

## 腹部及四肢动脉超声若干常见临床问题专家共识

中国超声医学工程学会颅脑及颈部血管超声专业委员会  
国家卫健委脑卒中防治工程专家委员会血管超声专业委员会  
中国超声医学工程学会浅表器官及外周血管超声专业委员会

近 10 多年来,我国血管超声有长足的发展,并逐渐与国际接轨。为了进一步提高我国血管超声水平,由中国超声医学工程学会颅脑及颈部血管超声专业委员会、中国超声医学工程学会浅表器官及外周血管超声专业委员会、国家卫健委脑卒中防治工程专家委员会血管超声专业委员会组织相关专家,对血管超声工作中常见疑惑问题进行问卷调查,共收集 3 658 条反馈意见,经反复讨论,结合中国国情,最终决定由三个专业委员会分别牵头就腹部及四肢动脉超声、腹部及外周静脉超声、颅颈血管超声方面撰写若干共识。本共识仅供本行业医疗人员参考,不具备法律效力。由于时间仓促,难免有些不足,欢迎广大超声医师提出宝贵意见,以便适时修订。

**问题 1: 腹部及四肢动脉超声报告结论提示“动脉硬化”,是否准确?**

**专家意见:**

不准确。动脉硬化和动脉粥样硬化 (atherosclerosis, AS) 的概念不同。动脉硬化是一种动脉管壁增厚、变硬、失去弹性或管腔狭窄等表现的退行性和增生性病变的总称。常见的动脉硬化包括动脉粥样硬化、动脉中层钙化和小动脉硬化三种病理表现。临床上,动脉硬化有时也表示动脉僵硬度 (Arterial stiffness) 的意思。动脉粥样硬化是动脉硬化的一种,早期表现为动脉内中膜增厚,随着病变进展出现动脉粥样硬化斑块,逐渐发展为动脉狭窄或闭塞。

在腹部及下肢动脉粥样硬化超声报告描述中,首先应定位:病变位于哪侧肢体、累及动脉名称;其次是定性:动脉内中膜增厚、斑块形成 [单发、多发 (斑块  $\geq 2$  个)]、斑块回声特征 (均质性和不均质性);最后是定量:即病变程度。对于下肢动脉狭窄闭塞性病变的超声诊断提示也应遵循定位、定性、定量的基本原则。

**问题 2: 超声测量腹部及四肢动脉内中膜厚度和斑块方法与注意事项是什么?**

**专家意见:**

人体各部位大中型动脉结构相似,超声可以清楚显示动脉壁三层结构,即内膜、中层和外膜。内中膜

厚度 (IMT) 是指内膜层与中膜层联合厚度,即内膜上缘至中层与外膜分界面之间的距离。一般来讲,在超声远场 (深部) 动脉壁测量内中膜厚度更准确,在超声近场 (浅层) 动脉壁测量时,由于近场外膜的高回声影响外膜与中膜分界的清晰度,影响 IMT 测量的准确度<sup>[1]</sup>。斑块的测量应包括斑块的厚度 (斑块顶部与基底部之间的最大垂直距离) 及长度 (斑块上、下肩部之间的最大距离)。在纵切面测量斑块长度。采用横切面测量动脉壁不同位置的內中膜厚度及斑块厚度,均相对准确。可根据斑块位置及回声情况进行横切面与纵切面联合测量,提高下肢动脉粥样硬化斑块长度与厚度测量的准确度<sup>[2]</sup>。如果斑块较大,导致动脉管腔狭窄,需要测量狭窄处及其近心端、远心端的收缩期峰值流速 (PSV),同时测量最狭窄处的残余管腔内径及原始管径<sup>[3]</sup>。

注意事项: ①腹部动脉检查容易受到肠腔气体的影响,应嘱患者空腹检查 (糖尿病患者酌情处理)<sup>[4]</sup>; ②当患者体型肥胖或下肢水肿明显时,线阵探头检查深度及穿透力相对受限,可考虑使用微凸或凸阵探头进行扫查。

**问题 3: 如何在超声报告中规范描述腹部与四肢动脉内中膜厚度及斑块?**

**专家意见:**

股动脉及腘动脉较粗,内中膜增厚及斑块的描述可参照颈动脉检查指南及规范: IMT  $\geq 1.0$  mm 定义为内中膜增厚, IMT  $\geq 1.5$  mm<sup>[5]</sup> 或者局部 IMT 高于周边相邻正常部位 IMT 的 50% 并凸向管腔<sup>[6]</sup> 定义为斑块。小腿动脉及足背动脉等较细,对其内中膜增厚目前没有统一的标准,对内中膜厚度及斑块厚度的测量不做要求。腹部动脉位置较深,检查受声像图清晰度的影响明显,内中膜厚度测量的准确度差,此处不做要求。

对于斑块的超声描述应该包括: ①斑块发生的部位: 例如股浅动脉上段、中段或下段,以及前壁、后壁或侧壁; ②斑块的大小: 表述为长  $\times$  厚 (mm); ③斑块形态: 规则、不规则,斑块表面纤维帽结构是否连续或溃疡 (对于能观察的斑块); ④斑块回声特

征：均质性和不均质性，均质性斑块又分为强回声、高回声、等回声、低回声、低至无回声。要注意斑块内出现低至无回声时，特别是狭窄病变部位，应考虑斑块内出血的可能，是易损斑块特征之一。

**问题 4：如何看待灰阶超声、彩色多普勒血流成像、脉冲多普勒频谱在动脉狭窄诊断中的价值？**

**专家意见：**

灰阶超声可观察动脉走行、动脉管壁结构、动脉与周围组织结构的关系等，常用于观察有无动脉内中膜增厚、斑块形成、斑块组织及形态学特征、动脉内有无漂浮内膜、动脉壁完整性、动脉管腔有无扩张、变窄及闭塞等，并进行测量。

彩色多普勒血流成像检查动脉时，应随时调节血流速度标尺，以正常动脉彩色血流成像刚好无混叠时的最小血流速度标尺为宜。当出现动脉狭窄时，血流速度增快，彩色血流成像出现“混叠”，这是动脉狭窄的典型特征<sup>[7-8]</sup>。在狭窄即后段管腔血细胞运动方向变化，出现涡流或湍流。

脉冲多普勒频谱主要用于评估动脉狭窄程度，参见问题 5。要准确评估动脉狭窄程度，必须准确测量动脉狭窄处及其近心端动脉 PSV：首先，确保多普勒校正角度 $\leq 60^\circ$ ；其次，校正角度时以血流方向为参照，与血流束“中心亮带”平行，而不是与血管壁平行，获取最高血流速度测值；再者，取样容积大小。在诊断四肢动脉狭窄时，血管无明显搏动，取样容积应小于狭窄最窄处内径或彩色血流束“中心亮带宽度”，这样才能高效获取狭窄处的脉冲多普勒频谱，一般应 $\leq 1.5$  mm，如果取样容积太大，则可能采集到狭窄即后段紊乱血流频谱。在腹部大中动脉，由于动脉搏动性大，取样容积宜相对较大，方可准确地获取重度狭窄处的脉冲多普勒频谱。

**问题 5：PSV、 $PSV_{\text{狭窄处}}/PSV_{\text{狭窄近心端}}$ 、多普勒频谱分析等评估下肢动脉狭窄程度不一致时，该如何选择？**

**专家意见：**

灰阶超声及 CDFI 可显示并提示动脉狭窄部位，定量诊断动脉狭窄程度主要依据收缩期峰值流速 (PSV) 测量 (表 1) 与多普勒频谱分析。

(1) 狭窄处 PSV 升高：是最早出现的血流动力学异常的指标，是诊断下肢动脉狭窄的主要参数之一。由于个体之间 PSV 变异大，特别是狭窄处 PSV 会受到近心端或远心端动脉狭窄、心功能、心率、血压等因素影响，仅采用狭窄处 PSV 诊断狭窄程度可能导致明显误差。因此对于下肢动脉狭窄，最准确的指标为  $PSV_{\text{狭窄处}}/PSV_{\text{狭窄近心端}}$  比值 ( $R_{\text{PSV}}$ )。测量 PSV 时应将取样容积在狭窄处慢慢移动，直到采集到

PSV 最高值，否则可能低估狭窄程度。另外，当内径狭窄率 $>80\%$ 左右时，血流阻力将明显增高，狭窄处 PSV 升高可能不明显。因此，对于重度狭窄病变，并非 PSV 越高狭窄程度越重。

(2)  $R_{\text{PSV}}$  增高：为自身对照诊断参数，可校正近心端或远心端动脉明显狭窄、心脏功能、心率、血压等因素引起血流动力学改变所致的检测误差。因此，当 PSV、 $R_{\text{PSV}}$  评估下肢动脉直径狭窄率不一致时，以  $R_{\text{PSV}}$  为诊断依据。

(3) 脉冲多普勒频谱分析：①重度狭窄的远心端 (下游) 动脉频谱呈低速低搏动性频谱特征改变，动脉三相波之负向波消失。因此，低速低搏动性动脉血流频谱，意味着近心端动脉可能存在明显狭窄或闭塞。但是，如果远端动脉血管床阻塞性病变严重，可能仅表现为流速减低，但阻力并无明显降低；②重度狭窄的近心端 (上游) 动脉，其血流频谱负向波会增大，搏动性增高，这是阻力增高的结果。但要注意，慢性下肢动脉重度狭窄或闭塞者，病变以远段易形成侧支循环，上述动脉频谱形态改变可能弱化；③狭窄即后段血流紊乱。重度狭窄即后段常伴随明显的紊乱血流征，频窗缩小、填充或出现双向。如果狭窄即后段没有血流紊乱，诊断重度动脉狭窄可能有误<sup>[9]</sup>。

在实际应用中，需要对 PSV、 $R_{\text{PSV}}$ 、狭窄后血流紊乱、频窗缩小、血流波形变化特征等进行综合考虑，当出现结果解释不一致时，应综合判断，而非单独依据某一项参数就做出诊断。

表 1 下肢动脉狭窄超声诊断标准 (Cossman)

动脉狭窄程度	病变处 PSV/cm/s	$R_{\text{PSV}}$
正常	$<150$	$<1.5:1$
30%~49%	150~200	1.5:1~2:1
50%~75%	200~400	2:1~4:1
$>75\%$	$>400$	$>4:1$
闭塞	无血流信号	

**问题 6：超声诊断下肢动脉狭窄，单发局限性动脉狭窄可依据 Cossman 标准，多发串联性的节段性动脉狭窄或长段弥漫性动脉狭窄该如何诊断？**

**专家意见：**

目前下肢动脉狭窄不论是国际还是国内，尚无统一的诊断标准。应用较早、相对广泛的标准是 Cossman 标准<sup>[10]</sup>，优点是简洁明了，不仅适合单发局限性动脉狭窄程度评估，也适合多发串联性的节段性动脉狭窄程度评估；缺点是不适合长段弥漫性动脉狭窄程度评估。其中，狭窄处 PSV 仅适合单发性股腘动脉局限性狭窄程度的评估。2 处以上的多发性节段性

下肢动脉狭窄,则需要采用  $R_{PSV}$  进行狭窄程度评估。由于动脉狭窄引起的高速射流和狭窄即后段紊乱血流动力学变化,在经过相当于几倍动脉管径的距离时才会消失,一般情况下传播距离  $< 3$  cm。因此,如果 2 处节段性动脉狭窄之间距离  $> 3$  cm,则可以采用  $R_{PSV}$  评估。2 处节段性动脉狭窄之间距离  $< 3$  cm 时,第 1 处动脉狭窄为重度狭窄时,狭窄即后段血流紊乱明显,  $R_{PSV}$  评价第 2 个动脉狭窄程度的价值可能受限。

长段的弥漫性动脉狭窄,不适合采用 Cossman 诊断标准,主要根据彩色多普勒血流成像及灰阶超声进行观察、测量,需结合狭窄远心端血流频谱呈低速、低搏动、收缩期达峰时间明显延长等综合判断。

**问题 7: 外周动脉斑块钙化明显、声影宽大导致管腔内结构显示不清,超声如何判断狭窄程度?**

**专家意见:**

动脉粥样硬化斑块出现明显钙化、声影宽大造成后方管腔显示不清时,首先应该调整探头声束方向,从不同角度进行检查。如果斑块位于前壁,探头可从侧壁或后侧壁方向扫查,也许可以避免声影的影响<sup>[11]</sup>。

如果钙化斑块呈现环形或半环形分布,应调整多普勒入射声束角度,观察斑块所在管腔远心端的彩色血流图像并采集多普勒频谱,如果存在动脉严重狭窄,可发现狭窄即后段血流紊乱特征,表现为“五彩血流”及频带增宽<sup>[12-13]</sup>。

对于动脉狭窄程度的判断,可根据动脉长轴方向钙化延伸范围(长度)进行评估:(1)对于范围局限的斑块(长度  $\leq 1 \sim 2$  cm),常规测量  $PSV_{狭窄近心端}$ 、狭窄处  $PSV_{狭窄处}$ ,可采用斑块管腔远端的  $PSV$  代替  $PSV_{狭窄处}$ ,或紧邻斑块管腔远端的  $PSV$  代替  $PSV_{狭窄处}$ ,采用  $R_{PSV}$  评估狭窄程度。(2)对于沿动脉长轴方向钙化延伸范围较大的斑块(长度  $\geq 2$  cm),  $R_{PSV}$  评估法则不能准确反映动脉狭窄程度<sup>[14]</sup>,这是频谱多普勒测量在下肢动脉狭窄病变评估中的局限性,必要时推荐其他影像学方法判断狭窄程度。

**问题 8: 超声检查下肢动脉时,经常可以看到动脉壁内多发点状强回声或斑片状强回声,而没有见到明显的粥样硬化斑块形成,如何诊断?产生的原因及临床意义是什么?**

**专家意见:**

下肢动脉超声检查时,经常看到动脉壁内多发点状强回声或斑片状强回声,甚至呈轨道样或条索样强回声,而没有明显内中膜增厚或粥样硬化斑块形成,超声应该详细描述,包括位置、超声表现等,可以诊断为“下肢动脉壁点状及斑片状强回声,考虑下肢动

脉壁钙化”,不能诊断为“下肢动脉粥样硬化”,因为没有内中膜增厚及斑块形成等动脉粥样硬化的典型表现。

上述超声改变,主要见于肾衰透析患者、糖尿病患者等,其病理生理基础为代谢紊乱造成动脉壁钙盐沉着,为一种非动脉粥样硬化性病变,动脉壁的内膜层和中膜层都可以发生钙化。尿毒症患者血管壁钙化主要发生在血管中膜层,血管壁中膜层钙化是以羟基磷灰石晶体钙沿着动脉中膜层弥漫沉积于整个血管壁为特征<sup>[15-17]</sup>,而单纯动脉粥样硬化患者血管钙化多发生于血管内膜层<sup>[18]</sup>。动脉钙化使动脉壁僵硬增加,顺应性降低,易导致收缩压升高,舒张压降低,进而使脉压增加,引起左心室肥大、心肌缺血和心力衰竭,是发生心脑血管疾病意外的危险因素<sup>[15]</sup>。

**问题 9: 动脉栓塞、血栓形成及闭塞的临床治疗方案不同,它们的区别及声像图表现是什么?**

**专家意见:**

在临床工作中,这几种疾病较易混淆,但正确理解与区别很重要,因此进行比较阐述。

**动脉栓塞:**急性动脉栓塞(embolism)是指来自于心脏相关病变、近心端动脉病变尤其是动脉瘤或其他来源的栓子(embolus),随着动脉血流流到远端直径较小的动脉(多见于分叉水平)、嵌顿,动脉血流中断,继发供血器官或肢体的急性缺血、组织坏死。声像图显示病变管腔内血流消失、充填低回声(急性期)或不均回声并侧支动脉形成(慢性期)。

**动脉血栓形成:**大多数动脉血栓(thrombus)基于动脉粥样硬化基础上形成。常见于动脉粥样硬化纤维帽的破裂,血小板、血细胞聚集形成血栓(thrombosis)。声像图特征包括:病变动脉有粥样硬化斑块的形成,动脉管径可略增粗(正向重构期),或血管狭窄,或斑块病变管腔内有低回声物充填。另外,近段动脉栓塞、外伤、血栓闭塞性脉管炎等原因,也可能导致动脉血栓形成。

**动脉闭塞:**指动脉管腔的完全阻塞。动脉闭塞可分急性动脉闭塞和慢性动脉闭塞。急性动脉闭塞常见于急性动脉栓塞、动脉粥样硬化斑块破裂继发急性血栓形成、血管外伤及急性动脉夹层等<sup>[19]</sup>。慢性动脉闭塞广义上是指病程超过 1 个月的动脉闭塞<sup>[20]</sup>。狭义的动脉闭塞是指慢性动脉闭塞,也是临床习惯称之为动脉闭塞。慢性动脉闭塞最常见原因是动脉粥样硬化斑块继发血栓形成、血栓纤维化,血管炎也是重要原因之一。声像图表现:闭塞病变的动脉常存在粥样硬化斑块或血管炎病变特征,动脉管腔变细,其内有等回声或低回声物充填。

总之,动脉栓塞、血栓形成与闭塞的区别,需结

合声像图、病史等综合判断。

**问题 10: 心律不齐时, 选择哪个心动周期测量血流速度评估动脉狭窄率更为准确?**

**专家意见:**

心律不齐会影响血流速度测量的准确度。心房颤动患者检查时, 应选择心律相对平稳时段的血流频谱进行测量<sup>[21]</sup>。二联律患者应以 2 个心动周期为一测量时段, 取其平均值相对准确。三联律则应测 3 个心动周期取平均值。

**问题 11: 线阵探头与凸阵探头测量动脉流速哪个更准确? 该如何选择?**

**专家意见:**

在理论上, 探头的类型 (凸阵探头或线阵探头), 不会影响血流速度测量的准确性。

在实际操作中, 无论凸阵探头还是线阵探头, 影响血流速度测量准确度的因素主要包括<sup>[22]</sup>: ①多普勒校正角度“调节”的准确度。 $\theta$  (多普勒校正角度) 为  $60^\circ$  时, 校正角度调节误差  $5^\circ$  时 (图 1), 流速测量误差接近 20%。肢体血管血流轴线与声束间的角度通常在  $45^\circ \sim 60^\circ$ ,  $\theta$  角应在此范围内调整, 易于准确测量流速。测量血流速度时,  $\theta$  必须  $\leq 60^\circ$ 。与凸阵探头相比较, 线阵探头更容易达到  $\theta \leq 60^\circ$ 。对下肢粗大患者, 基于线阵探头检查深度、穿透力及检查角度的影响, 可推荐采用凸阵探头, 但应对探头检查条件进行优化调节; ②取样容积置放的位置。在彩色取样区域内, 取样线放在探头最右侧 (图 2a) 或最左侧时测量血流速度最准确, 在探头非最左侧或最右侧位置 (图 2b) 测量流速则较快, 文献报道误差可达 20%~30%。这是由于取样线的形成机制造成 (图 3)。

探头频率会影响流速测量的“精准度”。速度分辨率 ( $\Delta v$ ) 大小代表流速测量的精准度。可以这样理解, 一把尺子的最小刻度代表其测量长度的精准度, 不同尺子的最小刻度可能不同, 如 1、0.8、0.3 cm 等, 那么其测量长度的精准度分别为 1、0.8、0.3 cm。速度分辨率公式为  $\Delta v = K \frac{PRF}{f \cos\theta}$  (其中 K 为常数),  $\Delta v$  与探头频率 ( $f$ )、 $\cos\theta$  呈反比, 与脉冲重复频谱 (PRF) 呈正比。①探头频率越高, 速度分辨率值越小, 流速测量精准度越高, 反之亦然。一般情况下, 线阵探头频率高于凸阵探头, 线阵探头流速测量精准度也高于凸阵探头; ② $\theta$  越小 ( $0^\circ \sim 90^\circ$ ),  $\cos\theta$  值越大, 速度分辨率值越小, 流速测量精准度越高; ③PRF (通过“Scale”按钮调节) 越小, 速度分辨率值越小, 流速测量精准度越高。在不出现频谱混叠情况下 (配合基线调节), 调低“Scale”/PRF, 放大频谱, 可提高流速测量精准度。

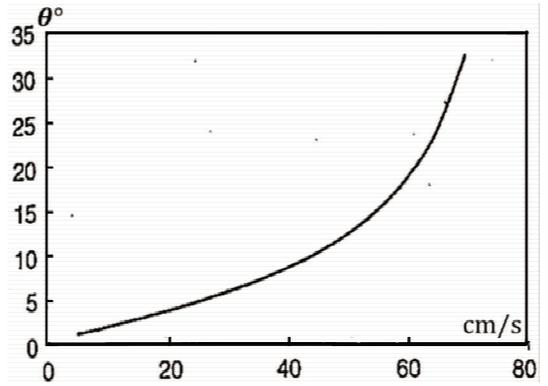
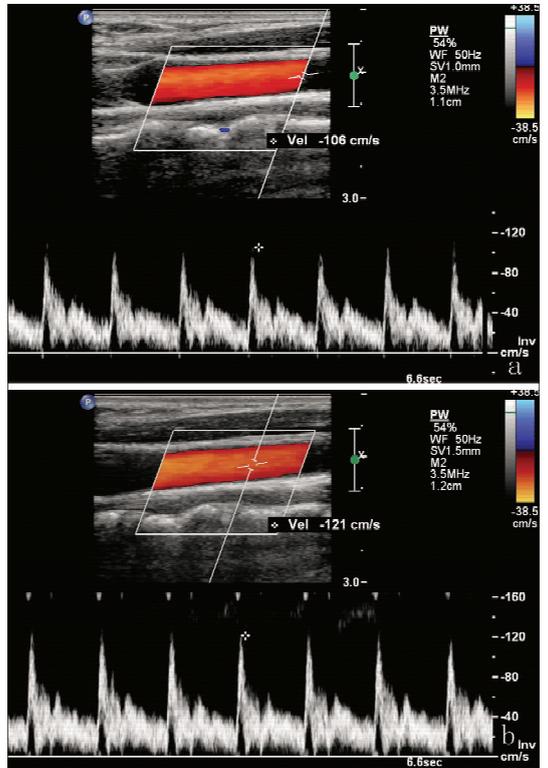


图 1 不同校正角度大小时角度调整误差  $5^\circ$  所引起的流速测量误差/%

(引自: Peter Hoskins, Kevin Martin, Abigail Thrush. Diagnostic Ultrasound physics and equipment, 2nd edition, Cambridge University Press, 2010.)



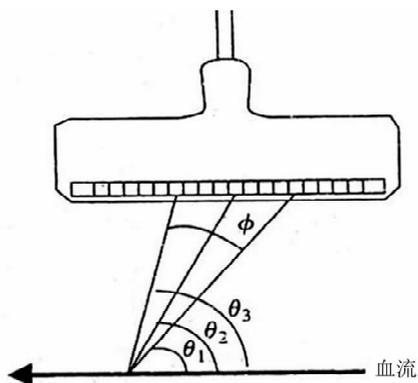
a. 多普勒取样线位于探头右侧边, 颈总动脉 PSV 为 106 cm/s; b. 多普勒取样线不位于探头最左或最右侧, 同位置颈总动脉 PSV 为 121 cm/s。

图 2 多普勒取样线位置对流速测量精准度的影响

**问题 12: 肾动脉狭窄的超声诊断标准。**

**专家意见:**

目前, 国内外尚未达成广泛一致肾动脉狭窄 (RAS) 超声诊断标准<sup>[23-26]</sup>。绝大多数 RAS 超声诊断依靠血流动力学指标 PSV、RAR、RIR、AT、AC、 $\Delta RI$  等, 多数研究认为, 肾动脉 PSV 对肾动脉



取样线形成时,实际使用了很多阵元,在屏幕上只显示一条取样线( $\theta_2$ ),实际上最右侧阵元与血流方向夹角为 $\theta_1$ ,最左侧阵元与血流方向夹角为 $\theta_3$ ,假设取样容积处血流是单一速度,各阵元获取的多普勒频移值并不同,最右侧阵元( $\theta_1$ )获取的频移值大于取样线方向阵元( $\theta_2$ ),取样线方向阵元获取频移值又大于最左侧阵元( $\theta_3$ ),而超声仪采用固定角度 $\theta_2$ 来计算流速。

图3 多普勒取样线位置和流速测速精度之间关系

(引自: Peter Hoskins, Kevin Martin, Abigail Thrush. Diagnostic Ultrasound physics and equipment, 2nd edition, Cambridge University Press, 2010.)

狭窄的诊断准确度高其他指标。目前国内推荐的RAS超声多普勒诊断标准如下:

(1) 内径减少 $\geq 60\%$ 肾动脉狭窄(RAS)的诊断标准<sup>[27]</sup>: ①狭窄处收缩期峰值流速(PSV) $\geq 180$  cm/s; ②肾动脉与腹主动脉PSV比值 $\geq 3.5$ 或3。

注意事项: ①采用肾动脉与腹主动脉PSV比值为3,尽量避免于腹部正中横切面获取肾动脉PSV,注意多普勒校正角度的调整,减少流速测量偏高; ②当腹主动脉PSV $< 50$  cm/s时,不宜使用肾动脉与腹主动脉PSV比值标准,采用肾动脉PSV $\geq 200$  cm/s可提示RAS $\geq 60\%$ ; ③RAS $> 80\%$ 左右时,随着动脉狭窄程度加重,PSV会逐渐下降。因此,严重RAS者PSV可在正常范围。

(2) 重度RAS(内径减少 $\geq 70\%$ 或 $80\%$ )诊断标准: ①除上述RAS $\geq 60\%$ 的表现外,还包括:肾内动脉多普勒频谱呈低速、低搏动性(小慢波)改变; ②频谱低平,PSV降低; ③收缩早期加速时间 $\geq 0.07$  s,收缩早期波峰消失。

(3) 肾动脉闭塞诊断标准: ①肾动脉主干管腔内既无血流信号,也未能探测血流频谱; ②肾实质内动脉多普勒频谱可能呈现低速、低搏动性改变。

问题 13: 肾动脉狭窄的超声检查有哪些难点?

专家意见:

难点 1: 如何获取肾动脉狭窄处真实可靠的PSV?

依据血流动力学机制,肾动脉狭窄处PSV与狭窄程度高度相关。理论上PSV是诊断肾动脉狭窄(RAS)的良好指标,是流速比值计算的重要基础值。例如,肾动脉与腹主动脉PSV比值(renal-aortic ratio, RAR)、肾动脉与叶间动脉PSV比值(renal-interlobar ratio, RIR)。因此,获取肾动脉狭窄处真实可靠的PSV对准确判断狭窄程度至关重要。

由于肾动脉位置较深,并受到肠道气体、肥胖等因素的影响,使肾动脉PSV的测量既费时又容易产生误差。因此,为了获取肾动脉主干狭窄处准确PSV测值,采用彩色多普勒超声检查时应注意以下方面:

(1) 多径路多切面扫查: 在确保多普勒取样线与血流方向之间夹角 $\leq 60^\circ$ 前提下,在尽可能小的角度下获取肾动脉PSV<sup>[28]</sup>。

(2) 检查路径选择: ①平卧位腹部正中横切面: 主要检查肾动脉起始段和中段。应注意起始段易受肠道气体干扰,且多普勒校正角度偏大,容易导致PSV假性增快; ②左侧卧位(右肾动脉)或右侧卧位(左肾动脉)右(左)前腹肋间或肋缘下横切扫查: 常能获得较佳的多普勒校正角度,受肠道气体干扰的影响也较小,能够获取真实可靠的右(左)侧肾动脉PSV<sup>[29]</sup>; ③侧卧位腰部冠状切面: 可以避免肠气干扰,尤其适合于肾动脉中、远段多普勒频谱的采集。

(3) 多普勒测量条件及取样容积位置调节的注意事项: 适当调节彩色血流速度标尺和彩色增益,减少彩色血流信号外溢,有助于清晰显示肾动脉主干血流或狭窄处射流性血流束的显示。在调整良好的彩色多普勒血流成像基础上,将取样容积置于狭窄段最窄处,并缓慢移动多普勒取样容积,反复多次取样,方能获取真实可靠的PSV<sup>[30]</sup>。

(4) 多普勒校正角度: 应以血流或射流束方向为标准调节校正多普勒取样角度,尤其是对于非对称性狭窄或合并狭窄后动脉瘤的患者,应注意鉴别射流的方向性。

难点 2: 如何获取可靠的肾内动脉血流频谱并准确测量?

(1) 测量部位选择: 一般来说,肾动脉主干狭窄时,肾内叶间动脉已无射流或湍流,可作为RAS下游的常规测量部位。如未能获取满意的叶间动脉频谱,可在段动脉水平测量。

(2) 应在肾上部分、肾中部分、肾下部分分别取叶间动脉频谱,选择频谱上升最倾斜者测量收缩早期

加速时间、PSV 等。

(3) 多普勒频谱: ① 频谱增益大小调节适当; ② 频谱显示大小调整适宜: 以较慢的扫描速度显示较“宽”的频谱。通过调节多普勒速度量程, 调节频谱大小, 选择 2/3 比例显示多普勒频谱; ③ 于屏气状态下采集频谱时, 尽可能获取至少 3 个连续性相同的血流频谱, 选择其中之一进行测量。未能获得 3 个连续相同的波形时, 选择最佳的波形测量。

(4) 加速时间 (acceleration time, AT) 的测量方法: 从收缩期频谱起始处至早期收缩峰 (early systolic peak) 顶点处或至早期收缩峰消失处, 肾动脉重度狭窄时, 肾内动脉频谱的早期收缩峰往往消失, 则测量终止点选择收缩期频谱最高位<sup>[31]</sup>。

难点 3: 如何联合超声指标用于肾动脉狭窄程度的判断?

RAS 的超声诊断指标可分为形态学与血流动力学两大类指标, 后者又分为直接指标与间接指标。直接指标包括肾动脉杂色血流信号、肾动脉 PSV、肾动脉与腹主动脉 PSV 比值、肾动脉与肾内动脉 PSV 比值; 间接指标为叶间动脉或段动脉水平测量的血流参数, 包括低速低搏动性血流频谱特征、收缩早期加速时间、收缩早期加速度、阻力指数 (RI) 和双侧 RI 差值。

如何联合这些指标应用于 RAS 诊断? (1) 强调两个结合: 形态学与血流动力学参数的结合、直接与间接参数的结合。(2) 不同狭窄程度 RAS, 依据的诊断参数有所不同: 对于 RAS < 50% 的判断主要依靠形态学特征变化, 如超声造影及彩色多普勒血流成像特征等, 同时结合直接参数; 对于 RAS < 50% ~ 80% 的判断以直接参数为主, 如肾动脉 PSV、峰值流速比值, 间接参数为辅, 如低速低搏动性血流频谱等; 对于 RAS ≥ 80% 的判断, 应具体情况具体分析。(3) 注意上述各种诊断指标的优缺点及其影响因素。(4) 注意 RAS 病因和年龄对彩色多普勒超声诊断的影响。

难点 4: 肾动脉彩色多普勒超声检查需要被检者密切配合, 如吸气或呼气过程中屏气。检查时应与被检者充分沟通, 解释检查过程, 以获得被检者的良好配合。

问题 14: 超声如何检查、评价肠系膜上动脉病变?

专家意见:

常见的肠系膜上动脉 (SMA) 病变有: 动脉粥样硬化、栓塞动脉、动脉夹层、血管炎、动脉瘤等。建议安排在上午检查, 空腹 8 h 以上。

肠系膜上动脉病变多累及起始段, 因此应该将起

始段作为检查重点。首先用灰阶超声显示腹主动脉长轴切面, 寻找到 SMA 后, 应用彩色多普勒血流成像观察起始段血流充盈情况, 并用脉冲多普勒测量 SMA 起始段或病变段血流速度, 多普勒取样线与 SMA ≤ 60°, 中远段通常需要动态调节探头声束方向连续扫查显示。目前肠系膜上动脉狭窄的超声诊断标准并不统一, 最为广泛接受的标准是空腹状态下 SMA 的 PSV 正常范围为 97 ~ 142 cm/s, 当 PSV ≥ 275 cm/s, 提示直径狭窄率 ≥ 70%<sup>[32]</sup>。有作者报道舒张末期流速 (EDV) > 45 cm/s 是诊断 SMA 直径狭窄率 ≥ 50% 的最佳指标<sup>[33]</sup>。对于重度 SMA 狭窄病变, PSV 灵敏度减低, 但特异度升高, 而 EDV 是更精准的指标。餐后半小时 EDV 血流速度会增高, 血流阻力降低。

自发性孤立性肠系膜上动脉夹层是临床上较少见的疾病, 但近年来临床的发病率有升高的趋势。临床症状主要为突发性中上腹痛, 多为隐痛或绞痛, 早期查体可无明显阳性体征, 出现“症状与体征分离”特点。超声可以观察到肠系膜上动脉病变段管腔扩张, 腔内可见隔膜样回声将管腔分隔为真假两腔 (双腔型), 真假腔内血流明暗程度不同, 血流方向可能不同或相同、部分患者可以显示隔膜上的破口, 假腔内也可能形成血栓而无血流显示<sup>[34]</sup>。

问题 15: 超声如何检查、评价腹主动脉瘤?

专家意见:

腹主动脉瘤是指真性腹主动脉瘤。真性腹主动脉瘤是腹主动脉呈瘤样扩张, 病变段的管腔直径 ≥ 3.0 cm, 或与相邻正常段管腔比较, 管腔内径增大 ≥ 50%<sup>[35]</sup>。多数患者无症状, 常因其他临床病变检查时偶然发现。少数患者有腹部不适或腹痛。突然剧烈疼痛, 往往提示动脉瘤破裂先兆或已经破裂。

腹主动脉瘤的超声检查及评价方法: (1) 首先采用横切面连续扫查, 发现腹主动脉瘤的位置。(2) 腹主动脉瘤大小的定义为其最大外径, 测量时应包括动脉壁。以纵切面前后位声束方向, 测量正常、病变段腹主动脉管腔的前壁外膜层上缘至后壁外膜层下缘的垂直距离为正常腹主动脉前后径、病变段 (瘤体) 最大外径 (前后径)、瘤体上下端的距离 (长径或上下径); 以横切面测量右侧壁至左侧壁动脉外膜层的距离 (横径), 确定腹主动脉瘤诊断。(3) 仔细观察、描述腹主动脉开始扩张的位置 (瘤颈)、瘤颈与瘤体有无明显成角。对于瘤颈位于肾动脉开口以下的腹主动脉瘤 (肾下型), 除测量动脉瘤大小外, 应测量描述瘤颈距肾动脉开口的距离, 为临床治疗决策提供重要信息。(4) 检查、描述腹主动脉主要分支位置 (腹腔干、肠系膜上动脉、双肾动脉) 与瘤体关系、有无

扩张或狭窄。(5) 观察、描述瘤壁是否有附壁血栓、瘤腔有无狭窄, 测量血栓最大厚度、瘤腔最窄处内径大小(横径×前后径)。(6) 如果瘤体累及髂总动脉, 测量髂总动脉瘤大小(横径、前后径、累计长度), 观察、描述髂动脉血流通畅性、有无斑块、管腔狭窄程度等。(7) 对于有症状患者, 应迅速地观察动脉瘤壁连续性, 判断瘤体有无破裂可能。(8) 注意真性腹主动脉瘤与慢性腹主动脉周围炎性病变的鉴别。

**问题 16: 腹主动脉瘤覆膜支架植入术后并发症的评价与注意事项。**

#### 专家意见:

腹主动脉瘤血管腔内修复术(EVAR)是应用覆膜支架对肾动脉分支水平以下段腹主动脉瘤(AAA)实施动脉瘤腔内隔绝治疗, 支架置入成为腹主动脉血流的有效通道, 支架与动脉瘤壁之间的瘤腔形成血栓。一般在术后 1、3、6、12 个月及以后每年进行随访, 观察有无并发症。

支架术后超声评价内容:(1) 瘤体大小及演变。(2) 有无内漏: 内漏是血液持续流到支架与腹主动脉壁之间的瘤腔, 即瘤腔内漏血。分型包括<sup>[36]</sup>: I 型: 支架未紧密贴覆于腹主动脉壁。血流从支架近端或远端附着部位进入瘤腔。II 型: 侧支反流性内漏, 即血液从腹主动脉或髂动脉的分支动脉(如肠系膜下动脉、腰动脉、髂内动脉等)反流入腹主动脉壁与支架之间的瘤腔。III 型: 2 个以上组和型支架的连接不良或支架断裂形成的内漏。血液由连接处或支架断裂处的破口进入瘤腔。IV 型: 血液由支架覆膜孔隙漏出到瘤腔内。V 型: 张力型内漏, 通常表现为不明原因的瘤体增大引起的。(3) 支架内是否有血栓形成。(4) 支架移位、变形或断裂。(5) 支架术后感染。(6) 肾动脉有无狭窄或闭塞: 腹主动脉覆膜支架的裸区往往覆盖肾动脉水平, 当动脉粥样硬化严重、伴有炎症性疾病时, 裸区的间接刺激会加速疾病进程, 术后容易发生肾动脉狭窄或闭塞, 因此 EVAR 术后应该常规检查肾动脉。

并发症声像图表现:(1) 灰阶超声: 测量瘤体大小, 并与术前或术后基础数据比较, 直径增大 5 mm 以上时, 应警惕存在内漏或其他术后并发症的可能; AAA 瘤腔内可见强回声支架(单管或分叉型), 观察支架有无瘤样扩张、断裂等; 如果支架内见低回声物, 部分或完全性充填, 应考虑支架内血栓形成。如果支架外瘤腔内出现低回声血栓伴无回声区, 应该结合多普勒超声及超声造影检查判断是否存在内漏。患者术后瘤腔增大未发现内漏, 出现不明原因的发热, 且白细胞数量升高, 应该考虑 EVAR 术后感染。(2) 彩色多普勒超声: 支架外动脉瘤腔内可见血流信号,

提示内漏存在, 可根据血流来源判断内漏类型。支架内有附壁血栓时可见血流充盈缺损。如果支架内无血流信号, 则提示完全性血栓形成。若支架移位导致肾动脉起始部狭窄, 则可见血流混叠信号等。(3) 脉冲多普勒: 在内漏入口处可探及双向或单向血流频谱。若腹主动脉覆膜支架裸区的间接刺激导致术后发生肾动脉狭窄时, 参照肾动脉狭窄的超声诊断标准。(4) 超声造影: 正常情况下, 支架内可见造影剂强化, 支架外无造影剂强化; 若支架外瘤腔内有造影剂强化, 则提示内漏, 可根据增强出现部位及时间进行分型。支架腔内与支架外瘤腔几乎同时强化, 可能为 I 型及 III 型内漏, 若支架外瘤腔强化较支架腔内强化明显延迟, 可能为 II 型内漏。支架内血栓形成时, 支架腔内造影剂强化有缺损或无强化。

注意事项: 瘤体较基线数据增加 5 mm 以上, CDFI 未发现内漏, 推荐超声造影进一步检查; 常规超声不易诊断 IV 型和 V 型内漏, 一般也不能鉴别 IV 型和 V 型内漏, 如果瘤体增大明显, 瘤腔内无血流信号而超声造影强化, 则应考虑 IV 型内漏。

**问题 17: 超声如何检查、评价腹主动脉夹层?**

#### 专家意见:

腹主动脉夹层多数继发于胸部主动脉, 如果发现腹主动脉夹层, 应向上检查胸主动脉及腹主动脉上段。由于超声检查胸主动脉受限, 临床更倚重 CT 或 MRA 检查主动脉夹层<sup>[37]</sup>。超声诊断腹主动脉夹层的特异度很高, 所以应仔细全面检查, 提高检出率, 避免漏诊。腹主动脉夹层可分为双腔型、壁内血肿型和动脉瘤型。

首先, 应用灰阶超声仔细观察腹主动脉有无扩张, 腔内有无随着心脏节律搏动的漂浮隔膜, 如果假腔并发血栓形成或者为壁间血肿, 隔膜摆动可不明显, 假腔内径一般大于真腔。其次, 采用彩色多普勒超声观察有无血流分层, 并观察血流亮度及方向, 综合判断有无动脉夹层。真腔血流方向与正常部位动脉相似, 而假腔内血流方向、流速多变, 脉冲多普勒频谱能更好的反映这些不同的血流特征。

非紧急情况下应观察瘤体的破裂入口与破裂出口的位置及其假腔的长度。建议依据血流方向观察表述瘤体的破裂入口与破裂出口。收缩期血流从真腔经破裂入口流入假腔, 血流速度一般较高。由于腹主动脉夹层多由于胸主动脉夹层延续而来, 因此多数患者可能观察不到破裂入口。当假腔有血栓形成时, 可能难以发现破裂入口与破裂出口, 超声造影可提高检出率。

观察腹主动脉夹层是否累及腹主动脉分支, 尤其是髂动脉。观察、描述腹腔干、肠系膜上动脉及双肾

动脉分支起始于真腔还是假腔，以及这些动脉血流的通畅性，采集多普勒频谱测量血流速度，综合判断夹层是否累及分支动脉，并确定分支动脉起始位于夹层的真腔还是假腔及其狭窄的判断。当肾动脉开口位于假腔时要扫查测量双肾大小并描述双肾血流动力学变化情况。

测量夹层处腹主动脉最大外径，观察并描述夹层的起始位置，测量夹层累及腹主动脉的长度。如果夹层累及腹主动脉主要分支，应评估相关分支动脉血流动力学变化。腹主动脉夹层应测量真腔、假腔内径及血流速度，判断真腔有无狭窄。壁内血肿型腹主动脉夹层，超声诊断有一定困难，需要与腹主动脉周围炎、真性动脉瘤合并血栓鉴别，测量同上述内容。

**问题 18: 超声如何评估透析通路的成熟度，有何注意事项？**

**专家意见：**

由于各地区技术要求差异，判断透析动静脉瘘 (AVF) 成熟的国内外标准有差异。(1) 美国肾脏基金会 2006 K/DOQI<sup>[38]</sup> 指南建议 AVF 成熟标准为：自然血流量 (Qa) >600 ml/min，内瘘静脉内径 >6 mm，内瘘静脉前壁距皮肤 <6 mm。(2) 2019 中国血液透析用血管通路专家共识：① AVF 成熟定义为：Qa >500 ml/min，内瘘静脉内径 ≥5 mm，内瘘静脉前壁距皮肤 <6 mm。易于穿刺，穿刺时渗血风险最小，在整个透析过程中均能提供充足的血流量，能满足每周 3 次以上的血液透析治疗；② 血流量不足定义为：透析时泵控的实际血流量达不到 200 ml/min。

Qa 是指在 AVF 侧肱动脉测量的血流量 (ml/min)<sup>[39]</sup>。一般在肘窝上方 2 cm 或肱动脉分叉上方 5 cm 附近，采用血流量测量软件测量 (图 4)，注意取样容积大小同管腔取样线方向上的斜径。Qa 会受到血容量、血压、环境等影响。Qa <500 ml/min 时，血栓形成风险增大，Qa <200 ml/min 时，短期内血栓形成风险增大，Qa ≥1 500 ml/min 时，血流量过高，有心血管风险。

其他血流量测量方法，如透析通路血流量计算法、桡动脉近段血流量测量法、头静脉血流量测量法，因准确度、重复性差等，故不作推荐。

**问题 19: 透析通路狭窄的超声诊断注意事项？**

**专家意见：**

本问题的内容主要针对桡动脉-头静脉自体血管内瘘检测。对于透析通路可疑异常的患者，应首先触诊有无吻合口震颤减弱、血管搏动增强，了解透析流量指标异常等情况。

采用线阵探头检查，根据异常超声参数综合分析判断有无通路狭窄：① 灰阶超声参数：静脉狭窄处内



图 4 采用 Volume-Flow 软件测量肱动脉血流量

径 <1.8 mm，多节段或较长段静脉狭窄处内径 <2.0 mm<sup>[40]</sup>；② 静脉血流速度参数：静脉狭窄段与狭窄以近段 (下游) 最高流速比值 VR ≥4 为诊断阈值；③ 动脉血流参数：肱动脉 Qa <500 ml/min 或动态降低 >25%，RI >0.70<sup>[41]</sup>。Qa >500 ml/min 或患者透析指标正常，而超声诊断通路狭窄时，考虑为临界型狭窄，可随访；④ 吻合口以远桡动脉血流方向：正向，血流频谱无盗血现象；⑤ 肘正中静脉处穿静脉血流方向：恢复为由浅静脉流向深静脉。不同单位之间透析泵控流量有差异，美国为 300 ml/min 左右，中国为 200 ~ 250 ml/min 左右，对有些诊断参数有一定影响。

透析通路狭窄的发生位置：最常见于距吻合口 ≤2 cm 的头静脉段，因血流动力学改变造成静脉段内膜增生与血管重构，引起血管狭窄。其次发生狭窄的部位多见于头静脉穿刺点、吻合口 (缝线征) (图 5)，也可见于桡动脉、头静脉汇入深静脉处 (头静脉弓)、深静脉系统、肘正中静脉穿支等。



图 5 透析动静脉瘘吻合口切面“缝线征”

**问题 20: 超声引导下假性动脉瘤介入治疗的方法及注意事项？**

**专家意见：**

假性动脉瘤治疗方法主要包括：局部徒手压迫、

超声引导下压迫、超声引导下瘤腔内凝血酶注射、外科手术修补或瘤体切除等。①如果瘤体小、动脉破口小，且瘤颈（载瘤动脉破口到瘤腔的距离）较长，可首先采用徒手压迫或超声引导下压迫治疗；②如果破口小、瘤颈较长，可采用超声引导下瘤腔内凝血酶注射治疗；③如果动脉破口较大或伴有假性动脉瘤感染者（如毒品注射损伤），则宜采用外科手术修补或切除瘤体。

超声引导下瘤腔内凝血酶注射治疗方法<sup>[42]</sup>：患者取平卧位，用线阵探头扫查，必要时选用凸阵探头。观察破口的位置，即假性动脉瘤与哪条动脉相通；测量瘤腔与破口大小、瘤颈长度；选择进针路径。可选用 5ml 注射器，预装凝血酶稀释液（500 U/ml 或 250 U/ml）。常规消毒铺巾，在超声引导下穿刺（位置较深时可选用长穿刺针），当针尖进入瘤腔接近中心水平（远离瘤颈），固定好穿刺针，缓慢注入凝血酶，边注射边观察血栓形成情况，血栓形成后拔除穿刺针。适度加压包扎，平卧、肢体相对制动，24 h 复查超声。

超声引导下瘤腔内凝血酶注射治疗的注意事项：①严格地讲，很难保证注射过程中凝血酶不进入远心端动脉。因此，一些医师在注射治疗时采用压迫法阻断来源动脉的供血，以提高治疗的安全性；②针尖远离瘤颈，注射后密切观察肢体远端血供，以免凝血酶溶液进入载瘤动脉导致动脉血栓；③穿刺时宜以较小角度进针，尽量经过更长距离组织，不要垂直进针，以免距离较短血液喷射出来；④当瘤腔内完全血栓形成，仅剩瘤颈部有血液时可停止注射，加压包扎，通常可自发形成血栓；⑤注意少数患者可能有过敏反应；⑥破口较大时，慎用凝血酶注射治疗，以免凝血酶大量进入载瘤动脉；⑦术前应详细评估除外并发动静脉瘘。

**通信作者：**温朝阳（E-mail: wency301@vip.sina.com）；华扬（E-mail: dryang-hua@163.com）；蒋天安（E-mail: chenmy69@126.com）

**专家成员：**温朝阳（北京大学国际医院）；华扬（首都医科大学宣武医院）；蒋天安（浙江大学医学院附属第一医院）；李建初（北京协和医院）；童一砂（澳大利亚墨尔本大学奥斯汀医院）

**执笔人员（按姓氏笔画排序）：**文晓蓉（四川大学华西医院）；邢英琦（吉林大学白求恩第一医院）；刘勇（首都医科大学附属北京世纪坛医院）；刘禧（空军特色医学中心）；刘玉梅（首都医科大学宣武医院）；李朝军（上海交通大学附属第一人民医院）；张峰（中山大学附属第六医院）；郑艳玲（中山大学附

属第一医院）；董永强（迈瑞北京研究院）

**校对人员（按姓氏笔画排序）：**丁红（黑龙江省第二医院）；于德林（天津市环湖医院）；王凌（绵阳市中心医院）；王燕（上海市第六人民医院）；王汉旻（温州医学院附属第一医院）；朱永胜（南方医科大学深圳医院）；阮骊韬（西安交通大学第一附属医院）；李锦（河北省衡水市哈励逊国际和平医院）；宋彬彬（洛阳市中心医院）；张小杉（内蒙古医科大学附属医院）；张京芬（内蒙古包头市中心医院）；陈卫华（赣南医学院第一附属医院）；金友贺（中国医科大学附属第一医院）；郑敏娟（空军军医大学西京医院）；房亚兰（山西医科大学第一医院）；孟璇（兰州大学第二医院）；侯秀昆（大连医科大学附属第一医院）；贾凌云（首都医科大学宣武医院）；徐世亮（海口市人民医院）；彭涛（山东聊城市第二人民医院）；蒋言彦（解放军联勤保障部队第 900 医院）；惠品晶（苏州大学附属第一医院）；潘晓芳（大连市中心医院）；薛利芳（北京大学国际医院）

**学术秘书：**郑海宁（北京大学国际医院）；谢秀静（浙江大学医学院附属第一医院）；许敏（浙江大学医学院附属第一医院）；王亚红（北京协和医院）

## 参考文献

- [1] 姜玉新, 李建初. 周围血管和浅表器官超声鉴别诊断图谱 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2007.
- [2] 唐杰, 温朝阳. 腹部和外周血管彩色多普勒诊断学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [3] DEL C I, BENENATI J F. Noninvasive testing in peripheral arterial disease [J]. Interv Cardiol Clin, 2014, 3 (4): 469-478.
- [4] 中国医师协会超声医师分会. 血管和浅表器官超声检查指南 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2014.
- [5] 国家卫生计生委脑卒中防治工程委员会. 中国脑卒中血管超声检查指导规范 [J/OL]. 中华医学超声杂志: 电子版, 2015, 12 (8): 599-610.
- [6] 国家卫生健康委脑卒中防治工程委员会. 中国脑卒中防治指导规范 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [7] Abigail Thrush, Tim Hartshone. 血管超声必读 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2012: 60-61.
- [8] WILLIAM J. Z, JOHN S. P. 血管超声经典教程 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2008: 201-202.
- [9] GAO M, HUA Y, ZHAO X, et al. Optimal ultrasound criteria for grading stenosis of the superficial femoral artery [J]. Ultrasound Med Biol, 2018, 44 (2): 350-358.
- [10] COSSMAN D V, ELLISON J E, WAGNER W H, et al. Comparison of contrast arteriography to arterial mapping with color-flow duplex imaging in the lower extremities [J]. J Vasc Surg, 1989, 10 (5): 522-529.
- [11] The American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice guideline for the performance of peripheral venous ultra-

- sound examinations [J]. *J Ultrasound Med*, 2015, 34 (8): 1-9.
- [12] MORALES M M, ANACLETO A, FILHO C M, et al. Peak systolic velocity for calcified plaques fails to estimate carotid stenosis degree [J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 59: 1-4.
- [13] Terminology and diagnostic criteria committee, japan society of ultrasonics in medicine. Standard method for ultrasound evaluation of carotid artery lesions [J]. *J Med Ultrason* (2001), 2009, 36 (4): 219-226.
- [14] F P J, S P J. Introduction to vascular ultrasonography [M]. Grune & Stratton, 2019.
- [15] KARWOWSKI W, NAUMNIK B, SZCZEPANSKI M, et al. The mechanism of vascular calcification—a systematic review [J]. *Med Sci Monit*, 2012, 18 (1): A1-11.
- [16] 张萍, 陈江华, 蒋华, 等. 尿毒症患者血管中膜钙化和骨特异性蛋白的表达 [J]. *中华肾脏病杂志*, 2005, 21 (2): 69-71.
- [17] 王中群. 血管钙化形成与消退机制的新进展 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2010, 18 (10): 833-836, 840.
- [18] 王陆, Hong-Li Lin, 王可平, 等. 组织基质金属蛋白酶抑制剂-1 与尿毒症血管中膜钙化 [J]. *中国血液净化*, 2008, 7 (8): 420-423.
- [19] 幕内雅敏. 血管外科要点与盲点 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2006: 32-38.
- [20] 常凯涛, 李天晓. 血管内治疗亚急性及慢性脑动脉闭塞研究进展 [J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26 (4): 373-377.
- [21] OATES C P, NAYLOR A R, HARTSHORNE T, et al. Joint recommendations for reporting carotid ultrasound investigations in the united kingdom [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2009, 37 (3): 251-261.
- [22] P H, K M, A T. Diagnostic ultrasound [M]. Cambridge University Press, 2010: 85-86, 109, 115.
- [23] HARVIN H J, VERMA N, NIKOLAIDIS P, et al. ACR appropriateness criteria (R) renovascular hypertension [J]. *J Am Coll Radiol*, 2017, 14 (11): S540-S549.
- [24] Terminology and Diagnostic Criteria Committee, Japan Society of Ultrasonics in Medicine. Standard method for ultrasound evaluation of renal arterial lesions [J]. *J Med Ultrason* (2001), 2016, 43 (1): 145-162.
- [25] WILLIAMS G J, MACASKILL P, CHAN S F, et al. Comparative accuracy of renal duplex sonographic parameters in the diagnosis of renal artery stenosis: Paired and unpaired analysis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188 (3): 798-811.
- [26] SCHABERLE W, LEYERER L, SCHIERLING W, et al. Ultrasound diagnostics of renal artery stenosis: Stenosis criteria, CEUS and recurrent in-stent stenosis [J]. *Gefasschirurgie*, 2016, 21: 4-13.
- [27] 李建初. 肾动脉狭窄的超声规范化检测与结果分析 [J/OL]. *中华医学超声杂志: 电子版*, 2010, 7 (1): 5-9.
- [28] ODUDU A, VASSALLO D, KALRA P A. From anatomy to function; Diagnosis of atherosclerotic renal artery stenosis [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2015, 13 (12): 1357-1375.
- [29] LI J C, JIANG Y X, ZHANG S Y, et al. Evaluation of renal artery stenosis with hemodynamic parameters of Doppler sonography [J]. *J Vasc Surg*, 2008, 48 (2): 323-328.
- [30] HOUSE M K, DOWLING R J, KING P, et al. Using Doppler sonography to reveal renal artery stenosis: An evaluation of optimal imaging parameters [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1999, 173 (3): 761-765.
- [31] The American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice parameter for the performance of duplex sonography of native renal vessels [J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39 (5): E24-29.
- [32] MONETA G L, YEAGER R A, DALMAN R, et al. Duplex ultrasound criteria for diagnosis of splanchnic artery stenosis or occlusion [J]. *J Vasc Surg*, 1991, 14 (4): 511-520.
- [33] ABURAHMA A F, STONE P A, SRIVASTAVA M, et al. Mesenteric/cealic duplex ultrasound interpretation criteria revisited [J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55 (2): 428-436.
- [34] LUAN J Y, GUAN X, LI X, et al. Isolated superior mesenteric artery dissection in china [J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63 (2): 530-536.
- [35] 王深明. 血管外科学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
- [36] Marie Kupinski Ann. 超声诊断学-血管, The vascular system [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 326-335.
- [37] 任海涛, 徐志杰. 双源 64 排 CT 与 1.5T MRI 在主动脉夹层中的临床应用效果及评价 [J]. *现代医用影像学*, 2019, 28 (5): 1017-1018.
- [38] National Kidney Foundation. KDOQI clinical practice guidelines for vascular access: Update 2006 [J]. *Am J Kidney Dis*, 2006, (48): S176-247.
- [39] 朱宇莉, 丁红, 范培丽, 等. 维持性血透患者前臂自体动静脉内瘘 (AVF) 血流量参数超声测量的方法及参考值范围 [J]. *复旦学报 (医学版)*, 2014, 41 (6): 755-759.
- [40] 徐元恺, 甄景琴, 张文云, 等. 内瘘静脉最小内径可作为判断自体动静脉内瘘狭窄的指标 [J]. *中华肾脏病杂志*, 2017, 33 (3): 187-190.
- [41] CASTRO A, MOREIRA C, ALMEIDA P, et al. The role of Doppler ultrasonography in significant and borderline stenosis definition [J]. *Blood Purif*, 2018, 46 (2): 94-102.
- [42] 刘丽文, 张军, 段云燕, 等. 超声引导下凝血酶注射法治疗假性动脉瘤 [J]. *中国超声医学杂志*, 2008, 24 (11): 1039-1041.

(2020-05-12 收稿)