

· 综述 ·

# 儿童骨骺损伤的诊断和治疗进展

洪意侠<sup>1</sup> 利春叶<sup>2,\*</sup>

1.广东医科大学研究生院(广东湛江 524002)

2.广东医科大学深圳宝安临床医学院(深圳市宝安区人民医院)上肢显微外科(深圳宝安 518000)

**【摘要】**在骨骼发育不成熟的儿童中,骨骺是负责未成熟骨骼纵向生长的重要结构,一旦骨折或者其他因素所致的骨骺损伤,干骺端骨骺生长板软骨组织可能会发生过早骨化,从而形成“骨桥”,在某些情况下可导致严重的并发症,包括双侧肢体长度差异、成角畸形、关节生物力学改变等,从而导致生活质量下降。这些损伤的并发症常常引起小儿骨科领域中缺乏经验的医生的焦虑。目前,对于如何对骨骺损伤的早期诊断和干预治疗获得满意疗效仍存在争议。因此,本文将对骨骺损伤的手术治疗进展进行综述。

**【关键词】**骨骺损伤;儿童;手术治疗

**【中图分类号】**R726.8; R726.1

**【文献标识码】**A

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2021.01.049

## Progress in Diagnosis and Treatment of Epiphyseal Injury in Children

HONG Yi-xia<sup>1</sup>, LI Chun-ye<sup>2,\*</sup>

1.Graduate School of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524002, Guangdong Province, China

2.Department of Upper Limb Microsurgery, Baoan District People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518000, Guangdong Province, China

**Abstract:** In children with immature bone development, the epiphysis is a crucial important structure responsible for the longitudinal growth of immature bones. Once fractures or other factors cause epiphyseal damage, the cartilage tissue of the epiphyseal growth plate may undergo premature ossification and form a 'Bone bridge' which can lead to severe complications in some cases, including differences in the length of bilateral limbs, angular deformities, changes in joint biomechanics, etc., resulting in a decline in quality of life. Complications of these injuries often cause anxiety among inexperienced doctors in the field of pediatric orthopedics. At present, there is still controversy on how to early diagnose and interventional treatment of epiphyseal injury in order to obtain a satisfactory therapeutic effect.

**Keyword:** Epiphyseal Injury; Children; Surgical

骨骺位于未成熟骨的两端,对骨骼纵向生长有着重要意义。在儿童时期,骨骺在骨骼发育阶段特别容易受到损伤,骨骺的存在使得儿童骨折等损伤的治疗上存在成角畸形、生长停滞等风险。单凭临床表现及X线检查并不能完全明确诊断,对此类损伤早期诊断和正确治疗是获得良好的疗效及最大限度的减少远期并发症的关键,不恰当的治疗所带来的远期并发症会给儿童成长带来严重身心影响。因此,骨骺损伤在骨骼发育过程中需要高度怀疑和密切监测,而如何进行早期诊断和选择合适的治疗是获得良好预后的关键。

### 1 骨骺损伤的特点及分型

骨骺依靠生长板与干骺端相连,正常的细胞功能、有序的带状排列及完整的血供是维持生长板生理功能的重要条件,对于生长板的损伤(即直接损伤)或生长板两侧的血管损伤(即间接损伤)均可导致生长板功能障碍<sup>[1]</sup>。随之而来的异常修复可发生骨骺早闭、骨桥形成、双侧肢体长度差异、进行性成角畸形、关节生物力学改变,从而导致生活质量下降。骨骺损伤有较高的骨桥形成风险,有研究表明,血管损伤对随后的骨桥形成具有更高的风险<sup>[1]</sup>。

据统计,骨骺损伤约占所有儿童骨折的30%,可导致骨骼生长受阻<sup>[2]</sup>。除骨折外,骨骺损伤可能是由其他病因引起,包括骨髓炎、原发性骨肿瘤、放射、化疗、产伤<sup>[3]</sup>和医源性损伤<sup>[4]</sup>。骨骺损伤或邻近骨骺和干骺端损伤都可能破坏生长板的正常结构和

血运,使软骨组织发生过早骨化并导致异常的骨组织修复,从而形成“骨桥”,导致生长板功能障碍和未来的生长障碍。若骨桥形成,可出现过度生长,畸形生长,生长停滞等后遗症<sup>[5]</sup>,对于正处于生长发育时期的儿童来说是一种毁灭性的打击。

在骨骺损伤的分型中,临床上根据影像学特点及病因机制进行区分的Salter-Harris五种分型应用最为广泛<sup>[6-7]</sup>。I型:横切生长板所形成骨骺分离,若骨折移位明显且延伸至临时钙化带内,则可在X线中观察到骨折碎片;II型:是出现最多的类型,表现为骨骺分离伴骨折累及干骺端;III型:累及骨骺的骨折;IV型:骨折同时累及骨骺与干骺端;V型:占骨骺损伤的1%,表现为骨骺的纵向压缩,这种损伤诊断较为困难,只有出现骨骺早闭导致生长畸形的基础上回顾性诊断<sup>[8]</sup>。因此,早期认识和正确处理是治疗骨骺损伤的关键。

### 2 影像学检查方法

**2.1 X线** X线为骨折急性期、亚急性愈合和随后发生生长停滞的首选方式<sup>[8]</sup>。X线作为骨科的基础而常用检查方式,具有相对容易获得,无需对患者进行镇静,又能进行迅速和反复评估的优点。此外,X线可直观的显示出骨折碎片、骨折位置、干骺端与骨骺间隙的增宽和缩窄以及关节囊和周围软组织的出血肿胀情况等。由于X线对于软骨组织分辨率不高,对于骨骺损伤漏诊问题仍较为突出,尤其是在Salter-Harris I型、V型,X线难以显示出骨骺的分离与挤压、塌陷等情况,并且不适用于复杂或隐匿性的骨折

**【第一作者】**洪意侠,男,主要研究方向:骨外科。E-mail: 408735032@qq.com

**【通讯作者】**利春叶,男,主任医师,主要研究方向:骨外科疾病的诊治。E-mail: leechunye@126.com

类型和骨骺关节内骨折<sup>[5]</sup>。因此, X线仅能作为初步诊断, 有时需借助CT或MRI等手段加以验证。

**2.2 螺旋CT与MRI** 螺旋CT的应用提供了更良好的骨细节, 对于急性损伤CT可精确定位关节内和检测小的骨折碎片, 也有利于识别微小骨桥形成和制定手术方案<sup>[8]</sup>。相对于X线, CT在骨骺损伤诊断中更具优势, 骨桥表现为正常生长板的局部缺失, 伴或不伴有临近的反应性硬化<sup>[1]</sup>。而CT的主要缺点是有一定的辐射损伤, 空间分辨率不足以及患儿自制力较差需要镇静要求, 且不能全面评估软骨、软组织和周围血供情况等<sup>[9]</sup>。而MRI可用于在紧急情况下评估不明确的病例, 穿过骨骺的骨折会在MRI图像上会呈现为高信号且对骨膜、骨折部位的血管和软组织损伤更敏感, 骨骺损伤后期若在T<sub>2</sub>WI出现低信号呈现线状或不规则条带状穿过生长板则提示骨桥形成<sup>[5]</sup>。

**2.3 关节造影与超声** 由于关节造影为有创操作, 关节造影是一种有效的术中评估骨折复位和协助定位的手段<sup>[3]</sup>, 现已很少使用。与MRI相比, 超声检查具有成本低, 速度快, 且不需要镇静等优点, 临床上骨骺分离在X线上容易漏诊, Supakul等<sup>[10]</sup>认为利用超声测量儿童尺桡骨后内侧移位的高度对肱骨远端骨骺分离具有诊断意义。

### 3 临床表现

引起骨骺损伤的因素众多, 其中创伤最为常见, 尽管损伤的机制不同, 但是这些骨折均需特别注意, 它们不仅比较常见, 容易被误诊为先天畸形或者关节脱位, 而且除了损伤相关的直接并发症外, 不适当的处理可能导致进行性的成角畸形, 继发于生长停滞<sup>[3]</sup>, 尤其是儿童关节部位外伤后出现肿胀、活动障碍。此外, 若患儿短期内出现发热, 关节活动受限, 应警惕细菌性骨髓炎并发骨骺感染<sup>[11]</sup>。临床上骨肿瘤也可跨越骺板侵犯骨骺, 引起局部组织破坏、持续性疼痛和干骺端与骨骺间隙增宽<sup>[12]</sup>。由于骨骺损伤缺乏特异性临床表现, 临床医生接诊儿童患者应保持高度警惕, 避免误诊或漏诊。

### 4 治疗

**4.1 早期治疗** 有研究表明, Salter-Harris分型和骨折移位与骨骺骨折后生长停滞和并发症均显著相关, 治疗的方式会影响到最终的预后<sup>[13]</sup>。因此, 骨折的分型不同, 治疗方式也不相同。Salter-Harris I、II型骨骺损伤, 建议采用麻醉在肌肉放松情况下轻柔复位石膏外固定的保守治疗, 这不仅需要注意骨折碎片复位的情况, 还应注意生长板的宽度, 必要时可行健侧X线进行比较同时在矫形复位后7~14d应再次进行X线监测<sup>[14]</sup>。对于III、IV型Salter-Harris骨骺损伤, 属于关节内骨折, 如果骨折移位大于2mm, 手法复位无法满足解剖复位的应通过外科手术解剖复位内固定干预减少创伤性关节炎、骨桥形成和成角畸形等不良预后<sup>[15]</sup>。内固定材料包括克氏针、金属螺钉、可吸收螺钉、空心钉及钢板。每种材料各有优缺点: 克氏针直径细且表面光滑, 虽然对骨骺损伤较小, 但无加压作用; 螺钉都具有加压作用, 以保持骨折复位牢固, 但存在螺钉断裂、骨折再移位的风险, 可吸收螺钉可发生钉道溶解和迟发性炎症反应等, 单一采用克氏针无法获得有效固定时, 配合空心钉可有提高复位和稳定的作用; 钢板作为一种坚强内固定, 用于高能量所致的骨骺粉碎性骨折中, 钢板为保持骨骺解剖复位和避免后期塌陷提供了一种合理的方

法<sup>[15-18]</sup>。

骨折的部位不同, 治疗方式也不同。Bumei等<sup>[14]</sup>发现前臂骨骺损伤相对四肢其他部位损伤更为常见, 且桡骨远端骨骺比尺桡骨和桡骨近端更常累及, 并且认为多数前臂Salter-Harris I、II、III型骨折可进行手法复位, 但复位手法需轻柔, 避免暴力及反复复位, 由于可能发生畸形, 即使骨折不移位也必须进行石膏固定。根据儿童的年龄和骨折情况, 石膏应保留2~3周。而对于III、IV型骨折常需要手术和内固定使骨折碎片恢复解剖位置, 其中, 闭合复位克氏针固定是治疗儿童桡骨远端干骺端或干骺端骨折的“金标准”。该方法的优点包括技术要求较低, 侵入性小且不需要其他特殊设备。尽管有多种手术入路, 但Muller和Kapandji技术仍是世界范围内最常用的入路<sup>[19]</sup>。Tharakan等<sup>[3]</sup>收治一位因肩难产后出现右上肢肿胀、活动障碍考虑为神经损伤的新生儿, 通过利用超声检查确诊为肱骨远端骨骺分离, 并且通过术中进行关节造影, 进行闭合复位克氏针内固定辅以石膏外固定术后, 在1年随访中未出现发育畸形等情况。由此认为超声技术有助于确诊新生儿肱骨远端骨骺分离, 但是在术中当肘部处于弯曲保持复位时, 超声探头无法充分接触皮肤以获得切面视图, 可在术中直接进行关节造影确认并辅助复位的稳定。但克氏针固定也存在许多潜在的并发症和缺点, 包括针头移位、骺板受损、感染、生物力学稳定性不足, 无法在不打石膏的状态下维持复位, 除了与手术相关并发症外, 还需要石膏固定较长时间, 需要4~6周<sup>[20]</sup>。

在小儿骨科中踝关节骨折是继桡骨远端骨折之后第二大常见骨折部位, 由于踝关节的解剖结构和有限的活动范围, 常发生扭伤和挤压, 由外力引起的内翻、外翻、屈曲、背伸、外旋等均可导致胫骨远端骨骺损伤, 损伤的严重程度和治疗效果直接影响踝关节的后期发育和功能<sup>[21]</sup>。Devries等<sup>[22]</sup>认为即使是低风险的Salter-Harris I、II骨折均具有较高的骨骺早闭发生率, 特别是在骨折间隙大于3mm且伴有旋前外展型的患儿中, 若无法获得满意复位, 均需手术治疗。而对于属于关节内骨折的Salter-Harris III、IV型骨折, 骨骺早闭和创伤性关节炎发生率更高, 因此建议大于2cm的关节内骨折进行手术治疗。有研究表明采用闭合复位后空心螺钉加克氏针内固定对治疗儿童踝关节内、外侧骨骺骨折的临床愈合率高, 术后功能效果满意, 并且可降低骨骺早闭等并发症<sup>[21]</sup>。Gruber等<sup>[23]</sup>认为切开复位对于胫骨远端Salter-Harris I、II型骨折预防骨骺早闭的作用有限, 因此不建议骨折移位小于2mm进行手术治疗。除了极度畸形外, 应采取保守治疗, 可进行闭合复位石膏固定, 但应密切随访至少1年。对于Salter-Harris III、IV型骨折手术方式对后期骨骺早闭的发生率有着显著的影响, 切开复位可降低骨骺早闭的发生率, 而闭合复位石膏固定是Salter-Harris III、IV型骨折骨骺早闭的危险因素<sup>[24]</sup>。Gok等<sup>[25]</sup>通过生物力学研究发现, 与克氏针相比, 螺钉在股骨远端Salter-Harris III型骨折中可提供更加稳定牢固的作用, 但螺钉应平行生长板通过骨折线, 不应损伤关节面或穿越生长板, 不建议克氏针用于Salter-Harris III型骨折中。胫骨近端骨骺骨折较为罕见, Hill等<sup>[17]</sup>采用临时外固定控制损伤后配合切开复位锁定钢板内固定对13例Salter-Harris III、IV型胫骨近端骨骺骨折手术固定后进行随访和功能评定, 发现均有良好的活动功能预后和较低的并发症发生率。

近几年,3D打印技术(快速成型技术)逐渐应用于骨科领域,在骨折、骨肿瘤、骨矫形等有很好的应用前景,受到骨科医师的青睐。利用患者CT的原始数据通过软件处理后制作成3D打印模型,在模型上可以更加直观地显示出损伤的程度和骨折移位的情况,有利于诊断和明确骨折分型。通过该技术有利于外科医生进行手术方案的选择、缩短术程、预防术后并发症。但3D打印技术仍存在一定的缺陷,由于模型不存在软组织结构,因此骨科医师需考虑术中软组织、血管神经、解剖变异等影响且手术应尽量由资质较高的医师完成,避免反复复位进一步损伤骨骺<sup>[26]</sup>。赵景新等<sup>[15]</sup>利用3D打印技术进行术前模拟并手术治疗儿童胫骨远端骨折伴骨骺损伤取得满意的疗效,通过研究发现3D打印技术在确保手术安全性和可靠性的情况下,可准确定位从而有效的缩短手术时间和减少术中透视时间。然而3D打印技术对于骨骺损伤的预后仍有待进一步深入研究。

**4.2 晚期骨桥形成的治疗** 骨骺损伤后若存在不当的治疗和未能及时治疗,往往会出现各种并发症,如骨桥形成和骨骺早闭导致肢体生长停滞、双侧不对称生长和成角畸形。截骨矫形和骨延长术适用于骨骺损伤引起的成角畸形和肢体不对称生长,在接近骨骼成熟的儿童中,截骨术可以矫正角度畸形,重建机械轴。传统截骨矫形术可解除患肢畸形的问题,并且复发风险与患者年龄呈负相关。然而,在保留有大量骨骺或部分骨骺生长功能条件的小儿中,随着时间的推移,术后仍可能复发,在这种情况下,可以尝试骨桥切除术,尽管这是一个技术要求很高的手术,但对于骨骺早闭的患儿来说,至关重要<sup>[27]</sup>。骨桥切除术是治疗儿童骨骺损伤生长阻滞的有效方法<sup>[28]</sup>。此外如何进行骨桥范围精确切除以降低术后复发依旧是骨科医师的一大棘手问题。有研究发现利用三维CT计算机导航技术可解决术中骨桥范围的精确定位完整切除,又不损伤到周围健康骨板组织等技术性问题,但对操作者的要求较高,需操作者反复练习加以掌握<sup>[29-30]</sup>。Fu等<sup>[27]</sup>研究发现三维CT计算机导航技术辅助下进行骨桥切除配合8字形钢板半髌板阻滞术可有效治疗外伤性胫骨远端骨骺早闭伴有内翻畸形而又不引起骨骺早闭等并发症。目前,尽管外科手术可以一定程度上纠正骨骺损伤所导致的并发症,但手术具有很强的侵入性并且往往疗效有限,有需要反复手术的可能<sup>[31]</sup>。Langenskiold<sup>[32]</sup>报道了骨桥切除后留下的空腔利用脂肪填塞成功治疗1例部分骨骺早闭的患者后,骨组织工程技术为治疗骨骺早闭提供了新思路。经过国内外学者的进一步研究,各种填充物相继出现<sup>[33]</sup>。虽然当前骨组织工程尚未进行大规模的临床评估,但是骨组织工程仍具有克服当前“金标准”自体骨组织移植相关缺点的潜力<sup>[34]</sup>。此外,有学者发现软骨组织工程通过利用多功能干细胞(MSCs)可诱导生长板软骨再生的潜力<sup>[31]</sup>。组织工程的出现为骨骺损伤的治疗带来了新的可能和挑战。

综上,骨骺损伤在儿童骨折中较为常见,其并发症仍是骨科医师所面临的棘手问题,矫形手术往往无法获得理想的疗效,随着科学技术的发展,细胞和组织工程在骨骺损伤也有所突破。在临床上骨骺损伤需尽早诊断,除了损伤的相关直接并发症外还容易继发生长紊乱等远期并发症,在骨骼生长过程中需要高度怀疑和密切监测,这些损伤需要进行全面评估,早期诊断和正确治疗可以最大限度的减少远期并发症。应综合分析每个患儿的损伤情况后制定个体化治疗,必要时与患者监护人制定一个长期计划,争取获得良好的康复。

## 参考文献

- [1] Nguyen J C, Markhardt B K, Merrow A C, et al. Imaging of Pediatric Growth Plate Disturbances [J]. *Radiographics*, 2017, 37 (6): 1791-1812.
- [2] Beaty J H, Kasser JR, Rockwood And Wilkins' Fractures In Children [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2015, 88 (10): 2313.
- [3] Tharakan S J, Lee R J, White A M, et al. Distal Humeral Epiphyseal Separation in a Newborn [J]. *Orthopedics*, 2016, 39 (4): e764-e767.
- [4] Ecklund K, Jaramillo D. Imaging of growth disturbance in children [J]. *Radiol Clin North Am*, 2001, 39 (4): 823-841.
- [5] 谢志勇, 谭为, 李旭. 儿童骨骺损伤的治疗及研究进展 [J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2016, 31 (11): 873-875.
- [6] Salter R B, Harris W R. Injuries involving the epiphyseal plate [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1963, 45 (3): 587-622.
- [7] Shapiro F. Epiphyseal growth plate fracture-separations: a pathophysiologic approach [J]. *Orthopedics*, 1982, 5 (6): 720-736.
- [8] Rogers L F, Poznanski A K. Imaging of epiphyseal injuries [J]. *Radiology*, 1994, 191 (2): 297-308.
- [9] Riseborough E J, Barrett I R, Shapiro F. Growth disturbances following distal femoral physeal fracture-separations [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65 (7): 885-893.
- [10] Supakul N, Hicks R A, Caltoum C B, et al. Distal humeral epiphyseal separation in young children: an often-missed fracture-radiographic signs and ultrasound confirmatory diagnosis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2015, 204 (2): W192-W198.
- [11] Merlini L, Anoshiravani M, Ceroni D. Concomitant septic arthritis and osteomyelitis of the hip in young children; a new pathophysiologic hypothesis suggested by MRI enhancement pattern [J]. *BMC Med Imaging*, 2015, 15: 17.
- [12] Pirker-Fruhauf U M, Friesenbichler J, Urban E C, et al. Osteoporosis in children and young adults: a late effect after chemotherapy for bone sarcoma [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470 (10): 2874-2885.
- [13] Arkader A, Warner W J, Horn B D, et al. Predicting the outcome of physeal fractures of the distal femur [J]. *J Pediatr Orthop*, 2007, 27 (6): 703-708.
- [14] Bumei G, Gavrilu S, Georgescu I, et al. The therapeutic attitude in distal radial Salter and Harris type I and II fractures in children [J]. *J Med Life*, 2010, 3 (1): 70-75.
- [15] 赵景新, 马雅昌, 韩栋, 等. 3-D打印在青少年胫骨远端骨折累及髌板损伤手术中的应用 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31 (10): 1195-1199.
- [16] Falez F, Papalia M, Greco A, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis in proximal humeral fractures: one-year results of a prospective multicenter study [J]. *Int Orthop*, 2016, 40 (3): 579-585.
- [17] Hill B W, Rizkala A R, Li M. Clinical and functional outcomes after operative management of Salter-Harris III and IV fractures of the proximal tibial epiphysis [J]. *J Pediatr Orthop B*, 2014, 23 (5): 411-418.
- [18] Xie Y, Cai L, Deng Z, et al. Absorbable Screws Versus Metallic Screws for Distal Tibiofibular Syndesmosis Injuries: A Meta-Analysis [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54 (4): 663-670.
- [19] Lieber J, Schmid E, Schmitzenbecher P P. Unstable diaphyseal forearm fractures: transepiphyseal intramedullary Kirschner-wire fixation as a treatment option in children [J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2010, 20 (6): 395-398.
- [20] Jozsa G, Devcseri G, Vajda P, et al. Distance of the fracture from the radiocarpal surface in childhood: does it determine surgical technique A retrospective clinical study: A STROBE compliant observational study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99 (7): e17763.
- [21] Jiang L, Wu J, Li M, et al. Cannulated screw and Kirschner fixation for the treatment of medial and lateral malleolar epiphyseal fractures in children: a retrospective study of 36 cases [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1): 254.
- [22] Devries C, Meyer Z, Abzug J M, et al. Pediatric ankle fractures: When to operate and when to leave alone [J]. *Instr Course Lect*, 2019, 68: 481-488.
- [23] Gruber H E, Phieffer L S, Wattenbarger J M. Physeal Fractures, Part II: Fate of Interposed Periosteum in a Physeal Fracture [J]. *J Pediatr Orthop*, 2002, 22 (6): 710-716.
- [24] Cai H, Wang Z, Cai H. Surgical indications for distal tibial epiphyseal fractures in children [J]. *Orthopedics*, 2015, 38 (3): e189-e195.
- [25] Gok K, Inal S, Gok A, et al. Biomechanical effects of three different configurations in Salter Harris type 3 distal femoral epiphyseal fractures [J]. *J Braz Soc Mech*

- Sci, 2017, 39 (4): 1069-1077.
- [26] 李克伟, 戎帅, 滕勇, 等. 3D打印技术在小儿骨科中的应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (5): 436-440.
- [27] Fu G, Wang W, Dong Y F, et al. Treatment of post-traumatic pediatric ankle varus deformity with physeal bar resection and Hemi-Epiphysiodesis[J]. Curr Med Sci, 2019, 39 (4): 604-608.
- [28] Badina A, Vialle R, Fitoussi F, et al. Case reports: Treatment of traumatic triradiate cartilage epiphysiodesis: what is the role of bridge resection[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471 (11): 3701-3705.
- [29] Dong Y, Lu X, Zhang J, et al. Clinical application of computer navigation in physeal bridge resection in pediatric partial epiphyseal plate closure[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2014, 94 (21): 1631-1634.
- [30] Fu G, Zhang J, Xu G, et al. Effects of physeal bar resection in treating post-traumatic distal radius partial physeal arrest[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2019, 99 (23): 1792-1795.
- [31] Chung R, Xian C J. Recent research on the growth plate: Mechanisms for growth plate injury repair and potential cell-based therapies for regeneration[J]. J Mol Endocrinol, 2014, 53 (1): 45-61.
- [32] Langenskiold A. Surgical treatment of partial closure of the growth plate[J]. J Pediatr Orthop, 1981, 1 (1): 3-11.
- [33] 神艳. 骺板软骨组织工程支架的研究进展[J]. 中华小儿外科杂志, 2015, 36 (5): 397-400.
- [34] Henkel J, Woodruff M A, Epari D R, et al. Bone regeneration based on tissue engineering conceptions-A 21st century perspective[J]. Bone Res, 2013, 1 (3): 216-248.

(收稿日期: 2020-06-03)