·智能医疗器械专栏·

站立位下肌骨超声弹性成像对非特异性下背痛的诊断和评估价值

施捷健[1] 柳俊[2] 张伟明[2] 张洁[1] 孙晓培[1] 鲍勇[1*]

（1.上海市瑞金康复医院康复医学科，上海 200026；2.上海交通大学医学院附属瑞金医院康复医学科，上海 200025）

【摘要】 目的 探讨站立位下肌骨超声弹性成像对非特异性下背痛（nonspecific low back pain, NLBP）的诊断和评估价值。**方法** 选取2024年6月至2025年6月于上海市瑞金康复医院确诊为NLBP并且在两周内未接受治疗的患者16例作为观察组，选取同期8名健康体检者作为对照组。于治疗前或体检时采集性别、年龄、身体质量指数（body mass index, BMI）等基础数据并进行站立位下肌骨超声相关指标（腹横肌厚度、腹横肌弹性模量、腰髂肋肌厚度、腰髂肋肌弹性模量）测量，同时观察组采用视觉模拟评分法（visual analogue scale, VAS）评估疼痛程度。采用R 4.5.2软件进行统计分析和诊断建模，绘制受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线，计算各诊断模型的曲线下面积（area under curve, AUC）、灵敏度、特异度及截断值，比较各模型的诊断效能。**结果** 观察组和对照组在性别、年龄、BMI方面比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。观察组腹横肌厚度、腰髂肋肌厚度与对照组比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）。观察组腹横肌弹性模量显著低于对照组，腰髂肋肌弹性模量显著高于对照组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。*Pearson*相关性分析显示，各诊断模型中，弹性模量比值（腹横肌弹性模量与腰髂肋肌弹性模量之间的比值）的二次幂模型诊断效能最佳，AUC达到1.000，其次为腰髂肋肌弹性模量模型、弹性模量比值模型，AUC分别为0.852和0.812。另外，观察组患者的VAS评分与站立位下腰髂肋肌弹性模量呈正相关（$P<0.001$），与站立位下弹性模量比值呈负相关（$P<0.001$）；对照组站立位下弹性模量比值在1.22～1.90之间，而观察组患者该比值在0.50～1.22之间或>1.90。**结论** 站立位下肌骨超声测量的腹横肌弹性模量与腰髂肋肌弹性模量比值可作为一项客观参数，与NLBP患者主观VAS评分具有相关性，提示站立位下肌骨超声弹性成像评估有望成为NLBP患者的客观评价方法之一，为其早期诊断、疗效评估及康复方案制定提供量化依据。

【关键词】 肌骨超声；站立位；弹性成像；非特异性下背痛；腹横肌弹性模量；腰髂肋肌弹性模量；康复评估

【中图分类号】 R455.1 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202603003

The diagnostic and evaluation value of standing musculoskeletal ultrasound elastography for nonspecific lower back pain

Shi Jiejian[1], Liu Jun[2], Zhang Weiming[2], Zhang Jie[1], Sun Xiaopei[1], Bao Yong[1]*

(1.Department of Rehabilitation Medicine, Shanghai Ruijin Rehabilitation Hospital, Shanghai 200026, China; 2.Department of Rehabilitation Medicine, Ruijin Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

【Abstract】 Objective To explore the diagnostic and evaluation value of musculoskeletal ultrasound elastography in the standing position for nonspecific low back pain (NLBP). **Methods** A total of 16 patients with NLBP, who had not received treatment within two weeks prior to enrollment, were recruited as the observation group from Shanghai Ruijin Rehabilitation Hospital between June 2024 and June 2025, and 8 healthy people in the same period were selected as the control group. Before

收稿日期： 2026-05-06

基金项目： 上海市黄浦区医学重点专科建设计划（2023ZDZK04）；黄浦区卫健委项目（HLZ202208）

第一作者： 施捷健，男，本科，副主任技师，研究方向：肌骨疼痛的康复治疗

通信作者： 鲍勇，男，硕士研究生，主任医师，研究方向：运动及神经系统疾病康复

treatment or during physical examination, basic data such as gender, age, and body mass index (BMI) were collected, and musculoskeletal ultrasound related indicators (thickness of transversus abdominis, elastic modulus of transversus abdominis, thickness of lumboiliocostoid muscle, elastic modulus of lumboiliocostoid muscle) were measured in standing position. At the same time, the visual analogue scale (VAS) was used to evaluate the degree of pain in the observation group. R 4.5.2 software was used for statistical analysis and diagnostic modeling, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn. The area under curve (AUC), sensitivity, specificity and cut−off value of each diagnostic model were calculated, and the diagnostic efficacy of each model was compared. **Results** There was no significant difference in gender, age, and BMI between the observation group and the control group ($P>0.05$). There was no significant difference in the thickness of transversus abdominis and lumboiliocostalis between the observation group and the control group ($P>0.05$). The elastic modulus of transverse abdominis in the observation group was significantly lower than that in the control group, and the elastic modulus of lumboiliocostalis in the observation group was significantly higher than that in the control group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). *Pearson* correlation analysis showed that among the diagnostic models, the quadratic power model of elastic modulus ratio (the ratio between the elastic modulus of transverse abdominis muscle and the elastic modulus of lumboiliocostoid muscle) had the best diagnostic performance, with an AUC of 1.000, followed by the elastic modulus of lumboiliocostoid muscle and elastic modulus ratio model, with AUC of 0.852 and 0.812, respectively. In addition, the VAS score of the observation group was positively correlated with the elastic modulus of the lumbar iliocostalis muscle in the standing position ($P<0.001$), and the VAS score of the observation group was negatively correlated with the ratio of elastic modulus in the standing position ($P<0.001$). In the control group, the ratio of elastic modulus in standing position was between 1.22 and 1.90, while in the observation group, the ratio was between 0.50 and 1.22 or >1.90. **Conclusion** The ratio of the elastic modulus of the transverse abdominis muscle to that of the lumboiliocostoid muscle measured by ultrasound in standing position can be used as an objective parameter, which is correlated with the subjective VAS score of NLBP patients, suggesting that the evaluation of muscle and bone elastography in standing position is expected to be one of the objective evaluation methods for NLBP patients, and provide quantitative basis for early diagnosis, efficacy evaluation and rehabilitation plan development.

【Key words】 Musculoskeletal ultrasound; Standing position; Elastography; Nonspecific low back pain; Elastic modulus of transversus abdominis; Elastic modulus of iliocostalis lumborum; Rehabilitation assessment

下背痛（low back pain, LBP）是指发生于肋骨下缘至臀部之间的疼痛症状，按病程可分为急性（病程 <4周）、亚急性（4周 ≤病程 <12周）及慢性（病程 ≥12周）3类[1]。非特异性下背痛（nonspecific low back pain, NLBP）指无法通过现有的实验室检查或影像学明确归因于椎间盘突出、骨折或感染等特定病理结构或疾病的LBP，约占所有LBP病例的90%[2]。全球疾病负担研究（Global Burden of Disease, GBD）[3]数据显示，2020年LBP已影响全球6.19亿人口，已成为成年人最常见的肌肉骨骼系统健康问题。

目前，临床对NLBP病情的评估高度依赖患者的主观症状描述，常用视觉模拟评分法（visual analogue scale, VAS）、Oswestry功能障碍指数（Oswestry disability index, ODI）等进行评估，但易受患者的文化背景、心理状态等因素干扰，缺乏客观的、量化的生物力学评价指标。有学者[4]指出，生物组织的弹性与其生物学特性紧密相关，对于疾病诊断具有重要参考价值，超声弹性成像作为一种新的超声成像方法，能够获取组织弹性相关信息，对某些疾病临床诊断具有重要意义。同时，肌骨超声弹性成像技术凭借其无创、实时、便捷及可重复的技术优势，已逐步应用于躯干肌肉力学特性的定量评估，其通过测量的肌肉弹性模量值来反映肌肉组织的硬度，为肌肉功能状态的客观评价提供了新的思路[5]。

既往有研究[6]已探讨了NLBP患者腹横肌、腰髂肋肌的弹性模量改变，也证实了核心稳定肌与腰背伸肌的硬度异常与NLBP发病密切相关。一项剪切波弹性成像（shear wave elastography, SWE）研

究[7]显示，NLBP患者腹横肌弹性模量显著降低，提示核心稳定肌功能弱化、肌肉松弛；而腰髂肋肌等腰背伸肌则表现为弹性模量升高、肌肉僵硬，提示二者力学的失衡是NLBP发生和发展的重要机制。系统综述[8]进一步证实，肌骨超声弹性成像可无创、定量地评估腰盆肌群硬度，为NLBP肌肉力学异常的客观评价提供可靠依据。此外，有研究[5]也对比了不同体位下肌肉弹性模量差异，发现体位改变会显著影响腰背肌群硬度测量结果，进一步凸显了卧位测量的局限性。另有研究[9]聚焦腰髂肋肌弹性模量与NLBP疼痛程度的关联，为肌肉硬度异常与疾病严重程度的相关性提供了佐证。但现有研究多在卧位测量，且设备参数不统一，数据难以横向比较，亟需在站立负重体位下开展标准化研究。基于此，本研究尝试打破传统卧位测量的体位范式，在站立位（腰椎生理负重体位）下采集NLBP患者与健康对照者的腹横肌弹性模量与腰髂肋肌弹性模量，通过计算腹横肌与腰髂肋肌弹性模量的比值，分析核心稳定肌与腰背伸肌的力学失衡和比值可能存在的对应关系，旨在建立基于肌骨超声弹性模量的NLBP客观评定方法，为NLBP的早期诊断、疗效评估与个性化康复方案制定提供量化依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2024年6月至2025年6月于上海市瑞金康复医院康复科门诊就诊及病房住院并明确诊断的16例两周内未接受治疗的NLBP患者作为观察组，选取同期在本院进行健康体检、无腰部相关疾病的8名体检者作为对照组，于治疗前或体检时采集性别、年龄、身体质量指数（body mass index, BMI）等基础数据。所有研究对象均自愿参与本研究，签署知情同意书，本研究经上海市瑞金康复医院伦理委员会批准（批件号：RKIRB2023-05）。

1.1.1 观察组纳入标准和排除标准

纳入标准：①符合《中国慢性腰背痛诊疗指南（2024版）》[10]中NLBP的诊断标准，表现为下背部（肋骨下缘至臀部之间）疼痛，可伴有或不伴有下肢放射痛；②年龄18～75岁，性别不限；③两周内未接受腰部物理治疗、局部软组织放松、针灸、按摩以及物理因子治疗等相关治疗，未服用影响肌肉弹性、肌张力的药物；④能够配合完成站立位超声测量及VAS评估。

排除标准：①腰椎器质性病变，如腰椎肿瘤、结核、骨折、椎间盘突出症（影像学明确提示）等；②骨关节疾病引起的下背部疾患，如强直性脊柱炎、类风湿关节炎等自身免疫性疾病；③腹部手术史、肌肉损伤史或神经系统疾病（如脑卒中、脊髓病变）；④脏腑不适（如严重胃肠道疾病、泌尿系统疾病）影响腰部评估者；⑤BMI>30 kg/m^2（肥胖可能影响超声测量准确性）；⑥精神疾病、认知障碍，无法配合完成研究者。

1.1.2 对照组纳入标准和排除标准

纳入标准：①年龄18～75岁，性别不限；②无下背部疼痛病史，无腰部相关疾病及手术史；③无肌肉、骨骼、神经系统疾病，未服用影响肌肉功能的药物；④能够配合完成站立位超声测量。排除标准：与观察组排除标准④⑤⑥一致。

1.2 方法

1.2.1 视觉模拟评分法（VAS）评估

采用VAS评分评估观察组患者疼痛程度[1]，评分工具为一条10 cm长的直线，直线两端分别标注“0分（无痛）”和“10分（最剧烈疼痛）”，直线中间无刻度标注。测量前由经过统一培训的研究人员向患者详细讲解评分方法，让患者根据自身当前腰部疼痛感受，在直线上标记出对应疼痛程度的位置，研究人员用直尺测量标记点距离“0分”端的长度，精确到0.1 cm，即为患者的VAS评分。每位患者连续测量3次，每次测量间隔5 min，取3次测量的平均值作为最终VAS评分，评分越高提示疼痛程度越剧烈。

1.2.2 肌骨超声检查

1.2.2.1 仪器与参数设置

采用柯尼卡美能达SONIMAGE HS1超声诊断系统，配备4～18 MHz高频线阵探头，统一参数设置：增益调节至50～60 dB，深度调节至3～5 cm，弹性成像模式选择SWE，弹性量程设置为0～100 kPa，帧频为15～20 Hz，确保图像清晰、稳定。所有超声检查均由同一位具有5年以上肌骨超声检查经验的医生完成[2]。

1.2.2.2　测量前准备

所有参与者测量前均需更换宽松、无束缚的棉质衣物，去除腰部佩戴的饰品如腰带等，保持空腹 1 h（避免胃肠道胀气影响超声图像质量）。测量前让参与者在安静环境下站立休息 5 min，调整呼吸至平稳，避免因活动、情绪紧张导致肌肉紧张，影响测量结果。

1.2.2.3　站立位腹横肌厚度、弹性模量测量

参与者取自然站立位，双脚与肩同宽，身体放松，双上肢自然下垂放置于体侧，头部保持中立位，双眼平视前方。超声探头纵向与皮肤垂直放置，沿髂嵴上缘 2 cm、距腹中线 2 ~ 3 cm处定位腹横肌，清晰显示腹横肌肌纤维走行及边界后，固定探头位置，在参与者吸气末屏住呼吸 5 s时冻结图像（避免呼吸运动导致腹横肌位置移动、厚度变化），分别截取 3 张清晰图像。采用超声仪自带的测量软件，测量腹横肌厚度（测量点为肌腹最厚处，从肌膜外层到内层的垂直距离）和弹性模量（选取肌腹中心区域，避开肌筋膜、血管，测量区域面积为 0.5 cm × 0.5 cm），每张图像测量 3 次，取 3 张图像测量结果的平均值作为最终腹横肌厚度和弹性模量值。见图 1。

1.2.2.4　站立位腰髂肋肌厚度、弹性模量测量

参与者保持上述站立姿势不变，超声探头纵向与皮肤垂直放置，在 L_3 ~ L_4 椎体棘突旁开 2 ~ 3 cm 处定位腰髂肋肌，清晰显示腰髂肋肌肌纤维走行及边界后，固定探头位置，同样在参与者吸气末屏住呼吸 5 s时冻结图像，分别截取 3 张清晰图像。采用相同测量方法，测量腰髂肋肌厚度（肌腹最厚处垂直距离）和弹性模量（肌腹中心区域，测量区域面积 0.5 cm × 0.5 cm），每张图像测量 3 次，取 3 张图像测量结果的平均值作为最终腰髂肋肌厚度和弹性模量值[3]。见图 2。

1.2.2.5　质量控制

所有测量均在安静、室温（22 ~ 25 ℃）恒定的超声检查室内进行，超声探头与皮肤之间涂抹足量超声耦合剂，避免探头压迫皮肤导致肌肉紧张，从而影响测量结果。每名参与者的超声测量时间控制在 15 ~ 20 min，若测量过程中图像模糊，需重新定位、调整探头位置，确保测量数据准确。

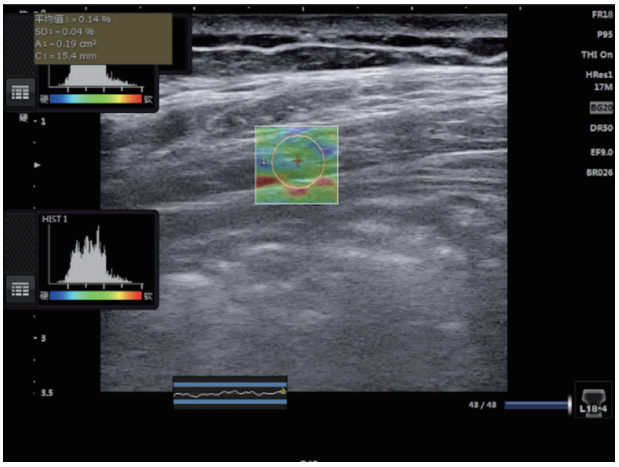


图 1　腹横肌测量截取的图像

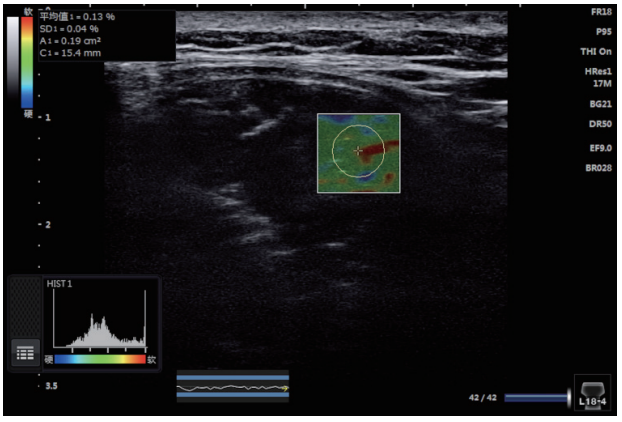


图 2　腰髂肋肌测量截取的图像

1.3　统计分析和诊断建模

采用 R 4.5.2 软件进行统计分析和诊断建模，统计分析前对所有测量数据进行正态性检验（Shapiro–Wilk 检验）和方差齐性检验（Levene 检验）。计量资料以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用独立样本 t 检验；计数资料以例数（n）和率（%）表示，组间比较采用 χ^2 检验；相关性分析采用 *Pearson* 分析，分析 NLBP 患者 VAS 评分与弹性模量、弹性模量比值的相关性。弹性模量比值计算公式：弹性模量比值 = 腹横肌弹性模量/腰髂肋肌弹性模量。

诊断建模采用受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线分析，分别以年龄、BMI、腹横肌厚度、腰髂肋肌厚度、腹横肌弹性模量、腰髂肋肌弹性模量、弹性模量比值、弹性模量比值的二次幂为自变量，以“是否为 NLBP 患者”为因变量，绘制 ROC 曲线，计算各模型的曲线

下面积（area under curve, AUC）、灵敏度、特异度及截断值，AUC值越接近1，提示诊断效能越好。弹性模量比值的二次幂计算公式：弹性模量比值的二次幂=（弹性模量比值–健康对照组该比值的均值）^{2}。以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

观察组16例，其中，男性6例，女性10例；年龄22～72岁，平均年龄（48.5 ± 12.3）岁；BMI 19.8～28.7 kg/m^2，平均BMI（24.2 ± 2.5）kg/m^2；病程3～60个月，平均病程（21.3 ± 15.6）个月；VAS评分2～8分，平均VAS评分（5.6 ± 1.8）分。对照组8例，其中，男性3例，女性5例；年龄20～68岁，平均年龄（45.8 ± 11.7）岁；BMI 20.1～27.9 kg/m^2，平均BMI（23.8 ± 2.3）kg/m^2。两组在性别、年龄、BMI方面比较，差异均无统计学意义（P>0.05），具有可比性。

2.2 两组站立位肌骨超声相关指标比较

观察组腹横肌厚度与对照组比较，差异无统计学意义（P>0.05）；观察组腰髂肋肌厚度与对照组比较，差异无统计学意义（P>0.05）。观察组腹横肌弹性模量显著低于对照组，腰髂肋肌弹性模量显著高于对照组，差异均有统计学意义（P<0.05）；观察组弹性模量比值显著偏离对照组健康人群所呈现的相对区间，差异有统计学意义（P<0.05）。见表1。

表1 两组站立位肌骨超声相关指标比较（$\bar{x} \pm s$）

组别	例数	腹横肌厚度（mm）	腹横肌弹性模量（kPa）	腰髂肋肌厚度（mm）	腰髂肋肌弹性模量（kPa）	弹性模量比值
观察组	16	4.12 ± 0.58	15.36 ± 3.28	17.52 ± 2.15	28.75 ± 4.52	0.56 ± 0.21
对照组	8	4.35 ± 0.62	22.58 ± 3.65	17.78 ± 2.03	18.62 ± 3.87	1.25 ± 0.18
t值		0.872	5.236	0.325	5.871	8.925
P值		0.392	<0.001	0.748	<0.001	<0.001

注：弹性模量比值=腹横肌弹性模量/腰髂肋肌弹性模量。

2.3 各诊断模型效能分析

各诊断模型ROC曲线分析结果显示，在本组探索性小样本中，弹性模量比值的二次幂模型对纳入参与者可实现完全区分，其AUC为1.000，灵敏度和特异度均为100%；其次为腰髂肋肌弹性模量模型、弹性模量比值模型，AUC分别为0.852和0.812；腹横肌厚度模型诊断效能中等，AUC为0.770；BMI模型、年龄模型诊断效能较低，AUC分别为0.688和0.637；腰髂肋肌厚度模型、腹横肌弹性模量模型诊断效能最差，AUC分别为0.504和0.516。见表2。各诊断模型的ROC曲线见图3。

2.4 相关性分析结果

*Pearson*相关性分析结果显示，观察组患者的VAS评分与站立位下腰髂肋肌弹性模量呈正相关关系（r=0.723，P<0.001），腰髂肋肌弹性模量越高，观察组患者的疼痛程度越明显；观察组患者的VAS评分与站立位下弹性模量比值呈负相关（r=–0.785，P<0.001），比值偏离正常范围越远，VAS

表2 NLBP各诊断模型的效能分析

诊断模型	截断值	AUC（95%*CI*）	灵敏度（%）	特异度（%）
年龄模型（岁）	50.500	0.637（0.452～0.822）	62.5	62.5
BMI模型（kg/m^2）	23.900	0.688（0.515～0.861）	68.8	62.5
腹横肌厚度模型（mm）	4.250	0.770（0.621～0.919）	75.0	75.0
腰髂肋肌厚度模型（mm）	17.650	0.504（0.318～0.690）	50.0	50.0
腹横肌弹性模量模型	0.150	0.516（0.330～0.702）	56.3	43.8
腰髂肋肌弹性模量模型	0.110	0.852（0.735～0.969）	81.3	87.5
弹性模量比值模型	1.110	0.812	—	—
弹性模量比值的二次幂模型	0.209	1.000	100.0	100.0

注：NLBP为非特异性下背痛；AUC为曲线下面积；CI为置信区间；BMI为身体质量指数。

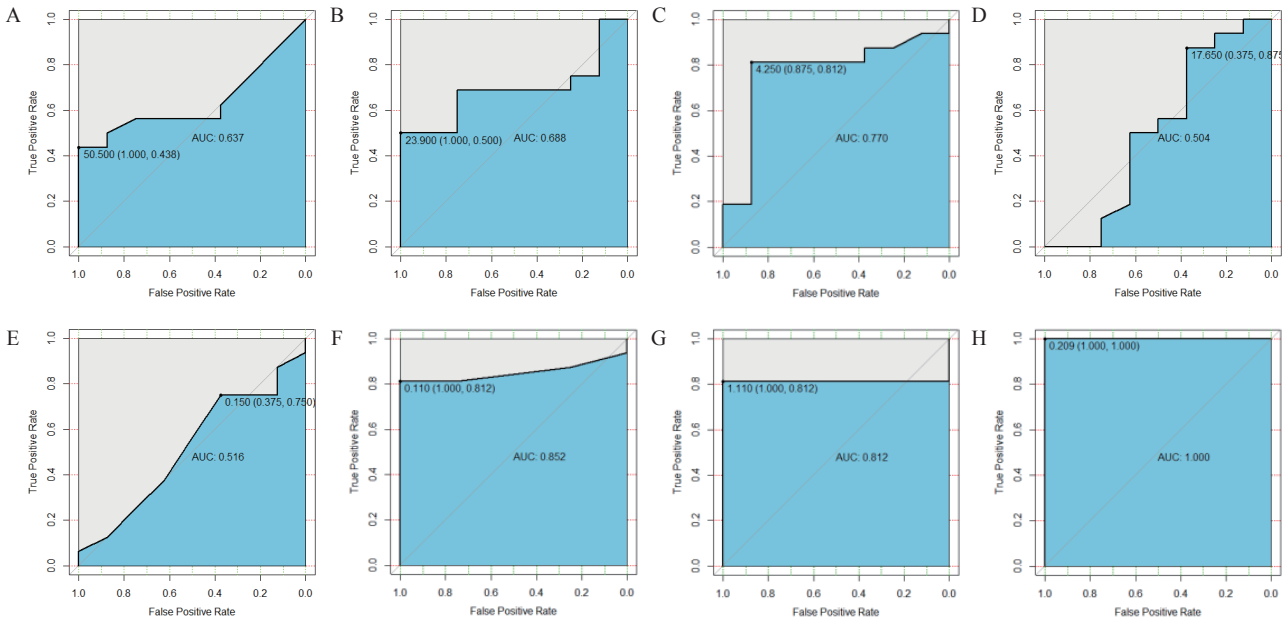


图 3 NLBP 各诊断模型的 ROC 曲线 A 为年龄模型；B 为 BMI 模型；C 为腹横肌厚度模型；D 为腰髂肋肌厚度模型；E 为腹横肌弹性模量模型；F 为腰髂肋肌弹性模量模型；G 为弹性模量比值模型；H 为弹性模量比值的二次幂模型

注：NLBP 为非特异性下背痛；图中横坐标为假阳性率，纵坐标为真阳性率。

评分越高，疼痛程度越严重。对照组（健康人群）站立位下弹性模量比值在 1.22 ~ 1.90 之间，平均（1.25 ± 0.18）；而观察组患者该比值在 0.50 ~ 1.22 之间或 >1.90，其中比值在 0.50 ~ 1.22 之间的患者有 9 例（56.25%），多为急性 NLBP（病程 <4 周），比值 >1.90 的患者有 7 例（43.75%），多为慢性 NLBP（病程 ≥ 12 周）。

3 讨论

LBP 是指发生于肋骨下缘至臀部之间的疼痛症状，按病程可分为急性、亚急性及慢性 3 类，其中 NLBP 占所有 LBP 病例的 90% 左右，其发病机制复杂，目前临床评估仍高度依赖患者主观症状，缺乏客观量化指标 [7]。生物力学研究表明，NLB 的发生主要与腰部肌群力学失衡相关，核心稳定肌与腰背伸肌的硬度异常是 NLBP 发生和发展的重要机制 [8]。

肌骨超声弹性成像技术凭借无创、实时、便捷及可重复且不受体位限制的优势，已逐步应用于躯干肌肉力学特性的定量评估，其通过测量肌肉弹性模量值反映组织硬度，为肌肉功能状态的客观评价提供了新思路 [5]。与 X 线、CT、MRI 等影像学检查相比，肌骨超声可便捷呈现腰部在站立位下肌肉弹性的客观参数，而 X 线无法观察肌纤维，CT 对肌肉分辨率有限，MRI 检查过程烦琐、耗时长且仅能在平卧位下进行，难以反映患者腰椎受力状态下的肌肉真实力学特征 [9]。本研究提出的弹性模量比值的二次幂模型为基于离均差平方的非线性偏差量化模型，用于评估腰部两组核心肌群弹性模量比值偏离健康参考均值的程度，以此区分 NLBP 患者与健康人群 [11]。

由于不同姿势对下背部的力学负荷存在差异，卧位时患者腰部肌肉负荷减轻，症状往往缓解，而站立位能较好还原患者在重力状态下的肌肉真实反应，且相比坐位，受坐姿环境影响较小，因此本研究选取站立位作为检查体位，更能反映 NLBP 患者日常活动中的肌肉力学状态 [12]。生物力学研究 [13] 发现，NLBP 患者常存在背脊肌过度收缩、核心肌力薄弱等肌群不平衡现象，而 Bergmark [8] 提出稳定脊椎的肌肉可分为“整体肌群”和“局部肌群”，其中腰髂肋肌作为背部浅层“整体肌群”的重要组成部分，腹横肌作为腹部深层“局部肌群”的核心，二者的力学平衡对维持腰椎稳定性至关重要。本研究从力学平衡得到启发，选取腰髂肋肌和

腹横肌作为测量对象，并分析二者弹性模量比值的意义，探索其与NLBP患者疼痛程度的相关性。

本研究发现腰髂肋肌弹性模量与NLBP患者疼痛程度呈正相关，这与以往相关研究[14]结果一致。本研究中对照组即健康人群的腹横肌弹性模量与腰髂肋肌弹性模量的比值存在稳定区间即1.22 ~ 1.90，而观察组即NLBP患者该比值明显偏离此区间，提示核心稳定肌与腰背伸肌的力学失衡可能是NLBP发生的重要原因。其中，急性NLBP患者比值多在0.50 ~ 1.22之间，可能与急性期腹横肌紧张、张力过高相关，这也为急性期使用腰托缓解疼痛提供了理论依据，腰托可通过弹力支撑增强脊柱稳定性，缓解腹横肌过高张力，重建脊柱力学平衡，与NLBP指南[15]中急性期推荐使用腰托的建议相符；慢性NLBP患者比值多大于1.90，可能与背脊肌长期过度收缩导致肌肉弹性变差、硬化相关，提示慢性期需重点关注腰背伸肌的放松与核心肌群的强化训练，不过由于样本量较少，以上比值数值区间只可展现出一定的区分潜力，为日后NLBP客观化评估提供一个新的视角。

本研究通过多模型对比分析发现，弹性模量比值的二次幂模型对纳入参与者可实现完全区分（AUC=1.000）；其次为腰髂肋肌弹性模量模型（AUC=0.852）和弹性模量比值模型（AUC=0.812），这样的结果表明这些站立位下肌骨超声测量相关指标，在本组探索性小样本中展现出良好的区分潜力，预示弹性模量比值模型可作为NLBP客观评估的初步探索指标，为日后临床应用提供研究方向。此外，弹性模量比值可在不同参数的肌骨超声设备中相互借鉴，有助于推动肌骨超声技术及NLBP诊断的标准化[16]。

但本研究仍存在一定的局限性：本研究虽然创新性地采用弹性模量比值的二次幂模型来客观评价下背痛，能够较快地得出结论，但研究样本量偏小，有过度拟合风险，模型泛化能力有限；此外，“整体肌群”和“局部肌群”包含众多肌肉，相互之间代偿关系复杂，腹横肌与腰髂肋肌仅能作为两个肌群的代表，无法完全反映腰部力学的全貌，未来需扩大样本量、开展多中心验证，纳入更多腰部肌群进行研究，进一步验证站立位下肌骨超声弹性成像指标的临床价值，建立标准化的测量流程和参考区间，为NLBP的精准诊断、个性化康复治疗提供更可靠的依据。

利益冲突：作者声明没有利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 冯亚男, 李亚鹏, 张志杰. 数字化弹性触诊仪用于健康人竖脊肌硬度评估的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34(4): 465–467.

[2] 李建垒, 曹向阳, 张志杰. 剪切波弹性成像技术量化评估慢性非特异性腰痛患者腹直肌弹性模量的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(3): 343–346.

[3] 刘春龙, 张志杰, 余瑾, 等. 康复超声成像技术测量健康青年腹部肌肉厚度及其信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(2): 124–126, 132.

[4] 郭兆君, 曹国芳. 剪切波超声弹性成像的安全性、有效性评价探讨[J]. 现代仪器与医疗, 2015, 21(5): 74–75.

[5] 王丽芸, 邱逦. 超声弹性成像在肌肉硬度评估中的应用进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2019, 42(1): 90–93..

[6] 张会杰, 孙新, 张华东, 等. 我国重点行业职业人群下背痛影响因素分析[J]. 中国职业医学, 2021, 48(5): 481–487.

[7] Airaksinen O, Brox J I, Cedraschi C, et al. Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain[J]. European Spine Journal, 2006, 15: s192–s300.

[8] Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering[J]. Acta Orthopaedica Scandinavica, 1989, 60(S230): 1–54.

[9] 王琛, 殷继超, 胡兴律, 等. 肌骨超声检查在肌筋膜疼痛综合征临床诊疗中的应用研究进展[J]. 医学影像学杂志, 2024, 34(3): 113–116.

[10] 国家卫生健康委能力建设和继续教育中心疼痛病诊疗专项能力提升项目专家组, 程志祥, 刘先国, 等. 中国慢性腰背痛诊疗指南（2024版）[J]. 中华疼痛学杂志, 2024, 20(1): 4–22.

[11] 季仟亿, 陈晓, 徐畅. 肌肉中剪切波速度受力影响的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(20): 3155–3160.

[12] 牛升波. 慢性腰痛功能障碍的影响因素研究及不同姿势腰椎负荷的有限元分析[D]. 上海:中国人民解放军海军军医大学, 2022.

[13] 师东良, 王予彬. 核心稳定训练对非特异性下背痛的治疗作用[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(7): 695–698.

[14] 邓宇光, 郝振民, 郭振宁. 超微血管成像联合剪切波弹性成像在非特异性腰痛中的临床研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2024, 35(12): 889–893.

[15] 王宽, 王辉昊, 梁飞凡, 等. 非特异性下背痛保守疗法的指南回顾[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(11): 1280–1284.

[16] 李翠. 肌骨超声在运动损伤诊断中的进展[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(1): 1–3.