

椎体强化术术后感染诊断和治疗进展

何逸航, 柯珍勇

重庆医科大学附属第二医院脊柱外科, 重庆

收稿日期: 2025年4月14日; 录用日期: 2025年5月7日; 发布日期: 2025年5月14日

摘要

椎体强化术(经皮椎体成形术或经皮脊柱后凸成形术)术后感染(Spinal infection after vertebra augmentation, SIAVA)是罕见但严重的手术并发症, 结核分枝杆菌、金黄色葡萄球菌等多种病原微生物都可能引起手术节段椎体的感染, 胸椎、腰椎均可受累。主要表现为责任节段的化脓性脊柱炎或脊柱结核。患者往往有腰背疼痛、活动受限, 伴或不伴有神经功能障碍、发热等症状。神经功能缺损、瘫痪甚至死亡等结局是SIAVA的严重后果, 准确、及时的诊断以及适当治疗方式可以改善患者的结局。本文对SIAVA的病因、临床表现、辅助检查、治疗方法等研究的目前进展做出以下综述。

关键词

椎体强化术, 术后感染, 术后脊柱炎, 诊断, 治疗

Advances in the Diagnosis and Treatment of Spinal Infection after Vertebral Augmentation

Yihang He, Zhenyong Ke

Department of Orthopedic Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 14th, 2025; accepted: May 7th, 2025; published: May 14th, 2025

Abstract

Spinal infection after vertebral augmentation (SIAVA), including percutaneous acrylic vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty, is a rare but severe postoperative complication. Pathogens such as *Mycobacterium tuberculosis* and *Staphylococcus aureus* can lead to infections in the treated vertebral segments, which may involve the thoracic or lumbar spine. The primary manifestations include pyogenic spondylitis or spinal tuberculosis at the affected vertebral segments. Patients often present with low back pain, restricted mobility, and may exhibit neurological deficits, fever, or other symptoms. Severe outcomes such as neurological impairment, paralysis, or even death may occur. Accurate and timely

diagnosis combined with appropriate treatment can improve patient outcomes. This article reviews the current advancements in understanding the etiology, clinical manifestations, diagnostic approaches, and therapeutic strategies for SIAVA.

Keywords

Vertebral Augmentation, Postoperative Infection, Postoperative Spondylitis, Diagnosis, Treatment

Copyright © 2025 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

自 P •Galibert 首次将经皮椎体成形术(Percutaneous acrylic vertebroplasty, PVP)用于治疗血管瘤后[1], 包括 PVP 和经皮脊柱后凸成形术(Percutaneous kyphoplasty, PKP)在内的椎体强化术这一技术被视为微创且安全有效地治疗疼痛性骨质疏松压缩性骨折的外科手段, 并得到了许多学者的验证[2][3]。椎体强化术的手术并发症主要有血肿、术中神经损伤、骨水泥渗漏、全身过敏、毒性反应等[4][5], 而椎体强化术后感染则是其少见的并发症之一。SIAVA 在我国湖南、四川、河南、福建、江苏等地区以及韩国、德国、法国等国家均有案例报道, 相较于骨水泥渗漏 6.9%~45.7%的发生率[2][6], SIAVA 则相当罕见, 发生率在 0.04%到 1.02% [2][7][8]。但是, Robison 等[2]研究的 102 例接受 VA 手术的患者中出现的 1 例 SIAVA 患者很快出现了截瘫, Hui Yuan [7]等报道的 33 例 SIAVA 患者中出现 1 例死亡、14 例失去正常活动能力。因此, 尽早诊断以及治疗对该疾病患者十分重要。故现将 SIAVA 的诊断和治疗的相关进展做如下综述。

2. SIAVA 的危险因素和发病率

现有的文献报道, SIAVA 的发生率在 0.04%到 1.02% [2][8]。针对 SIAVA 的危险因素研究的缺乏病例对照研究, 较少文献总结了可能的危险因素, 相关文献中指出其危险因素主要包高龄[7]、糖尿病[9]、结核病[7]、尿路感染[7][9]、胆囊炎[7]、脑膜炎[7]、痤疮[10]、压疮[10]、接受免疫抑制治疗[7][9]、术中局部血肿[7]等。

尿路感染和接受免疫抑制剂治疗被相关文献共同认为和 SIAVA 有关[7][9]。老年患者尤其是老年女性患者更容易尿路感染, 并且此类患者因椎体压缩性骨折入院拟接受 PKP 或 PVP 治疗时候, 往往会忽视对患者尿路感染情况的诊断。如果泌尿道炎症症状控制不佳, 则很有可能导致 SIAVA 的发生。由于基础疾病接受免疫抑制剂治疗的患者往往免疫力低下, 而大多数关于 SIAVA 的病例报告中关于获取的病原学证据表明, 低毒性的机会致病病原微生物占据多数。因此, 低毒性病原体在接受免疫抑制剂治疗导致的免疫力低下双双导致了 SIAVA 的发生, 并且解释了为什么部分 SIAVA 患者的病程较为隐匿缓慢, 即使在影像学上也没有明显的骨髓水肿或者骨质破坏[11]。

结核分枝杆菌感染的 SIAVA 是一大类型之一, 有学者认为 PKP 可能容易激活非活动性的结核病。在机体免疫力良好的时期, 结核分枝杆菌引起的大多数病变被消除, 只有少量的微小病变在机体中保持静止。存在这种情况并且接受 PKP/PVP 治疗的患者, 因手术创伤的原因激活了静止的结核分枝杆菌, 并迁移到手术创伤部位引起感染。

3. 临床表现

SIAVA 患者典型症状主要是腰背部疼痛、局部活动受限, 伴或者不伴有神经症状、畏寒发热, 结核感染的患者可伴有潮热盗汗、消瘦乏力等结核中毒的表现。以上临床表现基本符合化脓性脊柱炎或脊柱结核的典型临床表现, 可以认为 SIAVA 是化脓性脊柱炎或脊柱结核的一种特殊感染型式。因此, 对于有以上表现的患者如果既往接受 PKP/PVP 手术治疗, 需要高度怀疑有 SIAVA 的发生。而 SIAVA 患者在接受 PKP/PVP 治疗到感染起病的时间关系也大致分为两种, 一种是 PKP/PVP 术后疼痛不缓解并且短期症状加重, 另外一种则是 PKP/PVP 术后症状缓解直到较长时间后复发或者长期的轻微疼痛, 在病程上的体现即是从 PKP/PVP 治疗到感染起病之间较长的时间跨度。根据文献报道, SIAVA 患者从 PKP/PVP 治疗到感染起病之间时间跨度可以是 1 天到 1140 天, 平均起病时间则为 106 天到 123.2 天[7][12], 时间跨度相当之大。体格检查表明 SIAVA 患者可有典型的腰背部局部叩击疼痛, 体位改变时候疼痛加重也是其特点之一, 部分患者可能因骨质破坏严重在被动摇晃身体甚至病床时候就有严重腰背部疼痛。深部感染向浅表扩散的患者, 也可以有局部皮下脓肿的表现, 甚至可有脓肿破溃[13]。少部分的 SIAVA 患者只有轻微的背痛, 并且较长时间内不会明显加重, 同时影像学表现上没有明显的骨髓水肿或软组织水肿、骨质破坏等表现, 因此而漏诊, 在症状明显加重时才被发现[14]。

4. 实验室检查

SIAVA 的确诊主要以病原学检查为金标准, 通过微生物培养获取的阳性结果对 SIAVA 的诊断至关重要[15]。血液培养的阳性检测率在 40%~60% [16], 但是 SIAVA 患者多数为低毒性的病原微生物, 发生菌血症引起高热寒战的情况并不多见, 因此仅在入院时候随机抽取的血液培养的阳性率并不能令人满意, 有报道对 SIAVA 患者进行的血液培养均为阴性(0/9) [17]。血液培养结果如果为阴性, 需要进行活组织检查, 获取组织进行微生物培养。获取活检的方式主要为穿刺活检或者开放活检, 通常只有在穿刺活检失败后才考虑再次进行开放活检。穿刺活检阳性率在 40%~80% [18], 但如果在活检前就开始使用抗生素药物治疗可能会降低阳性率[19]。

对于活检取得的感染组织可进行常规微生物培养、宏基因组学第二代基因测序(metagenomics next generation sequencing, mNGS)、病理组织学检查。病理组织学检测虽然不能明确病原微生物的类型, 但是也可以作为协助诊断的依据, 并且有助于鉴别化脓性疾病和肉芽肿性疾病[20]。对于常规微生物培养, 椎体和软组织的培养阳性率分别为 39.7%和 63.5% [21], 但其检测周期长(2~7 天)、阳性率低(27.2%)、易受抗生素干扰, 且难以检测厌氧菌、细胞内病原体(如立克次体)或已死亡的病原体核酸[22]。目前 mNGS 的应用对提高 SIAVA 的诊断效率起到了重要作用, 在同一研究中 mNGS 的总体病原体检出率(77.9%)显著高于常规微生物培养(27.2%) [22], 且在常规微生物培养阴性结果的样本中间, 其仍然能检测出 73.1%的病原体, 而阳性样本中和常规培养的结果的一致性达到 94.7%。另外 mNGS 还有病原体覆盖广, 包括难以检测的厌氧菌。但是 mNGS 不能提供抗生素耐药信息, 并且检测成本较高, 对于经济困难的患者负担重。

白细胞计数、血沉和 C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)对辅助 SIAVA 诊断具有一定的价值, 其中白细胞计数的敏感性和特异性较低, 对诊断的价值最小, 确诊为 SIAVA 的患者白细胞计数并不一定升高, 而白细胞计数正常的患者也不能完全排除有 SIAVA 的可能。CRP 和血沉则更加敏感, 尤其是 CRP 在 90%的化脓性脊柱炎感染的患者中升高[23]。另一方面对于感染治疗有效果的患者, CRP 会迅速恢复到正常的水平[24]。值得注意的是, 对于脊柱结核型的 SIAVA 患者, 白细胞计数基本不会升高到正常范围外, 而血沉和 CRP 的升高也不十分明显[12]。降钙素原对于 SIAVA 的诊断也具有一定价值, 多数患者血清降钙素原有升高趋势, 并且升高的程度可以反应感染的轻重[23]。

5. 影像学检查

5.1. X 线片的表现

X 线虽然是最常用的影像学检查方式[25], 但是在骨质破坏不明显的 SIAVA 患者上没有明显的特异性改变。可以在 X 线摄片上发现经过椎体强化术治疗的椎体高度进一步塌陷, 有继发性后凸的形成, 椎间隙狭窄, 骨水泥可能向椎管或者椎体四周渗漏。在一些关于 SIAVA 的病例报告中都有提及骨水泥向椎体外的渗漏[15] [26]。X 线摄片也可以用于 SIAVA 患者在接受翻修手术前后手术效果如稳定性的评价。

5.2. CT 和三维重建的表现

计算机断层扫描(CT)可以较为敏感地观察到责任椎体骨质的破坏, 化脓性脊柱炎可以有融骨型或局灶破坏型的改变, 脊柱结核则可以有碎片型或局灶破坏型的改变[27]。而这些改变以骨水泥为中心分布, 可见骨水泥周围硬化骨、死骨分布。破坏严重者则可见骨水泥与周围椎体骨组织的关系松散, 破坏骨质在骨水泥周围松散分布。化脓性脊柱炎严重的患者在椎管内、周围软组织、腰大肌甚至皮下组织可以见到脓肿形成。

5.3. MRI 的表现

磁共振成像 MRI 对脊柱感染的诊断十分敏感, 而钆增强的动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)对早期骨质破坏不明显而周围软组织异常的病灶更加敏感, 目前是诊断脊柱感染疾病的影像学“金标准”[28]。MRI 上可见受累椎体骨髓水肿信号(T2 和 STIR 高信号, T1 低信号), 以及周围有无软组织脓肿。CT 和 MRI 对辅助确定穿刺活检的部位有较大的价值, 预先确定病灶穿刺的结构以及路径, 从而穿刺活检的阳性率[29]。

6. 治疗方式

6.1. 药物治疗

一旦确诊 SIAVA 之后, 应该尽早、足量应用抗生素治疗。有学者建议早期阶段使用克林霉素联合环丙沙星, 或头孢噻肟联合氟氯西林, 尽量覆盖较为广泛的病原体。在穿刺活检确定病原微生物依据后, 针对性使用静脉抗生素治疗。对于细菌性感染目前推荐的方案是在静脉用药 2~4 周且 CRP 下降至少 50% 后, 更改为口服抗生素治疗, 疗程在 6~12 周, 口服治疗期间需要定期检测实验室指标[30]。对于结核分枝杆菌感染的患者, 推荐 WHO 制定的标准化化疗方案, 四联抗结核治疗即吡嗪酰胺(Z) 750 mg/d、乙胺丁醇(E) 750 mg/d、异烟肼(H) 300 mg/d、利福平(R) 450 mg/d, 疗程为 3~6 个月的强化期和 6~9 个月的巩固期, 抗结核总的疗程在 12~18 个月[31]。

6.2. 手术治疗

手术指征 脊柱稳定性破坏、神经功能障碍、药物保守治疗无效是手术治疗的指征。VA 手术中采用的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)单体的聚合导致椎体内部温度升高, 烧伤和坏死骨常在 PMMA 和正常骨组织之间形成隔离区, 且该材料自身缺乏生物活性, 导致抗生素使用效果可能欠佳[32]。手术治疗目前是最主要的治疗方式。

手术方式 目前尚无关于手术方式选择的统一共识。

后入路手术 后入路是椎体病灶清除常用的手术方式。苏锴等[17]认为在受累椎体较多破坏严重、出现明显后凸畸形时候, 可采取后路手术治疗。有研究汇报了在 19 例 SIAVA 患者中对 16 名患者采用了后入路方式进行椎体病灶清除术, 以及植骨融合和内固定, 术后 1 例死于难治性感染性休克, 1 例死于前列

腺癌, 2 例仍需坐轮椅, 其余患者的日常活动明显改善。但是后入路仍然因为切除椎体不可避免的有出血较多、手术时间较长的问题[32]。Hao Zhang 等学者推荐在清除病灶时采用超声骨刀技术, 减少术中神经和脊髓的损伤, 提高手术的效率以及精确度[33]。另有国外的学者[34]报道了 VA 术后感染没有明显骨质破坏, 仅有椎管脓肿形成的病例, 为了缓解患者出现的神经功能症状, 单纯从后入进行了椎板切除减压手术, 该患者的神经功能在随访中完全恢复正常。

前路手术 单纯前路手术在 SIAVA 患者的应用中报道较少, 由于 SIAVA 患者均具有较为严重的骨质疏松, 在一期进行单纯前路清除椎体病灶、植骨融合后, 可能难以达到椎间隙融合, 不能完全重建脊柱的稳定性。但是由于该类患者同时存在高龄、并发症较多的特点, 为了减少手术时间过长、手术创伤过大增加的手术风险, 只能先行一期前路椎体病灶清除。Hyung-Jun Kwak 等[26]报道了一例对 SIAVA 合并主动脉瘤的患者进行单纯的前外侧腹膜后入路病灶清除, 在术中损伤主动脉导致大量出血, 可见 SIAVA 患者前路清创的手术风险极大。苏锴等[17]认为对病灶破坏轻微的患者, 可以进行单纯前路手术, 其报道了在 9 例 SIAVA 患者中进行了 5 例前路手术治疗, 术后 1 例在出现了 1 个月左右出现内固定塌陷, 经过卧床制动、增加佩戴支具时长后控制。其余患者均得到良好的结局。前路手术主要存在内固定强度欠佳、无法矫正后凸畸形的缺点, 在涉及胸段时候, 需要开胸会增加手术风险等。

前后联合入路 后凸畸形严重、椎体破坏严重、神经损伤症状严重的患者, 为了彻底清除病灶、矫正畸形、恢复神经功能, 可采用前后联合入路手术。前路清除病灶较为彻底, 后路再根据需要进一步清除或进行椎弓根钉固定, 重建脊柱稳定性。前后联合入路是较为理想的手术方式。Xudong Hu 等[35]报道了 7 名感染患者接受了前后清创和固定, 手术时间为 23981.2 分钟, 术中出血量为 812.2 ± 243.5 毫升。可见手术时间长、创伤大, 是前后联合入路的主要弊端。

其他手术方式 有学者[36]采用经皮内镜来进行 SIAVA 患者的病灶清除, 在脊柱内镜下完成取样活检、清除受累椎间盘、坏死骨以及镜下使用 Kelly 钳取出骨水泥块, 术中未进行内固定, 但术后 5 月显示椎体间自发融合, 脊柱稳定性得到恢复。目前尚无足够样本的研究, 可能的优势在于可以充分清除病灶的前提下减少手术创伤, 但存在无法矫正后凸畸形的弊端, 对于破坏结构复杂的, 内镜视野可能存在局限性。也有学者[37]通过单纯后路固定而不清除病灶, 术后使用抗生素进行抗生素来治疗一位高龄且无法耐受长时间手术的 SIAVA 患者, 该患者在足疗程抗感染治疗也取得了良好的结局。

7. SIAVA 的预防

目前 VA 手术在我国广泛开展, 但由于各地医疗水平的差距, 存在误诊或手术指征控制不严格而导致 SIAVA 的发生。因此, 通过有效的预防可以较少 SIAVA 的发生。

脊柱结核型的 SIAVA 的发生, 有相当一部分是由于术前将脊柱结核误诊为骨质疏松性压缩性骨折 (OVCF), 而错误进行了 VA 手术, 导致结核感染的再次进展和加重。Roland 等[38]分享了一例可能误诊的脊柱结核病例, 在错误接受 VA 手术治疗后死于脊柱结核导致的败血症。化脓性脊柱炎也可能误诊为骨质疏松性压缩性骨折, 进而在错误治疗后引起 SIAVA 的发生。Po-Wei Chen 等[39]报道一例化脓性脊柱炎误诊为骨质疏松压缩性骨折, 在接受 VA 手术后感染加重导致截瘫的患者。Chen 等认为判断骨质疏松性压缩性骨折不能仅仅基于 X 线片的基础上, 而缺乏对脊柱感染等其他一些疾病的鉴别诊断。化脓性脊柱炎误诊的病例, VA 术前不典型的影像学表现常常误导医生, 因此建议对影像学表现不典型的骨质疏松性骨折患者采取 VA 手术应该慎之又慎。

对于其他部位如泌尿系、呼吸道等存在感染的 OVCF 患者, 应该感染控制后再择期进行 VA 手术治疗。对于暂时没有其他部位感染表现, 但是术前实验室检查提示白细胞计数、血沉、CRP 异常的患者, 应该慎重进行 VA 手术, 也有学者[7] [37]认为可以预防性在围术期使用抗生素, 避免这一类患者出现术

后感染。皮肤有褥疮、痤疮的患者, 在进行 VA 手术切皮后更换手术刀片, 对于预防感染也有一定帮助 [7]。

参考文献

- [1] Galibert, P., Deramond, H., Rosat, P., *et al.* (1987) Preliminary Note on the Treatment of Vertebral Angioma by Percutaneous Acrylic Vertebroplasty. *Neurochirurgie*, **33**, 166-168.
- [2] Robinson, Y., Tschöke, S.K., Stahel, P.F., Kayser, R. and Heyde, C.E. (2008) Complications and Safety Aspects of Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Fractures: A Prospective Follow-Up Study in 102 Consecutive Patients. *Patient Safety in Surgery*, **2**, Article No. 2. <https://doi.org/10.1186/1754-9493-2-2>
- [3] Lee, M.J., Dumonski, M., Cahill, P., Stanley, T., Park, D. and Singh, K. (2009) Percutaneous Treatment of Vertebral Compression Fractures: A Meta-Analysis of Complications. *Spine*, **34**, 1228-1232. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181a3c742>
- [4] Ji, Z., Shen, M., Sun, J., Wang, J., Deng, Y., Zhang, Y., *et al.* (2024) Enhanced Safety and Efficacy of O-Arm Navigation over C-Arm Guidance in Percutaneous Kyphoplasty for Patients with Osteoporotic Vertebral Compression Fractures and Spinal Deformity: A Comparative Study. *Orthopaedic Surgery*, **17**, 125-132. <https://doi.org/10.1111/os.14269>
- [5] Kapetanakis, S., Chaniotakis, C., Zavridis, P., Kopsidas, P., Apostolakis, S. and Gkantsinikoudis, N. (2024) Vertebroplasty and Kyphoplasty in the Management of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures in Elderly Individuals: Evaluation of the Health-Related Quality of Life. *European Journal of Translational Myology*, **34**, Article ID: 12274. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2024.12274>
- [6] Aziz, M., Kniep, I., Ondruschka, B., Püschel, K. and Hessler, C. (2024) Cement Leakage after Augmentation of Osteoporotic Vertebral Bodies. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, **163**, 146-152. <https://doi.org/10.1055/a-2343-4100>
- [7] Yuan, H., Li, Y., Wang, J., Wang, X., Lü, G., Kuang, L., *et al.* (2024) Spinal Infection after Vertebral Augmentation: A Covert Complication with Serious Havoc. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **144**, 1461-1471. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05205-9>
- [8] Anselmetti, G.C., Marcia, S., Saba, L., Muto, M., Bonaldi, G., Carpeggiani, P., *et al.* (2012) Percutaneous Vertebroplasty: Multi-Centric Results from EVEREST Experience in Large Cohort of Patients. *European Journal of Radiology*, **81**, 4083-4086. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.07.005>
- [9] Abdelrahman, H., Siam, A.E., Shawky, A., Ezzati, A. and Boehm, H. (2013) Infection after Vertebroplasty or Kyphoplasty. A Series of Nine Cases and Review of Literature. *The Spine Journal*, **13**, 1809-1817. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.05.053>
- [10] Syed, M.I. (2009) Vertebral Osteomyelitis Following Vertebroplasty: Is Acne a Potential Contraindication and Are Prophylactic Antibiotics Mandatory Prior to Vertebroplasty? *Pain Physician*, **4**, E285-E290. <https://doi.org/10.36076/ppj.2009/12/e285>
- [11] Lin, W., Lee, C., Chen, S. and Lui, C. (2007) Unusual Presentation of Infected Vertebroplasty with Delayed Cement Dislodgment in an Immunocompromised Patient: Case Report and Review of Literature. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **31**, 231-235. <https://doi.org/10.1007/s00270-007-9234-z>
- [12] Liao, J., Lai, P., Chen, L. and Niu, C. (2018) Surgical Outcomes of Infectious Spondylitis after Vertebroplasty, and Comparisons between Pyogenic and Tuberculosis. *BMC Infectious Diseases*, **18**, Article No. 555. <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3486-x>
- [13] Liu, L., He, L., Long, G. and He, M. (2023) A Rare Case of Aggressive Pyogenic Spondylitis with Giant Abscesses after Vertebral Augmentation. *Joint Diseases and Related Surgery*, **34**, 731-736. <https://doi.org/10.52312/jdrs.2023.1182>
- [14] Sun, J.J., Sun, Z.Y., Qian, Z.L., Yang, H.L. and Zhong, X.Y. (2017) Tuberculous Spondylitis after Vertebral Augmentation: A Case Report with a Literature Review. *Journal of International Medical Research*, **46**, 916-924. <https://doi.org/10.1177/0300060517728008>
- [15] 刘少强, 刘伯龄, 梁珪清, 等. 对经皮椎体成形术后感染的治疗观察与分析[J]. 骨科临床与研究杂志, 2021, 6(5): 269-274.
- [16] Gouliouris, T., Aliyu, S.H. and Brown, N.M. (2010) Spondylodiscitis: Update on Diagnosis and Management. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, **65**, iii11-iii24. <https://doi.org/10.1093/jac/dkq303>
- [17] 苏锴, 姜文涛, 邵哲, 等. 经皮椎体成形术后椎体感染的手术治疗[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(12): 1139-1144.
- [18] Kim, N.J. (2021) Microbiologic Diagnosis of Pyogenic Spondylitis. *Infection & Chemotherapy*, **53**, 238-246. <https://doi.org/10.3947/ic.2021.0054>

- [19] Scheer, C.S., Fuchs, C., Gründling, M., Vollmer, M., Bast, J., Bohnert, J.A., *et al.* (2019) Impact of Antibiotic Administration on Blood Culture Positivity at the Beginning of Sepsis: A Prospective Clinical Cohort Study. *Clinical Microbiology and Infection*, **25**, 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.05.016>
- [20] Buchelt, M., Lack, W., Kutschera, H., Katterschafka, T., Kiss, H., Schneider, B., *et al.* (1993) Comparison of Tuberculous and Pyogenic Spondylitis. An Analysis of 122 Cases. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **296**, 192-199. <https://doi.org/10.1097/00003086-199311000-00033>
- [21] Kim, C., Kang, S., Choe, P.G., Park, W.B., Jang, H., Jung, S., *et al.* (2015) Which Tissues Are Best for Microbiological Diagnosis in Patients with Pyogenic Vertebral Osteomyelitis Undergoing Needle Biopsy? *Clinical Microbiology and Infection*, **21**, 931-935. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2015.06.021>
- [22] Li, Z., Zhang, Q., Lian, X., Yin, C., Lin, Y., Wang, Y., *et al.* (2025) Value of Metagenomic Next-Generation Sequencing in the Diagnosis of Native Pyogenic Spinal Infections: A Multicenter, Retrospective Observational Study. *The Spine Journal*, **25**, 640-648. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2024.11.004>
- [23] Lener, S., Hartmann, S., Barbagallo, G.M.V., Certo, F., Thomé, C. and Tschugg, A. (2018) Management of Spinal Infection: A Review of the Literature. *Acta Neurochirurgica*, **160**, 487-496. <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3467-2>
- [24] Zheng, S., Wang, Z., Qin, S. and Chen, J. (2020) Usefulness of Inflammatory Markers and Clinical Manifestation for an Earlier Method to Diagnosis Surgical Site Infection after Spinal Surgery. *International Orthopaedics*, **44**, 2211-2219. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04567-0>
- [25] Prodi, E., Grassi, R., Iacobellis, F. and Cianfoni, A. (2016) Imaging in Spondylodiskitis. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, **24**, 581-600. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2016.04.005>
- [26] Kwak, H., Lee, J., Kim, Y., Moon, K., Joo, S., Kim, J., *et al.* (2008) Aortic Aneurysm Complicated with Pyogenic Spondylitis Following Vertebroplasty. *Journal of Clinical Neuroscience*, **15**, 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2006.06.014>
- [27] Mazzie, J.P., Brooks, M.K. and Gnerre, J. (2014) Imaging and Management of Postoperative Spine Infection. *Neuroimaging Clinics of North America*, **24**, 365-374. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2014.01.003>
- [28] Yoon, Y.K., Jo, Y.M., Kwon, H.H., Yoon, H.J., Lee, E.J., Park, S.Y., *et al.* (2015) Differential Diagnosis between Tuberculous Spondylodiscitis and Pyogenic Spontaneous Spondylodiscitis: A Multicenter Descriptive and Comparative Study. *The Spine Journal*, **15**, 1764-1771. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.04.006>
- [29] Cannavale, A., Santoni, M., Nardis, P., Lucatelli, P., Corona, M., Cannavale, G., *et al.* (2022) Role of CT and MR Imaging in the Assessment of Suspected Spondylodiscitis and Planning of Needle Biopsy. *La Radiologia Medica*, **127**, 1023-1031. <https://doi.org/10.1007/s11547-022-01523-3>
- [30] Fleege, C., Wichelhaus, T.A. and Rauschmann, M. (2012) Systemische und lokale Antibiotikatherapie bei konservativ und operativ behandelten Spondylodiszitiden. *Der Orthopäde*, **41**, 727-735. <https://doi.org/10.1007/s00132-012-1920-0>
- [31] Pi, W., Liu, Y., Chen, H. and Zhao, H. (2024) Tuberculous Spondylitis and Paravertebral Abscess Formation Following Vertebroplasty: A Case Report and Review of the Literature. *Infection and Drug Resistance*, **17**, 5171-5178. <https://doi.org/10.2147/idr.s496726>
- [32] Zhang, S., Wang, S., Wang, Q., Yang, J. and Xu, S. (2021) Debridement and Corpectomy via Single Posterior Approach to Treat Pyogenic Spondylitis after Vertebral Augmentation. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, Article No. 591. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04478-0>
- [33] Zhang, H., Wang, Q., Wang, G. and Li, G. (2024) Application of Piezosurgery in Revision Surgery through Posterior Approach for Infection after Percutaneous Vertebral Augmentation: Technique Note with Case Series. *Orthopaedic Surgery*, **16**, 1239-1245. <https://doi.org/10.1111/os.14030>
- [34] Söyüncü, Y., Özdemir, H., Söyüncü, S., Bigat, Z. and Gür, S. (2006) Posterior Spinal Epidural Abscess: An Unusual Complication of Vertebroplasty. *Joint Bone Spine*, **73**, 753-755. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2006.01.015>
- [35] Hu, X., Jiang, W., Chen, Y., Wang, Y. and Ma, W. (2021) Revision Surgery after Cement Augmentation for Osteoporotic Vertebral Fracture. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **107**, Article ID: 102796. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2020.102796>
- [36] Youn, M.S., Shin, J.K., Goh, T.S. and Lee, J.S. (2018) Minimally Invasive Percutaneous Endoscopic Treatment for Acute Pyogenic Spondylodiscitis Following Vertebroplasty. *European Spine Journal*, **27**, 458-464. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5478-3>
- [37] Park, J., Park, S., Lee, H.J., Lee, C., Chang, B. and Kim, H. (2018) Infection Following Percutaneous Vertebral Augmentation with Polymethylmethacrylate. *Archives of Osteoporosis*, **13**, Article No. 47. <https://doi.org/10.1007/s11657-018-0468-y>
- [38] Ivo, R., Sobottke, R., Seifert, H., Ortmann, M. and Eysel, P. (2010) Tuberculous Spondylitis and Paravertebral Abscess Formation after Kyphoplasty: A Case Report. *Spine*, **35**, E559-E563. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181ce1aab>

- [39] Chen, P., Liu, P., Lee, C. and Lam, C. (2024) Thoracic Pyogenic Spondylitis Misdiagnosed as Osteoporotic Compression Fracture Status Post Vertebral Augmentation with Resultant Paraplegia: A Case Report. *Cureus*, **16**, e63497. <https://doi.org/10.7759/cureus.63497>