

多模态超声在老年人肌少症筛检中的应用价值研究

胡静怡¹, 宋馨¹, 谢峥², 周蓓², 刘佳¹, 邓学东¹, 周培莹³, 莫丽亚², 吴永华²

1. 南京医科大学附属苏州医院超声中心 (江苏苏州 215002)
2. 南京医科大学附属苏州医院老年医学科 (江苏苏州 215002)
3. 江苏省卫生健康发展研究中心 (南京 210036)

【摘要】目的 应用多模态超声评估老年人骨骼肌的肌肉质量、弹性硬度和血流灌注情况, 分析其对肌少症的诊断价值。**方法** 选取 60 岁以上肌少症患者和健康老年人作为肌少症组和对照组, 分别使用肌骨超声、声触诊组织成像量化技术和能量多普勒超声对双侧肱二头肌和股直肌进行肌肉厚度、截面积、剪切波速度以及血流能量信号进行测量和评分, 并参照双能 X 射线吸收法 (dual energy X-ray absorptiometry, DEXA) 的相对骨骼肌质量指数结果, 分析多模态超声参数对肌少症的诊断价值。**结果** 共纳入 73 例研究对象, 其中肌少症组 36 例、对照组 37 例。肌少症组的年龄、肱二头肌和股直肌剪切波速度显著高于对照组 ($P < 0.05$); 肱二头肌和股直肌厚度、截面积、血流能量信号评分显著低于对照组 ($P < 0.05$)。各多模态超声参数中, 肌肉的剪切波速度诊断效能最佳, 其中肱二头肌剪切波速度的受试者工作特征曲线的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.96[95%CI (0.87, 0.98)], 诊断肌少症的敏感度和特异度分别为 86.50% 和 98.89%; 股直肌剪切波速度的 AUC 为 0.91[95%CI (0.84, 0.95)], 敏感度和特异度分别为 81.08% 和 90.38%。肱二头肌和股直肌厚度、截面积、血流能量信号评分与 DEXA 结果呈正相关, 剪切波速度与 DEXA 结果呈负相关。**结论** 多模态超声技术可评估老年人四肢骨骼肌的形态结构学、生物力学和微循环状态, 对肌少症有良好的诊断价值, 为肌少症的早期筛检提供客观、多维度的量化诊断指标。

【关键词】 肌少症; 多模态超声; 肌骨超声; 声触诊组织成像量化技术; 能量多普勒超声; 诊断

【中图分类号】 R 445.1; R 685 **【文献标识码】** A

Application value of multimodal ultrasound in screening for sarcopenia in the elderly

HU Jingyi¹, SONG Xin¹, XIE Zheng², ZHOU Bei², LIU Jia¹, DENG Xuedong¹, ZHOU Peiying³, MO Liya², WU Yonghua²

1. Ultrasound Center, The Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University, Suzhou 215002, Jiangsu Province, China

2. Department of Geriatric Medicine, The Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University, Suzhou 215002, Jiangsu Province, China

3. Jiangsu Health Development Research Center, Nanjing 210036, China

Corresponding author: MO Liya, Email: yaya.172@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the muscle mass, elasticity, hardness, and blood flow

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202412077

基金项目: 江苏省卫生健康发展研究中心开放课题面上项目 (JSHD2022061)

通信作者: 莫丽亚, 主任医师, Email: yaya.172@163.com

perfusion of skeletal muscles in elderly patients using multimodal ultrasound, and analyse the diagnostic value of multimodal ultrasound for sarcopenia. **Methods** Patients over 60 years old with sarcopenia and healthy elderly individuals were selected as the sarcopenia group and control group. Musculoskeletal ultrasound, virtual touch tissue imaging quantification, and power Doppler ultrasound were used to measure and score the muscle thickness, cross-sectional area, shear wave velocity, and blood flow energy signals of bilateral biceps and rectus femoris muscles, respectively. The diagnostic values of multimodal ultrasound parameters for sarcopenia were analyzed based on the relative skeletal muscle mass index results obtained by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). **Results** A total of 73 study subjects were included, including 36 cases in the sarcopenia group and 37 cases in the control group. The age, biceps, and rectus femoris shear wave velocity of the sarcopenia group were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). The thickness, cross-sectional area, and blood flow energy signal scores of the biceps brachii and rectus femoris muscles were significantly lower than those of the control group ($P<0.05$). Among various multimodal ultrasound parameters, muscle shear wave velocity has the best diagnostic efficiency. The area under curve (AUC) of the receiver operating characteristic curve for shear wave velocity of biceps brachii was 0.96[95%CI (0.87, 0.98)], and the sensitivity and specificity for diagnosing muscle atrophy were 86.50% and 98.89%, respectively. The AUC of shear wave velocity of rectus femoris muscle was 0.91[95%CI (0.84, 0.95)], with sensitivity and specificity of 81.08% and 90.38%, respectively. The thickness, cross-sectional area, and blood flow energy signal score of the biceps brachii and rectus femoris muscles were positively correlated with DEXA results, while shear wave velocity was negatively correlated with DEXA results. **Conclusion** Multimodal ultrasound technology can evaluate the morphological structure, biomechanics, and microcirculation status of skeletal muscles in the limbs of elderly people. It has good diagnostic value for sarcopenia, providing objective and multidimensional quantitative diagnostic indicators for early screening of sarcopenia.

【Keywords】 Sarcopenia; Multimodal ultrasound; Musculoskeletal ultrasound; Virtual touch tissue imaging quantification; Power Doppler ultrasound; Diagnosis

肌少症是一种老年性综合症，其特征是与年龄相关的骨骼肌质量和肌肉力量或躯体功能下降，严重影响老年人的生活质量以及日常活动。随着全球人口老龄化程度日益严重，肌少症的发病率逐年增加，预计到 2050 年全球有近 6.3 亿人可能罹患肌少症^[1-3]。欧洲老年人肌少症工作组（European Working Group on Sarcopenia in Older People, EWGSOP）^[4]和亚洲肌少症工作小组（Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS）^[5]，以及《老年人肌少症防控干预中国专家共识（2023）》^[6]均提出尽早识别肌少症及其高危人群，并进行精准管理和干预，可有效减少或延缓患者不良健康后果。但由于肌少症起病隐匿，如何对其早期发现并诊断，是当下亟待解决的问题。肌骨超声（musculoskeletal ultrasound, MSKUS）可以准确定位骨骼肌分布、可视化肌纤维形状，并通过提供骨骼肌的厚度、截面积等参数来评价肌肉质量^[7]，已逐渐应用于肌少症的评估，但尚无明确的肌肉质量数据标准化诊断

阈值，仍处于临床研究和技术优化阶段。

近年来研究发现，老年人肌肉功能状态除了与肌肉质量下降相关外，还与肌肉力量下降显著相关^[8-9]。随着科学技术进步和超声仪器的不断发展，多模态超声技术已逐步应用于临床，如声触诊组织成像量化技术（virtual touch tissue imaging quantification, VTIQ）可获得生物学组织弹性的定量参数，并可对软组织的硬度和弹性值进行量化评估^[10]。能量多普勒超声（power Doppler ultrasound, PDUS）可监测人体组织内低流量和低流速的微小血管，显示软组织的血流灌注情况^[11]。本研究使用 MSKUS、VTIQ 和 PDUS 对老年肌少症患者的双侧上肢肱二头肌及下肢股直肌进行超声多模态技术检测，评估其肌肉质量、弹性硬度以及血供情况，并进行比对分析，研究多模态超声对评估肌少症患者四肢骨骼肌的物理力学和微循环状态的应用价值，为肌少症的预判提供多维度的影像学诊断指标。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2023 年 1 月至 2024 年 4 月于南京医科大学附属苏州医院老年医学科门诊 / 住院或健康体检的老年人作为研究对象。本研究已获得南京医科大学附属苏州医院伦理委员会批准 (批号: K-2023-042-K01)。

纳入标准: ①认知功能正常, 能接受双能 X 射线吸收法 (dual energy X-ray absorptiometry, DEXA) 检测仪 (美国 GE 公司, 型号 Prodigy Advance) 评估四肢肌肉量, 获得相对骨骼肌质量指数 (relative skeletal muscle mass index, RSMI) 结果; 能接受握力 (美国 PM 公司, Jamar 握力计 120604) 肌肉力量评估及 6 min 步速躯体运动功能评估; ②年龄大于 60 岁; ③无严重心血管、肝肾系统疾病和内分泌代谢障碍; ④能配合完成多模态超声检查; ⑤临床资料完整。排除标准: ①患有严重影响四肢活动功能的疾病, 如骨折、脑梗死、脑外伤等, 以及患有严重肌肉相关性疾病, 如肌炎、重症肌无力、进行性肌营养不良等; ②神经系统和精神疾病病史。

分组标准根据《中国老年人肌少症诊疗专家共识 (2021)》^[12] 诊断标准: ① DEXA 评估四肢肌肉量 RSMI: 男 $< 7.0 \text{ kg/m}^2$, 女 $< 5.4 \text{ kg/m}^2$; ②握力检测结果: 男 $< 28 \text{ kg}$, 女 $< 18 \text{ kg}$; ③ 6 min 步速检测结果 $< 1.0 \text{ m/s}$ 。符合①, 且符合②、③中任意一项或两项者为肌少症组; 不符合①者则为对照组。

1.2 仪器设备

德国西门子 ACUSON OXANA 3 彩色超声诊断仪 (内置 MSKUS、VTIQ 和 PDUS 技术), 线阵探头 9L4, 探头频率为 4~9 MHz。

1.3 研究方法

由一名具有 5 年以上肌骨超声工作经验的医师对所有受试者进行检查, 受试者及肌骨超声医师均不知情受试者的临床诊断结果。

受试者取仰卧位, 四肢放松伸展。超声仪器设置为 MSK 条件, 检查深度设置为 3~4 cm, 成像深度和聚焦点均调至近场。壁滤波器设置为最小值, 脉冲重复频率 750 Hz, PDUS 设置为灵敏度最佳。操作者在同一超声显示屏中, 探头轻放不压迫肌肉及血管, 实时、动态、清晰显示受试

者的双侧肱二头肌和股直肌。

首先使用 MSKUS 模式, 将探头垂直于肌束放置, 确定肱二头肌和股直肌肌腹最厚处, 包绕肌膜测量其横截面积。探头在此位置旋转 90 度, 显示肌肉长轴, 肌肉厚度测量为浅肌膜和深肌膜之间距离。各测量 3 次, 获取双侧肱二头肌和股直肌最大厚度平均值及截面积平均值。

然后使用 PDUS 模式, 显示肌肉内部的能量多普勒血流信号, 设置感兴趣区位于肌腹内, 探头扫描角度为 25~30 度, 能量增益调节为可显示小血管但不出现噪声, 观察其信号情况, 采用能量多普勒定量评分法^[13]进行评分。评分法分为 0~3 分: 0 分, 未探及信号; 1 分, 探及少量信号; 2 分, 探及中等量信号; 3 分: 探及丰富信号。各评分 3 次, 获取双侧肱二头肌和股直肌肌腹内血流能量信号评分平均值。

最后, 使用 VTIQ 模式, 于肌肉的最大横切和最大纵切面分别进行 VTIQ 图像显示。首先使用 VTIQ 质量模式图观察肌肉组织的 VTIQ 图像色彩变化。调节感兴趣区大小, 要求位于肌腹内, 不超出肌膜, 图像中硬度由高至低以红色—黄色—绿色—蓝色显示。再进行剪切波速度测量, 仪器可测量速度范围为 0.5~6.5 m/s, 测量框的范围为 1 mm × 1 mm。根据感兴趣区大小, 对肌肉各任意取 6 个点进行测量, 仪器自动计算剪切波速度最大值 ($V_{\max}$) 结果。各测量 3 次, 获取双侧肱二头肌和股直肌剪切波最大速度平均值。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 25.0 软件对数据进行分析, 采用 Shapiro-Wilk 检验分析数据分布的正态性, 由于部分数据不符合正态分布, 因此采用中位数和四分位数 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示, 使用 Mann-Whitney U 检验对肌少症组和对照组的年龄与检测结果进行差异性比较; 以 DEXA 的检测结果 RSMI 值作为金标准, 使用 MedCalc 22.018 软件分别对肌肉厚度、截面积、剪切波速度以及血流能量信号评分等多模态超声检查参数构建受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC), 根据约登指数 (Youden index, YI) 确定多模态超声检测参数诊断肌少症的最佳截断值, 获取其敏感度、特异度, 并对 ROC 曲线的曲线下面积 (area under curve, AUC) 进行比较。采用 Spearman 相关系数法确定年龄、肌肉厚

度、截面积、剪切波速度以及血流能量信号评分与 RSMI 之间的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

共纳入受试者 73 例，其中男性 20 例，年龄为 61~97 岁；女性 53 例，年龄为 61~94 岁。肌少症组共 36 例，其中男性 14 例，年龄为 74.50 (74.00, 84.50) 岁；女性 22 例，年龄为 73.50 (69.25, 79.50) 岁；对照组共 37 例，其中男性 6 例，年龄为 70.00 (63.75, 72.50) 岁；女性 31 例，年龄为 72.00 (66.00, 76.00) 岁。

肌少症组年龄 [74.00 (70.00, 80.25)] 高于对照组的年龄 [71.00 (63.60, 76.00)]，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组受试者的性别，以及两组不同性别中的年龄差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。肌少症组男性和女性 RSMI 均显著低于对照组，差异具有统计学意义 ($P < 0.01$)，见表 1。

2.2 两组多模态超声各测量参数差异

肌少症组男性和女性的双侧肱二头肌平均厚度和截面积中位数分别为 1.97 cm/6.98 cm²、

1.38 cm/5.34 cm²；对照组男性和女性的双侧股直肌平均厚度和截面积中位数分别为 1.41 cm/5.21 cm²、1.12 cm/3.55 cm²。肌少症组肱二头肌和股直肌的剪切波速度均显著快于对照组，差异有统计学意义 ($P < 0.01$)；肌少症组肱二头肌和股直肌的厚度、截面积、血流能量信号评分均显著低于对照组，差异有统计学意义 ($P < 0.01$)，见表 2、图 1 和图 2。

2.3 ROC 曲线分析

通过 ROC 曲线分析评价多模态超声参数评估肌少症的诊断价值，结果显示肌肉的剪切波速度诊断效能最为良好。其中肱二头肌的剪切波速度的 AUC 值为 0.96[95%CI (0.87, 0.98)]，对肌少症的敏感度和特异度分别为 86.50% 和 98.89%；股直肌的剪切波速度的 AUC 值为 0.91[95%CI (0.84, 0.95)]，对肌少症的敏感度和特异度分别为 81.08% 和 90.38%，见表 3。

2.4 多模态超声参数与 RSMI 相关性比较

所有受试者中，肱二头肌和股直肌的厚度、截面积、血流能量信号评分与 RSMI 值均呈现正相关，肱二头肌和股直肌的剪切波速度与 RSMI 值呈现负相关，相关性均有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表 4。

表1 两组受试者的人口统计学特征及RSMI值[M (P₂₅, P₇₅)]

组别	人数 (例)		年龄 (岁)		RSMI (kg/m ²)	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
肌少症组	14	22	74.50 (74.00, 84.50)	73.50 (69.25, 79.50)	6.37 (5.82, 6.60)	4.78 (4.62, 5.07)
对照组	6	31	70.00 (63.75, 72.50)	72.00 (66.00, 76.00)	7.32 (7.26, 7.46)	6.20 (5.75, 6.53)
χ^2/U 值	3.64		20.03		49.36	
P值	0.06		0.07		<0.01	

表2 肌少症组和对照组多模态超声各测量参数对比[M (P₂₅, P₇₅)]

Table 2. Multimodal ultrasound parameters of the sarcopenia group and the control group [M (P ₂₅ , P ₇₅)]				
项目	肌少症组 (n=36)	对照组 (n=37)	U值	P值
肱二头肌				
厚度 (cm)	1.85 (1.77, 2.01)	2.16 (2.05, 2.29)	428.67	<0.01
截面积 (cm ²)	6.12 (5.14, 7.23)	8.07 (6.06, 9.03)	375.72	<0.01
剪切波速度 (m/s)	3.63 (3.24, 3.89)	2.72 (2.35, 3.04)	422.74	<0.01
血流能量信号评分 (分)	1.00 (0.00, 1.00)	2.00 (1.00, 2.00)	431.65	<0.01
股直肌				
厚度 (cm)	1.21 (0.99, 1.48)	1.79 (1.27, 1.99)	390.60	<0.01
截面积 (cm ²)	3.46 (2.76, 6.20)	4.08 (3.68, 4.96)	411.32	<0.01
剪切波速度 (m/s)	2.70 (2.25, 3.55)	2.13 (2.02, 2.31)	418.37	<0.01
血流能量信号评分 (分)	1.00 (0.00, 1.00)	2.00 (1.00, 2.00)	431.78	<0.01

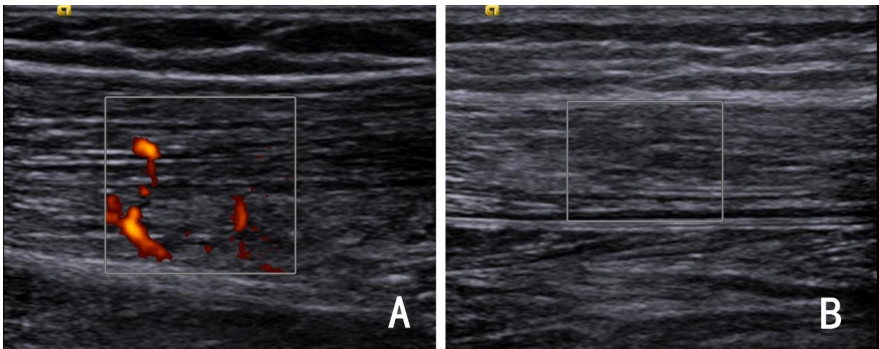


图1 对照组与肌少症组肌肉能量多普勒血流能量信号对比

Figure 1. Comparison of power Doppler blood flow signals between the control group and the sarcopenia group
注：A.对照组股直肌内探及中等血流能量信号，评分为2分；B.肌少症组股直肌内未探及明显血流能量信号，评分为0分。

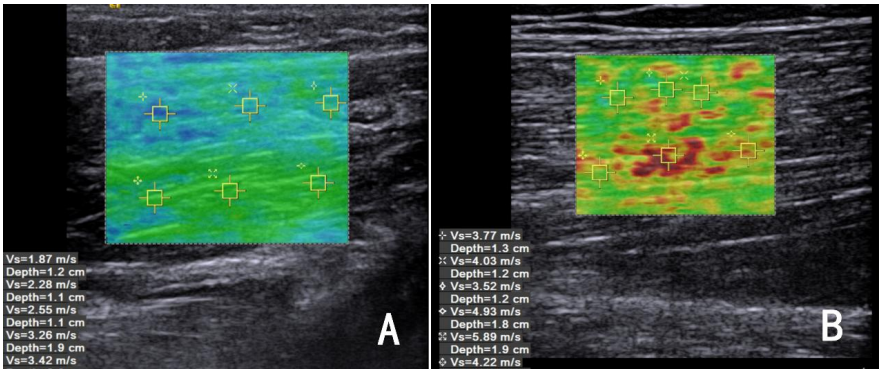


图2 对照组与肌少症组肌肉剪切波速度差异

Figure 2. Shear wave velocity in the control group and sarcopenia group
注：剪切波速度图像中硬度由高至低以红色—黄色—绿色—蓝色显示，测值以Vs表示；A.对照组肱二头肌剪切波速度图以绿色和蓝色为主，速度测值明显低于肌少症组；B.肌少症组肱二头肌剪切波速度图以黄色和红色为主，速度测值明显高于对照组。

表3 ROC曲线分析结果

Table 3. Results of ROC curve analysis

项目	AUC值 (95%CI)	Youden指数	截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)
肱二头肌					
厚度 (cm)	0.93 (0.83, 0.96)	0.73	2.01	77.89	96.49
截面积 (cm ²)	0.68 (0.65, 0.87)	0.52	6.02	77.57	89.90
剪切波速度 (m/s)	0.96 (0.87, 0.98)	0.86	3.14	86.50	98.89
血流能量信号评分 (分)	0.95 (0.85, 0.98)	0.58	1.00	94.59	63.64
股直肌					
厚度 (cm)	0.88 (0.76, 0.92)	0.70	1.53	73.33	100.00
截面积 (cm ²)	0.89 (0.83, 0.93)	0.66	3.81	78.40	87.88
剪切波速度 (m/s)	0.91 (0.84, 0.95)	0.71	2.71	81.08	90.38
血流能量信号评分 (分)	0.89 (0.81, 0.94)	0.54	1.00	91.60	66.60

表4 多模态超声参数与RSMI的相关性

Table 4. Correlation between multimodal ultrasound parameters and RSMI

Spearman相关性系数	肱二头肌				股直肌			
	厚度	截面积	剪切波速度	血流能量信号	厚度	截面积	剪切波速度	血流能量信号
	(cm)	(cm ²)	(m/s)	评分 (分)	(cm)	(cm ²)	(m/s)	评分 (分)
r值	0.44	0.47	-0.27	0.55	0.50	0.48	-0.16	0.55
P值	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05

3 讨论

骨骼肌质量的丧失被认为是诊断肌少症的关键因素,因此,对肌肉质量的精确定量是老年人肌少症筛检的重要基础^[14]。目前共识或指南推荐中以 DEXA 对四肢骨骼肌肉量的评估值 RSMI 作为检查金标准^[4-6],但其设备巨大,有电离辐射,限制了 DEXA 的广泛应用。而且 DEXA 无法精准定位肌肉,不能区分内脏、皮下及肌间脂肪,可能会出现肌少症诊断的低估^[15]。目前已有文献表明 MSKUS 可同时检测多个肌肉,清晰显示肌肉、脂肪等软组织层次关系及其结构学特征,并快速准确地测量肌肉厚度、截面积来评估肌肉质量^[16]。且多模态超声设备较 DEXA 检查相对便携,可支持床旁、社区筛查,适合资源有限的基层医疗机构或流行病学调查。但多模态超声技术应用于肌少症的筛查和诊断尚处于起步阶段,目前国内外的研究报道较少。

本研究使用多模态超声的 MSKUS 技术获得了 73 例 60 岁以上肌少症患者和健康老年人的双侧上肢肱二头肌、下肢股直肌的平均厚度以及截面积的中位数值。肌少症组的双侧肱二头肌平均厚度和截面积明显低于健康对照组,亦明显低于 Li 等^[17]对于 179 位 64~80 岁我国健康老年人的肱二头肌厚度的超声测值(男性 2.14 cm/8.88 cm²,女性 1.69 cm/5.46 cm²)。另外,肌少症组的股直肌厚度和截面积也明显低于健康对照组,低于 Hida 等^[18]的研究结果。除此之外,本研究显示肌少症组和健康对照组的年龄也有明显差异,肌少症组年龄高于对照组,且肌少症患者的肱二头肌和股直肌的肌肉质量超声测值与 RSMI 呈明显负相关。本研究结果显示随着年龄增加,人体四肢骨骼肌含量进行性下降。

骨骼肌内充足的血液灌注可为肌细胞提供足量氧气和营养物质,以保证其正常代谢及生长。血供不足时,骨骼肌氧化代谢减少、蛋白质合成减少和分解增加、磷酸肌酸下降加快并导致三磷酸腺苷供给障碍,也是造成老年人肌少症的主要原因^[19]。PDUS 通过评估血管中红细胞多普勒频移的总数反应血流灌注情况,且不受血流速度和方向影响。频移的红细胞数量越多,则灌注越多,反之则灌注下降,对于软组织内的低速血流非常敏感^[20]。Babaei 等^[21]通过对糖尿病小鼠的外周

循环血流灌注成像,发现 PDUS 不但可以精准评价骨骼肌的血流灌注,还可随时间变化进行跟踪监测,并推荐将其用于评估骨骼肌的血流调节、氧气摄取和新陈代谢。本研究使用 PDUS 直接观察肱二头肌和股直肌的血流能量信号,发现肌少症组的血流能量信号明显少于健康对照组,差异显著,说明肌少症组四肢骨骼肌的微循环功能差,肌肉的血液灌注量明显不足,直接影响老年人的骨骼肌细胞生理功能,造成骨骼肌功能下降,活动能力低下。另外,微循环功能下降往往早于骨骼肌出现衰老表现,本研究显示 PDUS 能够正确识别并检测骨骼肌的血液循环灌注情况,有助于肌少症的早期发现。

本研究使用 VTIQ 成像技术分别获取肌少症和健康对照组肱二头肌和股直肌的肌肉剪切波速度数值。该技术是由超声仪器向组织中机械激发脉冲剪切波,追踪其在组织中传播情况,收集组织的反应和变化,并实现超声成像,自动计算剪切波在组织内传播速度,组织硬度越大、弹性越差,剪切波传播的速度越大,从而对组织的弹性和硬度进行量化评估^[22-23]。本研究结果显示,肌少症组肱二头肌和股直肌的剪切波速度均明显高于健康对照组,说明其肌肉的弹性减低,硬度增加。而且肌肉的剪切波速度数值与 RSMI 值呈明显负相关,RSMI 值越低,肌肉的剪切波速度数值越高。老年人通常因为衰老、慢性疾病、运动少和营养水平不足导致血红蛋白水平降低、细胞炎性因子释放和激素水平变化,造成肌肉的纤维增生和脂肪浸润,从而导致肌肉僵硬程度增高。而肌肉僵硬程度增加又导致肌纤维收缩和伸展程度减少,肌张力减低,最终造成肌肉力量的下降^[24-25]。本研究结果也进一步证实了随着骨骼肌细胞数量减少,间质纤维增加,骨骼肌的弹性也相应减低,质地变硬,生物力学状态明显下降。

本研究的结果表明,使用多模态超声技术对肌少症患者和健康老年人双侧肱二头肌和股直肌进行检查,能够良好的综合评估肌肉的形态学、物理力学、微循环情况。分析本研究中多模态超声技术各个检查参数结果,评价其诊断效能,显示多模态超声技术对肌少症具有良好的诊断价值。进一步对不同检查参数结果进行比对,发现肱二头肌和股直肌的厚度、截面积测值敏感度相对偏低,而特异度较高;肌肉的血流能量信号评

分的敏感度较高但特异度相对偏低；肌肉的剪切波速度数值的诊断效能表现最优，能够更好地反映骨骼肌力学特性，对肌少症的筛查有重要价值。

综上所述，多模态超声技术可对老年人肱二头肌和股直肌的肌肉质量、肌肉弹性和肌肉血流灌注情况进行定性、定量分析，可有效应用于评估肌少症患者四肢骨骼肌的形态结构学、机械力学和微循环状态，为肌少症的早期筛查提供多维度、量化的诊断指标。但本研究样本量有限，且没有对不同地域和运动健身情况的老年人进行分组，后期需增加样本量和更多分组数据，开展多中心研究，结合人工智能辅助系统规范超声图像和测量标准，建立基于年龄、性别的超声数值参考范围，结合多模态数据建立分层诊断体系，为肌少症的早期筛查和防治提供更多客观诊断数据。

伦理声明：本研究已获得南京医科大学附属苏州医院伦理委员会批准（批号：k-2023-042-k01）

作者贡献：研究构思与设计：莫丽亚、胡静怡；论文撰写：胡静怡、宋馨；数据采集与分析：胡静怡、宋馨、谢峥、周蓓、刘佳；论文修改：邓学东、吴永华；资金支持与论文审定：莫丽亚、周培莹

数据获取：本研究中使用和（或）分析的数据可联系通信作者获取

利益冲突声明：无

致谢：不适用

参考文献

- Colleluori G, Villareal DT. Aging, obesity, sarcopenia and the effect of diet and exercise intervention[J]. *Exp Gerontol*, 2021, 155: 111561. DOI: [10.1016/j.exger.2021.111561](#).
- 陈长, 刘辉, 蔺阳刚, 等. 肌少症在老年动脉粥样硬化性心血管疾病发病中的作用研究进展 [J]. *解放军医学杂志*, 2021, 46(5): 512-517. [Chen C, Liu H, Lin YG, et al. Research progress on the role of sarcopenia in the pathogenesis of atherosclerotic cardio-cerebrovascular disease in the elderly[J]. *Medical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2021, 46(5): 512-517.] DOI: [10.11855/j.issn.0577-7402.2021.05.14](#).
- 李娜, 王娅鑫, 雷青, 等. 社区老年肌少症筛查工具准确性的网状 Meta 分析 [J]. *中国循证医学杂志*, 2024, 24(6): 678-685. [Li N, Wang YX, Lei Q, et al. Accuracy of screening tools for sarcopenia in the elderly in community: a network Meta-analysis[J]. *Chinese Journal of Evidence-Based Medicine*, 2024, 24(6): 678-685.] DOI: [10.7507/1672-2531.202308056](#).
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(4): 16-31. DOI: [10.1093/ageing/afz046](#).
- Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(3): 300-307. DOI: [10.1016/j.jamda.2019.12.012](#).
- 崔华, 王朝晖, 吴剑卿, 等. 老年人肌少症防控干预中国专家共识 (2023)[J]. *中华老年医学杂志*, 2023, 42(2): 144-153. [Cui H, Wang ZH, Wu JQ, et al. Chinese expert consensus on prevention and intervention for eldly with scropenia(2023)[J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2023, 42(2): 144-153.] DOI: [10.3760/ema.j.issn.0254-9026.2023.02.002](#).
- Boon AJ, Wijntjes J, O'Brien TC, et al. Diagnostic accuracy of gray scale muscle ultrasound screening for pediatric neuromuscular disease[J]. *Muscle Nerve*, 2021, 64(1): 50-58. DOI: [10.1002/mus.27211](#).
- Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cristini C, et al. Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study[J]. *Am J Clin Nutr*, 2009, 89(6): 1895-1900. DOI: [10.3945/ajcn.2008.26950](#).
- Schaap LA, Koster A, Visser M. Adiposity, muscle mass, and muscle strength in relation to functional decline in older persons[J]. *Epidemiol Rev*, 2013, 35: 51-65. DOI: [10.1093/epirev/mxs006](#).
- Bastijns S, De Cock AM, Vandewoude M, et al. Usability and pitfalls of shear-wave elastography for evaluation of muscle quality and its potential in assessing sarcopenia: a review[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2020, 46(11): 2891-2907. DOI: [10.1016/j.ultrasmedbio.2020.06.023](#).
- Smith E, Azzopardi C, Thaker S, et al. Power Doppler in musculoskeletal ultrasound: uses, pitfalls and principles to overcome its shortcomings[J]. *J Ultrasound*, 2021, 24(2): 151-156. DOI: [10.1007/s40477-020-00489-0](#).
- 刘娟, 丁清清, 周白瑜, 等. 中国老年人肌少症诊疗专家共识 (2021)[J]. *中华老年医学杂志*, 2021, 40(8): 943-952. [Liu J, Ding QQ, Zhou BY, et al. Chinese expert consensus on diagnosis and treatment for eldly with scropenia (2021)[J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2021, 40(8): 943-952.] DOI: [10.3760/ema.j.issn.0254-9026.2021.08.001](#).
- Dietz AR, Connolly A, Dori A, et al. Intramuscular blood flow in duchenne and becker muscular dystrophy: quantitative power doppler sonography relates to disease severity[J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(1): 1-5. DOI: [10.1016/j.clinph.2019.09.023](#).
- Kuschel LB, Sonnenburg D, Engel T. Factors of muscle quality and determinants of muscle strength: a systematic literature review[J]. *Healthcare (Basel)*, 2022, 10(10): 1937. DOI: [10.3390/healthcare10101937](#).
- 崔梦钊, 刚晓坤, 崔发英, 等. 肌少症影像学诊断及生物学标志 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2018, 11(4): 415-422. [Cui MZ, Gang XK, Cui FY, et al. Imaging diagnostic

- methods and biological markers of sarcopenia[J]. Chinese Journal of Osteoporosis and Bone Mineral Research, 2018, 11(4): 415–422.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-2591.2018.04.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-2591.2018.04.015).
- 16 Ticinesi A, Meschi T, Narici MV, et al. Muscle ultrasound and sarcopenia in older individuals: a clinical perspective[J]. J Am Med Dir Assoc, 2017, 18(4): 290–300. DOI: [10.1016/j.jamda.2016.11.013](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.11.013).
- 17 Li S, Li H, Hu Y, et al. Ultrasound for measuring the cross-sectional area of biceps brachii muscle in sarcopenia[J]. Int J Med Sci, 2020, 17(18): 2947–2953. DOI: [10.7150/ijms.49637](https://doi.org/10.7150/ijms.49637).
- 18 Hida T, Ando K, Kobayashi K, et al. Ultrasound measurement of thigh muscle thickness for assessment of sarcopenia[J]. Nagoya J Med Sci, 2018, 80(4): 519–527. DOI: [10.18999/nagjms.80.4.519](https://doi.org/10.18999/nagjms.80.4.519).
- 19 Vale-Lira A, Turri-Silva N, Verboven K, et al. Muscle-skeletal abnormalities and muscle oxygenation during isokinetic strength exercise in heart failure with preserved ejection fraction phenotype: a cross-sectional study[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(2): 709. DOI: [10.3390/ijerph19020709](https://doi.org/10.3390/ijerph19020709).
- 20 Gliemann L, Mortensen SP, Hellsten Y. Methods for the determination of skeletal muscle blood flow: development, strengths and limitations[J]. Eur J Appl Physiol, 2018, 118(6): 1081–1094. DOI: [10.1007/s00421-018-3880-5](https://doi.org/10.1007/s00421-018-3880-5).
- 21 Babaei S, Dobrucki LW, Insana MF. Power-doppler ultrasonic imaging of peripheral perfusion in diabetic mice[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2024, 71(8): 2421–2431. DOI: [10.1109/TBME.2024.3373254](https://doi.org/10.1109/TBME.2024.3373254).
- 22 Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, et al. Shear-Wave elastography: basic physics and musculoskeletal applications[J]. Radiographics, 2017, 37(3): 855–870. DOI: [10.1148/rgr.2017160116](https://doi.org/10.1148/rgr.2017160116).
- 23 Sibbitt WL Jr, Sibbitt RR. Sonoelastography: a powerful technique in musculoskeletal imaging[J]. J Clin Ultrasound, 2023, 51(1): 131–133. DOI: [10.1002/jcu.23353](https://doi.org/10.1002/jcu.23353).
- 24 Garatachea N, Lucia A. Genes, physical fitness and ageing[J]. Ageing Res Rev, 2013, 12(1): 90–102. DOI: [10.1016/j.arr.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.09.003).
- 25 Kalyani RR, Corriere M, Ferrucci L. Age-related and disease-related muscle loss: the effect of diabetes, obesity, and other diseases[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2014, 2(10): 819–829. DOI: [10.1016/S2213-8587\(14\)70034-8](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70034-8).

收稿日期: 2024 年 12 月 14 日 修回日期: 2025 年 01 月 19 日
本文编辑: 李绪辉 曹 越

引用本文: 胡静怡, 宋馨, 谢峥, 等. 多模态超声在老年人肌少症筛查中的应用价值研究[J]. 医学新知, 2025, 35(6): 657–664. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202412077](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202412077).

Hu JY, Song X, Xie Z, et al. Application value of multimodal ultrasound in screening for sarcopenia in the elderly[J]. Yixue Xinzhi Zazhi, 2025, 35(6): 657–664. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202412077](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202412077).