

• 综 述 General review •

双腔微球囊导管在血管介入治疗中的应用

李 龙

【摘要】 管径在 3F 以下的双腔微球囊导管可经迂曲、细小或解剖结构复杂的血管引入至靶病变, 临时阻断血流以改变局部血流力学, 或辅助实施液体栓塞剂或弹簧圈栓塞术, 以提高介入治疗的临床效果和安全性。本文描述了最新双腔微球囊导管的产品结构, 着重讨论微球囊阻断下经动脉栓塞术在肝癌介入治疗中的临床应用, 评价微球囊辅助下液体栓塞术治疗富血供病变和血管性疾病, 以及微球囊辅助下弹簧圈栓塞术治疗内脏动脉瘤的临床价值, 介绍双腔微球囊导管在球囊阻断逆行经静脉闭塞术治疗胃静脉曲张中的特殊应用, 评估微球囊阻断技术提高前列腺动脉栓塞术安全性的应用前景。

【关键词】 微球囊导管; 球囊阻断; 治疗性栓塞; 外周血管介入; 介入放射学

中国分类号: R197.39 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2024)-08-0928-07

The application of double lumen microballoon catheter in vascular interventional procedures LI Long

Department of Interventional Radiology and Endovascular Surgery, Guangzhou Municipal Twelfth People's Hospital, Guangzhou, Guangdong Province 510620, China

Corresponding author: LI Long, E-mail: radiolilong@hotmail.com

【Abstract】 The double lumen microballoon catheter with a diameter of less than 3F can pass through tortuous, fine or anatomically complex blood vessels into the target lesions, which can temporarily obstruct the blood flow to alter the local hemodynamics or to assist the performance of interventional embolization using liquid agent or spring coils, and improve the clinical efficacy and safety of interventional therapy. This article describes the product structure of the up-to-date double lumen microballoon catheters in detail, focusing on the clinical application of microballoon-occluded transarterial embolization in interventional therapy of liver cancer, the assessment of the clinical value of the microballoon-assisted liquid embolization for hypervascular lesions and vascular disorders, the microballoon-assisted coil embolization for visceral artery aneurysms, the special application of double lumen microballoon catheters in balloon-occluded retrograde transvenous embolization for gastric varices, and the evaluation of microballoon-occluded technique in improving the safety of prostatic artery embolization and its application prospects.

【Key words】 microballoon catheter; balloon occlusion; therapeutic embolization; peripheral vascular intervention; interventional radiology

在血管栓塞术中使用双腔球囊导管临时阻断血流以提高栓塞效率和防止栓塞剂反流的理念, 在 1970 年代即已出现^[1]。随后, 使用管径在 3French (F/Fr) 以下的微球囊导管辅助下行脑动脉瘤、脑动静脉畸形和硬脑膜动静脉瘘的栓塞治疗在神经介入放射学中得到了广泛应用^[2-3]。在外周血管系统的介入治疗中, 5.2 F 或 6 F 的球囊导管已经用于各种类型血管病变的腔内治疗以控制血流和预防相关并

发症。例如, 在治疗胃静脉曲张的球囊阻断逆行经静脉闭塞术 (balloon-occluded retrograde transvenous obliteration, BRTO) 中, 通常的做法是将 5.2 F 或 6 F 球囊导管通过 8F 鞘逆行引入胃肾分流道^[4-6]; 在高流量型肺动静脉畸形的栓塞中, 先使用 5.2 F 球囊导管阻断靶血管, 可减少畸形血管团的血流以增加后续弹簧圈栓塞的稳定性并降低矛盾栓塞的风险^[7]; 在肝内动门静脉分流的 N-羟丁基 2-氰基丙烯酸酯 (n-butyl

cyanoacrylate, NBCA) 栓塞术中, 使用 5.2 F 球囊导管在分流道近端阻断血流, 可降低 NBCA 近端栓塞、远端迁移、碎裂、反流和导管粘连的风险^[8]。但是, 在血管过度迂曲、管径细小或解剖结构复杂的情况下, 这些球囊导管可能难以置入。

随着第一代微球囊导管于 2011 年在日本上市, 用于治疗外周血管系统血管病变的双腔微球囊导管使术者可将其推进到更远、更细和弯曲的血管中, 在临床实践中得以普遍应用^[9]。使用微球囊导管通过迂曲的细小血管或在解剖结构复杂时短暂性、保护性地阻断非靶血管进行血流控制, 可防止化疗药物或栓塞材料进入非靶血管内, 还可避免栓塞物质的全身迁移。同时, 在靶血管栓塞结束后可短时间内恢复非靶血管的血流, 避免对非靶区域造成缺血性损伤。本文对微球囊导管在血管介入治疗领域中的临床应用现状进行了综述, 以期提高对双腔微球囊导管临时阻断技术的认识。

1 双腔微球囊导管的产品结构

1.1 端孔双腔微球囊导管

最近文献报道的端孔双腔微球囊导管包括两种类型: Attendant Nexus(日本)/Occlusafe(欧洲)和 Logos ST(Piolarx, 日本)^[10-12]。

Attendant Nexus 导管的实测轴径从微球囊远端的 1.98 F 逐渐变细为导管尖端的 1.8 F, 导管近端直径为 2.7 F, 而且不透射线的标记位于导管尖端的近侧。在注射 0.1 mL 的 150 mg I 对比剂(推荐的极限体积)时, 由聚氨酯树脂制成的顺应性微球囊长度为 10 mm, 膨胀直径为 4 mm。球囊远端至导管尖端的长度为 3.5 mm。导丝腔的直径为 0.017 英寸^[11]。

Logos ST 导管在微球囊的远侧部分为非锥形的 1.8 F 导管尖端, 微球囊近端的导管直径为 2.4 F。在注射 <0.21 mL 的 150 mg I 对比剂(推荐的极限体积)时, 由聚氨酯树脂制成的顺应性微球囊长度为 12 mm, 膨胀直径为 3~5 mm。有两个不透射线的标记分别位于微球囊的中部和导管尖端的近侧。球囊远端至导管尖端的长度为 3 mm。导丝腔的直径为 0.018 英寸^[11]。

1.2 侧孔双腔微球囊导管

文献中报道了两种类型的侧孔双腔微球囊导管: MicroSight(Fuji Systems, 日本)^[12-13]和 Logoswitch(Piolarx, 日本)^[14-15]。两者的本质区别在于闭塞主腔的机制不同。

MicroSight 导管外径为 3.3/3.9 F, 内腔直径为

0.014 英寸。球囊远端至导管尖端的长度为 7 mm。球囊由硅胶制成, 长度为 10 mm, 标称膨胀直径为 6 mm, 体积为 0.10 mL。侧孔位于球囊近侧, 至球囊近端的长度为 4 mm; 侧孔大小为 0.3 mm×0.8 mm, 端孔闭塞时生理盐水最大流速 0.5 mL/s, 可通过大小为 1 mm 的明胶海绵颗粒。球囊的远端和近端以及侧孔的近侧具有不透 X 线标记。导管端孔闭塞装置在 0.012 英寸导丝的尖端有一个 0.018 英寸的聚氨酯凸起, 其中含有铂粉。在微球囊导管的主腔轮毂上附加一个旋转止血阀。闭塞装置通过旋转止血阀进入主腔并向前推进以闭塞微球囊导管尖端的主腔。然后, 将球囊注射腔连接到一条管路上, 注入稀释 50% 的造影剂使球囊膨胀, 即可从旋转止血阀侧臂至微导管侧孔输注药物和(或)栓塞物质^[12-13]。

Logoswitch 导管尖端为 2 F, 内腔直径为 0.019 英寸, 兼容 0.014 英寸的导丝。侧孔位于距离微球囊导管尖端 17 mm 处, 直径 0.48 mm; 侧孔所在位置具有不透 X 线标记。微球囊的长度和直径分别为 8~13 mm 和 3~6 mm, 这些尺寸可根据从微球囊腔中注入的液体的体积来控制, 0.31 mL 是可注入的液体(即盐水和对比剂的混合物)的最大容量。微球囊膨胀后, 微导管的导丝腔被来自球囊的外源性压力阻塞, 从导管端腔内注入的材料只能从侧孔流出。当微球囊缩瘪时导丝腔开放, 导管端腔内注入的材料既可以从导管尖端末端流出, 也可以从侧孔流出。可输注明胶海绵颗粒、栓塞胶或微球等栓塞剂^[14-15]。

2 双腔微球囊导管的临床应用

2.1 双腔微球囊导管在肝癌介入治疗中的应用

2.1.1 微球囊阻断经导管肝动脉化疗栓塞术(balloon-occluded transarterial chemoembolization, b-TACE) 通常被定义为在微球囊导管阻断肿瘤供血动脉的情况下输注碘油化疗药物乳剂和明胶海绵颗粒, 导致碘油乳剂积聚在肝细胞癌结节中更加致密积聚^[10-11, 16-17]。这种现象不能仅仅用防止栓塞材料的近端迁移和泄漏来解释, 它还涉及引起闭塞动脉周围的和靶向肿瘤的血流动力学的局部变化。研究表明, 肝内胆管周血管丛、叶间交通弓和孤立动脉是在球囊阻断下起吻合动脉作用的三种肝动脉侧支类型; 在微球囊阻断肿瘤供血动脉分支后, 当球囊导管尖端的动脉残端压(balloon-occluded arterial stump pressure, BOASP) ≤ 64 mmHg 时, 球囊导管尖端以远的动脉血流仍由上述肝内侧支维持, 即使

动脉残端压力降低,黏稠的碘油乳剂仍可被侧支动脉血流推入肝癌结节内,但由于动脉残端压降低,碘油乳剂不能有效地被推入正常肝实质,因此,碘油在正常肝实质中的积聚很快停止,而在肝癌结节中的积聚仍在继续^[10-11,16-17]。

b-TACE 的操作:在 DSA 引导下将微球囊膨胀至比拟阻断动脉直径大 5%~10%;在微球囊阻断下持续输注碘油化疗药物乳剂,直至肝癌结节充满碘油悬液或门静脉分支开始充满碘油;在微球囊膨胀下注射大小为 1 mm 明胶海绵颗粒以阻断肿瘤供血分支^[10-11,16-17]。一种新型的脂溶性铂复合物抗癌药水合米铂(miriplatin hydrate, MPT)(日本住友制药)易于悬浮于碘油中,已被广泛地应用于 b-TACE 中^[18]。在肝癌结节内沉积的水合米铂-碘油悬浮液可渐进性地将活性铂化合物释放到肿瘤组织中,从而发挥持久的抗肿瘤作用,但其很少进入体循环。但也有学者认为,表柔比星是比米铂更为理想的抗癌药物,在 b-TACE 中实现了更高的目标病灶完全缓解率和更长的目标病灶进展时间^[19]。

目前已经有多项临床研究结果表明,b-TACE 的肿瘤完全缓解率、局部无复发时间和局部肿瘤进展率均明显优于常规 TACE(conventional TACE, c-TACE)和药物洗脱微球 TACE(drug-eluting-microsphere, DEM-TACE)^[16,20-22];严重不良事件的发生率无明显差异。Golfieri 等^[20]报道 b-TACE 组的栓塞后综合征(腹痛和恶心)发生率较高,但发热、呕吐、腹泻、疲劳等无明显差异;同时报道 b-TACE 术后出现无症状脓肿(2.2%)和肝假性动脉瘤(1.1%)。作为 b-TACE 的一种特异性并发症,微球囊导管过度膨胀可导致动脉瘤样扩张(6.5%)^[17];在透视引导下小心地将微球囊膨胀到合适的大小以阻断靶血管,对于避免因微球囊过度膨胀而导致动脉瘤样扩张是很重要的。

2.1.2 b-TACE 的改良 侧孔双腔微球囊导管:当肿瘤供血动脉分支以锐角发出或管径细小而无法成功实现超选择插管时,可使用侧孔双腔微球囊导管实施 TACE。在靶动脉分支远侧膨胀微球囊临时阻断血流,碘油化疗药物乳剂和明胶海绵颗粒或栓塞微粒经微球囊近侧的侧孔灌注入肿瘤供血动脉分支^[12-14]。少量的病例报道显示了良好的治疗效果而未发生并发症,而且靶动脉分支的载体动脉血流得以保留完好^[12-14]。

选择性阻断肿瘤供血动脉:当肿瘤体积巨大且具有多支供血动脉时,或者当动脉解剖不佳时,即使

有自动供血动脉分支检测软件的指导,在亚段水平上对所有的肿瘤供血动脉分支进行插管也可能是耗时且具有技术挑战性的。在肝细胞癌血管构筑中,供血动脉分支通向肿瘤的窦状血管,这是一个遍布肿瘤组织的相互连接的血管通道网络,供应肿瘤的所有动脉分支通过肿瘤血管相互连接,因此,选择插管入其中一条供血动脉支以输注碘油化疗药物乳剂,同时使用另外的微球囊导管暂时选择性阻断来自所有其他供血动脉支的血流,则整个肿瘤的血管将被药物填充^[23]。香港中文大学余俊豪描述了一种选择性阻断肿瘤供血动脉(selective occlusion of feeding arteries, SOFA)TACE 技术,将 7 F 导引导管置于腹腔动脉,造影明确所有肿瘤供血动脉支的数量和起源以设计插管策略,优先选择优势供血动脉支选择性插入 2.4 F 微导管用于输注碘油化疗药物乳剂,然后经 7 F 导引导管并行插入微球囊导管(4 mm×10 mm)至另外的肿瘤供血动脉支使其血流暂时停止^[23]。该研究包括 8 例患者,肿瘤最大直径中位数为 47 mm(四分位距 32~61 mm),供血动脉 2~5 支,通过 1 条动脉分支给药使整个肿瘤血管完全充填;中位监测期为 25 个月(22~28 个月),均实现了持续的完全缓解。

微球囊阻断下反复交替灌注顺铂溶液和明胶海绵浆液:Irie 等^[24]描述了一种所谓微球囊阻断下反复交替输注顺铂和明胶颗粒(the repeated alternate infusion of cisplatin solution and gelatin slurry distal to balloon occlusion, RAIB)的 TACE 技术。使用微球囊阻断肝癌供血动脉的段或亚段分支,先注入顺铂溶液 1~5 mL,再注入自制的大小为 $(136.8 \pm 60.8) \mu\text{m}$ 至 $(261.4 \pm 110.3) \mu\text{m}$ 明胶海绵浆液 0.5~1 mL。在反复交替输注 1~5 次后,可见微球囊导管外的明胶海绵浆液树枝状停滞和血流停止,然后小心地将微球囊缩瘪。当微球囊缩瘪后微球囊导管外血流重新出现时,在微球囊缩瘪状态下进行交替输注,直到明胶海绵浆液淤滞。作者提出以下假设来解释 RAIB-TACE 的机制:①当肝动脉近端被阻断时,血液也可通过多条侧支动脉供给肿瘤结节;②侧支动脉大小不一,抗癌药物溶液和明胶海绵浆液首先流入无侧支吻合或侧支血流量低的肿瘤供血动脉;③随后具有高血流量的侧支动脉被栓塞;④在邻近栓塞终点时,注入的顺铂集中到非常小的动脉,而这些动脉不能被明胶海绵浆液栓塞;⑤最后,在微球囊导管之外的所有肿瘤供血动脉被栓塞,同时将高浓度顺铂包裹在肿瘤结节内并防止明胶海

绵颗粒在近端聚集^[24]。19 例直径超过 7 cm 的巨块型肝癌在 RAIB-TACE 后 1~3 个月的客观缓解率达 100%^[24]。最近报道的一项关于 RAIB-TACE 安全性和有效性的 I/II 期多中心前瞻性研究中,来自 4 个医疗中心的 43 例原发性肝癌患者的完全缓解率为 22.0%,客观缓解率为 73.2%(95%可信区间为 57.9%~84.4%)^[25]。

球囊阻断下选择性内放射治疗和 DEB-TACE: 2022 年发表的一项回顾性队列研究,比较了选择性内放射治疗(selective internal radiotherapy, SIRT)与球囊阻断下选择性内放射治疗(balloon-occluded selective internal radiotherapy, b-SIRT)、DEB-TACE 与球囊阻断下 DEB-TACE(balloon-occluded drug-eluting bead transarterial chemoembolization, b-DEB-TACE)的效果^[26]。研究发现, b-DEB-TACE 组锥形束 CT 平扫的信噪比和对比噪声比显著高于 DEB-TACE; b-SIRT 组 SPECT 测定的病灶放射性活度峰值和平均剂量明显高于 SIRT。结果表明,无论使用何种栓塞剂,使用球囊微导管进行肿瘤动脉内治疗的栓塞效果更好。术中使用的微球囊导管均为 1.8 F 的第三代微球囊导管 Occlusafe (Terumo Europe NV, 比利时)。

b-TACE 联合局部热消融: 动物实验和临床研究均表明,阻断肿瘤的供血动脉或引流静脉以减少肿瘤的血流量可提高肿瘤热消融术的疗效。最近的研究进一步表明, b-TACE 联合局部热消融的一步法多模式局部区域治疗可进一步改善肿瘤的凝固性坏死范围。Iezzi 等^[27]使用微球囊导管阻断巨块型肝癌供血动脉支期间行超声引导下经皮微波消融,然后立即在阻塞供血动脉的情况下行 b-DEB-TACE; 在 1 个月随访时肿瘤坏死面积为 (6.8 ± 0.47) cm² (6.3~7.4 cm), 在 6 个月 CT 随访时未发现残留肿瘤或局部复发。Lucatelli 等^[28]使用微球囊导管阻断巨块型肝癌供血动脉支期间行超声引导下经皮微波消融,然后立即在阻塞供血动脉的情况下行 b-TACE(使用表柔比星或伊立替康); 在 1 个月随访时肿瘤坏死区的体积为 (75 ± 36) cm³, 在 22/23 患者中(95.7%)观察到肿瘤坏死区呈非球形; 在 1 个月随访时肿瘤完全缓解和部分缓解分别为 91.3%(21/23)和 8.7%(2/23), 在 3~6 个月随访时分别为 85.7%(18/21)和 9.5%(2/21); 在部分缓解者中肿瘤体积缩小率为 78.8%($\pm 9.8\%$)。

2.2 微球囊导管阻断下液体栓塞剂的应用

2.2.1 无水乙醇 无水乙醇引起血管壁和血管周

围结构的坏死,从蛋白质变性开始。高浓度乙醇引起的蛋白质变性是由于蛋白质分子的氢键被切断而导致蛋白质三维结构的破坏和糊化。这种变性是不可逆的,在几秒钟内发生,导致所有与乙醇接触的红细胞、血管内皮细胞和血管周围组织的分解。结果血流停滞、血管被血栓阻塞。与无水乙醇接触的红细胞也形成非凝集性退行性血栓,导致血管闭塞。由于组织的血液需求减少和血管内皮不能再生,无水乙醇引起栓塞被认为是永久性的^[29]。无水乙醇作为一种永久性栓塞剂,适用于肾细胞癌和血管平滑肌脂肪瘤、躯干和四肢的症状性动静脉畸形、肝切除术前门静脉栓塞、肝细胞癌动脉栓塞、肝内动静脉分流栓塞等,通常将无水乙醇与碘化油混合以确保无水乙醇的可见性^[29]。使用微球囊导管阻断靶动脉再注射无水乙醇,可阻止无水乙醇反流性误栓;同时可防止乙醇被血流稀释,从而将靶血管中的乙醇浓度保持在所需水平,有助于减少乙醇的用量和增加乙醇混合物的栓塞效果;减少乙醇被冲刷到体循环动脉中,显著降低了肺动脉乙醇浓度和肺动脉压的升高,从而降低肺血管痉挛的风险^[30]。

2.2.2 NBCA 已被广泛地应用于全身各部位血管疾病(动脉瘤和动静脉畸形)、出血(医源性损伤、创伤和炎症)、肿瘤和静脉疾病(静脉曲张和门静脉系统疾病)以及主动脉腔内修复术后 II 型内漏的栓塞治疗^[9]。但是, NBCA 与各种问题相关,包括近端栓塞、远端迁移、碎裂、反流、导管粘连和导管回撤过程中的胶粒附着。微球囊阻断 NBCA 栓塞技术可用来克服这些问题。使用这项技术可有效地控制 NBCA 的输注,延长注射时间而不会出现反流;可在局部血流控制下提高 NBCA 分布的可调节性,防止 NBCA 的意外分布^[9];在静脉曲张的治疗中,使用微球囊导管阻断病理性引流静脉可实现 NBCA 非靶向栓塞的零发生,并可实现对病变更为完整的充填^[31]。另一方面,由于微球囊导管与 NBCA 的黏附面积比微导管大,该技术可能会增加微球囊导管粘连的风险。这是一个需要考虑的问题。

为了防止 NBCA 的近端栓塞和远端迁移, Takao 等^[32]描述了一种三球囊辅助的 NBCA 栓塞术治疗肾动静脉畸形,将一根 5.2 F 球囊导管经 6.5 F 导引导管引入肾动脉主干,再将一根 6 F 球囊导管引入肾静脉,然后将 2.7 F 微球囊导管经肾动脉的 5.2 F 球囊导管同轴插入入动静脉畸形的供血动脉支;膨胀 3 个球囊见对比剂保留在畸形血管内而无反流;经微球囊导管在压力下注入足量的 5% 葡萄糖以填充畸形血

管和供血动脉;然后,在适当的压力下注入 NBCA 和碘化油的 1:1 混合物,待混合物充满畸形血管并滞留 60 s 后,将微球囊缩瘪并取出,再将肾动脉和肾静脉近端的球囊缩瘪并取出,实现了动静脉畸形的完全闭塞而未以发生手术相关的并发症。

为了防止 NBCA 的近端栓塞和微球囊导管被粘连,Mine 等^[33]描述了一种三轴微球囊导管阻断技术,将 4.5 F 导引导管、2.8 F 微球囊导管和 1.9 F 非锥形微导管组成的三轴系统被推进到靶病变中,微球囊导管置于靶血管近段阻断血流,1.9 F 微导管推进入靶血管远段甚至靶病变内注射 NBCA;微球囊阻断下的血流停滞条件产生致密的 NBCA 铸型并降低栓塞反流的风险,通过 1.9 F 微导管注入 NBCA 时可降低 NBCA 黏附在微球囊表面的风险。

2.2.3 非黏附性液体栓塞剂 非黏附性液体栓塞剂具有较高的病灶完全栓塞率以及良好的安全性和有效性,已被确立为中枢神经系统动静脉畸形的一线栓塞剂,并已经在外周动静脉畸形中得到广泛应用^[34]。双腔微球囊导管阻断供血动脉血流,有助于非黏附性液体栓塞剂向前流入畸形血管团,使栓塞过程更为可控,具有较高的最佳血管造影效果和临床结果,并发症发生率低;使非黏附性液体栓塞剂反流减少,降低了反流并发症,如导管嵌顿和无关区域的意外栓塞;双腔微球囊导管的使用减少了总栓塞操作时间,从而降低了辐射暴露,缩短了麻醉时间^[34]。

2.2.4 硬化剂 BRTO 是使用球囊阻断胃肾分流道运用液体或泡沫硬化剂对胃静脉曲张实施治疗的范式^[4-6]。外周静脉畸形的直接穿刺静脉造影表现可将其分为 4 种类型:1 型为无周围静脉引流的孤立性畸形;2 型畸形引流至正常静脉;3 型畸形引流至扩张静脉;4 型畸形为异常增生性静脉扩张^[31]。在对 2~4 型外周静脉畸形进行硬化治疗时使用微球囊导管暂时阻断病理性引流静脉,可对畸形进行完全或近乎完全的硬化治疗,使硬化治疗剂在病变中具有更大的渗透性和持久性;对于存在右向左心脏分流的情况下,可降低肺动脉栓塞或全身动脉栓塞等全身性风险^[31,35]。

2.3 微球囊辅助下的内脏动脉瘤栓塞治疗

内脏动脉瘤的腔内治疗可分为保留和牺牲载瘤动脉两种方式^[36]。新一代双腔微球囊导管的主要优点是具有良好的导航能力,使之易于通过解剖结构高度扭曲的内脏动脉中推进,无论载瘤动脉的弯曲程度或动脉瘤颈的角度如何,有利于支架部署和弹簧圈/液体栓塞^[37]。当直接于窄颈动脉瘤囊内填充弹

簧圈或使用弹簧圈栓塞载瘤动脉时,由于微球囊导管具有延长球囊压力的好处,从而可防止导管反冲现象,使导管尖端稳定地锚定于靶位置而避免了导管尖端和弹簧圈移位的风险,实现瘤囊紧密填充^[37]。对于宽颈动脉瘤,先将双腔微球囊导管通过 0.014 英寸微导丝跨越动脉瘤颈部放置,其膨胀球囊侧面充当着弹簧圈填塞或液体栓塞的支架作用;再将另一根微导管引入瘤囊内,实施弹簧圈填充或非黏附性液体栓塞剂栓塞^[36-37]。如果球囊缩瘪时出现弹簧圈迁移风险,则可选择在动脉瘤颈部放置支架^[37]。

2.4 BRTO 治疗胃静脉曲张

BRTO 已被广泛接受为治疗胃静脉曲张的有效方法^[4-6]。研究报道在 BRTO 中有以下两种情况下可使用微球囊导管:第一种情况是缺乏胃肾分流的胃静脉曲张,可使用微球囊导管通过心包膈静脉、膈下静脉或肋间静脉施行 BRTO^[38]。第二种情况是具有胃肾分流的胃静脉曲张,同时存在胃静脉曲张与全身静脉之间交通静脉,因此可在 BRTO 中使用 5.2 F 或 6 F 球囊导管和 3 F 或 1.8 F 微球囊导管的双球囊技术,以微球囊导管来栓塞交通静脉。随着微球囊导管的发展,在 BRTO 中使用该装置的机会将会增加,微球囊导管可能产生更高的 BRTO 成功率。

2.5 微球囊阻断下的前列腺动脉栓塞术

前列腺动脉栓塞术是微创治疗良性前列腺增生最有效的方法之一。前列腺动脉与邻近血管之间存在着许多重要的吻合,对血管解剖结构的误解或栓塞物质反流所致非靶动脉栓塞是发生前列腺动脉栓塞术后轻微和严重并发症的基础,最常见的是膀胱、直肠、精囊、阴茎和阴囊的缺血,甚至溃疡^[39]。理论上,使用微球囊导管阻断前列腺动脉可防止栓塞物质反流入上游的近端非靶分支血管;另一方面当微球囊导管阻断前列腺动脉后,导管尖端远侧的压力降低,前列腺周围和内部的血流动力学发生了改变,导致血流反向通过前列腺动脉下游吻合支流向前列腺,从而降低非靶栓塞的风险。另外,理论上,微球囊阻塞下可以注入更多的栓塞颗粒,有可能实现更为彻底的栓塞^[40-41]。但是,Ayyagari 等^[42]在一项回顾性病例对照研究中比较了双腔微球囊导管和常规端孔微导管对良性前列腺增生患者行前列腺动脉栓塞术的临床结果,临床结果评估指标包括术前以及术后 3、6 和 12 个月时的 Charlson 合并症指数、国际前列腺症状评分、下尿路症状、前列腺体积、残余尿量和生活质量以及不良事件发生率,手术相关指标包括手术时间、透视时间、对比剂用量、栓塞颗粒

用量和栓塞颗粒沉积量使用的颗粒瓶和沉积的栓塞颗粒体积;结果发现,微球囊导管的使用并未提供任何技术优势、减少不良事件或对改善临床结果产生明显影响。Bilhim 等^[43]在一项单中心前瞻性随机单盲临床试验中比较了双腔微球囊导管和常规端孔微导管对良性前列腺增生患者行前列腺动脉栓塞术的临床结果,临床结果评估指标包括术前以及术后 1、6 个月时的国际前列腺症状评分/生活质量、国际勃起功能指数评分、使用椭圆公式经直肠超声测量的前列腺体积、前列腺特异性抗原、尿流率测定法测量的峰值流量和残余尿量以及不良事件发生率,手术相关指标包括手术时间、透视时间、剂量面积乘积、空气比释动能率、栓塞颗粒用量、是否需要使用弹簧圈来阻断吻合支以及术后 24 h 的前列腺特异性抗原水平;结果发现,两组之间的主要结果指标无显著差异,不良事件总体发生率亦无显著差异;作者认为微球囊阻断前列腺动脉栓塞术与常规前列腺动脉栓塞术在治疗良性前列腺增生方面同样有效,具有减少非靶栓塞的潜力。微球囊阻断技术提高前列腺动脉栓塞术安全性的潜在效用值得进一步研究,特别是对于技术上更具挑战性的病例。

3 小结

微球囊导管是一种用途广泛的装置,可使介入放射科医生安全有效地治疗各种外周血管病变,特别是那些涉及血管迂曲、细小或解剖结构复杂的病变。熟悉微球囊导管的特点,了解球囊阻断后局部血流动力学改变的机制,结合细致精准的操作技术使其适应各种临床应用,是保证血管内治疗成功的关键。

[参考文献]

- [1] Wholey MH. The technology of balloon catheters in interventional angiography[J]. Radiology, 1977, 125: 671-676.
- [2] Lee KS, Zhang JJY, Nguyen V, et al. The evolution of intracranial aneurysm treatment techniques and future directions[J]. Neurosurg Rev, 2022, 45: 1-25.
- [3] Vollherbst DF, Chapot R, Bendszus M, et al. Glue, onyx, squid or PHIL? liquid embolic agents for the embolization of cerebral arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas[J]. Clin Neuroradiol, 2022, 32: 25-38.
- [4] Wu Z, Wu W, Tao C, et al. Balloon-occluded retrograde transvenous obliteration with lauromacrogol sclerosant foam for gastric varices[J]. J Interv Med, 2022, 5: 138-142.
- [5] Stoleru G, Henry Z. Balloon-occluded retrograde transvenous obliteration for treatment of portal hypertensive related varices[J]. Curr Opin Gastroenterol, 2023, 39: 140-145.
- [6] 李玉婷, 赵敏竹, 杨晋辉. 球囊阻断逆行经静脉闭塞术治疗失代偿期肝硬化胃静脉曲张 12 例效果分析[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32: 168-172.
- [7] Contegiacomo A, del Ciello A, Rella R, et al. Pulmonary arteriovenous malformations: what the interventional radiologist needs to know[J]. Radiol Med, 2019, 124: 973-988.
- [8] Takao H, Shibata ESE, Amemiya S, et al. Double-balloon-assisted n-butyl-2-cyanoacrylate embolization of nontumorous intrahepatic arterioportal shunts[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30: 1210. e2-1214. e2.
- [9] Matsumoto T, Tomita K, Suda S, et al. Microballoon-related interventions in various endovascular treatments of body trunk lesions[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2018, 27: 2-10.
- [10] Kim PH, Gwon DI, Kim JW, et al. The safety and efficacy of balloon-occluded transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma refractory to conventional transcatheter arterial chemoembolization [J]. Eur Radiol, 2020, 30: 5650-5662.
- [11] Matsumoto T, Endo J, Hashida K, et al. Balloon-occluded transarterial chemoembolization using a 1.8-French tip coaxial microballoon catheter for hepatocellular carcinoma: technical and safety considerations [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2015, 24: 94-100.
- [12] Koganemaru M, Abe T, Anai H, et al. A newly developed double lumen microballoon catheter with a side hole: initial experience of intraarterial infusion chemotherapy and/or embolization[J]. Jpn J Radiol, 2012, 30: 870-874.
- [13] Todoroki W, Hirakawa M, Nagao E, et al. Transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma using a new double-lumen microballoon catheter with a side hole[J]. J Vasc Interv Radiol, 2014, 25: 1485-1486.
- [14] Yamagami T, Yoshimatsu R, Nishimori M, et al. Use of proximal side-hole micro-balloon catheter in transcatheter hepatic arterial chemoembolization[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2017, 26: 372-376.
- [15] Kinoshita M, Enomoto H, Hiraoka J, et al. A newly developed micro-balloon catheter that allows temporary distal blocking selection in a single line during transcatheter arterial embolization [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44: 1137-1140.
- [16] Irie T, Takahashi N, Hoshiai S. Balloon-occluded transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: history, background, and the roles[J]. Int J Gastrointest Interv, 2020, 9: 13-18.
- [17] Lucatelli P, Rocco B, Ciaglia S, et al. Microballoon interventions for liver tumors: review of literature and future perspectives[J]. J Clin Med, 2022, 11: 5334.
- [18] Ikeda K. Recent advances in medical management of hepatocellular carcinoma[J]. Hepatol Res, 2019, 49: 14-32.
- [19] Shirono T, Iwamoto H, Niizeki T, et al. Epirubicin is more

- effective than miriplatin in balloon-occluded transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma[J]. *Oncology*, 2019, 96: 79-86.
- [20] Golfieri R, Bezzi M, Verset G, et al. Retrospective European multicentric evaluation of selective transarterial chemoembolisation with and without balloon-occlusion in patients with hepatocellular carcinoma: a propensity score matched analysis[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2021, 44: 1048-1059.
- [21] Shirono T, Iwamoto H, Niizeki T, et al. Durable complete response is achieved by balloon-occluded transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma[J]. *Hepatol Commun*, 2022, 6: 2594-2604.
- [22] Chu HH, Gwon DI, Kim GH, et al. Balloon-occluded transarterial chemoembolization versus conventional transarterial chemoembolization for the treatment of single hepatocellular carcinoma: a propensity score matching analysis[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33: 2655-2664.
- [23] Yu SCH. Blood flow diversion within hepatocellular carcinoma (HCC) after selective occlusion of feeding arteries (SOFA) and feasibility of utilizing the SOFA technique in transarterial chemoembolization (SOFA-TACE) [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2022, 45: 121-126.
- [24] Irie T, Takahashi N, Kamoshida T, et al. Balloon-occluded trans-arterial chemo-embolization technique with repeated alternate infusion of cisplatin solution and sparse gelatin slurry (RAIB-TACE) for large hepatocellular carcinoma nodules more than 7 cm in diameter [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 9289321.
- [25] Hoshiai S, Irie T, Mori K, et al. A transarterial chemoembolization of balloon-occluded alternate infusions of cisplatin and gelatin particles for hepatocellular carcinoma: a phase I/II multicenter prospective study of safety and efficacy[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2022, 33: 169-176. e1.
- [26] Lucatelli P, de Rubeis G, Trobiani C, et al. In vivo comparison of micro-balloon interventions (MBI) advantage: a retrospective cohort study of DEB-TACE versus b-TACE and of SIRT versus b-SIRT [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2022, 45: 306-314.
- [27] Iezzi R, Posa A, Tanzilli A, et al. Balloon-occluded MWA (b-MWA) followed by balloon-occluded TACE (b-TACE): technical note on a new combined single-step therapy for single large HCC [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2020, 43: 1702-1707.
- [28] Lucatelli P, Argiro R, Crocetti L, et al. Percutaneous thermal segmentectomy: proof of concept [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2022, 45: 665-676.
- [29] Saguchi T, Yasunori A, Kamei S, et al. Guidelines for absolute ethanol for use in vascular embolization, 2016 edition [J]. *Interv Radiol*, 2018, 3: 44-65.
- [30] Tomita K, Matsumoto T, Kamei S, et al. Transcatheter arterial embolization for unruptured renal angiomyolipoma using a 1.8-Fr tip microballoon catheter with a mixture of ethanol and lipiodol [J]. *CVIR Endovasc*, 2020, 3: 3.
- [31] Sundararajan SH, Ranganathan S, Shellikeri S, et al. Balloon occlusion as an adjunctive technique during sclerotherapy of Puig's classified advanced venous malformations [J]. *Phlebology*, 2021, 36: 731-740.
- [32] Takao H, Abe O. Triple-balloon-assisted n-butyl-2-cyanoacrylate embolization of a cirroid renal arteriovenous malformation [J]. *Vasa*, 2020, 49: 147-150.
- [33] Mine T, Ueda T, Yasui D, et al. Embolization using warmed glue via the triaxial microballoon occlusion system for various vascular disorders [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2020, 26: 241-244.
- [34] Albuquerque TVC, Stamoulis DNJ, Monsignore LM, et al. The use of dual-lumen balloon for embolization of peripheral arteriovenous malformations [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2021, 27: 225-231.
- [35] Lamanna A, Maingard J, Florescu G, et al. Endovascular balloon-assisted liquid embolisation of soft tissue vascular malformations: technical feasibility and safety [J]. *CVIR Endovasc*, 2021, 4: 49.
- [36] Khairallah MK, Morgan RA, Das R. Technical considerations of endovascular management of true visceral artery aneurysms [J]. *CVIR Endovasc*, 2023, 6: 31.
- [37] Onal Y, Samanci C, Cicek ED. Double-Lumen balloons, are they only useful in neurointerventions? Preliminary outcomes of double-lumen balloon-assisted embolization of visceral artery aneurysms [J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2020, 54: 214-219.
- [38] Tanaka K, Osuga K, Higashihara H, et al. Triaxial micro-balloon system for balloon-occluded retrograde transvenous obliteration of gastric varices [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2021, 44: 1284-1285.
- [39] Parikh N, Acharya V, Bhatia S. Prostate artery embolization-adverse events and peri-procedural management [J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2020, 23: 100692.
- [40] Isaacson AJ, Hartman TS, Bagla S, et al. Initial experience with balloon-occlusion prostatic artery embolization [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2018, 29: 85-89.
- [41] Keasler E, Isaacson AJ. Changes in prostatic artery angiography with balloon occlusion [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2017, 28: 1276-1278.
- [42] Ayyagari R, Powell T, Staib L, et al. Case-control comparison of conventional end-hole versus balloon-occlusion microcatheter prostatic artery embolization for treatment of symptomatic benign prostatic hyperplasia [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2019, 30: 1459-1470.
- [43] Bilhim T, Costa NV, Torres D, et al. Randomized clinical trial of balloon occlusion versus conventional microcatheter prostatic artery embolization for benign prostatic hyperplasia [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2019, 30: 1798-1806.

(收稿日期: 2023-09-10)

(本文编辑: 茹 实)