

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.07.014
文章编号: 1005-8982 (2025) 07-0085-06

临床研究·论著

超声造影和股骨头髁侧循环动脉多普勒超声联合 诊断早中期非创伤性股骨头坏死的研究*

黄勇¹, 刘华², 刘玲¹, 陈小敏¹, 顾霞¹

(海安市中医院 1. 超声科, 2. 骨伤科, 江苏 南通 226600)

摘要: **目的** 评估超声造影(CEUS)和股骨头髁侧循环动脉多普勒超声联合应用对早中期股骨头坏死诊断的价值与准确性。**方法** 回顾性分析2021年10月—2023年10月在海安市中医院确诊的105例非创伤性股骨头坏死的患者的临床资料。依据国际骨循环研究学会(ARCO)分期标准对患者进行分期,其中Ⅰ期67例,Ⅱ期38例。采用CEUS观察增强区域形态、灌注缺陷和增强的均匀性,并进行时间-强度曲线(TIC)定量分析,观察CEUS定量参数[增强强度(EI)、平均渡越时间(MTT)、上升斜率(AS)及下降斜率(DS)];采用股骨头髁侧循环动脉多普勒超声测量股骨头髁侧循环动脉的收缩期峰值流速(PSV)、舒张末期流速(EDV)、平均流速(Vmean)、搏动指数(PI)、阻力指数(RI)等,计算出血流量(Q),评估股骨头的供血情况。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析CEUS与股骨头髁侧循环动脉的多普勒超声联合对早中期非创伤性股骨头坏死的诊断价值。**结果** CEUS结果显示,与Ⅱ期患者相比,Ⅰ期患者的增强区域形态更加清晰,灌注缺陷较少,增强的均匀性较好,TIC定量分析也呈现了一致结果;股骨头髁侧循环动脉多普勒超声检查结果显示,Ⅰ期患者的PSV、EDV、Vmean和Q值均高于Ⅱ期患者,而PI和RI均低于Ⅱ期患者。ROC曲线分析结果显示,CEUS诊断早中期非创伤性股骨头坏死的敏感性为84.2%(95% CI:0.687,0.940),特异性为88.1%(95% CI:0.778,0.947);股骨头髁侧循环动脉多普勒超声诊断早中期非创伤性股骨头坏死的敏感性为86.8%(95% CI:0.719,0.956),特异性为79.1%(95% CI:0.674,0.881);两者联合诊断的敏感性为94.7%(95% CI:0.823,0.994),特异性为91.0%(95% CI:0.815,0.966)。**结论** CEUS和股骨头髁侧循环动脉多普勒超声联合诊断可以提高早中期非创伤性股骨头坏死的诊断准确性,优于单一成像技术。

关键词: 早中期非创伤性股骨头坏死; 时间-强度曲线; 股骨头髁侧循环动脉; 多普勒超声; 诊断价值
中图分类号: R681.8 **文献标识码:** A

Evaluation of the value and accuracy of the combined application of TIC curve analysis and MFCA Doppler ultrasound in the diagnosis of early and mid stage non traumatic osteonecrosis of the femoral head*

Huang Yong¹, Liu Hua², Liu Ling¹, Chen Xiao-min¹, Gu Xia¹

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Orthopedics, Jiangsu Hai'an Traditional Chinese Medicine Hospital, Nantong, Jiangsu 226600, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the value and accuracy of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) and Medial Femoral Circulatory Artery (MFCA) Doppler ultrasound combined in the diagnosis of non traumatic osteonecrosis of the femoral head (NONFH) in the early and middle stages. **Method** From October 2021 to

收稿日期: 2024-12-24

* 基金项目: 江苏省中医药学会科研项目(No: ZXFZ2024106); 2023年度南通市社会民生科技计划项目(No: MSZ2023213)

[通信作者] 刘华, E-mail: LHSS666@163.com; Tel: 13776940660

October 2023, imaging data of 105 patients diagnosed with non traumatic femoral head necrosis through MRI examination at Hai'an Traditional Chinese Medicine Hospital were collected. According to the staging criteria of the Association Research Circulatory Osseous (ARCO), non traumatic femoral head necrosis patients were classified into stages, with 67 cases in the Phase I group and 38 cases in the Phase II group. CEUS observes the morphology of the enhanced area, perfusion defects, and uniformity of enhancement, and conducts quantitative analysis of the Time Intensity Curve (TIC) curve to observe the quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound (Enhancement Intensity (EI), Mean Transit Time (MTT), Ascending Slope (AS), and Descending Slope (DS)). Further Doppler ultrasound examination of MFCA is performed on patients, and the peak systolic velocity (PSV) and end diastolic velocity (End Dia) of MFCA are measured. Stolic Velocity (EDV), Mean Velocity (Vmean), Pulsatile Index (PI), Resistive Index (RI), etc., calculate Blood Flow Volume (Q), and evaluate the blood supply to the femoral head. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to analyze the accuracy of combining the observation indicators of CEUS and the Doppler ultrasound indicators of MFCA in the early and mid stage diagnosis of non traumatic osteonecrosis of the femoral head. **Result** The contrast-enhanced ultrasound (CEUS) results showed that compared with stage II patients, stage I patients had a clearer morphology of the enhanced area, fewer perfusion defects, and better uniformity of enhancement. The quantitative analysis of the TIC curve also showed consistent results; The Doppler ultrasound examination results of MFCA showed that PSV, EDV, and Vmean were higher in stage I patients than in stage II patients, while PI and RI were higher in stage II patients; The blood flow (Q) of stage I patients is higher than that of stage II patients; ROC curve analysis indicated that the sensitivity of CEUS for diagnosing early and mid-stage NONFH was 84.2% (95% CI: 0.687, 0.940) and specificity was 88.1% (95% CI: 0.778, 0.947). The sensitivity of MFCA Doppler ultrasound blood flow indicators for diagnosing early and mid-stage non traumatic osteonecrosis of the femoral head was 86.8% (95% CI: 0.719, 0.956) and specificity was 79.1% (95% CI: 0.674, 0.881). The combined use of both methods yielded a sensitivity of 94.7% (95% CI: 0.823, 0.994) and specificity of 91.0% (95% CI: 0.815, 0.966) in diagnosing early and mid-stage non traumatic osteonecrosis of the femoral head. **Conclusion** The combined application of CEUS and MFCA Doppler ultrasound examination in the early and mid stage diagnosis of non traumatic femoral head necrosis can significantly improve the accuracy of diagnosis, showing better sensitivity and specificity than single imaging techniques.

Keywords: early to mid stage non traumatic osteonecrosis of the femoral head; time intensity curve; hip circulation artery of femoral head; Doppler ultrasound; diagnostic value

非创伤性股骨头坏死又称股骨头无菌性坏死^[1]。其常发生在股骨头部位,如果不及时诊断和治疗,可能导致股骨头的形状和功能损害,进而影响患者的日常生活和工作能力^[2]。近年来,随着医学技术的进步,多种诊断技术被用于非创伤性股骨头坏死的早期诊断。时间-强度曲线(time-intensity curve, TIC)分析和股骨头髂侧循环动脉多普勒超声作为新兴的非侵入性诊断方法,越来越受到医师和研究者的关注。其中,TIC分析是基于血流动态分析的方法,可提供关于微循环的信息^[3];股骨头髂侧循环动脉多普勒超声则是基于声波在组织中传播的方式来检测血流动态^[4-5]。两者的联合应用在早中期非创伤性股骨头坏死的诊断中可能具有重要价值,但目前关于其准确性和应用价值的研究尚不充分。鉴于此,本文拟评估TIC分析和股骨头髂侧循环动脉多普勒超声的联合应用,探讨其在早中期非创伤性股骨头坏死诊断中

的价值和准确性,期望为临床医师提供更为精确的诊断方法,延缓疾病的进展、降低并发症,使患者得到及时和准确的治疗,提高患者的生活质量。同时,也为后续的研究提供有价值的数据和参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2021年10月—2023年10月在海安市中医院确诊的105例非创伤性股骨头坏死的患者的临床资料。采用双盲对照法进行研究,所有患者行MRI检查。参照《成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)》^[6]的分期标准对患者进行分期。其中,I期67例,II期38例。I期患者男性38例(56.72%),女性29例(43.28%);平均年龄 (45.67 ± 10.15) 岁;因疼痛就诊50例(74.63%),行走困难就诊12例(17.91%),其他原因就诊5例(7.46%)。II期患者男性20例(52.63%),女性18例(47.37%);平均年

龄(47.42 ± 10.55)岁;因疼痛就诊32例(84.21%),行走困难就诊4例(10.53%),其他原因就诊2例(5.26%)。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①通过初步影像学或临床检查确诊为非创伤性股骨头坏死;②患者已详细了解本研究目的、流程和可能的风险,并签署知情同意书。排除标准:①有其他髌关节疾病,如骨折、结核、髌关节炎等;②有髌关节手术或创伤史;③存在其他可能干扰研究结果的重大疾病,如严重心、肝、肾功能不全等。

1.3 方法

1.3.1 MRI检查 使用SIEMENS Magnetom Amira 1.5T仪器(德国西门子公司)进行MRI检查。患者平躺位进入MRI仪,技术员根据预定的检查计划选择合适的扫描序列,包括 T_1 加权成像(T_1 -weighted imaging, T_1WI)、 T_2 加权成像(T_2 -weighted imaging, T_2WI)和脂肪抑制成像(fat-suppressed imaging, FS)等进行髌关节的多方位成像。扫描参数: T_1WI , TR 600 ms, TE 15 ms, 层厚 5 mm, 扫描矩阵 256×256 ; T_2WI , TR 3 000 ms, TE 80 ms, 层厚 5 mm, 扫描矩阵 256×256 ; FS, TR 2 500 ms, TE 80 ms, 层厚 4 mm, 扫描矩阵 320×320 。使用超顺磁性对比剂[®](德国拜耳公司),剂量为0.1 mmol/kg 体重,推注速度为2 mL/s,对比剂经静脉推注后立即开始成像。所有图像的获取均由同一位经过培训的操作人员执行,以减少操作差异。扫描完成后,影像由放射科医师进行解读和诊断。为确保图像质量,所有扫描均遵循统一的标准操作程序,并在操作过程中进行实时质量控制,以保证影像清晰度和诊断的一致性。

1.3.2 非创伤性股骨头坏死分期 根据《成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)》^[6]的标准,放射科医师依据每位患者MRI图像影像表现将非创伤性股骨头坏死分期(I期、II期)。所有的分期判定均由同一位经验丰富的放射科医师执行,对有争议的病例进行双盲讨论,以提高分期的一致性和准确性。

1.3.3 超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)检查 使用Philips EPIQ5C超声诊断仪(美国飞利浦公司),配备L12-5线阵探头(频率5~

12 MHz)和C5-1凸阵探头(频率1~5 MHz),仪器具备TIC分析软件。在检查过程中,患者平躺并暴露髌关节区域,通过经皮注射标准化的超声对比剂进行造影。所有超声检查操作均由经过专门培训的超声医师进行,并严格按照标准化流程操作,确保注射速率和剂量一致。使用高频超声探头观察包括增强区域的形态、灌注缺陷和增强均匀性,记录TIC曲线定量参数:增强强度(enhancement intensity, EI)、平均渡越时间(mean transit time, MTT)、上升斜率(ascending slope, AS)、下降斜率(descending slope, DS),并进行定量分析。为保证图像质量,所有操作过程均由同一操作人员执行,并对每个影像检查进行质量控制,确保每次检查的一致性和准确性。

1.3.4 股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声检查 使用Philips EPIQ5设备(美国飞利浦公司),选择合适的探头(如L12-5线阵探头)和频率(通常为3~9 MHz),定位股骨头区域,并专门对股骨头髌侧循环动脉进行测量。在测量过程中,记录并分析包括收缩期峰值流速(peak systolic velocity, PSV)、舒张末期流速(end-diastolic velocity, EDV)、平均流速(mean velocity, Vmean)、搏动指数(pulsatility index, PI)、阻力指数(resistance index, RI)等参数,根据测得的参数进一步计算股骨头的血流量(blood flow, Q)。所有检查操作均由同一位资深超声医师执行,确保检查的一致性。操作过程中,所有设备和技术参数均经过严格的质量控制,以保证检查结果的准确性。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0和R3.4.3统计软件。计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 I期、II期患者二维超声对比分析

I期患者:股骨头外形轮廓尚正常;股骨头关节面稍显粗糙;强回声带仍然连续,股骨头未见塌陷;部分股骨头关节间隙宽窄不一;关节软骨回声不均;部分关节囊内有少量关节腔积液。见图1。

II期患者:部分股骨头形态失常,出现不同程

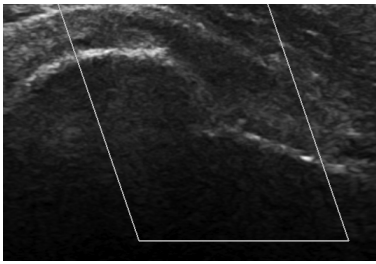


图1 I期患者股骨头二维声像图

度的变扁和塌陷;关节面回声不均匀;部分关节面存在连续性中断;关节间隙变窄;偶尔伴有关节腔积液。见图2。

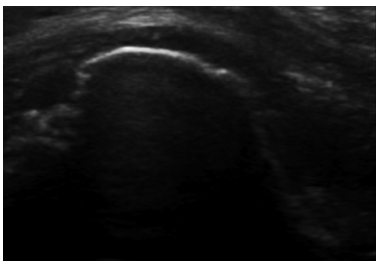


图2 II期患者股骨头二维声像图

2.2 I期、II期患者CEUS的TIC图像对比分析

I期患者:注入对比剂后,对比剂微泡从股骨颈处向股骨头表面软骨下骨区域灌注。对比剂微泡在股骨头软骨下骨区域的分布尚均匀,TIC快速上升、下降。

II期患者:注入对比剂后,对比剂微泡迅速从股骨颈处进入,并随后大量微泡向股骨头表面软骨下骨区域灌注。在股骨头表面软骨下骨区域及股骨头圆韧带处有大量对比剂微泡灌注。对比剂在股骨头灌注全程中呈快速灌注、快速消退状态。对比剂微泡在股骨头内部呈不均匀分布。TIC比

I期患者上升下降更迅速,曲线波峰尖锐,整体呈现为“速升速降”型。见图3。

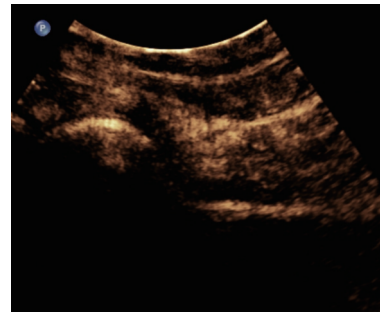


图3 II期患者股骨头造影图

2.3 I期、II期患者股骨头CEUS参数比较

I期、II期患者股骨头EI、AS和DS比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$),II期患者的EI、AS和DS均高于I期组;I期与II期患者股骨头MTT比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

表1 两组患者股骨头CEUS参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	EI/dB	MTT/s	AS/(dB/s)	DS/(dB/s)
I期	67	12.41 ± 5.02	51.22 ± 14.72	1.58 ± 0.49	-0.16 ± 0.06
II期	38	18.31 ± 6.34	56.87 ± 16.31	2.42 ± 1.02	-0.21 ± 0.10
t 值		5.253	1.817	5.649	2.564
P 值		0.000	0.072	0.000	0.011

2.4 I期、II期患者股骨头髁侧循环动脉的多普勒超声指标比较

I期、II期患者的PSV、EDV、Vmean、PI、RI和Q值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$),II期患者的PSV、EDV、Vmean和Q值均低于I期组,PI和RI均高于I期组。见表2。

表2 I期、II期患者股骨头髁侧循环动脉的多普勒超声指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	PSV/(cm/s)	EDV/(cm/s)	Vmean/(cm/s)	PI	RI	Q/(mL/min)
I期	67	43.27 ± 6.78	13.22 ± 3.23	4.25 ± 0.54	1.02 ± 0.28	0.53 ± 0.14	121.38 ± 8.67
II期	38	35.45 ± 6.22	9.87 ± 2.31	4.01 ± 0.51	1.46 ± 0.36	1.13 ± 0.27	87.44 ± 6.34
t 值		5.848	5.624	2.232	6.964	15.009	21.122
P 值		0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000

2.5 CEUS与股骨头髁侧循环动脉多普勒超声联合对早中期非创伤性股骨头坏死的诊断价值分析

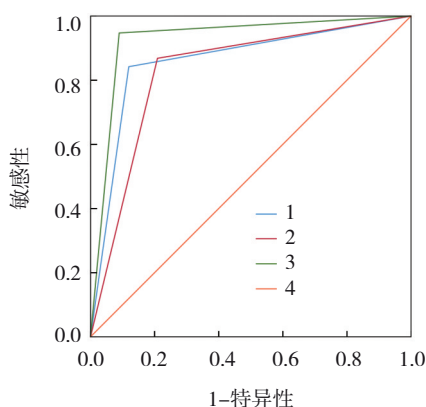
CEUS诊断早中期非创伤性股骨头坏死的敏感性为84.2%(95%CI:0.687,0.940),特异性为88.1%

(95%CI:0.778,0.947);股骨头髁侧循环动脉多普勒超声诊断早中期非创伤性股骨头坏死的敏感性为86.8%(95%CI:0.719,0.956),特异性为79.1%(95%CI:0.674,0.881);两者联合诊断的敏感性为

94.7% (95% CI: 0.823, 0.994), 特异性为 91.0% (95% CI: 0.815, 0.966)。见表 3 和图 4。

表 3 CEUS 与股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声联合对早中期非创伤性股骨头坏死的诊断价值参数

诊断方法	敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI		曲线下面积	95% CI		阳性预测值	阴性预测值
		下限	上限		下限	上限		下限	上限		
CEUS	84.2	0.687	0.940	88.1	0.778	0.947	0.861	0.780	0.942	80.0	90.8
股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声	86.8	0.719	0.956	79.1	0.674	0.881	0.830	0.745	0.914	70.2	91.4
联合诊断	94.7	0.823	0.994	91.0	0.815	0.966	0.929	0.872	0.986	85.7	96.8



1:CEUS; 2:股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声; 3:联合诊断;
4:参考线。

图 4 CEUS 与股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声
对早中期非创伤性股骨头坏死诊断的 ROC 曲线

3 讨论

非创伤性股骨头坏死是一种致残性髋关节疾病^[7-8],及时和准确的诊断对患者的预后和治疗至关重要^[9-10]。在诊断非创伤性股骨头坏死的过程中,TIC 分析和股骨头髌侧循环动脉多普勒超声检查是两种有潜力的技术。TIC 分析基于 CEUS 技术,主要目的是观察和分析血流灌注的动态变化,从而提供坏死部位的信息^[11-13]。而股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声检查主要是评估股骨头的血流情况,通过量化血流速度、阻力指数等,为诊断提供更直观的数据^[14-16]。此外,这种技术的非侵入性使其在诊断过程中更受欢迎。

本研究中,从二维超声图像上,与 I 期患者相比,II 期患者的股骨头呈现更多的异常表现,包括形态的变扁和塌陷,关节面连续性的中断及关节间隙的缩窄。而在 CEUS 的 TIC 图像上,II 期患者的 TIC 上升和下降更迅速,反映出对比剂在股骨头内部的分布更加不均匀,与 I 期患者相比,II 期患者的病情可能更严重。这两种技术都为诊断提供

了有价值的信息。陈烁璠等^[17]研究发现在评估血流灌注不足的部位时,TIC 分析和股骨头髌侧循环动脉多普勒超声的联合应用表现出很高的准确性,而在判断坏死部位的大小和位置时,这两种技术的数据可以相互验证,提高了诊断的准确性。与此类似,岳睿等^[18]发现,股骨头髌侧循环动脉的多普勒超声在评估股骨头血流情况时具有很高的敏感性,特别是在早期诊断时。同时,本研究结果显示,联合诊断的曲线下面积为 0.929,高于两种方法单独诊断,原因可能在于 CEUS 技术的 TIC 分析在显示坏死部位的形态、大小和位置方面有独特的优势。杨成彬等^[19]研究 TIC 分析和常规 MRI 在非创伤性股骨头坏死诊断中的应用价值发现,与单独使用 MRI 相比,TIC 分析提供了更多关于血流灌注的动态信息,从而提高了诊断的准确性。研究发现,使用磁共振增强序列测量减影后信号强度和骨髓软骨面积可以有效评估儿童发育性髋关节发育不良并发股骨头坏死的改变,有助于其早期诊断^[20-22]。CEUS 可以有效评估股骨头坏死 II 期和 III 期患者的股骨头软骨下骨血流灌注,为临床股骨头坏死的分期诊断提供重要参考^[23-24]。类似的,陈绍宁等^[25]发现 DCE-MRI 参数如 Ktrans、Kep、iAUC 与股骨头坏死病程进展和治疗效果密切相关,可为临床治疗方案选择和效果评估提供参考。

综上所述,CEUS 与股骨头髌侧循环动脉多普勒超声的联合应用对早中期非创伤性股骨头坏死有诊断价值,提供了一种新的、非侵入性的早期诊断方法。这种联合方法不仅能提升非创伤性股骨头坏死早期诊断的准确性,还能帮助医师更清晰地了解股骨头坏死的进展情况,尤其在评估血流灌注不足的区域和坏死部位的大小、形态等方面表现出独特的优势。此外,该联合诊断方法具有较高的敏感性和特异性,能够有效识别早期病变,

避免了传统影像学方法可能带来的漏诊或误诊。对临床工作者而言,这种新型诊断方法有望成为股骨头坏死早期筛查的常规手段,有助于及时制订个性化治疗方案,改善患者的临床预后。本研究仍存在一些局限性。首先,样本有限,未来需要更多样本量的临床研究来验证结果的普适性和长期效果;其次,本研究尚未深入探讨这两种技术的成本效益分析,未来可以考虑如何将这些技术有效整合进临床,评估其在不同诊疗环境中的适用性。

参 考 文 献 :

- [1] YUE J A, GUO X Z, WANG R D, et al. Reliability and repeatability of 2021 ARCO classification and its guiding significance in treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24(1): 469.
- [2] WANG D W, GU L C, ZHENG J, et al. Germline VWF/MPRIIP and somatoplasm FGA variants synergically confer susceptibility to non-traumatic osteonecrosis of the femoral head[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 3112.
- [3] CHEN L J, YANG Y, WANG J, et al. Application value of ultrasound TIC curve in the evaluation of ablation effect of liver tumors[J]. J Radiat Res Appl Sci, 2023, 16(3): 100601.
- [4] SIMAAN N, JUBEH T, WIEGLER K B, et al. Comparison of doppler ultrasound and computerized tomographic angiography in evaluation of cervical arteries stenosis in stroke patients, a retrospective single-center study[J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13(3): 459.
- [5] VASCONCELOS-BERG R, IZIDORO JF, WENZ F, et al. Doppler ultrasound-guided filler injections: useful tips to integrate ultrasound in daily practice[J]. Aesthet Surg J, 2023, 43(7): 773-783.
- [6] 中国医师协会骨科医师分会显微修复工作委员会, 中国修复重建外科专业委员会骨缺损及骨坏死学组, 中华医学会骨科分会显微修复学组. 成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)[J]. 中华骨科杂志, 2016, 36(15): 945-954.
- [7] 史明月, 卢发强. 多组学分析在非创伤性股骨头坏死中的应用现状和研究进展[J]. 新乡医学院学报, 2024, 41(6): 596-600.
- [8] 吕子豪, 周明旺, 王晓萍, 等. 中药干预骨髓间充质干细胞成骨分化治疗非创伤性股骨头坏死研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2023, 29(5): 719-723.
- [9] TAN Z, WANG Y, CHEN Y Q, et al. The dynamic feature of macrophage M1/M2 imbalance facilitates the progression of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2022, 10: 912133.
- [10] 楼志宏, 周静, 袁建南, 等. 早期非创伤性股骨头坏死的CT表现及与预后的关系[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(11): 38-43.
- [11] SUNDARESWARAN N, ELANCHEZHIAN E. Role of time intensity curve in dynamic contrast MRI evaluation of soft tissue tumor[J]. IJCMSR, 2020, 5(2). doi: 10.21276/ijcmsr.2020.5.2.14.
- [12] 张艳, 薛英红, 姬冬辉. 实时超声造影评估动脉粥样硬化性肾动脉狭窄术后肾血流灌注[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(3): 464-468.
- [13] 孙晓颖, 卞斌, 罗志建, 等. 超声造影评价地塞米松治疗大鼠肾脏缺血再灌注损伤的实验研究[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(3): 31-37.
- [14] 刘柯兵, 赵萍, 陈钰仪, 等. 超声造影在股骨头坏死前外侧病灶微血流灌注定量评估中的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(5): 583-586.
- [15] 王小龙, 洪超, 李治群. CT血管造影与颈动脉多普勒超声对老年颈动脉狭窄的诊断价值[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(10): 2325-2328.
- [16] MILLER K, GREEN S, SCHIEFER A, et al. Accuracy of fetal middle cerebral artery Doppler ultrasound for moderate to severe fetal anemia prior to 24 weeks gestation[J]. J Perinatol, 2023, 43(2): 231-232.
- [17] 陈烁瑶, 刘沛, 李明磊, 等. 超声造影定量评估儿童肾积水肾脏血流灌注的应用研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2022, 43(10): 914-919.
- [18] 岳睿, 李晓玉, 杨明辉, 等. 高龄老年髋部骨折患者术前下肢深静脉血栓形成的危险因素[J]. 首都医科大学学报, 2020, 41(3): 458-463.
- [19] 杨成彬, 赵萍, 魏秋实, 等. 股骨头坏死保髋术后血管再生的临床研究[J]. 放射学实践, 2020, 35(9): 1181-1185.
- [20] 张弘, 闫凤玲, 胡立伟, 等. 儿童股骨头坏死磁共振早期的定量研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2022, 28(3): 303-306.
- [21] 吴剑平, 黎艺强, 李敬春, 等. 股骨头血管发育对儿童发育性髋关节脱位闭合复位术后股骨头坏死发生的影响[J]. 中华小儿外科杂志, 2021, 42(12): 1118-1123.
- [22] 严谨, 魏秋实, 田媛媛, 等. 超声造影在股骨头坏死血流灌注中的应用价值[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(3): 301-306.
- [23] 韩志芬, 康彧, 王渠, 等. 超声造影在评价糖尿病足溃疡患者肢端微循环损害中的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(5): 573-576.
- [24] 田媛媛, 赵萍, 孙淑玮, 等. 超声造影对兔股骨头坏死微循环灌注的定量研究[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(1): 76-79.
- [25] 陈绍宁, 魏冰. 动态对比增强磁共振成像与股骨头坏死患者病程进展关系及疗效评估价值[J]. 广东医学, 2022, 43(2): 226-230.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 黄勇, 刘华, 刘玲, 等. 超声造影和股骨头髋侧循环动脉多普勒超声联合诊断早中期非创伤性股骨头坏死的研究[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(7): 85-90.

Cite this article as: HUANG Y, LIU H, LIU L, et al. Evaluation of the value and accuracy of the combined application of TIC curve analysis and MFCA Doppler ultrasound in the diagnosis of early and mid stage non traumatic osteonecrosis of the femoral head[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(7): 85-90.