

· 综 述 ·

脊柱骨母细胞瘤继发动脉瘤样骨囊肿：1 例报道和综述

黄冲宇，李波*，王涵，周游

(三峡大学附属仁和医院骨科，湖北宜昌 443001)

摘要：骨母细胞瘤 (osteoblastoma, OB) 继发动脉瘤样骨囊肿 (aneurysmal bone cysts, ABCs) 是一种罕见的原发性骨肿瘤，多见于脊柱，以椎体后部附件最常见。绝大多数患者表现为颈背部局部疼痛，可致疼痛性脊柱侧弯及相应神经压迫症状。因组织学上与骨样骨瘤相似，需结合多模式影像学 and 病理学相鉴别。目前，手术治疗是该疾病最重要的治疗方式，包括传统的开放手术以及微创手术。本文报告 1 例腰椎 OB 继发 ABCs，并对已发表的国内外文献进行综述。

关键词：骨母细胞瘤，动脉瘤样骨囊肿，脊柱肿瘤，临床表现，手术治疗

中图分类号：R738.1

文献标志码：A

文章编号：1005-8478 (2025) 11-1003-06

Aneurysmal bone cyst secondary to spinal osteoblastoma: A case report and review // HUANG Chong-yu, LI Bo, WANG Han, ZHOU You. Department of Orthopedics, Renhe Hospital, Three Gorges University, Yichang 443001, Hubei, China

Abstract: Aneurysmal bone cysts (ABCs) secondary to osteoblastoma (OB) is a rare primary bone tumor, most commonly seen in the spine, particularly affecting the posterior elements of the vertebrae. The majority of patients present with localized pain in the neck and back, which can lead to painful scoliosis and corresponding nerve compression symptoms. Due to its histological similarity to osteoid osteoma, multimodal imaging and pathological differentiation are necessary. Currently, surgical treatment is the most important approach for this disease, including traditional open surgery and minimally invasive surgery. This paper reports a case of lumbar OB secondary to ABCs and reviews and summarizes the literature published both domestically and internationally.

Key words: osteoblastoma, aneurysmal bone cysts, spinal tumors, clinical presentation, surgical treatment

骨母细胞瘤 (osteoblastoma, OB) 是一种罕见的原发性骨肿瘤，约占所有原发性骨肿瘤的 1%，占有所有良性骨肿瘤的 3%^[1]。1935 年，Jaffe 首次将 OB 描述为“骨母细胞瘤-骨样瘤”。1956 年，Jaffe 和 Lichtenstein 分别独立地将其描述为“良性骨母细胞瘤”。1984 年，Dorfman 提出了“侵袭性骨母细胞瘤”的交界性成骨性肿瘤实体，并发现与高复发率和恶性转化潜能有关。据报道，10%~15% 的 OB 中存在动脉瘤样骨囊肿 (aneurysmal bone cysts, ABCs)^[2]。ABCs 由 Jaffe 和 Lichtenstein 于 1942 年首次在文献中描述^[3]，是一种罕见的侵袭性、扩张性和溶骨性病变，约占所有骨肿瘤的 1%，约占所有原发性脊柱肿瘤的 15%^[4]，有作者报道了 33 例脊柱 ABCs 病变主要位于胸椎 (24.2%) 和腰椎 (33.3%)^[5]。与 OB 类似，ABCs 最常累及脊柱后部结构；还可能延伸到椎体和椎管内^[6]。OB 与 ABCs 同时出现在人群中相当罕见，当病变定位在腰椎时更为罕见。本文报道 1 例

L₃ 椎体 OB 继发 ABCs 的病例，并对相关文献进行综述。

1 病例报道

患者女性，39 岁，因“腰背部疼痛伴活动受限 3 周余，加重伴左足脚趾麻木 4 d”入院，患者自诉 3 周前无明显诱因出现腰背部疼痛不适，劳动后加重，自行予以理疗后症状反复，4 d 前疼痛进行性加重伴左足麻木。患者既往体健，无特殊病史。入院查体：腰背部皮肤无红肿、破溃，脊柱未见明显畸形，脊柱腰段叩击痛 (+)，棘旁竖脊肌压痛 (+)，双下肢直腿抬高试验 (-)，“4”字试验 (-)，足脚趾麻木，双下肢肌力可，肌力 5 级，双下肢无感觉障碍，末梢血运可。背部疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 6 分，入院后 CT 及腰椎 MRI 提示 L₃ 椎体附件骨质膨大，其内可见片状长 T1、短 T2 信号

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.110268

作者简介：黄冲宇，硕士在读，研究方向：脊柱外科，(电话)0717-6554328，(电子信箱)hcy2222222021@163.com

*** 通信作者：**李波，(电话)0717-6554328，(电子信箱)Libo1019@126.com

影, 边缘见不规则长 T1、长 T2 信号影包绕, 部分病灶内可见液-液平面, 大小约 3.0 cm×2.1 cm×1.2 cm, 相应水平硬膜囊受压, 椎管变窄 (图 1a), 考虑为骨纤维异常增殖症合并动脉瘤样骨囊肿可能, 骨母细胞瘤或其他骨肿瘤待排。

完善相关术前检查、术前评估, 排除手术禁忌证, 患者在全麻插管下行“L₃椎体病灶切除+椎管减压+椎弓根螺钉内固定+同种异体骨植骨术”, 术中可见 L₃棘突、椎板结构异常, 形成囊性变, 内含豆腐渣样松软组织, 充分取出后送病检。病检提示镜下见病变境界较清楚, 由大量编织骨样组织及少量纤维结

缔组织组成, 编织骨样组织排列密集, 呈类圆形, 周围有增生的骨母细胞被覆, 编织骨样组织有少量分化尚好的纤维结缔组织, 部分区域可见囊壁样结构 (图 1e), 病检送上级医院复检, 结果为骨母细胞瘤伴钙化, 局部呈动脉瘤样骨囊肿改变。患者术后 1 个月复查, X 线片示内固定位置良好 (图 1c, 1d)。免疫组化: CKpan (-)、Vimentin (+)、EMA (+)、Ki-67 (Li 约 1%)、CD34 (血管+)、SMA (灶+)、CD45 (+)、CD68 (部分+)、CD163 (+)、Desmin (-)。患者术后复查未诉特殊不适, 行走自如, 背部 VAS 评分 1 分。

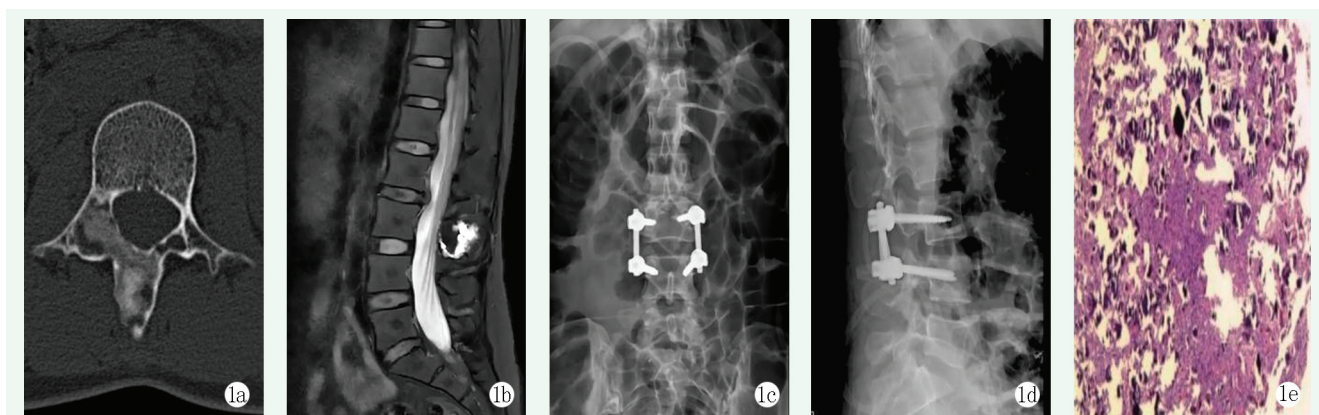


图 1. 患者女性, 39 岁。1a: 术前 CT 示 L₃椎体棘突、椎板及右侧椎弓根骨质膨隆, 其内正常骨小梁结构消失, 密度不均, 可见磨玻璃影及斑片状高密度影, 周围可见囊状低密度影, 局部可见边缘硬化, 边界尚清, 未突破骨皮质, 未见明显软组织肿块; 1b: 术前腰椎 MRI 示 L₃椎体棘突可见膨胀性骨质破坏, 病灶中央呈长 T1、短 T2 信号, L₃层面硬膜囊稍受压, 病灶边界较清晰, 周围软组织未受累; 1c, 1d: 术后复查腰椎正侧位 X 线片示内固定位置良好; 1e: 术后病检, 镜下见病变境界较清楚, 由大量编织骨样组织及少量纤维结缔组织组成, 周围有增生的骨母细胞被覆, 部分区域可见囊壁样结构。

Figure 1. A 39-year-old female. 1a: Preoperative CT showed that the lesion involved the L₃ spinous process, lamina, and right pedicle, with visible osseous expansion, absent normal trabecular structure, uneven density, ground-glass opacity, and patchy high-density shadows, surrounding by cystic low-density lesion with local marginal sclerosis, clear boundaries, while no obvious soft tissue mass; 1b: Preoperative MRI showed expansive osseous destruction of the L₃ vertebral spinous process, with the central lesion displaying long T1 and short T2 signals, compressed dural sac at the L₃ level with clear lesion boundary; 1c, 1d: Postoperative anteroposterior and lateral X-rays demonstrated the implants in proper position; 1e: Postoperative pathology under microscopy showed the relatively clear boundary lesion, which were composed of a large amount of woven bone-like tissue and a small amount of fibrous connective tissue, covered by proliferative osteoblasts, cyst wall-like structures visible in some areas.

2 讨论和文献综述

OB 可发生于任何年龄段, 发病高峰年龄为 10~30 岁, 男女比例为 2:1~2.5:1^[7]。在脊柱 OB 中颈椎、胸椎和腰椎出现频率是相等的^[6, 8]。OB 可累及任何部位, 但最常累及的部位是脊柱后部附件 (36%~40%), 尤其是在椎弓根和椎板^[8, 9], 并可延伸至椎体, Versteeg 等^[10]回顾性分析了 102 例脊柱 OB, 发现 45% 的肿瘤在椎体的前部和后部均有延伸。目前, OB 在病理学上分为 2 个亚型, 包括良性 OB 和

上皮样 OB^[8]。虽然脊柱上皮样 OB 是良性肿瘤, 但常引起明显的骨质破坏、软组织浸润和硬膜外扩张, 具有明显生物学侵袭性, 故有些学者也将其称为恶性 OB 或侵袭性 OB。WHO 指出, 上皮样 OB 的存在并不表明 OB 总是具有侵袭性的临床过程, 所以更倾向于使用“上皮样 OB”这一命名^[11]。有学者利用 RNA 测序方法, 在上皮样 OB 细胞中首次鉴定了 COL1A1-FYN 融合基因^[12], 在后续的研究中发现了 FOS-ANKH 和 FOS-RUNX2 融合基因^[13]。骨样骨瘤和 OB 是形态相似的成骨性肿瘤^[14], OB 是有明确的中央钙化的肿瘤巢, 由编织骨的骨小梁组成, 内含饱满的圆形或卵圆形偏心核的成骨细胞, 骨小梁排

列整齐,中间有纤维血管基质,内含血管和破骨细胞^[11]。OB 的直径通常>2 cm,而骨样骨瘤的直径<1.5 cm^[8]。ABCs 最常见于 20 岁以下的患者,但已报道的年龄为 2~69 岁^[15]。ABCs 分为两类:原发性病变(primary aneurysmal bone cysts, PABCs)和继发性病变(secondary aneurysmal bone cysts, SABCs)。近 70%的 ABCs 为原发性,其余 30%继发于其他肿瘤,如骨肉瘤、巨细胞瘤、血管瘤、骨肉瘤等^[16],PABCs 是一种独立的肿瘤,其中癌基因泛素特异性蛋白酶 USP6 参与了 PABCs 的形成,而 SABCs 可能是由于血液动力学异常引起静脉压升高,导致出血,或由潜在肿瘤变性的囊性改变引起的^[5]。

2.1 影像学评估

X 线片是初步评估 OB 的首选,其典型表现为局限性、膨胀性圆形肿块,周围界限清楚,瘤体内常有斑点状或索状基质钙化或骨化影,混有溶骨性透亮影,病灶边缘常有明显的硬化环^[9]。50%的患者在 X 线片上无法观察到 OB,仅以 X 线检查作为诊断手段,可能会导致误诊^[17]。但 X 线在脊柱侧弯和后凸畸形的诊断中具有一定的优势。而 ABCs 在 X 线片上表现为皂泡样或气球样膨胀性改变^[5]。CT 可精确定位瘤巢,其最优越的方面是其对细微钙化检测及骨质破坏类型的敏感性^[1]。OB 最特征性 CT 表现是具有硬化壳的溶骨性膨胀性病变,其钙化在所有病变中均有发现^[18, 19]。大多数 OB 在 CT 平扫图像上呈低至等密度,而在 ABCs 中可以显示病灶内的液-液平面^[15],另外,CT 也存在对病变范围低估的缺陷。在 MRI 上,OB 最显著的表现是反应性水肿,包括骨髓水肿、软组织水肿,MRI 增强扫描可能有助于区分瘤巢和水肿^[18]。T1 加权上表现为低等信号,T2 加权上表现为中等至高强度信号^[9, 18],代表了此类病变的高度血管性质。特征性的瘤周水肿被描述为“耀斑现象”,是由肿瘤的广泛弥漫性、反应性炎症引起。同时,MRI 可能高估病变的范围和肿瘤的恶性程度。虽然 MRI 在显示钙化方面不如 CT,但在显示椎管内压迫、软组织侵犯等方面尤其有价值。ABCs 在 MRI 表现上,T1 加权像呈低信号,T2 加权像呈高信号,内含液-液平面的囊性肿块^[5]。PET 是评价 OB 最敏感的方法^[1]。也有学者认为全身骨扫描可以显示病灶部位有明显的放射性摄取聚集,是 OB 最敏感的诊断工具^[18]。虽然 OB 和 ABCs 的影像学特征已被独立描述,但没有将两种病变放在一起的影像学描述。总之,脊柱 OB 继发 ABCs 是一种罕见的肿瘤,具有一些独特的放射学特征。

2.2 发病机理与特点

目前关于 OB 继发 ABCs 的病因尚未明确。通过免疫组化分析,CD98 在骨肿瘤中的表达以 OB 最高^[20],发现 60%~80%的 OB 显示 FOS 重排,FOS 表达增加,可作为临床诊断的可靠标志物^[21],并且以更高的分辨率分析并确定 NF2 基因是 OB 中 22q12 缺失的最有可能的靶点,NF2 的缺失破坏了 Hippo 信号通路,这是破骨细胞形成和骨稳态的关键成分^[22]。研究表明,miR-135b-5p 表达沉默 PPM1E 蛋白,激活 AMPK 抑制 OB 细胞增殖,可能是一个新的抗癌 microRNA^[23]。在经典 Wnt/ β -catenin 信号通路的自分泌激活报道可以直接调节肿瘤的增殖,Wnt 途径中的上游蛋白(wntless, WLS)在一些肿瘤中高表达,在涉及人和小鼠的体外遗传学研究表明,WLS 在成骨细胞分化和骨矿化中起关键作用,所有的 OB 都可见 YJ5(一种 WLS 特异性抗体)的强免疫反应性,ABCs 显示 YJ5 免疫染色缺失/弱阳性^[24]。成骨细胞特异基因是一种新发现的转录因子,对成骨细胞分化和骨形成至关重要,其表达受 Runx2 蛋白控制,而成骨细胞特异基因和 Runx2 主要表达在最终分化为成骨细胞的线粒体膜细胞中,所以 Runx2、成骨细胞特异基因在 OB 中呈强核表达^[25]。

2.3 临床表现

临床上,患者最常见的症状是持续的颈部或背部疼痛、椎旁肌肉僵硬,疼痛特征为夜间比白天轻的钝痛^[9],并且这种疼痛对 NSAIDs 药物不敏感。由于 OB 的侵袭性和较大的体积累及椎间孔导致神经根受压和椎管狭窄,所以多达 50%的患者可出现根性症状^[8],表现为下肢麻木、神经根疼痛和异常感觉,甚至还可能出现截瘫。同时,脊柱侧弯是脊柱 OB 的常见表现,这种畸形可能是疼痛性脊柱侧弯,侧弯被认为是对疼痛的代偿反应,并迅速进展。这种现象最常见于胸椎和腰椎 OB,大多数患者在适当的手术干预后,畸形改善或完全消失^[17]。由于脊柱 OB 的罕见性或非特异性症状,所以在病程的早期很少被诊断。ABCs 患者常表现出的症状为非特异性、隐匿起病的疼痛、肿胀,部分病例出现病理性骨折^[26]。

2.4 治疗

2.4.1 手术治疗

对于脊柱 OB 继发 ABCs 保守治疗无效,主要是采用手术治疗。目前,OB 的分期采用的是 Enneking 分期^[27],分为 3 期:潜伏期(S1)、活跃期(S2)、侵袭期(S3)^[28]。对于 Enneking 分期的 1 期和 2 期病变应行完整的病灶内刮除,3 期病变需要更广泛的

整块全切除术, 以确保切除所有受累的软组织, 降低复发率, Lucas 等^[29]对 75 例 OB 的分析和 Versteeg 等^[10]对 73 例 OB 分析发现病灶内切除术后总复发率为 18%~19%, 广泛切除术后复发率为 20%。由于 OB 继发 ABCs 的高度血管性质和完整切除的重要程度, 术前接受了栓塞治疗, 再进行肿瘤切除和脊柱内固定, 这样显著减少了术中出血量, 提供了清晰的术中视野, 有助于完整的手术切除。同时, 随着显微镜技术在脊柱外科的应用, 也为脊柱外科医生能完整切除肿瘤, 减少硬脊膜破裂损伤、神经副损伤提供了可能。

近些年来, 随着计算机导航技术和手术机器人在脊柱外科的普及, 运用术中三维实时导航系统辅助置钉可提高椎弓根螺钉置入的精确率, 降低手术风险, 减少手术时间^[30], 因此, 对精确定位和引导肿瘤完整切除非常有用。CT 引导下的射频消融被认为是治疗 OB 的金标准^[31]。目前在临床上应用消融技术包括经皮射频热消融、激光热消融、冷冻消融。经皮射频热消融技术是利用穿刺针经皮穿刺放置在病灶中心, 产热引起肿瘤蛋白质变形、凝固性坏死。但同时也有一定的局限性, 当肿瘤与神经非常接近时, 必须考虑热细胞毒性对脊髓和神经根的危害^[32]。与这一机制相反, 冷冻消融以快速冷却为机制, 造成渗透导致肿瘤细胞脱水和死亡, 同时还可以实时可视化冰球延伸, 多根冷冻探针产生协同效应, 消融肿瘤^[31]。磁共振成像引导下聚焦超声术是一种无针消融技术, 以超声束的形式集中在病灶部位消融^[33]。不需要切口, 也没有辐射暴露, 更有利于儿童和青少年的治疗, 该技术的局限性是无法进行活检, 只能治疗浅表病变, 并且需要有足够的声学窗口。但是, 这并不影响 MRgFUS 成为治疗 OB 的一种有效的替代治疗选择。

目前, 单侧双通道脊柱内镜技术 (unilateral biportal endoscopic, UBE) 逐渐在脊柱外科兴起, 与传统手术相比, UBE 具有切口小、软组织损伤小、术后疼痛轻、恢复快等优点, 但是微创技术还需要脊柱外科医生不断探索、创新, 尤其是在脊柱肿瘤方面。目前, 外科手术治疗中应用机器人系统也越来越普遍, 机器人系统手术中所独有的特点, 如稳定性和精确性深受医生和患者的共同认可^[34]。

2.4.2 辅助治疗

脊柱 OB 继发 ABCs 是否需要放、化疗是专家们争论不休的问题。有学者认为, 放疗实际上可能与晚期肉瘤样改变有关, 并且它是一种潜在的无效的治疗

方法^[8]。也有学者认为对于不能手术整块切除的 Enneking 3 期 OB, 可在病灶内切除后辅助治疗, 对于不可切除的病灶或复发病例, 可联合或单独使用放疗和化疗^[35]。关于化疗, 有报道使用多柔比星、顺铂和甲氨蝶呤治疗已被证实可获得长达 33 个月的无进展、无复发的病例^[36]。蟾蜍素是由蟾蜍耳腺和皮肤腺的干燥分泌物制成的中药, 有研究表明, 内质网应激有助于蟾蜍灵诱导成 OB 细胞凋亡, 可能作为一种新的抗骨肉瘤细胞瘤剂进行研究^[37]。最新研究表明, 地诺塞麦 (Denosumab) 是一种人单克隆抗体, 以高亲和力和特异性靶向结合核因子 κ -B 受体活化因子配体 (receptor activator of nuclear factor κ -B ligand, RANKL), 竞争性抑制 RANKL 与核因子 κ -B 受体活化因子 (receptor activator of nuclear factor κ -B, RANK) 结合, 导致破骨细胞的形成、活性和存活减少, 引起肿瘤减小和病变内骨化增加^[38]。ABCs 内多核巨细胞上 RANKL 的表达提示, 抑制 RANKL 可能会降低破骨细胞活性, 从而控制疾病进展^[39]。短期的 Denosumab 治疗使肿瘤减小、骨化, 有助于手术切除, 对于可切除的 OB 继发 ABCs, 手术切除仍然是最好的治疗方法, 而对于不可切除的, Denosumab 的副作用明显少于其他化疗和放疗, 可能是一种新的治疗方法^[40]。

3 小 结

综上所述, 腰椎 OB 继发 ABCs 在人群中罕见, 其诊断和治疗往往具有挑战性。手术切除仍然是目前最重要的治疗手段, 但综合治疗的重要性与日俱增, 为了准确的手术评估, 应结合多模式影像学表现。手术入路应根据肿瘤浸润的位置、范围和大小来决定, 尽可能切除以降低复发率。在不适合完全手术切除的情况下, 可以酌情进行辅助治疗。早发现、早治疗可获得满意的临床结果, 提高生存率。微创技术的进步正在颠覆传统的治疗方式, 并可能成为未来的主流治疗方法。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 黄冲宇: 实施研究、论文写作、采集分析和解释数据、统计分析、获取研究经费、支持性贡献; 李波: 文章审阅、行政及技术或材料支持、指导、支持性贡献; 王涵: 统计分析、指导、支持性贡献; 周游: 文章审阅、行政及技术或材料支持、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] Si Z, Meng W. Multimodal imaging evaluation and clinical progress of spinal osteoblastoma: a comprehensive review [J]. *World Neurosurg*, 2023, 170: 28–37. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.11.118.
- [2] Fu X, Jiang J, Luo B, et al. Intraspinal dural-based primary osteoblastoma with aneurysmal bone cyst-like change [J]. *Neuropathology*, 2014, 34 (5): 510–515. DOI: 10.1111/neup.12131.
- [3] Gutierrez LB, Link TM, Horvai AE, et al. Secondary aneurysmal bone cysts and associated primary lesions: imaging features of 49 cases [J]. *Clin Imag*, 2020, 62: 23–32. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.01.022.
- [4] 王超, 姜亮, 刘忠军. 脊柱原发性动脉瘤样骨囊肿的治疗进展与预后分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (23): 2170–2174. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.23.14.
Wang C, Jiang L, Liu ZJ. Primary aneurysmal bone cyst of the spine: current progress of treatment and prognosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2015, 23 (23): 2170–2174. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.23.14.
- [5] Wang T, Jia Q, Gao X, et al. Secondary aneurysmal bone cyst of the spine: Clinicopathological features, surgical modalities and outcomes [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 188: 105595. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105595.
- [6] Iorio C, Mazza O, Tundo F, et al. Lumbar spine osteoblastoma with secondary aneurysmal bone cyst causing severe trunk imbalance and radiculopathy: a case report [J]. *J Orthop Case Rep*, 2020, 10 (6): 18–22. DOI: 10.13107/jocr.2020.v10.i06.1858.
- [7] Hobbs JG, Mehta AI. Commentary: factors affecting prognosis of patients with osteoblastoma of the mobile spine: a long-term follow-up study of 70 patients in a single center [J]. *Neurosurgery*, 2020, 86 (1): E11–E12. DOI: 10.1093/neuros/nyz106.
- [8] Galgano MA, Goulart CR, Iwenofu H, et al. Osteoblastomas of the spine: a comprehensive review [J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 41 (2): E4. DOI: 10.3171/2016.5.FOCUS16122.
- [9] Wu M, Xu K, Xie Y, et al. Diagnostic and management options of osteoblastoma in the spine [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 1362–1372. DOI: 10.12659/MSM.913666.
- [10] Versteeg AL, Dea N, Boriani S, et al. Surgical management of spinal osteoblastomas [J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 27 (3): 321–327. DOI: 10.3171/2017.1.SPINE16788.
- [11] Snow JT, Edgar MA, Halphen CR, et al. Epithelioid osteoblastoma with secondary aneurysmal bone cyst and FOS gene rearrangement [J]. *Skel Radiol*, 2022, 51 (3): 673–679. DOI: 10.1007/s00256-021-03895-5.
- [12] Ramme AJ, Smucker JD. Balancing spinal stability and future mobility in the cervical spine: surgical treatment of a case of osteoblastoma with secondary aneurysmal bone cyst [J]. *Spine J*, 2011, 11 (5): e5–e12. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.03.012.
- [13] Spinnato P, Colangeli M, Pedrini E, et al. Aneurysmal bone cyst-like changes developed in melorheostosis with epiphyseal osteopoykilosis [J]. *Skeletal Radiol*, 2024, 53 (7): 1437–1441. DOI: 10.1007/s00256-023-04529-8.
- [14] Yin H, Zhou W, Yu H, et al. Clinical characteristics and treatment options for two types of osteoblastoma in the mobile spine: a retrospective study of 32 cases and outcomes [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23 (2): 411–416. DOI: 10.1007/s00586-013-3049-1.
- [15] Liu J, Han S, Li J, et al. Spinal osteoblastoma: a retrospective study of 35 patients' imaging findings with an emphasis on MRI [J]. *Insights Imaging*, 2020, 11: 122. DOI: 10.1186/s13244-020-00934-y.
- [16] Huang Z, Fang T, Si Z, et al. Imaging algorithm and multimodality evaluation of spinal osteoblastoma [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21: 240. DOI: 10.1186/s12891-020-03252-y.
- [17] Ameline B, Nathrath M, Nord KH, et al. Methylation and copy number profiling: emerging tools to differentiate osteoblastoma from malignant mimics [J]. *Mod Pathol*, 2022, 35 (9): 1204–1211. DOI: 10.1038/s41379-022-01071-1.
- [18] Panagopoulos I, Gorunova L, Lobmaier I, et al. Fusion of the COL1A1 and FYN genes in epithelioid osteoblastoma [J]. *Cancer Genomics Proteomics*, 2019, 16 (5): 361–368. DOI: 10.21873/cgp.20141.
- [19] Panagopoulos I, Gorunova L, Lobmaier I, et al. FOS-ANKH and FOS-RUNX2 fusion genes in osteoblastoma [J]. *Cancer Genomics Proteomics*, 2020, 17 (2): 161–168. DOI: 10.21873/cgp.20176.
- [20] Koshi H, Sano T, Handa T, et al. L-type amino acid transporter-1 and CD98 expression in bone and soft tissue tumors [J]. *Pathol Int*, 2015, 65 (9): 460–467. DOI: 10.1111/pin.12323.
- [21] Lam SW, Cleven AHG, Kroon HM, et al. Utility of FOS as diagnostic marker for osteoid osteoma and osteoblastoma [J]. *Virchows Arch*, 2020, 476 (3): 455–463. DOI: 10.1007/s00428-019-02684-9.
- [22] Saba KH, Cornmark L, Hofvander J, et al. Loss of NF2 defines a genetic subgroup of non-FOS-rearranged osteoblastoma [J]. *J Pathol*, 2020, 6 (4): 231–237. DOI: 10.1002/cjp2.172.
- [23] Zheng WL, Zhu YR, Zhou XZ, et al. MicroRNA-135b expression silences Ppm1e to provoke AMPK activation and inhibit osteoblastoma cell proliferation [J]. *Oncotarget*, 2017, 8 (16): 26424–26433. DOI: 10.18632/oncotarget.15477.
- [24] Chua K, Virshup DM, Odone EG, et al. YJ5 as an immunohistochemical marker of osteogenic lineage YJ5 [J]. *Pathology*, 2021, 53 (2): 229–238. DOI: 10.1016/j.pathol.2020.07.017.
- [25] Horvai AE, Roy R, Borys D, et al. Regulators of skeletal development: a cluster analysis of 206 bone tumors reveals diagnostically useful markers [J]. *Mod Pathol*, 2012, 25 (11): 1452–1461. DOI: 10.1038/modpathol.2012.110.
- [26] Bavan L, Eastley N, Stevenson J, et al. Aneurysmal bone cysts: a UK wide tumor center experience [J]. *J Surg Oncol*, 2024, 129 (3): 601–608. DOI: 10.1002/jso.27499.
- [27] 孙柏寒, 郑柏, 郭开今, 等. 脊柱骨肉瘤的临床研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (3): 238–241. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.03.10.
Sun BH, Zheng B, Guo KJ, et al. Current researches on the spinal osteoblastoma [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2018, 26 (3): 238–241. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.03.10.

- [28] Enneking WF. A system of staging musculoskeletal neoplasms [J]. Clin Orthop Relat Res, 1986, 204 (NA) : 9–24. DOI: 10.1097/00003086-198603000-00003.
- [29] Lucas DR, Unni KK, McLeod RA, et al. Osteoblastoma: clinico-pathologic study of 306 cases [J]. Human Pathol, 1994, 25 (2) : 117–134. DOI: 10.1016/0046-8177 (94)90267-4.
- [30] 刘彬, 姜泽威, 李娃娃, 等. 胸腰段椎弓根置钉的术中三维实时导航 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (20) : 1914–1917. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.20.21
- Liu B, Jiang ZW, Li JJ, et al. Intraoperative three-dimensional real-time navigation for thoracolumbar pedicle screw placement [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (20) : 1914–1917. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.20.21
- [31] Izzo A, Zugaro L, Fascetti E, et al. Management of osteoblastoma and giant osteoid osteoma with percutaneous thermoablation techniques [J]. J Clin Med, 2021, 10 (24) : 5717. DOI: 10.3390/jcm10245717.
- [32] Salame K, Lidar Z, Khashan M, et al. Minimally invasive resection of benign osseous tumors of the spinal column: 10 years' experience and long-term outcomes of a specialized center [J]. Medicina, 2022, 58 (12) : 1840. DOI: 10.3390/medicina58121840.
- [33] Arrigoni F, Bruno F, Palumbo P, et al. Magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery treatment of non-spinal intra-articular osteoblastoma: feasibility, safety, and outcomes in a single-center retrospective analysis [J]. Int J Hyperther, 2019, 36 (1) : 768–775. DOI: 10.1080/02656736.2019.1639833.
- [34] 张在田, 张绪华, 卫志华, 等. 机器人在脊柱外科手术的研究与应用进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (18) : 1677–1679. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.18.10.
- Zhang ZT, Zhang XH, Wei ZH, et al. Advances in research and application of robotic systems in spinal surgery [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (18) : 1677–1679. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.18.10.
- [35] Elia A, Vitali M, Grasso V, et al. Tailored surgery on aggressive osteoblastoma involving the cervicothoracic junction: an oncological and spinal stability long-term follow-up [J]. Spinal Cord Series Cases, 2021, 7: 99. DOI: 10.1038/s41394-021-00463-w.
- [36] Singh DK, Das KK, Mehrotra A, et al. Aggressive osteoblastoma involving the craniovertebral junction: a case report and review of literature [J]. J Craniovertebr Junction & Spine, 2013, 4 (2) : 69–72. DOI: 10.4103/0974-8237.128533.
- [37] Zhu YR, Xu Y, Fang JF, et al. Bufotalin-induced apoptosis in osteoblastoma cells is associated with endoplasmic reticulum stress activation [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2014, 451 (1) : 112–118. DOI: 10.1016/j.bbrc.2014.07.077.
- [38] Reynolds JJ, Rothenfluh DA, Athanasou N, et al. Neoadjuvant denosumab for the treatment of a sacral osteoblastoma [J]. Eur Spine J, 2018, 27 (Suppl 3) : 446–452. DOI: 10.1007/s00586-018-5461-z.
- [39] Wong K, Chantharasamee J, Nelson S, et al. Aggressive osteoblastoma with a secondary aneurysmal bone cyst treated with denosumab [J]. Rare Tumors, 2021, 13: 203636132110347. DOI: 10.1177/20363613211034710.
- [40] Yamaga K, Kuwamoto S, Tanishima S, et al. An unresectable osteoblastoma of the axis controlled with denosumab [J]. J Orthop Sci, 2024, 29 (1) : 379–383. DOI: 10.1016/j.jos.2022.02.010.

(收稿:2024-04-07 修回:2024-12-02)

(同行评议专家:黄长明,王守国)

(本文编辑:宁桦)

(上接 1002 页)

- [44] Platzer H, Trauth R, Nees TA, et al. CD8+ T cells in OA knee joints are differentiated into subsets depending on OA stage and compartment [J]. J Clin Med, 2022, 11 (10) : 2814–2823.
- [45] Kawalkowska JZ, Ogbechi J, Venables PJ, et al. cIAP1/2 inhibition synergizes with TNF inhibition in autoimmunity by down-regulating IL-17A and inducing Tregs [J]. Sci Adv, 2019, 5 (5) : 5422.
- [46] Liu F, Wang Y, Lyu K, et al. Acupuncture and its ability to restore and maintain immune homeostasis [J]. QJM, 2024, 117 (3) : 167–176.

- [47] 李忠浩, 闫亮, 万浪, 等. 1,25 二羟维生素 D3 通过 ERK5 通路调节破骨细胞分化 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (14) : 1311–1316. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.14.14.
- Li ZH, Yan L, Wan L, et al. 1, 25 dihydroxy vitamin D3 regulates osteoclast differentiation through the ERK5 pathway [J]. Orthopedic Journal of China, 2018, 26 (14) : 1311–1316. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.14.14.

(收稿:2024-12-02 修回:2025-02-08)

(同行评议专家:王金海,王佳)

(本文编辑:宁桦)