

综述

儿童脊柱结核继发后凸畸形的危险因素及治疗进展

A review of risk factors and therapy of kyphotic deformity secondary to pediatric spinal tuberculosis

文海, 马泓, 吕国华

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 湖南省长沙市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.03.14

中图分类号: R529.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2015)-03-0274-05

处于生长发育期的儿童罹患脊柱结核后, 容易继发后凸畸形及神经损害。由于儿童脊柱的解剖特点与成人脊柱不同, 因而儿童脊柱结核的临床特点和治疗策略与成人有所差异。研究发现, 儿童脊柱结核累及的节段数是成人的 1.9 倍, 由于儿童椎体主要为软骨成分, 故比成人椎体更容易遭到破坏, 后凸畸形一旦形成, 会随着生长发育持续进展, 即使在结核治愈后畸形也可能进一步加重^[1-3]。因此, 儿童脊柱结核引起的后凸畸形一般比成人更严重, 应得到更密切的关注。后凸畸形可导致患儿身材矮小, 心肺功能受限, 甚至迟发性瘫痪^[4], 严重影响患儿身心健康, 给家庭和社会带来沉重负担。如何正确认识儿童脊柱结核继发后凸畸形的危险因素及选取理想的治疗方式, 是目前研究儿童脊柱结核的热点。笔者就相关研究进展综述如下。

1 儿童脊柱结核继发后凸畸形的危险因素

脊柱结核患儿后凸畸形的形成与发展受到多种因素影响, 主要包括感染结核时的年龄、病变范围和所在节段、治疗前的椎体丢失高度和后凸角大小以及脊柱“危险征”等^[1-8]。

1.1 感染结核时的年龄

Rajasekaran 等^[1]经过 15 年的随访发现, 10 岁以上脊柱结核患儿的椎体破坏程度较小, 畸形进展的方式与成人类似, 而 10 岁以下者平均受累椎体数较多, 椎体丢失高度较大, 继发后凸畸形的角度也更大。针对 10 岁以下儿童患者, 他们建议应及时进行外科干预以防止形成严重的后凸畸形。

1.2 病变范围和所在节段

以往有多篇报道指出, 如果脊柱结核累及 3 个以上椎体, 且病变发生在 C7 至 L1 之间, 尤其是胸腰段, 那么形成后凸畸形的可能性很高^[4-7]。Rajasekaran^[4]随访发现, 脊柱结核病变所在节段对于后凸畸形的表现、活动期椎体塌陷程度以及静止期改善程度都有着重要影响, 相关数据见表 1, 胸腰段后凸在结核活动期加重最多, 静止期改善最小。

第一作者简介: 男(1989-), 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0731)85295124 E-mail: xywh890704@sina.com

他认为: 胸段后凸初始角度之所以最重, 可能与生理性后凸有关, 但由于肋骨有抵抗脊柱不稳的作用, 故静止期的改善较大; 腰段病变因为受到生理性前凸的保护, 所以活动期加重较少, 静止期改善也较大。

1.3 治疗前的椎体丢失高度和后凸角大小

Rajasekaran^[4]在报道中指出, 椎体在结核活动期发生初次塌陷, 导致椎体高度丢失, 形成不同程度的后凸畸形。随着患儿年龄的增长, 畸形呈现动态变化的过程, 即使在治愈后也可能有不同程度的进展。治疗前的椎体丢失高度是影响畸形发展的重要因素, 如胸段或胸腰段丢失 1 个椎体高度可平均引起 30°~35°的后凸畸形, 腰段则可引起近 20°的后凸畸形, 一旦丢失高度超过 2 个椎体, 可形成严重的“屈曲塌陷”, 引起多个节段的小关节分离, 后凸角最终可达 120°以上^[3,8]。关于椎体丢失高度与最终后凸角大小的关系, Rajasekaran 和 Shanmugasundaram^[9]提出了一个计算公式, 即 $y=a+bx$, 其中 y 表示最终后凸角大小, x 代表治疗前的椎体丢失高度, a 和 b 则分别是常数 5.5 和 30.5, 该公式预测后凸角的准确率为 90%。只要治疗前的后凸角超过 30°, 就应考虑畸形进展的风险, 一旦后凸角达 60°以上, 会造成患儿外观、心理、心肺功能以及神经功能等多方面的障碍, 甚至导致迟发性瘫痪^[5,8]。

1.4 脊柱“危险征”

Rajasekaran^[4]研究了脊柱结核患儿脊柱稳定性的问题, 并根据正位和侧位 X 线片, 提出了 4 种提示脊柱不稳的 X 线特征, 称作脊柱“危险征”, 包括小关节分离 (separation of the facet joints)、椎体后移 (posterior retropulsion of the diseased vertebral segments)、椎体侧方移位 (lateral translation of the vertebral column) 以及倾倒征 (toppling sign) (图 1), 这些特征出现在病程的早期, 甚

表 1 不同部位脊柱结核继发后凸畸形的角度变化^[4]

	初始角度	活动期	静止期
胸段后凸畸形	50°	增加 11°	减少 10°
胸腰段后凸畸形	40°	增加 15°	减少 2°
腰段后凸畸形	20°	增加 7°	减少 8.5°

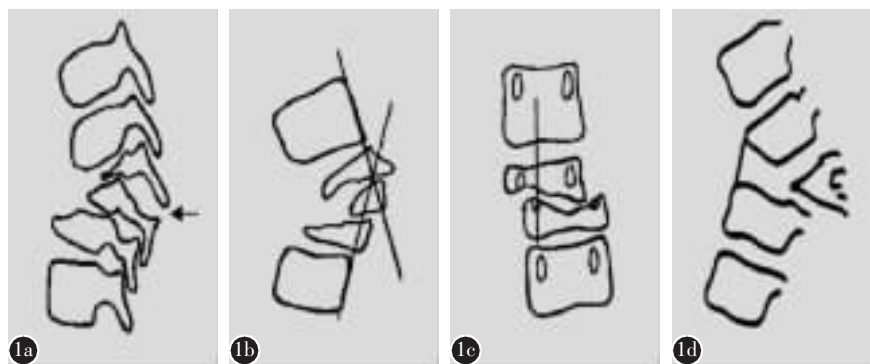


图1 脊柱“危险征”^[4] a 小关节分离。后凸顶椎小关节脱位或半脱位 b 椎体后移。在脊柱侧位 X 线片上,沿病变节段上、下椎体后缘作直线,有病变节段的骨块位于直线交点后方 c 椎体侧方移位。在脊柱正位片上,自病变节段下位椎骨的椎弓根中心与水平面作垂线,不与上位椎骨的椎弓根中心相交 d 倾倒征。在脊柱侧位 X 线片上,由于病变节段的小关节脱位,导致上位椎体向前倾倒,使上位椎体的前缘接触下位椎体的上缘,沿下位椎体前缘作直线,在上位椎体前缘的中点上方与其相交

至是结核活动期,能够可靠地鉴别患儿是否存在继发后凸畸形的风险。Rajasekaran 根据这些“危险征”对脊柱稳定性进行评分,每个特征 1 分,共 4 分,同时指出,如果评分>2 分,即提示患儿在生长期可能有 30°以上的后凸畸形进展,最终的后凸角可超过 60°,建议手术干预^[4]。

2 儿童脊柱结核继发后凸畸形的治疗

如脊柱结核患儿在结核活动期继发后凸畸形,应采取全身与局部兼顾的综合治疗策略。全身抗结核药物治疗是控制结核和预防复发的根本措施,应贯穿整个治疗过程,而手术治疗则可防止畸形进展或矫正重度畸形。虽然有效的药物治疗能够使结核得到治愈,但陈旧性结核合并的后凸畸形往往较为严重,需手术矫正。

2.1 全身抗结核药物治疗

多药联合化疗是治疗脊柱结核的重要原则,除了能抑制结核杆菌,也能减少耐药。选择化疗方案主要考虑三个方面,即药物组成、药物剂量和用药时间。一线抗结核药物主要包括异烟肼 (isoniazid, INH)、利福平 (rifampin, RFP)、吡嗪酰胺 (pyrazinamide, PZA)、乙胺丁醇 (ethambutol, EMB) 和链霉素 (streptomycin, SM)。各种药物的推荐剂量分别为 INH 5~15mg/kg, RFP 10~20mg/kg, PZA 30~40mg/kg, EMB 15~25mg/kg, SM 12~18mg/kg, 这些剂量需依据患儿的年龄和体重进行调节,年龄较小、体重较轻者,剂量宜适当加大^[10]。2010 年世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 推荐的儿童骨关节结核化疗方案是强化期口服 INH、RFP、PZA、EMB 2 个月,然后继续期口服 RFP、INH 10 个月,SM 不再作为儿童患者的一线药物^[11]。近来有许多研究指出,短程化疗 (6 或 9 个月) 具有顺应性好、失败率低、费用少以及耐药率低等优点,其中督导短程化疗 (directly observed treatment+short course chemotherapy, DOTS) 和全程间歇短程化疗具有显著的临床疗效^[12-15]。Donald^[10]回顾各类有关儿童骨关节结核的文献报道后,建议化疗方案采用强化期口服 INH、RFP

和 PZA 2 个月,如有耐药可能则加服 EMB,继续期口服 RFP、INH 4 个月,如脊柱结核患儿无法实现 DOTS 或治疗结束后随访时间达不到 2 年以上,则继续期治疗时间考虑延长至 10 个月。

近来由于耐多药结核菌株的出现以及结核合并获得性免疫缺陷病毒 (HIV) 感染等原因,使全球结核疫情呈现恶化趋势。同时,患者未严格服从治疗方案经常会导致化疗的失败和耐药的出现^[12]。这些都是药物治疗上需要竭力改善的问题。另外, Rajasekaran^[4]通过单纯门诊化疗治疗一组 61 例儿童脊柱结核患者发现,约有 39% 的病例脊柱后凸畸形继续进展,部分患者即使在结核治愈后畸形仍然加重。可见,由于脊柱结核患儿存在后凸畸形进展的潜在趋势,单纯药物治疗难以对所有患者均达到满意的疗效。

2.2 手术治疗

2.2.1 手术指征 Rajasekaran 等^[15]认为,当脊柱结核患者出现脊柱不稳,即存在后凸畸形进展可能,或后凸畸形处于晚期时,均应采取手术治疗,其中提示脊柱不稳的指征包括:全椎体病变;胸椎丢失 1 个椎体高度以上或腰椎丢失 1.5 个椎体高度以上;患儿治疗前后凸角>30°;患儿出现脊柱“危险征”;脊柱不稳引起轴向疼痛。晚期重度畸形则表现为严重的后凸畸形伴迟发性神经损伤。

2.2.2 活动性脊柱结核合并后凸畸形的治疗 脊柱结核的手术目的是充分脊髓减压,彻底病灶清除,维持和加强脊柱稳定性,以及预防和矫正后凸畸形^[16]。当脊柱结核活动期出现上述手术指征时,如后凸畸形不严重,应在有效药物治疗的基础上通过一期或二期脊髓减压和脊柱稳定性重建以预防后凸畸形进展,而当畸形持续进展达 50°以上时,则需施行畸形矫正手术以恢复脊柱矢状面平衡^[2]。手术方法较多,可分为单纯前路、前后联合入路和单纯后路手术,临床上如何选择尚存在争议。

2.2.2.1 单纯前路手术 20 世纪 60 年代 Hodgson 等^[17]报道单纯前路手术用于治疗脊柱结核,即前路病灶清除、植骨融合的“香港术式”,取得了较好的疗效,后经改良通过

增加前路内固定以解决植骨失败等问题,使前路病灶清除、植骨融合、内固定一度成为治疗脊柱结核的标准术式。钟斌等^[189]采用一期前路病灶清除、植骨融合和内固定治疗 11 例脊柱结核患儿,平均随访 18 个月,后凸角矫正 $11^{\circ} \pm 3^{\circ}$,但由于病例和随访时间有限,不能确定远期是否出现脊柱前后生长失衡。买尔旦·买买提等^[190]也报道采用单纯前路手术治疗 27 例无明显后凸畸形的脊柱结核患儿,取得满意疗效。近来由于脊柱外科微创手术的发展,电视辅助胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopic surgery, VATS)逐渐应用于脊柱结核的治疗中。Kapoor 等^[20]和 Lü 等^[21]报道通过 VATS 进行前路病灶清除和脊柱稳定性重建是治疗胸椎结核安全有效的方法。微创手术疗效可靠,符合美观要求,相比传统开放手术,能显著减少并发症、失血量以及住院时间,是脊柱结核手术治疗的发展方向,但其适应证有限,对硬件设备和医生的技术要求高^[22]。

由于结核主要侵犯脊柱前方,因而前方入路仍是脊柱结核手术治疗的主要方式,对病灶局限且无明显后凸畸形患者,能达到彻底清除病灶和稳定性重建的目的^[23]。前路手术的优点是在同一切口内完成手术,直视下进行充分减压,手术时间短,失血量少^[24]。然而,一些学者^[23-27]也提出了单纯前路手术存在的不足:①前路手术矫正后凸的能力有限,无法获得良好的矫形效果;②后凸角过大者,前路侧卧位手术部位较深,视野不佳,在病灶清除时术者无法直视脊髓,容易造成脊髓损伤;③活动性结核患者往往合并有肺部疾患,如肺功能障碍、胸膜粘连、增厚等,前路手术更易发生入路相关并发症;④对于儿童患者而言,前路融合、内固定限制了前柱的生长能力,如果不同时限制后柱的生长,那么随着儿童生长发育,脊柱前后生长失衡容易使后凸畸形进一步加重;另外,儿童椎体的骨质松软,前路内固定不牢靠,不能有效保证脊柱稳定性,术后后凸畸形矫正的角度也容易丢失。可见,对于伴有后凸畸形的脊柱结核患儿,单纯前路手术的远期疗效欠佳。

2.2.2.2 单纯后路手术 随着椎弓根螺钉的广泛应用以及脊柱后路手术的发展,允许从后路进行脊柱前方的减压和固定,促使一些外科医生直接选择单纯后路手术治疗脊柱结核。Garg 等^[16]在治疗胸腰段结核合并后凸畸形时,分别采用单纯前路和单纯后路进行减压、植骨融合和内固定,发现后者的矫形效果更好,并发症也较少。Zhang 等^[28]采用一期后路病灶清除、植骨融合和内固定治疗 10 例儿童颈胸段结核合并后凸畸形患者,术前和术后平均后凸角分别为 50.5° 和 17.5° ,术后平均随访 36 个月,末次随访矫正角度无明显丢失。Lan 等^[29]同样采用一期后路手术治疗 9 例胸椎结核患儿,术前平均后凸角为 48.2° ,术后 4~8 个月所有患者获得骨性融合、内固定位置正常、神经功能有所改善,末次随访平均后凸角降为 19.5° 。Rajasekaran 等^[18]也将单纯后路手术作为治疗活动性脊柱结核的常规手术。

单纯后路手术的优点是直接 from 后方充分减压,解剖简单,创伤小,对肺功能影响较小,并且能在同一切口内完

成脊柱前后方手术^[25]。由于单纯后路手术能够做到三柱融合,可以防止术后脊柱前后生长不平衡和远期矫正角度的丢失,因而比单纯前路手术更能有效防止患儿后凸畸形的进展。然而,单纯后路手术的适应证相对较窄,目前在临床上并不常用,一方面考虑到从后路向前方清除病灶,需先切除椎板等附件结构,不仅破坏了后柱的完整性和稳定性,也容易伤及脊髓和神经;另一方面,对于病变节段长、脓肿范围广的病例,从后路难以彻底清除结核病灶,还可能引起结核扩散、切口感染及窦道形成^[19,23,25,26]。因此,一些学者^[23,25]认为单纯后路手术适用于前路手术难以显露部位的颈胸段和上胸椎结核,脊髓损伤风险小的下腰椎结核,极少数椎弓结核或椎管内结核,以及全身情况差不能耐受前后路联合手术者。

2.2.2.3 前后路联合手术 前后路联合手术可以一期或分期完成,但前后顺序尚有不同意见。Huang 等^[30]对 15 例脊柱结核患儿一期行前路减压、植骨融合联合后路椎弓根螺钉内固定、融合,术后平均随访 30.3 个月,术前、术后和末次随访平均后凸角分别为 36° 、 23° 和 27° ;Hu 等^[31]一期行后路椎弓根螺钉内固定联合前路病灶清除和植骨融合治疗 20 例活动性胸椎和腰椎结核合并后凸畸形患儿,术前和术后后凸角分别为 $35.2^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$ 和 $9.7^{\circ} \pm 1.8^{\circ}$,术后平均随访 28.9 个月,末次随访后凸角为 $12.0^{\circ} \pm 1.9^{\circ}$;张宏其等^[32]采用一期后路植骨融合、内固定,二期前路病灶清除、椎间植骨治疗 15 例腰椎结核合并后凸畸形患儿,后凸角平均由 30.3° 矫正为 6.9° ,术后平均随访 36 个月,末次随访平均后凸角为 8.1° 。

当病灶范围较大,三柱均有破坏,合并严重后凸畸形,以及前路内固定不能有效保证脊柱稳定性时,都应考虑前后路联合手术^[23]。前后路联合手术弥补了单纯前路和单纯后路手术的缺陷,包括病灶清除安全、彻底,避免结核扩散,后柱破坏小,后凸矫正效果好,可有效防止患儿后凸畸形进展,远期疗效好。因此,目前前后路联合手术是治疗儿童脊柱结核的标准术式。但传统前后路联合手术的缺点是需要开辟两个手术通道,术中需要翻身,故创伤大,失血量多,手术时间长,并发症也较多,增加患者痛苦及手术风险^[19,25]。针对这些缺陷,有部分学者提出一些改善措施,如:Jain 等^[33]通过作一个“T”形切口,经胸膜外前外侧入路使前后方手术得以同时进行,从而避免双切口、双入路的弊端;Zheng 等^[34]则通过微创的 VATS 前路手术联合后路内固定术治疗儿童脊柱结核,明显减少了手术创伤及并发症。

2.2.3 陈旧性脊柱结核合并重度后凸畸形及迟发性瘫痪的治疗

尽管药物化疗可以使结核病得到治愈,但仍有 3%~5% 的患者在化疗后存在 $>60^{\circ}$ 的后凸畸形^[35]。陈旧性脊柱结核合并重度后凸畸形的手术难度较大,并发症也较多,尤其是神经损伤的风险很高。手术的目的是矫正后凸,恢复脊柱矢状面平衡,最大程度挽救脊髓功能。一期后路内固定、顶椎截骨矫形是较好的治疗选择。关于矫正重度后凸

畸形的后路截骨术已有多篇报道,包括经椎弓根闭合截骨术、经椎弓根去松质骨截骨术、后路全脊椎切除术后和闭合-张开式楔形截骨术等^[36-39]。近来 Rajasekaran 等^[39]建议采用一期后路闭合-张开式楔形截骨术矫正结核静止期的重度后凸畸形,术前、术后后凸角分别为 $69.2^{\circ} \pm 25.1^{\circ}$ 、 $32.4^{\circ} \pm 19.5^{\circ}$,术后随访 32~64 个月,末次随访矫正角度平均丢失 5.4° 。该手术不但矫形效果显著,相关并发症也最少。Rajasekaran 等^[40]于 2011 年报道通过该手术成功矫正了 1 例后凸角达 118° 的 13 岁陈旧性胸腰段结核患儿,术后后凸角降至 38° 。Pang 等^[41]也采用该手术治疗了 12 例陈旧性胸腰段结核患儿,术前平均后凸角为 83.3° ,术后随访至少 4 年,末次随访时发现,所有患者均获得坚强融合,后凸角平均减少为 27.6° ,未出现明显并发症。另外,也有学者选择前后路联合截骨、矫形、内固定和融合术治疗 16 例陈旧性结核合并后凸畸形患儿,也能够有效矫正后凸和改善神经症状^[42]。Jain 等^[7]认为,长期的重度后凸畸形能够导致上运动神经元性损伤或迟发性瘫痪,原因可能是畸形区结核复发或者椎管内赘生骨长期压迫造成脊髓变性。对于此类患者,他们建议将前路减压和融合术作为首选治疗方法,通过前方经胸腔入路或经胸膜外前外侧入路切除椎管内赘生骨,使脊髓移向前方。该方法的优势在于能够充分暴露椎管内赘生骨,而不会加重肺功能受限。但前方减压术对于结核治愈病例的疗效有限,还有加重神经损伤和引起脑脊液漏的风险。总之,针对迟发性瘫痪,预防的重要性远大于治疗。

2.2.4 儿童脊柱结核内固定器械的应用 内固定技术在脊柱结核的治疗中发挥重要作用,适用于全脊椎病变、多节段病变及需要矫正的后凸畸形,能够有效预防后凸畸形的进展和植骨相关并发症的发生^[43,44]。但目前儿童应用内固定器械缺乏完善的解剖学基础,为使其更好地应用于儿童脊柱结核的外科治疗,有学者提出建立儿童脊柱各节段椎弓根参数^[22]。另外,儿童患者应用椎弓根螺钉内固定尚有一定缺陷,Jain 等^[7]指出:①儿童脊椎的体积较小,且结核活动和后凸畸形会导致椎旁肌肉失用性萎缩,对于年龄偏小(<5 岁)的儿童,置入椎弓根螺钉难度较大;②螺钉顶部的长期压迫可能引起皮肤坏死,进而导致切口裂开或溃疡;③多节段受累的脊柱结核,有时骨内脓肿较大,脓液会顺着钉道往外引流。针对上述情况,Jain 等建议采用 Hartshill 矩形框代替椎弓根螺钉进行固定,术后患儿维持侧卧位直至切口愈合,并佩戴支具 3~4 个月直到骨性融合。

3 小结

脊柱结核是后凸畸形的常见原因,当脊柱结核患儿具备发病年龄在 10 岁以下、病变位于胸腰段、3 个以上椎体受累、胸椎丢失 1 个椎体高度以上或腰椎丢失 1.5 个椎体高度以上、治疗前后凸角 $>30^{\circ}$ 或出现 2 种以上脊柱“危险征”等危险因素时,需考虑后凸畸形进展的可能,应得到及时的矫正。手术方式有多种选择,各有优缺点,单纯前路

手术治疗儿童脊柱结核继发后凸畸形的远期疗效欠佳,单纯后路手术虽然疗效明确,但临床并不常用,有待进一步研究和改善,而前后路联合手术依然是大多数脊柱外科医生的首选术式。医生应根据病变的具体情况以及自身的临床经验和专业知识,个性化合理选择术式,并且应在术后密切随访直到患儿骨骼发育成熟。

4 参考文献

1. Rajasekaran S, Shanmugasundaram TK, Prabhakar R, et al. Tuberculous lesions of the lumbosacral region: a 15-year follow-up of patients treated by ambulant chemotherapy [J]. Spine, 1998, 23(10): 1163-1167.
2. Jain AK, Dhammi IK, Jain S, et al. Kyphosis in spinal tuberculosis: prevention and correction [J]. Indian J Orthop, 2010, 44(2): 127-136.
3. Rajasekaran S. Buckling collapse of the spine in childhood spinal tuberculosis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2007, 460: 86-92.
4. Rajasekaran S. The natural history of post-tubercular kyphosis in children: radiological signs which predict late increase in deformity[J]. J Bone Joint Surg Br, 2001, 83(7): 954-962.
5. Tuli SM. Severe kyphotic deformity in tuberculosis of the spine [J]. Int Orthop, 1995, 19(5): 327-331.
6. Jutte P, Wuite S, The B, et al. Prediction of deformity in spinal tuberculosis [J]. Clin Orthop Relat Res, 2007, 455: 196-201.
7. Jain AK, Sreenivasan R, Mukunth R, et al. Tubercular spondylitis in children[J]. Indian J Orthop, 2014, 48(2): 136-144.
8. Rajasekaran S. Kyphotic deformity in spinal tuberculosis and its management[J]. Int Orthop, 2012, 36(2): 359-365.
9. Rajasekaran S, Shanmugasundaram TK. Prediction of the angle of gibbus deformity in tuberculosis of the spine [J]. J Bone Joint Surg Am, 1987, 69(4): 503-509.
10. Donald PR. The chemotherapy of osteo-articular tuberculosis with recommendations for treatment of children [J]. J Infect, 2011, 62(6): 411-439.
11. Graham SM. Treatment of paediatric TB: revised WHO guidelines[J]. Paediatr Respir Rev, 2011, 12(1): 22-26.
12. Rajasekaran S, Khandelwal G. Drug therapy in spinal tuberculosis[J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 4): 587-593.
13. Wang Z, Ge Z, Jin W, et al. Treatment of spinal tuberculosis with ultrashort-course chemotherapy in conjunction with partial excision of pathologic vertebrae[J]. Spine J, 2007, 17(6): 671-681.
14. Parthasarathy R, Sriram K, Santha T, et al. Short-course chemotherapy for tuberculosis of the spine: a comparison between ambulant treatment and radical surgery --ten-year report[J]. J Bone Joint Surg Br, 1999, 81(3): 464-471.
15. Rajasekaran S, Kanna RM, Shetty AP. Pathophysiology and treatment of spinal tuberculosis[J]. JBJS Reviews, 2014, 2(9): e4. <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.RVW.M.00130>.
16. Garg B, Kandwal P, Nagaraja UB, et al. Anterior versus

- posterior procedure for surgical treatment of thoracolumbar tuberculosis: a retrospective analysis [J]. *Indian J Orthop*, 2012, 46(2): 165-170.
17. Hodgson AR, Stock FE, Fang HS, et al. Anterior spinal fusion: the operative approach and pathological findings in 412 patients with Pott's disease of the spine[J]. *Br J Surg*, 1960, 48: 172-178.
18. 钟斌, 邵高海. 经前路病灶清除钉棒内固定治疗儿童脊柱结核 11 例[J]. *海南医学*, 2009, 20(11): 186-188.
19. 买尔旦·买买提, 任龙龙, 田娟, 等. 前路病灶清除同种异体冻干骨植入内固定治疗小儿脊柱结核 [J]. *中国组织工程研究*, 2012, 16(29): 5485-5488.
20. Kapoor S, Kapoor S, Agrawal M, et al. Thoracoscopic decompression in Pott's spine and its long-term follow-up[J]. *Int Orthop*, 2012, 36(2): 331-337.
21. Lü G, Wang B, Li J, et al. Anterior debridement and reconstruction via thoracoscopy-assisted mini-open approach for the treatment of thoracic spinal tuberculosis: minimum 5-year follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(3): 463-469.
22. 郑昌坤, 黄其杉, 胡月正. 儿童生长期脊柱结核外科治疗现状及进展[J]. *中国骨伤*, 2008, 21(8): 641-643.
23. 吕国华. 脊柱结核病灶清除的手术入路问题[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(9): 772.
24. Benli IT, Acaroglu E, Akalin S, et al. Anterior radical debridement and anterior instrumentation in tuberculosis spondylitis[J]. *Eur Spine J*, 2003, 12(2): 224-234.
25. 崔旭, 马远征, 陈兴, 等. 脊柱结核前后路不同术式的选择及其疗效[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(10): 807-812.
26. 霍洪军, 邢文华, 杨学军, 等. 脊柱结核手术治疗方式的选择[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(10): 819-824.
27. 任卫山, 孙琳. 小儿脊柱结核的手术治疗及术前药物治疗进展. 第二届骨关节结核临床诊断与治疗进展及其规范化专题研讨会资料汇编[C]. 2014. 184-188.
28. Zhang HQ, Wang YX, Guo CF, et al. One-stage posterior focus debridement, fusion, and instrumentation in the surgical treatment of cervicothoracic spinal tuberculosis with kyphosis in children: a preliminary report [J]. *Childs Nerv Syst*, 2011, 27(5): 735-742.
29. Lan X, Xu JZ, Luo F, et al. One-stage debridement and bone grafting with internal fixation via posterior approach for treatment of children thoracic spine tuberculosis[J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2013, 26(4): 320-323.
30. Huang QS, Zheng CK, Hu YZ, et al. One-stage surgical management for children with spinal tuberculosis by anterior decompression and posterior instrumentation [J]. *Int Orthop*, 2009, 33(5): 1385-1390.
31. Hu J, Li D, Kang Y. Active thoracic and lumbar spinal tuberculosis in children with kyphotic deformity treated by one-stage posterior instrumentation combined anterior debridement: preliminary study [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(Suppl 1): S221-S229.
32. 张宏其, 王昱翔, 郭超峰, 等. 分期后路融合内固定前路病灶清除椎间植骨治疗儿童腰椎结核伴后凸畸形[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2010, 20(10): 820-824.
33. Jain AK, Dhammi IK, Prashad B, et al. Simultaneous anterior decompression and posterior instrumentation of the tuberculous spine using an anterolateral extrapleural approach [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2008, 90(11): 1477-1481.
34. Zheng CK, Li P, Kan WS. Video-assisted thoracoscopic anterior surgery combined posterior instrumentation for children with spinal tuberculosis [J]. *Eur J Pediatr Surg*, 2014, 24(1): 83-87.
35. Rajasekaran S, Natarajan RN, Babu JN, et al. Lumbar vertebral growth is governed by "chondral growth force response curve" rather than "Hueter-Volkman law": a clinico-biomechanical study of growth modulation changes in childhood spinal tuberculosis[J]. *Spine*, 2011, 36(22): E1435-E1445.
36. Laheri VJ, Badhe NP, Dewnany GT. Single stage decompression, anterior interbody fusion and posterior instrumentation for tuberculous kyphosis of the dorso-lumbar spine[J]. *Spinal Cord*, 2001, 39(8): 429-436.
37. Bezer M, Kucukdurmaz F, Guven O. Transpedicular decancellation osteotomy in the treatment of posttuberculous kyphosis[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(3): 209-215.
38. 周田华, 汤逊, 苏踊跃, 等. 经后路全脊椎切除治疗结核治愈型胸腰椎角状后凸畸形[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24(1): 53-57.
39. Rajasekaran S, Vijay K, Shetty AP. Single-stage closing-opening wedge osteotomy of spine to correct severe post-tubercular kyphotic deformities of the spine: a 3-year follow-up of 17 patients[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(4): 583-592.
40. Rajasekaran S, Rishi Mugesh Kanna P, Shetty AP. Closing-opening wedge osteotomy for severe, rigid, thoracolumbar post-tubercular kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(3): 343-348.
41. Pang XY, Li DZ, Wang XY, et al. Thoracolumbar spinal tuberculosis in children with severe post-tubercular kyphotic deformities treated by single-stage closing-opening wedge osteotomy: preliminary report a 4-year follow-up of 12 patients[J]. *Childs Nerv Syst*, 2014, 30(5): 903-909.
42. Chunguang Z, Limin L, Rigao C, et al. Surgical treatment of kyphosis in children in healed stages of spinal tuberculosis [J]. *J Pediatr Orthop*, 2010, 30(3): 271-276.
43. Talu U, Gogus A, Ozturk C, et al. The role of posterior instrumentation and fusion after anterior radical debridement and fusion in the surgical treatment of spinal tuberculosis: experience of 127 cases[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19(8): 554-559.
44. Jain AK, Jain S. Instrumented stabilization in spinal tuberculosis[J]. *Int Orthop*, 2012, 35(2): 285-292.

(收稿日期:2015-01-02 修回日期:2015-01-30)

(本文编辑 李伟霞)