual-source CT in Adult Atrial Septal Defect with Pulmonary Hypertension

ZHAO Haishan, WANG Cheng, HAN Shuguang, XU Tongtong, WU Xueqing, and HU Chunfeng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2022.199>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于CT和MRI的大鼠慢性肺动脉高压模型评价分析

Evaluation and Analysis of Chronic Pulmonary Hypertension Model of Rats Based on CT and MRI

CT理论与应用研究. 2017, 26(6): 679–687

AI在双源CT不同管电压下对肺结节的检测效能

AI Detection Efficiency of Pulmonary Nodules Under Dual-source CT with Different Tube Voltages

CT理论与应用研究. 2021, 30(4): 495–502

实验性急性肺栓塞双源CT双能量肺灌注成像与CTPA的对照研究

The Control Study of Dual Source CT Dual Energy Lung Perfusion Imaging and CTPA with Experimental Acute Pulmonary Embolism Model

CT理论与应用研究. 2017, 26(2): 147–156

双源双能量CT碘值测定对诊断胃癌术前T分期的应用价值分析

Application Value of Dual-source Dual-energy CT Iodine Determination for Preoperative T Staging of Gastric Cancer

CT理论与应用研究. 2019, 28(3): 347–354

双源CT双能量成像在痛风性关节炎诊断中的价值

The Value of Dual-source CT Dual-energy Imaging in the Diagnosis of Gouty Arthritis

CT理论与应用研究. 2018, 27(2): 171–177

双源CT对肾透明与非透明细胞癌的鉴别诊断价值

Study on Clinical Application of Dual-source CT for Differentiating Diagnosis between Renal Clear Cell Carcinoma and Non-clear Cell Carcinoma

CT理论与应用研究. 2018, 27(1): 19–25



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

赵海珊, 王诚, 韩曙光, 等. 双源 CT 对成人房间隔缺损肺动脉高压的诊断价值[J]. CT 理论与应用研究, 2023, 32(6): 761-769. DOI:10.15953/j.ctta.2022.199.
ZHAO H S, WANG C, HAN S G, et al. The Diagnostic Value of Dual-source CT in Adult Atrial Septal Defect with Pulmonary Hypertension[J]. CT Theory and Applications, 2023, 32(6): 761-769. DOI:10.15953/j.ctta.2022.199. (in Chinese).

双源 CT 对成人房间隔缺损肺动脉高压的诊断价值

赵海珊^a, 王诚^b, 韩曙光^a, 徐彤彤^a, 伍雪晴^a, 胡春峰^{a✉}

徐州医科大学附属医院 a) 影像科; b) 心内科, 江苏 徐州 221004

摘要: 目的: 探讨双源 CT 评价成人房间隔缺损 (ASD) 合并肺动脉高压 (PAH) 的诊断价值。方法: 回顾性分析我院 75 例成人 ASD 患者, 根据右心导管 (RHC) 检查术所得肺动脉平均压 (mPAP) 是否 ≥ 25 mmHg 分为 PAH 组 (40 例) 和无 PAH 组 (35 例)。所有患者均在术前 1 周内行 DSCT 先天性心脏病检查, 测量升主动脉直径 (AAD)、主肺动脉直径 (MPAD)、右肺动脉干直径 (RPAD)、左肺动脉干直径 (LPAD)、右下肺动脉直径 (RLPAD)、双心室短轴最大内径 (RVD、LVD)、脊柱室间隔夹角、ASD 直径, 计算 MPAD 与 AAD 比值 (rPA)、RVD 与 LVD 比值 (RVD/LVD)。采用 t 检验评价两组患者临床资料、RHC 检查指标、CT 心血管参数差异; 使用 ROC 曲线确定双源 CT 对成人 ASD 合并 PAH 的诊断效能; 使用 Pearson 等级相关系数分析 CT 参数与 mPAP、PVR 的相关性。结果: 两组间差异有统计学意义的 CT 指标有 MPAD、RPAD、LPAD、RLPAD、RVD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、ASD 直径, 其中 RPAD、LPAD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、ASD 直径对 PAH 具有中等强度的诊断效能 (AUC 均 > 0.7); MPAD、rPA、ASD 直径与 mPAP 呈中度正相关, MPAD、rPA、RVD/LVD 与 PVR 呈中度正相关, ASD 直径与 PVR 呈高度正相关。结论: 双源 CT 对成人 ASD 合并 PAH 具有一定的诊断价值, 可以为临床治疗前综合评估、长期随访与管理提供较好的依据。

关键词: 双源 CT; 成人房间隔缺损; 肺动脉高压; 右心导管检查

DOI:10.15953/j.ctta.2022.199 中图分类号: R814 文献标识码: A

房间隔缺损 (atrial septal defect, ASD) 是临床最常见的成人先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD), 占有 CHD 的 6%~10%^[1]。ASD 患者因体-肺分流的存在, 右心室 (right ventricle, RV) 前负荷过载, 引起右心结构重塑、功能减退, 肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance, PVR)、肺动脉压力 (pulmonary artery pressure, PAP) 进行性升高, 若进展至肺动脉高压 (pulmonary arterial hypertension, PAH)、右心衰竭将大大减小临床干预缺损闭合的适用性^[2-3], 患者远期生存率明显降低^[4]。因此, 对 ASD 患者的 PAH 进行长期监测与评估管理具有重要意义。

目前超声心动图检查作为临床常用检查手段, 仍有受声窗限制、对操作者依赖等不可避免的缺陷。心脏双源 CT (dual source CT, DSCT) 检查具有良好的时间分辨率和图像质量, 使用放射线剂量减低, 较心脏超声可重复性高, 测量更精准^[5], 如合并其他先天畸形能提供更丰富的信息, 其用于术前评价心脏相关疾病的价值越来越受到临床重视。既往研究显示 CT 二维心血管测量能有效反应 PAP。由于 ASD 具有特殊的血流动力学和疾病发展过程^[6], 其发生 PAH 与多种因素相关, 包括缺损大小、类型, 患者年龄、遗传及免疫等^[7], CT 测量指标是否同样适用有待验证。

本研究旨在通过 DSCT 测量成人 ASD 患者治疗前的心血管相关参数, 分析其与右心导管检查 (right cardiac catheterization, RHC) 指标相关性, 探讨其在成人 ASD 合并 PAH 中的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本文选取自 2019 年 1 月至 2022 年 3 月在徐州医科大学附属医院确诊的 75 例 ASD 患者, 其中男

收稿日期: 2022-10-15。

基金项目: 江苏省卫生健康委项目 (Z2018037)。

性 21 例, 女性 54 例; 年龄 18~69 (42.72 ± 14.71) 岁。根据肺动脉高压诊断金标准^[8], 即患者在海平面、静息状态下, 经 RHC 测定患者的肺动脉平均压 (mean pulmonary arterial pressure, mPAP) 是否 ≥ 25 mmHg, 将所有纳入对象分为 PAH 组 40 例、无 PAH 组 35 例。

纳入标准: ① 临床首次确诊或从未进行过临床治疗, 包括药物和手术治疗的 ASD 成年患者; ② 所有患者均进行 RHC 检查并于前一周内行 DSCT 先天性心脏病检查。

排除标准: ① 双向分流 ASD 患者或已发展为艾森曼格综合征、合并其他心脏大血管畸形、严重心脏瓣膜病、其他可能导致左心衰竭/肺循环充血性疾病、严重心律失常及心肌病/心肌炎等; ② 合并糖尿病、结缔组织病、呼吸系统疾病、胸廓畸形、胸膜病变等可能影响肺血管的疾病; ③ 有胸部手术史; ④ CT 图像质量不佳无法满足测量标准。

1.2 临床基线资料收集

通过查阅住院电子病历收集纳入对象的临床基线资料, 包括年龄、性别、身高、体重等。

1.3 RHC 方法

在患者平卧位、局部麻醉状态下, 术者选择右侧股静脉穿刺成功后, 采用 6F MPA2 导管在透视状态下进行操作, 测量并收集血流动力学指标包括肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure, PASP)、肺动脉舒张压 (pulmonary artery diastolic pressure, PADP)、mPAP、PVR。

1.4 DSCT 先天性心脏病检查方法

所有患者采用 Siemens Somatom Force 型双源 CT 机, 按照标准位置连接心电导连线, 取仰卧位, 双臂上举, 经右肘前静脉注射非离子型碘佛醇 (Ioversol, 350 mgI/mL 江苏恒瑞)。根据体质量, 对比剂注射流率 3.0~5.0 mL/s。

采用对比剂跟踪技术触发, 感兴趣区置于升主动脉处, 当感兴趣区 CT 值达到 100 HU 时, 延迟 6 s 扫描, 于 25%~40% R-R 间期进行数据采集。扫描范围从胸廓入口至膈下 2 cm, 扫描野包括整个心脏及胸部大血管。扫描参数: 管电压 80~120 kV, 管电流 380~420 mA, 层厚 1 mm, 准直 1.25 mm。

1.5 DSCT 心血管参数测量

将原始图像导入后处理工作站进行心血管参数测量, 所有测量数值取 3 次测量结果的平均值, 血管测量参数包括升主动脉直径 (ascending aortic diameter, AAD)、主肺动脉直径 (main pulmonary artery diameter, MPAD)、左肺动脉干直径 (left pulmonary artery diameter, LPAD)、右肺动脉干直径 (right pulmonary artery diameter, RPAD)、右下肺动脉干直径 (right lower pulmonary artery diameter, RLPAD)。

测量方法: 在 CT 轴位图像上选取肺动脉最大层面, 由升主动脉中心点发出垂直于主肺动脉长轴所得的主肺动脉径长即为 MPAD (图 1(a) 和图 2(a)), 同一层面的升主动脉最短径即为 AAD (图 1(a) 和图 2(a)); 在 CT 轴位图像上选取右肺动脉干最大层面, 做升主动脉中心点和升主动脉缘与右肺动脉右侧缘相切点之间的连线, 其延长线所得右肺动脉干管径即为 RPAD 取值 (图 1(b) 和图 2(b)); 在 CT 轴位图像上选取左肺动脉干最大层面, 做左上肺静脉中心点和左上肺静脉与左肺动脉左侧缘相切点之间的连线, 其延长线所得左肺动脉干管径即为 LPAD (图 1(c) 和图 2(c)); 在右肺中下叶支气管分叉层面, 测量右下肺动脉的短径, 记为 RLPAD (图 1(d) 和图 2(d))。计算主肺动脉直径与升主动脉直径的比值 (rPA)。

心脏测量参数包括右心室短轴最大内径 (RVD)、左心室短轴最大内径 (LVD) 和脊柱室间隔夹角、ASD 直径。测量方法: 在 CT 轴位图像上测量 RV、LV 游离壁心腔面与室间隔的最大垂直距离, 即 RVD、LVD (图 1(e) 和图 2(e)); 在同一层面取胸骨中点与胸椎棘突的连线, 测量此线与室间隔中心线向前所成夹角的度数, 即脊柱室间隔夹角 (图 1(f) 和图 2(f))。计算右心室腔短轴最大内径与左心室

腔短轴最大内径的比值，即 RVD/LVD。选取 CT 轴位像上房间隔缺损最大层面测量 ASD 直径。

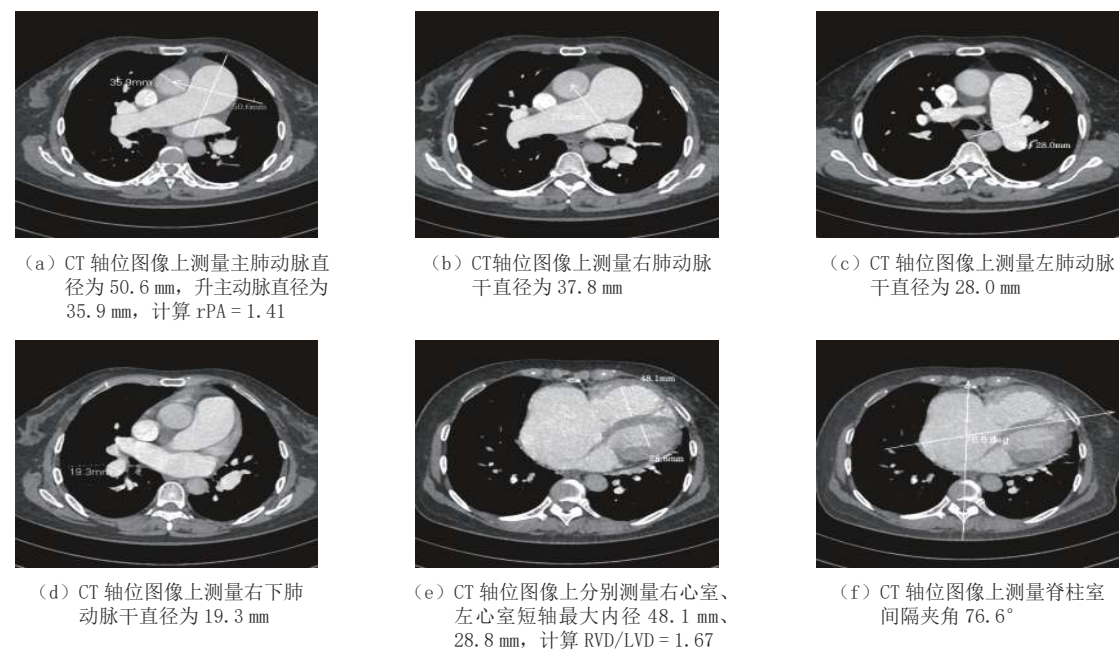


图 1 女，57 岁，ASD 合并 PAH，mPAP = 41.0 mmHg

Fig.1 Female, 57 years old, atrial septal defect with pulmonary hypertension, mPAP = 41.0 mmHg

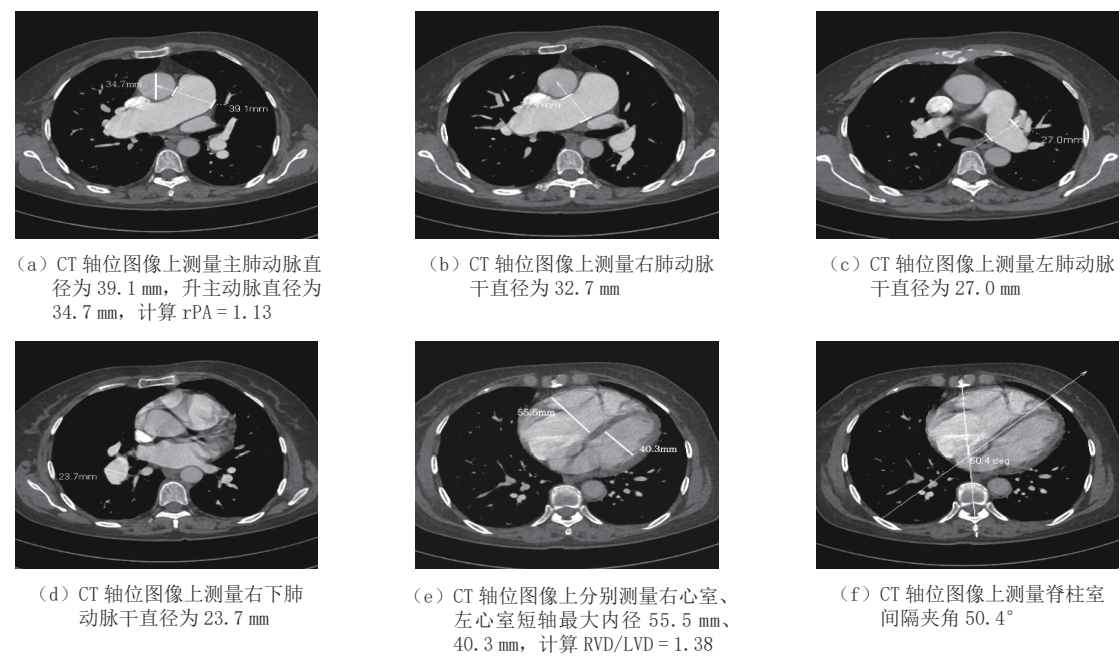


图 2 女，57 岁，ASD 不合并 PAH，mPAP = 16.0 mmHg

Fig.2 Female, 57 years old, atrial septal defect without pulmonary hypertension, mPAP = 16.0 mmHg

1.6 统计学分析

使用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，计数资料以例数

(构成比)表示; 两组间 RHC 指标、CT 心血管参数差异比较采用独立样本 *t* 检验。

使用 ROC 曲线评价 DSCT 对成人 ASD 合并 PAH 的诊断效能, 计算和比较 ROC 曲线下面积 (AUC), 确定其截断值、敏感度、特异度; 使用 Pearson 等级相关系数分析 mPAP 与 CT 心血管参数之间的相关性。*P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床基线资料与 RHC 指标结果

本研究共纳入 75 例成人 ASD 患者, 分为 PAH 组 40 例和无 PAH 组 35 例。两组间年龄、性别、体表面积 (body surface area, BSA) 比较差异均无统计学意义 (表 1); PAH 组患者 NYHA 心功能分级比无 PAH 组患者差, 差异有统计学意义; PAH 组 RHC 指标 PASP、PADP、mPAP、PVR 较无 PAH 组升高, 差异有统计学意义 (表 1)。

表 1 两组间临床基线资料及 RHC 指标比较
Table 1 Comparison of clinical baseline data and right heart catheterization indexes between the two groups

项目	组别		<i>P</i>
	无 PAH 组 (<i>n</i> = 35)	PAH 组 (<i>n</i> = 40)	
年龄/岁	40.49 ± 16.99	44.68 ± 12.28	0.22
男性/ (<i>n</i> , %)	11.00 (31.43)	10.00 (25.00)	0.54
BSA/m ²	1.65 ± 0.11	1.67 ± 0.14	0.59
NYHA 分级			< 0.05
I ~ II 级 (<i>n</i> , %)	35.00 (100.00)	31.00 (77.50)	
III ~ IV 级 (<i>n</i> , %)	0.00 (0.00)	9.00 (22.50)	
PASP/mmHg	38.03 ± 12.78	50.85 ± 20.76	< 0.05
PADP/mmHg	16.12 ± 6.80	20.98 ± 8.80	< 0.05
mPAP/mmHg	17.97 ± 2.75	34.00 ± 11.08	< 0.05
PVR (Wood)	1.38 ± 0.67	5.70 (3.24~15.12)	< 0.05

表 2 两组间 CT 心血管参数测量值比较
Table 2 Comparison of CT cardiovascular parameters between the two groups

心血管参数	组别		<i>P</i>
	无 PAH 组 (<i>n</i> = 35)	PAH 组 (<i>n</i> = 40)	
AAD	28.91 ± 4.74	28.41 ± 4.81	0.652
MPAD/mm	31.14 ± 6.27	36.34 ± 8.52	< 0.05
RPAD/mm	23.66 ± 5.28	27.91 ± 6.23	< 0.05
LPAD/mm	23.05 ± 5.24	27.30 ± 5.84	< 0.05
RLPAD/mm	14.24 ± 2.78	16.49 ± 3.75	< 0.05
RVD/mm	43.22 ± 9.72	48.43 ± 8.75	< 0.05
LVD/mm	35.97 ± 5.77	34.87 ± 7.89	0.499
脊柱室间隔夹角/°	51.93 ± 12.83	61.87 ± 11.68	< 0.05
rPA	1.08 ± 0.18	1.31 ± 0.38	< 0.05
RVD/LVD	1.21 ± 0.24	1.43 ± 0.29	< 0.05
ASD 直径/mm	17.28 ± 4.43	24.95 ± 5.32	< 0.05

2.2 DSCT 心血管参数结果

与无 PAH 组比较, PAH 组 MPAD、RPAD、LPAD、RLPAD、RVD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、

ASD 直径均升高，存在显著性差异 (表 2)；两组间 AAD、LVD 差异无统计学意义 (表 2)。

2.3 以 RHC 指标 mPAP 为 PAH 金标准，分析 DSCT 心血管参数对 PAH 的诊断效能

DSCT 测量所得 MPAD、RPAD、LPAD、RLPAD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、ASD 直径对 PAH 具有诊断价值 (AUC 均 > 0.5, *P* 均 < 0.05)，其中 RPAD、LPAD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、ASD 直径对 PAH 具有中等强度的诊断效能 (AUC > 0.7) (表 3)。

表 3 CT 心血管参数预测 PAH 的 ROC 曲线分析
Table 3 ROC curve analysis of CT cardiovascular parameters predicting PAH

心血管参数	AUC 值 (95%CI)	<i>P</i>	截断值	敏感度/%	特异度/%	约登指数
MPAD/mm	0.68 (0.55~0.80)	<0.05	35.00	0.58	0.74	0.32
RPAD/mm	0.71 (0.59~0.83)	<0.05	21.95	0.88	0.51	0.39
LPAD/mm	0.72 (0.60~0.83)	<0.05	23.50	0.80	0.60	0.40
RLPAD/mm	0.68 (0.56~0.81)	<0.05	16.95	0.45	0.91	0.36
脊柱室间隔夹角/°	0.72 (0.61~0.84)	<0.05	63.35	0.53	0.86	0.38
rPA	0.70 (0.58~0.82)	<0.05	1.20	0.63	0.83	0.45
RVD/LVD	0.71 (0.59~0.82)	<0.05	1.22	0.83	0.51	0.34
ASD 直径/mm	0.85 (0.77~0.93)	<0.05	22.32	0.68	0.89	0.56

2.4 相关性分析

MPAD、RPAD、LPAD、RLPAD、脊柱室间隔夹角、rPA、RVD/LVD、ASD 直径与 mPAP 均呈正相关，其中 MPAD、rPA、ASD 直径与 mPAP 呈中度正相关 (表 4)。MPAD、rPA、RVD/LVD 与 PVR 呈中度正相关，ASD 直径与 PVR 呈高度正相关 (表 5)。DSCT 测量的心脏参数脊柱室间隔夹角、RVD 和 RVD/LVD 三者间互为正相关，LVD 与 RVD 呈正相关，LVD 与脊柱室间隔夹角呈负相关，LVD 与 RVD/LVD 无显著相关性 (表 6)。

表 4 mPAP 与 CT 心血管测量参数相关性分析
Table 4 Correlation analysis of mPAP and CT cardiovascular measurement parameters

心血管参数	<i>r</i>	<i>P</i>
MPAD/mm	0.51	<0.05
RPAD/mm	0.45	<0.05
LPAD/mm	0.44	<0.05
RLPAD/mm	0.47	<0.05
脊柱室间隔夹角/°	0.36	<0.05
rPA	0.61	<0.05
RVD/LVD	0.47	<0.05
ASD 直径/mm	0.62	<0.05

表 5 PVR 与 CT 心血管测量参数相关性分析
Table 5 Correlation analysis of PVR and CT cardiovascular measurement parameters

心血管参数	<i>r</i>	<i>P</i>
MPAD/mm	0.56	<0.05
RPAD/mm	0.48	<0.05
LPAD/mm	0.47	<0.05
RLPAD/mm	0.44	<0.05
脊柱室间隔夹角/°	0.39	<0.05
rPA	0.63	<0.05
RVD/LVD	0.52	<0.05
ASD 直径/mm	0.81	<0.05

表 6 CT 心脏参数测量值相关性分析
Table 6 Correlation analysis of CT cardiac parameter measurements

相关系数	RVD	LVD	RVD/LVD	脊柱室间隔夹角
RVD	1.00			
LVD	0.49**	1.00		
RVD/LVD	0.45**	-0.06	1.00	
脊柱室间隔夹角	0.52**	-0.47**	0.50**	1.00

注：**-在 0.01 级别 (双尾)，相关性显著。

3 讨论

ASD 患者肺血管流量和压力持续性增加,肺血管内皮细胞受损、代谢功能紊乱,右心后负荷增加并加剧前负荷,产生恶性循环,心肺血管形态重塑、功能障碍,PVR、PAP 进行性升高,当超过右心、肺血管代偿能力时出现不可逆性 PAH、右心衰竭,治疗预后极差。Engelfriet 等^[4]对欧洲心脏病多中心数据库关于成人心脏间隔缺损患者的研究中提到即使关闭心脏间隔缺损,PAH 仍可发生或继续进展。因此,维持 ASD 患者终身血流动力学稳定是重要的治疗目标^[9-10]。RHC 是目前评价 PAH 的金标准,但属于有创性操作,有发生严重并发症可能性,患者依从性较差,且对 PAH 的病因及心脏形态等信息提供有限^[11]。DSCT 作为一种无创、有效、成像速度快、可重复性高的检查手段,已成为先天性心脏病诊疗中不可或缺的部分。

RVD/LVD 作为比值参数,影像观察直观,并一定程度消除扫描时处于不同心动周期时相所造成的个体差异,是评估 PAH 简便、可靠的方式。张伟等^[12]用 CTPA 评估急性肺栓塞患者发生 PAH 的研究中发现,随着 PAP 升高,RVD 明显增大(轻度 PAH 组(38.46 ± 5.43)mm,中重度 PAH 组(44.95 ± 6.86)mm)而 LVD 呈减小趋势,相应 RVD/LVD 显著增加。梁妍等^[13]用磁共振测得在分流型先心病患者中 PAH 组(38.55 ± 6.63)mm,RVD 较无 PAH 组(32.36 ± 4.82)mm 增大,双心室内径比值随 PAP 升高而不断扩大(PAH 组(1.55 ± 0.55)mm,无 PAH 组(1.13 ± 0.26)mm)。

本研究显示 PAH 组 RVD/LVD 较无 PAH 组明显增大,RVD/LVD 与 mPAP、PVR 均呈正相关,对 mPAP 截断值为 1.22,敏感度为 82.50%。本研究还发现两组患者 RVD 普遍增大,LVD 与 RVD 呈正相关,但 LVD 与 RVD/LVD 无显著相关,两组间 LVD 亦无显著性差异。考虑 ASD 患者早期心脏形态改变集中于右心,包括 RV 壁代偿性增厚、心腔内径扩大等,本研究纳入 PAH 组中重度 PAH 患者占比较少,左心系统尚未发生严重形变,如扩大样本量进一步研究可能会有不同结果。

刘敏等^[14]研究发现脊柱室间隔夹角在慢性血栓栓塞性 PAH 组为(63 ± 11)°,较无 PAH 组(40 ± 7)°明显增大,与超声测得右室横径呈正相关,与右心功能参数呈负相关,提出右心功能超负荷状态是决定该角度变化的直接因素。与上述研究相似,本研究中 ASD-PAH 组中脊柱室间隔夹角显著高于无 PAH 组,与 mPAP、PVR 均呈正相关,该角对 mPAP 的截断值为 63.35° ,特异度为 85.70%。目前在脊柱室间隔夹角评价 PAH 方面的研究较少,但 ASD 患者 RV 包括室间隔发生代偿性肥厚等形态改变,出现心脏在水平面上顺时针偏转的现象,且脊柱与室间隔在整个心动周期中位置相对固定,因此该角可以作为反应 PAH 病情进展较理想的指标。

Kayawake 等^[15]对 COPD 相关 PAH 研究显示 CT 测量 MPAD、RPAD、LPAD 等结构指标与 mPAP 有较好的相关性;Corson 等^[16]研究发现通过 CT 测量 MPAD > 29 mm 对诊断 PAH 的敏感性为 89%,提示 MPAD 对 PAH 有较高的诊断能力;另有研究指出通过 CTPA 测量 MPAD 检测重度 PAH 患者的敏感度和准确度更高^[17]。本研究显示成人 ASD PAH 组 MPAD 较无 PAH 组明显升高,与 mPAP、PVR 均呈中度正相关;与上述研究相比,本研究中两组患者 MPAD 增大,诊断 mPAP 的界值为 35.00 mm,与本研究中 RVD 增大类似,可能因为 ASD 患者先天的体-肺分流伴长期代偿,分流程度和肺血管舒张期充盈压力、顺应性改变以及 ASD 大小有关。本研究结果显示 ASD 直径在 PAH 组中较无 PAH 组明显更大,与 PVR 呈高度正相关,与 mPAP 呈中度正相关,对 mPAP 具有中等强度诊断效能。此外,本研究入选人群年龄、PAH 程度可能会影响上述结果。

Wu 等^[18]研究显示 $rPA \geq 1$ 对诊断 COPD 合并 PAH 具有较高的特异性和准确率。Caro-Domínguez 等^[19]对儿童 PAH 的研究显示 PAH 和无 PAH 患者 rPA 分别为 1.05 和 0.87,rPA 可作为 PAH 患者死亡的预测因子。Truong 等^[20]研究指出 rPA 与 RHC 测量的 mPAP 有很强的相关性(95%CI: 0.55~0.78)。

与上述研究结果相似,本研究显示 rPA 与 mPAP、PVR 均呈中度正相关, $rPA \geq 1.20$ 时诊断 PAH 敏感度为 62.50%,特异度为 82.90%。与无 PAH 组相比,PAH 组 RPAD、LPAD、RLPAD 明显升高,与 mPAP、PVR 均呈正相关,RPAD、LPAD 对 mPAP 具有中等强度诊断效能,敏感度均较高(87.50%、

80.00%), 提示 DSCT 检查发现 rPA、RPAD、LPAD 异常, 可以作为 ASD 发生 PAH 的诊疗依据, 并对 PAH 进行长期监测。

本研究亦有一定局限性。这是一项样本量有限的单中心回顾性研究, 研究对象单一, 结论适用性可能存在一定局限, 需要更大规模的研究验证。本研究使用的 DSCT 参数均为结构性参数, 近年来有研究应用心电门控 CTA 测量心功能, 包括心室容积、心肌质量等能提供心脏功能受损程度的变化^[21], 可更好地预测 PAH^[22]。此外, CT 扫描野内包含冠状动脉、心外膜脂肪、肺组织等组织, 其异常改变是否与 ASD 患者 PAH 相关及对患者预后意义也有待深入研究。

综上, DSCT 检查具有快速、可靠、无创、可重复性观察等优点, 除了诊断 ASD 的先天畸形, 其测量的心血管结构性参数与评价 PAH “金标准” RHC 检查指标有较好的相关性, 单独或与其他检查技术结合使用, 可以用于 ASD 患者的 PAP 术前评估, 为 PAH 的无创监测与长期随访提供重要依据。

参考文献

- [1] BRIDA M, CHESSA M, CELERMAJER D, et al. Atrial septals defect in adulthood: A new paradigm for congenital heart disease[J]. *Europen Heart Journal*, 2022, 43(28): 2660-2671.
- [2] MANDRAS S A, MEHTA H S, VAIDYA A. Pulmonary hypertension: A brief guide for clinicians[J]. *Mayo Clinic Proceedings*, 2020, 95(9): 1978-1988.
- [3] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组, 中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会. 中国肺动脉高压诊断与治疗指南 (2021 版) [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(1): 11-51. Group of Pulmonary Embolism and Pulmonary Vascular Disease, Respiratory Branch of Chinese Medical Association, Working Committee of Pulmonary Embolism and Pulmonary Vascular Disease, Respiratory Branch of Chinese Medical Association. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of pulmonary hypertension (2021 Edition) [J]. *Chinese Medical Journal*, 2021, 101(1): 11-51. (in Chinese).
- [4] ENGELFRIET P M, DUFFELS M G, MÖLLER T, et al. Pulmonary arterial hypertension in adults born with a heart septal defect: The euro heart survey on adult congenital heart disease[J]. *Heart*, 2007, 93(6): 682-687.
- [5] 宋会军, 刘琼, 金敬琳, 等. 房间隔缺损大小二维经胸超声心动图、二维及三维 CT 血管造影测量对比研究[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29(6): 318-323. SONG H J, LIU Q, JIN J L, et al. Comparative study of atrial septal defect size by two-dimensional transthoracic echocardiography, two-dimensional and three-dimensional CT angiography[J]. *Chinese Journal of Interventional Cardiology*, 2021, 29(6): 318-323. (in Chinese).
- [6] LATSON L, BRISTON D. Atrial septal defect: Transcatheter closure is not bad, but there is more to the story[J]. *JACC-Cardiovascular Interventions*, 2021, 14(5): 576-577.
- [7] ZWIJNENBURH R D, BAGGEN V J M, GEENEN L W, et al. The prevalence of pulmonary arterial hypertension before and after atrial septal defect closure at adult age: A systematic review[J]. *Amercian Heart Journal*, 2018, 201: 63-71.
- [8] GALIÈ N, HUMBERT M, VACHIER Y J L, et al. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension[J]. *Revista Espanola de Cardiologia (English Edition)*, 2016, 69(2): 177.
- [9] KHEIWA A, HARI P, MADABHUSHI P, et al. Patent foramen ovale and atrial septal defect[J]. *Echocardiography*, 2020, 37(12): 2172-2184.
- [10] BAUMGARTNER H, de BACKER J, BABU-NARAYAN S V, et al. 2020 ESC guidelines for the management of adult congenital heart disease[J]. *Europen Heart Journal*, 2021, 42(6): 563-645.
- [11] MEYER G M B, SPILIMBERGO F B, ALTMAYER S, et al. Correction to: Multiparametric magnetic resonance imaging in the assessment of pulmonary hypertension: Initial experience of a one-stop study[J]. *Lung*, 2018, 196(4): 497.
- [12] 张伟, 俞同福, 徐海, 等. CT 肺动脉成像对急性肺栓塞患者肺动脉高压严重程度的评估[J]. *放射学实践*, 2013, 28(3): 324-328. ZHANG W, YU T F, XU H, et al. Assessment of the severity of pulmonary hypertension in patients with acute pulmonary embolism by CT pulmonary artery imaging[J]. *Radiological Practice*, 2013, 28(3): 324-328. (in Chinese).
- [13] 梁妍, 胡春峰, 程守全, 等. 心脏磁共振成像对左向右分流型先天性心脏病合并肺动脉高压的诊断价值及右心室功能评估[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2022, 14(1): 79-83, 86.

- LIANG Y, HU C F, CHENG S Q, et al. Diagnostic value of cardiac magnetic resonance imaging in left to right shunt congenital heart disease with pulmonary hypertension and evaluation of right ventricular function[J]. *Chinese Journal of Evidence based Cardiovascular Medicine*, 2022, 14(1): 79-83, 86. (in Chinese).
- [14] 刘敏, 马展鸿, 郭晓娟, 等. 慢性血栓栓塞性肺动脉高压 CTPA 测定脊柱室间隔角与右室功能、氨基末端脑钠肽前体的关系[J]. *中华医学杂志*, 2011, 91(41): 2903-2906.
- LIU M, MA Z H, GUO X J, et al. CTPA determination of the relationship between spinal ventricular septal angle, right ventricular function and N-terminal pro brain natriuretic peptide in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. *Chinese Medical Journal*, 2011, 91(41): 2903-2906. (in Chinese).
- [15] KAYAWAKE H, AOYAMA A, KINOSHITA H, et al. Diameter of the dilated main pulmonary artery in patients with pulmonary hypertension decreases after lung transplantation[J]. *Surgery Today*, 2020, 50(3): 275-283.
- [16] CORSON N, ARMATO S G, LABBY Z E, et al. CT-based pulmonary artery measurements for the assessment of pulmonary hypertension[J]. *Academic Radiology*, 2014, 21(4): 523-530.
- [17] 周拓. CT 肺动脉成像对 COPD 合并肺动脉高压的诊断价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(5): 79-82.
- ZHOU T. Diagnostic value of CT pulmonary artery imaging in COPD with pulmonary hypertension[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2019, 17(5): 79-82. (in Chinese).
- [18] WU X G, SHI Y J, WANG X H, et al. Diagnostic value of computed tomography-based pulmonary artery to aorta ratio measurement in chronic obstructive pulmonary disease with pulmonary hypertension: A systematic review and meta-analysis[J]. *Clinical Respiratory Journal*, 2022, 16(4): 276-283.
- [19] CARO-DOMÍNGUEZ P, COMPTON G, HUMPL T, et al. Pulmonary arterial hypertension in children: Diagnosis using ratio of main pulmonary artery to ascending aorta diameter as determined by multi-detector computed tomography[J]. *Pediatric Radiology*, 2016, 46(10): 1378-1383.
- [20] TRUONG Q A, MASSARO J M, ROGERS I S, et al. Reference values for normal pulmonary artery dimensions by noncontract cardiac computed tomography: The framingham heart study[J]. *Circulation Cardiovascular Imaging*, 2012, 5(1): 147-154.
- [21] LIANG H W, ZHAO D L, LIU X D, et al. ECG-gated pulmonary artery CTA for evaluation of right ventricular function in patients with acute pulmonary embolism[J]. *Echocardiography*, 2017, 34(2): 257-263.
- [22] LI D, TANG X, ZHU Y, et al. Pulmonary artery size measurements: A comparison study between electrocardiogram-gated and nonelectrocardiogram-gated computed tomography[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2021, 45(3): 415-420.

The Diagnostic Value of Dual-source CT in Adult Atrial Septal Defect with Pulmonary Hypertension

ZHAO Haishan^a, WANG Cheng^b, HAN Shuguang^a,
XU Tongtong^a, WU Xueqing^a, HU Chunfeng^{a✉}

a). Department of Radiology; b). Department of Cardiology, the Affiliated
Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221004, China

Abstract: Objective: To investigate the diagnostic value of dual-source CT (DSCT) in evaluating adults with atrial septal defect (ASD) with pulmonary hypertension (PAH). Methods: Seventy-five adult patients with ASD in our hospital were retrospectively analyzed. The study sample was divided into 2 groups (PAH group ($n = 40$) and non-PAH group ($n = 35$ cases)) according to the mean pulmonary artery pressure (mPAP) obtained by right cardiac catheterization (RHC) (PAH: ≥ 25 mmHg). All patients were examined for congenital heart disease by DSCT one week before RHC. The ascending aorta diameter (AAD), main pulmonary artery diameter (MPAD), right pulmonary artery diameter (RPAD), left pulmonary artery diameter (LPAD), right lower pulmonary artery diameter (RLPAD), the maximum diameter of the short axis of both the ventricles (RVD, LVD), included the angle of the spinal ventricular septum and ASD diameter, were measured on the image. The MPAD to AAD ratio (rPA) and the RVD to LVD ratio (RVD/LVD) were calculated. Differences between the two groups in terms of clinical data, RHC indexes, and CT cardiovascular parameters were evaluated by a *t*-test. The ROC curve was used to determine the diagnostic efficacy of DSCT in adults with ASD and PAH. Pearson correlation coefficient was used to analyze the association

between the CT parameters, mPAP, and PVR. Results: The statistically significant CT indexes between the two groups were MPAD, RPAD, LPAD, RLPAD, RVD including the angle of the spinal ventricular septum, rPA, RVD/LVD, and ASD diameter. Of these, the RPAD and LPAD including the angle of the spinal ventricular septum, rPA, RVD/LVD, and ASD diameter demonstrated moderate diagnostic efficacy for PAH ($AUC > 0.7$). The MPAD, rPA, and ASD diameter with mPAP were moderately positively correlated. The MPAD, rPA, and RVD/LVD with PVR were also mildly positively correlated. Furthermore, the ASD diameter and PVR were highly positively correlated. Conclusion: DSCT is diagnostically valuable for the evaluation of adults with ASD complicated with PAH. In particular, DSCT may be used to provide a comprehensive evaluation before clinical treatment, as well as for long-term follow-up and management.

Keywords: dual source CT; adult atrial septal defect; pulmonary hypertension; right cardiac catheterization



作者简介: 赵海珊, 女, 徐州医科大学/徐州医科大学附属医院影像医学与核医学专业在读研究生, 主要研究方向为 CT 和 MRI 在心血管疾病的临床应用, E-mail: 584408224@qq.com; 胡春峰[✉], 男, 徐州医科大学附属医院影像科主任医师, 主要从事影像诊断工作, 尤其擅长心血管、胸部疾病的影像诊断, E-mail: hcfxz@163.com。