

## •肿瘤介入 Tumor intervention•

## 不同栓塞材料在脊柱肿瘤术前介入栓塞中疗效和安全性比较研究

林生淦, 范卓阳, 张巍, 徐振宇, 刘嵘, 钱晟

**【摘要】 目的** 比较明胶海绵颗粒、明胶海绵条与弹簧圈联合明胶海绵颗粒在脊柱肿瘤术前介入栓塞中的疗效和安全性。**方法** 收集 2012 年 6 月至 2022 年 6 月在复旦大学附属中山医院及厦门院区接受脊柱肿瘤手术前介入栓塞治疗的 92 例患者临床资料。根据介入术中使用栓塞材料不同,将患者分为明胶海绵颗粒组( $n=36$ )、明胶海绵条组( $n=36$ )及弹簧圈+明胶海绵颗粒组( $n=20$ )。采用 Kruskal-Wallis 检验比较 3 组间术中出血量, Fisher 精确概率检验比较 3 组间并发症发生率。**结果** 所有患者手术切除均成功实施。明胶海绵颗粒组、明胶海绵条组、弹簧圈+明胶海绵颗粒组术中中位出血量分别为 400(200~950) mL、1 000(513~2 000) mL、1 000(500~1 350) mL,明胶海绵颗粒组术中出血量明显低于明胶海绵条组( $P=0.0008$ )及弹簧圈+明胶海绵颗粒组( $P=0.0027$ ),差异有统计学意义。术后明胶海绵颗粒组有 4 例患者出现切口感染/局部脓肿形成,明胶海绵条组有 1 例出现切口裂开,弹簧圈+明胶海绵颗粒组有 1 例出现局部血肿形成。3 组间并发症发生率差异无统计学意义(均  $P>0.05$ )。**结论** 明胶海绵颗粒、明胶海绵条、弹簧圈应用于脊柱肿瘤介入栓塞均安全有效。在减少外科手术中出血方面,超选择插管使用明胶海绵颗粒栓塞肿瘤供血支的疗效优于非超选择插管使用明胶海绵条或弹簧圈联合明胶海绵颗粒栓塞。

**【关键词】** 脊柱肿瘤; 介入栓塞; 明胶海绵; 弹簧圈; 出血量

中图分类号: R738 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2023)-12-1184-06

**Comparison study of clinical efficacy and safety of different embolization materials in preoperative interventional embolization for spinal tumors** LIN Shenggan, FAN Zhuoyang, ZHANG Wei, XU Zhenyu, LIU Rong, QIAN Sheng. Department of Interventional Radiology, Xiamen Hospital, Affiliated Zhongshan Hospital of Fudan University, Xiamen, Fujian Province 361015, China

Corresponding author: QIAN Sheng, E-mail: jasonaero95@163.com

**【Abstract】 Objective** To compare the clinical efficacy and safety of gelatin sponge particles, gelatin sponge strips, and spring coil combined with gelatin sponge particles in preoperative interventional embolization for spinal tumors. **Methods** The clinical data of a total of 92 patients with spinal tumor, who received preoperative interventional embolization before spinal tumor surgery at the Affiliated Zhongshan Hospital and Xiamen Branch of Fudan University of China between June 2012 and June 2022, were collected. According to the different embolization materials used during the interventional embolization, the patients were divided into gelatin sponge particle group( $n=36$ ), gelatin sponge strip group( $n=36$ ), and spring coil plus gelatin sponge particle group ( $n=20$ ). Kruskal-Wallis testing was used to compare the intraoperative bleeding volume among the three groups, and Fisher's exact probability testing was used to compare the incidence of complications among the three groups. **Results** Successful surgical resection of the spinal tumor was accomplished in all patients. The median intraoperative bleeding volumes in gelatin sponge particle group, gelatin sponge strip group, and spring coil plus gelatin sponge particle group were 400 mL(200–950 mL), 1 000 mL (513–2000 mL), and 1000 mL (500–1350 mL) respectively. The intraoperative bleeding volume in the gelatin sponge particle group was significantly smaller than that in the gelatin sponge strip group( $P=0.0008$ )

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2023.12.005

作者单位: 361015 福建厦门 复旦大学附属中山医院厦门医院介入治疗科(林生淦、刘嵘、钱晟),厦门市恶性肿瘤综合治疗临床医学研究中心(林生淦、刘嵘、钱晟);复旦大学附属中山医院介入科(范卓阳、张巍、徐振宇、刘嵘、钱晟),上海市影像医学研究所(范卓阳、刘嵘)

通信作者: 钱晟 E-mail: jasonaero95@163.com

and in the spring coil plus gelatin sponge particle group ( $P=0.0027$ ), the differences were statistically significant. After operation, 4 patients in the gelatin sponge particle group developed incision infection or local abscess formation, one patient in the gelatin sponge strip group developed incision dehiscence, and one patient in the spring coil plus gelatin sponge particle group had postoperative local hematoma at the incision site. No statistically significant difference in the incidence of complications existed between each other among the three groups (all  $P>0.05$ ). **Conclusion** For interventional embolization of spinal tumor, all of the gelatin sponge particles, gelatin sponge strips, and spring coils are clinically safe and effective. However, in reducing the amount of blood loss during surgery the superselective catheterization with embolization of tumor-feeding arteries using gelatin sponge particles is superior to the non-superselective catheterization with embolization of tumor-feeding arteries using gelatin sponge strips or combination use of gelatin sponge particles and spring coils. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 1184-1189)

**【Key words】** spinal tumor; interventional embolization; gelatin sponge; spring coil; bleeding volume

原发性或转移性脊柱肿瘤直接破坏脊椎骨质,导致脊柱生物力学结构损毁,并累及脊髓、神经根等重要结构,引起疼痛、局部肿块、脊柱畸形、神经功能障碍和全身恶病质等临床表现。手术切除是脊柱肿瘤主要的治疗措施,但由于脊柱区域解剖结构复杂,邻近重要组织及肿瘤自身血供丰富等原因,脊柱肿瘤手术往往出血量大,时间长,手术风险较高。脊柱肿瘤术前行介入栓塞能有效减少术中出血量<sup>[1]</sup>,不同栓塞材料可能会对治疗效果和安全性产生影响。本研究比较不同栓塞材料在脊柱肿瘤术前介入栓塞治疗中的效果和安全性。

## 1 材料与方法

### 1.1 病例资料

收集 2012 年 6 月至 2022 年 6 月在复旦大学附属中山医院及厦门院区诊断为脊柱肿瘤并接受手术前介入栓塞治疗的 92 例患者临床资料。纳入标准:①年龄 18~80 岁;②介入栓塞后 3 d 内行外科手术切除;③手术标本病理最终确诊为肿瘤性病变。排除标准:①外科手术为单纯减压分离或椎体成形,或肿瘤消融术;②既往接受过脊柱肿瘤介入栓塞或局部放疗;③介入栓塞材料为非明胶海绵颗粒(条)或弹簧圈;④资料记录不全或缺失。

根据应用的栓塞材料不同,将患者分为明胶海绵颗粒组、明胶海绵条组及弹簧圈+明胶海绵颗粒组。92 例患者中明胶海绵颗粒组(仅使用明胶海绵颗粒,粒径 150~1 400  $\mu\text{m}$ )36 例,明胶海绵条组(仅使用手工裁制的明胶海绵条,直径 1~2 mm)36 例,弹簧圈+明胶海绵颗粒组(使用 2~6 mm/2~5 mm Cook Nester/Tornado 弹簧圈联合粒径 150~1 400  $\mu\text{m}$  明胶海绵颗粒)20 例患者。3 组患者一般临床资料见表 1。

表 1 3 组患者一般临床资料

参数	明胶海绵颗粒组 (n=36)	明胶海绵条组 (n=36)	弹簧圈+明胶海绵颗粒组 (n=20)	P 值
性别				0.455
男	21(58.3)	19(52.8)	14(70.0)	
女	15(41.7)	17(47.2)	6(30.0)	
年龄(岁)	65(55~72)	57(49~64)	57(39~65)	0.021
肿瘤部位				0.337
胸椎	19(52.8)	24(66.7)	14(70.0)	
腰椎	17(47.2)	12(33.3)	6(30.0)	
病理类型				0.539
原发性肿瘤	11(30.6)	12(33.3)	9(45.0)	
转移性肿瘤	25(69.4)	24(66.7)	11(55.0)	
肿瘤血供分类*				0.113
富血供肿瘤	13(36.1)	16(44.4)	13(65.0)	
非富血供肿瘤	23(63.9)	20(55.6)	7(35.0)	
术前血红蛋白(g/L)	125.5 $\pm$ 20.5	131.5 $\pm$ 16.5	127.8 $\pm$ 15.1	0.389
术前血小板计数( $\times 10^9/\text{L}$ )	250.5 $\pm$ 124.7	222.7 $\pm$ 88.2	216.9 $\pm$ 84.9	0.769
靶病灶累及脊椎节段				0.863
1	29(80.6)	29(80.6)	15(75.0)	
$\geq 2$	7(19.4)	7(19.4)	5(25.0)	
介入-手术间隔时间				0.075
0~24 h	29(80.6)	35(97.2)	18(90.0)	
24~72 h	7(19.4)	1(2.8)	2(10.0)	
脊髓动脉显影				0.284
有	5(13.9)	9(25.0)	2(10.0)	
无	31(86.1)	27(75.0)	18(90.0)	
栓塞血管数(条)	3.3 $\pm$ 1.4	3.0 $\pm$ 1.4	3.6 $\pm$ 0.8	0.149

\*富血供肿瘤包括转移性肾透明细胞癌、转移性肝细胞癌、转移性甲状腺癌、骨巨细胞瘤、侵袭性血管瘤、血管肉瘤、转移性平滑肌肉瘤,非富血供肿瘤指浆细胞瘤、转移性肺腺癌、转移性乳腺癌、转移性食管癌、转移性胃癌、转移性肠癌、转移性卵巢癌、转移性前列腺癌、淋巴瘤

### 1.2 介入栓塞

常规选取股动脉入路,局部麻醉下采用 Seldinger 法穿刺成功后引入 5 F 鞘,引入 5 F Cobra 或 Simmons 1 或 RLG 导管钩挂肋间动脉或腰动脉行造影(包括肿瘤累及椎体及其相邻椎体所对应节

段动脉,胸椎肿瘤包括双侧肋间动脉,腰椎肿瘤包括双侧腰动脉),在确认肿瘤染色及肿瘤供血动脉后进行栓塞。

明胶海绵颗粒栓塞法(图 1①):选用微导管超选至肿瘤供血动脉,根据肿瘤供血动脉情况选用合适粒径明胶海绵颗粒栓塞,栓塞至肿瘤染色基本消失、载瘤动脉血流淤滞。明胶海绵条主干栓塞法(图 1②):在肿瘤供血动脉发自主的肋间/腰动脉主干直接注入若干明胶海绵条行栓塞,栓塞至肿瘤染色消失及肋间/腰动脉主干闭塞。弹簧圈+明胶海绵颗粒栓塞法(图 1③):对于肿瘤供血动脉分支难以超选择插管者,先通过微导管在肋间动脉/腰动脉主干远端释放若干枚弹簧圈栓塞,再将微导管退至肋间动脉/腰动脉主干近肿瘤供血动脉开口,选用合适粒径明胶海绵颗粒栓塞,栓塞至肿瘤染色消失及肋间/腰动脉闭塞。明胶海绵颗粒+弹簧圈栓塞法(图 1④):将微导管头端置于肋间/腰动脉近肿瘤供血动脉开口,用合适粒径明胶海绵颗粒以“漂流法”栓塞至肿瘤染色消失,再用弹簧圈阻断肋间/腰动脉主干血流。

### 1.3 外科手术

所有患者在介入栓塞后 72 h 内接受外科手术。手术参照脊柱肿瘤 WBB(Weinstein-Boriani-Biagini)分期及 Tomita 分期原则行相应部位切除,术式包括全脊椎整块/分块切除术、肿瘤切除/姑息减瘤术等。术后给予预防性抗感染、营养神经治疗及功能锻炼等。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析。定量资料服从正态分布比较用单因素方差分析,不服从正态分布用 Kruskal-Wallis 检验,定性资料比较用卡方检验或 Fisher 精确概率法。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 介入栓塞

明胶海绵颗粒组 36 例患者中肿瘤位于胸椎

19 例,腰椎 17 例;明胶海绵条组 36 例患者中肿瘤位于胸椎 24 例,腰椎 12 例;弹簧圈+明胶海绵颗粒组 20 例患者中肿瘤位于胸椎 14 例,腰椎 6 例。胸椎肿瘤供血动脉主要来源于肋间动脉,腰椎肿瘤供血动脉主要来源于腰动脉。

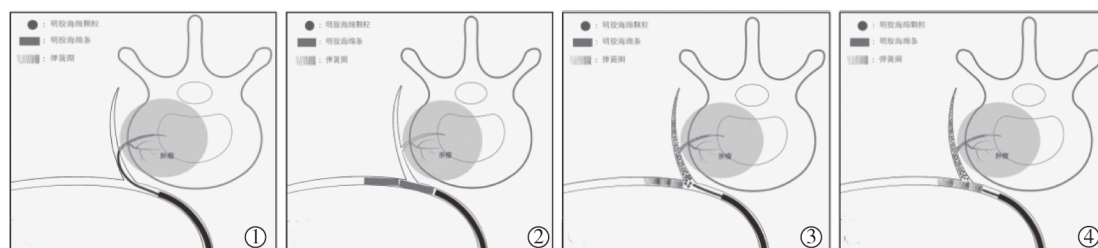
富血供肿瘤患者造影动脉期可见增粗迂曲的肿瘤供血分支,走行紊乱,可伴有肿瘤血管湖或动静脉瘘形成,实质期见团块状肿瘤染色浓聚,静脉期静脉早显、增粗,回流增快(图 2①);乏血供肿瘤患者造影动脉期可见稀疏的肿瘤供血分支,实质期肿瘤呈羽毛样淡染色、边界不清,部分肿瘤内可呈现无染色区,静脉期肿瘤染色消退延迟。对所有患者均栓塞至肿瘤染色区消失(90%以上),肿瘤供血支基本闭塞(图 2②)。造影过程共有 16 例出现脊髓动脉显影,占比 17.4%(16/92)。考虑到手术风险与安全性,对伴有脊髓动脉显影的靶血管支均未予栓塞(图 2③)。

### 2.2 术中出血及术后并发症

所有患者手术切除术均成功实施。明胶海绵颗粒组、明胶海绵条组、弹簧圈+明胶海绵颗粒组术中中位出血量分别为 400(200~950) mL、1 000(513~2 000) mL、1 000(500~1 350) mL,明胶海绵颗粒组出血量少于明胶海绵条组( $P=0.000 8$ )及弹簧圈+明胶海绵颗粒组( $P=0.002 7$ ),差异有统计学意义,见图 3。所有患者外科术后无新增脊髓损伤、神经功能障碍等并发症。明胶海绵颗粒组有 4 例患者术后 3 个月内出现切口感染/局部脓肿形成。明胶海绵条组有 1 例术后 1 个月内出现切口裂开。弹簧圈+明胶海绵颗粒组有 1 例术后 2 d 出现局部血肿形成。采用 Fisher 精确概率法统计 3 组间总并发症发生率,结果显示差异无统计学意义(均  $P>0.05$ )。

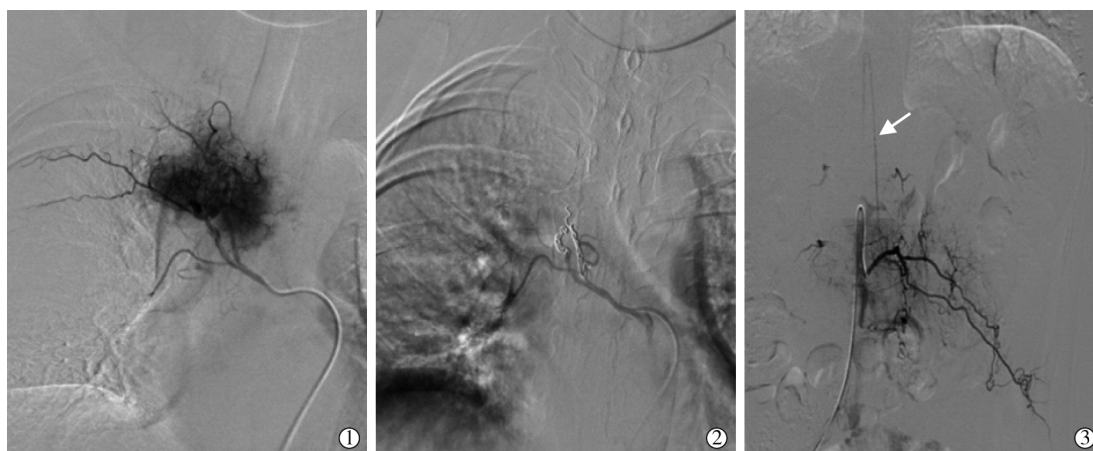
## 3 讨论

外科手术是治疗脊柱肿瘤最主要方式之一。由于脊柱局部解剖结构复杂、肿瘤位置深及富血供等



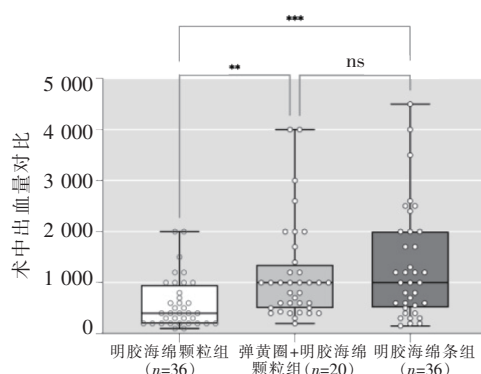
①明胶海绵颗粒组;②明胶海绵条组;③④弹簧圈+明胶海绵颗粒组

图 1 3 组患者不同栓塞方法示意图



①患者女,36岁,背痛1个月,不全瘫1周入院,肿瘤血管DSA造影示右侧第4肋间动脉明显增粗,与第3肋间动脉、右下支气管动脉共干,椎体支末梢分支紊乱增多,实质期见第4胸椎水平右侧为主的团块状富血供肿瘤染色;②微导管先超选至肿瘤供血动脉,注入粒径1 000~1 400  $\mu\text{m}$  明胶海绵颗粒栓塞后,再将微导管撤至第3、4肋间动脉主干释放Nester 3 mm $\times$ 14 cm 弹簧圈栓塞,造影示该处肿瘤染色基本消失。③患者女,51岁,腰痛伴双下肢麻木2个月入院,左侧第2腰动脉造影示脊髓动脉(箭头所示)显影,实质期见肿瘤染色

图2 脊柱肿瘤介入栓塞DSA影像



\*\* $P < 0.01$ ; \*\*\* $P < 0.001$ ; ns: 差异无统计学意义

图3 3组患者术中出血量比较

特性,手术切除通常难度较大、时间长、术中出血多。有研究报道脊柱肿瘤术中出血量可达6 000 mL<sup>[2]</sup>。术中大量出血会对手术造成多方面影响,如延长手术时间,增加感染风险甚至无法切除肿瘤,导致手术失败等<sup>[3]</sup>。多项临床研究及Meta分析显示脊柱肿瘤外科术前行介入栓塞可减少术中出血量和手术相关并发症,提高外科手术安全性和疗效<sup>[4-6]</sup>。本研究中患者术中出血量为700(400~1 200) mL,与研究报道大致相符<sup>[4,7]</sup>。

脊柱肿瘤外科手术中出血除受到患者基础状况、手术方式等因素影响,还与肿瘤血供程度密切相关。有研究认为,对富血供脊柱肿瘤术前栓塞可有效减少术中出血,但对乏血供肿瘤术前栓塞能否减少术中出血还存在争议<sup>[8]</sup>。术前评估肿瘤血供情况,对决定是否栓塞及如何栓塞具有重要临床意义。脊柱肿瘤种类繁多,同一病理类型肿瘤可有不

同血供特点。常规CT或MRI可显示脊柱肿瘤部位、大小及周边组织受累等情况,但在评价肿瘤血供方面仍存在局限性。有研究表明动态增强MRI可准确评价脊柱肿瘤血供情况,与DSA表现有较好相关性<sup>[9-10]</sup>。该项技术可用于术前评价脊柱肿瘤血供情况,为介入栓塞决策提供参考。

脊柱肿瘤介入栓塞常用栓塞材料包括明胶海绵、弹簧圈、聚乙烯醇颗粒、组织胶等。明胶海绵是可吸收栓塞材料,根据肿瘤血供情况选用不同规格制剂,栓塞程度可控,短期栓塞效率高,是最常用栓塞材料之一。弹簧圈是永久性栓塞材料,其本身不能直接栓塞肿瘤末梢血管床,肿瘤复杂的侧支血管网导致其栓塞效率降低。液性栓塞剂组织胶可直接注入肿瘤血管床及肿瘤组织内,且栓塞材料与肿瘤组织间不留任何空隙,能达到完全栓塞效果。国内外各地区对于脊柱肿瘤术前介入栓塞的技术操作和治疗理念不尽相同,栓塞材料选择及应用尚无统一标准。国内研究报道大多采用颗粒性栓塞剂明胶海绵、聚乙烯醇颗粒为主的栓塞方式,国外文献中除采用颗粒性栓塞剂外,不乏有应用液性栓塞剂NBCA、Onyx组织胶等栓塞方式的报道<sup>[5,11-12]</sup>。

本研究中使用的栓塞材料及栓塞方法主要基于造影所示肿瘤血管情况、患者耐受性和安全性。总体原则是:①对于肿瘤累及主要椎体及上下椎体水平病例,充分寻找相应节段动脉,对肿瘤所有供血动脉做到应栓必栓、可栓尽栓。②对于肿瘤供血动脉病例,尽可能选用微导管超选插管行精细栓

塞,对于无法通过微导管超选择插管者,也应选用较大明胶海绵颗粒或明胶海绵条,或弹簧圈+明胶海绵颗粒,栓塞发出肿瘤供血血管的责任动脉主干。③对于肿瘤染色不清或供血动脉纤细病例,在确保栓塞安全性(微导管超选到位至肿瘤供血支且造影未显示脊髓动脉)前提下,选用直径较小(150~350  $\mu\text{m}$ )栓塞剂。④对于肿瘤染色明显及供血动脉丰富病例,逐级选用直径自小至大的栓塞剂逐步栓塞;对于肿瘤较大者,应闭塞发出肿瘤供血血管的责任动脉主干(如肋间动脉/腰动脉);对于伴有动静脉瘘者,需根据瘘口位置及大小选用合适栓塞剂,在栓塞肿瘤主要供血动脉小分支基础上,还应避免栓塞颗粒通过动静脉瘘口进入椎旁静脉丛,造成异位栓塞。⑤栓塞程度应尽可能达到肿瘤染色消失 90%以上及载瘤动脉完全闭塞,且重复造影时间需在栓塞后 5 min 以上,以准确判断栓塞终点及观察有无侧支血管参与供血。

本研究结果显示,通过微导管超选择插管至肿瘤供血动脉注入明胶海绵颗粒的栓塞较之肋间/腰动脉主干明胶海绵条栓塞或弹簧圈+明胶海绵颗粒栓塞,在减少术中出血方面更有优势。原因推测可能是:明胶海绵条为手工裁制而成,栓塞异质性大,虽可简易方便地将肋间/腰动脉主干迅速闭塞,但由于直径较大,无法栓塞至肿瘤末梢血管,易导致肿瘤侧支血管形成,而弹簧圈+明胶海绵颗粒栓塞虽使用直径较小的明胶海绵颗粒,一定程度上能栓塞至肿瘤血管,但由于缺乏微导管超选择插管,在颗粒大小选择和栓塞程度把控方面更加考验术者经验。此外,弹簧圈应用可能会一定程度上导致术者减少明胶海绵颗粒用量,而弹簧圈栓塞则有赖于血管截面密实填塞及血栓形成,术者操作不当、填塞不彻底及短期内血栓未能形成均可影响栓塞疗效。

关于栓塞后序贯手术切除的最佳时间窗,目前尚无统一定论。一般认为,间隔时间越长,栓塞闭塞血管的复通及肿瘤侧支血管形成概率越高,从而影响栓塞疗效。栓塞与手术间隔时间过长,还易造成栓塞组织水肿、粘连,影响手术操作。目前大部分研究报道均是在栓塞后 24 h 或 48 h 内行外科手术,证明了术前栓塞的有效性<sup>[5,13]</sup>。也有研究表明,栓塞后当日进行外科手术在减少术中出血方面效果好于次日手术<sup>[14]</sup>。本研究中,89.1%(82/92)患者在栓塞后 24 h 内进行手术,与栓塞后 24~72 h 内手术患者相比,术中出血量中位值分别为 650(375~1 200) mL、900(400~1 250) mL,差异无统计学意

义( $P=0.767$ )。由于本研究对照组样本量较小,研究结论有待进一步验证。关于栓塞后外科手术最佳时间窗,尤其是栓塞后早期手术切除的有效性和安全性(如栓塞后 12 h 内手术),还有待大样本、多中心前瞻性研究进一步探索。

脊柱肿瘤术后并发症包括出血、感染、脑脊液漏、脊椎不稳及神经功能损伤等。研究报道除外科手术及肿瘤自身等因素影响外,介入栓塞会导致局部组织缺血缺氧,可能会增加术后切口愈合不良、感染等并发症发生<sup>[15-16]</sup>。本研究中明胶海绵颗粒组有 4 例患者术后出现切口愈合不良、切口感染,明胶海绵条组有 1 例术后出现切口裂开,弹簧圈+明胶海绵颗粒组有 1 例术后出现切口局部血肿形成,总并发症发生率为 6.5%(6/92),低于研究报道的 11.2%<sup>[17]</sup>。需指出的是,脊柱肿瘤介入栓塞过程中应谨慎操作,避免误栓非靶血管造成重要组织脏器功能损伤,尤其要避免误栓脊髓动脉,以免造成不可逆脊髓缺血损伤<sup>[18]</sup>。本研究造影过程中共有 16 例患者脊髓动脉显影,占比 17.4%(16/92),对比脊髓动脉显影、未显影两组患者术中出血量,中位值分别为 1 000(600~1 200) mL、600(300~1 275) mL,差异无统计学意义( $P=0.211$ )。本研究中对造影显示脊髓动脉靶血管支均未予栓塞,所有患者栓塞术后均未出现脊髓损伤并发症。由于本研究对照组样本量较小,对脊髓动脉显影的靶血管支栓塞与否是否影响介入栓塞的有效性和安全性,还需更大样本、随机对照研究明确。对于脊髓动脉显影的靶血管支栓塞,除需介入医师成熟的栓塞技术,未来也期待更安全、更有效的介入器械及栓塞材料发展。

本研究局限性:虽有两个中心的数据,但仍属回顾性研究,患者纳入及资料统计难以避免选择偏倚及回忆偏倚,术中出血及术后并发症受多种因素综合影响,3 组患者间存在无法平衡或未知的混杂因素,可能会对研究结果带来一定干扰。

#### [参 考 文 献]

- [1] Luksanapruk P, Buchowski JM, Tongsa S, et al. Systematic review and meta - analysis of effectiveness of preoperative embolization in surgery for metastatic spine disease [J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10: 596-601.
- [2] Bible JE, Mirza M, Knaub MA. Blood-loss management in spine surgery[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2018, 26: 35-44.
- [3] Mohme M, Mende KC, Pantel T, et al. Intraoperative blood loss in oncological spine surgery[J]. Neurosurg Focus, 2021, 50: E14.

- [4] Awad AW, Almefty KK, Ducruet AF, et al. The efficacy and risks of preoperative embolization of spinal tumors[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8: 859-864.
- [5] Griessenauer CJ, Salem M, Hendrix P, et al. Preoperative embolization of spinal tumors: a systematic review and meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2016, 87: 362-371.
- [6] Gong Y, Wang C, Liu H, et al. Only tumors angiographically identified as hypervascular exhibit lower intraoperative blood loss upon selective preoperative embolization of spinal metastases: systematic review and meta-analysis[J]. Front Oncol, 2020, 10: 597476.
- [7] 吴少杰,唐 仪,杨厚林,等. 介入栓塞在脊柱肿瘤外科手术中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23:993-996.
- [8] Groot OQ, van Steijn NJ, Ogink PT, et al. Preoperative embolization in surgical treatment of spinal metastases originating from non-hypervascular primary tumors: a propensity score matched study using 495 patients[J]. Spine J, 2022, 22: 1334-1344.
- [9] 张永秋,董伟华,刘洪超,等. 动态增强 MRI 评价脊柱肿瘤血供与 DSA 的相关性[J]. 介入放射学杂志, 2016, 25:214-219.
- [10] Premat K, Shotar E, Burns R, et al. Reliability and accuracy of time-resolved contrast-enhanced magnetic resonance angiography in hypervascular spinal metastases prior embolization[J]. Eur Radiol, 2021, 31: 4690-4699.
- [11] Ladner TR, He L, Lakomkin N, et al. Minimizing bleeding complications in spinal tumor surgery with preoperative Onyx embolization via dual-lumen balloon catheter[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8: 210-215.
- [12] Youssef E, Santos E, Moussa AM, et al. Preoperative embolization of metastatic spinal cord compression with n-Butyl cyanoacrylate: safety and effectiveness in limiting blood loss[J]. J Vasc Interv Radiol, 2023, 34: 613-618.
- [13] Huang YC, Tsuang FY, Lee CW, et al. Efficacy of preoperative embolization for metastatic spinal tumor surgery using angiographic vascularity assessment[J]. Eur Radiol, 2023, 33: 2638-2646.
- [14] Yuh WT, Han J, Lee CH, et al. The optimal time between embolization and surgery for hypervascular spinal metastatic tumors: a systematic review and meta-analysis[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2023, 66: 438-445.
- [15] 刘向东,赵家宁,吴文娟,等. 骨盆肿瘤术前栓塞对骨科手术后切口愈合的影响[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23:340-342.
- [16] Zhang L, Michihata N, Matsui H, et al. Preoperative arterial embolization and wound complications after resection of malignant bone tumor in the pelvis: a nationwide database study[J]. Jpn J Clin Oncol, 2022, 52: 1176-1182.
- [17] Atkinson RA, Davies B, Jones A, et al. Survival of patients undergoing surgery for metastatic spinal tumours and the impact of surgical site infection[J]. J Hosp Infect, 2016, 94: 80-85.
- [18] Ishikawa H, Ohbe H, Omachi N, et al. Spinal cord infarction after bronchial artery embolization for hemoptysis: a nationwide observational study in Japan[J]. Radiology, 2021, 298: 673-679.

(收稿日期:2023-06-05)

(本文编辑:谷 珂)