

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.17.048

超声在糖尿病肾病诊断中的应用价值

叶娜¹ 车岩^{1△} 陈爱荣² 聂芳¹ 王小锋¹

(1 兰州大学第二医院超声科 甘肃 兰州 730030; 2 兰州大学第二医院糖尿病科 甘肃 兰州 730030)

摘要: 由于快速变化的生活方式,我国糖尿病的患病率呈逐年上升趋势。糖尿病肾病(diabetic nephropathy, DN)是糖尿病最常见、最严重的微血管病变并发症之一,并且已经成为全球终末期肾病的最常见病因。因此,早期诊断、早期治疗是延缓 DN 进展的重点。超声是临床评价肾脏形态、功能常用的检查方法,与血、尿实验室检查相比,具有方便、快捷、无创、经济的优势。随着科学技术的发展,越来越多的超声新技术应用于临床,极大的丰富了诊断信息。本文就各项超声检查技术在检测 DN 患者肾脏体积、实质回声、血流动力学改变中的应用价值作一综述。得出结论:在 DN 早期血、尿实验室检查正常时超声已经可以发现肾脏体积、血流动力学发生了变化。因此,超声在 DN 的早期诊断、动态监测病程进展方面所发挥的作用是其他检查方法所不可替代的。三维超声技术和超声弹性成像在 DN 患者肾脏功能评价方面有着广泛研究空间及临床应用前景。

关键词: 超声;糖尿病肾病;血流动力学;综述

中图分类号: R587.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273(2014)17-3380-05

Value of Ultrasonography in Diagnosis on Diabetic Nephropathy

YE Na¹, CHE Yan^{1△}, CHEN Ai-rong², NIE Fang¹, WANG Xiao-feng¹

(1 Department of Ultrasound, The second hospital of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, 730030, China;

2 The first department of Diabetes, The second hospital of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu, 730030, China)

ABSTRACT: Due to the rapid changes in the way of life, there is an upward trend in the prevalence of diabetes in our country. Diabetic nephropathy (DN) is one of the most common and most serious microvascular complications of diabetes, which remains one of the commonest causes for end-stage renal disease worldwide. Therefore, early diagnosis and early treatment is key to delay the progress of DN. Ultrasonography is a regular method to estimate shape and function of kidney in clinic, has the advantages of convenient, quick, noninvasive, economic compared with laboratory examinations. With the development of science and technology, more and more new ultrasound technology have been used in the clinic that greatly enriched the diagnostic information. In this paper the application of ultrasonography in detecting renal size, parenchyma echo, hemodynamic changes of patients with DN were reviewed. Came to the conclusion that at the early stage of DN, laboratory examinations were normal but ultrasound found that renal volume and hemodynamic have been changed. So ultrasound played an irreplaceable role in early diagnosis, monitoring disease progression of DN. Three-dimensional ultrasound and ultrasonic elastography have wide research space and clinical application prospects in the evaluation of renal function in patients with DN.

Key words: Ultrasound; Diabetic nephropathy; Hemodynamics; Review

Chinese Library Classification(CLC): R587.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)17-3380-05

前言

由于快速变化的生活方式,我国糖尿病的患病率呈逐年上升趋势。据 2010 年最新统计数据显示,中国成年人糖尿病总患病率为 9.7%,其中男性患病率为 10.6%,女性患病率为 8.8%;城镇居民明显高于农村居民,患病率分别为 11.4%和 8.2%^[1]。糖尿病肾病(diabetic nephropathy, DN)是糖尿病最常见、最严重的微血管病变并发症之一,并且已经成为全球终末期肾病的最常见病因^[2]。因此,早期诊断、早期治疗是延缓 DN 进展的重点。目前,临床对于 DN 的诊断主要依靠多项实验室指标。与血、尿

实验室检查相比,超声具有方便、快捷、无创、经济的优势。近年来,随着科学技术的发展,超声仪器不断更新,各项新技术相继应用于临床,极大的丰富了诊断信息,使超声在 DN 诊断方面有了更广泛的应用。现就当前超声在 DN 诊断中的应用价值作一综述。

1 二维超声对 DN 肾脏体积的测量

关于二维超声测量肾脏体积,常用的方法是先测量经过肾门的肾长径、前后径和左右径,再依据肾脏近似椭圆的原理,根据公式 $V = \pi / 6 \times \text{长径} \times \text{前后径} \times \text{左右径}$ 计算肾脏体积。刘玉春等^[3]用 B 超测量肾脏长、宽、厚径,依据上述公式计算得出肾脏体积与排水法测得离体尸肾实际体积相比,误差在 0.5~2%,所测各径线较以卡尺测得离体肾径线偏大,但数值偏差在 1~2 毫米。耿纪录等^[4]用 B 超测量离体尸肾长径、前后径、左右径所

作者简介:叶娜(1987-),女,硕士研究生,主要研究方向:腹部超声诊断, E-mail: liuye.r@163.com

△ 通讯作者:车岩, E-mail: cheyan461@163.com

(收稿日期:2013-08-23 接受日期:2013-09-18)

得肾体积与排水法测得结果之间变异系数为 0.77%。说明该方法误差较小,能较准确地测量肾脏体积,可用于临床工作。

DN 早期表现为肾小球滤过率(GFR)增加,肾小球出现基底膜增厚、系膜区基质增多的病理改变导致肾小球肥大,肾脏体积变大,晚期因肾小球纤维化、硬化而体积减小^[9]。王岩等^[9]测量 89 例糖尿病患者肾脏体积,得出结论当肾脏体积大于 170 cm³ 时可以考虑为早期 DN。将糖尿病患者根据 24 小时尿蛋白排泄率分为 DN 的三个不同阶段,分别是正常蛋白尿期、微量蛋白尿期和临床蛋白尿期。曹晔等^[7]研究表明正常蛋白尿期患者肾脏体积已经增大,微量蛋白尿期肾脏体积明显增大,临床蛋白尿期肾脏体积增大较前更明显,而到肾功能不全期肾脏体积减小。然而张帆^[8]研究得出结论为正常蛋白尿期肾脏体积增大,微量蛋白尿期肾脏体积逐渐回缩,临床蛋白尿期肾脏体积明显减小。王一^[9]和张继惠^[10]研究结果为 DN 三个阶段肾脏体积与正常对照相比均增大。之所以得出不同结论,可能与入组糖尿病患者构成比例不同有关。总之,糖尿病患者 24 小时尿蛋白排泄率发生异常之前肾脏体积已经增大,可见超声测量肾脏体积为临床早期诊断 DN 提供了有力的证据。

2 二维超声对于 DN 肾脏实质回声的评价

有学者运用传统二维超声对肾脏实质的改变进行分型^[11]。I 型,肾无萎缩,肾皮质回声正常,皮髓质分界清晰,皮/髓比值 0.89; II 型,肾略有萎缩,肾皮质变薄,皮/髓比值 0.72; III 型,肾萎缩,皮质变薄,皮髓分界不清,肾实质厚度 < 0.8cm; IV 型,肾萎缩明显,实质与集合系统分界不清。黄知芳^[12]对 61 例 DN 患者的肾实质改变分析发现,隐匿型 DN27 均为 I 型;症状型 DN25 例,17 例 I 型,8 例 II 型;肾衰型 DN9 例,4 例 III 型,5 例 IV 型。研究表明肾实质发生 II、III、IV 型改变时对诊断中晚期 DN 有较高的特异性。

3 彩色多普勒血流成像 (color Doppler flow imaging, CDFI)评价 DN 血流分布及血流动力学改变

CDFI 可实时动态显示肾脏血流信息及血流动力学状态,已成为临床评价肾功能常用检查方法。正常肾动脉由主肾动脉(master renal artery, MRA)、段动脉(segmental renal artery, SRA)、叶间动脉(interlobar renal artery, IRA)、弓形动脉(arcuate renal artery, ARA)、小叶间动脉组成,逐层分支,呈树枝状分布。正常白蛋白尿期,肾动脉彩色血流分布大致正常,所见切面彩色血流信号丰富;微量蛋白尿期,MRA、SRA 彩色血流信号清晰可见,部分 IRA 显示粗细不等,部分 ARA 信号缺失,呈非典型树枝状分布;临床蛋白尿期,彩色血流信号整体减少,MRA 显示良好,其余分支可见变细甚至因血流信号消失而出现截断现象。此外,还可以测量肾脏各级动脉收缩期峰值速度(maximal velocity, Vmax),舒张末期最低血流速度(minimal velocity, Vmin),阻力指数(resistive index, RI),搏动指数(pulsatility index, PI),量化评价肾脏血流动力学状况。Vmax、Vmin 反映肾内血流灌注情况,其数值降低表明肾脏供血不足;PI 主要反映肾动脉其中某一横断面血管的顺应性和血流的弹性阻力,当 PI 值升高时提示远端血管床收缩,血管阻力增大,而当远端血管阻力下降时 PI 值减低;RI 数值变化不光与血管

弹性有关,还受肾间质改变的影响,因此,其不仅可以反映肾动脉血管床阻力和肾血流灌注情况的细微变化,还能进一步辅助推测肾功能,判断预后,是判断肾脏各级动脉有无硬化或狭窄、评估肾脏血流动力学状态的有效方法^[13]。国内外学者^[7,14,15]对 DN 患者肾动脉 Vmax、Vmin、PI、RI 研究的结果基本一致,表现为正常蛋白尿期血流频谱无明显改变,微量蛋白尿期 Vmax、Vmin 减低,PI、RI 升高,临床蛋白尿期 Vmax、Vmin 明显减低,以 Vmin 为著,PI、RI 显著升高,肾功能不全期 Vmax、Vmin 显著减低,PI、RI 进一步升高。随着肾功能损害严重程度的增加,肾动脉阻力逐渐升高,流速减低。另有研究表明,RI 数值变化与肾功能损害程度密切相关。王彦敏等^[16]测量 92 例 DN 患者 MRA、SRA、IRA 血流参数得出结论当 RI 升高 > 0.7 时诊断早期 DN 有一定的价值。王心宇^[17]的研究结果则更加细致,认为段动脉 RI > 0.69、叶间动脉 RI > 0.65、弓形动脉 RI > 0.58 对诊断极早期 DN 是有意义的。Masulli^[18]对 92 例肾功能正常的 2 型糖尿病患者进行 4~5 年随访发现 80% 以上的糖尿病患者发生 DN 时肾内动脉 RI ≥ 0.73。Saif^[19]研究发现,在 1 型糖尿病患者肾内动脉 RI、PI 明显升高,并且 RI 与患者白蛋白/肌酐比值、糖化血红蛋白、肾小球率过滤呈明显正相关。遂得出结论,早期肾脏血流动力学病理改变表现为肾内动脉 RI 升高,超声作为一种无创检查方法,对于预测糖尿病患者 DN 风险有一定的临床价值。Ohta^[20]认为,主肾动脉与肾内动脉 RI、PI 均与脉搏波速度显著相关,而脉搏波速度与主肾动脉 RI 独立相关。因此得出结论,肾动脉 RI 的升高与动脉粥样硬化严重程度密切相关。Afsar^[21]将糖尿病患者分为四组,组 1 为 24 小时肌酐清除率和 24 小时尿白蛋白排泄率均正常,组 2 为 24 小时肌酐清除率正常、24 小时尿白蛋白排泄率升高,组 3 为 24 小时肌酐清除率减低、24 小时尿白蛋白排泄率正常,组 4 为 24 小时肌酐清除率减低、24 小时尿白蛋白排泄率升高。超声测量四组患者肾动脉阻力指数,结果显示组 1 病人中阻力指数升高者占 13.7%,组 2 病人中阻力指数升高者占 41.2%,组 3 病人中阻力指数升高者占 57.1%,组 4 病人中阻力指数升高者占 64.3%。多元回归分析显示阻力指数升高与 24 小时肌酐清除率而不是 24 小时尿白蛋白排泄率相关。Jeong^[22]研究 DN 患者与正常对照肾静脉阻抗指数发现,在正常对照组,小叶间静脉的静脉阻抗指数低于段静脉、左、右肾差异无统计学意义;DN 患者静脉阻抗指数通常低于正常对照,并且和血清肌酐浓度中度相关;静脉阻抗指数能够反映肾功能,但是与动脉阻力指数相比在评价肾功能方面没有明显的优势。

4 彩色多普勒能量图 (color Doppler energy imaging, CDE)在评估 DN 血流灌注方面的应用

CDE 以单位面积下所通过红细胞的数量和信号振幅的大小成像为原理,相比与 CDFI,具有不受检测角度影响、显示信号动态范围广、能够显示低流速、低流量的血流、甚至能够显示平均流速为零的灌注区的优势,因此显示肾脏血流灌注比 CDFI 更敏感。通过 CDE 分析肾脏血流,将肾脏血流分布分为 4 级^[23],I 级:肾脏血流分布正常,肾内各级血管呈树枝状分布,包膜下可见充满细小血管网,血流信号丰富。II 级:肾脏的血供较丰富,MRA、SRA、IRA、ARA 等均显示,包膜下血管网缺损,

彩色多普勒血流不能到达包膜下。Ⅲ级：肾血供减少，MRA、SRA 和 IRA 可显示，ARA 部分减少，小叶间动脉消失。Ⅳ级：肾脏血流明显减少，MRA、SRA 尚可见，IRA 远侧血流显示数目减少、不连续，SRA 粗细不等，整个肾脏显示弥散分布稀少血流信号。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级改变分别对应临床肾功能隐匿性蛋白尿、微量蛋白尿和临床蛋白尿阶段；分级越高 RI、PI 值越高；肾脏周边血管与肾包膜的距离也能够反映肾脏病变程度，糖尿病患者当该距离 > 3mm 时可考虑早期 DN，距离 > 6mm 则提示预后不佳。宋丁等^[24]研究发现正常对照和隐匿型 DN 组彩色血流显像均为 I 级，症状型 DN 组介于Ⅱ级、Ⅲ级之间，肾衰型 DN 组为Ⅳ级。利用 CDFI 和 CDE 评价 DN 患者肾脏血流分布情况，CDE 大部分显示Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级，CDFI 多显示Ⅳ级，提示 CDE 在显示低速血流、分支血管方面较 CDFI 更具优势^[25]。

5 超声背向散射积分(ultrasonic integrated backscatter, IBS)对于 DN 的诊断价值

当超声波在介质中传播遇到两种声阻抗差 > 0.1% 的超声界面并且界面直径小于该入射超声波波长的二分之一时就会发生散射，所谓背向散射是指散射波朝向探头，与入射波方向呈 180° 角。而相关散射区回波信号强度的平方就称为该区超声背向散射积分。IBS 可以反映样品在声学上的不均匀程度，其基础在于组织超微结构的变化^[26]。张树华等^[27]对糖尿病大鼠模型及空白对照分别在实验 4、12、24 周测肾脏 IBS，并同时进行了肾脏病理检测，比较两种方法对肾脏纤维化的评估。结果表明糖尿病大鼠皮质 IBS% 和肾髓质 IBS% 在三个时间段均明显高于同龄对照组，且随病程进展逐渐增高。肾皮质 IBS% 和肾髓质 IBS% 与各项病理测量纤维化指标呈正相关。说明 IBS 技术可能成为临床评价肾脏纤维化的重要方法。由悦等^[28]利用 IBS 技术测定 DN 患者肾脏 IBS 值得出结论，早期 DN 肾实质 IBS% 平均值与对照组相比差异无统计学意义，临床期 DN 肾实质 IBS% 平均值明显高于对照组 ($P < 0.05$)，终末期 DN 肾实质 IBS% 平均值高于对照组 ($P < 0.01$)。由此可见，IBS 技术可以为临床提供一种无创、安全、可靠的评价 DN 的检测手段。

6 超声对比增强造影 (contrast-enhanced ultrasound, CEUS)在 DN 的研究进展

CEUS 可以显示超声造影剂在体内分布的动态过程和组织强化程度的变化过程，并且可以通过多项参数量化的方式准确、客观地评价组织血流灌注情况。目前 CEUS 普遍使用的造影剂为第 2 代超声造影剂声诺维，是一种内充六氟化硫气体、外包磷脂外壳的微泡造影剂。该气体微泡可以通过肺循环，性质稳定、安全易用，且无肾脏毒性^[29]。其血流动力学特征与红细胞相似，因此能够反映肾脏血流灌注的真实情况，尤其是微循环血流动力学的改变，可间接反映肾脏功能^[30]。董怡等^[31]对 16 例早期 DN 患者进行 CEUS 检查，观察双肾皮质血流灌注情况，并使用 QLAB 软件分析感兴趣区内造影剂信号的强度，生成时间-密度曲线，得到肾脏血流灌注参数。所得结果显示 DN 组肾皮质血流灌注曲线下面积大于正常对照组、达峰时间绝对值低于正常对照组。说明 CEUS 能够早期、准确、敏感地评估 DN 患者肾功能。过新民等^[32]研究结果显示，糖尿病患者尿白

蛋白正常时肾脏血流灌注已经发生变化，表现为肾脏局部血容量增多、达峰时间和平均渡越时间延长。而尿白蛋白正常组和早期 DN 组比，后者肾脏局部血容量、达峰时间和平均渡越时间明显升高，达峰强度和局部血流量明显减低。因此推断 CEUS 可用于评价早期 DN 患者肾功能改变。

7 超声动态评估组织灌注 (dynamic sonographic tissue perfusion measurement, DTPM)技术在 DN 诊断中的应用

DTPM 技术评价血流灌注是通过 PixelFlux 软件来实现的。PixelFlux 软件对超声视频中每帧图像的感兴趣区内超声像素色调及面积随着心动周期的变化情况进行动态分析，得出血流灌注参数，实现超声对血流灌注半定量到定量的转变^[33]。有研究发现^[34]单纯糖尿病患者和糖尿病合并高血压患者肾皮质血管指数、血管血流指数均低于对照组，二者达峰时间较对照组延长，血流指数与对照组差异无统计学意义，但其达峰时间大于对照组。姬冰等^[35]依据肾小球滤过率将 65 组糖尿病患者分为四组，分别为正常或升高组(Ⅰ组)、轻度下降组(Ⅱ组)、中度下降组(Ⅲ组)、重度下降组(Ⅳ组)，应用 DTPM 技术检测肾皮质感兴趣区内各项参数得出结论：除Ⅰ组外，其余各组平均灌注强度、平均血流速度均随肾小球滤过率降低而降低，组织阻力指数随肾小球滤过率降低而升高。并且发现正常对照组平均灌注强度、平均血流速度随年龄增长而降低。总之，DTPM 技术的应用为临床无创评价肾功能提供了一种新的方法。

8 展望

随着科学技术的进步，越来越多的超声诊断新技术应用于临床。三维彩色血管能量成像将三维成像技术和能量多普勒相结合，不但具有能量多普勒不受检测角度影响、显示信号动态范围广、能够显示低流速、低流量的血流的优点，还可以利用计算机软件完成三维重建，从而更加完整、立体地显示器官血流灌注情况。计算机软件在三维图像重建的基础上测量多项指标，包括：容积、血管指数、血流指数、血管血流指数等，能够量化评价器官血流灌注情况^[36]。有研究表明^[37]三维超声技术测得肾脏体积比二维超声更敏感，三维超声参数血管指数变化早于肾动脉阻力指数。可见三维超声在评价肾功能早期变化方面优于二维超声。超声弹性成像是用于判定组织软硬程度的超声新技术，目前临床主要用于肿瘤良恶性的判断和肝脏纤维化程度分级^[38-40]。徐建红等^[41]应用剪切波定量超声弹性成像技术测定慢性肾病患者肾实质杨氏模量值得出结论，剪切波定量超声弹性成像技术可为肾脏疾病提供常规超声不能获得的诊断信息。另有学者^[42]利用声触诊组织定量技术分析肾组织弹性顺应力的剪切波传播速度，评价慢性肾病患者肾组织的弹性，发现剪切波传播速度越低，组织顺应力、弹性越差。可见超声弹性成像更加丰富了超声评价肾脏功能的诊断信息。由此可见，三维超声技术和超声弹性成像在 DN 患者肾脏功能评价方面有着广泛研究空间及临床应用前景。总之，随着超声诊断技术的不断发展，超声在 DN 的早期诊断、动态监测病程进展方面所发挥的作用是其他检查方法所不可替代的。

参考文献(References)

- [1] Yang W Y, Lu J M, Weng J P, et al. Prevalence of Diabetes among

- Men and Women in China [J]. New England Journal of Medicine, 2010, 362(12): 1090-1101
- [2] Leong-POI H. Contrast ultrasound and targeted microbubbles: diagnostic and therapeutic applications in progressive diabetic nephropathy [J]. Seminars in nephrology, 2012, 32(5): 494-504
- [3] 刘玉春, 顾敏祺, 王海燕, 等. B 型超声显像仪测量肾脏体积的探讨 [J]. 北京医科大学学报, 1990, (03):168
Liu Yu-chun, Gu Min-qi, Wang Hai-yan, et al. Study of B-Ultrasound measure kidney volume[J]. Journal of Beijing Medical University, 1990, (03):168
- [4] 耿纪录, 陆菊明, 潘长玉, 等. B 型超声显像仪测量糖尿病和糖耐量减低患者的肾脏体积 [J]. 天津医药, 1997, (05):281-284
Geng Ji-lu, Lu Ju-ming, Pan Chang-yu, et al. B-Ultrasound measure kidney volume of patients with diabetes and reduced glucose tolerance [J]. Journal of Tianjin Medicine, 1997, (05):281-284
- [5] Cao Z M, Cooper M E. Pathogenesis of diabetic nephropathy [J]. Journal of Diabetes Investigation, 2011, 2(4): 243-247
- [6] 王岩, 邢克英, 史继文, 等. 糖尿病肾病的多普勒超声评价 [J]. 武警医学, 1998, (12):14-16
Wang Yan, Xing Ke-Ying, Shi Ji-wen, et al. Evaluate diabetic nephropathy with doppler ultrasound [J]. Medical Journal of the chinese people, s armed police forces, 1998, (12):14-16
- [7] 曹晔, 赵洋, 朱胜, 等. 糖尿病肾病彩色多普勒超声分析 [J]. 中国误诊学杂志, 2012, (08):1822-1823
Cao Ye, Zhao Yang, Zhu Sheng, et al. Study of color doppler ultrasound analysis of diabetic nephropathy [J]. Chinese Journal of Misdiagnosis, 2012, (08):1822-1823
- [8] 张帆. 2 型糖尿病肾病患者目标治疗前后彩色多普勒超声动态变化 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2012:1
Zhang Fan. The Changes of Color Doppler Ultrasound in Type2Diabetic Nephropathy before and after Treatment [D]. Shijiazhuang: Hebei Medical University, 2012:1
- [9] 王一. 彩色多普勒超声对糖尿病肾病诊断的研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2010:12
Wang Yi. The Study on Diagnosis of Diabetic Nephropathy Using Color Doppler Ultrasound [D]. Shijiazhuang: Hebei Medical University, 2010: 12
- [10] 张继惠. 彩色多普勒超声对 2 型糖尿病肾病血流动力学的临床研究 [D]. 济南: 山东大学, 2008:13
Zhang Ji-hui. Clinical Research of Color Doppler Ultrasound on Hemodynamics of Type 2 Diabetic Nephropathy [D]. Jinan: Shandong University, 2008:13
- [11] 孙德胜, 肖莹. 超声评价糖尿病肾病 [J]. 中国医学影像技术, 2001, (01):83-84
Sun De-sheng, Xiao Ying. Evaluate diabetic nephropathy with ultrasound [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2001, (01): 83-84
- [12] 黄知芳. 糖尿病肾病肾实质改变与彩色多普勒血流指数间关系探讨 [J]. 实用糖尿病杂志, 2005, (01): 34-35
Huang Zhi-fang. Study of the relationship between Change of renal parenchyma and floe index on diabetic nephropathy [J]. Liaoning Journal of Practical Diabetology, 2005, (01): 34-35
- [13] Meola M, Petrucci I, Giovannini L, et al. Ultrasound and color Doppler applications in nephrology. The normal kidney: anatomy, vessels and congenital anomalies[J]. Giornale italiano di nefrologia : organ-oufficiale della Societa italiana di nefrologia, 2012, 29(3): 333-347
- [14] 陈鸣. 彩色多普勒超声对诊断早期糖尿病肾病的价值 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, (02):88-90
Chen Ming. The value of color Doppler ultrasound for the diagnosis of early diabetic nephropathy [J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2012, (02):88-90
- [15] Antic M, Jotic A, Radovic M, et al. Risk factors for the development of diabetic nephropathy[J]. Srpskiarhiv za celokupno lekarstvo, 2009, 137(1-2): 18-26
- [16] 王彦敏, 邢喜芝, 孙志芬, 等. 彩色多普勒超声检测肾动脉血流在早期糖尿病肾病诊断中的价值 [J]. 西部医学, 2012, (05):979-980
Wang Yan-min, Xing Xi-zhi, Sun Zhi-fen, et al. Value of Color Doppler flow imaging detecting renal artery blood flow on diagnosis of early diabetic nephropathy [J]. Medical Journal of West china, 2012, (05):979-980
- [17] 王心宇. 彩色多普勒超声在 II 型糖尿病患者中的临床价值 [J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2011, 32(24):3972-3973
Wang Xin-yu. Clinical Value of Color Doppler flow imaging on Type 2 diabetic nephropathy [J]. Journal of Qiqihar University of Medicine, 2011, 32(24): 3972-3973
- [18] Masulli M, Mancini M, Liuzzi R, et al. Measurement of the intrarenal arterial resistance index for the identification and prediction of diabetic nephropathy [J]. Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD, 2009, 19(5): 358-364
- [19] Saif A, Soliman N A, Abdel-HAMEED A. Early evaluation of renal hemodynamic alterations in type I diabetes mellitus with duplex ultrasound [J]. Saudi journal of kidney diseases and transplantation : an official publication of the Saudi Center for Organ Transplantation, Saudi Arabia, 2010, 21(2): 295-299
- [20] Ohta Y, Fujii K, Arima H, et al. Increased renal resistive index in atherosclerosis and diabetic nephropathy assessed by Doppler sonography [J]. Journal of hypertension, 2005, 23(10): 1905-1911
- [21] Afsar B, Elsurur R. Comparison of renal resistive index among patients with Type 2 diabetes with different levels of creatinine clearance and urinary albumin excretion [J]. Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association, 2012, 29(8): 1043-1046
- [22] Jeong S H, Jung D C, Kim S H. Renal Venous Doppler Ultrasonography in Normal Subjects and Patients with Diabetic Nephropathy: Value of Venous Impedance Index Measurements [J]. Journal of Clinical Ultrasound, 2011, 39(9): 512-518
- [23] 王海燕, 王岩, 王娟. 彩色多普勒能量图对糖尿病患者肾血流动力学的研究 [J]. 中国超声医学杂志, 1999, 15(7):526-529
Wang Hai-yan, Wang Yan, Wang Juan. A Study on Renal Hemodynamics in Patients with Diabeticsby Color Doppler Energy Imaging. Chinese Jouranl of Ultrasound in Medicine, 1999, 15(7):526-529
- [24] 宋丁, 唐敬宽, 何小军. 彩色多普勒血流显像和能量显像在糖尿病肾病诊治中的应用 [J]. 西部医学, 2008, (06):1272-1273
Song Ding, Tang Jing-kuan, He Xiao-jun. Color Doppler flow imaging and color Doppler energy in diabetic nephropathy [J]. Medical Journal of West China, 2008, (06):1272-1273
- [25] 姜丹凤, 刘锋. 联合应用彩色多普勒血流显像与彩色多普勒能量

- 显像在糖尿病肾病诊断中的意义 [J]. 中国老年学杂志, 2012, (11): 2275-2276
- Jiang Dan-feng, Liu Feng. Combine color doppler flow imaging and color doppler energy imaging with diagnosis of diabetic nephropathy [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2012, (11):2275-2276
- [26] Goldberg B B, Liu J B, Forsberg F. Ultrasound Contrast Agents-A Review[J]. Ultrasound in Medicine and Biology, 1994, 20(4): 319-333
- [27] 张树华, 孙冬梅, 马琳, 等. 糖尿病大鼠肾脏纤维化病理检测和超声背向散射积分参数的相关性研究 [J]. 中国分子心脏病学杂志, 2012, (06):363-367
- Zhang Shu-hua, Sun Dong-mei, Ma Lin, et al. Association between Histopathology and Integrated Backscatter in Diabetic nephropathy rats [J]. Molecular Cardiology of China, 2012, (06):363-367
- [28] 由悦, 夏稻子. 超声背向散射积分技术在糖尿病肾病的临床应用 [J]. 大连医科大学学报, 2008, (01): 53-55
- You Yue, Xia Dao-zi. Ultrasonic integrated backscatter to diabetic nephropathy in clinical practice [J]. Journal of Dalian Medical University, 2008, (01): 53-55
- [29] McArthur C, Baxter G M. Current and potential renal applications of contrast-enhanced ultrasound [J]. Clinical radiology, 2012, 67 (9): 909-922
- [30] Siracusano S, Bertolotto M, Ciciliato S, et al. The current role of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) imaging in the evaluation of renal pathology[J]. World journal of urology, 2011, 29(5): 633-638
- [31] 董怡, 黄咏红, 陈为民, 等. 超声造影定量评价糖尿病肾病早期肾功能损害的价值[J]. 中国医学影像技术, 2011, (06):1260-1263
- Dong Yi, Huang Yong-hong, Chen Wei-min, et al. Quantitative evaluation on early diabetic nephropathy with contrast-enhanced ultrasound [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2011, (06): 1260-1263
- [32] 过新民, 金泓, 潘丽雯, 等. 超声造影技术对糖尿病肾病患者早期肾功能改变的评估及其临床意义 [J]. 吉林大学学报(医学版), 2013, (01):156-160+98
- Guo Xin-min, Jin Hong, Pan Li-wen, et al. Evaluation on changes of early renal function in patients with diabetic nephropathy with contrast-enhanced ultrasound and its clinical significance [J]. Journal of Jilin University(Medicine Edition), 2013,(01):156-160+98
- [33] 姬冰, 刘明辉. 超声血流定量新技术的进展 [J]. 中国医学影像技术, 2011, (02):409-413
- Ji Bing, Liu Ming-hui. Recent progress in new techniques of blood flow quantification with ultrasound [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2011, (02):409-413
- [34] 项飞翔, 刘莹莹, 吕清, 等. 彩色多普勒感兴趣区定量技术评价糖尿病患者肾脏末梢血流 [J]. 华中科技大学学报(医学版), 2009, (04): 531-533+50
- Xiang Fei-xiang, Liu Ying-ying, Lv Qing, et al. Evaluation for Renal Peripheral Inflow Perfusion in Patients with Diabetes Mellitus by Region of Interest Quantification [J]. Acta Medicinæ Universitatis Scientiæ et Technologiæ Huazhong, 2009, (04): 531-533+50
- [35] 姬冰, 刘明辉, 谢娟娟. 超声动态评估组织灌注技术评价糖尿病患者肾脏皮质血流灌注 [J]. 中国医学影像技术, 2011, (02):353-356
- Ji Bing, Liu Ming-hui, Xie Juan-juan. Evaluation on renal cortex blood flow in diabetic patients with dynamic sonographic tissue perfusion measurement [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2011, (02): 353-356
- [36] 张艳平, 朱建平, 蒋彦彦, 等. 三维血管容积显像在移植肾功能稳定期的血流定量研究 [J]. 临床超声医学杂志, 2009, (04):239-241
- Zhang Yan-ping, Zhu Jian-ping, Jiang Yan-yan, et al. Quantitative assessment of vascular perfusion of transplanted kidney in renal function stable phase by three-dimensional ultrasound vascularity volume imaging[J]. Journal of Ultrasound in Clinical Medicine, 2009, (04):239-241
- [37] 吴迪, 王学梅, 刘艳君, 等. 三维超声血管指数及肾脏体积在慢性肾脏疾病诊断中的价值 [J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(4):756-759
- Wu Di, Wang Xue-mei, Liu Yan-jun, et al. Diagnostic value of vascularity index and renal volume with three-dimensional ultrasound in chronic kidney disease [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(4):756-759
- [38] Xu W, Shi J, Li X, et al. Endoscopic ultrasound elastography for differentiation of benign and malignant pancreatic masses: a systematic review and meta-analysis [J]. European Journal of Gastroenterology & Hepatology, 2013, 25(2): 218-224
- [39] Carneiro-PLA D. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid nodules for thyroid cancer [J]. Current Opinion in Oncology, 2013, 25(1): 1-5
- [40] Cohen E B, Afdhal N H. Ultrasound-based Hepatic Elastography Origins, Limitations, and Applications [J]. Journal of Clinical Gastroenterology, 2010, 44(9): 637-645
- [41] 徐建红, 刘智慧, 靳霞, 等. 剪切波定量超声弹性成像技术在慢性肾病中应用的初步研究 [J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2012, (05): 405-407
- Xu Jian-hong, Liu Zhi-hui, Jin Xia, et al. Quantitative shear-wave ultrasound elasticity imaging in the application of basic research in chronic kidney disease [J]. Chinese Journal of Medical Ultrasound (Electronic Edition), 2012, (05):405-407
- [42] 傅宁华, 杨斌, 姚春晓, 等. 声触诊组织定量分析评估慢性肾病患者肾脏弹性 [J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2010, (12): 2122-2126
- Fu Ning-hua, Yang Bin, Yao Chun-xiao, et al. A pilot study of virtual touch quantization in patients with chronic kidney disease [J]. Chinese Journal of Medical Ultrasound (Electronic Edition), 2010, (12):2122-2126