

❖ 妇产科影像学

MR T2WI signal in non-perfusion region in evaluating curative effect of HIFU ablation of hysteromyoma

CUN Jiangping, FAN Hongjie, ZHAO Wei*, YAO Ruihong, TANG Ruijia, JIANG Yongneng
(Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of MR T2WI signal in non-perfusion region in evaluation on ablation effect of hysteromyoma with HIFU. **Methods** A total of 90 patients with hysteromyoma received HIFU ablation were enrolled. All patients underwent MRI before operation and the 3rd day, 3th month and 6th month after operation. Then the patients were divided into hypointense group ($n=9$), isointense group ($n=15$), heterogeneous group ($n=40$) and hyperintense group ($n=26$) based on T2WI signal in non-perfused region the 3rd day after ablation. The residual volume of fibroids at 3th month and 6th month after ablation were compared. **Results** There were significant differences in residual volume of fibroids among the 4 groups at 3th month and 6th month after ablation (both $P<0.05$); the residual volume in the hyperintense group was higher than that in hypointense group, isointense group and heterogeneous group (all $P<0.05$). There was no significant difference between each two of hypointense group, isointense group and heterogeneous group (all $P>0.05$). No serious adverse events occurred after HIFU ablation. **Conclusion** HIFU ablation of hysteromyoma is safe and effective. T2WI signal in non-perfusion region can be used to evaluate the early effect of hysteromyoma after HIFU ablation.

[Key words] Leiomyoma; High intensity focused ultrasound ablation; Magnetic resonance imaging; Efficacy

DOI:10.13929/j.1003-3289.201801134

非灌注区域 MR T2WI 信号评估 HIFU 消融子宫肌瘤的疗效

寸江平, 范宏杰, 赵卫*, 姚瑞红, 汤蕊嘉, 姜永能
(昆明医科大学第一附属医院医学影像科, 云南 昆明 650032)

[摘要] **目的** 探讨 MR 增强非灌注区域 T2WI 信号在评估子宫肌瘤 HIFU 术后疗效中的价值。 **方法** 收集因子宫肌瘤接受 HIFU 消融治疗, 并于术前和术后第 3 天、3 个月和 6 个月接受 MRI 随访的 90 例患者, 根据术后第 3 天非灌注区域内 T2WI 信号不同, 将其分为低信号组 ($n=9$)、等信号组 ($n=15$)、混杂信号组 ($n=40$) 和高信号组 ($n=26$), 比较术后第 3 个月和 6 个月肌瘤残余体积的差异。 **结果** 术后第 3 个月和第 6 个月, 4 组间肿瘤残余体积总体差异均有统计学意义 (P 均 <0.05); 两两比较, 高信号组肌瘤残余体积均高于低信号组、等信号组和混杂信号组 (P 均 <0.05); 低信号组、等信号组和混杂信号组间差异均无统计学意义 (P 均 >0.05)。术后患者未出现严重不良反应。 **结论** HIFU 消融子宫肌瘤安全、有效; 非灌注区域内 T2WI 信号可作为评估子宫肌瘤 HIFU 术后早期疗效的有效指标。

[关键词] 子宫肌瘤; 高强度聚焦超声消融; 磁共振成像; 疗效

[中图分类号] R737.33; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)09-1381-05

[基金项目] 云南省医疗卫生单位内设研究机构科研项目(2016NS037)。

[第一作者] 寸江平(1991—), 男, 云南丽江人, 在读硕士。研究方向: 肿瘤介入治疗。E-mail: 18987867673@163.com

[通信作者] 赵卫, 昆明医科大学第一附属医院医学影像科, 650032。E-mail: kyzyzhaowei@foxmail.com

[收稿日期] 2018-01-22 **[修回日期]** 2018-05-29

作为治疗症状性子宫肌瘤的一种无创性热消融技术, HIFU 目前已广泛应用于临床^[1], 相较于传统的手术治疗方法, 具有可重复性好、安全、有效、术后恢复快、一次消融多个病灶等优点。MR 是术前诊断妇科肿瘤的常用方法, 也是子宫肌瘤 HIFU 术后评价疗效最有效的手段, 可清晰显示肌瘤位置、大小及术后肌瘤变化情况^[2]。本研究通过分析 HIFU 术后第 3 天 MR 增强非灌注区域内 T2WI 信号特征, 探讨 T2WI 信号在评估子宫肌瘤消融术后转归中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2011 年 11 月—2017 年 6 月于我院接受 HIFU 治疗的 90 例子宫肌瘤患者, 年龄 31~43 岁, 平均 (37.2 ± 5.8) 岁, 于术前和术后第 3 天、3 个月、6 个月均接受 MR 平扫+增强扫描。

1.2 仪器与方法

1.2.1 消融治疗 采用 JC200 聚焦超声肿瘤治疗系统(重庆海扶技术有限公司), 术中全程对患者进行镇静镇痛。首先行超声检查, 以确定治疗方案。采用单点消融方法, 超声监控显示单点消融区域内出现斑片状灰度变化后, 调整探头进行下一点消融, 经 CEUS 确认消融满意后结束手术。记录术中辐照时间、辐照功率及手术时间, 并通过相关治疗参数计算能效因子(energy-efficiency factor, EEF): $EEF = \eta Pt / 1\ 000 V_1$ ($\eta = 0.7$); P 为治疗功率; t 为辐照时间; V_1 为非灌注区体积^[3]。对多发子宫肌瘤患者只消融可能引起症状的优势肌瘤。

1.2.2 MR 扫描 采用 Philips Achieva 3.0T MR 扫描仪及 GE Signa HDxt 3.0T 超导型 MR 扫描仪。扫描参数: T1W, TR 400~600 ms, TE 8 ms; T2W, TR 3 000~5 000 ms, TE 90 ms; 轴位矩阵 320×224 , 层厚 5 mm, 层间距 2 mm; 矢状位和冠状位矩阵 228×192 , 层厚 5 mm, 层间距 1 mm。增强扫描对比剂采用钆双胺注射液(0.5 mmol/ml), 采用高压注射器经肘静脉注射, 流率 1.5~2.0 ml/s, 剂量 0.2 ml/kg 体重。注入对比剂 5 min 后采集 T1WI, 参数同平扫。

术前由 2 名有 10 年及以上泌尿生殖系统影像学诊断经验的医师采用盲法评估术前 MR 图像, 意见有分歧时经协商后达成共识。观察子宫肌瘤的位置、大小、类型及 T2WI 信号特征, 于 T2WI 上分别测量子宫肌瘤的前后径(D_1)、左右径(D_2)和上下径(D_3), 计算肌瘤体积(V), $V = 4\pi \times D_1 \times D_2 \times D_3 / 3$ 。消融术后第 3 天、3 个月和 6 个月复查 MR, 根据消融术后第 3 天 MR 增强图像中非灌注区域内的 T2WI 信号^[2]将患者

分为低信号组(信号强度与骨骼肌相似, $n=9$)、等信号组(信号强度低于子宫肌层但高于骨骼肌, $n=15$)、混杂信号组(信号多样, $n=40$)或高信号组(信号强度等于或高于子宫肌层, $n=26$)。测量并计算术后第 3 天时的消融率, 消融率=术后第 3 天非灌注区域体积/消融前肌瘤体积 $\times 100\%$ 。于术后第 3 天、3 个月和 6 个月随访时计算肌瘤体积和残余肌瘤体积, 残余肌瘤体积=消融后肌瘤体积-非灌注区域体积, 体积计算公式同前。记录术中出现的不良反应。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD- t 检验。计数资料用频数表示, 多组间比较采用行 $\times$ 列表 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料比较 低信号组、等信号组、混杂信号组与高信号组间术前肌瘤 T2WI 信号和术后第 3 天消融率差异均有统计学意义(P 均 <0.05), 年龄、子宫肌瘤体积、肌瘤类型、EEF 和手术时间差异均无统计学意义(P 均 >0.05 , 表 1)。

2.2 肿瘤残余体积比较 术后第 3 个月和 6 个月, 4 组间肿瘤残余体积总体差异有统计学意义($P < 0.05$); 两两比较, 高信号组肌瘤残余体积高于低信号组、等信号组和混杂信号组(第 3 个月: $P = 0.022$ 、 0.044 、 0.029 ; 第 6 个月: $P < 0.001$ 、 $P = 0.004$ 、 0.003); 低信号组、等信号组和混杂信号组间两两比较差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。见表 1、图 1~4。

2.3 不良反应 所有患者均顺利完成手术。术中出现的不良反应主要包括骶尾部疼痛、治疗区疼痛、下肢麻木等, 通过暂停消融或移动探头消融其他治疗计划区域而获得改善。术后部分患者出现下腹痛、阴道少量流血等轻微症状, 均未经特殊处理而自行好转。无神经损伤、皮肤烧伤、肠道穿孔及膀胱损伤等严重并发症出现。

3 讨论

MRI 可有效评价消融术后子宫肌瘤是否完全消融, 从而判断患者预后, 指导下一步治疗方案。既往研究^[4]发现, HIFU 治疗肿瘤后 3 天, MRI 各参数与组织学的相关性最高, 此时 T1W、T2W 和 DWI 是评价有无活性肿瘤残余的最佳序列。有学者^[5-7]推荐采用非灌注区域体积推测消融效果, 但增强图像中显示的无强化区不一定代表细胞死亡。Hectors 等^[4]指出, HIFU 治疗后非灌注区域与组织学完全凝固性坏死区

域的一致性较差,非灌注区往往大于真正凝固性坏死区域,肿瘤中心部分由于热量沉积效应导致蛋白质变性、水分丧失、新陈代谢停止等导致细胞死亡,而外周部分则主要由于热量传导作用使血管暂时性闭塞,而非真正坏死。因此,单纯以非灌注区域评价治疗效果,往往会低估有活性的肿瘤组织。有研究^[8]采用 MR

增强扫描预测具有 T2 边缘征(消融治疗后在肌瘤周围即刻出现 T2WI 高信号)的子宫肌瘤的消融率,结果表明当肌瘤内存在 T2 边缘征时,基于 MR 增强的预测模型高估实际消融率,且消融率与 T2WI 高信号面积具有一定相关性。本研究中 4 组在术后第 3 天的消融率差异有统计学意义($P=0.042$),可能与术前肌瘤

表 1 4 组患者消融前和消融术后资料比较

组别	年龄(岁)	子宫肌瘤体积 (cm ³)	子宫肌瘤类型(例)			EEF (J/mm ³)	手术时间 (min)
			肌壁间	黏膜下	浆膜下		
低信号组	38.1±3.9	85.07±54.64	6	2	1	6.71±1.88	170.22±79.11
等信号组	36.0±5.8	93.75±57.86	13	0	2	7.00±1.73	134.27±69.15
混杂信号组	37.9±6.0	111.68±83.16	29	1	10	6.75±1.70	135.28±66.02
高信号组	36.4±6.2	102.05±46.60	20	2	4	7.98±2.37	154.12±63.77
F/ χ^2 值	0.628	0.523	8.108			2.372	0.982
P 值	0.599	0.667	0.230			0.076	0.405

组别	术前 T2WI 信号(例)				消融率(%)	残余肌瘤体积(cm ³)	
	低	等	混杂	高		术后第 3 个月	术后第 6 个月
低信号组	5	3	0	1	0.75±0.09	12.36±8.25	16.93±8.97
等信号组	3	7	1	4	0.74±0.07	14.44±9.00	24.40±9.00
混杂信号组	10	19	2	9	0.76±0.08	15.34±7.84	26.82±14.17
高信号组	0	8	3	15	0.69±0.11	20.17±9.72	37.47±15.91
F/ χ^2 值	22.196				2.849	2.756	6.586
P 值	0.008				0.042	0.047	<0.001

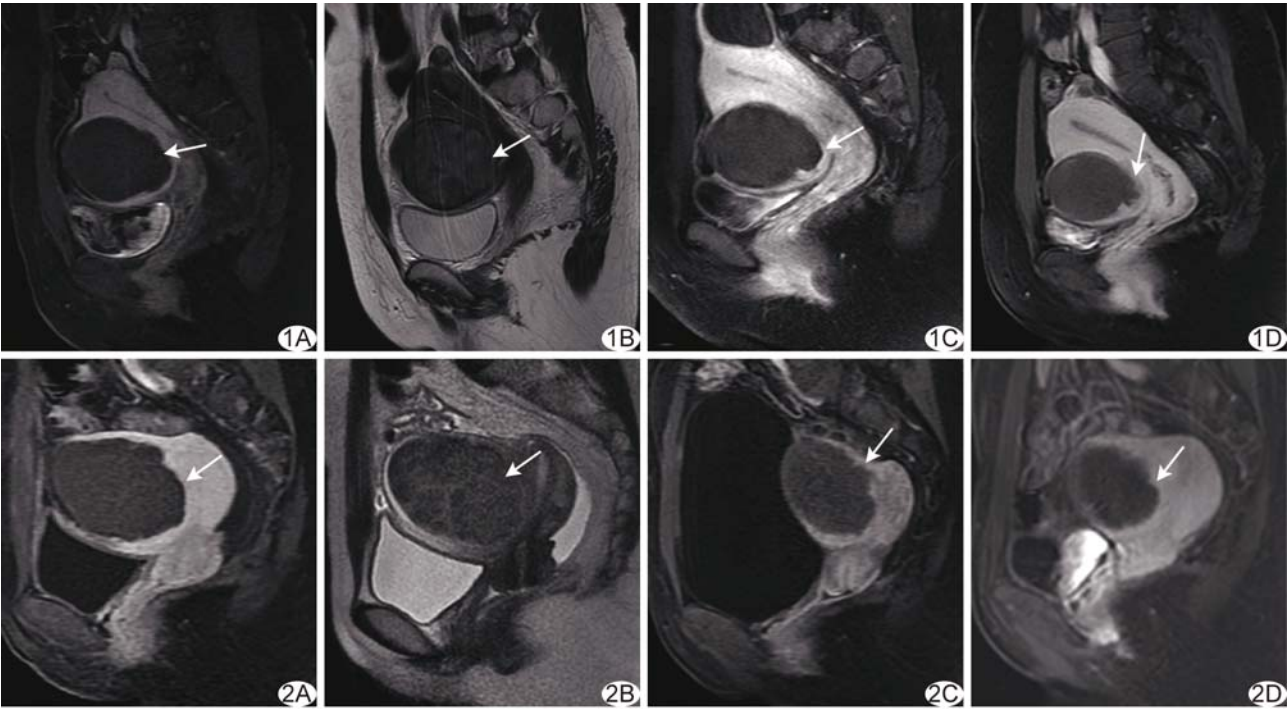


图 1 患者 35 岁,低信号组,消融术后 MRI A. 消融术后第 3 天增强 T1WI,坏死区域表现为无强化; B. 消融后第 3 天矢状位 T2WI,非灌注区域内 T2WI 信号强度与骨骼肌类似; C. 消融术后第 3 个月增强 T1WI; D. 消融术后第 6 个月增强 T1WI (箭示术后子宫肌瘤残余部分) 图 2 患者 43 岁,等信号组,肌瘤消融术后 MRI A. 消融术后第 3 天增强 T1WI,非灌注区域代表肌瘤凝固性坏死; B. 消融术后第 3 天 T2WI,无强化区域内 T2WI 信号强度介于子宫肌层与骨骼肌之间; C. 消融术后第 3 个月增强 T1WI; D. 消融术后第 6 个月增强 T1WI (箭示术后肌瘤残余部分)

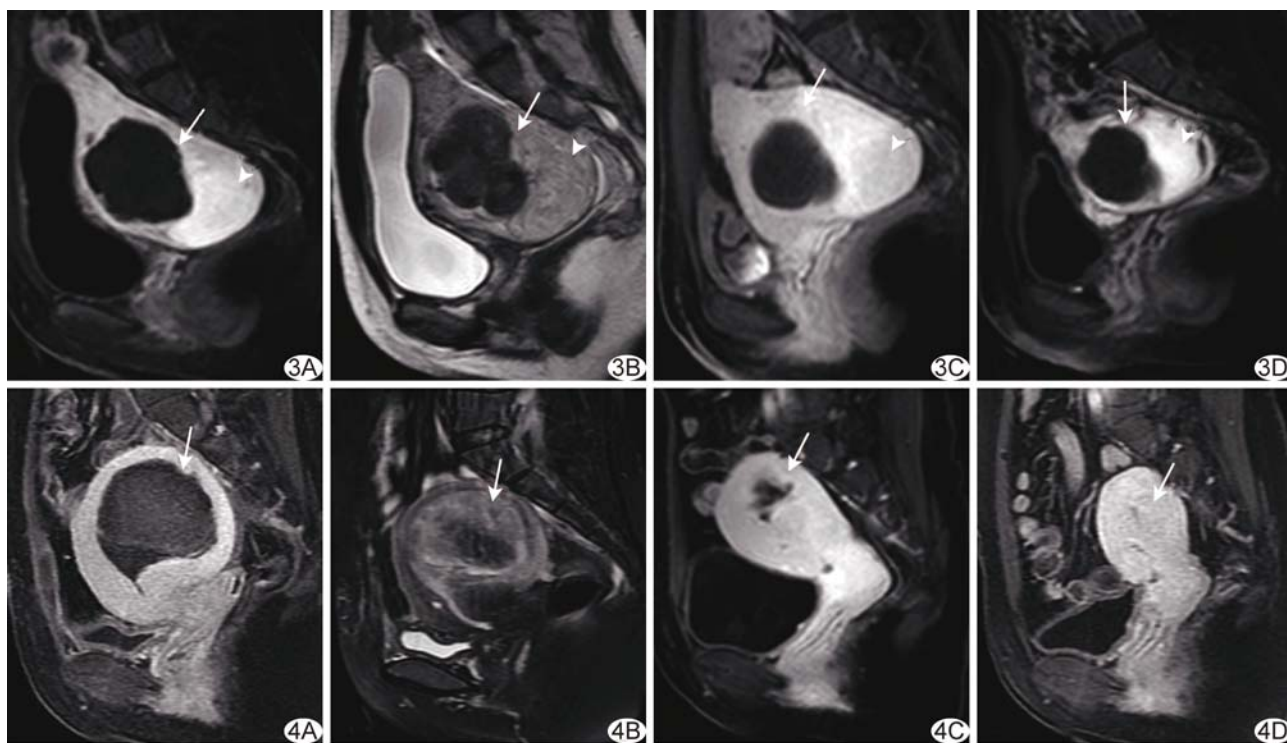


图 3 患者 32 岁, 混杂信号组, 肌瘤消融术后 MRI A. 消融术后第 3 天增强 T1WI; B. 消融术后第 3 天 T2WI, 消融区域 T2WI 信号强度由类似子宫肌层信号、类似骨骼肌层信号及介于二者之间的信号组成; C. 消融术后第 3 个月增强 T1WI; D. 消融术后第 6 个月增强 T1WI (箭示消融后残余肌瘤, 箭头示未消融肌瘤) **图 4** 患者 38 岁, 高信号组, 肌瘤消融术后 MRI A. 消融术后第 3 天增强 T1WI, 坏死区域表现为无灌注; B. 脂肪抑制 T2WI, 消融区域 T2WI 信号高于子宫肌层信号, 中心有等信号区; C. 消融术后第 3 个月增强 MRI, 无强化区域缩小, 肌瘤残余体积增加; D. 消融术后第 6 个月增强 T1WI, 非灌注区域消失, 肌瘤残余体积进一步增加 (箭示术后肌瘤残余部分)

T2WI 信号特征不同 ($P=0.008$) 有关。不同 T2WI 信号强度代表肌瘤内组织密度、结构及含水量存在差异, T2WI 低信号表示肌瘤内含丰富的胶原纤维组织, 导致声阻抗较大, 从而增加热能沉降效率, 可能导致其消融率较高^[9]。本研究中, 术后第 3 个月和第 6 个月, 高信号组的肌瘤残余体积分别为 $(20.17 \pm 9.72) \text{ cm}^3$ 和 $(37.47 \pm 15.91) \text{ cm}^3$, 均大于其他 3 组, 且术后随时间推移, 残余肌瘤体积有所增加, 提示非灌注外周区域部分细胞并未发生真正的凝固性坏死, 后期因侧支循环建立或暂时闭塞的血管再通, 使肌瘤残余、复发, 即非灌注区域内的 T2WI 高信号与肌瘤残余或复发有一定关联。

HIFU 消融术后, 消融区域水分大量丧失, 导致 T1WI 呈高信号、T2WI 呈低信号, T2WI 信号可有效反映肌瘤的凝固性坏死和液化性坏死, 故 T2W 是判断肌瘤组织有无残余的重要序列^[10-11]。本研究中, HIFU 消融术后非灌注区域内多为 T1WI 稍高/高信号, T2WI 信号表现多样, 低信号、等信号、混杂信号和高信号所占比例分别为 10.00% (9/90)、16.67% (15/90)、44.44% (40/90) 和 28.89% (26/90)。

本研究结果发现, 非灌注区域内 T2WI 呈高信号患者术后肌瘤残余体积较大, 推测其复发率可能较高, 可能与细胞高增殖率、纤维血管网络重建及激素受体再分布有关, 但其具体病理机制不清楚, 仍需进一步深入研究。此外, 本组为回顾性研究, 样本量相对较少, 尤其低信号组患者只有 9 例, 需扩大样本量研究。本研究随访过程中发现, 部分高信号组患者术后第 3 个月和第 6 个月时肌瘤体积明显缩小, 肌瘤残留并不明显, 提示需要结合消融率、MR 多参数成像对其精准分析、综合考虑。本研究部分患者术后有下腹痛、阴道流血等症状, 均未行特殊处理于术后数小时至数日自行恢复, 提示 HIFU 治疗相对安全。

总之, HIFU 治疗子宫肌瘤安全、有效、无创; 术后 MR 检查, 特别是非灌注区域内 T2WI 信号特征对术后疗效评估有一定价值。

[参考文献]

- [1] Zhao WP, Zhang J, Han ZY, et al. A clinical investigation treating different types of fibroids identified by MRI-T2WI

- imaging with ultrasound guided high intensity focused ultrasound. Sci Rep, 2017, 7(1):10812.
- [2] 刘映江, 刘仙明, 彭松, 等. 常规 MRI 在子宫肌瘤超声消融疗效评价及随访中的价值. 中国医学影像技术, 2011, 27(10):2098-2101.
- [3] 姜曼, 赵卫, 易根发, 等. 子宫肌瘤 MRI 特征与高强度聚焦超声消融疗效. 介入放射学杂志, 2014, 23(4):314-319.
- [4] Hectors SJ, Jacobs I, Heijman E, et al. Multiparametric MRI analysis for the evaluation of MR-guided high intensity focused ultrasound tumor treatment. NMR Biomed, 2015, 28(9):1125-1140.
- [5] 胡森阳, 陈锦云, 彭松, 等. DWI 在 HIFU 消融治疗子宫肌瘤术后评价中的应用. 中国介入影像与治疗学, 2015, 12(10):1550-1554.
- [6] 韦超, 董江宁, 方昕, 等. DCE-MRI 定量参数预测高强度超声消融术治疗症状性子宫肌瘤首次体积消融率价值. 临床放射学杂志, 2016, 35(4):545-550.
- [7] Wei C, Fang X, Wang CB, et al. The predictive value of quantitative DCE metrics for immediate therapeutic response of high-intensity focused ultrasound ablation (HIFU) of symptomatic uterine fibroids. Abdom Radiol (NY), 2018, 43(8):2169-2175.
- [8] Yeo SY, Kim YS, Lim HK, et al. Uterine fibroids: Influence of "T2-Rim sign" on immediate therapeutic responses to magnetic resonance imaging-guided high-intensity focused ultrasound ablation. Eur J Radiol, 2017, 97:21-30.
- [9] Zhao WP, Chen JY, Chen WZ, et al. Effect of biological characteristics of different types of uterine fibroids, as assessed with T2-weighted magnetic resonance imaging, on ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound ablation. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(2):423-431.
- [10] 张俊成, 杨振华, 赵相胜, 等. MR 扩散成像在子宫肌瘤 HIFU 术后早期疗效评价中的价值. 放射学实践, 2012, 27(12):1356-1360.
- [11] 唐静, 黄莺, 邹建中. 比较影像学在评价 HIFU 治疗肝癌疗效中的应用. 国际生物医学工程杂志, 2006, 3(3):188-190.

《中国医学影像技术》投稿要求(二)

8 基金项目 书写格式应为:××基金(编号××)。基金论文投稿时应同时将基金项目批文扫描上传。本刊将优先选登基金论文。

9 第一作者 书写格式为:姓名(出生年—), 性别, 籍贯, 学位, 职称, 研究方向和 E-mail。尚未毕业者学位写为“在读××”, 如“在读硕士”、“在读博士”。投稿时, 简介中需注明第一作者联系电话。

10 通信作者 通常为稿件所涉及研究工作的负责人, 通信作者简介包括其姓名、单位、邮编和 E-mail。

11 摘要 研究论著和综述性论文均须附中、英文摘要, 英文在前, 中文在后; 经验交流和短篇报道不设摘要。摘要应以第三人称撰写, 不宜超过 350 个汉字, 不宜使用“我们”、“作者”等词作为主语。研究论著类论文的摘要应按结构式摘要的特征撰写, 包括目的(Objective)、方法(Methods)、结果(Results)、结论(Conclusion)四项。综述性论文的摘要应按指示性摘要的特征撰写, 简要叙述文章内容, 无须按“四项式”编写。摘要应具有独立性和自明性, 并且拥有与文献同等量的主要信息, 在有限的字数内向读者提供尽可能多的定性或定量的信息, 充分反映该研究的创新之处。英文摘要在 300 个实词左右, 内容和形式要求与中文摘要基本对应。

12 关键词 中文关键词应以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》为准, 以标引能表达全文主题概念的叙词 2~5 个, 尽量少用自由词。英文关键词应与中文对应, 以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》及《Mesh》内所列的主题词为准, 每个英文关键词第一个词的首字母大写, 各关键词之间用分号隔开。

13 正文标题层次 如: 1 资料与方法(或材料与方法), 1.1 资料(或材料), 1.2 方法, 2 结果, 3 讨论, 一般不超过三级标题, 文内连序号为圈码, 如①、②、③……表示。

14 医学名词 应注意规范、标准、前后统一, 尽量少用缩略语, 原词过长且在文中多次出现(2 次以上)者, 可于括号内写出全称并加注简称, 以后用简称。医学名词术语, 以全国科学技术名词审定委员会审定公布的医学名词为准。