

• 基础研究 •

带螺纹内固定贯穿股骨头骺板实验研究

曹进, 胡珊珊, 郑华江, 姚陆丰, 仲肇平
(宁波市第六医院骨科, 浙江 宁波 315040)

【摘要】 目的:通过带螺纹内固定贯穿股骨头骺板的实验研究,分析带螺纹内固定是否会造成生长抑制及其关系。**方法:**新西兰兔 40 只,分为 4 组,每组 10 只,螺纹针穿透骺板并留置其内造成骺板损伤,通过螺纹针数量增减改变损伤面积,A 组为空白对照组,B 组为损伤骺板面积的 4%,C 组为损伤骺板面积的 6%,D 组为损伤骺板面积的 8%。用 X 线机对 4 组实验对象进行定期摄片观察,术后 2 周拆内固定,继续定期摄片,判断骺板有无早闭等并发症。**结果:**各实验组与对照组在实验观察期间,股骨颈长度、直径,股骨头直径、骺板闭合时间差异均无统计学意义。股骨颈长度、直径,股骨头直径生长速度先快后慢,在骺板将要闭合时最慢。**结论:**兔股骨头骺板损伤面积在 8% 以下是安全的,不会对股骨颈发育起到抑制作用。螺纹针可以用于兔骺板部位,未发现该固定方法对骺板的发育起到抑制作用。

【关键词】 股骨头; 骺板; 内固定器; 兔

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2015.03.011

Experimental study on internal fixation with screws through femoral epiphyseal plate CAO Jin, HU Shan-shan, ZHENG Hua-jiang, YAO Lu-feng, and ZHONG Zhao-ping. Department of Orthopaedics, the 6th Hospital of Ningbo, Ningbo 315040, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective:To explore the effect of internal fixation with screw through femoral epiphyseal plate on growth inhibition via an experimental study. **Methods:**Forty New Zealand rabbits were randomly divided into 4 groups and 10 rabbits in each group. Epiphyseal plate was injured by penetrating of screws, and the size of damage area was controlled by changing the number of threads. Group A: blank group; group B: injury area accounted for 4% of the epiphyseal plate; group C: injury area accounted for 6%; group D: injury area accounted for 8%. The internal fixation was removed after 2 weeks, and the results were observed with X-ray film for 4 groups to judge the complications such as early closure of epiphyseal. **Results:**In each group, there were no statistical differences in the length of the femoral neck, the diameter of femoral neck, the diameter of the femoral head, and the epiphyseal plate closure time. The growth speed of the length and diameter of the femoral neck, as well as the diameter of femoral head, were quicker on the early phase, and the speed was slowest when the epiphyseal plate was being closed. **Conclusion:**The injury area of epiphyseal plate under 8% is safe for its growth. Because no evidences demonstrate the growth inhibition of epiphyseal plate, the screws can be used for rabbit epiphyseal plates.

KEYWORDS Femur head; Epiphyses; Internal fixators; Rabbits

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(3):240-244 www.zggszz.com

在儿童骨科临床工作中,长骨干骺端骨折固定中往往需要贯穿骺板,骺板的损伤又可能导致骺板早闭,引起严重不良后果。然而现实中,贯穿骺板的固定,仅一部分会出现骺板早闭等并发症。本研究通过动物实验来找出表面不光滑内固定对骺板影响的特点。

本研究选用 40 只新西兰兔,分 4 组,螺纹针穿透骺板并留置其内造成骺板损伤,通过螺纹针数量增减改变损伤面积,用 X 线机对 4 组实验对象进行摄片观察。术后 2 周拆内固定,继续摄片,判断骺板有无早闭等并发症。

1 材料与方法

1.1 实验动物与分组

选取 40 只新西兰兔,雌雄不限,兔龄 8 周,体重 1.1~1.3 kg,由专人饲养,饲养 1 周后开始进行实验。40 只兔随机分为 4 组:A 组为对照组,B 组为骺板损伤 4%,C 组为骺板损伤 6%,D 组为骺板损伤 8%。

1.2 实验方法

3 个实验组均采用 30%乌拉坦 (1 000 mg/kg) 耳缘静脉注射麻醉,分别采用 1 根直径 1.5 mm 螺纹针、1 根直径 1.0 mm 和 1 根直径 1.5 mm 螺纹针,及 1 根直径 2.0 mm 螺纹针,由双侧髋关节外侧闭合进针,经股骨颈基底 1 次纵行穿过股骨颈骺板中心,术中尽量保证穿针方向与骺板垂直。剪断针尾,螺纹针留于骨内,消毒伤口,包扎伤口。进针深度在 X 线下

通讯作者:曹进 E-mail:caojin111@163.com

Corresponding author: CAO Jin E-mail:caojin111@163.com

表 3 各组兔不同时间股骨头直径的测量结果比较($\bar{x} \pm s$, mm)

Tab.3 Comparison of imaging measuring data of rabbit femoral head diameter among 4 groups($\bar{x} \pm s$, mm)

| 组别 | 兔数(只) | 股骨头直径 | | | | | | |
|---------------|-------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 术前 1 周 | 术后 1 周 | 术后 5 周 | 术后 9 周 | 术后 13 周 | 术后 17 周 | 术后 21 周 |
| 对照组(A 组) | 10 | 9.0±0.4 | 9.6±0.3 | 10.1±0.4 | 10.5±0.4 | 11.0±0.3 | 11.3±0.5 | 11.5±0.4 |
| 骺板损伤 4%组(B 组) | 10 | 8.8±0.3 | 9.4±0.4 | 9.9±0.3 | 10.4±0.4 | 10.8±0.4 | 11.2±0.5 | 11.3±0.5 |
| 骺板损伤 6%组(C 组) | 10 | 8.8±0.3 | 9.4±0.3 | 9.9±0.4 | 10.4±0.4 | 10.9±0.3 | 11.2±0.5 | 11.3±0.5 |
| 骺板损伤 8%组(D 组) | 10 | 8.7±0.4 | 9.3±0.4 | 9.8±0.4 | 10.3±0.3 | 10.8±0.3 | 11.1±0.4 | 11.2±0.5 |
| F 值 | - | 1.598 | 2.704 | 2.109 | 1.026 | 1.105 | 1.004 | 1.314 |
| P 值 | - | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 |

表 4 各组兔不同时间股骨颈骺板闭合时间比较(只)

Tab.4 Comparison of rabbit femoral neck epiphyseal plate closure time among 4 groups(rabbits)

| 组别 | 兔数(只) | 股骨颈骺板闭合时间 | | | | | | |
|---------------|-------|-----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | 术前 1 周 | 术后 1 周 | 术后 5 周 | 术后 9 周 | 术后 13 周 | 术后 17 周 | 术后 21 周 |
| 对照组(A 组) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 3 |
| 骺板损伤 4%组(B 组) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2* | 6** | 2 |
| 骺板损伤 6%组(C 组) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1*** | 6* | 3 |
| 骺板损伤 8%组(D 组) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3** | 5** | 2 |

注:与 A 组比较, * $\chi^2=0, P=1.000$; ** $\chi^2=0.267, P=0.606$; *** $\chi^2=0.392, P=0.531$

Note: Compared with group A, * $\chi^2=0, P=1.000$; ** $\chi^2=0.267, P=0.606$; *** $\chi^2=0.392, P=0.531$

抑制。各实验组与对照组骺板出现闭合的时间比较, 差异无统计学意义, 可以认为, 螺纹针内固定在骺板损伤面积不超过 8% 的情况下, 不会造成骺板出现早闭现象。各组不同时间 X 线测量结果见图 2-14。

3 讨论

3.1 贯通伤对骺板发育的影响

本研究采用不同直径螺纹克氏针造成对兔股骨头骺板不同面积的贯通伤, 并且将螺纹针留置股骨颈内, 2 周后拆除, 模拟现实中的手术情况。一般认为, 对骺板损伤面积越大, 内固定表面越粗糙, 对骨的发育影响越大^[1]。由于骺板实际上是一种弧形结构^[2-5], 并不是理想状态上的圆形, 因此要准确计算出骺板的表面积是很困难的。实验中考虑股骨头骺板近似圆形, 为提高可操作性, 将骺板理解为圆形, 采用圆面积公式计算其表面积。实验前 X 线片测量兔股骨头骺板直径约等于股骨颈直径, 为 7.1 mm。根据圆的面积公式, 计算结果显示股骨颈置入 1 枚直径 1.5 mm 螺纹针后骺板损伤面积约为 4%, 置入 1 枚直径 1.0 mm 和 1 枚直径 1.5 mm 螺纹针骺板损伤面积约为 6%, 置入 1 枚直径 2.0 mm 螺纹针骺板损伤面积约为 8%。经过术后 21 周的观察, 未发现实验组有引起骺板生长发育受阻的现象。按照文献报道^[6], 超过骺板面积 7.5% 的损伤会引起骨发育受限, 本实验中 D 组应该出现股骨颈发育受限, 但实验中未观察到此现象。分析原因可能在于: 采用的骺板面

积计算公式误差较大, 实验中实际损伤面积未达到 8%, 或者文献中给出的结果存在一定误差。但通过本实验, 可以得出的结论是骺板 8% 以下面积的贯通性损伤不会造成骺板早闭而导致骨骼的发育异常。

3.2 骺板贯穿伤后骨发育异常的机制

骺板损伤后造成骨发育异常的主要原因被认为是骨桥的形成, 一般认为骺板血运屏障的破坏是骨桥形成的前提条件。各种形式的骺板贯通伤直接破坏了骺板局部的血运屏障功能^[7], 骺板两端血运通过损伤裂隙迅速相互吻合交通。文献报道^[8]骨桥形成前必伴有骺板两端血运的吻合, 认为早期形成纤维血管桥, 以后周围骨组织内的骨发生细胞随血运而至, 钙的沉积使骨桥逐渐代替了纤维桥。

随着骨桥的逐渐成熟, 它与软骨下骨板及干骺端骨小梁连成坚实的一体, 由于骨桥没有纵向生长能力, 所以对周围骺板的生长产生了限制作用, 相当于对骺板施加了额外的压力。随着周围骺板的进一步生长, 这种限制作用会逐渐加重, 而超过一定范围后则会阻止骨的正常生长。巨大的骨桥会使整个骺板出现“圆锥”样的改变。

有研究^[9-11]证实尽早解除对骺板施加的额外压力, 骺板的生长是可以恢复到正常的。但是如果压力持续存在, 并且逐渐加重, 超过一定限度时就会导致骺板功能永久性的障碍。目前采用骨桥切除, 脂肪填塞治疗骺板早闭的动物实验及临床研究已经确切证

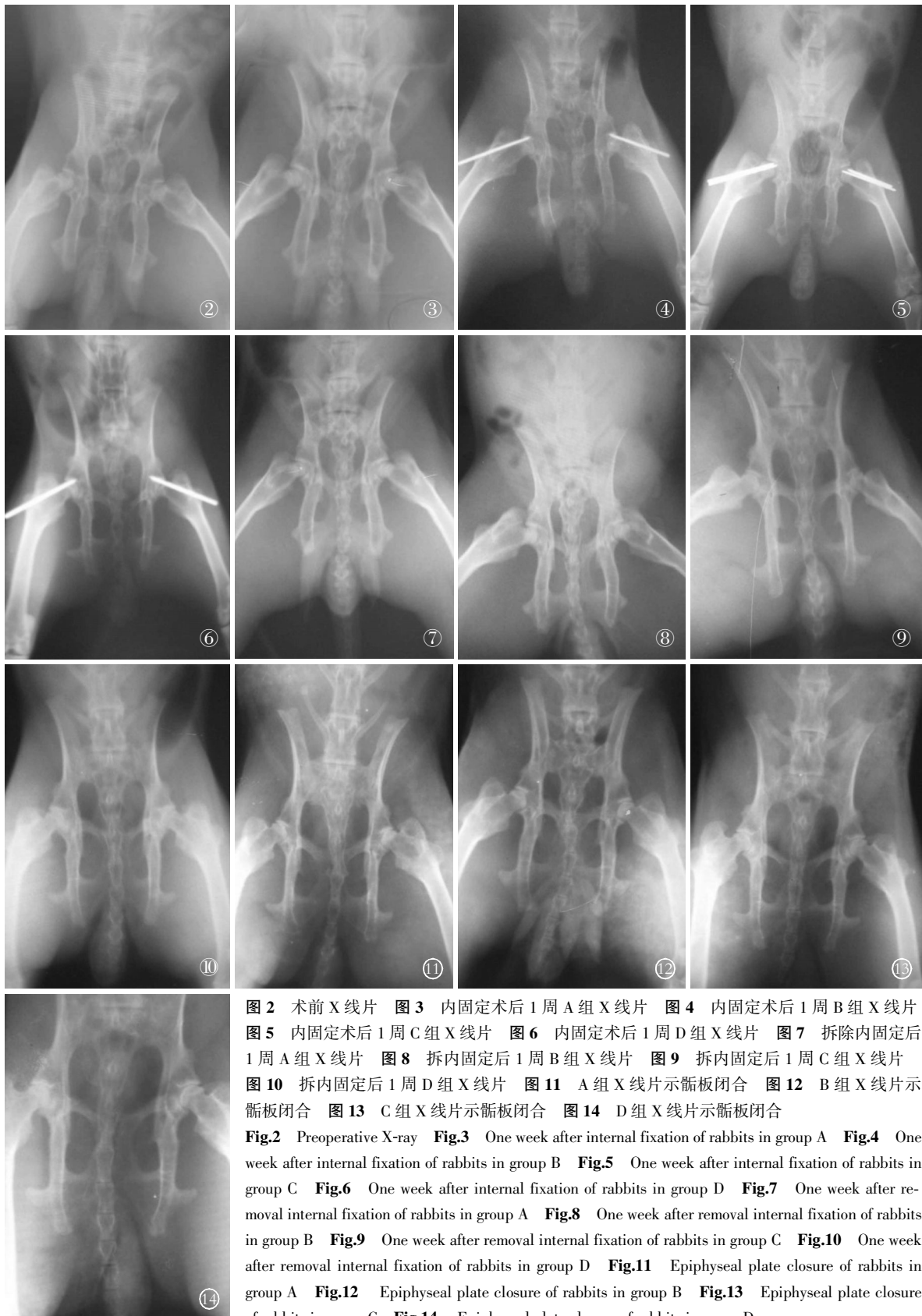


图 2 术前 X 线片 图 3 内固定术后 1 周 A 组 X 线片 图 4 内固定术后 1 周 B 组 X 线片 图 5 内固定术后 1 周 C 组 X 线片 图 6 内固定术后 1 周 D 组 X 线片 图 7 拆除内固定后 1 周 A 组 X 线片 图 8 拆内固定后 1 周 B 组 X 线片 图 9 拆内固定后 1 周 C 组 X 线片 图 10 拆内固定后 1 周 D 组 X 线片 图 11 A 组 X 线片示骺板闭合 图 12 B 组 X 线片示骺板闭合 图 13 C 组 X 线片示骺板闭合 图 14 D 组 X 线片示骺板闭合

Fig.2 Preoperative X-ray Fig.3 One week after internal fixation of rabbits in group A Fig.4 One week after internal fixation of rabbits in group B Fig.5 One week after internal fixation of rabbits in group C Fig.6 One week after internal fixation of rabbits in group D Fig.7 One week after removal internal fixation of rabbits in group A Fig.8 One week after removal internal fixation of rabbits in group B Fig.9 One week after removal internal fixation of rabbits in group C Fig.10 One week after removal internal fixation of rabbits in group D Fig.11 Epiphyseal plate closure of rabbits in group A Fig.12 Epiphyseal plate closure of rabbits in group B Fig.13 Epiphyseal plate closure of rabbits in group C Fig.14 Epiphyseal plate closure of rabbits in group D

实了脂肪组织具有抑制骨桥形成的作用^[12-14]。

本实验中,最大损伤面积达 8%,且使用的螺纹克氏针,并没有观察到骨桥的形成,这可能是没有造

成骨骼发育受限的根本原因。本实验的特点在于,克氏针置入股骨颈后,未立即拆除,而是 2 周后再拆除,这就可以在钉道周围施加压力,起到压迫止血的

效果,抑制血管桥的形成,从而限制了骨桥的形成,这与在临床手术中观察到的现象颇为一致。笔者观察到石骨症股骨颈骨折儿童患者,采用空心螺钉跨骺板固定,没有发现骨桥形成而导致股骨颈发育异常的现象。

3.3 影像学检查的意义

骺板损伤应尽量做到早期发现、早期诊断和早期治疗。实验过程中,可以通过定期摄 X 线片判断骺板是否早闭,是否出现骨桥,对实验结果的结论有直接的作用。在临床治疗中,如果发现骨桥形成而导致骺板早闭,可采用骨桥切除法来治疗骺板早闭,其机制在于尽早解除骨桥对骺板生长发育的抑制,并填入脂肪、软骨等间置物,阻止血管桥形成以防止骨桥的生成。由于骺板软骨在 X 线上不显影,故临床对骺板损伤的诊断及判断预后很困难,易造成误诊或漏诊。以往只能采用长时间随访,多次 X 线检查通过骨桥形成等间接方法判断骺板损伤情况^[15-16]。

随着社会进步和影像技术的发展,特别是近年 MRI 技术的普及与完善,可以更准确地发现骺板损伤情况,从而为临床提供客观的诊断依据。未成熟骨生长与骺软骨的血供密切相关,结构成分的改变会导致 MRI 信号的改变,这是 MRI 能早期发现软骨损伤的病理基础^[17]。随着 MRI 技术的发展,可以应用三维梯度回波容积采集及 MRI 后处理技术,进行骨桥三维重建,并准确测量骨桥的面积,从而有助于治疗方案的选择和对预后进行判断。在目前的影像学检查中, MRI 是骺板损伤的理想检查方法^[18],结合增强检查,可以早期、准确发现骺板损伤,为临床早期诊治提供有力的帮助。但是由于 MRI 检查价格昂贵,在临床应用上还有一定的限制。

实验结果表明,兔股骨头骺板损伤面积在 8% 以下是安全的,不会对股骨颈发育起到抑制作用。在骺板损伤面积控制在一定比例的情况下,可以采用螺纹针贯通骺板,但要预防局部血管桥的形成,从而减少骺板早闭的概率。

参考文献

[1] Porat S, Nyska M, Nyska A, et al. Assessment of bony bridge by computed tomography: experimental model in the rabbit and clinical application[J]. J Pediatr Orthop, 1987, 7(2):155-160.

[2] Rogers LF, Poznanski AK. Imaging of epiphyseal injuries[J]. Radiology, 1994, 191(2):297-308.

[3] Garcés GL, Mugica-Garay I, López-González Coviella N, et al. Growth-plate modifications after drilling[J]. J Pediatr Orthop, 1994, 14(2):225-228.

[4] Guzzanti V, Falciglia F, Gigante A, et al. The effect of intra-articular ACL reconstruction on the growth plates of rabbits[J]. J Bone Joint Surg Br, 1994, 76(6):960-963.

[5] Mäkelä EA, Vainionpää S, Vihtonen K, et al. The effect of trauma of the lower femoral epiphyseal plate. An experimental study in rabbits[J]. J Bone Joint Surg Br, 1988, 70(2):187-191.

[6] 石峰, 陈秋, 刘卫东, 等. 不同直径骺板贯穿伤对骺板发育影响的实验研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2002, 23(1):53-55. Shi F, Chen Q, Liu WD, et al. Effect of penetrating injury on the development of epiphyseal plate: an experimental study[J]. Zhonghua Xiao Er Wai Ke Za Zhi, 2002, 23(1):53-55. Chinese.

[7] Janarv PM, Wikström B, Hirsch G. The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in the rabbit[J]. J Pediatr Orthop, 1998, 18(2):149-154.

[8] Trueta J, Amato VP. The vascular contribution to osteogenesis. III. Changes in the growth cartilage caused by experimentally induced ischaemia[J]. J Bone Joint Surg Br, 1960, 42:571-587.

[9] Yoo WJ, Cheon JE, Lee HR, et al. Physeal growth arrest by excessive compression: histological, biochemical, and micro-CT observations in rabbits[J]. Clin Orthop Surg, 2011, 3(4):309-314.

[10] Villemure I, Stokes IA. Growth plate mechanics and mechanobiology. A survey of present understanding[J]. J Biomech, 2009, 42(12):1793-1803.

[11] Greco F, de Palma L, Specchia N, et al. Growth-plate cartilage metabolic response to mechanical stress[J]. J Pediatr Orthop, 1989, 9(5):520-524.

[12] Inoue T, Naito M, Fujii T, et al. Partial physeal growth arrest treated by bridge resection and artificial dura substitute interposition[J]. J Pediatr Orthop B, 2006, 15(1):65-69.

[13] Olin A, Creasman C, Shapiro F. Free physeal transplantation in the rabbit. An experimental approach to focal lesions[J]. J Bone Joint Surg Am, 1984, 66(1):7-20.

[14] Wirth T, Byers S, Byard RW, et al. The implantation of cartilaginous and periosteal tissue into growth plate defects[J]. Int Orthop, 1994, 18(4):220-228.

[15] Arundel P, Offiah A, Bishop NJ. Evolution of the radiographic appearance of the metaphyses over the first year of life in type V osteogenesis imperfecta: clues to pathogenesis[J]. J Bone Miner Res, 2011, 26(4):894-898.

[16] Guillet J, Guillet C, Blanquet P. Radioisotopic study of bone growth and maturation. 160 cases[J]. Sem Hop, 1982, 58(38):2199-2202.

[17] Barnewolt CE, Shapiro F, Jaramillo D. Normal gadolinium-enhanced MR images of the developing appendicular skeleton: Part I. Cartilaginous epiphysis and physis[J]. AJR Am J Roentgenol, 1997, 169(1):183-189.

[18] Shi DP, Zhu SC, Li Y, et al. Epiphyseal and physeal injury: comparison of conventional radiography and magnetic resonance imaging[J]. Clin Imaging, 2009, 33(5):379-383.

(收稿日期:2014-08-08 本文编辑:连智华)