

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.24.035

心脏磁共振成像诊断原发性醛固酮增多症患者左室重构价值研究*

卢云凤¹ 刘东君² 郝艳丽¹ 黄莺¹ 康佳茹³ 陶斯阳^{4△}

(1 辽宁省金秋医院心内科 辽宁 沈阳 110016; 2 辽宁省金秋医院影像科 辽宁 沈阳 110016;

3 沈阳医学院附属第二医院放射科 辽宁 沈阳 110035; 4 沈阳医学院附属第二医院心内科 辽宁 沈阳 110035)

摘要 目的:探讨心脏磁共振成像(CMRI)诊断原发性醛固酮增多症(PA)患者左室重构的价值。方法:选取2017年10月-2022年12月在辽宁省金秋医院诊断为PA的患者82例作为研究组,另选取同时期内在本院就诊的原发性高血压(EH)患者82例作为对照组。对比研究组和对照组临床资料、CMRI参数、生化及激素指标水平。根据研究组患者有无左室重构分为PA且有左室重构亚组(PA1组,n=38)和PA但无左室重构亚组(PA2组,n=44),对比PA1组和PA2组患者CMRI参数。采用多因素Logistic回归分析PA患者左室重构的因素,建立回归方程及ROC曲线评价CMRI对PA患者左室重构的诊断效能。结果:研究组患者血清K、肾素活性低于对照组,醛固酮显著高于对照组($P<0.05$)。研究组患者EDVi、ESVi、Massi、初始T1 mapping值和ECV均高于对照组,增强后T1 mapping值低于对照组($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示,ESVi、Massi、增强后T1 mapping值、ECV均与PA患者左室重构密切相关($P<0.05$)。ROC分析结果显示,ESVi、Massi、增强后T1 mapping值、ECV各指标及其联合诊断PA患者左室重构时的AUC分别为0.623、0.677、0.736、0.675、0.779,说明联合诊断效能较高。结论:CMRI可定量评估PA患者的左室重构情况,其诊断效能较高,可为临床治疗、监测进展等提供参考依据。

关键词:心脏磁共振成像;原发性醛固酮增多症;原发性高血压;左室重构;诊断价值

中图分类号:R544.1;R445.2 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2023)24-4776-05

Study on the Value of Cardiac Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Left Ventricular Remodeling in Patients with Primary Aldosteronism*

LU Yun-feng¹, LIU Dong-jun², HAO Yan-li¹, HUANG Ying¹, KANG Jia-ru³, TAO Si-yang^{4△}

(1 Department of Cardiology, Liaoning Jinqiu Hospital, Shenyang, Liaoning, 110016, China;

2 Department of Imaging, Liaoning Jinqiu Hospital, Shenyang, Liaoning, 110016, China;

3 Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Shenyang Medical College, Shenyang, Liaoning, 110035, China;

4 Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital of Shenyang Medical College, Shenyang, Liaoning, 110035, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the value of cardiac magnetic resonance imaging (CMRI) in the diagnosis of left ventricular remodeling in patients with primary aldosteronism (PA). **Methods:** 82 patients diagnosed as PA in Liaoning Jinqiu Hospital from October 2017 to December 2022 were selected as the study group, another 82 patients with essential hypertension (EH) who visited our hospital in the same period were selected as the control group. The clinical data, the CMRI parameters, biochemical and hormonal indexes between the study group and the control group were compared. Patients in the study group were divided into PA with and without left ventricular remodeling subgroup (PA1 group, n=38) and PA without left ventricular remodeling subgroup (PA2 group, n=44), and the CMRI parameters of patients in PA1 group and PA2 group were compared. Multivariate Logistic regression was used to analyze the factors of left ventricular remodeling in patients with PA, and regression equation and ROC curve were established to evaluate the diagnostic efficacy of CMRI on left ventricular remodeling in patients with PA. **Results:** Serum K and renin activity in the study group were lower than those in the control group, while aldosterone was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). The EDVi, ESVi, Massi, initial T1 mapping value and ECV of the study group were higher than those of the control group, and the enhanced T1 mapping value was lower than that of the control group ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that ESVi, Massi, enhanced T1 mapping value and ECV are closely related to left ventricular remodeling in patients with PA ($P<0.05$). The ROC analysis results showed that the AUC of ESVi, Massi, enhanced T1 mapping value, ECV indicators and their combined regression prediction models in diagnosing left ventricular remodeling in patients with PA were 0.623, 0.677, 0.736, 0.675 and 0.779 respectively, indicated a high diagnostic efficiency of the combined diagnosis. **Conclusion:** CMRI can quantitatively evaluate the left ventricular remodeling in patients with PA, and its diagnostic efficacy is high; it can provide reference for clinical treatment and monitoring progress.

* 基金项目:辽宁省教育厅面上项目(LJKMZ20221778)

作者简介:卢云凤(1986-), 硕士, 主治医师, 从事心血管疾病诊治工作, E-mail: 17740077568@163.com

△ 通讯作者:陶斯阳(1984-), 女, 硕士, 副主任医师, 从事心血管疾病诊治工作, E-mail: 1002179682@qq.com

(收稿日期:2023-06-06 接受日期:2023-06-30)

Key words: Cardiac magnetic resonance imaging; Primary aldosteronism; Primary hypertension; Left ventricle remodeling; Diagnostic value

Chinese Library Classification(CLC): R544.1; R445.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2023)24-4776-05

前言

原发性醛固酮增多症(Primary aldosteronism, PA)是一种以内源性醛固酮过量为特征的疾病,也是继发性高血压的一种主要形式^[1,2]。有研究分析认为^[3],与原发性高血压(Essential hypertension, EH)患者相比,PA患者患心血管疾病的风险增加,心脏重构也增加,而心脏重构在心脏疾病的发病机制、进展和预后中起着重要的作用,其中左心室肥厚(Left ventricular hypertrophy, LVH)伴心脏质量增加是最常见的心脏重构类型^[4]。PA患者的左室重构包括两部分:LVH和纤维化^[5]。左心室形态的发展具有不同阶段,部分尚处于可逆转阶段,因此心室重构的不同阶段对临床具有不同的指导意义。超声心动图是评估心室重构的首选成像方式,但因超声心动图信噪比较低等因素的影响,使得心室重构的早期成像较为困难^[6]。心脏磁共振成像(Cardiac magnetic resonance imaging, CMRI)是一种稳定、精确的成像方式,被广泛用于评估心室功能和大小,晚期钆增强成像(late-gadolinium Enhancement, LGE)可评估局灶性心肌纤维化, T1 mapping 可以检测心肌组织特征的早期变化,特别是在心室重构的早期阶段存在的弥漫性心肌纤维化的定量变化^[7,8]。基于此,本研究通过对 PA 患者与 EH 患者的左室重构进行比较,以便能更好地了解左室重构,可为 PA 患者的诊断提供参考,并在诊断后及时实施干预措施,预防心室重构。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2017 年 10 月-2022 年 12 月在辽宁省金秋医院诊断为 PA 的患者 82 例作为研究组,并根据患者有无左室重构分为 PA 且有左室重构亚组(PA1 组)和 PA 但无左室重构亚组(PA2 组),其中 PA1 组 38 例, PA2 组 44 例。另选取同时期在我院就诊的原发性高血压(EH)患者 82 例作为对照组。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)符合 PA 诊断标准^[9]。排除标准:(1)患有心脏疾病,如心肌梗死、心律失常等;(2)合并有肾脏、心脏等所致的继发性高血压者;(3)合并有导致 LVH 的疾病者(如心脏瓣膜疾病、先天性心脏病等);(4)心脏起搏器或冠脉支架植入者;(5)MRI 检查禁忌症者。本研究已获得辽宁省金秋医院医学伦理委员会批准,并与患者签署知情同意书。

1.2 CMRI 检查

所有患者的 CMRI 均采用德国西门子 Ge HDel.5t 超导型磁共振成像进行扫描,使用 18 通道体线圈和脊柱线圈。嘱咐患者屏气过程需注意事项。CMRI 检查包括心脏电影、T1 mapping 和 LGE 成像。电影成像采用平衡的稳态自由进动脉脉冲序列,成像参数:TE=1.22 ms, TR=39.34 ms, 翻转角度 $=40^\circ$, 厚度 8 mm, 矩阵 $=208 \times 208$, FOV $=340 \times 284$ mm²。T1 mapping 通过改进的 MOLLI 序列进行 5s(3s)3s 扫描方案和内联运动校正,成像参数:TE=1.12 ms, TR=346.56 ms, 翻转角度 $=35^\circ$, 厚度 8 mm,

矩阵 $=218 \times 256$, FOV $=306 \times 306$ mm²。静脉注射钆造影剂(0.1 mL/kg), 并使用 PSIR 序列用于 LGE 图像。增强后 15 s 采用 MOLLI 序列进行 4s(1s)3s(1s)2s 扫描方案,成像参数:TE=1.12 ms, TR=426.56 ms, 翻转角度 $=35^\circ$, 厚度 8 mm, 矩阵 $=218 \times 256$, FOV $=306.56 \times 306$ mm²。LGE 图像增强后 17-19 min 获得, 成像参数:TE=300 ms, TR=1.44 ms, 翻转角度 $=40^\circ$, 厚度 4 mm, 矩阵 $=84 \times 176$, FOV $=153 \times 106$ mm。所有的图像采集均在心电门控条件下进行。在左心室基底、中部和根尖短轴平面获得 T1 mapping、LGE 和心脏电影图像。

1.3 图像分析

由两名具有 5 年以上 CMRI 诊断工作经验的医师对图像进行分析诊断,若意见不一致时则两名医师商议后得出最终诊断。在短轴心脏电影图像中获得左室舒张末期容积指数(Left ventricular end diastolic volume index, EDVi)、左室收缩末期容积指数(Left ventricular end systolic volume index, ESVi)、左室射血分数(Left ventricular ejection fraction, EF)和左室质量指数(Left ventricular mass index, Massi)。采用基于 MOLLI 图像的后处理软件勾画初始 T1 mapping 及增强后 T1 mapping 图像,勾画心内膜和心外膜,勾画完成后由软件自动计算出初始 T1 mapping 值及增强后 T1 mapping 值,随后输入患者抽血检查的血细胞比容(Hematocrit, Hct)结果,最终计算出细胞外容积(Extracellular volume, ECV)。

1.4 生化及激素指标的检测

于患者入院后次日清晨抽取空腹肘静脉血 5 mL。采用瑞士罗氏公司 Modular P800 型生化分析仪检测血清 K 水平,采用酶联免疫吸附测定法检测肾素活性和醛固酮含量,所有操作均按试剂盒说明书进行。

1.5 统计学方法

采用 SPSS22.0 统计分析软件。计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示及 t 检验。计数资料以频数和百分率表示及 χ^2 检验。采用 Logistic 回归进行多因素分析及建立多指标回归预测模型,采用 ROC 曲线评价 CMRI 指标对 PA 患者左室重构的诊断效能, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床资料、生化及激素指标的对比

研究组患者血清 K、肾素活性低于对照组,醛固酮显著高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两组间性别、年龄、体重指数、收缩压、舒张压、Hct 和高血压病程差异无统计学意义($P > 0.05$)。如表 1 所示。

2.2 两组患者 CMRI 参数对比

研究组患者 EDVi、ESVi、Massi、初始 T1 mapping 值和 ECV 均高于对照组,增强后 T1 mapping 值低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两组间 EF 差异无统计学意义($P > 0.05$)。如表 2 所示。

表 1 两组患者临床资料、生化及激素指标的对比

Table 1 Comparison of clinical data, biochemical and hormone indicators between two groups of patients

Clinical data	Study group(n=82)	Control group(n=82)	t/ χ^2 value	P value
Gender (male/female)	32/50	30/52	0.104	0.747
Age (years)	51.06± 8.47	51.72± 9.16	0.434	0.665
Hypertension course (years)	11.9± 3.4	12.3± 3.6	0.731	0.466
Body mass index(kg/m ²)	26.5± 3.5	26.1± 3.8	0.701	0.484
Systolic pressure(mm Hg)	152± 12	154± 13	0.682	0.496
Diastolic pressure(mm Hg)	97± 10	96± 14	1.330	0.185
K(mmol/L)	3.7± 0.8	4.4± 0.9	5.264	0.000
Hct(%)	46± 5	47± 5	0.849	0.397
Renin activity(ng/ml)	0.25± 0.07	4.82± 1.06	40.547	0.000
Aldosterone(ng/dl)	130.57± 35.89	7.41± 0.65	31.133	0.000

表 2 两组患者 CMRI 参数对比($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of CMRI parameters between two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

CMRI parameters	Study group(n=82)	Control group(n=82)	t value	P value
EDVi(mL/m ²)	85.3± 13.5	77.9± 12.4	3.656	0.000
ESVi(mL/m ²)	35.44± 2.9	31.2± 2.6	9.765	0.000
EF(%)	61.5± 7.7	61.9± 8.2	0.322	0.748
Massi(g/m ²)	66.1± 4.3	57.3± 3.8	13.887	0.000
Initial T1 mapping value(ms)	1346.43± 251.62	1287.64± 232.87	2.124	0.035
Enhanced T1 mapping value(ms)	431.86± 38.04	510.43± 39.07	13.071	0.000
ECV(%)	34.4± 4.0	26.3± 3.1	14.494	0.000

2.3 PA1 组和 PA2 组患者 CMRI 参数对比

均有统计学意义($P < 0.05$)。PA1 组和 PA2 组间 EF 差异无统

PA1 组患者 EDVi、ESVi、Massi、初始 T1 mapping 值和 ECV 均高于 PA2 组,增强后 T1 mapping 值低于 PA2 组,差异

计学意义($P > 0.05$)。如表 3 所示。

表 3 PA1 组和 PA2 组患者 CMRI 参数对比($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of CMRI parameters among patients in the in the PA1 group and PA2 group ($\bar{x} \pm s$)

CMRI parameters	PA1 group(n=38)	PA2 group(n=44)	t value	P value
EDVi(mL/m ²)	88.3± 13.2	82.7± 11.5	2.053	0.043
ESVi(mL/m ²)	39.2± 3.1	32.2± 2.3	11.709	0.000
EF(%)	61.6± 7.0	61.5± 7.6	0.062	0.951
Massi(g/m ²)	69.5± 3.7	63.2± 2.4	8.989	0.000
Initial T1 mapping value(ms)	1387.14± 250.68	1311.27± 239.86	2.126	0.037
Enhanced T1 mapping value(ms)	421.05± 36.19	441.20± 38.64	2.435	0.017
ECV(%)	38.0± 3.7	31.2± 3.4	8.669	0.000

2.4 PA 患者左室重构多因素 Logistic 回归分析

建立多因素 Logistic 回归模型,以 PA 患者左室重构情况为因变量,赋值:左室重构=1,无左室重构=0。以前述单因素分析中 $P < 0.05$ 的指标为自变量,共 6 个。考虑到样本量仅 82 例,采用逐步向前法,并反复试验优化调整自变量纳入顺序,先剔除部分因素(即尽量降维)。自变量剔除标准: $\alpha_{剔除} = 0.10, \alpha_{入选} = 0.05$ 。ESVi、Massi、增强后 T1 mapping 值和 ECV 被保留入回归模型,结果显示,ESVi、Massi、增强后 T1 mapping 值和 ECV

是 PA 患者左室重构的影响因素($P < 0.05$)。如表 4 所示。

2.5 PA 患者左室重构的回归预测模型构建及 ROC 分析结果

以 PA1 组为阳性样本 (n=38),以 PA2 组为阴性样本 (n=44),以其 $\text{Logit}(P/1-P) = -0.039 + 0.079 \times \text{ESVi} + 0.043 \times \text{Massi} - 0.015 \times \text{增强后 T1 mapping 值} + 0.067 \times \text{ECV}$ 为回归预测模型的虚拟概率量指标,建立回归预测模型(LogP 模式),再行 ROC 分析,回归预测模型虚拟指标的阈值则依据该 $\text{Log}(P/1-P)$ 模型计算求得。ROC 分析结果显示,ESVi、Massi、增强

后 T1 mapping 值、ECV 单独应用时对 PA 患者左室重构的诊断效能较高,AUC 为 0.779。如表 5 和图 1 所示。断效能一般,AUC 分别为 0.623、0.677、0.736、0.675, 而联合诊

表 4 PA 患者左室重构多因素 Logistic 回归分析结果
Table 4 Multivariate logistic regression analysis results of left ventricular remodeling in PA patients

Indexes	Assignment	β	Se	Wald χ^2	P	OR	OR 0.95CI
Constant	-	-0.039	0.016	5.785	0.016	0.962	0.932~0.993
ESVi	Continuous numerical prototype input	0.079	0.021	14.655	0.000	1.082	1.039~1.127
Massi	Continuous numerical prototype input	0.043	0.011	14.238	0.000	1.044	1.021~1.068
Enhanced T1 mapping value	Continuous numerical prototype input	-0.015	0.005	8.197	0.004	0.985	0.975~0.995
ECV	Continuous numerical prototype input	0.067	0.025	7.188	0.007	1.069	1.018~1.123

表 5 PA 患者左室重构的回归预测模型及 ROC 分析结果
Table 5 Regression prediction model and ROC analysis results of left ventricular remodeling in PA patients

Indexes	Threshold	Sensitivity	Specificity	Youden index	AUC	0.95CI
ESVi	35 mL/m ²	0.658(25/38)	0.591(26/44)	0.249	0.623	0.274~0.971
Massi	66 g/m ²	0.684(26/38)	0.636(28/44)	0.320	0.677	0.344~0.987
Enhanced T1 mapping value	1350 ms	0.711(27/38)	0.727(32/44)	0.438	0.736	0.486~0.964
ECV	35%	0.632(24/38)	0.682(30/44)	0.314	0.675	0.397~0.929
The joint	-12.3	0.789(30/38)	0.773(34/44)	0.562	0.779	0.589~0.968

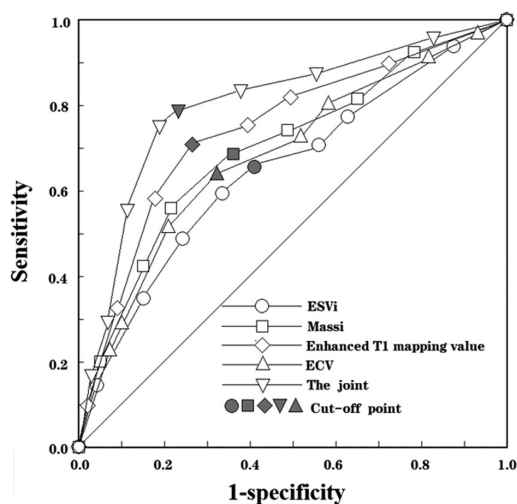


图 1 PA 患者左室重构的回归预测模型及各单独应用指标的 ROC 分析曲线

Fig.1 Regression prediction model and ROC analysis curves for each individual application indicator for left ventricular remodeling in PA patients

3 讨论

PA 是内分泌性高血压最常见的原因, 影响约 5-10% 血压升高的患者, 而 PA 患者患心血管疾病的风险也会增加, 导致心脏重构风险也增加^[10]。左室重构是心肌细胞、非心肌细胞和循环细胞对醛固酮等各种刺激引起的心脏损伤反应的结果, 这

些分子、细胞和间质的改变可导致心脏大小、质量、几何形状和功能的改变, 最后导致左室重构^[11,12]。此外, 左室重构可能导致左室收缩和舒张功能障碍, 也可能导致如心力衰竭、房颤和恶性心律失常等不良结局^[13]。基于此, 本研究探讨 CMRI 诊断 PA 患者左室重构的临床应用价值。

本研究结果显示, PA 患者 EDVi、ESVi 和 Massi 高于 EH 患者, 与既往研究结果有一定差别。Yang 等^[14]认为 PA 患者和 EH 患者左室大小、壁厚、舒张及收缩功能相似, 但其研究是采用超声进行评估。Freel 等^[15]虽然采用 CMRI 来测量心脏容积, 但他们纳入研究患者年龄较大, 且多为男性, 并没有包括年龄和性别的多变量回归分析。本研究分析认为, 高血压是 LVH 的危险因素^[16], 因此 PA 和 EH 患者均可导致 LVH。但醛固酮具有诱导 LVH 的作用, 其机制可能与心肌营养因子 -1 诱导心肌细胞肥大、增加肌球蛋白轻链和骨骼 α -actin 的表达、增强肌球蛋白轻链磷酸化有关, 而心肌营养因子 -1 的缺失对醛固酮诱导的 LVH 和纤维化具有耐药性^[17]。此外, 醛固酮可通过基因组和非基因组途径激活盐皮质激素受体和糖皮质激素受体的复杂机制促进心肌纤维化^[18,19]。表明 PA 患者导致的左室重构患病率应比 EH 患者增多, 从侧面证实 CMRI 能发现更早期左室重构的诊断, 也能更好地了解左室重构情况。此外, 通过对临床资料分析发现 PA 患者醛固酮明显高于 EH 患者。而醛固酮的慢性升高可能会通过氧化应激、炎症和纤维胶原蛋白积累的作用, 最终导致心肌纤维化, 而且过度的接触醛固酮也可能导致 PA 患者的心室重构^[20]。

T1 mapping 技术是纵向弛豫时间定量成像,目前多采用 MOLLI 序列,临床应用较成熟,扫描时间短,且重复性高^[21,22]。初始 T1 mapping 值和增强后 T1 mapping 值均可作为定量检测局限性和弥漫性心肌纤维化的指标,但两者均有其局限性^[23]。而 ECV 则是基于增强前后 T1 mapping 值的测量并用 Hct 进行校准后所得,可避免初始 T1 mapping 和增强后 T1 mapping 的不利因素干扰,能更加准确的反应左室重构程度及范围^[24]。本研究结果显示,PA 患者 CMRI 参数中初始 T1 mapping 比 EH 患者高,而增强后 T1 mapping 值降低反而越多,且多因素 Logistic 回归分析显示 ECV 是 PA 患者左室重构的影响因素,这可能与左室重构的程度及严重范围有关,当 LVH 或心肌纤维化越严重时,细胞外组织间隙越大,心肌组织的初始 T1 mapping 值越高;同时增强后会导致钆对比剂囤积也增多,导致增强后 T1 mapping 值降低越多,ECV 值也相应的越大^[25]。ECV 可以作为心肌梗死、肥厚型心肌病、心肌纤维化等心脏疾病早期风险分层的一个很有前途的参数,并发现在随访期间其与左室重构相关,可作评估左室重构严重程度及范围的参考指标,也可定量评估心肌组织学特征^[26,27]。

综上所述,对于 PA 患者,应使用 CMRI 进行心室重构评估,从 CMRI 中获取有用的信息指导早期药物干预治疗,旨在逆转早期心室重构患者的重构,为临床治疗、监测进展等提供参考依据。但左室重构的诊断标准主要依靠心肌内膜活检,临床上评估主要依靠超声和 CMRI,而 CMRI 是一个理想的替代评估方法。本研究根据 PA 患者左室重构的 CMRI 影像学表现分为 PA1 和 PA2 两个亚组,并对两个亚组的 CMRI 定量指标进行多因素 Logistic 回归分析,从而导致左室重构的判断存在一定的主观性,且不能准确判断左室重构阶段,是本研究主要不足之处。

参 考 文 献 (References)

[1] Reincke M, Bancos I, Mulatero P, et al. Diagnosis and treatment of primary aldosteronism [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(12): 876-892

[2] 张卫东,张佳伟,宋志强,等.分侧肾上腺静脉取血与肾上腺 CT 对原发性醛固酮增多症诊断的价值比较研究 [J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(10): 1841-1845

[3] Moon SJ, Jang HN, Kim JH, et al. Lipid Profiles in Primary Aldosteronism Compared with Essential Hypertension: Propensity-Score Matching Study [J]. *Endocrinol Metab (Seoul)*, 2021, 36(4): 885-894

[4] Yildiz M, Oktay AA, Stewart MH, et al. Left ventricular hypertrophy and hypertension[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2020, 63(1): 10-21

[5] Tsai CH, Pan CT, Chang YY, et al. Left ventricular remodeling and dysfunction in primary aldosteronism [J]. *J Hum Hypertens*, 2021, 35(2): 131-147

[6] 魏钰龙,林飞,朱森,等.急性前壁心肌梗死后心脏磁共振和超声心动图评估左心结构功能的对比研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(3): 417-423

[7] 陈苗,杨本强,韩秀敏,等.心脏磁共振成像室间隔曲率评价肺动脉高压的研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(11): 84-87, 103

[8] 李新立,郝旭辉,唐愿.心脏磁共振成像在心力衰竭中的应用[J]. *临床心血管病杂志*, 2023, 39(4): 251-254

[9] 中华医学会内分泌学会肾上腺学组.原发性醛固酮增多症诊断治疗的专家共识[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2016, 32(3): 188-195

[10] Ulatero P, Monticone S, Deinum J, et al. Genetics, prevalence, screening and confirmation of primary aldosteronism: a position statement and consensus of the Working Group on Endocrine Hypertension of The European Society of Hypertension [J]. *J Hypertens*, 2020, 38(10): 1919-1928

[11] 闫美玉,刘奇良,蒋玉美,等.血清 vaspin、IL-6 水平对急性心肌梗死后左室重构的评估价值 [J]. *现代生物医学进展*, 2020, 20(10): 1858-1863

[12] 段力,尧逢友.温阳化饮益气活血法对急性心肌梗死后早期左室重构大鼠心肌纤维化及肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活影响[J]. *四川中医*, 2019, 37(8): 33-36

[13] 郑彬彬,霍丽丽.急性心肌梗死后左室重构的研究进展[J]. *山西医药杂志*, 2022, 51(23): 2684-2687

[14] Yang Y, Zhu LM, Xu JZ, et al. Comparison of left ventricular structure and function in primary aldosteronism and essential hypertension by echocardiography [J]. *Hypertens Res*, 2017, 40(3): 243-250

[15] Freel EM, Mark PB, Weir RA, et al. Demonstration of blood pressure-independent noninfarct myocardial fibrosis in primary aldosteronism: a cardiac magnetic resonance imaging study [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2012, 5(6): 740-747

[16] Sendzikaite S, Sudikiene R, Tarutis V, et al. Prevalence of arterial hypertension, hemodynamic phenotypes, and left ventricular hypertrophy in children after coarctation repair: a multicenter cross-sectional study[J]. *Pediatr Nephrol*, 2020, 35(11): 2147-2155

[17] 郑刚.原发性醛固酮增多症临床诊断研究的最新进展 [J]. *中国心血管杂志*, 2020, 25(3): 297-300

[18] Zhang WW, Zheng RH, Bai F, et al. Steroidogenic acute regulatory protein/aldosterone synthase mediates angiotensin II-induced cardiac fibrosis and hypertrophy[J]. *Mol Biol Rep*, 2020, 47(2): 1207-1222

[19] 国家卫生健康委高血压诊疗研究重点实验室学术委员会.高血压患者中原发性醛固酮增多症检出、诊断和治疗的指导意见[J]. *中华高血压杂志*, 2021, 29(6): 508-518

[20] 樊小容,张旭升,黄战军.醛固酮致心肌纤维化作用及机制的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2018, 16(16): 2333-2336

[21] 俞顺,苏家威,林敏贵,等. T1-mapping 技术对肿瘤坏死因子- α 拮抗剂治疗中轴型脊柱关节病疗效监测的初步研究[J]. *磁共振成像*, 2022, 13(1): 21-25, 36

[22] 李杉,阿巴斯江·阿地力,齐海成,等.心脏磁共振 T1 mapping 联合特征追踪技术在 LGE 阴性的肥厚型心肌病中的应用价值[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2023, 29(4): 380-387

[23] 崔越,曹玉坤,刘佳,等.心脏磁共振 T1 mapping 和特征追踪技术定量评价肥厚型心肌病患者心肌纤维化和形变[J]. *临床心血管病杂志*, 2020, 36(9): 856-862

[24] Yang MX, He Y, Ma M, et al. Characterization of infarcted myocardium by T1-mapping and its association with left ventricular remodeling[J]. *Eur J Radiol*, 2021(4), 137: 109590

[25] 申兵,侯博,杨震. MR 纵向弛豫时间定量成像技术在左心室肥厚诊断中的应用效果分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2023, 21(8): 69-71

[26] Liang L, Wang X, Yu Y, et al. T1 Mapping and Extracellular Volume in Cardiomyopathy Showing Left Ventricular Hypertrophy: Differentiation Between Hypertrophic Cardiomyopathy and Hypertensive Heart Disease [J]. *Int J Gen Med*, 2022, 15(4): 4163-4173

[27] 林青,王佳佳,葛英辉.磁共振 T1-mapping 及细胞外容积在肥厚型心肌病中的应用价值[J]. *放射学实践*, 2021, 36(9): 1095-1100