

腰椎椎体后缘离断症诊疗的研究进展

徐常磊, 王迎松

(昆明医科大学第二附属医院骨科, 云南昆明 650101)

[摘要] 椎体后缘骨骺离断症 (PARS) 是一种比较少见的, 好发于青少年的疾病。近年来, 随着医疗技术和影像学不断发展进步, 关于该疾病的诊疗措施不断改进, 但目前仍存在许多争议, 包括是否手术、手术方式、是否去除骨碎片或椎间盘, 以及是否脊柱融合等。同时 PARS 时常被经验不足的医生误诊为偶然性椎间盘突出症, 这使得患者错过最佳治疗时间, 导致长期疼痛和功能障碍。现综述国内外的 PARS 诊疗措施及进展, 为临床诊治提供参考。

[关键词] 椎体后缘离断症; 腰椎间盘突出; 腰椎

[中图分类号] R726.8 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X (2021) 1B-0111-06

Advances in Diagnosis and Treatment of Posterior Apophyseal Ring Separation

XU Chang-lei, WANG Ying-song

(Dept. of Orthopaedics, The 2nd Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650101, China)

[Abstract] Posterior apophyseal ring separation (PARS) is a relatively rare disease that usually occurs in adolescents. In recent years, with the continuous development of medical technology and imaging, the diagnosis and treatment measures of this disease have been continuously improved, but there are still many controversies, including whether to operate, how to operate, whether to remove bone fragments or intervertebral discs, and whether to fuse the spine. Also, PARS is often misdiagnosed as accidental disc herniation by inexperienced physicians, which causes patients to miss the optimal time for treatment, leading to chronic pain and functional impairment. This paper reviews the treatment measures and progress of PARS to provide reference for clinical diagnosis and treatment.

[Key words] Posterior apophyseal ring separation; Lumbar disc herniation; Lumbar vertebra

椎体后缘离断 (posterior apophyseal ring separation, PARS) 也被称为“椎骨终板离断”、“腰椎后缘软骨结节”、“椎体后缘骺环骨折”等^[1], 是一类少见但常伴有椎间盘突出, 多为发生于青少年的脊柱疾病^[2]。PARS 症状与腰椎间盘突出症相似, 但手术方式却不尽相同。由于 PARS 罕见和分类方式的多样, 目前尚缺乏公认的治疗策略。并且 PARS 的发病率在不同年龄段有很大差异。本

文的主要目的是总结近年来国内外该疾病的诊疗研究进展, 并为临床治疗提供参考。

1 流行病学

据报道, PARS 患者占有年龄段腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH) 患者的 5.35~8.2%^[3-4], 在儿童和青少年中, 其发病率从 5.8%到

[收稿日期] 2020-12-21

[基金项目] 云南省科技厅-昆明医科大学应用基础研究联合专项基金资助项目[2017FE467(-009)]

[作者简介] 徐常磊 (1995~), 男, 云南文山人, 在读硕士研究生, 主要从事骨科临床工作。

[通信作者] 王迎松, E-mail: ynwys@163.com

28%不等^[2,5],较其他年龄阶段都高。在 Seo^[6]等的研究中青年患者的发病率达 30.7%。Martinez-Lage 等^[9]和 Seo^[6]等的报告指出,青少年骨骺环与椎体未完全融合患者的发病率高于成人。一些报道中,男性患 PARS 可能是女性的三倍^[5],也有研究^[7]提出在其男女患病比例为 2:1。Savini 等^[8]认为这种较高的发病率可解释为骨骼成熟前暴露在创伤中的时间较长,部分原因是女性比男性更早成熟。诸多的因素使得许多病例未经审查或忽视^[9],其真实的发病率可能会被低估:(1)由于平片和磁共振成像(MRI)不容易发现^[6];(2)当 PARS 并发 LDH 时,也常被忽略^[2];(3)经验不足的外科医生对该病不熟悉或将其与后纵韧带骨化、椎间盘钙化和后方退行性脊骨赘混淆^[4,9]。

PARS 最可能受累的部位和椎间盘节段与腰椎间盘突出症一致,这可能与这两种疾病之间关系密切有关^[1]。PARS 可发生在腰椎节段的所有后缘,但病变多集中在腰椎下部(L3-S1 占 97%)^[10],其中 L4/5 为 42.7%,L5/S1 为 49.4%,最易受累部位为 L5 和 S1 椎体的后上缘^[4],且多发生在椎体上终板(89%)。椎体的上终板比下终板更容易受到影响,这可能是从功能的角度来看,它们承受的压力最大^[4-5]。

2 机制及诊断

2.1 发病机制

1973 年,Lowrey 等^[11]首次报道这种疾病后,随着对该病发病机制的研究深入,对该病提出的不同发病机制尚不能达成共识,目前有以下几种假设。

第一种假设为:青少年椎体骨骺环与椎体未完全融合^[12],或存在先天性脊椎骨骺发育不良^[4],基于此,在慢性和急性应激作用在椎体的后缘,并使其向后移动,最终压迫脊髓或神经根产生相应的临床症状。最常见的刺激为创伤,近 30%~60%的患者有创伤病史^[5,9,13],包括从单纯的跌倒到剧烈的碰撞。有学者发现在现役运动员中常见与创伤有关的 PARS^[5,14]。与成人不同,小儿椎间盘突出症通常是由于体育活动导致摔倒或外伤所致^[15]。Savini 等^[8]发现,在青少年人群中,骨组织部分坏死含有铁血黄素沉积。然而,在成人患者中,硬化骨组织与隔离部位或类似假关节的组织的存在似乎表明陈旧性损伤,Epstein 等^[7]认为,这与患者年轻时未被发现或误诊的骨折有关。但许多患者没有回忆起最近的创伤病史,或者只是抱怨多年

前的症状。

第二种假设机制是拉伸剪切应力。青少年运动员由于运动导致压力累积或重复性压力而发生 PARS^[16]。Faizan 等^[17]认为,在青春期发育过程中,由于椎体发育迟缓或缺陷,椎体后方会出现一些解剖缺陷,形成应力集中区。Takata 等^[18]也认为,骨折的位置更多地是由构造薄弱部位决定的,而不是屈曲或伸展的位置。Akhaddar 等^[4]的研究中只有 14.94%的患者有外伤史。Faizan 等^[19]采用儿童腰椎三维有限元模型对环状突骨化对腰椎生物力学影响的研究发现,在反复拉伸下增加的应力可能会在骨形成的早期阶段损伤和削弱环突,最终导致屈曲撕脱骨折。Sairyo 等^[20]也证实了椎体后缘骨骺离断是由屈曲时较高的压缩应力和拉伸应力共同引起的疲劳现象。

其他假设:一些研究认为椎间盘和椎体软骨的退变过程在成人腰椎间盘突出症的生理病理过程中起着一定作用^[4,21]。遗传学方面也发现 TT 基因型为 COL1181 的体操运动员具有较高的 PARS 发病率^[22]。

鉴于以上讨论的证据,多种因素可能共同导致 PARS。而这些假说只是基于各自的临床观察或单因素检验,需要进行更严格、更可靠的实验或研究进一步验证。

2.2 诊断

2.2.1 临床表现 根据患者的症状,体征和相关影像学表现,椎体后缘离断通常不难诊断。腰椎 PARS 最常见的临床表现通常与单纯腰椎间盘突出症相似^[2,4,23],包括顽固性下腰痛和单侧或双侧神经根病变,但是椎体后缘离断症患者比单纯腰椎间盘突出患者的疼痛程度更严重,可能是骨性结构质地较硬压迫所致^[2,9]。患者常抱怨腰腿部疼痛,麻木,发凉等,体格检查可发现椎旁压痛,异常的下肢感觉、肌力和肌腱反射,而直腿抬高试验及加强试验可能阳性^[10],如果存在椎管狭窄,则会出现间歇性跛行^[7]。马尾神经功能障碍并不常见^[3-4]。

2.2.2 影像学表现 X 片检查常常很难发现该病,特别是当 L5 或 S1 椎体受累时^[18]。脊柱 MRI 可以更好地评估脊柱内病变和脊柱狭窄程度,可以进一步指出手术过程中的减压范围^[4],但很难将离断骨块与椎间盘或后纵韧带区分开来^[4]。而且 MRI 识别椎体后缘骨块的敏感度较 CT 低^[7,13]。因此,CT 在显示骨折的大小、形状和位置方面表现更好,多用于诊断和严重程度分级^[9],还能够发现既往在普通放射 X 线和 MRI 研究中遗漏的 PARS^[24],并有

助于区分钙化或非钙化骨折与椎间盘突出^[7]。PRAS 在放射学上可能与其他疾病相混淆, 包括后纵向韧带钙化或骨化, 椎间盘钙化, 后方退行性脊椎骨赘, 脊椎炎, 以及一些成骨细胞或软骨肿瘤, 如骨软骨瘤^[3,7,21]。然而, 最重要的诊断特征是椎体后缘缺损和靠近终板边缘的骨碎片。

2.2.3 分型 Takata 等^[18]根据 CT 扫描结果将 PARS 分为三型: I 型, 椎体后缘弧形的皮质离断; II 型, 椎体后缘正中撕脱性骨折, 包括皮质骨及松质骨; III 型, 偏侧的骨块离断, 伴有骨缺损 (骨块的体积小于椎体缺损处的体积)。Epstein 等^[7,13]在其基础上增加了第 IV 型: 椎体后缘终板间离断 (累及椎体上下缘全长), 并将 III 型分为钙化型和非钙化型。

Scarfo 等^[21]基于椎间盘突出与骨碎片的位置关系, 将 PARS 分为两型: I 型: 椎间盘正中突出伴有大块骨块离断 (常引起双侧坐骨神经痛); II 型: 椎间盘外侧突出伴小块骨块离断 (常引起同侧症状)。

PARS 除了与骨块的大小有关外, 还与骨块大小和位置有关。因此, Chang 等^[2]将 CT 影像占椎体后壁宽度 50% 以上的骨折定义为大骨折, 小于 50% 的骨块定义为小骨块, 并基于骨折的大小和位置 (中心或外侧), 将骨块分为四种类: I 型为中央型大骨块; II 型为中央型小骨块; III 型为偏侧型大骨块; IV 型为偏侧型小骨块。

Shirado 等^[3]根据手术过程中的观察, 将椎体后缘碎片分成固定和可移动两种类型, 以确定术中是否移除这些碎片。

Akhaddar 等^[4]提根据椎间盘突出与骨块的位置分为两阶段, A 阶段: 椎间盘移位至骨块后缘; B 阶段: 椎间盘移位超过骨块后缘。

Chang 等^[2]根据 CT 上离断的大小和位置将其分为中央较小离断, 侧隐窝较小离断, 单侧较大的离断, 中央较大的离断, 双侧较大的离断等五型。

由于大多数分类都是基于较少病例的回顾性研究, 根据骨碎片的不同特征, 提出不同分类方案, 其可靠性和实用性都受到了质疑, 应进一步研究并制定系统可靠的分类方法指导疾病的治疗。目前尚无 PARS 的诊断指南, 其诊断主要依靠患者临床症状、影像学表现以及依赖于对医生对这种疾病的了解程度和主观意识。

3 治疗策略

由于这类疾病大多影响年轻人, 治疗原则应该是保护脊柱的正常结构和运动功能。治疗前全面了解 PARS 的位置和类型是指导治疗的关键。与一般脊柱外科疾病相似, PARS 的治疗分为保守治疗和手术治疗, 保守治疗无效可考虑手术治疗。目前, 手术包括后椎板切除减压, 融合内固定和微创手术。由于 PARS 的低发病率和不同分型, 对于最佳的手术策略仍存在争议。

3.1 保守治疗

PARS 的保守治疗原则与髓核突出的保守原则相似, 这包括卧床休息, 止痛药和非甾体抗炎药, 物理疗法以及在有或没有腰托的情况下进行活动^[1,24]。Takata^[18]和 Epstein 等^[7]的研究中, 部分患者接受了非手术治疗, 但是文献没有提供足够的关于保守治疗适应证的信息。Chang 等^[2]的系列研究中, 在 12 例未手术的青少年患者中, 6 例离断骨块较大的患者中有 3 例的结果较差, 其余效果较好, 并认为较小的骨块比较大的骨块保守治疗有更好的临床结果。Baba 等^[25]建议对椎体后缘离断小或无钙化 III 型患者进行保守治疗。然而移位较大的 PARS 患者保守治疗效果很差。对于骨块较小, 无压迫表现或脊髓神经症状、对日常生活影响较小的患者可保守治疗, 若症状加重建议手术治疗。

3.2 开放手术治疗

PARS 的治疗应遵循尽可能完全减压而不过度破坏正常骨性结构, 以保持脊柱的稳定的原则^[23]。Conlee 等^[26]的研究中保守治疗并不成功, 并且大多学者认为保守疗法无效或患者持续背痛而不利于日常活动时, 无论神经功能缺损如何, 都强调需要进行手术治疗^[1,24]。Deleo 等^[12]认为保守治疗失败 (6~12 周), 建议手术治疗。手术方案最初是根据骨赘的大小确定的, 包括开窗术, 半椎板切除术, 全椎板切除术和融合术^[3]。

从解剖上来看, 压迫物可以通过后入路或前入路完全切除。然而, 由于操作极其困难且并发症较多, 不建议采用前入路的骨切除和椎间盘切除术^[15]。对于分型中的 I、II 和 IV 型引起的椎管或椎间孔狭窄, 有学者认为需要广泛切除相邻上或下椎板, 也有学者^[9,21,25]建议双侧椎板切开或全椎板切除, 以去除大而广泛的骨块, 对于 III 型, 单侧手术可以获得足够的减压和功能改善, 包括半椎板切开、椎板切除和显微内窥镜椎间盘切除术。在 Akhaddar 等^[4]的研究中, 87 例接受椎板切除和椎间盘切除患者, 均取得较好的效果。Epstein 等^[7]研究中 56 名接受了手术, 其中包括 32 例扩大椎板切除

术, 18 例扩大半椎板切除术和 6 例椎板切除术, 均取得较好的效果。对于偏侧型的病变, 单侧减压将其移除, 而位于中央或更宽的基底处的病变需要双侧或扩大减压^[25]。Wu 等^[1]指出, 减压取决于 PARS 的类型、碎片位置、受累节段数和外科医生的技能。后路椎间盘切除联合半椎板切开或椎板切除而不融合, 通常被认为是标准的手术治疗方式^[9, 21, 25]。

3.3 微创治疗

开放手术虽然术后效果较好, 但手术创伤大, 有可能导致邻近节段加速退变和脊椎疾病发展^[27], 对正常骨结构的过度破坏损失将超过所获得减轻症状的收益, 如残留下腰痛、医源性不稳定和硬膜外瘢痕^[28]。微创手术具有创伤小, 手术时间短, 恢复快, 术后并发症少以及对正常生理结构损害较少等优点^[10], 其安全性及有效性已被证实^[10, 29]。经皮穿刺内窥镜椎间盘摘除术 (percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED) 可以直接穿刺到达 PARS 的解剖位置, 因此可以最大限度地保留脊柱的结构^[23]。Wang 等^[23]的队列对照研究回顾了共 96 例腰椎 PARS 患者, 其中 51 例接受了 PTED 治疗, 45 例接受了开窗髓核摘除术 (fenestration discectomy, FD) 治疗, 两组疗效无统计学差异, 都无严重并发症, 但 PTED 手术时间短, 创伤小, 恢复快, 并减少了对脊柱结构的破坏, 这对中青年患者尤其重要。但其远期疗效和并发症有待进一步观察和研究。全内窥镜腰椎间盘摘除术 (FELD) 已被认为是减少成人和青少年失血、硬膜外瘢痕形成和医源性不稳定的微创手术^[30]。Zheng 等^[28]采用 FELD 治疗 LDH 伴 III 型 PARS 患者, 均有较好的效果。并且已有研究表明^[31], 在 X 线动态随访中未发现微创术后腰椎不稳定。

越来越多的研究表明, 微创手术治疗 PARS 在缓解临床症状、促进神经修复取得了不错的疗效的同时, 能保留相应椎体节段的骨性结构和椎间结构, 以最大限度的保留脊柱的生物力学稳定。但其远期疗效有待进一步随访研究。

3.4 并发症

PARS 术后并发症与 LDH 相似, 包括硬脊膜损伤、一过性痛觉过敏、深部伤口感染、椎间盘炎症和椎间盘突出症复发^[4, 25]。Epstein 等^[13]报道, 在 27 名接受椎板切除、椎板切除或椎间盘摘除的患者中, 有 1 例因离断骨块切除过程中过度的神经根牵引而出现一过性神经功能障碍, 2 例患者在手术中因脑脊液漏需要硬脑膜修补。Akhaddar 等^[4]

报道 87 例半椎板切除或全椎板切除和椎间盘切除的患者中, 5 例 (5.7%) 复发。在这 5 例患者中, 1 例需要在相邻节段摘除椎间盘, 4 例 (4.59%) 需要在同一节段再次摘除椎间盘。Wang 等^[23]的研究中, 开窗式椎间盘切除术 (FD) 组中 2 例因术中粘连导致严重硬脑膜破裂, 1 例出现感染并发症, 2 例术后随访复发, 经过积极治疗, 他们恢复得很好。经皮穿刺内窥镜椎间盘摘除术 (PTED) 组 2 例术后 1d 内出现一过性神经刺激症状, 经积极治疗后恢复良好。1 例患者有较长的病程, 并伴有严重的椎间盘突出术后复发, 经保守治疗无明显好转, 接受了开窗式椎间盘切除术 (FD) 治疗, 术后恢复良好^[23]。Zheng 等^[28]通过 FELD 治疗 33 例患者中有 2 例出现并发症: 1 例双侧撕裂 (3.0%) 和 1 例一过性感觉障碍 (3.0%), 均不需要进一步治疗。1 名患者 (3%) 在随访期间复发, 接受了后路椎间盘切除加椎板切术, 完全康复。Zhang 等^[28]研究中术中或术后并发症发生率与成人腰椎间盘突出症的报道数据一致, 并未显示 PARS 患者明显增加。开放手术与微创手术短期并发症未见明显差异, 但两种手术方式研究病例数都较小, 文献证据质量较低, 需要更多高质量的临床研究。

3.5 争议

3.5.1 PARS 节段椎间盘是否需要摘除 在某些病例中, 即使是大的中央骨碎片而不是突出的椎间盘导致了椎管狭窄和根部卡压, 椎间盘源性疼痛也是慢性腰痛的原因^[2]。因此, 多数作者都建议摘除椎间盘^[2, 4]。但 Liquois 等^[32]认为在不合并椎间盘退行性的情况下, 不对儿童进行椎间盘切除术。Molina 等^[33]报告一例由于 MRI 未显示椎间盘损伤或退变, 因此未切除椎间盘, 短期随访未复发。Ehni 等^[34]也提出, 在运动活跃的青少年中尽可能多地保存后方元素和未破裂的椎间盘是必要的。

3.5.2 PARS 节段骨块是否需要摘除 大多数作者主张在椎间盘摘除时同时切除关节突碎片, 其临床效果令人满意^[2, 15]。Wang 等^[23]也认为应尽可能多地摘除游离骨块。Chang 等^[2]认为有较大骨块的患者以后患慢性背部疼痛的可能性更大, 小的骨块无临床意义。Takata 等^[18]认为, 大多数小型 PARS 都是可移动的, 必须切除, 这与一些研究结论一致^[3-4]。但在 Shirado 等^[3]的前瞻性研究认为切除分离的碎片并不是强制性的, 因为切除碎片并不影响临床结果。Akhaddar 等^[4]认为, B 阶段不能切除骨块, 因为是椎间盘突出引起的典型急性坐骨神经痛, 而不是骨块。在 Zheng 等^[28]的研究中,

15 名患者 (45.5%) 接受了没有切除全部固定的骨碎片的椎间盘切除术, 随访均未复发, 认为固定的碎片不影响临床效果, 移除环状碎片并不总是必要的。并且在 Shirado 等^[3]的研究中, 尽管其研究的证据质量更高, 但活动碎片都是在较年轻的患者中切除, 而在成年人保留的较小的固定碎片。对于这些差异, 大多证据级别不高, 因此对于骨块是否切除需要更多高质量的临床研究才能得出更确凿的结论。

3.5.3 PARS 术中是否需要融合 对于是否需要融合, 大多数作者不同意常规进行^[2,4]。Talha 等^[14]提示如果进行广泛的双侧椎板切除, 后外侧关节融合术是必要的, 以避免继发性不稳定。Asazuma 等^[15]首次在 5 例青少年患者中进行后路腰椎间融合术 (PLIF), 以治疗根袖受压和脊柱不稳。虽然效果较好, 但研究病例较少且没有对照组, 无法说明脊柱融合是否必要。至于其他脊柱疾病的手术治疗, 脊柱融合适应症仅限于术前节段不稳、多节段椎板切除或扩大小关节切除超过 50%^[15,25]。目前, 许多专家发现了传统融合手术的弊端, 例如邻近节段退变, 背部手术失败综合征^[35], 更多的出血等。因此, 对于存在腰椎不稳患者或术中切除关节突大部者, 应行内固定或植骨融合术, 其余不建议进行融合。

4 小结

总之, PARS 是好发于青少年的一类脊柱疾患, 其发病机制目前主流观点均与青少年骺环未闭及运动创伤导致的椎体及骺环应力较大有关。且 PARS 的分型学说较多, 目前尚未达成共识, 尚且需要提出多中心多数据支持的系统可靠的诊断 PARS 的分型指导。对于 PARS 的治疗方式, 首先需要综合 PARS 是否致病、是否影响脊柱稳定性、切除风险等进行判断, 然后是需要综合骨性结构的活跃度、大小、位置等来决定是否全部切除, 最后是根据骨性结构的节段、位置、解剖特点判断入路及方式。但不管采用何种手术方案, 手术治疗最为理想的目标应是在彻底减压的前提下, 尽量保留相应椎体节段的骨性结构和椎间结构, 以最大限度的保留脊柱的生物力学稳定, 缓解临床症状, 促进神经修复, 避免复发。

[参考文献]

- [1] Wu X, Ma W, Du H, Gurung K. A review of current treatment of lumbar posterior ring apophysis fracture with lumbar disc herniation [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 (3): 475-488.
- [2] Chang C H, Lee Z L, Chen W J, et al. Clinical significance of ring apophysis fracture in adolescent lumbar disc herniation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (16): 1750-1754.
- [3] Osamu S, Yasuhiro Y, Naoki T, et al. Lumbar disc herniation associated with separation of the ring apophysis: Is removal of the detached apophyses mandatory to achieve satisfactory results [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, 431 (2): 120-128.
- [4] Ali A, Hatim B, Mohamed O, Mohammed B. Posterior ring apophysis separation combined with lumbar disc herniation in adults: A 10-year experience in the surgical management of 87 cases [J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 14(4): 475-83.
- [5] Martínez-Lage J F, Poza M, Arcas P. Avulsed lumbar vertebral rim plate in an adolescent: Trauma or malformation [J]. *Child's Nervous System*, 1998, 14(3): 131-134.
- [6] Seo Y N, Heo Y J, Lee S M. The Characteristics and incidence of posterior apophyseal ring fracture in patients in their early twenties with herniated lumbar disc [J]. *Neurospine*, 2018, 15(2): 138-143.
- [7] Epstein N E. Lumbar surgery for 56 limbus fractures emphasizing noncalcified type III lesions [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1992, 17(12): 148914-14896.
- [8] Savini R, Di Silvestre M, Gargiulo G, et al. Posterior lumbar apophyseal fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991, 16(9): 1118-1123.
- [9] Mendez J S, Huete I L, Tagle P M. Limbus lumbar and sacral vertebral fractures [J]. *Neurol Res*, 2002, 24(2): 139-144.
- [10] Deng Z Y, Yang W J, Han L, et al. The minimally invasive spinal surgery in the treatment of posterior edge separation [J]. *Ann Palliat Med*, 2020, 9(4): 1937-1943.
- [11] Lowrey J J. Dislocated lumbar vertebral epiphysis in adolescent children. Report of three cases [J]. *J Neurosurg*, 1973, 38(2): 232-234.
- [12] Trevor D, Samuel M, Colyn S, et al. A posterior ring apophyseal fracture and disc herniation in a 21-year-old competitive basketball player: A case report [J]. *J Can Chiropr Assoc*, 2015, 59(4): 373-382.
- [13] Epstein N E, Epstein J A. Limbus lumbar vertebral fractures in 27 adolescents and adults [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1991, 16(8): 962-966.

- [14] Talha A, Cronier P, Toulemonde JL, et al. Fracture of the vertebral limbus[J]. *Eur Spine J*, 1997, 6(5): 347-350.
- [15] Asazuma T, Nobuta M, Sato M, et al. Lumbar disc herniation associated with separation of the posterior ring apophysis: Analysis of five surgical cases and review of the literature[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2003, 145(6): 461-466.
- [16] Wu XY, Ma W. Posterior lumbar ring apophysis fracture [J]. *Orthop Surg*, 2011, 3(1): 72-77.
- [17] Kol í n J, Kol á r J. Posterior lumbar apophyseal ring fracture simulating a mass lesion in computed tomograms [J]. *Rofo*, 1989, 151(1): 114-115.
- [18] Takata K, Inoue S, Takahashi K, et al. Fracture of the posterior margin of a lumbar vertebral body[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1988, 70(4): 589-594.
- [19] Faizan A, Sairyo K, Goel V K, et al. Biomechanical rationale of ossification of the secondary ossification center on apophyseal bony ring fracture: A biomechanical study [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2007, 22 (10): 1063-1067.
- [20] Sairyo K, Goel V K, Masuda A, et al. Three dimensional finite element analysis of the pediatric lumbar spine. Part II: biomechanical change as the initiating factor for pediatric isthmic spondylolisthesis at the growth plate [J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(6): 930-935.
- [21] Scarf ò G B, Muzii V F, Mariottini A, et al. Posterior retroextramarginal disc hernia (PREMDH): Definition, diagnosis, and treatment [J]. *Surg Neurol*, 1996, 46 (3): 205-211.
- [22] Koyama K, Nakazato K, Min S, et al. COL11A1 Gene is Associated with Limbus Vertebra in Gymnasts [J]. *Int J Sports Med*, 2012, 33(7): 586-590.
- [23] Yao Bin W, Shu Lian C, Chen C, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and fenestration discectomy to treat posterior ring apophyseal fractures: A retrospective cohort study [J]. *Orthopaedic surgery*, 2020, 12 (4): 1092-1099.
- [24] Haus B M, Micheli L J. Back Pain in the pediatric and adolescent athlete [J]. *Clin Sports Med*, 2012, 31 (3): 423-440.
- [25] Baba H, Uchida K, Furusawa N, et al. Posterior limbus vertebral lesions causing lumbosacral radiculopathy and the cauda equina syndrome [J]. *Spinal Cord*, 1996, 34 (7): 427-432.
- [26] Conlee Erin M, Driscoll Sherilyn W, Coleman Wood Krista A, et al. Posterior vertebral endplate fractures: A retrospective study on a rare etiology of back pain in youth and young adults [J]. *PM & R : The journal of injury, function, and rehabilitation*, 2019, 11(6): 619-630.
- [27] Miwa T, Sakaura H, Yamashita T, et al. Surgical outcomes of additional posterior lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after single-level posterior lumbar interbody fusion [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(12): 2864-2868.
- [28] Zheng Z, Tu Z, Li Y, et al. Full-Endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation with posterior ring apophysis fracture: A retrospective study [J]. *World Neurosurgery*, 2018, 24(12): 32877-32878.
- [29] Chen P, Chuanli Z, Kai Z, et al. Percutaneous full endoscopic management of lumbar posterior edge separation in adolescents [J]. *Zeitschrift fur Orthopadie und Unfallchirurgie*, 2019, 12(12): 478-784.
- [30] Wang X, Zeng J, Nie H, et al. Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for pediatric lumbar disc herniation [J]. *Childs Nerv Syst*, 2014, 30(5): 897-902.
- [31] Yang J S, Chu L, Chen C M, et al. Foraminoplasty at the tip or base of the sSuperior articular process for lateral recess stenosis in percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A multicenter, retrospective, controlled study with 2-Year Follow-Up [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 19 (12): 7692794.
- [32] Liquois F, Demay P, Filipe G. Sciatica caused by avulsion of the vertebral limbus in children [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1997, 83(3): 210-216.
- [33] Molina V, Court C, Dagher G, et al. Fracture of the posterior margin of the lumbar spine: Case report after an acute, unique, and severe trauma [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29(24): E565-567.
- [34] Ehni G, Schneider S J. Posterior lumbar vertebral rim fracture and associated disc protrusion in adolescence [J]. *J Neurosurg*, 1988, 68(6): 912-916.
- [35] M ü ller M, Limacher A, Agten CA, et al. Can quantitative sensory tests predict failed back surgery: A prospective cohort study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 695-704.