

# 应力性骨折影像学诊断及临床应用价值

石冬, 刘志, 杜天会, 杨东奎, 郑雷  
(解放军 251 医院放射科, 河北 张家口 075000)

**【摘要】** 目的: 探讨应力性骨折的影像学表现, 以提高对该病的早期诊断、早期治疗。方法: 回顾性分析 336 例应力性骨折患者的 DR、CT、MRI 影像学资料, 采用卡方检验对比分析 3 种检查方法对应力性骨折早期诊断率。结果: DR、CT、MRI 检查的早期诊断率分别为 70.83%(238/332)、55.93%(66/118)、73.61%(53/72), 三者比较差异有统计学意义( $\chi^2=10.15$   $P=0.006$ ), DR 检查早期诊断率高于 CT( $\chi^2=8.765$   $P=0.003$ ), DR 检查与 MR 比较差异无统计学意义( $\chi^2=0.224$   $P=0.636$ )。结论: DR 和 MRI 对应力性骨折均有较好诊断能力, CT 检查对应力性骨折的早期诊断帮助不大, DR 检查经济、方便, 是应力性骨折的首选检查方法, MR 是应力性骨折的首选补充检查手段, 可提高应力性骨折的早期诊断, 为临床提供影像学诊断依据, 使应力性骨折得到早期干预和治疗。

**【关键词】** 骨折, 应力性; 数字放射照相术; 计算机断层摄影; 磁共振成像

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2017.07.010

**Clinical application value and imaging diagnosis of stress fracture** SHI Dong, LIU Zhi, DU Tian-hui, YANG Dong-kui, and ZHENG Lei. The Radiology Department of PLA 251st Hospital, Zhangjiakou 075000, Hebei, China

**ABSTRACT** **Objective:** To discuss the imaging findings of stress fracture, in order to improve the ability of early diagnosis and early treatment of this disease. **Methods:** The DR, CT and MRI imaging data of 336 cases of stress fracture from January 2010 to January 2016 were analyzed retrospectively. Early diagnosis ratio in stress fractures by three methods were analyzed using  $\chi^2$ -test. **Results:** Early diagnosis ratio of three methods as follow: DR was 70.83%(238/332), CT was 55.93%(66/118), and MRI was 73.61%(53/72). There was statistical significance among three methods ( $\chi^2=10.15$ ,  $P=0.006$ ), the early diagnosis ratio of DR was higher than CT ( $\chi^2=8.765$ ,  $P=0.003$ ) and there was no statistical significance between DR and MRI ( $\chi^2=0.224$ ,  $P=0.636$ ). **Conclusion:** DR and MRI have better diagnosis of stress fractures while CT is not helpful in the early diagnosis. DR examination is preferred method due to its economical and convenient. MR is the important complement means, which can improve the early diagnosis ratio and provide imaging diagnosis basis for the clinical, so that the disease get early intervention and treatment.

**KEYWORDS** Fractures, stress; Digital radiography; Computer tomography(CT); Magnetic resonance imaging (MRI)  
Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(7): 633-637 www.zggszz.com

应力性骨折(stress fracture, SF)又称疲劳性骨折, 以往多见于新入伍士兵, 近年来随着我国肥胖超体重人比例的增加以及全民对跑步健身的热爱, 应力性骨折成为了常见病、多发病。因此应力性骨折的早期影像学诊断可为临床提供诊断依据, 使应力性骨折得到早期干预和治疗。笔者回顾性分析了 2010 年 1 月至 2016 年 1 月 336 例确诊为应力性骨折患者的影像学资料, 旨在提高对应力性骨折的早期影像学诊断。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般材料

本组 336 例, 其中男 296 例, 女 40 例; 年龄 16~53 岁, 平均 22.5 岁。患者表现大量运动后出现肢体

局部疼痛, 不敢活动或活动后疼痛加剧。192 例为新入伍士兵, 39 例为 2 年以上军龄的职业军人, 均参加高强度军事训练史; 56 例为中学生, 因参加体能过标有超强度体能训练史; 49 例为入门级马拉松爱好者, 均为首次完成半程或全程马拉松后出现症状。336 例患者中有 98 例为肥胖超体重者。患者从出现症状到医院就医的时间为 3 d~2.5 个月, 平均 25 d。

### 1.2 检查方法

336 例患者均行 DR 检查; 其中有 118 例行 CT 检查, 72 例行 MRI 检查; DR 检查使用锐珂 DI-RECT-VIEW DR 7500 数字化摄影系统摄影或西门子 Ysio Max 摄影系统; CT 扫描使用 GE 公司 Light speed volume 64 排螺旋 CT 检查; MRI 扫描使用 GE Signa HDxt 3.0T 双梯度全身磁共振成像系统检查。

### 1.3 影像学诊断标准

应用刘志<sup>[1]</sup>在影像学上将应力性损伤分为 6 级

的标准进行诊断: I 级, 肌肉损伤; II 级, 肌肉、骨外膜损伤、小骨丘(骨膜增生反应); III 级, 肌肉、骨外膜内膜及骨髓损伤、小骨丘; IV 级, 肌肉、骨外内膜损伤, 骨小梁紊乱、断裂(骨折线不明显)、骨痂; V 级, IV 的基础上, 加明显骨折线(可为不全骨折)及明显骨痂形成; VI 级, 愈合吸收期骨痂为主。I-IV 级一般仅休息则可愈合, 尤其前 I-II 级。在诊断方面, II-III 级 X 线可发现, 此阶段在骨外膜损伤期 3~14 d, 在 IV-VI 级时 X 线均可发现; MRI 在损伤 I-IV 级均敏感。其中 I-III 级为早期应力性损伤。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件对所得数据进行统计分析, 计数资料以检查例数和率(%)表示, 采用卡方检验进行比较。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床诊断

DR 检查 336 例患者均诊断为应力性骨折, 其中分级标准诊断 II 级 196 例、III 级 42 例, 共 238 例为早期应力性骨折; CT 检查 118 例, 分级标准诊断 II、III 级 66 例; MRI 检查 72 例, 分级标准诊断 I、II、III 级 53 例(见表 1)。所有早期诊断患者经休息及对症治疗达到 I 期愈合。DR、CT、MRI 检查的早期诊断率分别为 70.83% (238/332)、55.93% (66/118)、73.61% (53/72), 三者比较差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 10.15, P = 0.006$ ), 两两比较 DR 检查早期诊断率高于 CT ( $\chi^2 = 8.765, P = 0.003$ ), DR 检查与 MR 相比较差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 0.224, P = 0.636$ )。

### 2.2 数字化 X 线摄影(DR)表现

238 例早期应力性骨折患者均未见骨折线, 但可见局部骨膜增生表现(图 1-4), 骨膜增生表现为平行状或呈丘状, 即“灰皮质征”(图 1、2); 63 例见一侧骨皮质断裂, 同时骨髓腔内横行致密带, 35 例表现为横行骨折线(图 4); 病变经治疗愈合表现一侧局限性骨皮质增厚, 且骨皮质表现光滑(图 3)。

### 2.3 CT 表现

118 例行 64 排 CT 检查(图 5-8), 其中 34 例显示骨膜反应(图 5、8); 32 例显示髓腔内见横行致密带(图 6、7), 33 例骨显示小梁断裂(图 7), 19 例显示骨皮质骨折(图 8)。

### 2.4 MRI 表现

72 例患者行 MRI 检查(图 9-14), 病变主要为骨内、外膜充血水肿、骨髓损伤及肌肉损伤, 45 例 MRI 表现为骨髓腔近皮质处及邻近肌肉内的斑片状长 T1 长 T2 信号(图 9), 8 例仅有肌肉内片状长 T1 长 T2 信号, STIR 和 DWI 成像病灶亦表现为高信号(图 11、12); 19 例 DR 或 CT 显示骨折线患者, MRI 可显示骨内线样线长 T1 短 T2 信号, STIR 成像见横行或斜行的低信号影贯穿一侧或双侧骨皮质并累及骨髓(图 13、14)。

## 3 讨论

应力性骨折是长期、反复、轻微的直接或间接外力集中在骨骼的某一点引发的骨折, 特征是骨的破坏与修复同时进行<sup>[2]</sup>, 是常见运动训练伤之一, 是军队最常见的训练伤。应力性骨折的发生可能与以下几个因素有关。(1) 体型因素: 体型较大的人或体型与所从事体育运动不相配的人易发生应力性骨折。(2) 体质因素: 不喜运动者开始参加体育运动时或运动员经长期休息后重返运动场时易发生应力性骨折。(3) 训练不当因素: 在训练中突然增加运动负荷、身体状况不太好的情况下进行训练或训练、休息比例不当, 使损伤没有足够的时间来恢复, 易发生应力性骨折。(4) 鞋的因素: 如果跑鞋质量较差, 太小或太破旧, 吸收应力的作用降低, 容易增加骨折发生率。(5) 场地因素: 在较硬的地面如水泥地、柏油地在进行运动可增加应力性骨折的发生率。(6) 解剖结构畸形因素: 如两腿力线不正或长度不等、股骨颈前倾角过大、膝内翻或外翻、跟骨内旋或外旋、扁平足、前足内翻等均可引起应力分布不均<sup>[3]</sup>。应力性骨折临床特点表现为局部疼痛, 活动受限, 活动后加重, 休息可好转, 无夜间痛。局部可有轻度肿胀和压痛, 应力试验阳性。

### 3.1 影像学表现

**3.1.1 数字化 X 线摄影表现** X 线片是应力性骨折首选的影像检查方法, 在出现相关症状和体征 1~3 周后, 早期表现局限性骨膜增生, 呈层状或丘状, 发生在胫骨者, 称为“灰皮质征”, 以往此征象不易引起重视, 此表现为应力性损伤 II 级; 病情再发展表现为骨小梁中断, 骨髓腔内见边缘模糊的垂直与骨皮

表 1 应力性损伤 DR、CT、MRI 早期分级诊断结果比较 [例(%)]

Tab.1 Comparison of early diagnosis results of DR, CT and MRI in stress injury [case(%)]

检查方法	例数	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	VI 级
DR	336	0(0.00)	196(58.33)	42(12.5)	63(18.75)	35(10.42)	0(0.00)
CT	118	0(0.00)	34(28.81)	32(27.12)	33(27.97)	19(16.10)	0(0.00)
MR	72	8(11.11)	36(50.00)	9(12.50)	19(26.39)	0(0.00)	0(0.00)



图 1,2 胫腓骨侧位片显示胫骨上段后侧可见丘状骨膜反应“灰皮质征” 图 3 与图 2 为同一患者,男,24 岁,诊断应力性骨折Ⅲ级,经制动,并休息 3 个月复查胫腓骨侧位 X 线片,显示胫骨近端后侧局部骨皮质增厚,表面光滑 图 4 足斜位 X 线片显示第 3 跖骨局部骨膜反应,并可见横行骨折线

**Fig.1,2** Tibiofibular lateral X-ray showed the posterior tibial colliculus periosteal reaction as "gray cortex sign" **Fig.3** The same patient as figure 2, male, 24 years old, diagnosed stress fracture of grade III, after restraint and rest for 3 months, tibiofibular lateral X-ray showed the proximal tibial cortical thickening with smooth surface **Fig.4** Foot obliqu X-ray showed the third metatarsal local periosteal reaction, and transverse fracture can be seen

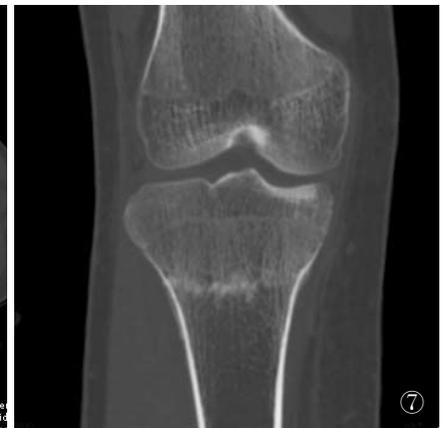
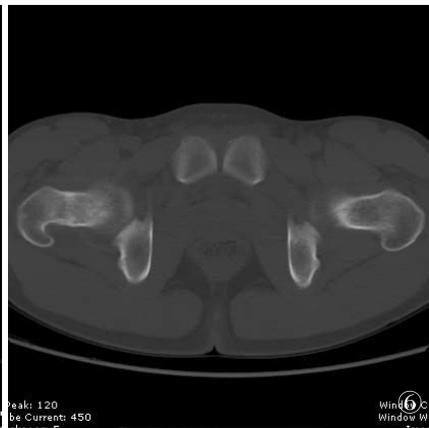
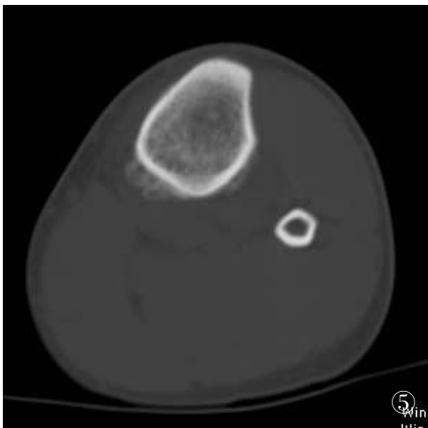


图 5 胫腓骨轴位 CT 示胫骨局部骨皮质模糊及骨膜增生 图 6 骨盆轴位 CT 示右股骨颈髓腔内见垂直于骨皮质的致密带 图 7 膝关节 MRP 重建显示胫骨近端骨小梁断裂,髓腔内横行致密带 图 8 胫骨 MPR 重建显示胫骨上段局部骨膜反应,并可见骨折线,邻近软组织肿胀。

**Fig.5** Tibiofibula axial X-ray showed local tibia periosteal hyperplasia **Fig.6** Pelvis axial X-ray showed a dense band in right femur neck perpendicular to the cortical bone **Fig.7** MRP reconstruction of the knee showed proximal tibial trabecular dislocation, intramedullary transverse band **Fig.8** Reconstruction of the tibial MPR showed local periosteal reaction of tibia, with visible fracture line and adjacent soft tissue swelling

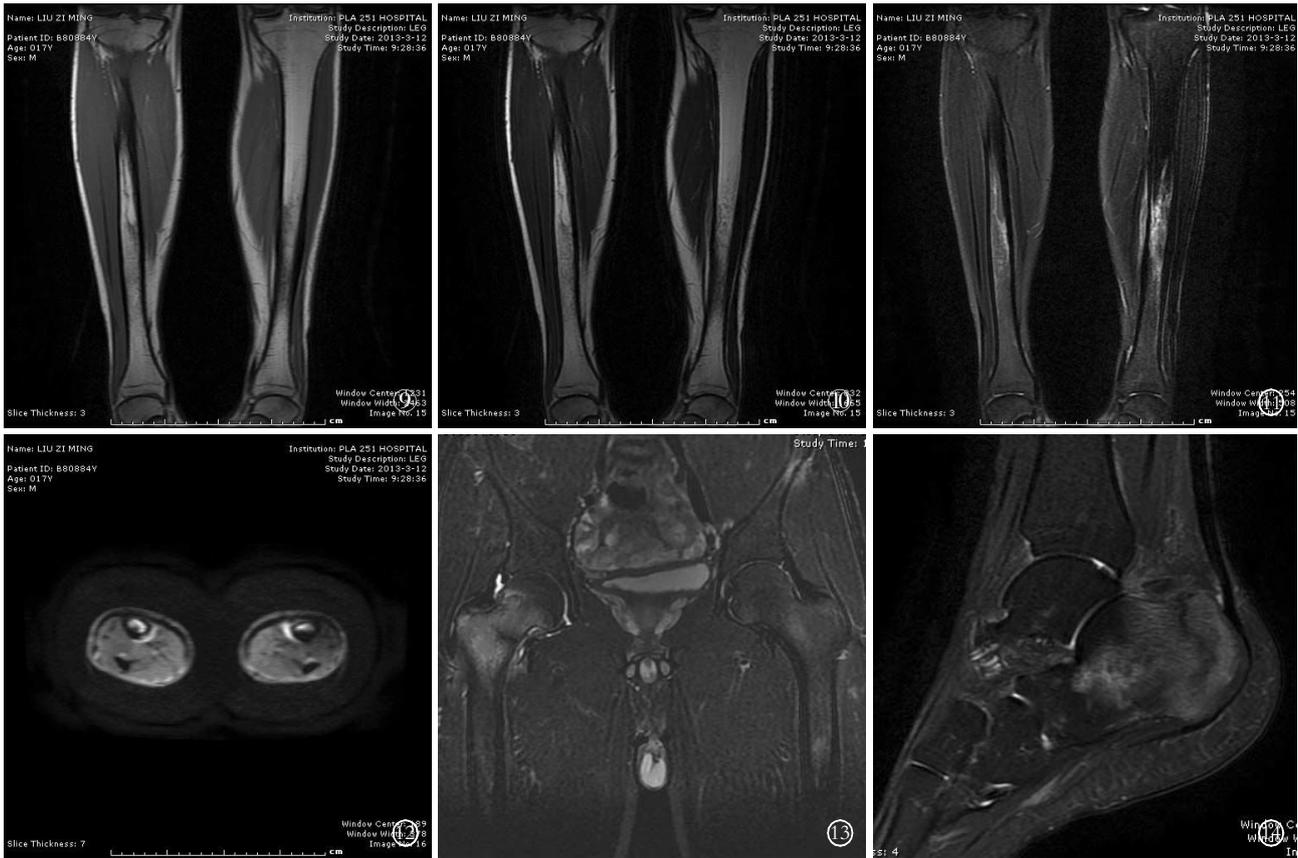


图 9-11 MRI 肌肉及髓腔内片状长 T1WI 长 T2WI 信号, 边缘模糊, STIR 双胫骨髓腔及周围肌肉内亦可见多发斑片状高信号影 图 12 DWI 轴位见胫骨髓腔内及对应处骨皮质旁肌肉内见不规则高信号影 图 13, 14 STIR 可见髓腔内高信号影, 骨折线呈低信号改变

Fig.9-11 MRI showed muscle and intramedullary lamellar long T1 T2 signal, with unsharpness edge, STIR double tibial medullary cavity and the surrounding muscles has multiple patchy high signal Fig.12 DWI axial view showed tibial medullary cavity and corresponding muscle with irregular high signal Fig.13, 14 STIR showed a high signal in the medullary cavity and a low signal in the fracture line

质的带状致密影, 并骨内膜、外膜的轻微增生, 此表现为应力性损伤 III、IV 级; 中期可见明显的骨折线, 表现为一侧骨皮质的线样低密度影, 或垂直于骨皮质的线样低密度影, 此表现为应力性损伤 V 级; 晚期由于骨折以修复为主, 骨皮质处可大量骨痂形成或边缘光滑的骨皮质增厚, 此为应力性损伤 VI 级。

**3.1.2 CT 表现** 由于多排多层 CT 的广泛应用, 且 CT 密度分辨率高, CT 扫描能清楚的显示骨小梁断裂及骨膜增生的程度及其形态, 多排多层 CT 通过 MPR 矢状骨及冠状面重建可清晰显示骨折线等。

**3.1.3 MRI 表现** MRI 检查为多参数、多序列成像, 对应应力性骨折的早期诊断和对应应力性骨损伤的愈合评估敏感性、特异性高, 是应力性骨折最好的检查方法, 可在 DR、CT 检查未出骨质改变时, 就能显示骨髓和肌肉的异常信号。在病变早期 MRI 表现为肌肉、骨膜、骨髓边缘模糊的片状长 T1 和长 T2 信号, 在 STIR 和 DWI 表现为边缘模糊的片状的高信号影, 代表骨小梁的微细骨折和局部髓腔的出血; 在病变早期未进行干预, 仍继续进行大量活动或训练,

病变部位出现骨折线, 表现为骨皮质或髓腔内长 T1 和短 T2 信号的骨折线。在应力性骨损伤愈合的晚期病例中, MRI 见髓腔信号减轻、范围缩小或消失, 特别是在 STIR 和 DWI 上, 预示病情的好转或愈合<sup>[4]</sup>。

**3.2 鉴别诊断**

应力性骨折为常见病、多发病, 需与骨肉瘤、硬化性骨髓炎、骨样骨瘤、良性骨皮质增生等病变鉴别<sup>[1,5]</sup>。(1)骨肉瘤临床上疼痛表现为静息痛和夜间痛, 在 DR、CT 和 MRI 均可见骨质破坏、软组织肿块、放射状骨膜反应及 Codman 三角等影像学表现; 而应力性骨折无论在哪一级均无上述临床表现和影像学表现。(2)中晚期应力性损伤应与硬化性骨髓炎及骨样骨瘤相鉴别, 硬化性骨髓炎表现为骨皮质和髓腔内斑片状不规则增生硬化, 髓腔变窄, MRI 显示髓腔内斑片状高信号区, 而应力性骨折则表现为局部特骨皮质增生硬化, 髓腔内骨膜增生表现为与骨皮质相连的横行低信号带。(3)骨样骨瘤虽也表现为局部骨皮质增厚和髓腔内大片水肿区, 可在增厚骨皮质中有高信号瘤巢, 骨皮质常连续, 应力性骨折则

可见骨皮质中断或表现为骨折愈合表现,可与之相鉴别。

总之,应力性骨折是最常见的运动伤。由于 DR 检查设备已普及到乡镇卫生院及军队卫生队等基层医疗机构,且检查费用低、检查方便,辐射剂量低于 CT<sup>[6]</sup>,是本病的诊断及筛查的首选影像学检查,绝大多数病例经 DR 检查,可在早期做出诊断,不需要进一步影像学检查;MRI 可在 X 线检查未出骨质改变时,骨髓腔及周围软组织就有相应的信号改变,对于 X 线表现阴性而有临床症状的患者或 X 线不能确诊的病例,可进一步 MRI 检查,为临床早期诊断疲劳骨折提供可靠的影像学资料,使其在早期得到有效的干预和治疗,达到 I 期愈合<sup>[7]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 刘志. 应力性骨折早期影像学分析[JCD]. 中华临床医师杂志(电子版), 2014, 8(18): 3296-3302.  
LIU Z. Early imaging analysis of stress bone injury[JCD]. Zhong Hua Lin Chuang Yi Shi Za Zhi(Dian Zhi Ban), 2014, 8(18): 3296-3302. Chinese.
- [2] 陈翼, 李春梅, 马黎明, 等. 应力性骨折的多种影像诊断评价[J]. 中国骨伤, 2008, 21(5): 385-386.  
CHEN Y, LI CM, MA LM, et al. Evaluation of imaging diagnosis of stress fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2008, 21(5): 385-386. Chinese with abstract in English.
- [3] 闵重函, 周瑛, 张洪美, 等. 股骨上端表面压应力和折弯应力的生物力学研究[J]. 中国骨伤, 2015, 28(7): 643-647.  
MIN ZH, ZHOU Y, ZHANG HM, et al. Biomechanical research on upper femur with vertical and bending stress[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(7): 643-647. Chinese with abstract in English.
- [4] 陈小余, 周开渝, 肖红, 等. MRI 诊断应力骨折 24 例[J]. 重庆医学, 2010, 39(5): 1061.  
CHEN XY, ZHOU KY, XIAO H. MRI findings in diagnosis of stress fracture[J]. Chong Qing Yi Xue, 2010, 39(5): 1061. Chinese.
- [5] 张富军, 杨东奎. 胫骨上段疲劳骨折影像学分析[J]. 中国骨伤, 2009, 22(11): 807-808.  
ZHANG FJ, YANG DK. Imaging analysis of fatigue fracture in superior segment of tibia[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2009, 22(11): 807-808. Chinese with abstract in English.
- [6] 诸静其, 汤光宇. 疲劳性骨折的医学成像研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 37(3): 263-267.  
ZHU JQ, TANG GY. Imaging progresses in fatigue fracture[J]. Guo Ji Yi Xue Fang She Xue Za Zhi, 2014, 37(3): 263-267. Chinese.
- [7] 张德桂. 腕舟状骨疲劳骨折 3 例[J]. 中国骨伤, 2006, 19(12): 721.  
ZHANG DG. Fatigue fracture of os centrale capri a report of 3 cases [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2006, 19(12): 721. Chinese with abstract in English.

(收稿日期: 2017-01-20 本文编辑: 王玉蔓)

·读者·作者·编者·

### 本刊关于参考文献著录的要求

按 GB/T 7714-2015《信息与文献 文后参考文献著录规则》采用顺序编码著录, 依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出, 并将序号置于方括号中, 排列于文后。中文参考文献要求用英汉双语著录; 用汉语拼音书写的人名, 姓全大写, 其名缩写, 取每个汉字拼音的首字母; 刊名用汉语拼音拼写。参考文献中的作者, 1-3 名全部列出, 3 名以上只列前 3 名, 后加“等”。外文期刊名称用缩写, 以 Index Medicus 中的格式为准。每条参考文献均须著录起止页。①期刊: [序号]作者. 题名[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页码。②专著: [序号] 著者. 书名[M]. 版次. 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码。③专著中析出文献: [序号]作者. 题名[M]//编者. 书名. 版次. 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码。

《中国骨伤》杂志社