

彩色多普勒超声与超微血流成像对肾动脉狭窄的诊断价值

张钰 李丹（通讯作者） 郑佳锐

黑龙江省佳木斯大学附属第一医院超声医学科，黑龙江佳木斯，154002；

摘要：目的：研究彩色多普勒超声与超微血流成像检查对肾动脉狭窄的诊断价值。方法：选取佳木斯大学附属第一医院自2022年1月至2024年1月收治的89例疑似肾动脉狭窄的高血压患者作为研究对象，所有患者均行彩色多普勒超声、超微血流成像检查，以计算机断层扫描血管成像诊断为“金标准”，分析两种检查方式对肾动脉狭窄的诊断价值，并尝试将彩色多普勒超声及超微血流成像方法相结合，绘制受试者工作特征曲线，评估彩色多普勒超声、超微血流成像及联合诊断对肾动脉狭窄的诊断效能。结果：彩色多普勒超声与CTA结果的一致率为77.3%， $P<0.001$ ，Kappa值为0.604；超微血流成像与CTA结果的一致率为78.57%， $P<0.001$ ，Kappa值为0.634；彩色多普勒超声联合超微血流成像与CTA结果的一致率为84.52%， $P<0.001$ ，Kappa值为0.734。ROC曲线显示，彩色多普勒超声联合超微血流成像的ROC曲线下面积为0.842， $P<0.05$ ，差异具有统计学意义。结论：彩色多普勒超声及超微血流成像联合诊断肾动脉狭窄有较高的准确性，是一种准确、无创、安全的检查方法，值得推广。

关键词：肾动脉狭窄；彩色多普勒超声；超微血流成像

DOI：10.69979/3029-2808.25.10.001

肾动脉狭窄（renal artery stenosis, RAS）是由继发性高血压及肾功能损害的重要病因，肾动脉狭窄常引起肾实质缺血，进而引起肾萎缩，持续进展可导致终末器官的损伤，还可以引起急性肺水肿、顽固性心力衰竭等细血管并发症，严重影响患者生存质量^[1]。其中欧美国家肾动脉狭窄的主要以动脉粥样硬化性肾动脉狭窄为主，约占90%左右。国内多见于大动脉炎，但近年来国内动脉粥样硬化性肾动脉狭窄也呈上升趋势，约占60%-70%，成为我国肾动脉狭窄的主要病因^[2]。影像学早期对疾病的精准诊断，对临床治疗决策具有重要意义。数字减影造影（digital subtraction angiography, DSA）是诊断RAS金标准，但因其为有创检查，部分患者对造影剂过敏或加重肾功能不全，因此在临床中不做为常规筛查方法^[3]。

彩色多普勒超声（CDU）是一种安全、便捷、可重复性高的检查手段，已成为已知或疑似RAS患者的首选方法，但由于肾脏为腹膜后器官，有时受肠肠道气体、患者肥胖等因素会出现假阴性或假阳性。超微血流成像（superb micro-vascular imaging, SMI）是新兴的评估组织微血管灌注的技术，能够无创显示低速血流。既往研究表明，SMI在动脉粥样硬化斑块中新生血管、甲状腺结节中穿支血管、乳腺肿瘤病变中微血管和肾动脉狭窄等方面与超声造影（contrast-enhanced ultrasound, CEUS）结果高度吻合，已被广泛推广^[4-7]。本研究旨在探讨CDFI与SMI对RAS的诊断效能，为早期诊断

提供精准的影像学依据，从而为治疗提供更优方案。

1 材料与方法

1.1 临床资料及纳入标准

回顾性分析2022年1月至2024年1月佳木斯大学附属第一医院疑诊为肾动脉狭窄的高血压患者，其中男85例，女28例；年龄40-80岁。所有患者均行CDU、SMI及CTA检查。纳入标准：（1）年龄>18；（2）临床检查与资料信息完整，且患者知情同意方可入组。排除标准：（1）肾脏本身疾病（2）严重心、肺功能不全（3）肾脏及肾动脉先天发育异常（4）腹主动脉严重病变并影响血流动力学（5）对含碘造影剂过敏

本研究经伦理委员会批准后进行，实验研究涉及的所有信息均通过伦理委员会审核通过并取得患者及家属知情同意。（伦理审批号：2024-600-02）

1.2 仪器与方法

1. CDU及SMI检查采用东芝Aplio 500彩色多普勒超声诊断仪，凸阵探头频，率为3.5~5.0MHz，具有SMI技术软件。嘱患者禁食水6-8小时，患者平卧位、侧卧位等体位，分别以腹正中横切面、侧腰部冠状切面、前腹肋间或肋缘下横切面和经背部等多切面检查。充分显示肾脏情况及肾动脉走行，观察肾动脉血流灌注情况，测量频谱时设置最佳声束血流角小于60°，调整机器参数得到满意的图像，记录双肾大小、腹主动脉、肾主动脉、叶间动脉收缩期峰值流速（peak systolic velocity）。

ty, PSV), 肾内叶间动脉收缩早期加速时间 (acceleration time, AT), 计算肾动脉 PSV 与腹主动脉 PSV 比值 (ratio of renal artery PSV to aorta PSV, RAR), 同时启用 SMI 相关技术, 所有参数均测量三次取平均值。

2. CTA 检查 使用飞利浦 256 层极速 CT 扫描仪。扫描范围为从胸主动脉与腹主动脉移行处至腹主动脉分叉。采用高压注射器经右肘静脉注射非离子型对比剂, 以患者体重为标准 (1ml/KG), 然后以相同流率注射生理盐水 40ml, 注射流率为 3.5~5.5mls; 采用 Surestart 自动跟踪技术, 将扫描数据传输进行后处理, 进行肾动脉分析。

1.3 诊断标准

超声诊断标准: 根据我国 2021 年肾动脉狭窄的超声诊断专家共识及指南为标准^[8]

肾动脉 PSV>150 cm / s 为 50%~59% 狹窄, PSV≥180 cm / s 且 RAR≥3.5 为 60%~69% 狹窄, RAR≥3.5, AT≥0.07 s 为 70%~99% 狹窄的标准, 且排除腹主动脉窄可能。

1.4 统计学分析

本实验研究使用了 SPSS 29.0 软件进行实验数据分析。将所有数据录入 Excel 表建库, 若资料服从参数检验条件, 计量资料使用均值±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,

组间比较使用 t 检验或方差分析; 计数资料使用率或百分比 (%) 来表示, 组间比较使用 χ^2 检验。

2 结果

2.1 CTA 诊断肾动脉狭窄结果

89 例进行了肾动脉造影。造影共见 178 个肾, 174 条肾动脉 (因副肾动脉起源及走行均不固定, 超声难以探测, 故不计入统计中), , 肾动脉狭窄度 0~49% 者 90 条, 狹窄度 50~69% 者 42 条, 狹窄度 70~99% 者 34 条, 闭塞 8 条。

表 1 CTA 诊断肾动脉狭窄结果

狭窄程度 (%)	狭窄肾动脉条数 (条)	百分比 (%)
0-49	90	51.7
50-69	42	24.1
70-99	34	19.5
闭塞	8	4.6
合计	174	100.0

2.2 彩色多普勒超声诊断 RAS 与 CTA 诊断结果比较

彩色多普勒超声与 CTA 结果的一致率为 77.38%, P < 0.001, 表明彩色多普勒超声与 CTA 的诊断水平具有一致性。Kappa 值为 0.604, 表示彩色多普勒超声与 CTA 结果具有重度一致性。见表 2。

表 2 彩色多普勒超声诊断 RAS 情况与 CTA 诊断结果比较

彩色多普勒	CTA 诊断结果			合计	一致率	Kappa	χ^2 值	P 值
	中度狭窄	重度狭窄	闭塞					
中度狭窄	2	22	0	24				
重度狭窄	39	8	4	51				
闭塞	1	4	4	9				
合计	42	34	8	84	77.38	0.604	55.479	<0.001

2.3 SMI 诊断 RAS 情况与 CTA 诊断结果比较

SMI 与 CTA 结果的一致率为 78.57%, P<0.001, 表

明 SMI 与 CTA 的诊断水平具有一致性。Kappa 值为 0.634, 表示 SMI 一致性高于彩色多普勒。见表 3

表 3 SMI 诊断 RAS 情况与 CTA 诊断结果比较

SMI	CTA 诊断结果			合计	一致率	Kappa	χ^2 值	P 值
	中度狭窄	重度狭窄	闭塞					
中度狭窄	4	24	0	28				
重度狭窄	37	5	3	45				
闭塞	1	5	5	11				
合计	42	34	8	84	78.57	0.634	61.944	<0.001

2.4 彩色多普勒超声联合 SMI 诊断 RAS 情况与 CTA 诊断结果比较

彩色多普勒超声联合 SMI 与 CTA 结果的一致率为 8

4.52 %, P<0.001, 表明 SMI 与 CTA 的诊断水平具有一致性。Kappa 值为 0.734, 表示彩色多普勒超声联合 SMI 一致性高于单独检查。见表 4

表 4 彩色多普勒超声联合 SMI 技术诊断 RAS 情况与 CTA 诊断结果比较

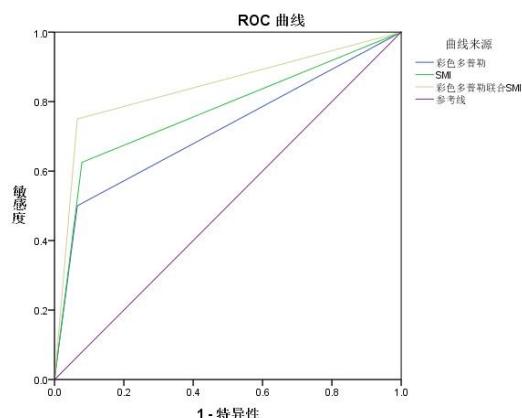
SMI	CTA 诊断结果			合计	一致率	Kappa	χ^2 值	P 值
	中度狭窄	重度狭窄	闭塞					
中度狭窄	1	25	0	26	84.52	0.734	83.898	<0.001
重度狭窄	40	5	2	47				
闭塞	1	4	6	11				
合计	42	34	8	84				

2.5 彩色多普勒超声、SMI 及其联合对 RAS 诊断价值评估

研究表明,彩色多普勒超声的 ROC 曲线下面积为 0.717, $P<0.05$, 95%可信区间为(0.494, 0.940)。SMI 的 ROC 曲线下面积为 0.773, $P<0.05$, 95%可信区间为(0.566, 0.980)。彩色多普勒超声联合 SMI 的 ROC 曲线下面积为 0.842, $P<0.05$, 95%可信区间为(0.661, 1.000)。见表 5

表 5 彩色多普勒超声、SMI 及其联合诊断 RAS 的 ROC 曲线结果

检验结果变量	面积	标准误	P 值	95% CI
彩色多普勒	0.717	0.114	0.044	0.494, 0.940
SMI	0.773	0.106	0.011	0.566, 0.980
彩色多普勒联合 SMI	0.842	0.092	0.002	0.661, 1.000



3 讨论

RAS 是引发药物难以控制性高血压常见病因, 近年来 RAS 发病率逐年上涨。RAS 导致的高血压如不及时治疗, 则可导致慢性肾功能衰竭, 长此以往继发更多心血管疾病, 严重者可威胁生命, 因此早期诊断, 积极治疗, 可以更好的控制好血压, 从而保护肾功能, 避免并发症的发生, 对患者改善生活质量具有非常大的意义。^[9]

RAS 发病隐匿, 大多数患者早期无临床症状, 因此影像学检查在 RAS 诊断中起着非常关键作用。诊断 RAS

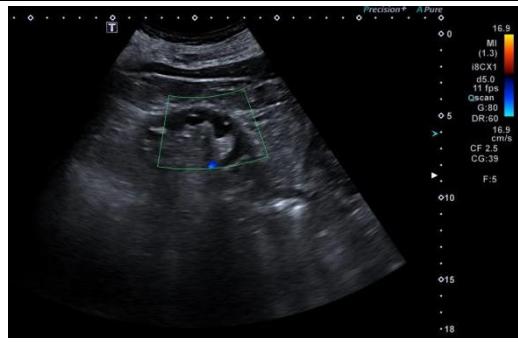
的影像学方法有很多, 例如数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA)、CT 血管造影 (computed tomography angiography, CTA)、磁共振血管造影 (magnetic resonance angiography, MRA) 等, 而以上方法均需要使用造影剂, 从而会对肾功能造成不同程度损伤, 因此不能作为 RAS 筛查的首选方法。而超声对于患者来说具有无创、廉价、可重复性高等优势, 因此超声被广泛用作诊断 RAS 的首选成像方法。^[10]

张伟、杨好意等学者提出, 多普勒超声可以准确诊断 RAS, 并可以判断狭窄程度^[11]。但由于彩色多普勒超声利用脉冲多普勒原理成像, 无法以高分辨率来显示微小血管的低速血流。并且在肾动脉狭窄时, 为了提高彩色多普勒显示率, 出现彩色增益过高, 导致血流外溢, 容易高估残余管腔血流通过内径, 导致低估肾动脉狭窄程度, 见附图 1。肾动脉极重度狭窄时残余管腔内通过血流明显减少, 反而会出现肾动脉峰值流速下降, 容易将极重度狭窄误诊为中度狭窄。另外极重度狭窄时, 由于彩色多普勒超声无法显示低速血流, 也可将重度狭窄误诊为闭塞。为解决这一问题, 东芝公司推出了极具创新性的全新血流成像-SMI 技术。SMI 具有成像帧频高、实时性佳、空间分辨率和血流敏感性高、运动伪像少的特点, 在不使用造影剂的情况下提取出传统多普勒当做噪声滤去的低速血流信号, 可对微细且更低流速的血流信息进行清晰显示。^[12]

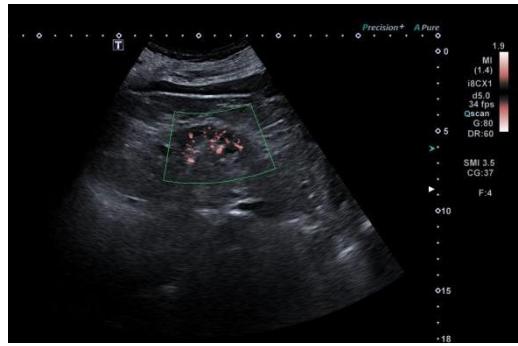
本研究结果显示彩色多普勒超声联合 SMI 与 CTA 结果的一致率为 84.52 %, $P<0.001$, 表明 SMI 与 CTA 的诊断水平具有一致性。Kappa 值为 0.734, 表示彩色多普勒超声联合 SMI 一致性高于单独检查。并且 ROC 曲线研究显示彩色多普勒超声联合 SMI 的 ROC 曲线下面积为 0.842, $P<0.05$, 95%可信区间为(0.661, 1.000) 差异具有统计学意义。

4 结论

综上所述, 彩色多普勒超声联合 SMI 可以对 RAS 更准确的判断, 从而使 RAS 患者得到更早合理的合理治疗。

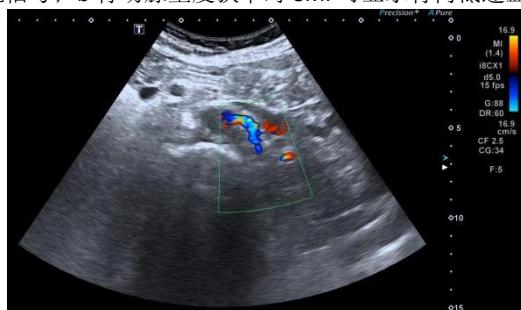


a



b

注：a 肾动脉重度狭窄时，彩色多普勒超声显示肾内几乎无血流信号；b 肾动脉重度狭窄时 SMI 可显示肾内低速血流



c



d

注：c 为彩色多普勒超声肾动脉主干狭窄处（白色箭头）血流外溢；d 为 SMI 肾动脉主干狭窄处（白色箭头）血流变细清晰，无外溢

参考文献

- [1] 李硕. 彩色多普勒超声检查在肾动脉狭窄诊断中的效能[J]. 中国民康医学, 2024, 36(11): 102-104.
- [2] 王凯乐. 粥样硬化性肾动脉狭窄合并高血压患者动

态血压特征及中医证候研究[D]. 北京中医药大学, 2019.

- [3] 乔向彬, 蔡雪莲, 杜毅力, 等. 超声血管增强技术对肾动脉狭窄评估初步研究 [J]. 医学影像学杂志, 2013, 23 (5) : 755—757
- [4] 马力丰, 王义成, 张力维, 等. 超微血流成像技术在颈动脉硬化斑块厚度及斑块内新生血管中的评估价值[J]. 中国医疗设备, 2021, 36 (9) : 79-81, 99.
- [5] 王莹, 张岱, 杨凡, 等. 超微血流显像与超声造影对甲状腺实性结节的诊断价值[J]. 中国肿瘤临床, 2021, 48 (14) : 711-715.
- [6] 杨爽, 刘宏武, 祝艳秋, 等. 超声造影微血管成像对乳腺良恶性病变的诊断效能[J]. 中国医学装备, 2023, 20 (3) : 94-97.
- [7] 任丽娟, 肖秀珍, 刘立蓁. 超声造影联合超级微血管成像对肾移植术后患者肾动脉狭窄的诊断价值[J]. 中国当代医药, 2023, 30 (16) : 109-112.
- [8] 徐钟慧, 孙晓峰, 张晓东, 等. 肾动脉狭窄的超声诊断专家共识[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18 (06): 543-553.
- [9] Prencipe MA, Del Giudice AD, Di Giorgio G, et al. Color-doppler ultrasound in renal artery stenosis and cardiovascular risk:case report [J]. G Ital Nefrol, 2009, 26(6):704-708
- [10] King DM, Moran CM, Browne JE. Comparative review of imaging methods used for diagnosing renal artery stenosis [J]. Ultrasound, 2012, 20 (3):135-141.
- [11] 杨好意, 张青萍, 乐桂容, 周玮, 洪李锋, 邓又斌. 多普勒超声对肾动脉狭窄的筛查诊断价值[C]//. 2010 年超声医学和医学超声论坛会议论文集. [出版者不详], 2010: 17-25.
- [12] 季旸, 张春梅, 郝豪皓, 郭玉平, 吴向菊, 董丹. 超声结合 SMI 技术对肾动脉狭窄的诊断价值[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2016, 50 (02): 149-151.

基金项目：黑龙江省卫生健康委员会科研项目《多模态超声对肾动脉狭窄的诊断价值研究》 课题编号：20220909020707。

作者简介：张钰（1992.8-）汉族，黑龙江鹤岗，主治医师，硕士，超声医学科，研究方向：肾动脉狭窄。
通讯作者：李丹（1974.7-）汉族，黑龙江省佳木斯，主任医师，硕士，超声医学科，研究方向：肾动脉狭窄。

作者简介：郑佳锐（1991.11-），汉族，黑龙江佳木斯，主治医师，硕士，超声医学科，研究方向：肾动脉狭窄。