

❖ 心脏、血管影像学

Quantitative evaluation of myocardium deformation in patients with hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance feature tracking

JIN Fengqiang, MOU Anna, TIAN Weilin, CHEN Hui, SONG Qingwei, LIU Ailian, LI Zhiyong*
(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116011, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of cardiovascular magnetic resonance feature tracking (CMR-FT) in quantitative evaluation of myocardium deformation in patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM). **Methods** Sixteen HCM patients (HCM group) and 18 healthy volunteers (control group) were enrolled and measured with CMR-FT. The differences of left ventricular (LV) end diastolic volume (LVEDV), LV end systolic volume (LVESV), LV ejection fraction (LVEF), left ventricular mass (LVMAS) and LV global radial strain (RS), LV global circumferential strain (CS) were compared between the two groups. The correlations between segmental wall thickness and segmental RS and CS were studied. And the correlation among global RS, CS and LVEDV, LVESV, LVEF, LVMAS were analyzed. **Results** LVMAS in HCM group was higher than that in control group ($[133.74 \pm 79.13]g$ vs $[76.87 \pm 14.15]g$, $P=0.01$). No significant differences of LVEDV, LVESV, LVEF were found between HCM group and control group (all $P>0.05$). Global RS and CS were significantly lower in HCM group than those in control group (RS: $[27.05 \pm 13.35]\%$ vs $[40.62 \pm 4.92]\%$, $P<0.01$; CS: $[-8.68 \pm 5.56]\%$ vs $[-20.73 \pm 1.56]\%$, $P<0.01$). No significant correlations was observed between segmental wall thickness and segmental RS ($r=-0.41$, $P<0.01$), CS ($r=0.28$, $P<0.01$), respectively. In HCM group, no significant correlations was observed between global RS ($r=-0.36$, -0.41 , 0.22 , -0.36), CS ($r=0.34$, 0.10 , 0.22 , 0.42) and LVEDV, LVESV, LVEF, LVMAS, respectively (all $P>0.05$). **Conclusion** CMR-FT is conducive to quantitative evaluate myocardial deformation in HCM patients.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Feature tracking; Cardiomyopathy, hypertrophic; Deformation

DOI:10.13929/j.1003-3289.201607084

心脏磁共振特征追踪技术定量评价肥厚型 心肌病患者心肌形变

金凤强,牟安娜,田维林,陈 辉,宋清伟,刘爱连,李智勇*

(大连医科大学附属第一医院放射科,辽宁 大连 116011)

[摘要] **目的** 探讨心脏磁共振(CMR)特征追踪(CMR-FT)技术定量评价肥厚型心肌病(HCM)患者心肌形变的价值。**方法** 对16例HCM患者(HCM组)及18名健康志愿者(正常对照组)采用CMR-FT技术行CMR检查。比较两组间左心室舒张末期容积(LVEDV)、收缩末期容积(LVESV)、左心室射血分数(LVEF)、左心室质量(LVMAS)及左心室心肌整体径向应变(RS)、环向应变(CS)的差异。并分析HCM患者各节段室壁厚度与节段性RS、CS的相关性及整体RS、CS与LVEDV、LVESV、LVEF、LVMAS间的相关性。**结果** HCM组的LVMAS高于正常对照组($[133.74 \pm$

[基金项目] 辽宁省教育厅科研项目(L2016012)。

[第一作者] 金凤强(1989—),男,河南兰考人,在读硕士。研究方向:心脏MRI诊断。E-mail: 976307734@qq.com

[通信作者] 李智勇,大连医科大学附属第一医院放射科,116011。E-mail: zjy_lzy@126.com

[收稿日期] 2016-07-20 **[修回日期]** 2017-03-01

79.13)g vs (76.87±14.15)g, $P=0.01$ 。两组间 LVEDV、LVESV、LVEF 差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。HCM 组心肌整体 RS、CS 值均明显低于正常对照组[RS:(27.05±13.35)% vs (40.62±4.92)%, $P<0.01$; CS:(-8.68±5.56)% vs (-20.73±1.56)%, $P<0.01$]。HCM 患者各节段室壁厚度与节段性 RS($r=-0.41$, $P<0.01$)、CS($r=0.28$, $P<0.01$)间无相关性;心肌整体 RS($r=-0.36$, -0.41 , 0.22 , -0.36)、CS($r=0.34$, 0.10 , 0.22 , 0.42)与 LVEDV、LVESV、LVEF、LVMASS 间无相关性(P 均 >0.05)。结论 CMR-FT 有助于定量评估 HCM 患者心肌形变情况。

[关键词] 磁共振成像;特征追踪;心肌病,肥厚性;形变

[中图分类号] R541; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)05-0703-05

肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)为非缺血性心肌疾病中的一种,是青少年猝死的主要原因之一,临床发病率约 1/500,患者多起病隐匿,无临床症状^[1]。心肌肥厚使左心室舒缩功能受损,舒张功能异常早于收缩功能异常,疾病终末期多以进行性心力衰竭为主要表现^[2-3]。舒缩功能受损往往是心肌形变异常所致,而心肌形变异常又多早于临床症状^[3-4]。因此,近年来对心肌形变的观测逐渐被关注^[5-6]。目前研究心肌运动最常用的手段是经胸超声心动图,其优点为简便、实时、可重复性好,尤其是超声组织追踪技术,能够对心肌形变进行定量评估,可早于心功能测量发现心肌形变异常^[7-8];但其成像易受声窗及操作者的影响,不能完整勾画出心内膜及心外膜,无法对所有节段应变参数进行分析^[9]。心脏磁共振(cardiovascular magnetic resonance, CMR)被认为是研究心脏结构、功能的“金标准”^[10],可更好地描述心脏形变。MRI Tagging 技术已应用于对左心室运动的评价^[11],包括谐波相位(harmonic phase, HARP)、回波激励位移编码(displacement encoding with stimulated echoes, DENSE)、应变编码(strain encoding, SENC)等,但这些技术均需特定的成像序列和复杂的后处理过程。

心脏磁共振特征追踪(cardiovascular magnetic resonance feature tracking, CMR-FT)是一种 MRI 新技术,基于标准电影序列图像,可对左心室心内外膜进行识别并进行图像分割,对分割的特征点在各心动周期的位置进行追踪并计算其位移信息,最后通过数学模型,计算获得心肌所有质点的位移信息,包括速度、位移、应变、应变率等。通过 CMR-FT 分析软件只需对电影序列心肌内外膜轮廓进行勾画,即可自动得出心肌应变参数^[10-13]。已有研究^[14]证实 CMR-FT 与 Tagging 技术具有较好的一致性,且 CMR-FT 耗时更短。此外,不同场强(1.5T 和 3.0T)测得的 CMR-FT 应变参数间无明显差异^[15]。本研究应用 CMR-FT 技术对肥厚型心肌病患者的心肌应变情况进行评估,并

与健康志愿者进行对照分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2012 年 11 月—2015 年 11 月我院收治的 16 例 HCM 患者(HCM 组)的资料,其中男 9 例,女 7 例,年龄 41~77 岁,平均(58.8±11.4)岁。所有患者均经 CMR 或超声心动图显示左心室室壁厚度 ≥ 15 mm,且均排除其他可能引起严重心肌肥厚的病因^[1]。其中合并高血压 6 例、心律失常 9 例、糖尿病 4 例、左心室流出道梗阻 1 例、心力衰竭 5 例、冠心病 3 例。于 2014 年 12 月—2015 年 2 月征集 18 名健康志愿者(正常对照组)接受心脏 MR 扫描,其中男 8 名,女 10 名,年龄 24~70 岁,平均(39.1±11.7)岁。所有志愿者超声心动图及心电图检查均未见异常;且患者均无心血管相关疾病,无 HCM 家族史。本研究经我院医学伦理委员会批准。所有受试者接受心脏 MR 扫描前均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Signa HDxt 1.5T 或 GE Signa HDxt 3.0T MR 扫描仪,8 通道体部线圈。采用心电门控和呼吸门控,行呼气末屏气扫描,采集左心室长轴位、左心室短轴位电影 FIESTA 序列图像(图 1)。扫描参数:TR 3.6 ms;TE 1.6 ms,层厚 10 mm;层间距 0,FA 50°,带宽 125 kHz,FOV 350 mm×350 mm,矩阵 192×224。

1.3 评价指标

1.3.1 心功能数据分析 依据美国心脏联合会(American Heart Association, AHA)16 节段模型,采用 Report card 4.0 软件,于左心室短轴电影序列测量舒张末期各节段心肌室壁厚度。手动描绘收缩、舒张末期心内膜、心外膜(乳头肌及肉柱包括在心室腔内),测量左心室舒张末期容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、收缩末期容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)、左心室射血分数(ejection fraction, LVEF)、左心室质量(left ventricular mass, LVMASS)。

1.3.2 应变分析 将左心室长轴、左心室短轴电影序

列图像导入 CVI 42 软件,采用 Tissue Tracking 程序的 2D 模型,对图像进行分析,手动描绘心内膜及心外膜(乳头肌及肉柱包括在心室腔内),通过软件自动计算出各节段(AHA 16 节段模型)的径向应变参数(radial strain, RS)及环向应变(circumferential strain, CS),取各节段应变的平均值作为左心室心肌整体 RS、CS。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。两组间左心室整体及各节段应变指标、左心室心功能指标比较采用两独立样本 t 检验。HCM 患者各节段室壁厚度与节段性 RS、CS 的相关性及整体 RS、CS 与 LVEDV、LVESV、LVEF、LVMASS 间的相关性采用 Pearson 相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组间心功能指标比较

HCM 组的 LVMASS $[(133.74 \pm 79.13) \text{ g}]$ 高于正常对照组 $[(76.87 \pm 14.15) \text{ g}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组间 LVEDV、LVESV、LVEF 差异均无统计学意义(P 均 < 0.05)。见表 1。

2.2 两组间应变指标比较

HCM 组心肌整体 RS、CS 值 $[(27.05 \pm 13.35)\%、(-8.68 \pm 5.56)\%]$,图 2]均明显低于正常对照组 $[(40.62 \pm 4.92)\%、(-20.73 \pm 1.56)\%]$,图 3],差异均有统计学意义(P 均 < 0.01)。

2.3 相关性分析 HCM 患者各节段室壁厚度与节段性 RS($r = -0.41, P < 0.01$)、CS($r = 0.28, P < 0.01$)间无相关性。HCM 患者整体 RS($r = -0.36、-0.41、$

表 1 HCM 组及正常对照组心功能指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVEF(%)	LVMASS(g)
HCM 组	130.11 $\pm$ 39.32	47.05 $\pm$ 22.16	63.75 $\pm$ 11.22	133.74 $\pm$ 79.13
正常对照组	133.59 $\pm$ 17.40	53.29 $\pm$ 10.20	59.39 $\pm$ 5.53	76.87 $\pm$ 14.15
t 值	-0.33	-1.03	1.41	2.84
P 值	0.747	0.291	0.173	0.012

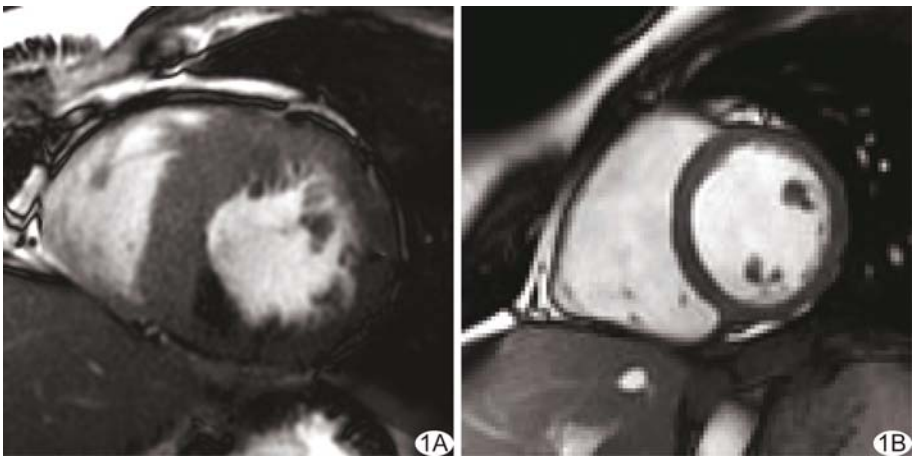


图 1 HCM 患者与健康志愿者舒张末期左心室短轴电影 FIESTA 序列图像 A. HCM 患者,男,48 岁; B. 健康志愿者女,28 岁

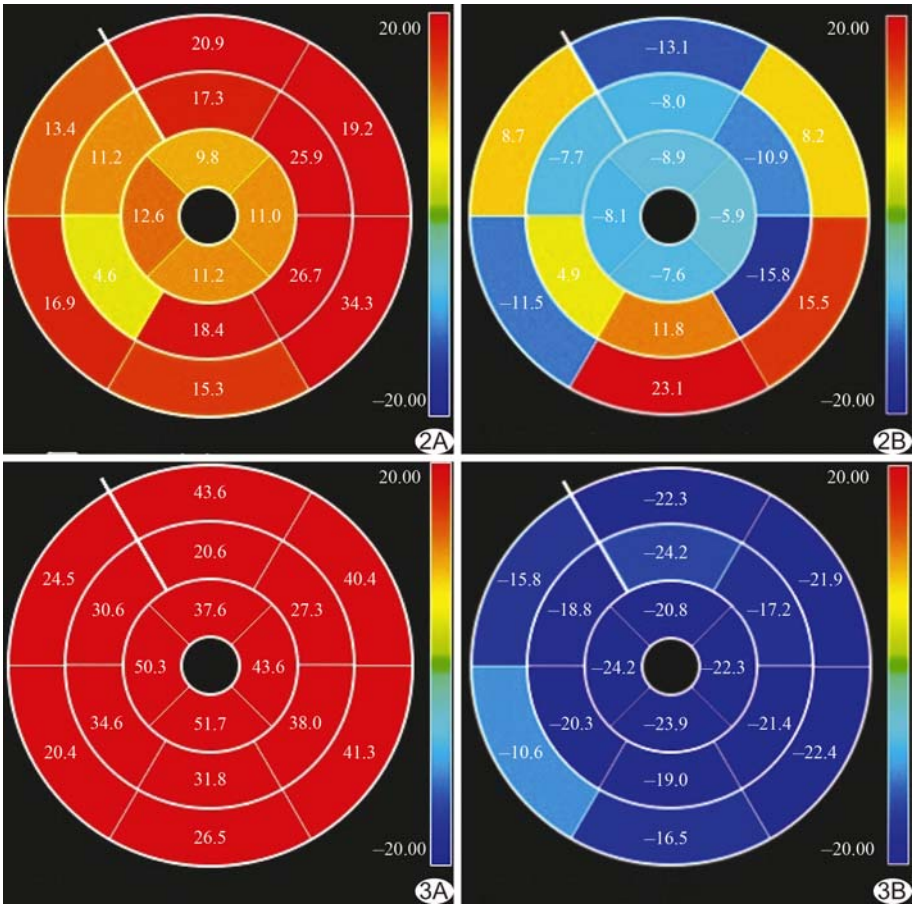


图 2 患者男,48 岁,HCM A. 各节段径向应变 RS 图,整体 RS 为 16.80%; B. 各节段环向应变 CS 图,整体 CS 为 -1.46% 图 3 健康志愿者,女,28 岁 A. 各节段径向应变 RS 图,整体 RS 为 35.35%; B. 各节段环向应变 CS 图,整体 CS 为 -19.50%

0.22、-0.36)、CS($r=0.34, 0.10, 0.22, 0.42$)与 LV-EDV、LVESV、LVEF、LVMASS 间无相关性(P 均 >0.05)。

3 讨论

左心室心肌形变及运动情况是预测心血管事件及疾病进展的重要因素^[5,10]。心功能指标,如射血分数,可用于评估心肌整体功能,然而对早期变化并不敏感^[6,8]。Tagging 技术是目前心肌形变的研究的“金标准”^[10],但需特定的成像序列,图像后处理也较为耗时^[14]。CMR-FT 不需额外成像序列及后处理,已用于多种心脏疾病的研究^[6,12,16],如缺血性心脏病、扩张型心脏病等。

Augustine 等^[14]采用 CMR-FT 技术对 145 名健康志愿者进行左心室短轴电影序列扫描,获得相应的应变指标并与 Tagging 技术对比,发现整体 CS 与 Tagging 所测结果一致性较好,且整体 CS 可重复性好,变异系数为 4.9%。Taylor 等^[17]对 100 名健康志愿者进行 CMR-FT 研究,结果显示健康志愿者的应变指标参考值 RS 为 $(39.8 \pm 8.3)\%$,CS 为 $(-26.1 \pm 3.8)\%$ 。本研究中,正常对照组心肌整体 RS、CS 值分别为 $(40.62 \pm 4.92)\%$ 、 $(-20.73 \pm 1.56)\%$,与 Taylor 等^[17]的研究结果基本一致。

本研究结果显示,HCM 组心肌整体 RS、CS 值均明显低于正常对照组(P 均 <0.01),提示 HCM 患者心肌肥厚、心肌形态、明显受损的同时,进一步引起心肌舒缩功能的异常改变。

本研究发现 HCM 组与正常对照组 LVEF 差异无统计意义($P>0.05$),而 HCM 组整体 RS、CS 均低于正常对照组(P 均 <0.01),提示在监测心肌受损情况时,心肌应变变化可早于 LVEF 值的改变。Di Bella 等^[8]进行超声研究发现,HCM 及心肌淀粉样变性患者与健康志愿者间 LVEF 差异无统计学意义(P 均 >0.05),但 HCM 患者及心肌淀粉样变性患者纵向、径向及环向的应变指标均较健康志愿者降低(P 均 <0.05),与本研究结果相似。有研究^[6-7]表明,心肌应变较 LVEF 更有助于判断患者预后,且 RS 是心血管事件的独立预测因子。Smith 等^[5]应用 CMR 对 30 例 HCM 患者和 24 名健康志愿者进行研究,发现其中 7 例 HCM 患者出现心血管事件,发生心血管事件的患者整体及径向应变均低于未发生心血管事件的患者(P 均 <0.05),表明心肌应变不仅可早于 LVEF 值反映心肌损害,也与预后有关。

本研究发现 HCM 组各节段室壁厚度与应变参数

(RS、CS)无相关性。而一项应用 CMR-FT 对 30 例年龄 <20 岁的 HCM 患者及 24 名年龄匹配的正常对照者心肌应变与心血管事件的研究^[18]发现,延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)与肥厚节段相关,且与应变减低相关。Popović 等^[4]研究报道,心肌纤维化与室壁厚度是节段性纵向应变减低多变量预测因子。上述结果均与本研究存在偏差。一项应用超声对心肌应变分析的研究^[19]发现,最大收缩期应变(peak systolic strain, PSS)在 HCM 各节段中不均一,这种不均一与其所在部位及厚度无关。心肌应变情况与室壁厚度之间的相关性可能存在多种因素影响,如纤维化程度、范围、肥厚区域心肌缺血情况等,还需今后进一步深入研究。

总之,CMR-FT 作为一项新技术,可用于无创、定量地评估 HCM 患者左心室室壁运动功能,随着技术的完善及设备的进步,CMR-FT 技术必将更广泛地应用于科研及临床工作中,并发挥重要作用。

[参考文献]

- [1] Maron BJ, Ommen SR, Semsarian C, et al. Hypertrophic Cardiomyopathy: Present and future, with translation into contemporary cardiovascular medicine. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 64(1):83-99.
- [2] Nucifora G, Muser D, Gianfagna P, et al. Systolic and diastolic myocardial mechanics in hypertrophic cardiomyopathy and their link to the extent of hypertrophy, replacement fibrosis and interstitial fibrosis. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2015, 31(8):1603-1610.
- [3] Shi C, Yuan J, Qiao S, et al. Evaluation of left ventricular diastolic function by global strain rate imaging in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy: A simultaneous speckle tracking echocardiography and cardiac catheterization study. *Echocardiography*, 2014, 31(5):615-622.
- [4] Popović Z, Kwon DH, Mishra M, et al. Association between regional ventricular function and myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy assessed by speckle tracking echocardiography and delayed hyperenhancement magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*, 2008, 21(12):1299-1305.
- [5] Smith BM, Dorfman AL, Yu S, et al. Relation of strain by feature tracking and clinical outcome in children, adolescents, and young adults with hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*, 2014, 114(8):1275-1280.
- [6] Buss SJ, Breuninger K, Lehrke S, et al. Assessment of myocardial deformation with cardiac magnetic resonance strain imaging improves risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(3):307-315.

- [7] 王旭,王红鹤,杨军,等.二维斑点追踪技术评价肺动脉高压大鼠左心室多维形变.中国医学影像技术,2015,31(8):1135-1139.
- [8] 罗田田,张萍.超声心动图新技术评价房颤患者左心房结构和功能的研究进展.中国介入影像与治疗学,2015,12(4):251-254.
- [9] Orwat S, Kempny A, Diller GP, et al. Cardiac magnetic resonance feature tracking: A novel method to assess myocardial strain. Comparison with echocardiographic speckle tracking in healthy volunteers and in patients with left ventricular hypertrophy. Kardiol Pol, 2014,72(4):363-371.
- [10] 任宇婧,胡红杰,刘华锋.利用磁共振定量心肌三维应变的方法及临床应用.中国医学影像学杂志,2012,20(4):317-320.
- [11] Ibrahim el-SH. Myocardial tagging by cardiovascular magnetic resonance: Evolution of techniques—pulse sequences, analysis algorithms, and applications. J Cardiovasc Magn Reson, 2011, 13:36.
- [12] Schuster A, Hor KN, Kowallick JT, et al. Cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking: Concepts and clinical applications. Circ Cardiovasc Imaging, 2016,9(4):e004077.
- [13] Pedrizzetti G, Claus P, Kilner PJ, et al. Principles of cardiovascular magnetic resonance feature tracking and echocardiographic speckle tracking for informed clinical use. J Cardiovasc Magn Reson, 2016,18(1):51.
- [14] Augustine D, Lewandowski AJ, Lazdam M, et al. Global and regional left ventricular myocardial deformation measures by magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers: Comparison with tagging and relevance of gender. J Cardiovasc Magn Reson, 2013,15:8.
- [15] Schuster A, Morton G, Hussain ST, et al. The intra-observer reproducibility of cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking strain assessment is independent of field strength. Eur J Radiol, 2013,82(2):296-301.
- [16] 牟安娜,李智勇,张晨,等.磁共振 feature tracking 初步评价终末期肾病患者心肌形变.中国医学影像技术,2016,32(6):881-884.
- [17] Taylor RJ, Moody WE, Umar F, et al. Myocardial strain measurement with feature-tracking cardiovascular magnetic resonance: normal values. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2015,16(8):871-881.
- [18] Smith BM, Dorfman AL, Yu S, et al. Clinical significance of late gadolinium enhancement in patients <20 years of age with hypertrophic cardiomyopathy. Am J Cardiol, 2014, 113(7):1234-1239.
- [19] Ghio S, Revera M, Mori F, et al. Regional abnormalities of myocardial deformation in patients with hypertrophic cardiomyopathy: Correlations with delayed enhancement in cardiac magnetic resonance. Eur J Heart Fail, 2009,11(10):952-957.

《中国医学影像技术》投稿须知(二)

3 稿件修改 本刊编辑部通过网站编辑系统给作者发修改意见,同时会有邮件提醒。一般情况下,作者应于7天内将修改后稿件上传编辑系统。1个月未修回的稿件将以退稿处理。依照《著作权法》有关规定,本刊编辑部可对来稿做文字修改、删节,凡有涉及原意的修改,请作者在寄回校样时提出。

4 稿件查询 ①作者投稿后1周末收到E-mail回复的稿号即为本期刊社未收到投稿,请重新投稿;②收到稿号后可登陆本刊网站实时查询稿件处理状态,1个月内未查询到稿件审理进展可以发邮件咨询;③本刊收费通知一律以E-mail形式发出,如需出具纸质通知另行联系;④作者交纳发表费后1个月内未查到发票信息或者未收到发票请及时发邮件与期刊社联系。

5 版权 来稿文责自负,凡投稿者,即视为同意本刊编辑部将稿件以纸质载体、光盘载体及网络版形式出版。寄回校样的同时请从本刊主页“下载中心”栏目中下载“版权转让协议”,签字并寄回。

6 收费 作者在收到交纳审理费通知后须及时交纳审稿费60元。稿件一经录用,即收取发表费,刊印彩图者,需加付彩图印制工本费。1个月内不寄款者,本刊将按退稿处理。