

✧ 骨骼肌肉影像学

Value of 30° flexed knee MRI in evaluating anterior cruciate ligament tears

JIN Xiao, WANG Yakui, LANG Ning, YUAN Huishu*

(Department of Radiology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of 30° flexed knee MRI in evaluating anterior cruciate ligament (ACL) tears. **Methods** Totally 64 knee trauma patients who underwent arthroscopy were included. Knee MRI in slightly flexed (about 17°) and 30° flexed positions were successively performed in all patients. The delineation of ACL full length, double-bundle structure and torn ACL's disrupted sites combined with ligament remnants were rated separately by 2 radiologists. Taken arthroscopy results as golden standards, the sensitivity, specificity and accuracy were calculated. **Results** The diagnosing sensitivity, specificity and accuracy of ACL tears were 97.44% (38/39), 100% (25/25) and 98.44% (63/64) respectively in slightly flexed knee MRI, while they were all 100% in 30° flexed knee MRI. There was good consistency between the two positions ($Kappa=0.967$). MRI of 30° flexion was superior to slightly flexion in delineation of ACL full length and torn ACL's disrupted sites combined with ligament remnants (both $P<0.001$), while no statistical difference was found in the delineation of ACL double-bundle structure ($P=0.223$). **Conclusion** Both slightly flexed and 30° flexed knee MRI have high sensitivity, specificity and accuracy in diagnosing ACL tears, whereas 30° flexion MRI is superior to slightly flexion images in delineation of ACL and its tears.

[Keywords] anterior cruciate ligament; knee joint; magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201811027

30°屈曲位膝关节 MRI 评价前交叉韧带断裂的价值

金 笑, 王亚魁, 郎 宁, 袁慧书*

(北京大学第三医院放射科, 北京 100191)

[摘 要] **目的** 探讨 30°屈曲体位膝关节 MRI 对显示前交叉韧带(ACL)和评价 ACL 断裂的应用价值。**方法** 选取 64 例接受膝关节镜检查的膝关节外伤患者,依次行微屈位(约 17°)及 30°屈曲位膝关节 MRI,由 2 名医师分别对 ACL 全长、双束结构、断裂 ACL 的断裂点及残端状况显示进行评分,并以关节镜结果为金标准,计算诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度和准确率。**结果** 微屈位 MRI 诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度和准确率分别为 97.44%(38/39)、100%(25/25)和 98.44%(63/64),30°屈曲位 MRI 均为 100%,二者诊断 ACL 断裂的一致性良好($Kappa=0.967$)。30°屈曲位扫描对 ACL 全长、断裂点及残端的显示优于微屈位(P 均 <0.001),二者对 ACL 双束结构的显示差异无统计学意义($P=0.223$)。**结论** 30°屈曲位与微屈位 MR 扫描诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度及准确率均较高,30°屈曲位显示 ACL 全长及其断裂情况优于微屈位。

[关键词] 前交叉韧带;膝关节;磁共振成像

[中图分类号] R686.5; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)05-0754-05

[第一作者] 金笑(1993—),女,江西宜春人,在读博士。研究方向:肌骨系统影像学。E-mail: jinxiaojx@outlook.com

[通信作者] 袁慧书,北京大学第三医院放射科,100191。E-mail: huishuy@bjmu.edu.cn

[收稿日期] 2018-11-05 **[修回日期]** 2019-03-05

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)是维持膝关节稳定性的重要结构。MRI 具有无创、高分辨率、多方位多参数成像等优势,已成为检查 ACL 及其他合并结构损伤的首选影像学方法。目前膝关节 MR 扫描使用的线圈大致分为两类,一类为柔性表面线圈,以 0°伸直位进行扫描;另一类为膝关节专用线圈,由于线圈本身为硬材质,膝关节放入线圈时腘窝被垫高,因此患者以膝关节微屈位(约 17°)接受扫描^[1]。既往研究^[2-4]表明,多种角度屈曲位显示正常及断裂的 ACL 全长、断裂点及残端(特别是股骨附着段)均优于伸直位微屈。本研究在常规微屈位扫描基础上增加了 30°屈曲位扫描,并对比两者描述和诊断 ACL 断裂的优劣,由此探讨 30°屈曲位 MRI 显示 ACL 及评价其断裂的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 1—6 月我院临床疑诊膝关节运动损伤而拟行膝关节镜检查的 64 例患者,男 41 例,女 23 例,年龄(30.9±11.7)岁,均接受膝关节微屈位和 30°屈曲位 MR 检查及其后 1 周内的关节镜检查;排除合并类风湿性关节炎、化脓性关节炎、肿瘤、关节纤维化患者和既往有膝关节手术病史者,以及 MRI 禁忌证、妊娠期或幽闭恐惧症患者。本研究经我院伦理委员会审核通过,患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用联影 uMR770 动态多极 3.0T MR 成像仪,膝关节专用线圈,扫描拟行关节镜检查的患侧膝关节,包括左膝 34 例、右膝 30 例。嘱患者仰卧,首先将膝关节自然置于线圈内行常规微屈位扫描,随后行膝关节 30°屈曲位扫描。30°屈曲位摆位方法:在线圈下放置非金属支撑物,使线圈抬高、膝关节屈曲角度增大,并使用木制角度测量装置,体外测量股骨与胫骨所成角度,使其达 150°,即膝关节屈曲 30°,并于 MR 定位图像上进行验证。2 种体位扫描范围均自髌上囊至胫骨粗隆,扫描序列及参数相同,均采集矢状位 T1WI,TR 405 ms,TE 12 ms;矢状位脂肪抑制质子密度加权像(fat-suppressed proton density weighted image, FS PDWI),TR 2 661 ms,TE 37 ms;冠状位 FS PDWI,TR 2 418 ms,TE 35 ms;轴位 FS PDWI,TR 2 919 ms,TE 35 ms。FOV 均为 160 mm×160 mm,层厚 3.5 mm,层间隔 0.5 mm,矩阵 320×256~320×272。

1.3 图像分析 采用 GE Centricity RIS CE3.0 PACS 系统,由 2 名有 3 年工作经验的放射科医师分别评价 ACL,在不知晓关节镜结果的情况下观察微屈

位和 30°屈曲位 MRI,诊断 ACL 有无断裂(部分/完全)。2 名医师分别独立对 2 种体位下 ACL 全长显示状况、断裂点及残端显示状况、前内侧束(anteromedial bundle, AMB)和后外侧束(posterolateral bundle, PLB)构成的双束结构显示状况进行评分,其对微屈位与 30°屈曲位 MRI 的阅片时间间隔不少于 3 周,且分别采用随机病例顺序。膝关节镜检查结果由北京大学第三医院运动医学中心提供,并以此为金标准。

MRI 评价 ACL 的标准:①正常 ACL,韧带纤维连续,张力良好,内部可见“梳状”高信号;②部分断裂,韧带连续性部分中断,韧带肿胀,信号增高;③完全断裂,韧带连续性完全中断,信号增高,韧带纤维走行异常。

ACL 全长显示状况评价标准:3 分,ACL 在多个层面连续显示或在 1 个层面内显示全长,无明显伪影;2 分,ACL 全长不能完全显示但能显示断面,或有伪影但不影响观察;1 分,ACL 全长不能辨认或伪影影响观察(图 1)。

ACL 断裂点及残端显示状况评价标准:3 分,ACL 断裂点及残端均清晰显示;2 分,ACL 断裂点或残端中有 1 个能清晰显示,另 1 个不能清晰显示;1 分,ACL 断裂点及残端均不能清晰显示(图 2)。

ACL 双束结构显示状况评价标准:3 分,双束结构在多个层面连续显示或在 1 个层面内清晰显示;2 分,双束结构在部分层面可见,但不清晰;1 分,双束结构不可见(图 3)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 20.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用配对资料 Wilcoxon 秩和检验比较微屈位与 30°屈曲位的 ACL 全长、双束结构、断裂点及残端显示评分。以关节镜检查结果为金标准,计算 2 种膝关节体位图像诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度和准确率。采用 Kappa 检验评价诊断的一致性, $Kappa > 0.75$ 为诊断一致性好, $0.40 < Kappa \leq 0.75$ 为诊断一致性较好, $Kappa \leq 0.40$ 为诊断一致性差。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 30°屈曲位和微屈位 MRI 诊断 ACL 断裂的价值

64 例中,关节镜检查结果显示 25 例 ACL 完好,39 例 ACL 完全断裂,无部分断裂者。2 种体位 MRI 诊断 ACL 断裂的一致性好($Kappa=0.967$);2 名医师于 30°屈曲位及微屈位诊断 ACL 断裂的一致性好($Kappa=0.934, 0.935$)。对于诊断结果不一致的患者,2 名医师再次共同阅片并经协商后达成一致意见,以之作为最终数据。微屈位 MRI 诊断为 ACL 完好 26

例, ACL 完全断裂 38 例; 30° 屈曲位 MRI 诊断为 ACL 完好 25 例, ACL 完全断裂 39 例。微屈位 MRI 诊断 ACL 断裂的敏感度为 97.44% (38/39), 特异度为 100% (25/25), 准确率为 98.44% (63/64); 30° 屈曲位 MRI 诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度及准确率均为 100%。

2.2 30° 屈曲位与微屈位 MRI ACL 评分的比较 2 名医师于 30° 屈曲位和微屈位 MRI 所得的 ACL 评分结果见表 1, 2 名医师间评分一致性好 ($Kappa$ 均 > 0.75)。30° 屈曲位 MRI 对 ACL 全长显示状况、断裂 ACL 的断裂点及残端状况的显示均优于微屈位 ($Z = -6.375, -3.664$, P 均 < 0.001), 2 种体位 MRI 显示双束结构的差异无统计学意义 ($Z = -1.219, P = 0.223$)。

3 讨论

3.1 ACL 的解剖与膝关节伸屈活动的关系 ACL 位于股骨髁间窝内, 起于股骨外侧髁内侧面, 向前、下、内侧走行, 止于胫骨髁间棘前部。ACL 解剖走行独特, 约 5%~10% 正常 ACL 常规伸直位或微屈位 MR 成像效果不佳, 不能完整显示^[5]; 而部分容积效应也可造成假阳性^[6]。伸直位时股骨附着部显示较宽、平, 随着屈曲角度增大, ACL 纤维束扭曲, 股骨段在矢状位变窄, 从而可清晰显示为圆柱形的束状结构^[2,7]。正常 ACL 在伸直位时

拉紧, 股骨附着区显示不佳, 而随着屈曲角度增大, 股骨段与髁间顶区分离, 髁间窝容积变大; 而屈曲位可减少部分容积伪影^[4]。因此, ACL 在屈曲位 MRI 上显示效果更佳。

3.2 屈曲位对 ACL 评价的影响及角度选择 既往研究^[1,8-9]报道, 在膝关节 MR 扫描中可采取 17°、30°、45°、55° 等角度的屈曲位, 其显示正常及断裂的 ACL

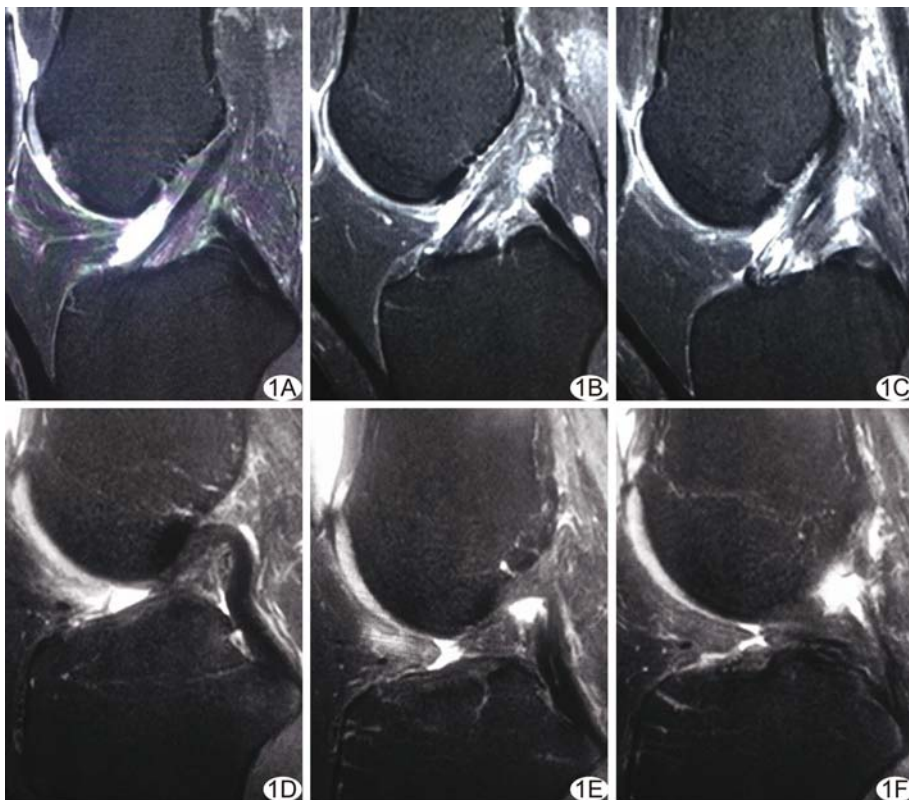


图 1 ACL 全长显示状况的评价标准, 矢状位 FS PDWI A. 3 分, 在 1 个层面内显示 ACL 全长, 且无明显伪影; B、C. 2 分, ACL 全长可在 2 个连续层面显示, 有伪影但不影响观察; D~F. 1 分, 断裂的 ACL 全长在 3 个连续层面均不能辨认

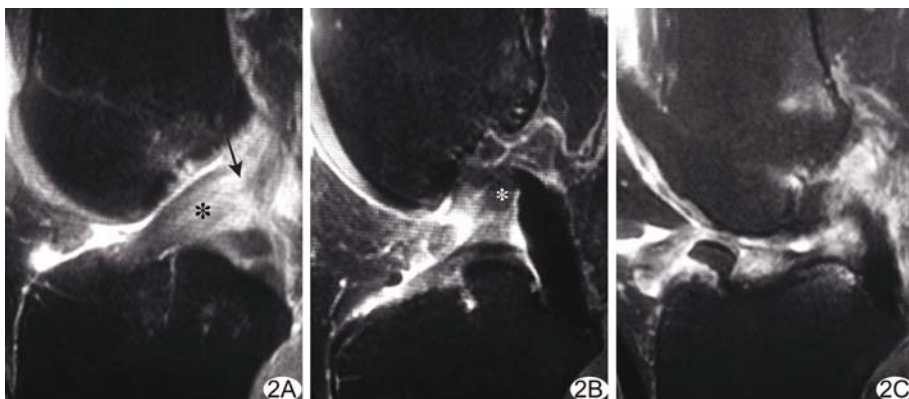


图 2 ACL 断裂点及残端显示状况的评价标准, 矢状位 FS PDWI A. 3 分, ACL 断裂点 (箭) 及残端 (*) 均可清晰显示; B. 2 分, ACL 股骨段残端 (*) 尚可见, 断裂点不能清晰显示; C. 1 分, ACL 断裂点及残端均不能清晰显示

全长、断裂点及残端 (特别是股骨附着段) 均优于伸直位。目前对于不同屈曲角度 MRI 显示和诊断 ACL 损伤的比较研究较少。Muhle 等^[2]比较 40 例患者屈曲 30° 和 55° 膝关节 MRI, 发现 27% 胫骨段在 55° 时比 30° 时显示更清晰, 但差异无统计学意义 ($P = 0.05$), 二者显示断裂 ACL 及诊断继发半月板损伤的效能亦无明显差异。Lee 等^[5]采用在表面线圈下垫海绵垫的方式

表 1 2 名医师采用 30°屈曲位和微屈位 MRI 对 ACL 的评分(例)

扫描体位	全长显示				断裂点及残端状况显示				双束结构显示			
	1 分	2 分	3 分	Kappa 值	1 分	2 分	3 分	Kappa 值	1 分	2 分	3 分	Kappa 值
30°屈曲位				0.839				0.840				0.874
医师 1	3	27	34		5	22	12		14	25	25	
医师 2	4	30	30		4	15	20		11	27	26	
微屈位				0.926				0.890				0.882
医师 1	12	37	15		10	20	9		20	20	24	
医师 2	15	33	16		10	18	11		13	23	28	

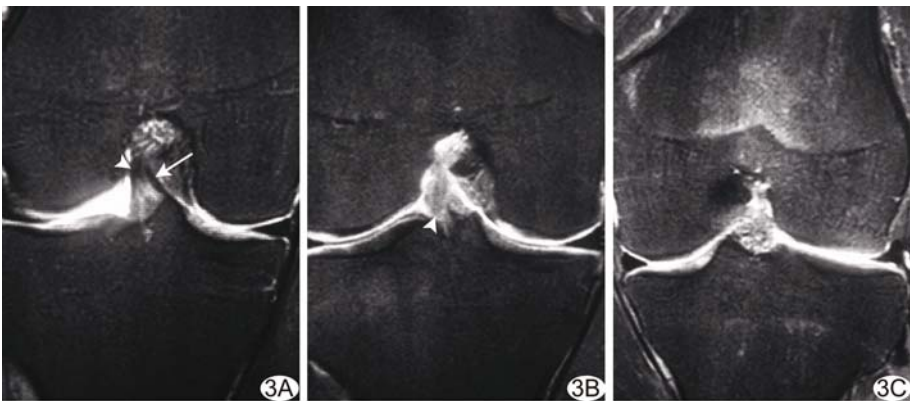


图 3 ACL 双束结构显示状况的评价标准,冠状位 FS PDWI A. 3 分,AMB(箭)、PLB(箭头)可在 1 个层面内清晰显示; B. 2 分,断裂 ACL 的 PLB(箭头)可见,但不清晰; C. 1 分,断裂的 ACL 双束结构不可见

对 13 名志愿者进行 15°、30°及 45°屈曲位 MR 扫描,发现屈曲 30° MRI 显示 ACL 各段最佳。由于超过 30°屈曲位扫描在显示其他膝关节结构如髌股关节稳定性时可能具有局限性^[10-12],本研究选择屈曲 30°体位进行 MR 扫描,患者均无不适感;但对于身材高大、体型肥胖者,以及因损伤、疼痛等不能维持膝关节屈曲状态的患者,增大屈曲角度可能导致其不适而不能完成检查。针对采用 30°屈曲位进行 MR 扫描,尚需进一步规范其适应证和禁忌证等。

3.3 30°屈曲位与微屈位评价 ACL 全长、断裂及双束结构 目前国内外在 MR 扫描时常规使用膝关节专用线圈,患者以膝关节微屈位(约 17°)接受扫描。本研究选取 30°屈曲位,与常规微屈位进行对比,比较二者对完好及断裂 ACL 的显示状况,结果表明 2 种体位所得图像诊断 ACL 断裂的一致性良好,且敏感度、特异度及准确率均较高,屈曲 30°时 ACL 全长和断裂的 ACL 断裂点与残端的显示优于微屈位,提示 30°屈曲位显示 ACL 具有优势,其原因可能是膝关节微屈时 ACL 股骨附着区与髌间顶区分离的仍然未达足够距离,导致 ACL 前缘模糊,而股骨附着段正是 ACL 断裂的好发部位,屈曲 30°体位扫描可更清晰地显示断裂处,有利于诊断。

ACL 由两大纤维束,即 AMB 及 PLB 组成。膝关节处于伸直位时,AMB 松弛、PLB 拉紧;随着膝关节屈曲,AMB 拉紧、PLB 松弛,两纤维束扭曲、渐呈螺旋状^[13]。本研究结果发现,采用 30°屈曲位扫描时,显示 ACL 双束结构与微屈位无明显差别,推测可能由于角度变化不大,双束螺旋程度不高。

本研究的局限性:我院对于临床拟诊 ACL 部分断裂患者均采取保守治疗,而不进行关节镜检查

和手术,入组接受关节镜检查的患者均为 ACL 完全断裂而无部分断裂者;然而既往有研究^[4]提示屈曲位扫描对诊断 ACL 部分断裂更为敏感,有待后续进一步观察。

总之,30°屈曲位与微屈位 MRI 诊断 ACL 断裂的敏感度、特异度及准确率均较高,且二者诊断一致性好;同时,30°屈曲位扫描对显示正常及断裂 ACL 全长、断裂点及残端均优于微屈位,因此推荐在膝关节 MR 扫描时采用屈曲 30°体位,可为临床评价 ACL 提供更完善的影像学证据。

[参考文献]

[1] Niitsu M, Ikeda K, Itai Y. Slightly flexed knee position within a standard knee coil: MR delineation of the anterior cruciate ligament. *Eur Radiol*, 1998,8(1):113-115.

[2] Muhle C, Ahn JM, Dieke C. Diagnosis of ACL and meniscal injuries: MR imaging of knee flexion versus extension compared to arthroscopy. *Springerplus*, 2013,2(1):213.

[3] Guenoun D, Vaccaro J, Le Corroller T, et al. A dynamic study of the anterior cruciate ligament of the knee using an open MRI. *Surg Radiol Anat*, 2017,39(3):307-314.

[4] Nenezic D, Kocijancic I. The value of the sagittal-oblique MRI

- technique for injuries of the anterior cruciate ligament in the knee. Radiol Oncol, 2013, 47(1):19-25.
- [5] Lee SY, Matsui N, Yoshida K, et al. Magnetic resonance delineation of the anterior cruciate ligament of the knee: Flexed knee position within a surface coil. Clin Imaging, 2005, 29(2): 117-122.
- [6] 张南, 钱学江, 刘中冲, 等. MRI 对膝关节前交叉韧带损伤诊断的假阳性及假阴性的病例分析. 医学影像学杂志, 2017, 27(5): 887-891.
- [7] Rachmat HH, Janssen D, Verkerke GJ, et al. In-situ mechanical behavior and slackness of the anterior cruciate ligament at multiple knee flexion angles. Med Eng Phys, 2016, 38(3): 209-215.
- [8] Pereira ER, Ryu KN, Ahn JM, et al. Evaluation of the anterior cruciate ligament of the knee: Comparison between partial flexion true sagittal and extension sagittal oblique positions during MR imaging. Clin Radiol, 1998, 53(8):574-578.
- [9] Niitsu M, Ikeda K, Fukubayashi T, et al. Knee extension and flexion: MR delineation of normal and torn anterior cruciate ligaments. J Comput Assist Tomogr, 1996, 20(2):322-327.
- [10] Becher C, Fleischer B, Rase M, et al. Effects of upright weight bearing and the knee flexion angle on patellofemoral indices using magnetic resonance imaging in patients with patellofemoral instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 25(8): 2405-2413.
- [11] Tan SHS, Ibrahim MM, Lee ZJ, et al. Patellar tracking should be taken into account when measuring radiographic parameters for recurrent patellar instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(12):3593-3600.
- [12] Laugharne E, Bali N, Purushothamdas S, et al. Variability of measurement of patellofemoral indices with knee flexion and quadriceps contraction: An MRI-based anatomical study. Knee Surg Relat Res, 2016, 28(4):297-301.
- [13] Ng AW, Lee RK, Ho EP, et al. Anterior cruciate ligament bundle measurement by MRI. Skeletal Radiol, 2013, 42(11): 1549-1554.

《中国医学影像技术》投稿要求(三)

16 统计学符号 以国家标准 GB/T 3358.1-1993《统计学名词及符号》为准,样本算术平均数用英文小写斜体 $\bar{x}$;标准差用英文小写斜体 s ; t 检验用英文小写 t ; F 检验用英文大写 F ;卡方检验用希文斜体 χ^2 ;相关系数用英文小写斜体 r ;自由度用希文斜体 γ ;概率用英文大写斜体 P ;样本数用英文小写斜体 n 。

17 统计学方法 需注明使用的统计学软件名称和版本,以及所使用的统计学方法。率的计算保留小数点后两位,年龄需要提供 $\bar{x}$ 或者中位年龄,保留小数点后一位。

18 图片 研究论著类论文和短篇报道均需附有相应患者的影像学资料,图片分辨率应在 300 dpi 以上, JPG/JPEG 格式,有良好的清晰度和对比度,最好是医院图像工作站中直接提取的图像。每图下面应标有图序号、图题、图说(解释图片内容的文字),文中应有图位。图中箭示或文字应有说明,病理图应注明染色方法及放大倍数。

19 表格 本刊采用三线表,表格列于文后,每表应标有表序号、表题,文中应有表位。

20 参考文献 严格按照国家标准 GB 7714-2015《文后参考文献著录规则》中规定,采用“顺序编码制”。仅限于作者直接阅读的近 5 年的文献,尽量不用二次文献,无特殊需要不必罗列众所周知的教科书或某些陈旧史料,提倡引用国内外同行新近发表的研究论文为参考文献,引用论点必须准确无误,不能断章取义。除短篇报道外,论文参考文献应至少来源于 5 种以上的期刊,研究论著类论文参考文献不少于 13 条,综述类论文参考文献应在 20 条以上,以反映论文的科学依据,以及对前人科学工作的继承性。参考文献的编排应按每条文献在文中出现的先后顺序逐条列于文后,并在文内引用处用右上角加方括号注明角码。参考文献书写格式如下:

- [1] Lopera JE, Trimmer CK, Lamba R, et al. MDCT angiography of mesenteric bypass surgery for the treatment of chronic mesenteric ischemia. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(5):1439-1445.
- [2] 陈奇琦, 吴婷, 康冰, 等. 脑磁图观察针刺太冲穴所致脑部能量变化. 中国医学影像技术, 2013, 29(12): 1927-1930.