

脊柱原发性动脉瘤样骨囊肿的治疗进展

李其昌^{1*}, 张佳楠¹, 杜宇¹, 晏铮剑^{1#}, 陈亮²

¹重庆医科大学附属第二医院脊柱外科, 重庆

²重庆大学附属肿瘤医院骨与软组织肿瘤科, 重庆

收稿日期: 2022年2月18日; 录用日期: 2022年3月11日; 发布日期: 2022年3月22日

摘要

动脉瘤样骨囊肿是一种良性骨肿瘤, 可继发于各种骨病变, 也可原发于骨。原发性动脉瘤样骨囊肿占70%, 约10%~30%可累及脊柱。脊柱原发性动脉瘤样骨囊肿的治疗当前尚不存在“金标准”, 本文对其近20年来的治疗进展作一综述。

关键词

骨肿瘤, 脊柱肿瘤, 动脉瘤样骨囊肿

Treatment Progress of the Spinal Primary Aneurysmal Bone Cyst

Qichang Li^{1*}, Jia'nian Zhang¹, Yu Du¹, Zhengjian Yan^{1#}, Liang Chen²

¹Department of Spinal Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

²Department of Musculoskeletal Tumor, Chongqing University Cancer Hospital, Chongqing

Received: Feb. 18th, 2022; accepted: Mar. 11th, 2022; published: Mar. 22nd, 2022

Abstract

Aneurysmal bone cysts are benign bone tumors that can be secondary to various bone lesions or primary in bone. Primary aneurysmal bone cysts account for 70%, approximately 10%~30% involve the spine. There is no “gold standard” for the treatment of spinal primary aneurysmal bone cysts, and this article reviews its treatment progress in the last 20 years.

*第一作者。

#通讯作者。

Keywords

Bone Tumor, Spinal Tumor, Aneurysmal Bone Cyst

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

动脉瘤样骨囊肿(aneurysmal bone cysts, ABCs)是以膨胀性[1]、溶解性骨破坏为特征的一种良性骨肿瘤[2],由 Jaffe 和 Lichtenstein 于 1942 年首先描述[2]。ABCs 可继发于骨巨细胞瘤、成骨细胞瘤等骨病变,也可原发于骨。后者约占 70%,称为原发性动脉瘤样骨囊肿(primary aneurysmal bone cysts, pABCs) [3] [4]。pABCs 约占原发性骨肿瘤的 1%~2%,占原发性脊柱肿瘤的 15% [5]。好发于 20 岁以下人群[2],女性略多于男性[2] [6],约 10%~30% pABCs 可累及脊柱[7]。其病因不明,可能与血管畸形[8]、癌基因激活[7]、遗传[9]有关。影像学特点为膨胀性、溶解性囊性病变。若发生于四肢,则病变常呈偏心性且形态不规则[2]。CT 与 MR 上可见相对特异性影像特征“液-液平面” [10],即囊内可有不同信号的液性区域,目前认为该信号差异是由于血液和囊液中血液分解产物的不同氧化水平所致[6]。病理大体外观如“浸血海绵” [11],组织学可见充血囊腔由结缔组织隔膜分隔,其内有成纤维细胞、破骨细胞型巨细胞(诊断 pABCs 的特征性细胞[12])及反应性编织骨等[7]。临床症状多为病变部位的局部疼痛,随病变进展也可出现病理性骨折及脊髓、神经受累[3]。

ABCs 虽被认为是良性病变,但其具有潜在侵袭性[13],可导致骨骼及周围软组织的破坏[14]。根据 Enneking 分型可将 ABCs 分为 S1 (静止型)、S2 (进展型)、S3 (侵袭型) 3 型[13]。脊柱 pABCs 的治疗手段包括手术[1] [2] [3] [13] [15]、选择性动脉栓塞(selective arterial embolization, SAE) [11] [16] [17] [18] [19] [20]、经皮穿刺病灶内药物注射[4] [7] [12] [14] [21]-[32]、药物治疗[5] [33] [34] [35] [36] [37]、放疗[6] [8] [38] [39]等,其标准治疗方式当前存在争议,本文对近 20 年脊柱 pABCs 的治疗进展作一综述。

2. 手术治疗

手术为 ABCs 的一种传统治疗手段[2],病灶刮除植骨为传统术式[13],对于脊柱失稳、脊髓受压或有病理性骨折的脊柱 ABCs 患者,手术治疗为第一选择[3]。

2.1. 传统手术

2005 年, Mankin [2]团队回顾分析该机构过去 20 年诊疗的 150 例 pABCs (脊柱 11 例)手术患者,刮除植骨为主要治疗方式,复发率 20%。Garg [1]团队报道该机构 12 例儿童脊柱 pABCs 患者,发现采用“四步法”手术(病灶内刮除、高速磨钻磨除、电灼、植骨)病例复发率(0/8)明显低于传统病灶内刮除植骨术(4/4)的复发率。2014 年, Boriani [13]团队纳入 3 个大洲、9 个机构总 71 例脊柱 pABCs 患者,其中 54 例行手术治疗,44 例为病灶内切除组(包括分块切除及行整块切除后切缘病理阳性或虽切缘阴性但距肿瘤组织较近病例),10 例为整块切除(en-bloc resection)组。术后病灶内切除组 3 例(7%)复发,均为 S3 肿瘤。En-bloc 切除组无复发。根据 Enneking 的建议,S1 与 S2 肿瘤可使用刮除治疗,而对于 S3 肿瘤应行 en-bloc 切除,但在手术前仅根据影像学特征很难确定 ABCs 的局部侵袭性。2019 年, Zhao [3]团队纳入 42 例(33 例为

初发,其中原发性 19 例,继发性 14 例)脊柱 ABCs 患者,30 例行刮除,12 例患者行 en-bloc 切除。该团队建议:当肿瘤位于脊柱前部(WBB 分期 4~9 区)或位于脊柱后部(WBB 分期 1~3、10~12 区)伴有向前部延伸但局限在 A-C 层内时,可行 en-bloc 切除。对于有神经受累或脊柱不稳的患者,行 en-bloc 切除可获得更好的远期局部控制。最终术后复发 8 例(19%),作者分析复发率较高可能与病例中含有继发性 ABCs 有关。术后并发症包括脑脊液漏 1 例,输尿管狭窄 1 例,内固定失效 2 例,切口感染 1 例,肺部感染 2 例。

2.2. 内镜手术

Shibuya [15]团队于 2018 年报道 1 例使用经皮脊柱内镜治疗 L3 pABCs 病例。通过一 8 mm 切口,对 L3 病灶进行镜下刮除,刮除后缺损使用 20 g 羟甲基磷灰石填充,整个手术持续 1 h 37 min,术中出血约 10 ml。患者术后症状改善,随访 3 年无复发。与传统手术相比,内镜手术创伤小,对脊柱稳定性影响小。但其存在病灶刮除不完全可能,且学习曲线较为陡峭。

ABCs 囊壁残留与术后复发有关[11],不管采用何种手术方式,均需将囊壁完全切除。

3. SAE

2001 年,意大利 Boriani [11]团队回顾性分析该机构既往收治的 41 名脊柱 pABCs 患者,发现单独行 SAE 治疗的患者中,3 例治愈,1 例复发。单独行 SAE 后虽复发,却并未影响后续手术的可能性。基于此,该团队开始探索将 SAE 作为脊柱 pABCs 的一种独立治疗方式。2013 年,该团队[20]纳入 7 例脊柱 pABCs 患者行 SAE 治疗,治疗原则为每 8 周重复一次,直到影像学上出现愈合迹象为止。在治疗结束后平均 46 个月的随访中,无一例复发。为进一步评估 SAE 在治疗脊柱 pABCs 中的有效性及安全性,2017 年该团队[19]纳入 23 例脊柱 pABCs 患者行 SAE 治疗,栓塞药物为三酰基明胶微球(TAG)或丙烯酸胶体。最终 17 例患者痊愈,愈合所需手术次数平均为 4.1 次,6 例患者对 SAE 无反应。虽 26% (6/23)患者对治疗无反应,效果低于预期,但作者团队还是推荐将其作为脊柱稳定、无病理性骨折、无进行性神经损伤脊柱 pABCs 的首选治疗方法。

除 Boriani 团队外,有使用氰基丙烯酸正丁酯(N-2-butyl cyanoacrylate, NBCA)作为 SAE 栓塞药物治疗脊柱及四肢 ABCs 的报道[16] [17] [18],均获得不错疗效。但存在皮肤坏死、一过性瘫痪、坐骨神经支配区域感觉异常、股动脉假性动脉瘤等并发症[17] [18]。

SAE 的局限性为:当 ABCs 供血动脉与脊髓或脑组织供血动脉存在吻合时,为栓塞禁忌。尤其对于颈椎病变,若 ABCs 供血动脉与椎动脉或颅内供血动脉存在吻合,则有很高的脑损伤风险。对于胸椎病变,需注意 Adamkiewicz 动脉以避免其栓塞后所致脊髓缺血[11]。SAE 治疗需多次操作,可能会导致患者对电离辐射暴露过高[19]。

4. 经皮穿刺病灶内药物注射

经皮穿刺病灶内药物注射为脊柱 pABCs 的一种微创治疗选择,适用于脊柱稳定,神经受累相对较轻的病例[7],目前所用注射药物较多。

Ethibloc 是一种含有玉米蛋白的酒精溶液,具有促进血栓形成及纤维化的特性[21] [24],被应用于治疗四肢及脊柱 pABCs。但其并发症报道较多,如注射部位一过性局部炎症反应、药物局部渗漏致无菌性脓肿、致死性椎基底动脉系统栓塞等[21] [22] [23],故当前已较少使用。

多西环素(又称强力霉素)是一种抗生素,通过抑制基质金属蛋白酶、血管生成和破骨细胞的功能来抑制 ABCs 的生长[7] [12]。Shiels [12]报道 20 例(脊柱 5 例)使用多西环素治疗的 pABCs 患者(包括将其作为

初始治疗或经其他方式治疗后复发患者), 在平均 38 个月的随访中, 仅 1 例患者出现复发。为研究多西环素经皮穿刺病灶内注射作为开放手术替代方案的安全性及有效性, Liu [7]团队比较 14 例行经皮多西环素治疗及 11 例行开放手术治疗的脊柱 pABCs 患者, 发现两组患者在复发率、并发症的发生及 VAS 评分改善上的差异无统计学意义。

降钙素能抑制破骨细胞生成并促进骨小梁的形成, 甲强龙具有血管抑制及成纤维细胞抑制作用[25] [26]。2000 年, Gladden [25]团队首次报道使用降钙素及甲强龙治疗 1 例 C2 pABCs 病例。CT 引导下 2 次注射后病变缩小, 患者症状消失。接受首次注射治疗后 2 年 7 月的随访内, 病变保持静止。后续有研究团队[26] [30] [31] [32]报道使用降钙素及甲强龙经皮注射或作为病灶刮除手术后一种化学辅助剂治疗 pABCs 的少量病例, 多为上颈椎病变[26] [30] [31], 所有患者症状均得到明显缓解, 随访期间无复发及并发症发生。

自体骨髓间充质干细胞能中断破坏性的破骨过程, 促进自发的骨再生。2017 年 Barbanti-Brodano [27]团队报道经皮注射浓缩自体骨髓治疗 2 例无法行 SAE 的 C2 pABCs 患者。1 例患者在术后 1 月观察到病变进行性骨化, 术后 1 年完全骨化。另 1 例患者在 3 次注射后发现进行性骨化。2 例患者的症状在 2 年随访期内保持稳定。

骨水泥如 PMMA [4] [28] [29]、Cerament [14] (由硫酸钙和羟基磷灰石组成)也被报道用于脊柱 pABCs 的治疗。需注意使用其作为注射药物时, 可能无需填满整个病变囊肿。Fahed [4]团队报道 1 例 C3 pABCs 行穿刺活检后, 为止血而注入少量 PMMA (0.5 ml)病例。术后 16 个月随访发现整个病变几乎完全骨化。作者考虑可能是由于 PMMA 本身的化学性质或其在病变内聚合发热而产生对囊壁的硬化作用。

5. 药物治疗

5.1. 地诺单抗

地诺单抗(denosumab)是一种与核因子 Kappa-B 受体活化因子配体(receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand, RANKL)结合的人源性单克隆抗体[33], 通过阻断 RANKL 与 RANK 相互作用, 抑制破骨细胞的成熟和功能来抑制骨吸收。已被成功应用于骨质疏松症及骨转移瘤的治疗, 并被报道用于骨巨细胞瘤(giant cell tumors of bone, GCTB)的治疗[33] [36] [37]。RANK 和 RANKL 的相互作用是 GCTB 发生和发展的重要因素。ABCs 的病理生理机制与 GCTB 相似, 其骨破坏均由肿瘤细胞产生的 RANKL 介导[36]。在 ABCs 肿瘤组织中, 破骨细胞样巨细胞表达 RANK, 而成纤维细胞样基质细胞表达 RANKL。当 RANKL 与 RANK 结合时, 发生破骨细胞样巨细胞募集, 导致肿瘤组织中侵袭性溶骨活性增强[37]。

2013 年, Lange [33]团队首次报道使用地诺单抗皮下注射治疗 2 例 C5 pABCs 术后复发的儿童患者, 2 例患者在治疗后症状无进一步进展, 均在 4 个月内发现肿瘤消退。1 例患者在治疗期间出现无症状低钙血症。2015 年 Skubitz [36]团队报道 1 例使用地诺单抗治疗无法手术的骶骨巨大 pABCs 患者。2 月后, 患者疼痛症状明显缓解。16 周影像学随访提示病灶内有新骨形成。12 月后病灶穿刺活检发现有新骨形成, 且无破骨细胞样巨细胞。2018 年 Kurucu [37]团队回顾分析 9 例(其中 7 例为骨盆或脊柱)应用地诺单抗治疗的 pABCs 患者。所有患者的临床症状在 3 个月内完全消退, 8 例患者中检测到囊肿的大小和数量减少。1 例患者对治疗无反应, 2 例患者于治疗结束后复发。

使用地诺单抗治疗的主要副作用为治疗初期的低钙血症及治疗完成停药后的反跳性高钙血症。治疗初期及时补充钙剂与维生素 D, 治疗末逐步减少药物用量以及治疗全程对血钙进行监测对预防上述并发症至关重要[5] [33] [37]。此外, 大剂量地诺单抗会影响正常人体矿物质代谢[5], 有影响儿童及青少年生长发育的可能。当前暂无地诺单抗治疗 pABCs 的大病例对照研究, 对不同患者治疗剂量的选择及治疗时

间的长短尚无定论。

5.2. 双磷酸盐

双磷酸盐通过促进破骨细胞凋亡抑制骨吸收,主要用于治疗骨质疏松症。但其也显示出抗肿瘤作用,在不能切除的症状性骨肿瘤治疗中有过成功报道[34]。

2013年 Simm [35]团队首次报道1例使用双磷酸盐(唑来膦酸)静脉输注治疗对SAE无反应的骶骨pABCs患者,治疗剂量为0.04 mg/kg,每次治疗间隔4个月,整个治疗过程持续2年(共输注7次)。在首次治疗后,患者症状即出现改善。末次治疗结束时MR提示病灶部分残留但外观稳定,患者症状完全缓解。治疗完成1年后随访无复发。2018年 Kieser [34]团队纳入6例不宜行手术的症状性脊柱pABCs患者,使用唑来膦酸或帕米膦酸二钠静脉输注治疗。除2例患者分别因治疗过程中脊柱不稳、神经症状进一步加重而选择手术干预外,余4例患者反应良好,症状于2至4个月内缓解。MR上病灶周围骨水肿于3个月消退,病灶在6~12月部分或完全骨化,随访6年无复发。

两团队治疗病例均无并发症报道[34] [35]。

6. 放射治疗

放疗应用于无法手术、反复复发或通过无创方法等其他疗法不能充分治疗的ABCs病变[38],因其能诱导ABCs恶性变并致脊髓压迫[40],故该种治疗方式存在争议。当前主要有外照射治疗[6] [38],及放射性胶体植入治疗[8] [39]。

6.1. 外照射

2008年, Pennekamp [6]团队报道1例使用外照射辅助治疗C1、2pABCs术后腹侧病灶残留病例,照射总剂量为30.6Gy。治疗完成后3个月随访,患者颈部疼痛症状消失,影像学上未见新发肿瘤生长。2017年, Elsayad [38]团队为评估外照射治疗在ABCs中的价值,回顾分析10例曾使用外照射治疗的ABCs患者(其中脊柱3例),在中位随访时间65个月内,所有患者疼痛症状得到缓解。7名获得长期随访的患者均无复发。3名患者在放疗后4个月出现局部肿胀,2名患者出现局部脱发,1名患者出现轻度Lhermitte综合征。作者认为对于持续性或复发性ABCs,将外照射作为一种主要或辅助治疗选择安全有效,建议分次剂量在30 Gy以下。

6.2. 放射性胶体植入

^{32}P 磷酸铬胶体一种发射 β 辐射的放射性药物,已被应用于治疗风湿性关节炎等放射敏感性关节内疾病,疗效良好[39]。

2000年, Bush [8]团队报道1例使用 ^{32}P 磷酸铬胶体治疗复发性多节段颈椎pABCs病例,在CT引导下于囊内注射2 ml ^{32}P 磷酸铬胶体后,术后7月MR显示病变内“液-液平面”减少,术后22月显示病变内出现骨化且患者症状改善。2010年,该团队[39]纳入5例手术治疗风险较大的脊柱pABCs病例,在平均2年的随访中,所有病灶均骨化。1例患者出现放射性药物渗透入体循环情况,但后续随访中未发现该药物所引起的医源性肝、脾或骨髓功能障碍证据。

与外照射中使用的高能 γ 辐射不同, ^{32}P 磷酸铬胶体所释放的 β 辐射在软组织中的平均射程仅2.8毫米,对病灶周围组织辐射剂量低。且其半衰期较长(14天),对组织的辐射剂量更为渐进,是治疗脊柱pABCs的理想选择。行胶体植入前应先于病灶内注射造影剂,以避免胶体放射性药物通过引流静脉排出病灶,对远处结构产生辐射[8]。

放疗后需注意病灶恶性变的发生, 接受放疗的患者应终生进行随访监测[11]。

7. 讨论

病灶刮除植骨与 en-bloc 切除为脊柱 pABCs 的传统治疗手段, 对于脊柱失稳、脊髓受压或有病理性骨折的脊柱 pABCs 患者, 其为首选治疗方法。与病灶刮除植骨相比, en-bloc 切除能获得较好的远期局部控制, 但该术式创伤大, 术后并发症多。内镜手术创伤小, 与传统病灶刮除植骨手术疗效无异, 但该术式难度高, 学习曲线陡峭。SAE 与经皮穿刺病灶内药物注射为脊柱 pABCs 的非手术微创治疗选择, 两种治疗方式均存在操作次数多, 患者电离辐射可能暴露过高的缺点。此外, SAE 不能用于病灶供血动脉与脊髓或脑组织供血动脉存在吻合的病例。药物治疗有效、无创、并发症少, 但目前尚无大规模前瞻性对照研究, 不同患者药物剂量的选择及治疗时间的长短尚无定论。盲目大剂量地使用药物(地诺单抗)可能影响儿童及青少年生长发育。放疗有效但并发症较多, 且有诱发病灶恶性变可能, 接受放疗的患者需终生随访监测。

8. 结论

脊柱稳定、神经症状较轻、无病理性骨折的 pABCs 患者, 内镜手术、SAE、经皮穿刺病灶内药物注射、药物治疗均可选择。内镜手术创伤小, 与传统病灶刮除植骨手术疗效无异。虽操作难度高, 学习曲线陡峭, 但与 SAE 及经皮穿刺病灶内药物注射相比, 不需要多次治疗, 从而避免了患者对电离辐射暴露过高的可能, 未来可探索将其作为稳定性脊柱 pABCs 的主流治疗方式。药物治疗也颇具前景, 对不同患者的最佳治疗剂量及治疗时间长短需进一步研究。脊柱失稳、脊髓受压或有病理性骨折的 pABCs 患者, 传统手术治疗为第一选择。对于各种治疗方式均无明显疗效的病例, 可使用放疗。

参考文献

- [1] Garg, S., Mehta, S. and Dormans, J.P. (2005) Modern Surgical Treatment of Primary Aneurysmal Bone Cyst of the Spine in Children and Adolescents. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **25**, 387-392. <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000152910.16045.ee>
- [2] Mankin, H.J., Hornicek, F.J., Ortiz-Cruz, E., et al. (2005) Aneurysmal Bone Cyst: A Review of 150 Patients. *Journal of Clinical Oncology*, **23**, 6756-6762. <https://doi.org/10.1200/JCO.2005.15.255>
- [3] Zhao, Y., He, S., Sun, H., et al. (2019) Symptomatic Aneurysmal Bone Cysts of the Spine: Clinical Features, Surgical Outcomes, and Prognostic Factors. *European Spine Journal*, **28**, 1537-1545. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05920-7>
- [4] Fahed, R., Clarençon, F., Riouallon, G., et al. (2016) Just a Drop of Cement: A Case of Cervical Spine Bone Aneurysmal Cyst Successfully Treated by Percutaneous Injection of a Small Amount of Polymethyl-Methacrylate Cement. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **8**, e4. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2014-011541.rep>
- [5] Del, S.G., Berlanga, P., Brugieres, L., et al. (2021) Mineral and Bone Consequences of High Dose Denosumab Therapy to Treat an Aneurysmal Bone Cyst, a Child Case Report. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, **12**, Article ID: 698963. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.698963>
- [6] Pennekamp, W., Peters, S., Schinkel, C., et al. (2008) Aneurysmal Bone Cyst of the Cervical Spine (2008:7b). *European Radiology*, **18**, 2356-2360. <https://doi.org/10.1007/s00330-008-0944-7>
- [7] Liu, X., Han, S.B., Si, G., et al. (2019) Percutaneous Albumin/Doxycycline Injection versus Open Surgery for Aneurysmal Bone Cysts in the Mobile Spine. *European Spine Journal*, **28**, 1529-1536. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5836-1>
- [8] Bush, C.H. and Drane, W.E. (2000) Treatment of an Aneurysmal Bone Cyst of the Spine by Radionuclide Ablation. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **21**, 592-594.
- [9] DiCaprio, M.R., Murphy, M.J. and Camp, R.L. (2000) Aneurysmal Bone Cyst of the Spine with Familial Incidence. *Spine (Phila Pa 1976)*, **25**, 1589-1592. <https://doi.org/10.1097/00007632-200006150-00021>
- [10] Zileli, M., Isik, H.S., Ogut, F.E., et al. (2013) Aneurysmal Bone Cysts of the Spine. *European Spine Journal*, **22**, 593-601. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2510-x>

- [11] Boriani, S., De Iure, F., Campanacci, L., *et al.* (2001) Aneurysmal Bone Cyst of the Mobile Spine: Report on 41 Cases. *Spine (Phila Pa 1976)*, **26**, 27-35. <https://doi.org/10.1097/00007632-200101010-00007>
- [12] Shiels, W.N. and Mayerson, J.L. (2013) Percutaneous Doxycycline Treatment of Aneurysmal Bone Cysts with Low Recurrence Rate: A Preliminary Report. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **471**, 2675-2683. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-3043-2>
- [13] Boriani, S., Lo, S.F., Puvanesarajah, V., *et al.* (2014) Aneurysmal Bone Cysts of the Spine: Treatment Options and Considerations. *Journal of Neuro-Oncology*, **120**, 171-178. <https://doi.org/10.1007/s11060-014-1540-0>
- [14] Guarnieri, G., Vassallo, P., Muto, M., *et al.* (2014) Percutaneous Treatment of Symptomatic Aneurysmal Bone Cyst of L5 by Percutaneous Injection of Osteoconductive Material (Cerament). *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **6**, e43. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2013-010912.rep>
- [15] Shibuya, I., Dezawa, A., Urayama, S., *et al.* (2018) Surgical Treatment of a Lumbar Aneurysmal Bone Cyst Using Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy. *European Spine Journal*, **27**, 368-374. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5297-y>
- [16] Marushima, A., Matsumaru, Y., Suzuki, K., *et al.* (2009) Selective Arterial Embolization with n-Butyl Cyanoacrylate in the Treatment of Aneurysmal Bone Cyst of the Thoracic Vertebra: A Case Report. *Spine (Phila Pa 1976)*, **34**, E230-E234. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31818f8f7c>
- [17] Rossi, G., Mavrogenis, A.F., Facchini, G., *et al.* (2017) How Effective Is Embolization with N-2-butyl-cyanoacrylate for Aneurysmal Bone Cysts? *International Orthopaedics*, **41**, 1685-1692. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3364-3>
- [18] Rossi, G., Rimondi, E., Bartalena, T., *et al.* (2010) Selective Arterial Embolization of 36 Aneurysmal Bone Cysts of the Skeleton with N-2-Butyl Cyanoacrylate. *Skeletal Radiology*, **39**, 161-167. <https://doi.org/10.1007/s00256-009-0757-z>
- [19] Terzi, S., Gasbarrini, A., Fuiano, M., *et al.* (2017) Efficacy and Safety of Selective Arterial Embolization in the Treatment of Aneurysmal Bone Cyst of the Mobile Spine: A Retrospective Observational Study. *Spine (Phila Pa 1976)*, **42**, 1130-1138. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002017>
- [20] Amendola, L., Simonetti, L., Simoes, C.E., *et al.* (2013) Aneurysmal Bone Cyst of the Mobile Spine: The Therapeutic Role of Embolization. *European Spine Journal*, **22**, 533-541. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2566-7>
- [21] George, H.L., Unnikrishnan, P.N., Garg, N.K., *et al.* (2009) Long-Term Follow-Up of Ethibloc Injection in Aneurysmal Bone Cysts. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, **18**, 375-380. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e32832f724c>
- [22] Dubois, J., Chigot, V., Grimard, G., *et al.* (2003) Sclerotherapy in Aneurysmal Bone Cysts in Children: A Review of 17 Cases. *Pediatric Radiology*, **33**, 365-372. <https://doi.org/10.1007/s00247-003-0899-4>
- [23] Peraud, A., Drake, J.M., Armstrong, D., *et al.* (2004) Fatal Ethibloc Embolization of Vertebral Basilar System Following Percutaneous Injection into Aneurysmal Bone Cyst of the Second Cervical Vertebra. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **25**, 1116-1120.
- [24] Garg, N.K., Carty, H., Walsh, H.P., *et al.* (2000) Percutaneous Ethibloc Injection in Aneurysmal Bone Cysts. *Skeletal Radiology*, **29**, 211-216. <https://doi.org/10.1007/s002560050595>
- [25] Gladden, M.J., Gillingham, B.L., Hennrikus, W., *et al.* (2000) Aneurysmal Bone Cyst of the First Cervical Vertebrae in a Child Treated with Percutaneous Intralesional Injection of Calcitonin and Methylprednisolone. A Case Report. *Spine (Phila Pa 1976)*, **25**, 527-530, 531. <https://doi.org/10.1097/00007632-200002150-00023>
- [26] Rai, A.T. and Collins, J.J. (2005) Percutaneous Treatment of Pediatric Aneurysmal Bone Cyst at C1: A Minimally Invasive Alternative: A Case Report. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **26**, 30-33.
- [27] Barbanti-Brodano, G., Girolami, M., Ghermandi, R., *et al.* (2017) Aneurysmal Bone Cyst of the Spine Treated by Concentrated Bone Marrow: Clinical Cases and Review of the Literature. *European Spine Journal*, **26**, 158-166. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-4978-x>
- [28] Gailloud, P., Martin, J.B., Olivi, A., *et al.* (2002) Transoral Vertebroplasty for a Fractured C2 Aneurysmal Bone Cyst. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **13**, 340-341. [https://doi.org/10.1016/S1051-0443\(07\)61733-3](https://doi.org/10.1016/S1051-0443(07)61733-3)
- [29] Brage, L., Roldán, H., Plata-Bello, J., *et al.* (2016) Transoral Vertebroplasty for a C2 Aneurysmal Bone Cyst. *The Spine Journal*, **16**, e473-e477. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.02.042>
- [30] Tonomura, E.T., Ramos, P., Hemais, P.M., *et al.* (2008) Aneurysmal Bone Cyst at C2: Imaging Evaluation after Intralesional Injection of Calcitonin and Methylprednisolone. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, **66**, 711-715. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2008000500020>
- [31] Ohashi, M., Ito, T., Hirano, T., *et al.* (2008) Percutaneous Intralesional Injection of Calcitonin and Methylprednisolone for Treatment of an Aneurysmal Bone Cyst at C-2. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, **2**, 365-369. <https://doi.org/10.3171/PED.2008.2.11.365>
- [32] Okuda, A., Shigematsu, H., Iwata, E., *et al.* (2019) An Aneurysmal Bone Cyst at T1 Treated with Bone Grafts Con-

- taining Calcitonin and Methylprednisolone. *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, **27**, Article ID: 615499914. <https://doi.org/10.1177/2309499019839626>
- [33] Lange, T., Stehling, C., Fröhlich, B., *et al.* (2013) Denosumab: A Potential New and Innovative Treatment Option for Aneurysmal Bone Cysts. *European Spine Journal*, **22**, 1417-1422. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2715-7>
- [34] Kieser, D.C., Mazas, S., Cawley, D.T., *et al.* (2018) Bisphosphonate Therapy for Spinal Aneurysmal Bone Cysts. *European Spine Journal*, **27**, 851-858. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5470-y>
- [35] Simm, P.J., O'Sullivan, M. and Zacharin, M.R. (2013) Successful Treatment of a Sacral Aneurysmal Bone Cyst with Zoledronic Acid. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **33**, e61-e64. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318285c3a7>
- [36] Skubitz, K.M., Peltola, J.C., Santos, E.R., *et al.* (2015) Response of Aneurysmal Bone Cyst to Denosumab. *Spine (Phila Pa 1976)*, **40**, E1201-E1204. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001027>
- [37] Kurucu, N., Akyuz, C., Ergen, F.B., *et al.* (2018) Denosumab Treatment in Aneurysmal Bone Cyst: Evaluation of Nine Cases. *Pediatric Blood & Cancer*, **65**, e26926. <https://doi.org/10.1002/pbc.26926>
- [38] Elsayad, K., Kriz, J., Seegenschmiedt, H., *et al.* (2017) Radiotherapy for Aneurysmal Bone Cysts: A Rare Indication. *Strahlentherapie und Onkologie*, **193**, 332-340. <https://doi.org/10.1007/s00066-016-1085-6>
- [39] Ch, B., We, D., *et al.* (2010) Percutaneous Radionuclide Ablation of Axial Aneurysmal Bone Cysts. *AJR. American Journal of Roentgenology*, **194**, W84-W90. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.2568>
- [40] Mut, M., Cataltepe, O., Söylemezoglu, F., *et al.* (2004) Radiation-Induced Malignant Triton Tumor Associated with Severe Spinal Cord Compression. Case Report and Review of the Literature. *Journal of Neurosurgery*, **100**, 298-302. <https://doi.org/10.3171/spi.2004.100.3.0298>