

伴有椎体内裂隙征的骨质疏松性椎体压缩骨折的诊治进展

The development of diagnosis and therapeutics of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft

李 哲, 苏庆军, 海 涌

(首都医科大学附属北京朝阳医院 100020 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.07.12

中图分类号: R681.5, R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-07-0647-05

随着现代社会人口老龄化的加剧, 骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs) 的发病率越来越高, 据统计, 全世界每年大约发生骨质疏松椎体骨折 140 万例。椎体内裂隙征 (intravertebral cleft, IVC) 最早见于 1978 年 Maldague^[1] 的报道, 作者最先描述了此现象: 椎体压缩骨折的患者在伸展位时, X 线平片上可见椎体内存在低密度影, 并认为此现象与椎体内骨缺血坏死和椎体内不稳定有关。近年来, 随着影像技术以及治疗手段的发展, 国内外出现了许多关于椎体内裂隙征的研究。文献中的“椎体真空征” (intravertebral vacuum cleft)、 “线样椎体内真空” (linear intravertebral vacuum)、 “骨内真空现象” (intraosseous vacuum phenomenon)、 “椎体内真空现象” (intravertebral vacuum phenomenon) 都是 IVC 的同义词。合并 IVC 的 OVCFs 不同于一般 OVCFs, 有其特殊的临床特点。笔者通过总结最新的文献, 对伴有椎体内裂隙征的 IVC 的诊治进展综述如下。

1 形成机理

早在 1978 年, Maldague^[1] 对伴有 IVC 的骨折椎体行组织学活检, 发现在已没有成骨细胞的板层骨小梁之间, 有新的“编织”骨形成, 提示骨坏死; 同时骨髓细颗粒状水肿间质组织取代了正常细胞, 提示为骨缺血后修复的过程, 因而提出 IVC 是骨缺血坏死的结果。Libicher 等^[2] 的研究中观察了 180 个椎体压缩骨折患者的 CT 和病理检查, 12 个伴有 IVC 的伤椎中, 11 个组织活检发现骨坏死; 在 13 个病理检查有骨坏死的病例中, 11 个 CT 上有 IVC 征。

Hasegawa 等^[3] 认为 IVC 是存在运动的纤维软组织形成的假关节, 发现在裂隙中有关节液存在。Benedek 等^[4] 认为, IVC 形成的原因是供给椎体营养的血管受到损害, 导致骨折愈合不良。Kim 等^[5] 在伴有 IVC 的 OVCFs 患者的节段动脉内发现有血栓形成, 认为骨折碎片和受累节段椎

体的假关节活动可能会损伤节段动脉, 导致血栓形成或是动脉狭窄影响血供。这一观点也得到解剖学证据的支持。供应椎体前部的正中中动脉短而分支早^[6], 且椎体前三分之一血供相对单一, 无侧支循环^[7], 椎体前部更易发生缺血性坏死^[8], 而 IVC 往往多发生于椎体前部^[4]。

Lafforgue 等^[9] 研究了裂隙内气体的来源, 作者发现, 发生椎体内气体裂隙的椎体相邻间盘也常常会有气体现象, 提示两者相关。IVC 也更常见于伴有上下终板破裂的椎体骨折^[10]。Armingeat 等^[11] 从气体成分角度分析, 通过前瞻性的影像学评估指出, 椎体内气体中含有约 90%~92% 的氮, 这与来自邻近椎间盘的气体成分基本一致。所以, 裂隙内的气体可能是退变椎间盘内的气体通过破裂的终板进入裂隙内的^[9]。

2 临床特点

IVC 的发生率报道不一, 一般在 12.1%~42.4%^[8,12]。严重的 OVCFs 容易出现 IVC 现象, Goldstein 等^[10] 认为 IVC 的发生率与大于 50% 的椎体塌陷呈明显的相关性。同时, IVC 的发生率与年龄呈正相关, 与骨密度呈负相关^[12]。类固醇药物的应用也会增加 OVCFs 患者出现 IVC 的风险^[13]。IVC 更常见于伴有上下终板破裂的椎体骨折, 可能是由于髓核更容易通过破裂的终板进入骨折椎体, 不利于骨折愈合^[10]。

IVC 常发生于非急性 OVCFs 患者^[9], 由于伴有 IVC 的患者椎体内不稳定, 患者常经过卧床等保守治疗后疼痛不缓解, 其相对于一般的 OVCFs, 会导致更长时间的背部疼痛^[14], 严重者可伴有神经损伤症状。既往学者们认为 IVC 不发生于骨折的急性期, 但也有报道^[15,16] 发现, 在有些 OVCFs 的急性期 (受伤后 1 个月以内), 也可观察到 IVC 现象。不仅如此, 发生 IVC 现象的急性椎体骨折稳定性比一般骨折较差, 同时, 患者会有更剧烈的疼痛, 后凸角增大、高度丢失更严重^[16]。但是, Hashidate 等^[17] 也提出, 并不是所有 IVC 都有临床意义, 有些 IVC 在随访过程中也可能会消失。所以近来学者们认为, 当 IVC 同时合并不稳定时才有临床意义^[18]。

第一作者简介: 男 (1992-), 在读硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)85231229 E-mail: lizheason@126.com

通讯作者: 苏庆军 E-mail: qjsurex@sohu.com

3 影像学特点及意义

Maldague^[1]最先发现并描述了 IVC 现象,但由于当时影像技术的限制,仅对 IVC 的 X 线片进行了描述:在 X 线片上表现为上终板下方线形或半月形的透亮阴影,仰卧位时最明显,在站立位时不明显或消失;前屈位时不明显,后伸位时明显。据此可以看出,IVC 现象与椎体内存在活动和不稳有关^[5]。

随着影像技术的发展,以及高分辨 CT、MRI、骨扫描等检查在临床的普及,人们对 IVC 现象有了更深刻的认识。

在 CT 片上,无论是矢状位还是冠状位,都可见椎体内存在裂缝,与 X 线片相比往往表现得更加不均匀和不规则^[6]。因为患者拍摄 CT 片时脊柱处于伸展状态,并且 CT 片相比于 X 线平片可以显示更多细节,其诊断率较 X 线平片更高^[8]。

目前,MRI 平扫已广泛应用于 IVC 的诊断,其敏感性较高^[9]。IVC 主要有两种表现,区别主要体现在 T2 相上。当裂隙内主要是液体时,IVC 在 T1 相上显示线样或是半月形的低信号,在 T2 相上显示为高信号;当裂隙内是气体时,T1 和 T2 相上均显示为低信号^[3,19]。对于裂隙内容物为何有时为液体,有时为气体,其说法不一,主要有两种。Yu 等^[20]认为裂隙内液体征象和裂隙内气体征象是压缩骨折后椎体内骨坏死的两个阶段。早期出现液体征,随着塌陷的进展,裂隙周围的松质骨硬化、塌陷,阻止渗出液进入椎体,裂隙内出现气体。另一种观点认为,急性期患者伤椎周围水肿严重,患者仰卧位时液体快速积聚在裂隙内,此类患者 MRI T2 相上呈高信号^[15];而骨折时间较长的患者仰卧位时,液体往往需要更长的时间才能慢慢聚集到裂隙内,MRI 显示为 T2 相上的低信号^[3]。

MRI 平扫对于发现慢性骨折中的 IVC 较理想^[21]。但对于急性或是亚急性(<3 个月)骨折,由于裂隙中内容物多样(包括液体、出血和坏死组织等),MRI 平扫往往显示不均匀信号,这时,增强 MRI 的优势更明显^[22]。对于慢性(大约 3 个月)骨折的病例,MRI 与增强 MRI 诊断无差异,增强 MRI 的优势有限^[22]。但是由于增强 MRI 花费较高,且为有创检查,应根据患者具体情况应用。

近来,有报道显示出现 IVC 的椎体骨折骨扫描呈现高摄取现象。Bhalla 等^[23]报道了 11 例出现 IVC 的病例,其中 3 例行骨扫描,3 例出现 IVC 的伤椎均显示摄取增强。Eenenaam 等^[24]报道了 1 例真空征迟发性塌陷病例,患者外伤 3 周后拍 X 线片显示正常,同时骨扫描显示摄取增强;受伤 9 周后出现椎体塌陷,出现 IVC 现象。可见骨扫描对于迟发性的 IVC 有一定的早期诊断价值。但是,目前尚无骨扫描对于 IVC 现象的特异性和敏感性的系统研究。

Lin 等^[21]报道了动态增强 MRI 对于椎体内裂隙现象有重要的意义。作为评估骨髓灌注的功能性检查,动态增强 MRI 对于 IVC 的早期发现和诊断均有帮助。但是该方法目前多用于研究,临床应用较少。

4 椎体裂隙征和 Kümmell 病

Kümmell 病最早见于 Kümmell 医生在 1895 年的报道,其主要特点是轻微外伤后迟发的椎体塌陷导致的进展性疼痛和角状后凸形成。目前较公认的病因学假说是外伤后的椎体缺血性骨坏死^[25]。主要的诊断基础是有创伤史、但无症状、影像学检阴性,随后出现迟发的伴有疼痛的后凸畸形^[26]。Steel 等^[26]将 Kümmell 病的临床进程大致分成 5 个阶段:(1)创伤初期:创伤程度多样,创伤常为脊柱过度屈曲,椎体影像学上无异常;(2)创伤后期:患者感觉伤处轻微疼痛,但无后遗症,能正常活动、工作;(3)相对舒适期:持续约几周或个月,介于创伤后期和复发期之间,患可以自主活动;(4)复发期:患者感觉背痛,背部存在压痛,伤椎处不稳定,患者可有身高降低、驼背出现;同时出现外周神经根性症状;(5)终末期:患者永久性后凸形成,并出现神经根或是脊髓的压迫症状。

由于当时影像学检查还未应用于临床,最初的“Kümmell 病”只是主要基于临床症状描述的总结。随着影像学的发展,人们发现,Kümmell 病的末期 X 线片上可以看到 IVC 征象;同时,伴有 IVC 的椎体骨折常有与 Kümmell 病相似的临床症状。许多学者把出现 IVC 的椎体骨折直接诊断为 Kümmell 病^[27,28]。Swartz 等^[29]认为,把 IVC 当作 Kümmell 病的标志是不对的。Kümmell 病的病例在 X 片上可看见 IVC^[30];但是许多其他情况下伤椎也会出现 IVC^[1,31,32]。此外,当气体进入伤椎后,也会出现 IVC,出现 IVC 也并不代表存在骨坏死。

所以,临床上仅仅出现 IVC 的患者不应草率地诊断为 Kümmell 病,更不应该把 IVC 等同于“Kümmell 征”。

5 治疗

伴有 IVC 的 OVCFs 患者椎体内存在不稳定,导致患者疼痛持续时间长,卧床休息、支具固定等保守治疗常需要更长的时间,保守治疗的预后不理想,往往需要手术干预。目前主要的手术方式为传统开放手术治疗和椎体强化术治疗,椎体强化术治疗主要包括:椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)、椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)。

5.1 开放手术治疗

对于已经出现神经功能损伤的伴有 IVC 的患者,有人认为 PVP、PKP 等手术方法也能改善患者神经功能^[33],但是,大多情况仍选择开放手术的方法。手术目的总结来主要是减压神经、恢复脊柱生理曲度和维持脊柱平衡。术式主要包括前路减压、植骨融合^[34],后路减压椎弓根楔形截骨^[35,36],或是前后路联合手术^[37]。

随着手术技术的提高,新的手术方式也在不断出现。Zhang 等^[38]对 16 例伴有神经症状的、存在 IVC 的椎体骨折患者行后路减压、伤椎椎体成形,同时在伤椎上下椎体椎弓根钉融合、后外侧植骨,术后 1d 和末次随访(平均 22 个月)时患者疼痛程度、前、中柱高度及神经功能较术前均明

显改善。Chen 等^[39]应用自体骨和硫酸钙混合物,通过椎弓根填充入 IVC,结合后路椎弓根钉系统在伤椎上下椎体进行融合,术后 14 例患者效果满意。

即便如此,开放性的手术对于年龄较大、并发症多的 OVCFs 患者,风险依旧很大。随诊人口老龄化的加剧,伴有 IVC 和神经症状的 OVCFs 患者越来越多。如何选择手术方式与入路,能在改善或是控制神经症状进展的同时,将手术风险降到最低,目前还没有公认的治疗方案,还需进一步的系统研究。

5.2 PVP

大多数文献^[40,41]报道伴有 IVC 的 OVCFs 经 PVP 治疗后,平均 VAS 评分明显改善。然而, Kim 等^[42]报道 PVP 治疗伴有 IVC 的 OVCFs 术后 1 周有效率(疼痛大部分缓解和完全缓解所占比例)仅为 69.6%(16/23),术后 1 个月有效率为 65.2%(15/23)。

Nakamae 等^[43]对 291 例伴有 IVC 的 OVCFs 患者行 PVP 治疗,结果显示,患者术后疼痛明显改善,后凸角、椎体不稳明显改善;术后 1 个月和末次随访时的后凸改善明显,术后及末次随访时的疼痛也明显减轻;Ha 等^[43]报道伴 IVC 的 OVCFs 患者 PVP 术后疼痛缓解比非 IVC 组小,后凸角和前壁高度 IVC 组比非 IVC 组改善更明显,但无统计学差异,而且末次随访 IVC 组高度丢失更多。Koike 等^[44]在传统 PVP 的基础上,在负压吸引下注入骨水泥治疗伴有 IVC 的压缩骨折,取得了更好的骨水泥填充效果。

对于同时伴有迟发性神经损伤、IVC 的 OVCFs 患者, PVP 也能改善大多数患者神经功能,未发生神经功能损伤进展的情况,较为安全^[33]。

5.3 PKP

Zou 等^[45]对伴有 IVC 和不伴有 IVC 的 OVCFs 患者经 PKP 治疗后的效果进行了对比,结果显示,两组患者术后疼痛明显减轻,两组间无明显差异;两组术后前缘高度均较术前明显增加,同时,IVC 组术后前缘高度和后凸角改善明显好于 NIVC 组。Wu 等^[46]认为 PKP 对于 IVC 组和非 IVC 组均可以缓解疼痛、恢复功能、改善后凸和椎体前壁高度;术前术后椎体后凸和前壁高度显著改善,术后和末次随访(平均 33.2 个月)时无差别;IVC 组和非 IVC 组末次随访时疼痛、后凸和椎体前壁高度无明显差异。Niu 等^[47]的研究显示 PKP 可以明显缓解疼痛、改善后凸和恢复椎体前壁高度。同时对比了术前裂隙内气体与液体术后结果的差别,发现裂隙内液体征组术后能获得更好的后凸改善和椎体前缘高度恢复。Chen 等^[48]发现 PKP 术后 IVC 患者功能改善明显,后凸及椎体高度改善明显,且 IVC 组较非 IVC 组,术后即刻椎体高度恢复更多。

Zhang 等^[47]对比了 PVP 和 PKP 治疗伴有 IVC 的 OVCFs 患者的术后疗效,两组术后疼痛缓解、椎体高度恢复和后凸改善无差异,PKP 手术时间较 PVP 长,但 PKP 术后骨水泥渗漏较少。

特别指出的是,由于椎体裂隙周围坏死的骨组织发

生硬化,术者在手术中穿刺到该部位时,常感觉阻力非常大,当穿刺针尖到达裂隙内时,有“落空感”^[2]。为降低骨水泥的渗漏率,术者可以将少量骨水泥注入椎体前方,利用手术室与体内的温度差,待前方骨水泥稍微凝固封堵住前方椎体周壁缺损后,再少量多次注入骨水泥^[54]。

5.4 其他微创手术方式

随着新技术发展,越来越多的微创手术方法逐渐开始在临床应用。Seon 等^[48]对伴有 IVC 的 8 例神经功能完整的 OVCFs 行后路骨水泥强化、经皮置钉术,虽然术后 12 个月的椎体高度较术前显著提高,但与术后相比,椎体高度下降了 28.5%;术后 1 个月和术后 12 个月疼痛缓解和后凸修复效果明显。

5.5 并发症

PKP 和 PVP 术后并发症主要包括骨水泥渗漏、相邻椎体骨折和椎体再塌陷等。

Fang 等^[12]对 47 例 IVC 行 PKP 手术,术后 2 年,IVC 组出现了明显的椎体再塌陷,非 IVC 组则没有发现,建议对于伴有 IVC 的压缩骨折,应延长随访时间。Heo 等^[49]提示 PVP 治疗骨质疏松性椎体骨折术后,IVC 组的再塌陷发生率(28.6%)明显高于非 IVC 组(1.2%);Yu 等^[50]对椎体成形术治疗伴有 IVC 的 OVCFs 的文献进行系统评价,发现末次随访时伤椎可见明显的再塌陷,作者认为可能与骨水泥的分布有关。注入 IVC 的骨水泥是实心的,同时由于 IVC 周围坏死骨的存在不利于骨水泥的弥散,骨水泥不能与周围的骨质相互融合,分散压力,而是使压力集中于周围脆弱的骨质^[52]。另外,注入的骨水泥也会加重骨水泥周围的骨坏死^[48]。所以,严重的再塌陷常见于 IVC 患者的非骨水泥增强区。

对于椎体强化术后骨水泥渗漏率,各个文献报道不一(7.1%~75%)^[51,52]。多篇文献报道都认为,伴有 IVC 的 OVCFs 行椎体成形术后有更高的渗漏率^[8,12],Zou 等^[45]研究结果显示 IVC 组和非 IVC 组骨水泥渗漏率无明显差别;但是,Krauss 等^[53]的结果显示 IVC 组比非 IVC 组,渗漏率更低。通过对比以上文献中的骨水泥注射量,Krauss 等术中骨水泥注入量明显少于其他研究。注入较少的骨水泥时,骨水泥主要集中在裂隙内,同时裂隙周围的纤维软骨质阻止骨水泥向周围扩散,从而减少了骨水泥的渗漏^[50]。多篇文献报道骨水泥渗漏中以椎间盘内渗漏最为多见,这主要由于 IVC 患者多数存在终板骨折^[10],术中骨水泥容易经终板渗漏至椎间盘。

经双侧穿刺,精确定位,测量 IVC 体积,避免注入过多骨水泥,降低骨水泥渗漏风险;测量 IVC 体积后再注入骨水泥可以减少骨水泥渗漏的风险^[14]。术前对伤椎影像仔细评估,术中运用多次注射法,先少量骨水泥封堵皮质破损,再大量注入高粘度骨水泥,术中一旦发现渗漏,应立即停止或是减慢注射,可以减少骨水泥的渗漏^[45]。

6 参考文献

1. Mالدague BE, Noel HM, Malghem JJ. The intravertebral vacuum cleft: a sign of ischemic vertebral collapse [J]. *Radiology*, 1978, 129(1): 23-29.
2. Libicher M, Appelt A, Berger I, et al. The intravertebral vacuum phenomenon as specific sign of osteonecrosis in vertebral compression fractures: results from a radiological and histological study[J]. *Eur Radiol*, 2007, 17(9): 2248-2252.
3. Malghem J, Mالدague B, Labaisse MA, et al. Intravertebral vacuum cleft: changes in content after supine positioning [J]. *Radiology*, 1993, 187(2): 483-487.
4. Benedek TG, Nicholas JJ. Delayed traumatic vertebral body compression fracture; part II: pathologic features [J]. *Semin Arthritis Rheum*, 1981, 10(4): 271-277.
5. Kim YC, Kim YH, Ha KY. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine [J]. *Spine J*, 2014, 14(4): 659-666.
6. Ratcliffe JF. The arterial anatomy of the adult human lumbar vertebral body: a microarteriographic study[J]. *J Anat*, 1980, 131(Pt 1): 57-79.
7. Young WF, Brown D, Kendler A, et al. Delayed post-traumatic osteonecrosis of a vertebral body(Kümmell's disease) [J]. *Acta Orthop Belg*, 2002, 68(1): 13-19.
8. Wu AM, Lin ZK, Ni WF, et al. The existence of intravertebral cleft impact on outcomes of nonacute osteoporotic vertebral compression fractures patients treated by percutaneous kyphoplasty: a comparative study [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2014, 27(3): E88-E93.
9. Lafforgue P, Chagnaud C, Daumen-Legre V, et al. The intravertebral vacuum phenomenon ("vertebral osteonecrosis"). Migration of intradiscal gas in a fractured vertebral body [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1997, 22(16): 1885-1891.
10. Goldstein S, Smorgick Y, Mirovsky Y, et al. Clinical and radiological factors affecting progressive collapse of acute osteoporotic compression spinal fractures [J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 31: 122-126.
11. Armingeat T, Pham T, Legre V, et al. Coexistence of intravertebral vacuum and intradiscal vacuum [J]. *Joint Bone Spine*, 2006, 73(4): 428-432.
12. Fang X, Yu F, Fu S, et al. Intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine: incidence, characteristics, and therapeutic efficacy [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 16960-16968.
13. Stabler A, Schneider P, Link TM, et al. Intravertebral vacuum phenomenon following fractures: CT study on frequency and etiology[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 1999, 23(6): 976-980.
14. Nakamae T, Fujimoto Y, Yamada K, et al. Efficacy of percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft[J]. *Open Orthop J*, 2015, 9: 107-113.
15. Linn J, Birkenmaier C, Hoffmann RT, et al. The intravertebral cleft in acute osteoporotic fractures: fluid in magnetic resonance imaging-vacuum in computed tomography[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(2): E88-E93.
16. Hutchins TA, Wiggins RH, Stein JM, et al. Acute traumatic intraosseous fluid sign predisposes to dynamic fracture mobility[J]. *Emerg Radiol*, 2017, 24(2): 149-155.
17. Hashidate H, Kamimura M, Nakagawa H, et al. Pseudoarthrosis of vertebral fracture: radiographic and characteristic clinical features and natural history [J]. *J Orthop Sci*, 2006, 11(1): 28-33.
18. Ha KY, Kim YH, Yoo SR, et al. Bone cement dislodgement: one of complications following bone cement augmentation procedures for osteoporotic spinal fracture[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2015, 57(5): 367-370.
19. Niu J, Song D, Zhou H, et al. Percutaneous kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral fractures with intravertebral fluid or air: a comparative study[J]. *Clin Spine Surg*, 2016 Jun 28. [Epub ahead of print].
20. Yu CW, Hsu CY, Shih TT, et al. Vertebral osteonecrosis: MR imaging findings and related changes on adjacent levels [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28(1): 42-47.
21. Lin WC, Chen HL, Lu CH, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for evaluating intraosseous cleft formation in patients with osteoporotic vertebral compression fractures before vertebroplasty [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2011, 36(15): 1244-1250.
22. Ishiyama M, Numaguchi Y, Makidono A, et al. Contrast-enhanced MRI for detecting intravertebral cleft formation: relation to the time since onset of vertebral fracture[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(1): W117-W123.
23. Bhalla S, Reinus WR. The linear intravertebral vacuum: a sign of benign vertebral collapse[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1998, 170(6): 1563-1569.
24. Van Eenennaam DP, El-Khoury GY. Delayed post-traumatic vertebral collapse (Kümmell's disease): case report with serial radiographs, computed tomographic scans, and bone scans [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1993, 18(9): 1236-1241.
25. Matzaroglou C, Georgiou CS, Assimakopoulos K, et al. Kümmell's disease: pathophysiology, diagnosis, treatment and the role of nuclear medicine. Rationale according to our experience[J]. *Hell J Nucl Med*, 2011, 14(3): 291-299.
26. STEEL HH. Kümmell's disease[J]. *Am J Surg*, 1951, 81(2): 161-167.
27. Brower AC, Downey EJ. Kümmell disease: report of a case with serial radiographs[J]. *Radiology*, 1981, 141(2): 363-364.
28. McKiernan F, Faciszewski T. Intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Arthritis Rheum*, 2003, 48(5): 1414-1419.
29. Swartz K, Fee D. Kümmell's disease: a case report and literature review [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(5): E152-E155.

30. Formica M, Basso M, Cavagnaro L, et al. Kümmell disease: illustrative case for definition criteria[J]. *Spine J*, 2016, 16(10): e707-e708.
31. Young WF, Brown D, Kendler A, et al. Delayed post-traumatic osteonecrosis of a vertebral body (Kümmell's disease) [J]. *Acta Orthop Belg*, 2002, 68(1): 13-19.
32. McKiernan F, Faciszewski T. Intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Arthritis Rheum*, 2003, 48(5): 1414-1419.
33. Nakamae T, Fujimoto Y, Yamada K, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture with intravertebral cleft associated with delayed neurologic deficit[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(7): 1624-1632.
34. Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, et al. Role of major spine surgery using Kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(1): 53-56.
35. Kim KT, Suk KS, Kim JM, et al. Delayed vertebral collapse with neurological deficits secondary to osteoporosis [J]. *Int Orthop*, 2003, 27(2): 65-69.
36. Mochida J, Toh E, Chiba M, et al. Treatment of osteoporotic late collapse of a vertebral body of thoracic and lumbar spine[J]. *J Spinal Disord*, 2001, 14(5): 393-398.
37. Suk SI, Kim JH, Lee SM, et al. Anterior-posterior surgery versus posterior closing wedge osteotomy in posttraumatic kyphosis with neurologic compromised osteoporotic fracture[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2003, 28(18): 2170-2175.
38. Zhang GQ, Gao YZ, Zheng J, et al. Posterior decompression and short segmental pedicle screw fixation combined with vertebroplasty for Kümmell's disease with neurological deficits[J]. *Exp Ther Med*, 2013, 5(2): 517-522.
39. Chen LH, Lai PL, Niu CC, et al. Intracorporeal bone grafting for vertebral compression fractures with intraosseous vacuum phenomenon[J]. *Int Orthop*, 2004, 28(1): 52-55.
40. Tay SS, Ng YS, Lim PA. Functional outcomes of cancer patients in an inpatient rehabilitation setting [J]. *Ann Acad Med Singapore*, 2009, 38(3): 197-201.
41. Wiggins MC, Sehizadeh M, Pilgram TK, et al. Importance of intravertebral fracture clefts in vertebroplasty outcome[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(3): 634-640.
42. Kim YJ, Lee JW, Kim KJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for intravertebral cleft: analysis of therapeutic effects and outcome predictors[J]. *Skeletal Radiol*, 2010, 39(8): 757-766.
43. Ha KY, Kim YH. Risk factors affecting progressive collapse of acute osteoporotic spinal fractures[J]. *Osteoporos Int*, 2013, 24(4): 1207-1213.
44. Koike Y, Takizawa K, Ogawa Y, et al. Percutaneous vertebroplasty for vertebral compression fractures with intravertebral cleft: cement injection under vacuum aspiration [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2011, 22(12): 1721-1726.
45. Zou D, Zhang K, Ren Y. Therapeutic effects of PKP on chronic painful osteoporotic vertebral compression fractures with or without intravertebral cleft [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 15780-15786.
46. Chen B, Fan S, Zhao F. Percutaneous balloon kyphoplasty of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft[M]. 2014.
47. Zhang GQ, Gao YZ, Chen SL, et al. Comparison of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty for the management of Kümmell's disease: a retrospective study [J]. *Indian J Orthop*, 2015, 49(6): 577-582.
48. Park SJ, Kim HS, Lee SK, et al. Bone cement-augmented percutaneous short segment fixation: an effective treatment for Kümmell's Disease?[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2015, 58(1): 54-59.
49. Heo DH, Chin DK, Yoon YS, et al. Recollapse of previous vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty[J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20(3): 473-480.
50. Yu W, Liang, Yao Z, et al. The therapeutic effect of intravertebral vacuum cleft with osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2017, 40: 17-23.
51. Wang G, Yang H, Chen K. Osteoporotic vertebral compression fractures with an intravertebral cleft treated by percutaneous balloon kyphoplasty[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(11): 1553-1557.
52. Tanigawa N, Kariya S, Komemushi A, et al. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures with or without intravertebral clefts [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(5): W442-W445.
53. Krauss M, Hirschfelder H, Tomandl B, et al. Kyphosis reduction and the rate of cement leaks after vertebroplasty of intravertebral clefts[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(5): 1015-1021.
54. 苏庆军. 骨质疏松性椎体压缩骨折的诊断与治疗[J]. *中国医师进修杂志*, 2017, 40(4): 289-291. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4904.2017.04.001.
- (收稿日期:2017-05-20 修回日期:2017-06-28)
(本文编辑 彭向峰)