

• 肺栓塞影像学专题 •

MRI 测量的目标血管面积与慢性血栓栓塞性肺动脉高压血流动力学参数的相关性研究

郭晓娟, 刘敏, 马展鸿, 缪冉, 蒋涛, 杨媛华, 郭佑民

【摘要】 目的:探讨 MRI 测量的肺血管及腔静脉面积与慢性血栓栓塞性肺动脉高压(CTEPH)患者血流动力学参数之间的关系。方法:前瞻性搜集经右心导管检查确诊的慢性血栓栓塞性肺动脉高压患者 20 例。测量主肺、左右肺动脉、上下腔静脉的平均、最小和最大面积,并与血流动力学参数进行相关性分析。结果:下腔静脉平均、最大面积与肺动脉平均压具有中度相关性($r=0.463, 0.447, P=0.040, 0.049$);下腔静脉平均、最小、最大面积与肺血管阻力指数具有中度相关性($r=0.482, 0.444, 0.441, P=0.030, 0.047, 0.049$);主肺动脉最小、最大面积($r=0.467, 0.468, P=0.044, 0.044$)及左主肺动脉平均、最小、最大面积($r=0.450, 0.468, 0.476, P=0.047, 0.043, 0.039$)与右心每搏功指数具有中度相关性;左主肺动脉平均、最小、最大面积与右心做功指数具有中度相关性($r=0.473, 0.469, 0.530, P=0.035, 0.043, 0.020$);上腔静脉平均、最小、最大面积($r=0.516, 0.495, 0.509, P=0.020, 0.031, 0.026$)及下腔静脉平均、最小、最大面积($r=0.572, 0.543, 0.445, P=0.008, 0.016, 0.046$)与中心静脉压具有中度相关性。结论:MRI 测量的肺动脉及腔静脉面积与 CTEPH 的血流动力学参数具有中度相关性,而腔静脉面积反映更为全面,对于无创性评估 CTEPH 患者的病情具有积极意义,并具有潜在的随访应用价值。

【关键词】 肺动脉高压; 肺栓塞; 磁共振成像; 血流动力学

【中图分类号】 R583.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)09-0838-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.09.009

A correlation study of the cross-sectional area of proximal pulmonary artery and vena cava on MRI with the hemodynamic parameters in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension GUO Xiao-juan, LIU Min, MA Zhan-hong, et al. Department of Radiology, Beijing Chaoyang Hospital of Capital Medical University, Beijing 100020, China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to explore the correlation of the area of proximal pulmonary artery and vena cava measured on MRI with the hemodynamic parameters in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). **Methods:** Twenty patients with CTEPH proved by right heart catheterization were prospectively included and underwent MRI. MRI parameters included mean, minimal and maximal area of the main pulmonary artery (MPA) trunk and right/left pulmonary artery (RPA/LPA). The quantitative data were analyzed by independent samples *t*-test or Mann-Whitney U test. The correlations were analyzed by Pearson and Spearman correlation coefficient. **Results:** The Mean and maximal area of inferior vena cava was moderately correlated with mean pulmonary artery pressure (mPAP) ($r=0.463, 0.447, P=0.040, 0.049$, respectively). The mean, minimal and maximal area of inferior vena cava was moderately correlated with the pulmonary vascular resistance index (PVRI) ($r=0.482, 0.444, 0.441; P=0.030, 0.047, 0.049$, respectively). Parameters including minimal and maximal area of MPA ($r=0.467, 0.468; P=0.044, 0.044$, respectively), mean, minimal and maximal area of LPA ($r=0.450, 0.468, 0.476; P=0.047, 0.043, 0.039$, respectively) had moderate correlations with the right ventricular stroke work index (RVSWI). The mean, minimal and maximal area of LPA was moderately correlated with right cardiac work index (RCWI) ($r=0.473, 0.469, 0.530; P=0.035, 0.043, 0.020$, respectively). The mean, minimal and maximal area of both superior ($r=0.516, 0.495, 0.509; P=0.020, 0.031, 0.026$, respectively) and inferior vena cava ($r=0.572, 0.543, 0.445, P=0.008, 0.016, 0.046$, respectively) were moderately correlated with the central venous pressure (CVP). **Conclusions:** The size and area of pulmonary artery and vena cava detected by MRI were moderately correlated with hemodynamic parameters, with the vena cava size more effective. We believe these measurements can be used to noninvasively evaluate CTEPH severity and have potential values for follow-ups.

【Key words】 Pulmonary artery hypertension; Pulmonary embolism; Magnetic resonance imaging; Hemodynamic

慢性血栓栓塞性肺动脉高压(chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CTEPH)是由于血栓未能完全溶解或反复的再栓塞,以致血栓长期存在进而机化,最终导致肺血管阻力进行性升高的一类肺血管疾病,CTEPH 进展快、预后差,严重威胁患者的生命健康,治疗过程中需反复测定肺血流动力学状况

作者单位:100020 北京,首都医科大学附属北京朝阳医院放射科(郭晓娟、刘敏、马展鸿、缪冉、蒋涛、杨媛华);710061 西安,西安交通大学第一附属医院影像中心(郭佑民)

作者简介:郭晓娟(1980-),女,甘肃天水人,博士,主治医师,主要从事心血管疾病影像诊断工作。

通讯作者:蒋涛, E-mail: radiologyjt@126.com

基金项目: 国家重点研究计划“精准医学研究”(2016YFC0905602);国家自然科学基金资助项目(81300044);卫生部卫生行业科研专项基金(2014SQ00266)

以评估病情,进而指导治疗。右心导管检查是目前公认评估肺血流较准确的方法,但其为有创性检查,重复性差。MRI测量的主肺动脉面积变化是反应肺动脉顺应性的有效指标^[1],国外已有学者通过MRI测定特发性肺动脉高压患者主肺动脉面积变化率,结果表明其与肺血管激发试验结果具有良好的相关性^[2]。Toshner等^[3]的研究结果表明CTEPH患者主肺动脉面积变化与药物干预后心功能改善具有中度相关性,因此认为主肺动脉面积变化是反映疾病进展的重要指标。本研究以右心导管检查结果为金标准,通过MRI评估CTEPH患者的近端肺动脉及腔静脉的面积,分析其面积变化特征,并与血流动力学指标进行相关性分析,旨在为无创性评估CTEPH患者的病情及随访提供依据。

材料与方法

1. 病例资料

连续性搜集2011年8月—2012年2月在我院住院治疗的CTEPH患者资料。CTEPH诊断标准:在静息状态下,肺动脉平均压(mean pulmonary artery pressure, mPAP) ≥ 25 mmHg,肺毛细血管楔压 ≤ 15 mmHg,肺血管阻力 > 2 Wood单位,并且CT肺动脉血管成像(computed tomography pulmonary angiography, CTPA)和/或核素V/Q扫描符合肺血管血栓栓塞性病变^[4]。所有入选患者均行右心导管检查,分别测量肺动脉收缩压、肺动脉舒张压、肺动脉平均压、中心静脉压、肺毛细血管楔压,并通过公式计算出肺血管阻力。数据采集使用HP M1165A型全功能监护仪。

CTEPH患者入选标准:①有明确的深静脉血栓形成(deep venous thrombosis, DVT)和/或肺动脉栓塞(pulmonary embolism, PE)病史,并有CTPA及核素V/Q扫描确诊的慢性血栓栓塞性肺动脉高压;②患者病情稳定期行右心导管和磁共振检查,两种检查要求在7天内完成,检查次序不限。所有患者均被告知受试者实验内容,并征得同意。

排除标准:①左心疾病所致肺动脉高压、肺部疾病,结缔组织等相关性、中毒、药物和/或低氧所致肺动脉高压;②血流动力学不稳定,不能耐受右心导管检查。患者一般资料包括症状、体征、病程、6分钟步行距离及心脏功能评价等。

2. 检查方法

MRI检查采用德国Siemens Trio 3.0T超导型双梯度全身MRI扫描仪,首先采用半傅里叶采集单次激发FSE(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE)序列及真实稳态自由进动梯度回

波(true fast imaging with steady-state precession, true FISP)序列进行胸部冠状面和横轴面扫描,然后采用斜矢状面行主肺动脉(main pulmonary artery, MPA)和左肺动脉(left pulmonary artery, LPA)、右肺动脉(right pulmonary artery, RPA)长轴吸气末屏气扫描。以MPA、LPA、RPA长轴像为定位像,MPA取肺动脉瓣上1.0~1.5 cm, LPA、RPA取主肺动脉分叉后1.0~1.5 cm的位置,以上腔静脉(superior vena cava, SVC)和下腔静脉(inferior vena cava, IVC)入左心房的位置为测量平面(图1a~d)。

采用垂直于血流方向的电影脉冲序列沿垂直于血管长轴走行的方向行单层多时相心电触发扫描。扫描参数:TR 47.00 ms, TE 1.99 ms, 翻转角 30° , 层厚 6 mm, 视野 $340 \text{ mm} \times 340 \text{ mm}$, 矩阵 256×256 , 心电门控采用回顾性方式。应用MR心血管专用分析软件(Argus; FLOW analysis)在解剖图上勾画兴趣区,软件自动计算出目标血管最小、最大及平均面积(图2a~b)。每支血管进行3次测量,最终数据取3次测量的平均值。

3. 统计学分析

采用SPSS 13.0软件进行统计学分析,对肺动脉面积等计量资料采用均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。定量资料两组间比较采用独立样本 t 检验或Mann-Whitney U检验。采用Spearman及Pearson相关分析评价肺动脉及腔静脉面积与血流动力学参数之间的关系,采用双侧检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 一般临床资料

本研究最终共纳入CTEPH患者20例。其中男13例,女7例,年龄33~76岁,平均(58.10 \pm 11.83)岁,病程为半年到17年,所有入组患者均表现出活动后胸闷、憋气等呼吸困难症状,静息状态下呼吸困难症状不明显。入组患者心功能评价6min步行距离为(343.50 \pm 116.32) m,分级分别为II级17例和III级3例。静息态血流动力学参数测量结果如下:肺动脉收缩压(systolic pulmonary artery pressure, sPAP)为(85.55 \pm 17.00) mmHg,肺动脉舒张压(diastolic pulmonary artery pressure, dPAP)为(29.65 \pm 6.15) mmHg, mPAP为(47.85 \pm 9.14) mmHg,中心静脉压(central venous pressure, CVP)中位数为3 cmH₂O(范围0~17 cmH₂O),肺血管阻力(pulmonary vascular resistance index, PVRI)为(1070.75 \pm 437.44) dyn. sec. cm⁻⁵,右心做功指数(right cardiac work index, RCWI)为(1.07 \pm 0.34) kg. m/m²,右心每搏功指数(right ventricular stroke work index,

RVSWI)为 $(13.55 \pm 4.48) \text{ g} \cdot \text{m} / \text{m}^2$ 。

2. MRI 测量的近端肺动脉及腔静脉面积

MRI 测量的 CTEPH 患者目标血管的面积见表 1。左肺动脉的面积变化率 (0.52 ± 0.29) 大于右肺动脉 (0.31 ± 0.22) ，两者差异有统计学意义 $(Z=2.58, P=0.01)$ 。

表 1 MRI 测量的 CTEPH 患者目标血管面积 (cm^2)

目标血管	平均面积	最小面积	最大面积
MPA	11.07 ± 3.18	9.40 ± 2.73	13.20 ± 3.12
LPA	4.85 ± 1.02	3.97 ± 1.21	5.74 ± 1.05
RPA	5.83 ± 2.01	5.03 ± 2.12	6.72 ± 2.00
SVC	4.78 ± 3.30	4.12 ± 3.20	5.65 ± 3.46
IVC	6.96 ± 3.55	6.29 ± 3.59	8.01 ± 3.73

3. 近端肺动脉及腔静脉面积与血流动力学参数的相关性分析

将 MRI 测量的各目标血管面积(MPA, LPA, RPA, IVC, SVC)分别与右心导管测量的血流动力学参数进行相关性分析,阳性结果如下:与 mPAP 具有中度相关性的指标为下腔静脉平均面积、最大面积 $(r=0.463, 0.447, P=0.040, 0.050)$;与 dPAP 具有中度相关性的指标为下腔静脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.498, 0.472, 0.468, P=0.026, 0.041, 0.044)$;与 PVRI 具有中度相关性的指标为下腔静脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.482, 0.444, 0.441, P=0.030, 0.047, 0.049)$;与 RVSWI 具有中

度相关性的指标为主肺动脉最小面积、最大面积 $(r=0.467, 0.468, P=0.044, 0.044)$ 及左主肺动脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.450, 0.468, 0.476, P=0.047, 0.043, 0.039)$;与 RCWI 具有中度相关性的指标为左主肺动脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.473, 0.469, 0.530, P=0.035, 0.043, 0.020)$;与 CVP 具有中度相关性的指标为上腔静脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.516, 0.495, 0.509, P=0.020, 0.031, 0.026)$ 及下腔静脉平均面积、最小面积、最大面积 $(r=0.572, 0.543, 0.445, P=0.008, 0.016, 0.046)$ 。

讨 论

CTEPH 是目前唯一可以通过外科手术治愈的一类肺动脉高压,无创性评价血流动力学在 CTEPH 的治疗随访过程中尤为重要。本研究采用 3.0T MRI 分析了 CTEPH 患者近端肺动脉及腔静脉面积与血流动力学参数之间的关系,结果显示血管面积是无创性评估血流动力学的良好参数。

本研究通过对 MRI 测量的近端肺动脉、上腔静脉、下腔静脉面积进行分析,并与右心导管检查参数进行相关性分析,结果表明下腔静脉面积与 mPAP、dPAP、PVRI 具有中度相关性;主肺动脉及左肺动脉面积与右心功能指标具有中度相关性;而上、下腔静脉

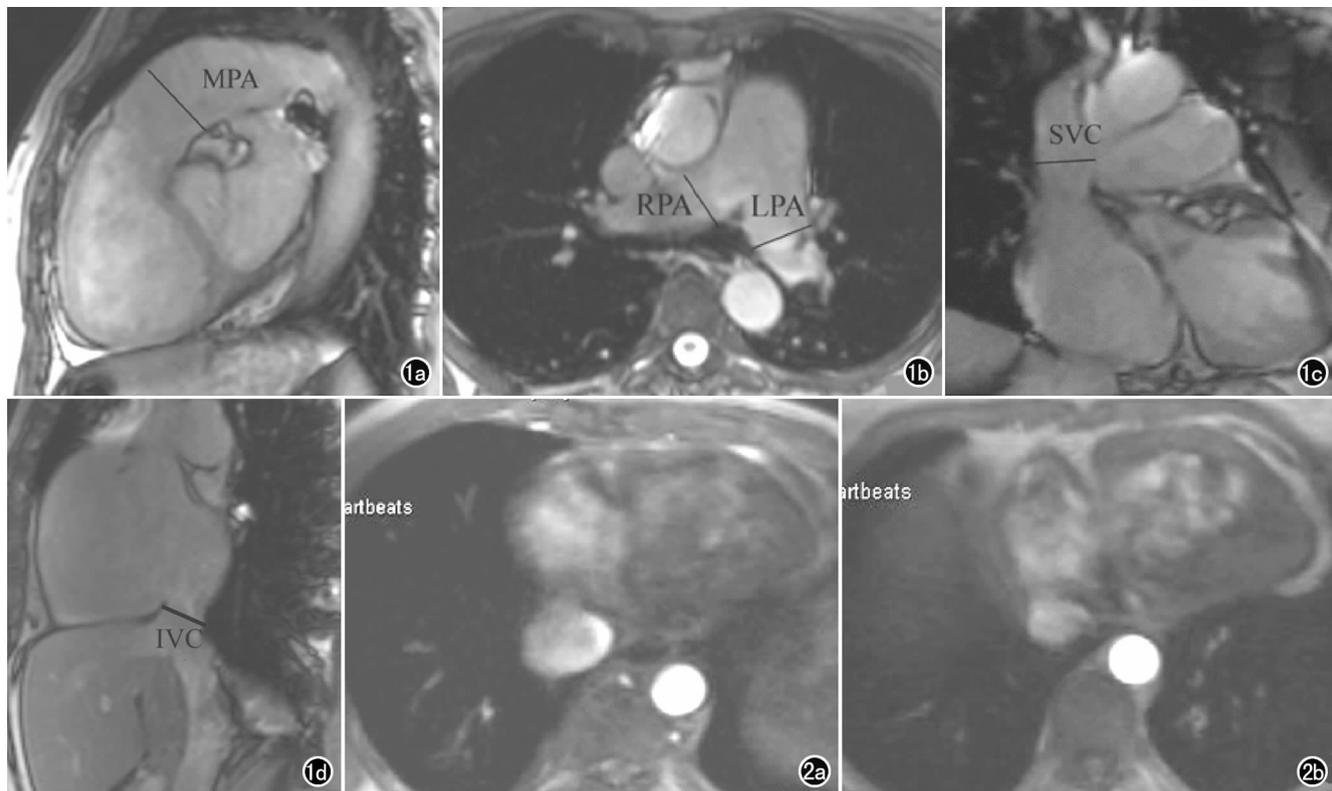


图 1 a) MPA 面积测量位置示意图; b) LPA/RPA 面积测量位置示意图; c) SVC 面积测量示意图; d) IVC 面积测量位置示意图。图 2 a) 下腔静脉最大面积测量示意图; b) 下腔静脉最小面积测量示意图。

面积均与中心静脉压具有中度相关性,提示MRI测定腔静脉、肺动脉面积能够间接反映肺动脉压、肺血管阻力及右心功能。

肺动脉高压患者主肺动脉的扩张程度有别于正常人群,其数值的减低代表血管弹性减低及患者病死率增高^[5-6]。目前MRI可以通过测量目标血管每一心动周期的最大及最小面积确定每搏血管硬度,已经有研究认为静息态主肺动脉扩张度 $<40\%$ 预测肺动脉高压的敏感度为 93% ,特异度为 63% ^[7],而且血管扩张度与肺动脉高压患者6分钟步行距离具有较高的相关性^[8-9],此外该指标还是肺源性心脏病患者4年死亡率的独立预测因素^[1],而右心功能是影响肺动脉高压患者生存率的决定性因素。本研究发现主肺动脉、左肺动脉面积是反映CTEPH患者右心功能的有效指标,间接证实肺血管硬度是决定CTEPH患者右心功能的关键因素之一,但右肺动脉面积与右心功能无明显相关性,推测原因是本组部分患者的栓子位于右肺动脉主干,甚至延伸至叶间动脉,栓子机化直接导致血管内膜纤维化和失去扩张度,而并非压力增高间接导致,而左肺动脉由于长度较短,走行较为陡直,压力增高最先累及左肺动脉,因此在反应肺动脉阻力及右心后负荷方面更为敏感。

本研究发现相比较于近端肺动脉,腔静脉面积尤其是下腔静脉面积在反映CTEPH患者肺动脉压力及肺血管阻力方面具有更高的价值。正常人下腔静脉血管为容量血管,顺应性好,肺动脉高压患者的右心充盈压增高,导致下腔静脉内径/面积增大,顺应性减低。查阅国内文献并无类似报告,目前国内研究多集中在超声测量的下腔静脉塌陷指数方面,认为其与肺动脉压力呈负相关^[10]。下腔静脉塌陷指数是由吸气末及呼气末下腔静脉最大内径计算而得,容易受下腔静脉变形的影响,而由于下腔静脉本身壁较薄,容易受右房压力的影响,采用面积测量则能去除腔静脉形态学改变所导致的测量误差;此外本研究采用的是每一心动周期下腔静脉的最大、最小面积,相对应的是右心的收缩末期与舒张末期,不受患者腹压的影响,因此在反映肺动脉压力方面更为准确。

CVP代表右心房或上、下腔静脉近右心房处压力,能反映右心功能的变化,林慧艳等^[11]对行正压通气患者的中心静脉压与多普勒超声测量的上腔静脉横径进行研究,结果显示两者具有负相关性,但本组研究得出了相反的结论,分析原因是两组患者的生理状态不同,前者处于正压通气状态,患者胸腔内压增加,使上、下腔静脉扩张度受限,回流受阻,从而CVP值增加,而本组患者胸腔内压处于正常状态,因此笔者认为在生理状态下,该指标无创、易于操作,可作为评价中

心静脉压的参考指标。

本研究存在以下不足:①样本量较小,会对结果的稳定性产生一些影响;②入组患者中有一部分患者的栓子累及中心肺动脉,会对血管面积的测量产生影响。

综上所述,MRI测量的CTEPH患者肺动脉及腔静脉面积与右心导管所测血流动力学参数具有中度的相关性,而腔静脉面积反映更为全面,左肺动脉面积变化率大于右肺动脉,在反映右心功能上更为有效,这对于无创性评估患者的病情具有积极意义,并具有潜在的随访应用价值。

参考文献:

- [1] Gan CT, Lankhaar JW, Westerhof N, et al. Noninvasively assessed pulmonary artery stiffness predicts mortality in pulmonary arterial hypertension[J]. *Chest*, 2007, 132(6):1906-1912.
- [2] Jardim C, Rochitte CE, Humbert M, et al. Pulmonary artery distensibility in pulmonary arterial hypertension; an MRI pilot study [J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(3):476-481.
- [3] Toshner MR, Gopalan D, Suntharalingam J, et al. Pulmonary arterial size and response to sildenafil in chronic thromboembolic pulmonary hypertension[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(6):610-615.
- [4] Galie N, Hoeper MM, Humbert M, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS), endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT)[J]. *Eur Heart J*, 2009, 30(20):2493-2537.
- [5] Stevens GR, Garcia-Alvarez A, Sahni S, et al. RV dysfunction in pulmonary hypertension is independently related to pulmonary artery stiffness[J]. *J Am Coll Cardiol Image*, 2012, 5(4):378-387.
- [6] Schiebler ML, Bhalla S, Runo J, et al. Magnetic resonance and computed tomography imaging of the structural and functional changes of pulmonary arterial hypertension[J]. *J Thorac Imaging*, 2013, 28(3):178-193.
- [7] Sanz J, Kariisa M, Dellegrottaglie S, et al. Evaluation of pulmonary artery stiffness in pulmonary hypertension with cardiac magnetic resonance[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(3):286-295.
- [8] Kang KW, Chang HJ, Kim YJ, et al. Cardiac magnetic resonance imaging-derived pulmonary artery distensibility index correlates with pulmonary artery stiffness and predicts functional capacity in patients with pulmonary arterial hypertension[J]. *Circ J*, 2011, 75(9):2244-2251.
- [9] Benza RL, Miller DP, Gomberg-Maitland M, et al. Predicting survival in pulmonary arterial hypertension[J]. *Circulation*, 2010, 122(2):164-172.
- [10] 何垚, 马桂英, 赵冰, 等. 肺动脉高压患者下腔静脉内径及多普勒血流频谱的改变及意义[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2012, 26(10):1003-1005.
- [11] 林慧艳, 李海玲, 辛苏宁, 等. 机械通气患者中心静脉压与上腔静脉横径相关性研究[J]. *实用医药杂志*, 2010, 27(2):100-101.