

超声介入治疗在血管疾病中的应用

葛志通, 李建初

中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院超声医学科, 北京 100730

通信作者: 李建初 电话: 010-69155785, E-mail: jianchu.li@163.com

【摘要】 血管介入治疗创伤小、疗效好、恢复快, 近年来在临床中的应用越来越广泛, 但传统血管介入治疗多采用数字减影血管造影等放射学引导, 不适于碘造影剂过敏或禁忌证的患者。而超声引导下血管介入治疗可避免以上缺陷, 且成本低、方便易行。目前该技术主要应于下肢动脉狭窄或闭塞、肾动脉狭窄、腹主动脉瘤、医源性假性动脉瘤等动脉疾病, 布加综合征、胡桃夹综合征、左髂静脉压迫综合征、大隐静脉曲张、静脉畸形等静脉疾病, 以及下腔静脉滤器置入、导管接触性溶栓等微创治疗。其治疗成功的基础和关键是常规超声图像能够清晰显示操作通路和病灶区域, 并保持图像稳定性, 同时导丝和球囊等血管内操作器械在超声图像上能够实时清晰显示。超声引导下的血管介入治疗还可在术中对治疗后的病变血管进行实时血流动力学评估, 从而评价介入治疗效果。此外, 血管内超声可更加直观显示血管内部结构, 使常规超声介入引导难度大的操作得以成功开展, 拓宽了超声介入的治疗领域。

【关键词】 超声介入; 血管疾病; 治疗

【中图分类号】 R543; R445.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-9081(2020)01-0062-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-9081.20190210

Application of Ultrasonic Intervention in the Treatment of Vascular Diseases

GE Zhi-tong, LI Jian-chu

Department of Ultrasound Medicine, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Corresponding author: LI Jian-chu Tel: 86-10-69155785, E-mail: jianchu.li@163.com

【Abstract】 In recent years, vascular interventional therapy has been widely used in clinical practice due to its less trauma, better curative effect and faster recovery. However, traditional vascular interventional therapy is often guided by radiology such as digital subtraction angiography, which is not suitable for patients with iodine contrast agent allergy or contraindications. Ultrasound-guided vascular interventional therapy can avoid the above defects, and it is low-cost and convenient. At present, this technique is mainly used in the minimally invasive treatment of arterial stenosis or occlusion of the lower extremity, renal artery stenosis, abdominal aortic aneurysm, iatrogenic pseudoaneurysm, Budd-Chiari syndrome, walnut clip syndrome, left iliac vein compression syndrome, great saphenous varicose vein, venous malformation, inferior vena cava filter implantation, catheter contact thrombolization, and so on. The basis and key to the success of the treatment is that the conventional ultrasound image can clearly display the operating pathway and lesion area, and maintain image stability. At the same time, the guidewire and balloon and other intravascular operating instruments can be dis-

基金项目: 科技部重点研发计划 (2017YFC0113805); 国家自然科学基金 (61571465, 61971448); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程
项目 (2016-I2M-1-011)

利益冲突: 无

played clearly on the ultrasound image in real time. Ultrasound-guided vascular interventional therapy can also evaluate the vascular segment of the lesion and estimate the effect of interventional therapy in real time. In addition, intravascular ultrasound can more intuitively display the internal structure of blood vessels, so that the difficult operation guided by conventional ultrasound intervention can be successfully carried out, which broadens the field of ultrasound interventional therapy.

【Key words】ultrasonic intervention; vascular disease; treatment

Med J PUMCH, 2020,11(1):62-67

科技进步推动了疾病诊疗方式的变革。以介入治疗为主导的微创治疗凭借创伤小、恢复快的理念,早已深入人心。自1983年世界介入性超声学术会议提出并确定介入超声的概念后,超声介入治疗迅速发展。本文将对超声技术在血管疾病的介入治疗应用进行阐述。

1 超声介入治疗在动脉疾病中的应用

1.1 下肢动脉狭窄或闭塞

动脉粥样硬化(atherosclerosis, AS)是一种老年疾病,可导致外周动脉狭窄和闭塞,下肢动脉最容易受AS影响的3个主要动脉段为髂总动脉,腓-胫动脉和胫下动脉,患者可有由下肢缺血引发的无痛跛行、静息痛和严重缺血症状。轻者需药物治疗,重者则需要手术或者介入治疗。传统治疗方式以外科手术为主,主要包括动脉旁路术、血管内皮剥脱术,其缺点是创伤大,患者耐受差,对麻醉要求高,且对于严重膝下动脉硬化闭塞、血管壁弥漫钙化,旁路手术存在一定困难。随着血管介入治疗技术的发展,以经皮血管腔内成形术(percutaneous transluminal angioplasty, PTA)为代表的血管腔内技术日益成熟,而介入治疗具有创伤小、恢复快的优点,因此备受青睐。

传统PTA治疗下肢动脉粥样硬化及闭塞需要数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)透视引导,但因其具有放射性和造影剂过敏风险,对于老年人、肾功能差及造影剂过敏者应用受限,而超声引导PTA介入治疗的关键是将导丝和球囊在超声图像上清晰显示,无造影剂过敏及放射风险。对于狭窄或闭塞,可先行球囊扩张,如扩张效果满意则无须放置支架,可大大减轻患者的经济负担。庄勇等^[1]的研究表明,超声引导下介入治疗DSA相对禁忌下肢动脉硬化闭塞症的患者具有重要临床价值。Ascher等^[2]研究纳入了274例经超声引导下PTA治疗下肢动脉狭窄的患者,共进行了360次球囊血管成形术,其中35%出现严重缺血,65%出现严重跛

行;泛大西洋学会联盟(Trans-Atlantic Inter-Society Consensus, TASC)A级、B级、C级和D级病变的12个月通畅率分别为90%、59%、52%和46%;54例(15%)尝试了80支胫下动脉血管成形术,以改善股动脉-胫动脉血管成形术完成后的血流量,股-胫节段的技术成功率为95%(342/360),对于胫下动脉,总成功率为96%(77/80)。超声介入治疗的另一优势在于可在术中对治疗后的动脉段进行实时血流动力学评估,实时评价介入治疗效果。Bolt等^[3]进行的一项随机对照研究纳入142例髂动脉病变患者,术后超声介入引导PTA组峰值流速降低50%,明显高于对照组(78%比58%, $P<0.01$),可见超声引导PTA介入治疗下肢动脉狭窄或闭塞是一种可行疗法。

1.2 肾动脉狭窄

动脉粥样硬化、系统性血管炎、肌纤维发育不良以及外压性狭窄等可导致腹主动脉及其重要分支的狭窄,其中最常见及影响最广泛的是肾动脉狭窄。肾动脉狭窄可引起血压升高,若药物难以控制,后期将导致肾萎缩或功能的丧失。

肾动脉狭窄的治疗方式包括药物治疗、外科手术治疗和介入治疗。药物治疗仅可改善部分轻度狭窄患者的高血压症状,而严重狭窄及药物难以控制的高血压患者则需依赖外科手术治疗和介入治疗。外科手术治疗包括肾血管旁路移植、搭桥、动脉内膜剥脱术、自身肾移植术等,由于手术治疗创伤大,需全身麻醉,对术者心、肺、脑等脏器功能有一定要求,临床应用受到限制。介入治疗是肾动脉狭窄的有效治疗手段之一^[4]。1974年Gruntzing发明了双腔气囊导管,1978年首次将其用于肾动脉狭窄介入治疗,树立了肾动脉介入治疗的里程碑。相比X线,超声介入治疗无需造影剂,其不仅可无创诊断肾动脉狭窄,对于手术耐受差,肾功能不全患者尤其适用。Belohlavek等^[5]成功进行了猪肾动脉超声引导下介入治疗研究,证实了超声引导肾动脉介入治疗的可行性。此后,汪洋等^[6]的研究纳入了32例肾动脉狭窄患者及32名健康人,对肾动脉狭窄患者经对侧股动脉穿刺,经超声

引导将球囊移入狭窄处进行扩张,患者治疗前肾动脉峰值流速及肾动脉与腹主动脉峰值流速比值均高于健康人 ($P<0.01$),而治疗后肾动脉峰值流速及肾动脉与腹主动脉峰值流速比值均低于治疗前 ($P<0.01$),肾动脉狭窄的症状得到了明显改善。可见超声介入引导经皮经腔血管成形术在肾动脉狭窄的治疗中具有重要意义。

1.3 腹主动脉瘤

腹主动脉瘤 (abdominal aortic aneurysm, AAA) 是动脉中层结构破坏,动脉壁由于血流冲击而形成的局部或广泛的永久性扩张或膨出。当扩张或膨出的直径大于正常预期腹主动脉直径的 50% 以上或直径超过 3 cm 时即可诊断为动脉瘤。

传统手术治疗效果满意,但创伤较大,而腹主动脉瘤腔内覆膜支架修复术 (endovascular vascular aneurysm repair, EVAR) 是当前治疗 AAA 既微创又有效的方式,已成为 AAA 治疗的首选方案^[7],腔内介入治疗作为一种可行、有效的方法已在临床治疗中凸显其优势^[8]。传统腹主动脉瘤腔内覆膜支架修复术通常在 X 线辅助下进行,具有辐射性,且造影剂的使用会加重肾功能衰竭及过敏的几率,超声引导则可解决上述困境。

超声介入治疗 AAA 的关键在于暴露近端瘤颈、瘤体以及远端髂总动脉等的解剖情况,以保证覆膜支架能够完全覆盖并隔绝瘤体,同时又不影响主动脉重要分支的血供。四川大学袁丁等^[9]成功完成并报道了彩色多普勒超声辅助无造影剂腹主动脉瘤合并髂内动脉瘤腔内覆膜支架修复术,证实了常规多普勒超声介入引导腹主动脉瘤 EVAR 技术的可行性和有效性,为 EVAR 手术提供了新的思路和途径。至此,超声在腹部动脉瘤的全周期管理中实现了术前诊断、术中介入治疗以及术后随访的重要进展。

1.4 医源性假性动脉瘤

随着股动脉入路介入操作的增加,股动脉医源性动脉瘤的产生也相应增加。医源性动脉瘤通常发生在术后 24~48 h,表现为穿刺部位出现进行性增大的肿块、搏动感、震颤以及血管杂音。假性动脉瘤可并发感染,引起压迫症状,甚至发生栓塞。特征性超声表现为瘤颈处“双期双向”血流信号,彩色血流瘤腔内呈红蓝相间涡流血流信号^[10]。超声可明确瘤颈位置,对于瘤颈较小的假性动脉瘤,可引导并指导医师进行针对性压迫。当压迫有效时超声监测显示瘤体缩小,瘤腔内无血流信号,随着压迫时间的增加,瘤体内可出现血流自显影,直至瘤腔内血栓形成。徐兰英

等^[11]报道证实,超声引导下医源性股动脉假性动脉瘤的压迫,可有效关闭瘤体,避免额外的手术。对于瘤颈较大,压迫效果不佳的假性动脉瘤,在超声引导下小剂量注射凝血酶治疗血管介入术后股动脉假性动脉瘤,效果较好,可有效避免外科手术的血管修补^[12-14]。

2 超声介入治疗在静脉疾病中的应用

2.1 下腔静脉滤器置入

下腔静脉滤器 (inferior vena cava filter, IVCF) 是为预防下腔静脉系统栓子脱落引起肺动脉栓塞 (pulmonary embolism, PE) 而设计的一种装置。PE 栓子大多来源于下肢静脉,典型临床表现为胸痛、胸闷、呼吸困难和紫绀,可发生严重休克甚至死亡。

通常在 X 线引导下下行 IVCF 置入术,以防止下肢深静脉血栓形成后出现致死性 PE,然而对危重且多发伤不宜搬动的患者来说, X 线引导下的 IVCF 置入充满风险和挑战。此时超声介入引导 IVCF 置入便可发挥优势,尤其适合床旁行动不便的患者。安鹏等^[15]进行的一项彩色多普勒超声床旁引导 IVCF 置入的可行性研究表明,床旁超声和 DSA 引导 IVCF 置入术均有较高的成功率,但超声引导可避免患者转运、辐射暴露、对比剂过敏等风险,且价格低廉,与 X 线下 IVCF 置入效果相同^[16]。其中明确肾静脉汇入下腔静脉开口的位置是保证手术成功的关键^[17]。近年来, Glocker 等^[18]尝试血管内超声在危重患者床旁 IVCF 置入术中的应用,取得了良好效果。超声引导 IVCF 放置应嘱患者禁食以减少肠胀气,整个过程应严格保证导丝及球囊处于探头监视下,以防发生并发症^[19]。

2.2 布加综合征

布加综合征 (Budd-Chiari syndrome, BCS) 是指由于肝静脉和 (或) 下腔静脉狭窄或闭塞致肝静脉回流受阻而引发的一系列症候群,可导致急性肝损伤、食管静脉曲张破裂出血或顽固性腹水。BCS 的治疗方式包括外科手术治疗和介入治疗,传统外科治疗创伤大、难度大,术后并发症多。

1974 年 Equchi 首先应用经皮穿刺下腔静脉球囊扩张术治疗 BCS 获得成功,1990 年 Ulrich 等^[20]又应用 Gianturco 血管内支架治疗 BCS,使 BCS 介入治疗的范围得以进一步扩大,疗效进一步提高。1996 年孙洪军等^[21]成功将超声引导应用于下腔静脉阻塞型布加综合征的介入治疗,超声监测下腔静脉肝后段并尽量清晰显示右房入口, Seldinger 技术穿刺右股静脉,置入鞘管,缓慢推进至病变处,依次进行破膜、

球囊扩张,扩张良好后送入自张式内支架,精确测量位置后予以释放,术后效果良好,所有患者3个月以后复查未发现支架脱落及移位。1996年张春清等^[22]成功开展了肝静脉阻塞BCS的超声介入治疗,同样取得良好效果。近年来国内外相继有学者报道超声引导下肝静脉型布加综合征的介入治疗,将超声在BCS的介入治疗又向前推进了一步^[23-24]。

2.3 胡桃夹综合征

胡桃夹综合征又称左肾静脉压迫综合征,为左肾静脉在腹主动脉和肠系膜上动脉之间受机械性挤压,导致血液回流受阻,引起左肾静脉高压的现象。临床表现主要为无症状性血尿和/或蛋白尿,可伴盆腔淤血或精索静脉曲张^[25-26]。治疗方式主要包括外科手术及介入治疗,由于介入治疗创伤小而越来越被接受。传统介入治疗需在DSA引导下进行左肾静脉支架置入,支架置入后绝大部分患者可获得满意的临床疗效,其不足之处在于具有放射污染且无法获得实时血流动力学信息。国内外目前暂无常规超声介入治疗引导左肾静脉支架置入的报道,但血管内超声的出现,为左肾静脉支架置入提供了新的思路。Neupane等^[27]通过血管内超声引导下肾静脉内支架置入术成功治疗了一例53岁胡桃夹综合征患者,临床应用价值值得肯定。但由于血管内超声为侵入性操作且费用较高,限制了其在临床的大规模应用。笔者认为,胡桃夹综合征患者通常体型消瘦,常规超声大多可清晰显示腹部血管,故常规超声引导下的支架置入治疗应用值得进一步研究。

2.4 导管接触性溶栓

溶栓是深静脉血栓(deep vein thrombosis, DVT)形成后的首选治疗方式,早期及时有效的溶栓可提高血管通畅性,减少血栓后并发症的出现。溶栓途径可分为导管接触性溶栓(catheter-directed thrombolysis, CDT)和系统溶栓。超声引导下CDT可提高血栓的溶解效率。

Zhu等^[28]比较了超声引导与非引导下CDT治疗下肢深静脉血栓形成的疗效,发现超声引导下插管的次数少、时间短、血肿发生率低、术后通畅度高,表明超声引导下CDT有利于改善静脉通畅性,降低PE的发生率。Huang等^[29]研究表明,超声引导下CDT与传统CDT相比,虽然不能显著改善中期预后,但有利于减少血栓后综合征的发生率。

2.5 大隐静脉消融

大隐静脉曲张是下肢静脉功能不全的最常见表现,其患病率随年龄增长而增加,严重影响患者生活

质量。轻症患者可采取保守治疗(穿戴弹力绷带或弹力袜),症状较重的患者可通过手术、硬化剂注射以及激光/射频治疗改善症状。

传统的手术治疗方法是大隐静脉高位结扎及剥脱术。近年来,随着微创技术的进步,超声引导下硬化剂注射以及激光/射频治疗不仅创伤小,且疗效与手术相当^[30],优越性凸显。治疗时患者取平卧位,全程在超声引导下,选取大隐静脉主干作为穿刺区域,将血管鞘、射频消融或硬化剂导管置入。目前国内也开展了大量超声引导下大隐静脉曲张的微创治疗,取得了良好效果^[31-32]。

2.6 静脉畸形

静脉畸形(venous malformations, VMs)是最常见的血管畸形,表现形式多样,包括畸形、疼痛、肿胀,给患者的身心健康带来了很大影响。VMs的外科手术治疗难度大,出血难以控制,对于累及的重要器官和组织病变难以彻底切除,且累及颜面部者极易产生瘢痕,已非治疗首选。药物治疗价格昂贵仅可对少部分VMs有效。介入治疗则是目前首推的治疗方式,具有创伤小,不留痕的优点,效果满意。Kumar等^[33]对53例患者在超声引导下采用3%具有麻醉效果的聚桂醇泡沫硬化剂治疗静脉畸形,并将病变分成多个小间隔以助于快速注射,结果不仅避免了全麻且证实该方法安全有效,与病变的大小或位置无关。此外,Abdulla等^[34]成功在超声引导下为1例具有广泛静脉畸形的新生儿进行了静脉畸形的介入治疗。

2.7 May-Thurner综合征

May-Thurner综合征又称左髂静脉压迫综合征,是左髂总静脉在右髂总动脉和第五腰椎之间受压迫的解剖状态。可导致血栓形成^[35]或慢性盆腔痛^[36]。1957年,May和Thurner首次描述,1965年Cocket和Thmos定义此情况为髂静脉压迫综合征。Oguzkurt等^[37]于2007年率先报道了1例超声诊断May-Thurner综合征的14岁女孩,表明了超声的诊断价值。超声可发现髂静脉受压变细,血流呈花色。由于常规手术创伤大,效果不佳,目前主要以腔内血管治疗为主,既往研究表明髂静脉支架置入可明显改善压迫症状^[38],且对于已经发生血栓的患者积极CDT并置入支架是关键^[39]。DSA是诊断May-Thurner综合征的金标准,而常规超声由于受肠气、肥胖干扰以及检查者手法及力度的影响,诊断准确度有待提高。血管内超声的引入,不仅能够评估血管形态及狭窄段直径,还能准确显示管腔内及管壁情况,但因其为有创操作,限制了临床应用^[40],对于常规超声严重怀疑May-

Thurner 综合征但放射学手段禁忌者, 血管内超声仍是一种可选择的诊断方式。对于 May-Thurner 综合征的患者, 根据左髂总静脉被右髂内动脉的压迫状态, 血管内超声将有助于准确地确定支架直径、长度和位置^[41]。笔者认为, 与胡桃夹综合征类似, 对于体型较瘦, 盆腔血管显示清晰者, 可尝试常规超声引导下髂静脉支架置入。

3 超声介入治疗的其他应用

静脉通路是晚期肾功能衰竭患者的生命线, 超声不仅可清晰显示其通畅度及功能, 当静脉通路发生狭窄或血栓形成时, 超声同样可发挥介入治疗作用。Durmaz 等^[42]的研究认为, 经皮超声引导下的溶栓治疗是血栓形成性血液透析瘘的一种有希望的治疗方法。同时, 朱莉敏等^[43]成功采取超声体表引导球囊进行瘘口狭窄部位的扩张, 证明高压球囊效果更好。曾敏等^[44]研究了 72 例自体动静脉内瘘或人工血管动静脉内瘘狭窄患者的临床资料, 其中行超声引导下 PTA 术 38 例 (PTA 组), 手术修补术 34 例 (手术组), 比较后发现超声引导下 PTA 术治疗内瘘狭窄的术后通畅率高于手术组, 显示了超声介入在静脉通路狭窄介入治疗中的价值。

4 小结与展望

超声介入已在外周血管疾病的治疗中崭露头角, 其治疗的基础是常规超声图像的清晰显示和图像稳定性, 对于患者病变部位的超声显示条件要求较高, 因此需严格把握治疗适应证, 同时应通过严格培训提高操作医师的水平, 避免因操作不当带来副损伤。

总之, 学科发展必须符合新时代中国医疗卫生事业的发展方针^[45], 而超声介入正为外周血管病变治疗带来新的方向, 其微创的治疗方式, 大大减轻了患者痛苦, 缩短了术后恢复时间。同时, 血管内超声的出现为超声在外周血管的介入治疗发展带来了新的契机, 其可更加直观显示血管内部结构, 拓宽了超声介入治疗的领域, 使常规超声介入引导难度大的操作得以成功开展, 具有极大的发展前景。

参 考 文 献

- [1] 庄勇, 曾锦树, 叶小剑, 等. 超声引导下血管成形术治疗 DSA 相对禁忌下肢动脉硬化闭塞症 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2019, 16: 560-563.
- [2] Ascher E, Hingorani AP, Marks N. Duplex-Guided Balloon Angioplasty of Lower Extremity Arteries [J]. Perspect Vasc Surg Endovasc Ther, 2007, 19: 23-31.
- [3] Bolt LJJ, Krasznai AG, Sigterman TA, et al. Duplex-guided versus Conventional Percutaneous Transluminal Angioplasty of Iliac TASC II A and B Lesion: A Randomized Controlled Trial [J]. Ann Vasc Surg, 2019, 55: 138-147.
- [4] Rocha-Singh K, Jaff MR, Rosenfield K. Evaluation of the Safety and Effectiveness of Renal Artery Stenting After Unsuccessful Balloon Angioplasty [J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 46: 776-783.
- [5] Belohlavek M, Jiamsripong P, McMahon EM, et al. Ultrasound-guided placement of a renal artery stent using an intracardiac probe for transvascular imaging [J]. Open Cardiovasc Med J, 2011, 5: 215-217.
- [6] 汪洋. 肾动脉狭窄超声诊断及超声引导介入治疗价值 [J]. 白求恩医学院学报, 2013, 11: 368-369.
- [7] Ren S, Fan X, Ye Z, et al. Long-term outcomes of endovascular repair versus open repair of abdominal aortic aneurysm [J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2012, 18: 222-227.
- [8] 叶炜, 刘暴, 陈明雁. 腔内介入手术治疗贝赫切特病合并主动脉假性动脉瘤 [J]. 协和医学杂志, 2010, 1: 59.
- [9] 袁丁, 文晓蓉, 赵纪春, 等. 彩色多普勒超声辅助无造影剂腹主动脉瘤合并髂内动脉瘤腔内覆膜支架修复术 [J]. 中国普外基础与临床杂志, 2018, 25: 728-734.
- [10] 李晓文. 股动脉穿刺后假性动脉瘤的超声诊断与治疗 [J]. 华西医学, 2014, 29: 1920-1921.
- [11] 徐兰英, 戴玲, 洪小苏, 等. 经皮股动脉穿刺介入术后假性动脉瘤的超声引导压迫修复 [J]. 苏州大学学报 (医学版), 2004, 24: 696-697.
- [12] 唐其柱, 马可忠, 朱锐, 等. 超声引导下注射不同剂量凝血酶治疗血管介入诊疗术后股动脉假性动脉瘤的临床观察 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2014, 22: 163-166.
- [13] 郑波, 李兆南, 徐燕能, 等. 超声引导下压迫和凝血酶注射治疗医源性股动脉假性动脉瘤 23 例报告 [J]. 微创医学, 2018, 13: 231-233.
- [14] 程志刚, 韩治宇, 刘方义, 等. 彩色多普勒血流显像引导近瘤颈部收缩期分次注射小剂量凝血酶溶液治疗股动脉假性动脉瘤的效果 [J]. 中国医药导报, 2017, 14: 82-85.
- [15] 安鹏, 尹家保, 杨浩, 等. 彩色多普勒超声床旁引导下腔静脉滤器植入的可行性研究 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2018, 29: 139-141.
- [16] 陈菲, 张颖, 姚晓松, 等. 超声引导下腔静脉滤器置入的临床应用价值 [J]. 上海医学影像, 2011, 20: 252-253.
- [17] 赵昶, 李志安, 寇镭. 彩色多普勒超声在引导下腔静脉滤器植入中的临床应用 [J]. 疑难病杂志, 2013, 12: 550-552.

- [18] Glocker RJ, Awonuga O, Novak Z, et al. Bedside inferior vena cava filter placement by intravascular ultrasound in critically ill patients is safe and effective for an extended time [J]. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2014, 2: 377-382.
- [19] McDowell B, Bremer W, Ray C. A Complication of Ultrasound-Guided Inferior Vena Cava Filter Placement [J]. *Semin Intervent Radiol.*, 2018, 35: 356-358.
- [20] Ulrich F, Pratschke J, Neumann U, et al. Eighteen years of liver transplantation experience in patients with advanced Budd-Chiari syndrome [J]. *Liver Transpl*, 2008, 14: 144-150.
- [21] 孙洪军, 张国全, 万昭海, 等. 彩超引导下腔静脉内支架成形术 [J]. *上海医学影像*, 1996, (1): 41-42.
- [22] 张春清, 傅丽娜, 徐麟, 等. 超声引导下下行腔静脉支架置入术治疗 Budd-Chiari 综合征 [J]. *临床肝胆病杂志*, 1997, (2): 55-56.
- [23] Keshava SN, Moses V, Surendrababu NRS. Cannula-Assisted and Transabdominal Ultrasound-Guided Hepatic Venous Recanalization in Budd Chiari Syndrome: A Novel Technique to Avoid Percutaneous Transabdominal Access [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2009, 32: 1257-1259.
- [24] 陈世远, 高涌, 聂中林, 等. B 超引导下肝静脉型布加综合征的介入治疗体会 [J]. *中华全科医学*, 2011, 9: 713-714.
- [25] 徐力扬, 李京雨, 刘涛, 等. 左肾静脉支架植入治疗胡桃夹综合征 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2012, 09: 435-437.
- [26] Neste MG, Narasimham DL, Belcher KK. Endovascular stent placement as a treatment for renal venous hypertension [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 1996, 7: 859-861.
- [27] Neupane S, Ambulgekar N, Edla S, et al. Intravascular Ultrasound-Guided Endovascular Stenting of Renal Vein in Nutcracker Syndrome [J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2018, 52: 355-356.
- [28] Zhu C, Zhuo H, Qin Y, et al. Comparison of clear effect and the complications, and short and mid-term effects between ultrasound-guided and non-guided catheter-directed thrombolysis in the treatment of deep venous thrombosis of lower extremity [J]. *Vascular*, 2019, 27: 277-283.
- [29] Huang Q, Zhang Q, Xu H. Catheter-Directed Thrombolysis for Massive Pulmonary Embolism Resulting from Thrombosis in a Duplicated Inferior Vena Cava: A Case Report [J]. *Ann Vasc Surg*, 2016, 33: 231.
- [30] Shadid N, Ceulen R, Nelemans P, et al. Randomized clinical trial of ultrasound-guided foam sclerotherapy versus surgery for the incompetent great saphenous vein [J]. *Br J Surg*, 2012, 99: 1062-1070.
- [31] 薛少伟, 李岩密, 费翔, 等. 彩色多普勒血流成像在大隐静脉曲张腔内射频导管消融术中的应用价值 [J]. *中国医药*, 2018, 13: 116-119.
- [32] 胡海燕, 韩秀清, 惠鹏宇, 等. 超声引导聚桂醇泡沫硬化剂治疗大隐静脉曲张患者临床疗效分析 [J]. *西部医学*, 2016, 28: 542-544.
- [33] Kumar S, Bhavana K, Kumar S, et al. Ultrasound-guided polidocanol foam sclerotherapy for treating venous malformations [J]. *J Clin Ultrasound*, 2018, 46: 23-31.
- [34] Abdulla S, Yilmaz S. Ultrasound-Guided Diagnosis and Treatment of a Diffuse Venous Malformation [J]. *Ultrasound Q*, 2016, 32: 387-390.
- [35] Baloch ZQ, Hussain M, Ayyaz M, et al. May-Thurner Syndrome Presenting as Acute Unexplained Deep Venous Thrombosis [J]. *Ann Vasc Surg*, 2018, 53: 261-266.
- [36] Ruel J. May-Thurner syndrome: An often-missed cause of chronic pelvic pain [J]. *J Am Assoc Nurse Pract*, 2019, 31: 388-390.
- [37] Oğuzkurt L, Ozkan U, Tercan F, et al. Ultrasonographic diagnosis of iliac vein compression (May-Thurner) syndrome [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2007, 13: 152-155.
- [38] Park JY, Ahn JH, Jeon YS, et al. Iliac vein stenting as a durable option for residual stenosis after catheter-directed thrombolysis and angioplasty of iliofemoral deep vein thrombosis secondary to May-Thurner syndrome [J]. *Phlebology*, 2013, 29: 461-470.
- [39] Xue G, Huang X, Ye M, et al. Catheter-directed Thrombolysis and Stenting in the Treatment of Iliac Vein Compression Syndrome with Acute Iliofemoral Deep Vein Thrombosis: Outcome and Follow-up [J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28: 957-963.
- [40] 桑宏飞, 李晓强, 姜坤, 等. 血管腔内超声在髂静脉受压综合征诊治中的应用 [J]. *中华普通外科杂志*, 2015, 30: 407-408.
- [41] Ahmed HK, Hagspiel KD. Intravascular ultrasonographic findings in May-Thurner syndrome (iliac vein compression syndrome) [J]. *J Ultrasound Med*, 2001, 20: 251-256.
- [42] Durmaz H, Birgi E. A promising method for the salvage of thrombosed native hemodialysis fistulas: percutaneous ultrasound-guided thrombolytic injection [J]. *Turk J Med Sci*, 2019, 49: 1179-1184.
- [43] 朱莉敏, 黎静. 超声引导下高压球囊扩张在自体血管动静脉内瘘狭窄闭塞中的应用 [J]. *贵州医药*, 2019, 43: 1290-1293.
- [44] 曾敏, 杨定平, 郑婷. 超声引导下经皮球囊扩张术治疗内瘘狭窄的疗效观察 [J]. *临床肾脏病杂志*, 2019, 19: 23-28.
- [45] 金征宇, 孙昊. 新时代放射影像临床诊疗路径的思考 [J]. *协和医学杂志*, 2019. 10: 2-5.

(收稿日期: 2019-10-04)