

·综述 General review·

支气管动脉化疗栓塞术的技术细节与进展综述

张登科, 吕丽爱, 赖林强, 涂建飞, 余日胜

【摘要】 支气管动脉化疗栓塞术(bronchial arterial chemoembolization, BACE)是中晚期原发性肺癌标准治疗进展后较为成熟的局部微创姑息治疗技术,但其技术细节存在较多争议,难以标准化。通过文献复习,本文主要对肺癌血供来源, BACE 使用的栓塞材料、栓塞材料的粒径大小, BACE 治疗次数、栓塞终点、抗肿瘤药物的选择,以及 BACE 的并发症、治疗效果等进行综述。

【关键词】 原发性肺癌; 支气管动脉; 化疗栓塞; 栓塞材料

中图分类号: R734.2 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2024)-03-0330-05

Technical details and latest progress of bronchial artery chemoembolization ZHANG Dengke, LV Liao, LAI Linqiang, TU Jianfei, YU Risheng. School Of Medicine Zhejiang University, Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital Of Medical College Of Zhejiang University, Hangzhou 310000, China

Corresponding author: YU Risheng, E-mail: risheng-yu@zju.edu.cn

【Abstract】 At present, bronchial arterial chemoembolization (BACE) is a well-established, local minimally-invasive palliative treatment technique for mid-to-advanced primary lung cancer. However, its technical details are still controversial, and it is difficult to standardize each technical detail. Through reviewing the literature, this paper provides a detailed review of BACE, focusing on the source of lung cancer blood supply, embolization materials, particle size of embolization materials, number of treatments, embolization endpoints, selection of anti-tumor drugs, complications, therapeutic effect, etc. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 330-334)

【Key words】 primary lung cancer; bronchial artery; chemoembolization; embolization material

原发性肺癌(primary lung cancer, PLC)是呼吸道常见的恶性肿瘤,也是目前全球最常见和致死率最高的恶性肿瘤^[1]。中晚期肺癌的标准治疗方式包括化疗、放疗、靶向治疗、免疫治疗等。然而,对于驱动基因阴性的人群缺乏靶向药物治疗,化疗联合或不联合放疗是主要治疗方法。对于标准治疗失败后出现进展或者不能耐受静脉化疗的中晚期肺癌患者,目前尚无有效的治疗手段。支气管动脉化疗栓塞术(bronchial arterial chemoembolization, BACE)是中晚期非小细胞肺癌(non-small-cell lung cancer, NSCLC)较为成熟的局部微创姑息治疗技术。与传统全身化疗相比,在提高药物浓度、阻断肿瘤血供、减轻全身不良反应等方面具有明显优势^[2-3]。但是

BACE 的技术细节和病例选择方面仍存在较多争议,至今难以实现标准化。本文就此进行综述。

1 BACE 的发展历史

Viamonte 等^[4]在 1964 年首次报告了经股动脉入路进行支气管动脉造影的研究,解析了基本解剖结构和血管造影结果,表明经支气管动脉治疗肺癌的可能性。Kahn 等^[5]在 1965 年报道了 25 例患者经支气管动脉灌注甲氨蝶呤可使部分肿瘤缩小。1969 年 Neyazaki 等^[6]报道了 27 例患者经支气管动脉灌注丝裂霉素和 5-FU 作为手术辅助化疗没有严重的不良反应,50%的患者在 X 线片上发现肺癌明显缩小。Ekholm 等^[7]、Osaki 等^[8]重复了类似的研究,获得

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.03.020

作者单位: 310000 浙江杭州 浙江大学医学院(张登科, 吕丽爱, 赖林强, 涂建飞); 浙江大学医学院附属第二医院放射科(余日胜)

通信作者: 余日胜 E-mail: risheng-yu@zju.edu.cn

类似甚至更好的疗效。Remy 等^[9]在 1973 年首次报道了经支气管动脉栓塞成功治疗咯血病例。有研究表明,约 30% 的肺癌患者在临床病程中会出现咯血,其中 10% 的患者会出现大咯血^[10]。肺癌引起的咯血已被证实是支气管动脉栓塞术的良好指征,临床成功率(即咯血停止)超过 80%^[10-14],同时可以延长生存时间^[15]。既往由于 BACE 的复杂性、血管造影机性能差、无合适介入材料等因素影响,BACE 未能成为肺癌的标准治疗方案^[16]。尽管如此,为了使中晚期肺癌患者获得更好的治疗效果,一些学者仍继续进行了 BACE 治疗肺癌的临床试验。这些临床试验表明,与全身化疗剂量相比,BACE 可以使用更低剂量化疗药物,同时可以使肿瘤得到消退^[15-21]。随着医师对 BACE 操作细节认知度提高、血管造影机性能改善、介入器材的进展,BACE 目前正逐步被运用到中晚期肺癌的治疗中^[11, 21]。

2 肺癌的血供

肺癌的血供来源以及血液供应比例目前仍存在争议^[22-23]。20 世纪 70 年代早期,通过尸检发现肺肿瘤有双重血管供应^[24]。有学者认为早期肺癌的血供来源主要是肺动脉^[25]。目前大多数学者认为体循环是中晚期肺癌的主要血供来源^[26],BACE 治疗肺癌正是在这一理论基础逐渐建立和发展起来的^[4-6, 16]。Nakanishi 等^[16]研究认为寻找所有肺癌供血动脉是影响 BACE 疗效的关键因素。然而肺癌的血供十分复杂,可由支气管动脉、肋间动脉、内乳动脉、膈动脉、胸廓外动脉、甲状颈干分支动脉、肋颈干分支动脉等供应,且支气管动脉的数量、起源位置各不相同^[7, 16]。有学者认为根据支气管动脉的起源以及起源位置,支气管动脉可分为 5 种类型:①支气管动脉起源于胸主动脉;②支气管动脉起源于后侧肋间后动脉;③支气管动脉起源于胸主动脉和右肋间后动脉;④支气管动脉起源于胸主动脉和右锁骨下动脉;⑤支气管动脉起源于胸主动脉、右肋间后动脉和右锁骨下动脉^[27]。有研究认为,肺癌侵犯前胸壁、上纵隔血供可能来源锁骨下动脉分支,肺癌侵犯后胸壁血供可能来源肋间动脉,肺癌位于肺底血供可能来源膈动脉^[7, 16]。而且,手术或放疗后的患者由于血管损伤可能会出现各种各样的新生动脉供应肺癌^[28]。笔者认为,肺癌患者行 BACE 前一定要完善薄层增强 CT,且扫描范围需从下颌角至肾动脉水平,因为肺癌供血动脉可能起源自甲状颈干、膈动脉(部分膈动脉起源自肾动脉)。且术前一定要仔细

分析薄层增强 CT,分析所有可能的肺癌供血动脉起源。术中仔细寻找所有术前分析可能供血的动脉,并对每支血管行 DSA 造影以及 CBCT 检查,以确定后续化疗栓塞方案。

3 栓塞材料

目前报道的栓塞材料主要有碘化油、PVA 颗粒、栓塞微球、明胶海绵、弹簧圈、氰基丙烯酸正丁酯等^[11, 13, 29-30],PVA 颗粒、栓塞微球、明胶海绵是目前最常用的材料^[11, 13]。然而,所有栓塞材料都会引起血管损伤,并且难以重复治疗。同时,也不建议常规使用弹簧圈,弹簧圈可能导致近端闭塞,不能栓塞肿瘤终末血管,容易造成侧支循环形成,疗效不佳的同时给再次手术增加难度。氰基丙烯酸正丁酯或碘油等液体材料也不推荐常规用于 BACE,因为它们会损伤支气管壁或食管,同时碘化油的粒径太小可能会引起异位栓塞。有多项研究推荐使用校准微球,其可提高治疗的有效率、降低并发症的发生^[18, 20, 31]。栓塞材料的作用不仅是减少肿瘤血供,同时可以帮助抗肿瘤药物保留在靶病变内,从而使肿瘤消退。为此,近年来载药栓塞微球可负载多种药物,它可以预载药物在肿瘤内长期持续释放,正逐渐运用到 BACE 中^[30]。目前研究认为,栓塞微球是 BACE 治疗肺癌的最佳栓塞材料。

4 栓塞材料的粒径大小

Hori 等^[30]在 BACE 中使用的栓塞微球粒径是 50~100 μm ,未发生脑栓塞、脊髓栓塞等并发症。目前肺癌 BACE 中的栓塞材料粒径大小没有统一。Nezami 等^[32]使用 70~150 μm 载药栓塞微球行 BACE。Xu 等^[33]使用 100~300 μm 或 300~500 μm 或 500~700 μm 载药微球栓塞。Li 等^[34]使用 350~560 μm 的明胶海绵或 PVA 颗粒行栓塞。Boas 等^[35]使用碘化油联合 300~500 μm 栓塞微球行 BACE。Shang 等^[36]选择 100~300 μm 栓塞微球,如肿瘤太大则选用 300~500 μm 栓塞微球行 BACE。Bi 等^[29]报道 27 例患者使用 300~500 μm 载药栓塞微球,2 例患者使用 100~300 μm 载药栓塞微球,其中 6 例患者在使用载药栓塞微球栓塞后使用了 350~560 μm PVA 颗粒进行栓塞。Liu 等^[37]报道所有患者使用 300~500 μm 载药栓塞微球行 BACE,后续加用明胶海绵颗粒补充栓塞,但未说明明胶海绵颗粒的大小。目前报道的使用栓塞材料的粒径都是术中根据肿瘤大小、供血动脉直径、有无支气管动脉-静脉瘘等情况作出

选择^[30,32,35]。为了防止过小粒径引起脊髓栓塞,目前多选用 300~500 μm 粒径的栓塞材料。但也有学者认为,在 BACE 中使用 CBCT 明确无脊髓动脉供血、无危险吻合等情况后,可以选用更小的栓塞粒径,因为在确保无并发症的情况,栓塞材料粒径越小可使肿瘤坏死率更高^[30,32]。

5 BACE 治疗次数

Xu 等^[33]BACE 次数为 1~3 次。Li 等^[34]根据肿瘤缩小程度,每隔 4 周进行 1~3 次 BACE。Hori 等^[30]每隔 1 月行 1 次 BACE,最多 3 次。Shang 等^[36]根据每月复查胸部增强 CT 以及患者的身体情况决定治疗次数,9 例患者接受了 1 次治疗,11 例患者接受了 2 次治疗,10 例患者接受了 3 次治疗。Bi 等^[29]报道 29 例患者行 BACE,其中 6 例患者接受了 2 次 BACE,其余 23 例患者只接受 1 次,2 次 BACE 的间隔时间为 1~2 个月。Liu 等^[37]报道在首次治疗后 1 个月无局部肿瘤进展或严重不良事件的患者中重复 BACE。在第一个 BACE 治疗周期后,每 6~8 周通过增强 CT 对患者进行重新评价。根据影像学检查结果和身体状况,所有患者均接受了约 3~6 次 BACE。目前大多数学者认为,因支气管动脉经栓塞材料栓塞后会造成闭塞,应根据复查胸部增强 CT 以了解肿瘤是否仍有血管供应,以及患者身体情况决定是否需行再次 BACE。BACE 的次数一般在 1~3 次,两次治疗的间隔时间为 1 个月^[2, 29-30, 33-34]。

6 栓塞终点

Liu 等^[37]认为血管达到停滞或接近停滞时为栓塞终点。Shang 等^[36]认为 BACE 后血流明显减慢,血管造影证实肿瘤血管及染色消失并停止被认为是栓塞终点。Boas 等^[35]认为直到前向血流减少且无残余肿瘤染色才停止栓塞。Xu 等^[33]认为栓塞的技术终点是肿瘤供血动脉没有额外的肿瘤染色或肿瘤供血动脉停滞/接近停滞。Hori 等^[30]认为当血流开始变慢时停止栓塞。目前大多数学者认为,BACE 的栓塞终点是栓塞后血流速度明显减慢或停滞时。

但由于微导管头端位于血管的位置不同、大导管是否造成血流减慢、推注造影剂的速率及总量不一致等都会影响血流的速度,从而造成各个术者行 BACE 时的栓塞终点不一致,且较为主观。笔者认为,BACE 中血管栓塞后复查 CBCT,如肿瘤无染色可作为栓塞终点,但可能会增加辐射剂量及操作时间。

7 抗肿瘤药物的选择

自 Kahn 等^[5]在 1965 使用甲氨蝶呤行支气管动脉化疗灌注开始,目前已报告了使用丝裂霉素^[6, 7, 35, 38]、5-FU^[6]、长春新碱^[38]、博来霉素^[38]、顺铂^[16, 30, 39]、吉西他滨^[30]、卡铂^[2]、培美曲塞^[2]、伊立替康^[30]、多西他赛^[30]、多柔比星^[30, 36]等抗肿瘤药物。近年来,根据肺癌病理类型,参照全身静脉化疗方案,顺铂、卡铂、吉西他滨、多西他赛、培美曲塞、伊立替康已成为最常用的动脉灌注药物。随着近几年来载药栓塞微球的运用,吡柔比星、吉西他滨、长春瑞滨、伊立替康成为最常用的负载化疗药物^[30, 36]。

化疗药物的剂量通常少于全身化疗药物的总量^[2],部分研究报道剂量通常限制在全身化疗剂量的一半以下^[16]。如有多支肿瘤供血动脉,则根据每支动脉的肿瘤染色程度划分总剂量^[16]。

目前有报道在 BACE 中使用新型的抗血管生成药物如贝伐珠单抗^[30],但尚未见使用包括分子靶向药物和(或)免疫检查点抑制剂在内新药的研究报道。

8 并发症

BACE 最常见的轻微并发症是胸痛和发热,据报道发生率为 6%~50%^[6, 11-12, 14-16, 29]。BACE 后出现胸痛和发热都可能与栓塞引起的缺血有关,通常都是一过性的。恶心、呕吐也是比较常见的并发症,考虑与化疗药物及栓塞有关^[29]。未见报道 BACE 后导致严重呼吸功能损伤^[7-8, 16, 38],但有报道 BACE 后 4~6 周的随访中患者经皮血氧饱和度无明显变化,用力肺活量从 84%(基线)降至 77%,1 秒用力呼气量从 86%(基线)降至 81%^[35]。这可能与肺为支气管动脉、肺动脉双重血供有关,栓塞支气管动脉对肺功能影响不大。严重的食管溃疡、支气管溃疡是 BACE 后十分少见的并发症^[7, 39],这可能与栓塞后缺血有关。脊髓栓塞是 BACE 最严重的并发症^[14],其发生率为 0.6%~4.4%^[40],术中 CBCT 识别脊髓动脉可减少该并发症的发生^[41]。有报道 29 例患者行 BACE,有 1 例患者在手术过程中出现一过性意识丧失,术后 2 h 恢复正常^[40],考虑与脑缺血有关。BACE 另一个十分罕见的并发症是脑栓塞,其发生机制可能与栓塞材料通过支气管动脉-肺静脉分流,或支气管动脉-椎动脉交通,或在肋颈干或甲状腺干栓塞期间反流至椎动脉引起。但目前支气管肺动脉分流与肺动静脉分流很难鉴别,可以使用术中 CBCT 加以鉴别^[41]。为防止发生严重的并发症,术中因仔细观察血管造影图

像,同时加做术中CBCT。另外,在栓塞过程中必须注意缓慢输注栓塞材料,仔细观察,防止发生反流。

9 治疗效果

咯血是晚期肺癌常见严重并发症,发生率为10%~30%,其中10%~20%表现为大咯血^[42]。目前多数研究报道 BACE 可以很好地控制咯血,有效率67%~100%^[43]。BACE 是目前治疗肺癌咯血最有效治疗方案,咯血的控制可以改善肺癌患者的预后^[15, 31],强烈建议将栓塞治疗作为咯血患者的首选治疗方案^[12, 14-15]。据报告,BACE 对于患有呼吸道症状的患者是可行且有益的,使其更容易接受后续有效治疗以获得更好的预后^[6, 34]。至今未见经过 BACE 治疗后呼吸道症状进展的报道。既往的报道表明经 BACE 可以使肿瘤明显消退,也可作为新辅助治疗,且无治疗相关并发症^[6-8, 16, 38]。

随着目前新型抗肿瘤药物以及载药栓塞微球的使用,最近研究表明 BACE 后短期的客观缓解率(ORR)为25.3%~86.7%^[2, 11, 19-20, 29, 32-37],各研究报道的有效率相差较多,可能与各研究入组人群、BACE 精细化程度等相关。尽管 BACE 可以使肺内局部肿瘤消退,肿瘤消退可能有助于改善晚期肺癌的预后^[8, 1647],但可以带来多大获益需要更多的研究证实。

综上所述,尽管由于各种原因 BACE 目前不被认为是中晚期肺癌的标准治疗方案,相信随着介入材料、医学技术、新型药物的进步,BACE 有可能成为中晚期肺癌的一种实用有效的治疗方法。今后肿瘤内科医师和介入放射科医师应该合作进行更多大队列的多中心临床研究。

【参考文献】

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71: 209-249.
- [2] Liu XF, Lin H, Wang Q, et al. Drug-eluting bead bronchial arterial chemoembolization vs. chemotherapy in treating advanced non-small cell lung cancer: comparison of treatment efficacy, safety and quality of life[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2021, 25: 2554-2566.
- [3] 郭立文,郑家平,郝伟远,等.载药微球支气管动脉栓塞化疗治疗晚期非小细胞肺癌10例[J].介入放射学杂志,2021,30: 24-28.
- [4] Viamonte M Jr. Selective bronchial arteriography in man; preliminary report[J]. Radiology, 1964,83:830-839.
- [5] Kahn PC, Paul RE, Rheinlander HF. Selective bronchial arteriography and intra-arterial chemotherapy in carcinoma of the lung [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1965, 50: 640-647.
- [6] Neyazaki T, Ikeda M, Seki Y, et al. Bronchial artery infusion therapy for lung cancer [J]. Cancer, 1969, 24: 912-922.
- [7] Ekholm S, Albrechtsson U, Tylan U. Bronchial artery infusion of mitomycin C in carcinoma of the lung[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 1983, 6: 86-96.
- [8] Osaki T, Oyama T, Takenoyama M, et al. Feasibility of induction chemotherapy using bronchial arterial infusion for locally advanced non-small cell lung cancer: a pilot study[J]. Surg Today, 2002, 32: 772-778.
- [9] Remy J, Voisin C, Ribet M, et al. Treatment, by embolization, of severe or repeated hemoptysis associated with systemic hypervascularization[J]. Nouv Presse Med, 1973, 2: 2060.
- [10] Park HS, Kim YI, Kim HY, et al. Bronchial artery and systemic artery embolization in the management of primary lung cancer patients with hemoptysis[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2007, 30: 638-643.
- [11] Fujita TKH, Tanabe M, Moritani K, et al. Immediate and late outcomes of bronchial and systemic artery embolization for palliative treatment of patients with nonsmall - cell lung cancer having hemoptysis[J]. Am J Hosp Palliat Care, 2014, 31: 602-607.
- [12] Garcia - Olive I, Sanz -Santos J, Centeno C, et al. Results of bronchial artery embolization for the treatment of hemoptysis caused by neoplasm [J]. J Vasc Interv Radiol, 2014, 25: 221-228.
- [13] Hayakawa K, Tanaka F, Torizuka T, et al. Bronchial artery embolization for hemoptysis: immediate and long-term results[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 1992, 15: 154-158.
- [14] Wang GR, Ensor JE, Gupta S, et al. Bronchial artery embolization for the management of hemoptysis in oncology patients: utility and prognostic factors[J]. J Vasc Interv Radiol, 2009, 20: 722-729.
- [15] Witt C, Schmidt B, Geisler A, et al. Value of bronchial artery embolisation with Platinum coils in tumorous pulmonary bleeding [J]. Eur J Cancer, 2000,36: 1949-1954.
- [16] Nakanishi M, Demura Y, Umeda Y, et al. Multi-arterial infusion chemotherapy for non-small cell lung carcinoma -significance of detecting feeding arteries and tumor staining [J]. Lung Cancer, 2008: 227-234.
- [17] Nakanishi M, Umeda Y, Demura Y, et al. Effective use of multi-arterial infusion chemotherapy for advanced non-small cell lung cancer patients: four clinical specified cases [J]. Lung Cancer, 2007, 55: 241-247.
- [18] Kennoki N, Hori S, Yuki T, et al. Transcatheter arterial chemoembolization with spherical embolic agent in patients with pulmonary or mediastinal metastases from breast cancer[J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 1386-1394.
- [19] Hori A, Ohira R, Nakamura T, et al. Transarterial chemoembolization for pulmonary or mediastinal metastases from hepatocellular carcinoma[J]. Br J Radiol, 2020,93: 20190407.
- [20] Bie Z, Li Y, Li B, et al. The efficacy of drug-eluting beads bronchial arterial chemoembolization loaded with gemcitabine for treatment of

- non-small cell lung cancer[J]. Thorac Cancer, 2019, 10: 1770-1778.
- [21] 马起民, 高顺卿, 李立国. 中晚期肺癌的介入治疗[J]. 介入放射学杂志, 2000, 9: 113-114.
- [22] Tacelli N, Remy-Jardin M, Copin MC, et al. Assessment of non-small cell lung cancer perfusion: pathologic-CT correlation in 15 patients[J]. Radiology, 2010, 257: 863-871.
- [23] 肖湘生, 董生, 董伟华, 等. 肺癌血供系列研究[J]. 介入放射学杂志, 2008, 17: 169-171.
- [24] Milne EN. Circulation of primary and metastatic pulmonary neoplasms. A postmortem microarteriographic study[J]. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, 1967, 100: 603-619.
- [25] Deng L, Tang H, Qiang J, et al. Blood supply of early lung adenocarcinomas in mice and the tumor-supplying vessel relationship: a micro-CT angiography study[J]. Cancer Prev Res (Phila), 2020, 13: 989-996.
- [26] Yuan X, Zhang J, Ao G, et al. Lung cancer perfusion: can we measure pulmonary and bronchial circulation simultaneously?[J]. Eur Radiol, 2012, 22: 1665-1671.
- [27] Fei QL, Zhou YY, Yuan YX, et al. An applied anatomical study of bronchial artery[J]. Surg Radiol Anat, 2018, 40: 55-61.
- [28] Hori S, Nakamura T, Kennoki N, et al. Transarterial management of advanced lung cancer[J]. Jpn J Clin Oncol, 2021, 51: 851-856.
- [29] Bi Y, Shi X, Yi M, et al. Pirarubicin-loaded CalliSpheres drug-eluting beads for the treatment of patients with stage III-IV lung cancer[J]. Acta radiol, 2022, 63: 311-318.
- [30] Hori A, Dejima I, Hori S, et al. Transarterial treatment of lung cancer[J]. Life (Basel), 2022, 12: 1078.
- [31] Lorenz JM, Navuluri R. Embolization of chest neoplasms: the next frontier in interventional oncology? [J]. Semin Intervent Radiol, 2019, 36: 176-182.
- [32] Nezami N, Georgiades C, Hong KK, et al. Bronchial artery chemoembolization with radiopaque doxorubicin eluting beads in patients with malignant hemoptysis from metastatic lung cancer[J]. Technol Cancer Res Treat, 2022, 21: 15330338221131167.
- [33] Xu S, Bie ZX, Li YM, et al. Drug-eluting bead bronchial arterial chemoembolization with and without microwave ablation for the treatment of advanced and standard treatment-refractory/ineligible non-small cell lung cancer: a comparative study[J]. Front Oncol, 2022, 12: 851830.
- [34] Li X, Yin M, Xie P, et al. Self-expandable metallic stent implantation combined with bronchial artery infusion chemoembolization in the treatment of lung cancer with complete atelectasis[J]. Front Oncol, 2022, 11: 733510.
- [35] Boas FE, Kemeny NE, Sofocleous CT, et al. Bronchial or pulmonary artery chemoembolization for unresectable and unablatable lung metastases: a phase I clinical trial[J]. Radiology, 2021, 301: 474-884.
- [36] Shang B, Li J, Wang X, et al. Clinical effect of bronchial arterial infusion chemotherapy and CalliSpheres drug-eluting beads in patients with stage II-IV lung cancer: a prospective cohort study[J]. Thoracic Cancer, 2020, 11: 2155-2162.
- [37] Liu J, Zhang W, Ren J, et al. Efficacy and safety of drug-eluting bead bronchial arterial chemoembolization plus anlotinib in patients with advanced non-small-cell lung cancer[J]. Front Cell Dev Biol, 2021, 9: 768943.
- [38] Hellekant C, Svanberg L. Bronchial artery infusion of mitomycin-C in advanced bronchogenic carcinoma[J]. Acta Radiol Oncol Radiat Phys Biol, 1978, 17: 449-462.
- [39] Osaki T, Hanagiri T, Nakanishi R, et al. Bronchial arterial infusion is an effective therapeutic modality for centrally located early-stage lung cancer: results of a pilot study[J]. Chest, 1999, 115: 1424-1428.
- [40] Panda A, Bhalla AS, Goyal A. Bronchial artery embolization for hemoptysis: a systematic review and meta-analysis[J]. Diagn Interv Radiol, 2017, 23: 307-317.
- [41] Liu MY, Rose SC, Loh A, et al. Utility of cone-beam CT for bronchial artery embolization and chemoinfusion: a single-institution retrospective case series[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2022, 45: 834-840.
- [42] Marcelin C, Soussan J, Desmots F, et al. Outcomes of pulmonary artery embolization and stent graft placement for the treatment of hemoptysis caused by lung tumors[J]. J Vasc Interv Radiol, 2018, 29: 975-980.
- [43] Dorji K, Hongsakul K, Jutidamrongphan W, et al. Bronchial artery embolization in life-threatening hemoptysis: outcome and predictive factors[J]. J Belg Soc Radiol, 2021, 105: 5.

(收稿日期: 2023-02-19)

(本文编辑: 茹实)