

论著·胸部

CT在肺动脉瓣狭窄与肺动脉高压中诊断与鉴别诊断的应用价值

强剑颖¹ 李裕生² 方彩虹¹
魏鼎泰^{1,*}1.福建医科大学临床医学部/宁德师范学院
附属宁德市医院放射影像科2.福建医科大学临床医学部/宁德师范学院
附属宁德市医院超声科 (福建 宁德 352100)

【摘要】目的 比较肺动脉瓣狭窄(pulmonary valve stenosis, PS)和肺动脉高压(pulmonary hypertension PH)在多层螺旋CT(multi-slice spiral computer tomography, MSCT)上的影像学表现,旨在提高MSCT对两种疾病的诊断和鉴别诊断。方法 回顾性收集我院2014年1月至2023年12月经超声心动图(UCG)检查最终诊断单纯肺动脉瓣狭窄(PS)且行CT肺动脉造影(CTPA)患者20例为PS组;2023年7月至2023年12月经UCG诊断肺动脉高压(PH)且行CTPA检查患者32例为PH组;同时行UCG及CTPA检查未发现狭窄及肺动脉高压的患者32例为正常组对照组。所有患者均测量主肺动脉内径(MPAD)、左肺动脉内径(LPAD)、右肺动脉内径(RPAD)、左肺动脉内径/右肺动脉内径比值(LPAD/RPAD)、下腔静脉直径(IVCD)、段级肺动脉直径/同级支气管直径比值(SPAD/SBD),比较不同组间以上参数的差异。结果 PH和PS都表现为主肺动脉扩张;PS患者LPAD扩张更明显;PH患者RPAD扩张更明显;LPAD/RPAD增大与PS相关更高;PH患者IVCD值较PS患者明显增高;SPAD/SBD增大与PH相关性更高。结论 由胸部MSCT所测量的LPAD、RPAD、LPAD/RPAD、IVCD、SPAD/SBD参数可作为PS、PH患者的鉴别诊断的重要参考价值。

【关键词】肺动脉瓣狭窄;肺动脉高压;
多层螺旋CT;肺动脉CT造影

【中图分类号】R542.5+4

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.06.019

The Value of CT in the Diagnosis and Differential Diagnosis of Pulmonary Valve Stenosis and Pulmonary Hypertension

QIANG Jian-ying¹, LI Yu-sheng², FANG Cai-hong¹, WEI Ding-tai^{1,*}.1.Fujian Medical University School of Clinical Medicine, Department of Radiography, Ningde
Municipal Hospital of Ningde Normal University, Ningde 352100, Fujian Province, China2.Fujian Medical University School of Clinical Medicine, Department of Ultrasound, Ningde
Municipal Hospital of Ningde Normal University, Ningde 352100, Fujian Province, China

ABSTRACT

Objective To compare the imaging manifestations of pulmonary valve stenosis (PS) and pulmonary hypertension (PH) on multi-slice spiral computer tomography (MSCT), with the aim of improving the diagnosis and differential diagnosis of the two diseases by MSCT. MSCT for the diagnosis and differential diagnosis of the two diseases. **Methods** Retrospectively 20 patients with final diagnosis of pulmonary stenosis (PS) by echocardiography (UCG) and CTPA were collected from January 2014 to December 2023 in our hospital as the PS group; 32 patients with pulmonary hypertension (PH) diagnosed by UCG and CTPA from July 2023 to December 2023 as the PH group; and 32 patients who had UCG and CTPA at the same time as the control group. The 32 patients who had no stenosis and pulmonary hypertension detected on examination were the normal group control group. The main pulmonary artery diameter (MPAD), left pulmonary artery (LPAD), right pulmonary artery (RPAD), left pulmonary artery/right pulmonary artery ratio (LPAD/RPAD), inferior vena cava diameter (IVCD), and segmental pulmonary artery/sibling bronchial inner diameter ratio (SPAD/SBD) were measured in all patients, and the differences of the above parameters were compared among different groups. **Results** Both PH and PS showed pulmonary artery dilatation; LPAD dilatation was more pronounced in patients with PS; RPAD dilatation was more pronounced in patients with PH; increased LPAD/RPAD was more highly correlated with PS; IVCD was significantly higher in patients with PH than in patients with PS; and increased segmental pulmonary artery/sympathetic bronchial internal diameter ratio was more highly correlated with PH. **Conclusion** LPAD, RPAD, LPAD/RPAD, IVCD, SPAD/SBD parameters measured by thoracic MSCT can be an important reference value for the differential diagnosis of patients with PS and PH.

Keywords: Pulmonary Stenosis; Pulmonary Hypertension; Multi-slice Spiral Computer Tomography; Computer Tomographic Pulmonary Angiography

近年来,随着影像学技术的发展,多层螺旋CT(multi-slice spiral computer tomography, MSCT)包括普通CT、高分辨CT及CT肺动脉造影(computer tomographic pulmonary angiography, CTPA),由于其高空间分辨率,在临床应用越来越广。肺动脉瓣狭窄(pulmonary valve stenosis, PS)及肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH)在MSCT上往往均表现为肺动脉增宽。为了清晰分辨肺动脉影像,本研究通过回顾我院PS及PH的CTPA声像图特征进行对比分析,以期对这两种疾病更好诊断及鉴别诊断。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性的收集2014年1月至2023年12月我院(>18岁)成人接受超声心动图(ultrasound cardiogram UCG)检查确诊为肺动脉瓣狭窄并行CTPA检查28例,排除合并其他先天性心脏病(6例),胸部占位压迫引起肺动脉狭窄(2例),获得孤立性肺动脉瓣狭窄研究人群20例(PS组);选取2023年7月至2023年12月经UCG检查并经临床综合诊断肺动脉高压且行CTPA的32例患者作为肺动脉高压组(PH组);同时选取行UCG检查未发现肺动脉高压及肺动脉瓣狭窄且行CTPA检查32例做为正常对照组(正常组)。所有患者均于检查前获知情同意。

纳入标准:行UCG检查者。行CTPA检查者。所有患者均于UCG检查前后1周内行CTPA检查。年龄>18岁。排除标准:病患不配合,CTPA或UCG图像不清晰或存在伪影;病患临床资料不完整。PS组诊断标准参照2020年ESC成人先天性心脏病管理临床实践指南^[1];PH诊断标准参照中国肺动脉高压诊断与治疗指南(2021版)^[2]。所有受检者采用CTPA测量主肺动脉径(main pulmonary artery diameter, MPAD)、左肺动脉(left pulmonary artery diameter, LPAD)、右肺动脉(right pulmonary artery diameter, RPAD)、左肺动脉直径与右肺动脉直径比值(LPAD/RPAD)、下腔静脉直径(inferior vena cava internal diameter, IVCD)、段级肺动脉直径/同级支气管直径比值(segmental pulmonary artery diameter/segmental bronchial diameter, SPAD/SBD)。对比PH组与PS组之间各项参数有无统计学差异。分析各项参数分别与两组疾病的相关性;最后采用ROC曲线分析参数诊断和鉴别诊断PS和PH的价值。

1.2 仪器与方法

1.2.1 心脏超声检查方法 采用GE Vivid E9和Philips IE33超声诊断仪。探头频率2~4兆

【第一作者】强剑颖,女,主任医师,主要研究方向:心血管影像。E-mail: qjying83@163.com

【通讯作者】魏鼎泰,男,主任医师,主要研究方向:心脑血管影像。E-mail: wdtai83@163.com

赫兹。选取各切面中最大三尖瓣反流束，调整角度，获得三尖瓣反流的最大血流峰速，根据三尖瓣反流压差估测肺动脉收缩压PASP，PASP=三尖瓣反流压差+右心房压。下腔静脉无增宽及管径随呼吸搏动变化率>50%，右心房压力为5mmHg；下腔静脉增宽或管径随呼吸搏动变化率>50%，右房压力为10mmHg；下腔静脉增宽及管径随呼吸搏动变化率>50%，右房压力为15mmHg。

1.2.2 CTPA扫描方案以及图像重建方法 患者于仰卧姿势深吸气后闭气。采用双源CT(somatom definition flash)前瞻性序列扫描。扫描范围为整个肺野。采用非离子型对比剂碘美普尔(碘浓度400 mg/mL, Patheon Italia S.P.A.公司, 意大利)用量50-60mL，生理盐水30mL，流率4.0m/s，采用对比剂追踪触发扫描，ROI放置于升主动脉根部，触发阈值100 HU，延迟参数6s触发扫描。手动电压调制(参考管电压100 kV)，自动电流调制(CARE dose 4D.参考管电流360mAs)，X线管旋转时间280ms/周，单图像扇区时间分辨率75ms，采集时相30%~80%开启自适应模式。原始图像以1mm层厚，0.625mm间隔按软组织标准计算，图像传至后处理工作站Syngo via，采用多平面重建(MPR)进行重建，分别采用肺窗以及纵隔窗观察肺野以及肺动脉的情况，以轴位结合MPR作为分析与诊断的主要方法。

1.2.3 CTPA图像分析 由从事CTPA诊断的两名高年资影像科医师共同测量：MPAD、LPAD、RPAD的轴向直径在标准化位置手动测量，MPAD在RPAD水平获得，LPAD和RPAD分别在主肺动脉分叉处远端1.5cm处测量^[3]；IVCD于右心房下缘水平向下2.0cm处测量的其前后径做为下腔静脉内径^[4]，扫描结束后将图像自动重建为薄层肺窗和纵隔窗图像，重建SPAD、SBD，将测量二者比值分为>1和≤1两组。

1.3 统计学分析 采用SPSS25.0对数据进行分析，对病例的一般情况采用统计描述。采用夏皮洛-威尔克检验法行正态检验，正态分布资料用均数加减标准差表示，偏态分布资料中用中位数和四分位数间距表示。多组之间均值比较采用独立样本T检验，P<0.05为差异有统计学意义。计算SPAD/SBD>1的敏感度、特异性，阳性似然比，判断其诊断效能。采用MedCalc 15.6.1分析受试者操作特性(receiver operating characteristic, ROC曲线)比较各个参数在各组间的效能，判断MPAD、LPAD、RPAD、LPAD/RPAD、IVCD参数的诊断价值，计算 AUC值、敏感度、特异性，阳性似然比，AUC 值判读标准：AUC=1为完美，0.85≤AUC<1为效果良好，0.70≤AUC<0.85 为效果一般，0.50<AUC<0.70为效果较低。

效果较低。

2 结果

2.1 PS和PH患者基本临床信息 20例PS组基本临床信息：年龄18~85岁，平均52.77±17.99，中位数55；女9例，男11例。PH组基本临床信息：年龄47~84岁，平均69.09±11.0，中位数71.5；女19例，男13例。正常对照组：年龄39~75岁，平均64.3±8.32，中位数64.5；女19例，男13例。

2.2 差异性分析

2.2.1 MPAD、LPAD、LPAD/RPAD，PS组高于正常组；MPAD、RPAD、IVCD、SPAD/SBD值PH组高于正常组，LPAD值PS组高于PH组；RPAD、SPAD/SBD值PH组高于PS组；IVCD值PS组低于PH组；差异均具有统计学意义(P<0.05)。见表1，图1-3。

表1 组间各项参数比较

组别	正常	PS组	PH组	组间方差分析	
				F值	P值
n	32	20	32		
MPAD(cm)	25.9±4.44	35.7±6.47*	33.4±3.81*	31.3	<0.001
LPAD(cm)	20.3±2.36	28.8±7.29*	22.7±2.46*#	26.4	<0.001
RPAD(cm)	21.2±3.08	21.3±4.49	24.7±3.08*#	8.48	<0.001
LPAD/RPAD	0.96±0.08	1.40±0.36*	0.93±0.09#	44.7	<0.001
IVCD(cm)	19.8±2.20	20.7±4.51	25.4±3.39*#	25.5	<0.001
SPAD/SBD>1	4/32	4/20	27/32*#	21.12	<0.001

注：*与正常组对照有统计学意义，#与PS组对照有统计学意义。

2.2.2 采用ROC曲线比较LPAD、LPAD/RPAD、IVCD三个变量分别在PS中具有诊断效能，约登指数分别为0.694、0.738、0.375；AUC分别为0.876、0.861、0.580。见表2、图4。

2.2.3 采用ROC曲线比较RPAD、LPAD/RPAD、IVCD三个变量分别在PH中具有诊断效能，约登指数分别为0.500、0.281、0.750；AUC分别为0.792、0.629、0.934。见表3、图2。

2.2.4 SPAD/SPD>1 PH组与正常组对比敏感性84.4%，特异性为87.5%，阳性似然比6.75，具有诊断效能。

PS在MSCT上易与PH混淆。通过LPAD、RPAD、IVCD及SPAD/SBD>1有助于提高两种疾病诊断准确度。

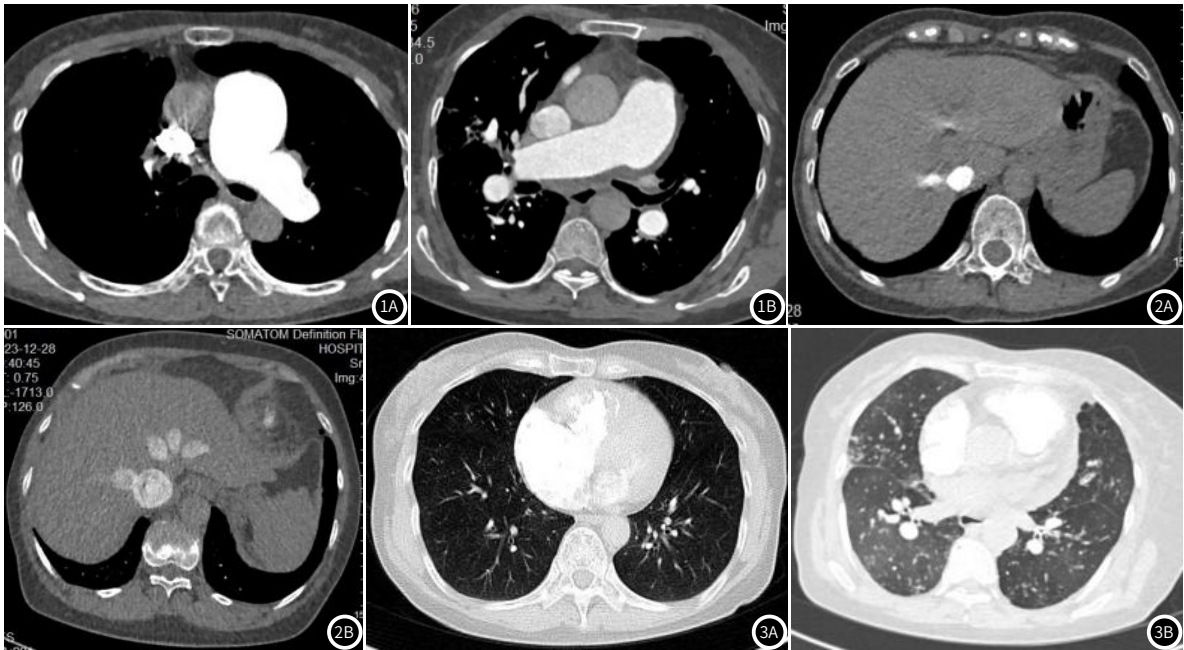


图1A-图1B PS患者MPAD、LPAD增宽，PH患者MPAD、RPAD增宽。图2A-图2B PS患者IVCD无增宽，PH患者，IVCD增宽。图3A-图3B PS患者SPAD/SBD<1 PH患者 SPAD/SBD>1。

表2 LPAD、LPAD/RPAD、IVCD三个变量
在PS中ROC曲线分析结果

诊断指标	MPAD	LPAD	LPAD/RPAD	IVCD
阈值	29.7cm	21.9cm	1.099	21.6cm
敏感性	85%	85%	80%	50%
特异性	90%	84.5%	93.8%	87.5%
约登指数	0.756	0.694	0.738	0.375
AUC	0.904	0.876	0.861	0.580
95%CI	79%-96.8%	75.5%-95.1%	73.7%-94.1%	43.6%-71.6%
+LR	9.07	5.44	12.8	4.0
P值	<0.001	<0.001	<0.001	>0.05

表3 PRAD、LPAD/RPAD、IVCD三个变量
在PH中ROC曲线分析结果

诊断指标	MPAD	RPAD	LPAD/RPAD	IVCD
阈值	29.6cm	22.8cm	0.913	21.3cm
敏感性	84.4%	75%	53.1%	90.6%
特异性	87.5%	75%	75.0%	84.6%
约登指数	0.719	0.500	0.281	0.750
AUC	0.900	0.792	0.629	0.934
95%CI	80%-96.1%	67.2%-88.3%	49.9%-74.6%	84.2%-98.1%
+LR	6.75	3.0	2.12	5.80
P值	<0.001	<0.001	>0.05	<0.001

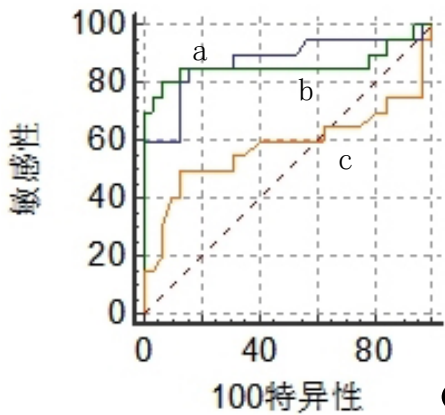
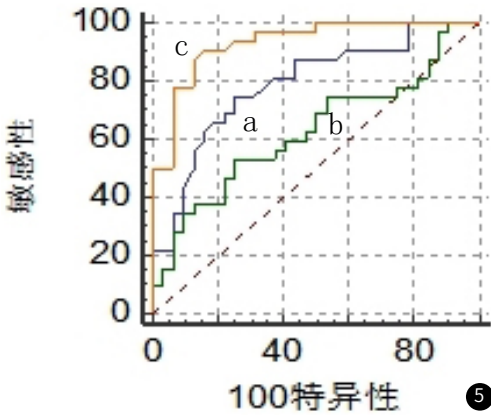


图4 PS与对照组比较。A. LPAD, B. LPAD/MPAD, C. IVCD。
图5 PH与对照组比较。A. LPAD, B. LPAD/MPAD, C. IVCD。



3 讨论

肺动脉瓣狭窄(PS)和肺动脉高压(PH)对于右房室腔而言，两者都引起右心后负荷增加，导致右房室腔增大及肺动脉增宽；对于肺动脉而言，单纯PS，狭窄后方的肺动脉压力是明显减低的。PS大部分是先天缺陷，正确的诊断对介入治疗的规划至关重要。PH则多与呼吸系统及心血管疾病相关的后天性疾病。UCG是一线成像方式，但随着影像学技术的发展，MSCT亦可以通过直接征象或者间接征象给出正确的诊断^[5]。

PS占先天性心脏病8%，主要是先天性瓣叶增厚、融合及瓣叶发育不良。少数因风湿、类癌、肿瘤病变或先心术后等后天获得。UCG往往因成人的胸骨情况，肺气干扰及手术疤痕等伪影妨碍了最佳成像而造成漏诊，且UCG对评估主肺动脉以外的肺动脉的能力有限。CTPA可以提供关于肺动脉瓣和周围解剖结构的详细解剖信息^[6-7]是一种重要补充手段。既往研究表明PS在CTPA上最常表现为肺动脉增宽，以MPAD及LPAD扩张为主，这与本研究结果相同。考虑狭窄后高速射流喷射MPA及与其延续的LPAD上引起MPAD及LPAD的增宽；高速射流无法冲击到与MPA呈近90度角的RPAD，RPAD增宽并不明显^[8]，LPAD/RPAD截断值1.099，敏感性为80%，特异性为93.8%。PH是各种原因引起肺循环阻力增高，从而导致右心负荷增加，它既可以是一种疾病，也可以是并发症和综合征。PH的诊断金标准为右心导管，但其昂贵且具有侵袭性，很难在临床成为一线诊断工具；多年来学者们认为采用UCG测量肺动脉收缩压与右心导管造影的测量结果有很好的相关

性且UCG具有无创、安全、操作简便、价格更低等特点，指南推荐UCG作为PH的初始筛查^[2]。本研究通过经UCG检查并经临床综合诊断PH且行CTPA的患者作为PH组。既往研究显示肺动脉高压时MPAD及RPAD扩张^[9]，与本研究结果一致。郑锦滨等人认为因为LPAD分支角度大、走行较长、管径细，因此受压力改变影响小，导致PH时LPAD扩张不如RPAD明显^[10]。

由于IVCD的顺应性高，易受心力衰竭、肿瘤、胸腔内压、横膈运动及呼吸的影响，但是主要是受右心容量的影响，中心静脉压和右心容量发生改变均影响其内径，因此IVCD也是反映右心功能的一个指标^[11]。PS主要因右室的压力负荷过载，导致右室肥厚，最终导致右室收缩功能及舒张功能障碍，但是孤立性PS导致右心功能衰竭较少见。本研究中发现PS组下腔静脉内径与正常对照组无统计学差异。这也提示孤立性PS患者较少引起右心功能衰竭。PH是以闭塞性肺血管病变为特征的破坏性疾病，发病年龄广，致死、致死率高，右心功能衰竭是导致患者死亡的主要原因^[12-13]。本研究中心PH组IVCD较正常组有明显统计学意义。

PS患者因肺动脉瓣的狭窄，导致肺血减少，肺叶、肺段血管无扩张，甚至偏细，SPAD/SPD≤1。PH患者肺血管床闭塞、肺淤血，远段阻力增大，因此近段，包括肺叶、肺段血管扩张，SPAD/SPD>1。

(下转第112页)

恶性，与CT增强扫描相比，MRI增强扫描更能清晰地显示癌灶边界，其对HBV相关肝癌的诊断价值更高。值得注意的是，本研究为病例数选取有限的单中心回顾性研究，可能影响数据统计，导致研究结果存在偏倚，因此，为提高研究结果的准确性和可靠性，临床可扩大病例选取量，并应用多中心前瞻性研究进一步明确CT和MRI增强影像学表现对HBV相关肝癌的诊断价值。

参考文献

[1] 王元敏, 韩秀华, 李春姬, 等. 血清miRNA-490-3p在慢性乙型肝炎病毒相关肝癌中的临床价值[J]. 中国临床实用医学, 2023, 14(3): 42-47.

[2] Han J, Wang S, Kwong TNY, et al. Dermatomyositis as an extrahepatic manifestation of hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma: a case report and literature review[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(33): 11586-11586.

[3] Meoni G, Lorini S, Monti M, et al. The metabolic fingerprints of hcv and hbv infections studied by nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 4128-4128.

[4] Cuadros-Torres M, Ganoza-Calero AM, Plácido Z, et al. Dermatomyositis associated with hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma: a case report in Peru[J]. Rev Gastroenterol Peru, 2019, 39(4): 374-377.

[5] 陈奕州, 黄育鑫, 马春浓. 乙型病毒性肝炎相关性肝癌患者电子计算机断层扫描磁共振成像影像学征象同血清学指标的相关性研究[J]. 实用医技杂志, 2022, 29(2): 194-197.

[6] 黄淑芳, 李长清, 罗是是. 普美显增强MRI与CT对原发性肝癌诊断的价值研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(6): 43-48.

[7] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会医政医管局. 原发性肝癌诊疗规范(2017年版)[J]. 中华肝脏病杂志, 2017, 25(12): 886-895.

[8] Yang Q, Cai Q, Wen H, et al. The CT and MRI features of primary intrahepatic lymphoepithelioma-like cholangiocarcinoma[J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 216(2): 393-402.

[9] Xie Z, Peng Z, Zou Y, et al. Non-invasive diagnosis strategy of hepatocellular carcinoma in low-risk population[J]. BMC Cancer, 2022, 22(1): 709-709.

[10] 王海涛, 张凡凡, 李金军, 等. 多模态磁共振评估HBV相关肝癌微波消融的应用价值[J]. 安徽医学, 2021, 42(7): 767-770.

[11] 李建, 成馨花, 田杰, 等. HBV相关肝癌与非病毒相关肝癌临床特征对比分析[J]. 肝脏, 2022, 27(4): 460-465.

[12] Meng F, Zhao J, Tan AT, et al. Immunotherapy of hbv-related advanced hepatocellular carcinoma with short-term hbv-specific tcr expressed T cells: results of dose escalation, phase I trial[J]. Hepatol Int, 2021, 15(6): 1402-1412.

[13] 古军军, 李洪强, 张雪松, 等. 乙型肝炎相关性肝细胞肝癌的CT和MRI增强影像学表现及其与血清肿瘤标志物相关性研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(11): 60-64.

[14] 张瑶, 张林启, 陈景标, 等. 钆贝葡胺与钆塞酸二钠增强MRI诊断HBV相关肝癌包膜的效能比较[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2020, 9(1): 72-76.

[15] 王琦, 翟琪琪, 徐珂. CT和MRI对原发性肝癌TACE术后残留及新发病灶的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 107-109.

[16] 谢卫东, 王健, 李扬. MRI多b值成像联合低剂量多层螺旋CT扫描对肝硬化再生结节与小肝癌结节的鉴别诊断价值[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(9): 1503-1507.

[17] 郭小芳, 王凌云, 吕天宝. CT扫描结合磁共振在原发性肝癌诊断与介入治疗预后评估中的临床意义[J]. 广州医药, 2022, 53(3): 38-41.

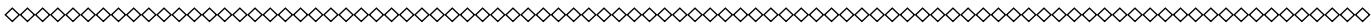
[18] 高延志, 王明利. CT联合MRI评估肝细胞癌病理分级可行性研究[J]. 陕西医学杂志, 2022, 51(3): 375-377, 381.

[19] 刘宜, 张晓辉, 卢文献, 等. 多层螺旋CT和MRI对原发性肝癌定性诊断及治疗方案指导的价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(2): 93-95.

[20] 吴建刚, 雷雪梅, 马清明. Gd-EOB-DTPA增强MRI与增强CT诊断原发性肝癌价值比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(9): 100-101, 134.

[21] 林锦仕, 李锋, 付志明, 等. 多排螺旋CT与MRI对乙型肝炎肝硬化背景小肝癌检出的比较研究[J]. 中西医结合肝病杂志, 2018, 28(4): 248-250.

(收稿日期: 2023-09-03) (校对编辑: 江丽华)



(上接第66页)

此外，CTPA还可以通过多平面重建(MPR)为矢状面和冠状面图像，利用心电门控扫描，PS患者可以显示瓣膜狭窄处射流。PH患者通过MSCT可以预测肺动脉压力并且通过定量肺血管的测量和肺结构形态的评估来判断肺动脉高压患者的病因^[11]。

综上所述，LPAD、RPAD、LPAD/RPAD、IVCD、SPAD/SBD参数可作为PS、PH患者的鉴别诊断的重要参考价值。MSCT发现肺动脉增宽，右心增大时，要注意参考这些参数值，必要时行CTPA多平面重建(MPR)显示肺动脉瓣口是否有射流，避免误诊。

参考文献

[1] Baumgartner H, De Backer J. The ESC clinical practice guidelines for the management of adult congenital heart disease 2020[J]. European Heart Journal, 2020, 41(43): 4153-4154.

[2] 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, 全国肺栓塞与肺血管病防治协作组, 等. 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.

[3] 郑亮. CT血管造影肺动脉容积测量诊断肺动脉高压的价值分析[J]. 影像诊断与介入放射学, 2022, 31(3): 199-204.

[4] 王笑, 乔建兰, 龚建中, 等. 双源CT动脉期增强图像上肝静脉和下腔静脉返流的影响因素分析[J]. 放射学实践, 2021, 36(12): 1548-1552.

[5] Pignatelli RH, Noel C, Reddy SCB. Imaging of the pulmonary valve in the adults[J]. 2017, 32(5): 529-540.

[6] Marchini F, Meossi S, Passarini G, et al. Pulmonary valve stenosis: from diagnosis to current management techniques and future prospects[J]. 2023, 19: 379-390.

[7] Jonas S, Kligerman S, Burke A, Et al. Pulmonary valve anatomy and abnormalities: a pictorial essay of radiography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) [J]. 2016, 31(1): W4-12.

[8] Ruckdeschel E, Kim Y J H. Pulmonary valve stenosis in the adult patient: pathophysiology, diagnosis and management[J]. 2019, 105(5): 414-422.

[9] 吴漫, 徐兴祥, 柳毅. CT测量肺血管参数在肺动脉高压中的应用价值[J]. 心肺血管病杂志, 2021, 40(1): 107-111.

[10] 郑锦滨, 王寿扬, 李颖珊, 等. 超声心动图与多层螺旋CT心血管参数联合收缩压对预测肺动脉高压的比较分析[J]. 心脑血管病防治, 2020, 20(5): 456-459, 463.

[11] Coste F, Dournes G, Dromer C, et al. CT evaluation of small pulmonary vessels area in patients with COPD with severe pulmonary hypertension [J]. 2016, 71(9): 830-837.

[12] 李一丹, 杨媛华, 王剑锋, 等. 超声心动图评价肺动脉高压经皮介入治疗短期效果的临床研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2018, 27(7): 565-568.

[13] 何长久, 周鹏, 胡仕北, 等. 迭代算法对超低剂量CT肺部扫描图像质量影响的体模研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39(2): 145-149.

(收稿日期: 2024-04-23)
(校对编辑: 翁佳鸿)