Progress of percutaneous cementoplasty for bone metastases

LIU Zhen，*PAN Shinong**

(*Department of Radiology*，*Shengjing Hospital of China Medical University*，*Shenyang* 110004，*China*)

[**Abstract**] Percutaneous cementoplasty has been widely used to treat bone metastases in clinic，with the main purpose of relieve pain and other symptoms. However，in addition to routine complications，there were still some other problems，such as local insufficient antitumor effect and even promoting tumor progress. Combining with physical ablation，arterial embolism，metal implantation，radiotherapy or other means may be helpful to improve the curative effect of percutaneous cementoplasty. The present situation，existing problems and combined application of bone cement in treatment of bone metastases were reviewed in this article.

[**Keywords**] neoplasm metastasis；bone neoplasms；percutaneous cementoplasty；implants

DOI：10.13929/j.1672-8475.201812030

经皮骨水泥成形术治疗骨转移瘤研究进展

刘　臻，潘诗农*

（中国医科大学附属盛京医院放射科，辽宁 沈阳　110004）

[**摘　要**] 经皮骨水泥成形术用于临床治疗骨转移瘤，其主要目的在于止痛和缓解症状，除常规并发症以外，还存在局部抗肿瘤作用不足、甚至可能促进肿瘤进展等问题，与物理消融、动脉栓塞、其他骨内金属植入物、放疗等手段联合应用有助于提高疗效。本文主要对骨水泥成形术治疗骨转移瘤现状、存在的问题及其与其他治疗手段联合应用进展进行综述。

[**关键词**] 肿瘤转移；骨肿瘤；经皮骨水泥成形术；植入物

[**中图分类号**] R738.1；R815　[**文献标识码**] A　[**文章编号**] 1672-8475(2019)07-0434-05

随着医学技术的发展，肿瘤患者生存期逐渐延长，临床骨转移瘤患者随之增多，5%～10%恶性肿瘤患者存在椎体转移[1]。一旦骨转移引起疼痛、骨折、不稳定或脊柱神经损害等，可能需要放射治疗或介入治疗。经皮骨水泥成形术具有微创、可重复治疗等优势，可在控制骨痛、稳定骨骼结构等方面发挥重要作用，其相对成熟的技术为经皮椎体成形术（percutaneous vertebroplasty，PVP）和经皮椎体后凸成形术（percutaneous kyphoplasty，PKP）。当保守治疗症状性脊柱转移和肿瘤相关骨折无效时，应首选 PVP 治疗[2]。除术后再次骨痛、再发骨折、骨水泥渗漏等并发症，有学者[1]还发现单纯骨水泥治疗可能促进肿瘤进展，故临床常将其与其他治疗手段联合应用，以在止痛的同时控制肿瘤进展。

1　单纯经皮骨水泥成形术

骨水泥作为骨内填充物或修复材料，主要包括聚甲基丙烯酸甲酯（polymethylmethacrylate，PMMA）、磷酸钙骨水泥（calcium phosphate cement，CPC）、硫酸钙骨水泥（calcium sulfate cement，CSC）、羟基磷灰石骨水泥、碳酸磷灰石骨水泥、锶羟基磷灰石等。其中 PMMA 临床最为常用，1987 年 Galibert 等[3]提出将骨水泥应用于 PVP，1989 年 Kaemmerlen 等[4]应用此方法治疗椎体转移瘤。经皮骨水泥成形术的优点在于价格低廉、稳定性及力学性能好，但聚合反应产生的高

[**第一作者**] 刘臻（1986—），男，辽宁丹东人，硕士，主治医师。研究方向：肿瘤及外周血管等综合介入治疗。E-mail：qq529995506@163.com

[**通信作者**] 潘诗农，中国医科大学附属盛京医院放射科，110004。E-mail：18940256901@vip.163.com

[**收稿日期**] 2018-12-20　[**修回日期**] 2019-06-06

温可损伤周围组织,高硬度骨水泥治疗后可继发骨折,且骨水泥具有单体细胞毒性、凝固快而不利于注入等不足[5]。

1.1 作用机制 骨水泥治疗的主要作用为止痛。以目前公认的 PMMA 为代表,骨水泥治疗的止痛机制是稳固骨小梁,通过热效应和细胞毒性灭活神经末梢等组织[6];但骨水泥对肿瘤进展的影响尚无定论。有学者[7]认为在骨水泥聚合反应过程中产生的热能可杀伤肿瘤细胞;而 PMMA 的细胞毒性也可杀伤肿瘤细胞[8],高压注入骨水泥可增高肿瘤内压,从而压迫、堵塞或破坏小血管,造成局部缺血、坏死[9]。Roedel 等[10]发现,乳腺癌脊柱转移 PVP 术后局部肿瘤复发或进展的比例较低,并支持骨水泥局部去血管、致坏死的机制,反对聚合产热破坏肿瘤的假设;但另有学者[11-12]对此持反对态度。Lai 等[11]认为骨水泥聚合产生的热能在椎体内分布不均,必定存在局部热量较低而不足以杀伤肿瘤的情况。笔者在实际应用中发现,骨水泥在活体骨质中产生的温度较体外实验时温度更低,可能与热沉效应或热传递性差异有关;此外,骨水泥在体外制备过程中也发生聚合反应,单体残留较少,且当局部温度>75℃时水泥周围细胞毒性效应仅局限于直径 3 mm 范围内[12]。

1.2 单独用于治疗骨转移瘤的现状及问题 PVP 可有效缓解骨转移瘤疼痛症状并预防病理性骨折,改善晚期肿瘤患者的生存质量[6]。目前 PVP 并发症较多,包括骨水泥渗漏、脂肪或骨水泥栓塞、骨水泥单体毒性反应、术后再发骨折及操作相关并发症等,将随着骨水泥成分的改进、操作技术的提高及与其他技术手段联合应用逐步获得改进或解决。近年来,单纯经皮骨水泥成形术对肿瘤进展的影响逐渐受到关注。骨水泥渗漏作为 PVP 常见并发症,广义上甚至包括骨水泥外溢入血导致肺栓塞等;骨水泥可在高压下外溢入血或邻近组织,肿瘤组织是否也可能由此途径而增加转移的概率是其中的热点问题之一。Cruz 等[13]报道 2 例 PKP 术后肿瘤"外溢"导致病变附近多发转移,原因可能为局部骨质缺损、肿瘤组织在高压下直接进入椎旁,或肿瘤细胞在高压下经基底静脉、椎旁静脉丛进入血液循环。Mohme 等[1]发现,PVP、PKP 术后循环内肿瘤细胞(circulating tumor cells, CTC)明显增多,且 PKP 较 PVP 更为显著,提示加压接触肿瘤组织可增高肿瘤扩散概率。在非溶骨性病变的动物模型中加压注入 PMMA 可导致肿瘤肺转移,椎静脉系为肿瘤转移途径[14]。Roedel 等[10]指出,注入骨水泥后虽然局部肿瘤复发率较低,但 86%患者存在远处转移。此外,骨水泥在体内聚合后,产生的热量分布不均,对残留肿瘤的影响是否类似于不完全射频消融(radiofrequency ablation, RFA)有待验证。

单纯经皮骨水泥成形术因其禁忌证,如 PVP 的相对禁忌证包括椎体后壁不完整、不稳定骨折等,常与其他方法联合应用,以在控制肿瘤和扩展适应证。

2 经皮骨水泥成形术与其他方法相结合

2.1 与物理消融联合 针对实体肿瘤,热消融或冷消融已在临床应用数十年,包括 RFA、微波消融、高强度聚焦超声及氩氦刀冷冻消融等技术。以 RFA 为例,其止痛机制可能包括[2]:①热损伤使早期疼痛敏感纤维介导传递至骨膜的疼痛信号减少;②破坏隆起性病变起到机械稳定作用;③破坏肿瘤细胞产生的细胞因子,包括肿瘤坏死因子、P 物质等;④损坏破骨细胞。瘤、骨交界部位是 RFA 的目标靶点[15]。由于存在神经损伤风险,RFA 对于椎体后部病灶价值受限,如何安全、精准地实施消融是近年研究热点问题之一[16]。对此目前临床常在射频针与易损伤结构之间注入二氧化碳,以隔绝温度传递。此外,双极直针临床应用广泛,其内部冷循环可减慢邻近组织碳化速度,降低损伤周围组织风险[2,16],但直针存在穿刺路径受限。采用关节型及弯型针可在病灶内调控角度及方向,结合实时温度监控系统可有效避免损伤重要脏器[17]。既往累及硬膜外或位于椎体后壁的肿瘤是 PVP 相对禁忌证。近年来,有学者[18-19]应用 RFA 联合高黏度骨水泥,使经皮骨水泥成形术适应证范围有所突破。

骨内射频不能加固骨质结构,骨水泥在多数软组织性质肿瘤中难以有效分布,二者结合既可毁损局部肿瘤,又可稳定骨质结构。Reyes 等[20]采用电极包含热电偶的 RFA 系统,可实时监测消融范围内的温度,对 49 例患者 72 处病灶实施 RFA 联合经皮骨水泥成形术后,疼痛均明显缓解,且未见并发症。Bauones 等[21]为保护关节软骨,将热量感应器置于软骨与病灶之间,实时监测温度,消融序贯水泥成形术,结果显示肿瘤短期控制效果良好,且未见软骨损伤。RFA 联合经皮骨水泥成形术在椎体转移瘤患者止痛方面安全、有效[22],RFA 可使椎旁和椎内静脉丛血栓化,减少骨水泥肺栓塞概率,并降低瘤细胞经血播散风险[2,23]。RFA 消融区在椎体内类似于 1 个"腔",有助于降低骨水泥注入压力,使骨水泥有效分布,降低骨水泥渗漏等并发症风险[24]。

其他常用物理消融方式也各具特点。冷冻消融后

形成“冰球”，可更清晰显示消融范围，但联合治疗时后续注入的骨水泥很难在低温下发生聚合反应[16]。微波消融与 RFA 的主要区别在于产热快，可避免“热沉效应”，消融范围随时间延长而扩大[13,17]。

2.2　与 TAE 或 TACE 联合　TAE 或 TACE 一般作为其他治疗的辅助手段，主要针对富血供病灶，导致肿瘤缺血、坏死，从而控制肿瘤和止痛，并可延长止痛效果[16]。TACE 联合经皮骨水泥成形术适用于某些溶骨性病变，尤其是骨盆部位病变[25]。Chen 等[26]对单纯骨水泥成形术止痛无效的富血供脊椎转移瘤辅以 TACE，取得良好效果。Wang 等[27]采用 TAE 后 PVP 治疗椎体转移、甚至合并椎旁转移病灶，止痛效果明显且较为安全。

2.3　与其他骨内金属植入物联合　针对病理性骨折，经皮骨水泥成形术中，在注入的骨水泥成形前植入镍钛合金支架、弹簧圈等，可防止 PKP 球囊抽瘪时椎体出现回缩，常用于 T5～L5 椎体病变[28]；与其他骨内金属植入物联合应用，有利于骨水泥更好地分布，避免渗漏等并发症，可用于局部骨皮质破坏严重、需要保护的高危部位[19]。Osseofix 及 Kiva 支架是目前在恶性椎体压缩骨折中应用最为广泛的椎体支架[29-30]。骨钉联合骨水泥治疗可用于多个部位，如脊柱内固定结合骨水泥以增加脊柱的稳定性、经皮螺纹钉固定结合骨水泥以增加股骨颈扭矩应力，甚至髂骨、坐骨、耻骨等部位亦可采用骨钉联合骨水泥以加固骨骼、对抗扭矩力及压力[26,29,31]。病变累及干骺端或骨干时，单纯骨水泥注入后可能出现再发骨折，往往需行骨螺丝钉内固定[18,32]。Premat 等[33]对 18 例股骨转子间及股骨颈区域的恶性转移瘤采用骨钉内固定结合骨水泥治疗，随访未发现继发骨折。Pusceddu 等[34]采用带有侧孔的骨螺丝钉，经侧孔注入骨水泥，有利于简化手术过程，并可将骨钉与骨水泥紧密结合。

2.4　与放疗联合　对于放疗敏感的肿瘤，局部放疗止痛效果尚可，但放疗作用延迟，且无益于改善骨骼稳定性、病理性骨折和脊髓压迫等[18,35]。对骨质不稳定所致的疼痛，放疗几乎无效[12]。放疗会增加病理性骨折风险[36-37]，对放疗前已有椎体压缩骨折或大剂量放疗患者，放疗前行骨水泥成形治疗可降低放疗后椎体压缩骨折风险。国际脊柱肿瘤学联合会提出，经皮骨水泥成形术等微创手术有助于稳定骨骼，术后便于患者接受放疗[29]。I^{125} 粒子植入具有近距离放射作用，可与经皮骨水泥成形治疗相结合，用于止痛及局部控制肿瘤[38]。

3　前景与展望

虽然经皮骨水泥成形术已在临床长期广泛应用，在缓解疼痛方面确实有效，但不适宜单独应用骨水泥的情况并不鲜见，且存在术后继发转移等问题。将其与其他治疗手段或器材联合应用，可在获得稳定骨骼、强化止痛效果的同时，在一定程度防治肿瘤扩散。对骨转移瘤，联合应用是必要的。目前对于射频治疗温度场的认识，如何实施精准消融、发展创新支架等材料学以及骨水泥对骨内肿瘤影响机制的深层探索等有待深入研究。为减少术者和患者 X 线暴露时间及提高手术精准度，现已逐渐开展机器人辅助下骨水泥成形术[39-40]，对于骨水泥的组织工程学研究也在不断深入，将为不同类型疾病研发出多样骨水泥，以拓展其应用前景[41-43]。

［参考文献］

[1] Mohme M, Riethdorf S, Dreimann M, et al. Circulating tumour cell release after cement augmentation of vertebral metastases. Sci Rep, 2017,7(1):7196.

[2] Kam NM, Maingard J, Kok HK, et al. Combined vertebral augmentation and radiofrequency ablation in the management of spinal metastases: An update. Curr Treat Options Oncol, 2017, 18(12):74.

[3] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. Neurochirurgie, 1987,33(2):166-168.

[4] Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H, et al. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of metastases Technic and results. J Radiol, 1989,70(10):557-562.

[5] Tai CL, Lai PL, Lin WD, et al. Modification of mechanical properties, polymerization temperature, and handling time of polymethylmethacrylate cement for enhancing applicability in vertebroplasty. Biomed Res Int, 2016,2016:7901562.

[6] Tian QH, Sun XQ, Lu YY, et al. Percutaneous vertebroplasty for palliative treatment of painful osteoblastic spinal metastases: A singlecenter experience. J Vasc Interv Radiol, 2016,27(9): 1420-1424.

[7] Leeson MC. Thermal aspects of the use of polymethylmethacrylate in large metaphyseal defects in bone. A clinical review and laboratory study. Clin Orthop Relat Res, 1993,295:239-245.

[8] Dahl OE, Garvik LJ, Lyberg T. Toxic effects of methylmethacrylate monomer on leukocytes and endothelial cells in vitro. Acta Orthop Scand, 1994,65(2):147-153.

[9] Yang HL, Sun ZY, Wu GZ, et al. Do vertebroplasty and kyphoplasty have an antitumoral effect? Med Hypotheses, 2011, 76(1):145-146.

[10] Roedel B, Clarençon F, Touraine S, et al. Has the percutaneous vertebroplasty a role to prevent progression or local recurrence in spinal metastases of breast cancer? J Neuroradiol, 2015,42(4):222-228.

[11] Lai PL, Tai CL, Chen LH, et al. Cement leakage causes potential thermal injury in vertebroplasty. BMC Musculoskelet Disord, 2011,5(12):116.

[12] Gangi A, Buy X. Percutaneous bone tumor management. Semin Intervent Radiol, 2010,27(2):124-136.

[13] Cruz JP, Sahgal A, Whyne C, et al. Tumor extravasation following a cement augmentation procedure for vertebral compression fracture in metastatic spinal disease. J Neurosurg Spine, 2014,21(3):372-377.

[14] Axelsen M, Thomassen LD, Bünger C, et al. Estimating risk of pulmonary neoplastic embolism during vertebroplasty. Spine (Phila Pa 1976), 2012,37(7):551-556.

[15] Lea W. Decision making: Osteoplasty, ablation, or combined therapy for spinal metastases. Semin Intervent Radiol, 2017,34(2):121-131.

[16] Tsoumakidou G, Too CW, Koch G, et al. CIRSE guidelines on percutaneous vertebral augmentation. Cardiovasc Intervent Radiol, 2017,40(3):331-342.

[17] Anchala PR, Irving WD, Hillen TJ, et al. Treatment of metastatic spinal lesions with a navigational bipolar radiofrequency ablation device: A multicenter retrospective study. Pain Physician, 2014,17(4):317-327.

[18] Laredo JD, Chiras J, Kemel S, et al. Vertebroplasty and interventional radiology procedures for bone metastases. Joint Bone Spine, 2018,85(2):191-199.

[19] Trumm CG, Jakobs TF, Stahl R, et al. CT fluoroscopy-guided vertebral augmentation with a radiofrequency-induced, highviscosity bone cement (StabiliT®): Technical results and polymethylmethacrylate leakages in 25 patients. Skeletal Radiol, 2013,42(1):113-120.

[20] Reyes M, Georgy M, Brook L, et al. Multicenter clinical and imaging evaluation of targeted radiofrequency ablation (t-RFA) and cement augmentation of neoplastic vertebral lesions. J Neurointerv Surg, 2018,10(2):176-182.

[21] Bauones S, Garnon J, Chari B, et al. Protection of the proximal articular cartilage during percutaneous thermal ablation of acetabular metastasis using temperature monitoring. Cardiovasc Intervent Radiol, 2018,41(1):163-169.

[22] Cazzato RL, Garnon J, Caudrelier J, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of painful spinal metastasis: A systematic literature assessment of analgesia and safety. Int J Hyperthermia, 2018,34(8):1272-1281.

[23] Schaefer O, Lohrmann C, Markmiller M, et al. Combined treatment of a spinal metastasis with radiofrequency heat ablation and vertebroplasty. Am J Roentgenol, 2003,180(4):1075-1077.

[24] Georgy BA, Wong W. Plasma-mediated radiofrequency ablation assisted percutaneous cement injection for treating advanced malignant vertebral compression fractures. AJNR Am J Neuroradiol, 2007,28(4):700-705.

[25] Reyad RM, Ghobrial HZ, Hakim SM, et al. Thick cement usage in percutaneous vertebroplasty for malignant vertebral fractures at high risk for cement leakage. Diagn Interv Imaging, 2017,98(10):721-728.

[26] Chen Y, Yan Z, Wang J, et al. Transarterial chemoembolization for pain relief in patients with hypervascular painful metastatic spinal tumors refractory to percutaneous vertebroplasty. J Cancer Res Clin Oncol, 2013, 139(8):1343-1348.

[27] Wang FA, He SC, Xiao EH, et al. Sequential transarterial embolization followed by percutaneous vertebroplasty is safe and effective in pain management in vertebral metastases. Pain Physician, 2016,19(4):E559-E567.

[28] Muto M, Guarnieri G, Giurazza F, et al. What´s new in vertebral cementoplasty? Br J Radiol, 2016, 89(1059):20150337.

[29] Spratt DE, Beeler WH, de Moraes FY, et al. An integrated multidisciplinary algorithm for the management of spinal metastases: An International Spine Oncology Consortium report. Lancet Oncol, 2017,18(12):e720-e730.

[30] Itshayek E, Fraifeld S, Vargas AA, et al. Efficacy and safety of vertebral stenting for painful vertebral compression fractures in patients with metastatic disease. Neurol Res, 2014, 36(12):1086-1093.

[31] Laredo JD, Mosseri J. Percutaneous nailing and cementoplasty for palliative management of supra-acetabular iliac wing metastases: A case report. JBJS Case Connect, 2017,7(3):e46.

[32] Deschamps F, Farouil G, Hakime A, et al. Percutaneous stabilization of impending pathological fracture of the proximal femur. Cardiovasc Intervent Radiol, 2012,35(6):1428-1432.

[33] Premat K, Clarençon F, Bonaccorsi R, et al. Reinforced cementoplasty using dedicated spindles in the management of unstable malignant lesions of the cervicotrochanteric region. Eur Radiol, 2017,27(9):3973-3982.

[34] Pusceddu C, Fancellu A, Ballicu N, et al. CT-guided percutaneous screw fixation plus cementoplasty in the treatment of painful bone metastases with fractures or a high risk of pathological fracture. Skeletal Radiol, 2017,46(4):539-545.

[35] Chew C, Craig L, Edwards R, et al. Safety and efficacy of percutaneous vertebroplasty in malignancy: A systematic review. Clin Radiol, 2011,66(1):63-72.

[36] Jawad MS, Fahim DK, Gerszten PC, et al. Vertebral compression fractures after stereotactic body radiation therapy: A large, multi-institutional, multinational evaluation. J Neurosurg Spine, 2016,24(6):928-936.

[37] Sahgal A, Whyne CM, Ma L, et al. Vertebral compression fracture after stereotactic body radiotherapy for spinal metastases. Lancet Oncol, 2013,14(8):e310-e320.

[38] Wang W, Liu Z, Zhu J, et al. Brachytherapy with iodine 125 seeds for bone metastases. J Cancer Res Ther, 2017,13(5):742-747.

[39] Onen MR, Simsek M, Naderi S. Robotic assisted sacroplasty: A case report. Turk Neurosurg, 2014,24(4):574-578.

[40] Barzilay Y, Schroeder JE, Hiller N, et al. Robot-assisted vertebral body augmentation: A radiation reduction tool. Spine (Phila Pa 1976), 2014,39(2):153-157.

[41] Kim JA, Yun HS, Choi YA, et al. Magnesium phosphate ceramics incorporating a novel indene compound promote osteoblast differentiation in vitro and bone regeneration in vivo. Biomaterials, 2018,157:51-61.

[42] Nabiyouni M, Brückner T, Zhou H, et al. Magnesium-based bioceramics in orthopedic applications. Acta biomaterialia, 2018,15(66):23-43.

[43] Lode A, Heiss C, Knapp G, et al. Strontium-modified premixed calcium phosphate cements for the therapy of osteoporotic bone defects. Acta Biomater, 2018,65:475-485.

《中国介入影像与治疗学》投稿要求(三)

15　计量单位　采用国际单位制并严格执行国家标准 GB 3100～3201《量和单位》的规定，使用法定计量单位，不再使用 N(当量浓度)、M(克分子浓度)、百分比浓度[%(V/V)、%(m/m)]等已废除的非标准计量单位和符号。

16　统计学符号　以国家标准 GB/T 3358.1-1993《统计学名词及符号》为准，样本算术平均数用英文小写斜体 $\bar{x}$；标准差用英文小写斜体 s；t 检验用英文小写 t；F 检验用英文大写 F；卡方检验用希文斜体 χ^2；相关系数用英文小写斜体 r；自由度用希文斜体 γ；概率用英文大写斜体 P；样本数用英文小写斜体 n。

17　统计学方法　需注明使用的统计学软件名称和版本，以及所使用的统计学方法。率的计算保留小数点后两位，年龄需要提供 $\bar{x}$ 或者中位年龄，保留小数点后一位。

18　图片　研究论著类论文和短篇报道均需附有相应患者的影像学资料，图片分辨率应在 300 dpi 以上，JPG/JEPG 格式，有良好的清晰度和对比度，最好是医院图像工作站中直接提取的图像。每图下面应标有图序号、图题、图说(解释图片内容的文字)，文中应有图位。图中箭示或文字应有说明，病理图应注明染色方法及放大倍数。

19　表格　本刊采用三线表，表格列于文后，每表应标有表序号、表题，文中应有表位。

20　参考文献　严格按照国家标准 GB 7714-2015《文后参考文献著录规则》中规定，采用“顺序编码制”。仅限于作者直接阅读的近 5 年的文献，尽量不用二次文献，无特殊需要不必罗列众所周知的教科书或某些陈旧史料，提倡引用国内外同行新近发表的研究论文为参考文献，引用论点必须准确无误，不能断章取义。除短篇报道外，论文参考文献应至少来源于 5 种以上的期刊，研究论著类论文参考文献不少于 13 条，综述类论文参考文献应在 20 条以上，以反映论文的科学依据，以及对前人科学工作的继承性。参考文献的编排应按每条文献在文中出现的先后顺序逐条列于文后，并在文内引用处用右上角加方括号注明角码。参考文献书写格式如下：

[1] Lopera JE, Trimmer CK, Lamba R, et al. MDCT angiography of mesenteric bypass surgery for the treatment of chronic mesenteric ischemia. AJR Am J Roentgenol, 2009,193(5):1439-1445.

[2] 李雷，王文辉，邹英华，等. 症状性下肢动脉疾病与肾动脉狭窄的相关性. 中国介入影像与治疗学，2013，10(6):325-328.