

论 著
(临床研究)

剪切波弹性成像在非特异性下腰痛患者腹横肌功能评价中的应用价值

傅吉强, 吴意赞, 徐道明, 宋旭光, 汪向前, 许华宁

【摘要】 目的 探讨剪切波弹性成像 (SWUE) 对非特异性下腰痛 (NLBP) 患者腹横肌 (TrA) 功能评价的应用价值。**方法** 选取南京中医药大学附属医院 29 例 NLBP 患者和 27 例正常受试者, 其中 NLBP 患者分为单侧腰痛组和双侧腰痛组; 测量 TrA 不同状态下厚度 (D) 及杨氏模量值 (E), 分别比较各组参数间的差异。**结果** 单侧腰痛组及双侧腰痛组患侧 TrA 各参数均低于对照组, 除单侧腰痛组 $E_{\text{静息}}$ ($P=0.33$) 和双侧腰痛组 $E\%$ ($P=0.38$) 外, 差异均具有统计学意义 ($P<0.05$)。单侧腰痛组患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 均高于双侧腰痛组患侧 TrA 的测值, 其中 2 组间 $E_{\text{静息}}$ 差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。单侧腰痛组患侧 TrA 的 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 均低于非患侧, 两者的差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。单侧腰痛组非患侧 TrA 的 $E_{\text{静息}}$ 高于对照组, 两者之间的差异具有显著的统计学意义 ($P<0.01$)。NLBP 患者患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 与对应 E 的各参数呈正相关 ($r=0.16$, $r=0.14$, $r=0.23$, $r=0.29$), 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。**结论** SWUE 能客观地反应 NLBP 患者 TrA 的张力状态及收缩功能, 并且不受形态学影响, 具有良好的应用价值。

【关键词】 非特异性下腰痛; 腹横肌; 剪切波弹性成像**【中图分类号】** R445.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2023)01-0033-06**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.01.007

The value of shear wave elastography in the evaluation of transversus abdominis muscle function in patients with nonspecific lower back pain

FU Jiqiang, WU Yiyun, XU Daoming, SONG Xuguang, WANG Xiangqian, XU Huaning

(Department of Ultrasound Medicine, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210001, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To investigate the application value of shear wave elastography (SWUE) for functional evaluation of the transversus abdominis (TrA) muscle in patients with non-specific lower back pain (NLBP). **Methods** Twenty-nine patients with NLBP and 27 normal subjects were selected from Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, among which NLBP patients were divided into unilateral low back pain group and bilateral low back pain group; the thickness (D) and Young's modulus value (E) of TrA in different states were measured, and the differences between the parameters of each group were compared respectively. **Results** All parameters of TrA in the unilateral low back pain group and bilateral low back pain group were lower than those in the control group, except for E_{rest} ($P=0.33$) in the unilateral low back pain group and $E\%$ ($P=0.38$) in the bilateral low back pain group, which were statistically different ($P<0.05$). D_{rest} , $D_{\text{activation}}$, ΔD , $D\%$, E_{rest} , and $E_{\text{activation}}$ of TrA in the unilateral low back pain group were higher than those measured in the bilateral low back pain group, and the difference of E_{rest} ($P=0.01$) between the two groups was statistically significant ($P<0.05$). E_{rest} and $E_{\text{activation}}$ in the affected side of TrA in the unilateral low back pain group were lower than those in the non-affected side, and the difference between them was statistically significant ($P<0.05$). E_{rest} in the non-affected side of TrA in the unilateral low back pain group was higher than that in the control group, and the difference between them was statistically

基金项目: 江苏省中医院院级创新发展基金 (Y2019CX31)

作者单位: 210001 南京, 南京中医药大学附属医院超声医学科

(傅吉强、吴意赞、徐道明、宋旭光、汪向前、许华宁)

通信作者: 许华宁, E-mail: schilatter@126.com

significant ($P < 0.01$). D_{rest} , $D_{\text{activation}}$, ΔD , and $D\%$ of the affected TrA of NLBP patients was positively correlated with each parameter of the corresponding E ($r = 0.16$, $r = 0.14$, $r = 0.23$, $r = 0.29$), with no statistical significance ($P > 0.05$). **Conclusion** SWUE can objectively reflect the tension status and contractile function of TrA in NLBP patients and is not affected by morphology, which has good application value.

[Key words] non-specific low back pain; transverse abdominis; shear-wave ultrasound elastography

0 引言

非特异性下腰痛 (nonspecific low back pain, NLBP) 是指自第 12 肋骨延伸至臀褶且无具体原因或结构因素解释的骨骼肌肉疼痛, 有时可延伸至大腿 (膝盖以上)。有研究表明, 腹横肌 (transverse abdominis, TrA) 在肢体运动前激活的缺失, 可以导致腰椎稳定性下降而出现的腰痛症状, 是 NLBP 的重要致病因素之一^[1]。超声作为一种经济、无创的检查手段可以通过形态学评估了解 TrA 的状态, 并具有良好的可信度^[2]。我们的前期研究表明, 运用剪切波超声弹性成像技术 (shear-wave ultrasound elastography, SWUE) 测量正常人群腹横肌硬度的可信度较好, 可作为腹横肌功能状态评估的新方法^[3]。本研究通过灰阶超声结合 SWUE 观察 NLBP 患者与健康人不同功能状态下 TrA 厚度与杨氏模量测值及其变化的差异, 评价 TrA 杨氏模量值作为评估 TrA 功能指标的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2019 年 11 月–2020 年 9 月南京中医药大学附属医院康复科就诊的 NLBP 患者 29 例, 其中男 12 例, 女 17 例; 年龄 24~62 岁, 平均 (41.7 ± 2.2) 岁。其中双侧腰痛组患者 8 例 (女 8 例), 患侧共计 16 例; 单侧腰痛组患者 21 例 (女 9 例, 男 12 例), 患侧 TrA 共计 21 例, 非患侧 TrA 共计 21 例。对照组为正常受试者 27 例, 其中男 16 例, 女 11 例; 年龄 30~62 岁, 平均 (38 ± 9.2) 岁, 正常侧 TrA 共计 54 例。本研究经医院伦理委员会审核批准 (批准号: 2020NL-007-02), 所有志愿者均签署知情同意书。

1.2 纳入标准与排除标准 NLBP 纳入标准^[4]: 疼痛来源于躯体牵涉痛或非根性痛 (膝盖以上)。排除标准: ①特异性下腰痛 (肿瘤、感染、代谢性疾病、类风湿性关节炎、骨折); ②脊柱畸形 (脊柱滑脱、峡部裂或脊柱侧弯); ③膝盖以下部位疼痛; ④脊髓外疾病 (例如血管、泌尿生殖系统疾病); ⑤有腰椎

手术史; ⑥存在根性症状; ⑦腰痛伴 2 个或以上其他部位疼痛; ⑧妊娠。对照组纳入标准: 近 6 个月无腰背部疼痛; 未曾接受过腹部手术; 未服用任何会影响肌肉大小的药物; 无其他神经系统、肌肉骨骼系统疾病; 无系统性、代谢性、内分泌等病史。

1.3 仪器与检查方法 法国声科影像公司 (Supersonic Imagine) 的 AixPlorer 声蓝超声诊断仪, 使用 L10-2 线阵探头 (频率 2~10 MHz), 选择肌肉模式, 适当调节图像至最佳。受试者仰卧位, 平躺于检查床前, 静息状态双手自然放于身体两侧, 双下肢伸直; 激活状态嘱受试者屈髋屈膝, 深吸气后收腹提肛, 激活 TrA^[5]。超声检测时, 探头定位于腋前线与脐水平线的交点, 局部涂抹足量耦合剂, 探头垂直于皮肤表面, 不加压, 探头平行于肌纤维走行方向。首先静息状态显示灰阶图像, 测量双侧 TrA 厚度, 不包括高回声筋膜部分, 测量线与 TrA 垂直。然后启动 SWUE 模式, 感兴趣区 (方形) 统一设置成 15 mm × 15 mm, 待弹性图像稳定并充盈完整后选择平均杨氏模量值进行测量, Q-box 圆形分析区域直径统一设置为 2 mm。激活后, 于肌肉最紧张状态再次重复上述测量。TrA 相关测量由熟练操作 SWUE 且有 10 年以上肌骨超声经验的超声医师完成。每张图像上取均匀分布 3 处数值取平均值。每次获取的杨氏模量值图至少间隔 30 s 以上。

1.4 观察指标 NLBP 患者及对照组双侧 TrA 静息状态与激活状态下的厚度 (D)、杨氏模量值 (E_{mean}), 以及不同状态下 D 、 E_{mean} 的差值 (ΔD 、 ΔE) 和变化率 ($D\%$ 、 $E\%$)。 $\Delta D = D_{\text{激活}} - D_{\text{静息}}$ 、 $D\% = \Delta D / D_{\text{静息}}$ 、 $\Delta E = E_{\text{激活}} - E_{\text{静息}}$ 、 $E\% = \Delta E / E_{\text{静息}}$ 。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计学软件处理, 计量资料用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。双侧腰痛组患侧、单侧腰痛组患侧及非患侧分别与对照组比较, 单侧腰痛组患侧与双侧腰痛组患侧比较, 采用独立样本 t 检验, 单侧腰痛组患侧与非患侧比较, 采用配对样本 t 检验。NLBP 患者患侧 TrA 的 E 与 D 及其变化率的相关性, 采用 Spearman 相关分析。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 NLBP 患者患侧及对照组 TrA 的超声表现

NLBP 患者患侧 TrA 及对照组 TrA 在静息状态下,灰阶超声显示呈长条状低回声,内部结构清晰,SWEU 显示感兴趣区内呈均匀一致的蓝色;激活状态下,灰阶超声显示 TrA 长条状低回声,较静息状态下增厚,内部结构清晰,SWEU 显示 NLBP 患者患侧感兴趣区内以均匀蓝色为主,局部伴少许黄色,对照组感兴趣区内黄蓝相间,伴较多黄色。

2.2 单侧腰痛组、双侧腰痛组患侧 TrA 与对照组 TrA 不同功能状态下 D 及 E 比较 单侧腰痛组 21 例患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 、 ΔE 、 $E\%$ 均低于对照组,除 $E_{\text{静息}}$ 外,2 组间参数差异均具有统计学意义 ($P<0.05$)。双侧腰痛组 16 例患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 、 ΔE 、 $E\%$ 均低于对照组,除 $E\%$ 外,2 组间参数差异均具有统计学意义 ($P<0.05$)。双侧腰痛组、单侧腰痛组及对照组双侧 TrA 不同状态下 D 和 E 差异均具有显著的统计学意义 ($P<0.01$)。见表 1。

2.3 单侧腰痛组与双侧腰痛组患侧 TrA 不同功能状态下 D 及 E 比较 单侧腰痛组 21 例患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 均高于双侧腰痛组 16 例患侧 TrA 的测值,其中 2 组间 $E_{\text{静息}}$ 差异具有统计学意义 ($P<0.05$),单侧腰痛组 ΔE 、 $E\%$ 低于双侧腰痛组,但两者之间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1。

2.4 单侧腰痛组非患侧 TrA 与对照组 TrA 不同功能状态下 D 及 E 比较 单侧腰痛组 21 例非患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 $E_{\text{激活}}$ 、 ΔE 、 $E\%$ 均低于对照组,其中 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 差异均具有统计学意义 ($P<0.05$);单侧腰痛组非患侧 TrA 的 $E_{\text{静息}}$ 高于对照组,两者之间的差异具有显著的统计学意义 ($P<0.01$)。见表 2。

2.5 单侧腰痛组患侧与非患侧 TrA 不同功能状态下 D 及 E 比较 单侧腰痛组 21 例患者,患侧与非患侧 TrA 的 $D_{\text{静息}}$ 、 $D_{\text{激活}}$ 、 ΔD 、 $D\%$ 、 ΔE 、两侧之间 $E\%$ 的差异具有统计学意义 ($P<0.05$);患侧 TrA 的 $E_{\text{静息}}$ 、 $E_{\text{激活}}$ 均低于非患侧,两者的差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 3。

表 1 单侧腰痛组、双侧腰痛组患侧 TrA 及对照组 TrA 厚度及杨氏模量分析 ($\bar{x}\pm s$)

组别	D (cm)				E (kPa)			
	静息 [△]	激活 [△]	ΔD	$D\%$	静息 [△]	激活 [△]	ΔE	$E\%$
对照组 ($n=54$)	0.31±0.08	0.48±0.11	0.16±0.06	0.55±0.18	8.70±1.65	17.16±2.68	8.47±2.77	1.02±0.41
单侧腰痛组 ($n=21$)	0.26±0.05**	0.35±0.09**	0.09±0.07**	0.34±0.28**	8.13±2.41 [#]	13.23±3.42**	5.09±3.20**	0.73±0.63*
双侧腰痛组 ($n=16$)	0.23±0.03**	0.30±0.07**	0.07±0.05**	0.31±0.16**	6.48±0.95** [#]	11.80±4.32**	5.31±4.25*	0.85±0.74

与对照组比较,* $P<0.05$ 、** $P<0.01$;与单侧腰痛组比较,[#] $P<0.05$;各组 TrA 不同状态比较, $\Delta P<0.01$

表 2 单侧腰痛组非患侧 TrA 与对照组 TrA 厚度及杨氏模量分析 ($\bar{x}\pm s$)

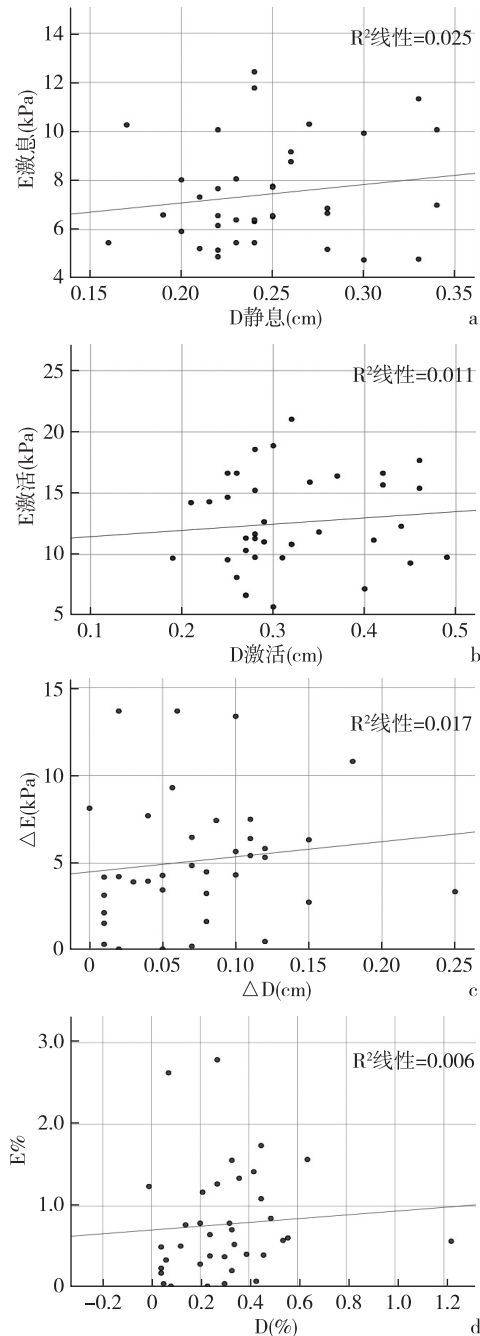
组别	D (cm)				E (kPa)			
	静息	激活	ΔD	$D\%$	静息	激活	ΔE	$E\%$
单侧腰痛组 ($n=21$)	0.27±0.05	0.36±0.09	0.09±0.07	0.33±0.29	11.52±3.31	16.96±5.87	5.44±6.34	0.63±1.04
对照组 ($n=54$)	0.31±0.08	0.48±0.11	0.16±0.06	0.55±0.18	8.70±1.65	17.16±2.68	8.47±2.77	1.02±0.41
t 值	2.18	4.28	5.09	3.80	-3.72	0.15	2.11	1.68
P 值	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.05	0.11

表 3 单侧腰痛组患侧与非患侧 TrA 厚度及杨氏模量分析 ($\bar{x}\pm s$)

项目	D (cm)				E (kPa)			
	静息	激活	ΔD	$D\%$	静息	激活	ΔE	$E\%$
患侧 ($n=21$)	0.26±0.05	0.35±0.09	0.09±0.07	0.34±0.28	8.13±2.41	13.23±3.42	5.09±3.20	0.73±0.63
非患侧 ($n=21$)	0.27±0.05	0.36±0.09	0.09±0.07	0.33±0.29	11.52±3.31	16.96±5.87	5.44±6.34	0.63±1.04
t 值	-0.60	-0.45	-0.07	0.01	-3.79	-2.52	-0.23	0.39
P 值	0.55	0.65	0.95	0.99	0.00	0.02	0.82	0.70

2.6 NLBP 患者患侧 TrA 不同状态下 D 与 E、 ΔD 与 ΔE 、D% 与 E% 之间的相关性

NLBP 患者患侧 TrA 的上述变量之间相关系数分别为 $r = 0.16$, $r = 0.14$, $r = 0.23$, $r = 0.29$, 均呈正相关性, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。散点图见图 1。



a、b、c、d 分别表示 $E_{静息}$ 与 $D_{静息}$ 、 $E_{激活}$ 与 $D_{激活}$ 、 ΔE 与 ΔD 、 $E\%$ 与 $D\%$ 之间的相关性散点图

图 1 NLBP 患者患侧 TrA 的 E 与 D、 ΔE 与 ΔD 、E% 与 D% 之间的相关性散点图

3 讨 论

下腰痛 (low back pain, LBP) 是临床中十分常见的疾病, 对工作和生活造成严重的影响, 其中 NLBP 占 LBP 85% 以上^[6-8]。有研究表明, TrA 与腰部疼痛和功能密切相关^[9]。TrA 位于腹壁深层, 属于核心肌群的主要组成部分, 其收缩时可形成肌肉筋膜带, 改善脊柱的动态稳定^[10]。有学者通过超声成像技术的监测 TrA 厚度, 可以很好地提高 TrA 训练效率^[11], 并被广泛应用于临床。这些研究仅局限于 TrA 形态学的评价, 对于 TrA 功能的评价可谓凤毛麟角。虽然目前表面肌电图、MRI 等对 TrA 功能可以进行评价, 但是肌电图难以做到精确定位; MRI 价格昂贵, 操作繁琐, 这两者在临床的应用受到限制^[12-13]。近年来, 随着 SWUE 在乳腺、甲状腺、肾脏等方面的临床应用, 可以直接量化肿瘤内部成分的软硬度, 有助于医师更好地了解病理组织形态特征^[14]。同样, 也为肌肉的硬度、张力及收缩功能的评价提供了一种新的方法。

我们的前期研究已经表明对于正常人群, 医师内部及医师间应用 SWUE 评估 TrA 的一致性及其可重复性较好, 不受性别、年龄、体重等指标影响。本研究的目的在于通过对比 NLBP 患者和对照组不同状态下的 TrA 杨氏模量值及其差值和变化率, 从功能学角度探索 SWUE 在评价 NLBP 中的应用价值。

3.1 超声通过检测 NLBP 患者患侧 TrA 杨氏模量值直接反映其功能状态

TrA 作为核心肌群的重要组成部分, 其功能状态直接关系到脊柱稳定的状态^[15]。NLBP 患者患侧 TrA 处于失活状态, 在临床上表现为肌肉张力下降, 收缩功能减退, 致使肌肉的形态发生改变。在 LBP 群体中, TrA 明显萎缩, 不对称, 厚度及横截面积减小^[16]。Mole 等^[17]研究表明静息状态下 TrA 越厚, 发生短暂疼痛可能性越小。本研究中 NLBP 患者患侧 TrA 的 $D_{静息}$ 、 $D_{激活}$ 均低于对照组, 两者之间的差异均具有显著的统计学意义 ($P < 0.05$), 也证明了这一观点。此外, 对于肌肉张力的评价, SWUE 起到了至关重要的作用。本研究结果显示, NLBP 患者患侧 TrA 的 $E_{静息}$ 、 $E_{激活}$ 均低于对照组, 两者之间的差异除单侧腰痛组 $E_{静息}$ 外均具有显著的统计学意义 ($P < 0.01$)。客观地反映了 NLBP 患者患侧 TrA 的张力降低, 即使在激活状态下, 由于肌肉张力下降, $E_{激活}$ 也降低。单侧腰痛组

患侧 TrA 的 $E_{\text{静息}}$ 高于双侧腰痛组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 也表明在静息状态下双侧腰痛患者的 TrA 张力更低, 肌肉功能减退更明显。

不同状态下 D 与 E 虽然已经反映了 NLBP 患者患侧 TrA 的不同状态下形态及张力的差异。但利用 ΔD 、 $D\%$ 、 ΔE 、 $E\%$ 对比发现, NLBP 患者与对照组之间的差异除双侧腰痛组 $E\%$ 外均具有统计学意义 ($P < 0.05$)。由此可知, NLBP 患者患侧 TrA 不仅形态和功能都发生了改变, 且变化的幅度都低于对照组, 这证明了 NLBP 患者患侧 TrA 收缩功能的减退。另外, 虽然双侧腰痛组 $E\%$ 、 $D\%$ 均低于对照组, 但是 $E\%$ 差异并无统计学意义 ($P > 0.05$), 同时, $D\%$ 在 2 组之间具有统计学差异。这说明虽然 TrA 在形态学上表现出收缩幅度显著下降, 表明肌肉收缩功能的减退, 但是从杨氏模量的角度来看, 肌肉的张力改变并没有形态学改变突出, 这也侧面地说明了形态学上的改变并不能全面反映出肌肉的真实收缩功能状态。

3.2 超声通过检测 NLBP 患者非患侧 TrA 杨氏模量值间接反映其功能状态 NLBP 患者患侧 TrA 出现问题后, 非患侧 TrA 的变化情况如何, 也是本研究需要关注的方面。在单侧腰痛组非患侧 TrA 与对照组的对比分析中可以发现, 静息状态下, 虽然 $D_{\text{静息}}$ 与对照组之间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 但 $E_{\text{静息}}$ 高于对照组, 两者之间的差异具有显著的统计学意义 ($P < 0.01$); 激活状态下, $D_{\text{激活}}$ 低于对照组, 两者之间的差异具有显著的统计学意义 ($P < 0.01$), $E_{\text{激活}}$ 两者之间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。这是由于非患侧 TrA 理论上来说应该属于正常肌肉, 静息状态下从形态学角度看, 厚度与对照组并没有差异。但事实上, 由于患侧 TrA 肌力减弱, 非患侧 TrA 为了维持脊柱的稳定, 需要通过增加肌力来代偿, 所以 $E_{\text{静息}}$ 会增高。在激活状态下, 由于静息时非患侧 TrA 已经处于紧张状态, 激活后厚度变化不大, $D_{\text{激活}}$ 就会比对照组低; 但非患侧 TrA 肌肉收缩功能优于患侧, 激活后所能达到的功能状态与对照组类似。 ΔD 、 $D\%$ 、 ΔE 、 $E\%$ 两者之间的差异均具有显著的统计学意义 ($P < 0.01$), 也证明了上述的观点。

在单侧腰痛组患侧与非患侧 TrA 的对比分析中也可发现, 患侧 TrA 与非患侧 TrA 的差异均可以用上述观点解释, TrA 在形态学上并未表现出明显差异时, 在肌肉张力状态上却表现出显著差异, 这

不仅仅说明杨氏模量是灰阶超声的重要补充, 还说明观察非患侧 TrA 的变化对 NLBP 患者同样具有重要意义。

3.3 超声检测 TrA 杨氏模量值的作用以及不足之处 为了进一步探索 NLBP 患者患侧 TrA 的 D 与 E 之间的关系, 本研究将 NLBP 患者患侧 TrA 不同状态下的 D 及其差值和变化率分别与对应的 E 做了相关性分析。分析显示, 两者各参数均呈正相关, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。因此, TrA 的杨氏模量值可以作为与厚度相并列的观察指标用于临床。厚度反映的是 TrA 的形态, 杨氏模量值反映的是 TrA 的张力状态, 两者互补, 相辅相成, 可以全面的评估 TrA。

本研究还存在着一些不足之处。首先, 样本量总体偏少, 男女比例差异较大, 故本研究结果的严谨性可能存在一定的局限, 后续建议纳入更多的研究对象, 以期进一步论证 SWUV 在对 NLBP 患者 TrA 张力及收缩功能评价的潜力。另外, 由于肌肉往往是协同运作的, 一个动作地完成需要多块肌肉的共同作用, 所以当激活 TrA 的同时, 其他核心肌群同样被激活, 会对试验结果产生干扰, 本研究在设计激活 TrA 动作时, 采用平卧位, 已尽量降低背部核心肌肉激活的概率。后续还需加入更多观察对象, 做进一步探讨。

综上所述, 本研究认为 SWUV 的应用能为 NLBP 患者 TrA 提供全面的、客观的功能评价指标, 是对灰阶超声的进一步补充, 两者联合应用能获得更丰富的临床信息, 为临床诊疗提供有价值的信息支撑。

【参考文献】

- [1] Batbay S, Külcü DG, Kaleoğlu Ö, et al. Effect of Pilates mat exercise and home exercise programs on pain, functional level, and core muscle thickness in women with chronic low back pain [J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(6): 979-985.
- [2] Johnson AW, Adams L, Kho JB, et al. Extended field-of-view ultrasound imaging is reliable for measuring Transversus Abdominis muscle size at rest and during contraction [J]. *BMC Musculoskel Dis*, 2021, 22(1): 1-10.
- [3] 宋旭光, 许华宁, 何玉冰, 等. 基于剪切波超声弹性成像评价正常成人腹横肌杨氏模量值 [J]. *东南国防医药*, 2020, 22(5): 481-486.
- [4] Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain [J]. *Lancet*, 2017, 389(10070): 736-747.

- [5] Ishida H, Watanabe S. Changes in lateral abdominal muscles' thickness immediately after the abdominal drawing-in maneuver and maximum expiration[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2013, 17(2): 254-258.
- [6] Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, *et al*. What low back pain is and why we need to pay attention[J]. *Lancet*, 2018, 391(10137): 2356-2367.
- [7] Foster NE, Anema JR, Cherkin D, *et al*. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions[J]. *Lancet*, 2018, 391(10137): 2368-2383.
- [8] Oliveira CB, Maher CG, Pinto RZ, *et al*. Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(11): 2791-2803.
- [9] Zhang C, Zhang Z, Li Y, *et al*. Pain catastrophizing is related to static postural control impairment in patients with nonspecific chronic low back pain: A cross-sectional study[J]. *Pain Res Manag*, 2020, 2020:1-10.
- [10] Ferraro R, Garman S, Taylor R, *et al*. The effectiveness of transverse abdominis training on balance, postural sway and core muscle recruitment patterns: a pilot study comparison across age groups[J]. *J Phys Ther Sci*, 2019, 31(9): 729-737.
- [11] Mangum LC, Henderson K, Murray KP, *et al*. Ultrasound assessment of the transverse abdominis during functional movement [J]. *J Ultras Med*, 2018, 37(5): 1225-1231.
- [12] Azhar S, Sharma S, Sharma S, *et al*. EMG activity of transversus abdominis, multifidus and co-contraction index in different phases amongst varied level archers: A cross-sectional study[J]. *Pol J Sport Tourism*, 2021, 28(1): 19-23.
- [13] 欧阳林, 何平, 肖玉辉, 等. 磁共振成像对腰肌劳损腰痛的诊断价值[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2011, 5(4): 92-97.
- [14] 胡彦, 徐超丽, 杨斌. 超声弹性成像定量参数对乳腺实性肿块的鉴别诊断分析[J]. *医学研究生学报*, 2016, 29(8): 836-840.
- [15] França FR, Burke TN, Hanada ES, *et al*. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain: a comparative study[J]. *Clinics (Sao Paulo)*, 2010, 65(10): 1013-1017.
- [16] Gray J, Aginsky KD, Derman W, *et al*. Symmetry, not asymmetry, of abdominal muscle morphology is associated with low back pain in cricket fast bowlers[J]. *J Sci Med Sport*, 2016, 19(3): 222-226.
- [17] Mole JL, Bird ML, Fell JW. The effect of transversus abdominis activation on exercise-related transient abdominal pain[J]. *J Sci Med Sport*, 2014, 17(3): 261-265.

(收稿日期:2022-05-10; 修回日期:2022-09-04)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:吕镗烽)