

实时剪切波弹性成像评估帕金森病患者股四头肌肌肉及肌腱肌张力的变化

罗丽, 孙月, 王禹雪, 陆永萍
(云南大学附属医院超声科, 云南昆明 650021)

[摘要] **目的** 运用实时剪切波弹性成像(SWE)技术测量帕金森患者的股四头肌(股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌)各肌肉及肌腱的杨氏模量值, 分析帕金森患者肌肉肌腱肌张力的变化。**方法** 选取2023年4月至2024年4月在云南大学附属医院经临床确诊的帕金森病(PD)患者共60例纳入研究组, 根据帕金森病评定量表的评分及评级, 分为A组(症状明显侧, $n=60$)、B组(症状较轻侧, $n=60$), 并选取同期健康受试者60例纳入对照组。采用美国西门子公司的ACUSON Sequoia型超声诊断仪剪切波弹性成像功能, 测量放松状态下股四头肌肌肉及肌腱的杨氏模量值(kPa), 分析对比股四头肌肌肉及肌腱肌张力的变化。**结果** A组、B组股四头肌(股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌)肌肉的杨氏模量值高于对照组(均 $P<0.05$); A组股中间肌、股外侧肌肌肉的杨氏模量值高于B组(均 $P<0.05$); A组、B组股四头肌肌腱的杨氏模量值高于对照组(均 $P<0.05$); A组股四头肌肌腱的杨氏模量值高于B组(均 $P<0.05$)。**结论** 帕金森病患者股四头肌肌肉及肌腱肌张力增高。其中, 患者症状明显侧股中间肌、股外侧肌的肌张力高于症状较轻侧, 而症状明显侧与较轻侧股直肌、股内侧肌的肌张力无差异。

[关键词] 实时剪切波弹性成像; 帕金森病; 股四头肌; 肌张力

[中图分类号] R742.5; R445.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2025)01-0099-06

Real-time Shear Wave Elastography in Evaluating Changes in Muscle and Tendon Tone of the Quadriceps in Parkinson's Disease Patients

LUO Li, SUN Yue, WANG Yuxue, LU Yongping
(Department of Ultrasound, The Affiliated Hospital of Yunnan University,
Kunming Yunnan 650021, China)

[Abstract] **Objective** To measure the Young's modulus values of the quadriceps muscles (rectus femoris, vastus intermedius, vastus lateralis, vastus medialis) and tendons in Parkinson's disease (PD) patients using real-time shear wave elastography (SWE) technology, and to analyze the changes in muscle and tendon tone. **Methods** A total of 60 clinically diagnosed PD patients from Yunnan University Affiliated Hospital between April 2023 and April 2024 were included in the study group. Based on the scores and ratings of PD rating scale, patients were divided into Group A (symptomatic side, $n=60$) and Group B (less symptomatic side, $n=60$). An additional 60 healthy subjects were selected as the control group. The shear wave elastography function of the ACUSON Sequoia ultrasound diagnostic device from Siemens USA was used to measure the Young's modulus values (kPa) of the quadriceps muscles and tendons in a relaxed state, and to analyze and compare the changes in muscle and tendon tone. **Results** The Young's modulus values of quadriceps muscles (rectus femoris, intermedius femoris, vastus lateralis, vastus medialis) in groups A and B were higher than those in control group ($P<0.05$). The Young's

[收稿日期] 2024-10-11

[基金项目] 云南省“十四五”省级医学影像科临床重点专科-开放课题(ZKF2024007)

[作者简介] 罗丽(1997~), 女, 云南昆明人, 在读硕士研究生, 住院医师, 主要从事超声诊断工作。

[通信作者] 陆永萍, E-mail: luyongp@163.com

modulus values of the intermediate and lateral femoris muscles in group A were higher than that in group B (all $P < 0.05$). The Young's modulus values of quadriceps tendon in groups A and B were higher than that in control group. ($P < 0.05$). The Young modulus value of quadriceps tendon in group A was higher than that in group B ($P < 0.05$).

Conclusion Patients with Parkinson's disease exhibit increased muscle and tendon tone in the quadriceps. Notably, the muscle tone of the vastus intermedius and vastus lateralis on the symptomatic side is higher than that on the less symptomatic side, while there is no significant difference in muscle tone between the rectus femoris and vastus medialis on the symptomatic and less symptomatic sides.

[**Key words**] Real-time shear wave elastic imaging; Parkinson's disease; Quadriceps; Muscular tone

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是一种常见的神经系统退行性疾病^[1]。其特征性的运动症状包括静止性震颤、运动迟缓、肌肉强直和姿势平衡障碍^[2]。帕金森病患者通常伴随着不同部位的肌张力障碍,其中下肢占比30%^[3],肌张力增高会导致肢体被动活动困难,严重影响患者的生活质量。临床评估帕金森病患者肌张力变化的方法包括触诊及量化表、表面肌电图^[4]、微机电系统运动传感技术、磁共振弹性技术等,但上述方法各有缺点^[5],故需寻找一种简单、方便、客观的方法评估帕金森患者的肌张力变化。实时剪切波弹性成像技术(shear wave elastography, SWE)在肌骨疾病的诊断中运用日益广泛,SWE可用于评估组织的硬度,因肌肉的硬度和肌肉的被动肌力与主动肌力均存在线性关系,故SWE技术可通过测量肌肉硬度间接评估个体肌肉张力的变化^[6]。Jenkyn等^[7]的研究表明,杨氏模量值的变化可以提示肌张力的变化,杨氏模量值与肌张力呈正比。因此,本研究应用SWE技术测量帕金森患者及健康体检者的股四头肌肌肉及肌腱的杨氏模量值,比较PD患者与健康体检者股四头肌肌肉及肌腱的硬度的差异,分析PD患者肌张力的特点,为临床上帕金森患者的诊断、治疗以及疗效评估提供相关的依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2023年4月至2024年4月在云南大学附属医院确诊的60例PD患者,其中男性31例,女性29例,年龄60~75岁,平均(67.00±8.93)岁。所有PD患者均采用统一帕金森病评定量表(unified parkinson's disease rating scale, UPDRS)^[8]、运动功能评估量表(motor assessment scale, MAS量表)^[9],由神经内科医生对其运动及肌张力进行分级,UPDRS量表第Ⅲ部分评分高、MAS量表评级较高的一侧肢体为症状明显侧组(60例),另

一侧为症状较轻侧组(60例)。纳入标准:(1)符合中国帕金森病的诊断标准(2016版)^[10];(2)病程<10年,年龄≤75岁,Hoehn-Yahr分级I~Ⅲ级;(3)自愿参加实验且签署知情同意书。所有纳入的PD患者均服用多巴丝肼片250mg,3次/d,且未服用其他药物(排除不同剂量的多巴胺能抑制剂及不同药物对肌张力的影响)。排除标准:(1)非典型和继发性帕金森病,如多系统萎缩、进行性核上麻痹、脑损伤和脑肿瘤^[11];(2)其他神经肌肉疾病、营养不良、中枢或外周神经退行性疾病、糖尿病、甲亢或甲减等代谢性疾病病史^[11];(3)下肢创伤或手术史;(4)影响股四头肌肌腱弹性的其他疾病,如关节炎、强直性脊柱炎、滑膜炎及滑囊炎等^[12];(5)合并严重的心、脑、肝、肾和血管疾病;(6)脑梗塞、精神疾病、酒精或药物滥用和高血压病史。另选取同期60名健康受试者为对照组,其中男30名、女30名,年龄60~75岁、平均(66.75±5.00)岁。排除标准同上。本研究经云南大学附属医院伦理委员会批准通过(2022037),受检者均知情同意。

1.2 仪器与方法

由熟练掌握肌骨超声及超声弹性成像方法的超声医师采用美国西门子的ACUSON Sequoia型彩色多普勒超声诊断仪,使用线阵探头(L10-4),频率4~10MHz。检查前嘱受试者休息10min,受检者平卧,下肢自然伸展放置于检查床上放松不动,处于平静放松状态。先进行常规二维超声检查,确定目标肌肉,再进行实时剪切波弹性成像检查,探头轻放于受检者皮肤表面,方向与肌束方向平行,检查目标肌肉肌腹纵切面最厚处。检查目标肌腱时,测量肌腱长轴的最厚处。感兴趣区(region of interest, ROI)的大小设置为10mm×10mm。待图像稳定后,启动SWE模式,ROI内充满颜色后,启动定量分析系统(Q-BOX),Q-BOX设置为直径3mm的圆形,系统自动测量ROI内的杨氏模量平均值。各肌肉、肌腱的杨氏模量值分别测量3次,取平均值。

1.3 统计学分析

采用 SPSS25.0 软件进行分析, 各参数均符合正态分布, 用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。两组间比较采用 *t* 检验, 多组间比较采用单因素方差分析。多组间比较有意义后任意两组间比较采用最小显著差异法 (LSD-*t* 法), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 帕金森病组与对照组基线资料比较

帕金森病组与对照组的性别、年龄比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。

表 1 帕金森病组与对照组基线资料对比 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of baseline data between Parkinson's disease group and control group ($\bar{x} \pm s$)

组别	性别(男/女)	年龄(岁)
帕金森病组	31/29	(67.00 ± 8.93)
对照组	30/30	(66.75 ± 5.00)
χ^2 / t	0.033	-0.188
<i>P</i>	0.855	0.852

2.2 A 组、B 组与对照组股四头肌 SWE 超声表现

在默认量程为 0 ~ 130 kPa 的条件下, 在彩色量程图中观察股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌纵切面最厚处: A 组和 B 组呈不均匀浅蓝色, 对照组呈均匀深蓝色, 见图 1 ~ 图 4。

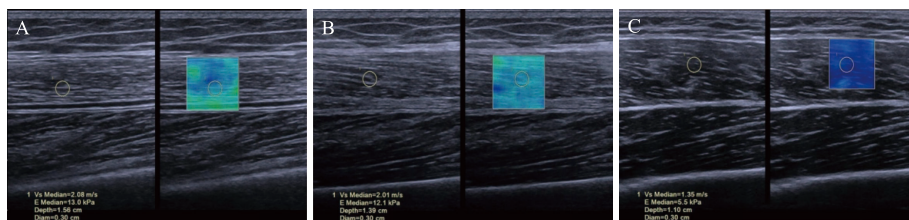


图 1 A 组、B 组、对照组股直肌杨氏模量值声像图

Fig. 1 Ultrasound images of the Young's modulus values of femoris rectus muscle in group A, group B and control group

A: A 组杨氏模量值: 13.0 kPa; B: B 组杨氏模量值: 12.1 kPa; C: 对照组杨氏模量值: 5.5 kPa。

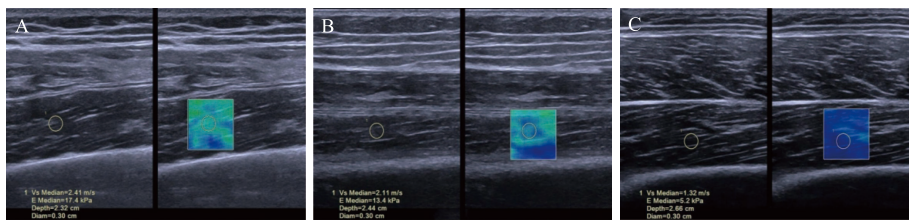


图 2 A 组、B 组、对照组股中间肌杨氏模量值声像图

Fig. 2 Ultrasound images of the Young's modulus values of femur intermediate muscle in group A, group B and control group

A: A 组杨氏模量值: 17.4 kPa; B: B 组杨氏模量值: 13.4 kPa; C: 对照组杨氏模量值: 5.2 kPa。

2.3 A 组、B 组与对照组股四头肌杨氏模量值比较

A 组、B 组与对照组股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌的杨氏模量值比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 其中, A 组股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌的杨氏模量值分别为 (12.99 ± 2.88) kPa、(16.75 ± 3.73) kPa、(14.13 ± 3.34) kPa、(10.84 ± 2.30) kPa, B 组股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌的杨氏模量值分别为 (13.15 ± 3.09) kPa、(12.94 ± 2.86) kPa、(11.34 ± 2.79) kPa、(10.78 ± 2.13) kPa, 均大于对照组 ($P < 0.05$); A 组股中间肌、股外侧肌杨氏模量值大于 B 组 ($P < 0.05$); A 组与 B 组股直肌、股内侧肌的杨氏模量值比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2、图 5。

2.4 A 组、B 组与对照组股四头肌肌腱 SWE 超声表现

在默认量程为 0 ~ 130 kPa 的条件下, 在彩色量程图中观察股四头肌肌腱纵切面, A 组呈不均匀黄色和红色, B 组呈不均匀黄色和黄绿色, 对照组呈均匀绿色, 见图 6。

2.5 A 组、B 组与对照组股四头肌肌腱杨氏模量值比较

A 组、B 组与对照组股四头肌肌腱的杨氏模量值比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 其中, A 组、B 组股四头肌肌腱的杨氏模量值大于对照组, A 组股四头肌肌腱的杨氏模量值大于 B 组

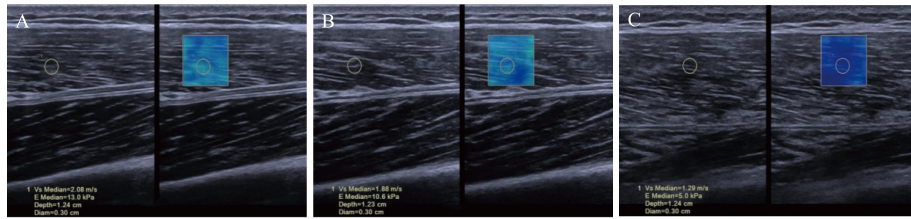


图 3 A 组、B 组、对照组股外侧肌杨氏模量值声像图

Fig. 3 Ultrasound images of the Young's modulus values of lateral femur muscle in group A, group B and control group

A: A 组杨氏模量值: 13.0 kPa; B: B 组杨氏模量值: 10.6 kPa; C: 对照组杨氏模量值: 5.0 kPa。

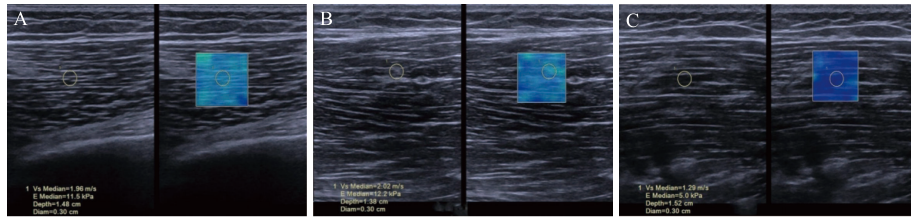


图 4 A 组、B 组、对照组股内侧肌杨氏模量值声像图

Fig. 4 Ultrasound images of the Young's modulus values of medial femur muscle in group A, group B and control group

A: A 组杨氏模量值: 11.5 kPa; B: B 组杨氏模量值: 12.2 kPa; C: 对照组杨氏模量值: 5.0 kPa。

表 2 A 组、B 组、对照组股四头肌各肌肉杨氏模量值比较 $[(\bar{x} \pm s), \text{kPa}]$

Tab. 2 Comparison of Young's modulus of quadriceps muscles in group A, group B and control group $[(\bar{x} \pm s), \text{kPa}]$

分组	股直肌 杨氏模量值	股中间肌 杨氏模量值	股外侧肌 杨氏模量值	股内侧肌 杨氏模量值
A组($n = 60$)	$12.99 \pm 2.88^{\Delta}$	$16.75 \pm 3.73^{\Delta\#}$	$14.13 \pm 3.34^{\Delta\#}$	$10.84 \pm 2.30^{\Delta}$
B组($n = 60$)	$13.15 \pm 3.09^{\Delta}$	$12.94 \pm 2.86^{\Delta}$	$11.34 \pm 2.79^{\Delta}$	$10.78 \pm 2.13^{\Delta}$
对照组($n = 60$)	5.39 ± 0.27	5.45 ± 0.29	5.30 ± 0.38	5.18 ± 0.35
F	197.294	267.978	191.963	191.460
P	$< 0.001^*$	$< 0.001^*$	$< 0.001^*$	$< 0.001^*$

与对照组比较, $\Delta P < 0.05$; A组与B组比较, $\#P < 0.05$; $*P < 0.05$ 。

(均 $P < 0.05$)。说明 PD 患者股四头肌肌腱的肌张力高于对照组, 且 PD 患者症状明显侧股四头肌肌腱的肌张力高于症状较轻侧, 见表 3、图 7。

3 讨论

3.1 帕金森病疾病特征

肌强直是帕金森病的主要特征, 肌强直症状表现为促动肌及拮抗肌张力均增高, 帕金森病肌张力障碍发生部位: 下肢(30.0%)、上肢(17.5%)、面部(10.0%)、颈部(10.0%)和躯干(7.5%)^[3]。下肢肌强直导致患者长期卧床, 严重影响其生活质量, 发生各种并发症, 给家庭及社会带来沉重负担^[13]。考虑到 PD 患者肌张力增高下肢以伸肌为主^[14], 而股四头肌是行走所需的膝关节强大伸肌, 股四头肌由四块肌肉组成, 分别为股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌。故本研究选择下肢的主要运动肌(股四头肌)进行肌张力变化的评估。

3.2 帕金森病患者股四头肌肌肉及肌腱 SWE 研究结果

本研究采用 SWE 技术对 60 例帕金森病患者双侧的股四头肌(股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌)肌肉及肌腱进行检查, 比较帕金森患者症状明显侧、症状较轻侧、正常对照组之间股四头肌肌肉与肌腱硬度的差异, 分析帕金森病患者股四头肌肌张力障碍的特点。结果显示 PD 组症状明显侧、症状较轻侧股四头肌(股直肌、股中间肌、股外侧肌、股内侧肌)肌肉的杨氏模量值高于对照组; PD 组症状明显侧股中间肌、股外侧肌的杨氏模量值高于症状较轻侧; PD 组症状明显侧、症状较轻侧股四头肌肌腱的杨氏模量值高于对照组; PD 组症状明显侧股四头肌肌腱的杨氏模量值高于症状较轻侧。

3.3 帕金森病患者股四头肌肌肉及肌腱杨氏模量值增高的原因分析

股四头肌症状明显侧和较轻侧肌肉及肌腱的

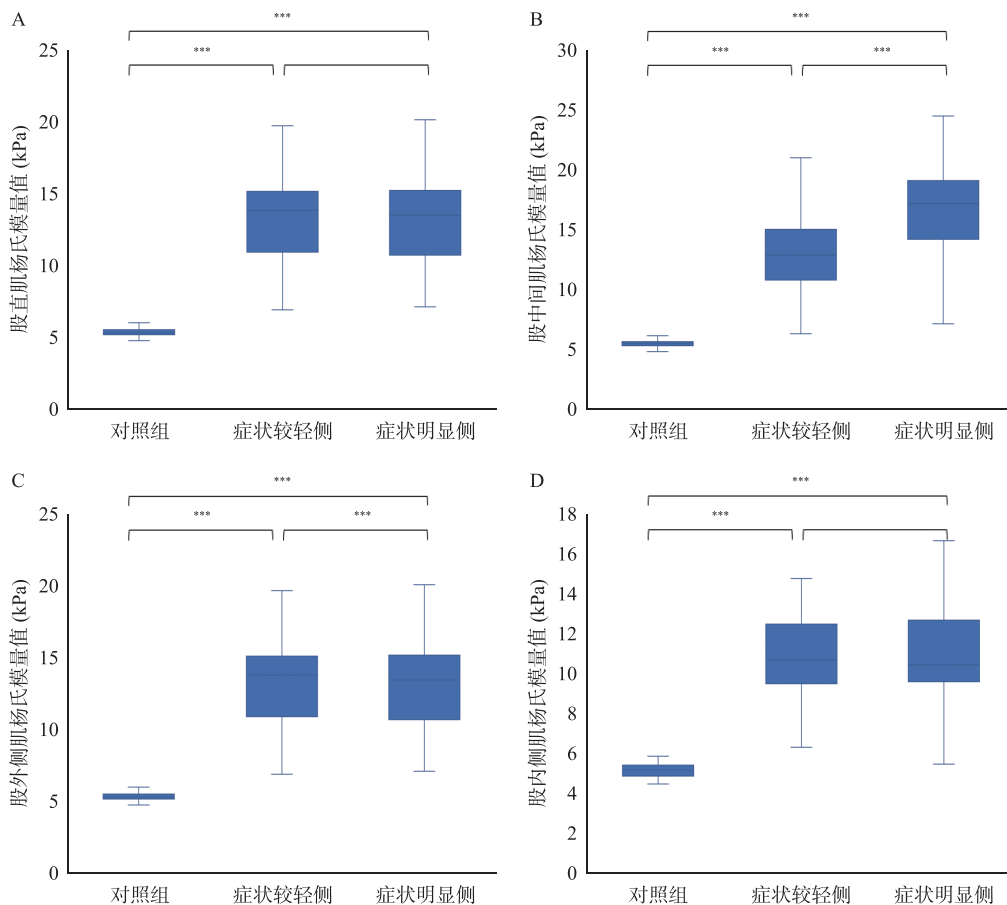


图 5 A 组(症状明显侧)、B 组(症状较轻侧)、对照组股四头肌肌肉杨氏模量值箱型图

Fig. 5 Box plot of the Young's modulus values of the quadriceps muscle in group A (side with prominent symptoms), group B (side with milder symptoms), and the control group

A: 股直肌; B: 股中间肌; C: 股外侧肌; D: 股内侧肌; *** $P < 0.001$ 。

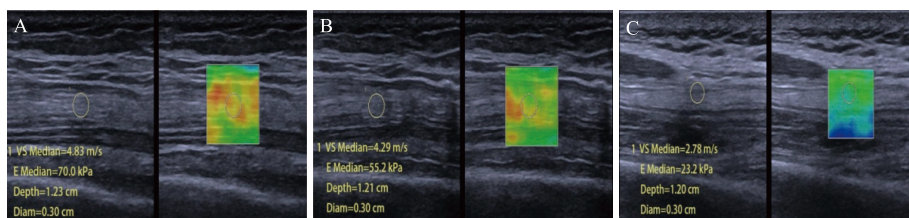


图 6 A 组、B 组、对照组股四头肌肌腱杨氏模量值声像图

Fig. 6 Ultrasound images of the Young's modulus values of the quadriceps tendon in group A, group B, and the control group

A: A 组杨氏模量值: 70.0 kPa; B: B 组杨氏模量值: 55.2 kPa; C: 对照组杨氏模量值: 23.2 kPa。

杨氏模量值均高于对照组, 提示该病为全身性疾病, 双侧的肢体均会受影响。可能的原因是: 帕金森病是一种椎体外系疾病, 肌张力增高属于强直性肌张力增高, 表现为拮抗肌和促动肌张力均增高^[15]。本研究中 PD 患者症状明显侧股中间肌、股外侧肌的肌张力高于症状较轻侧, 而 PD 患者症状明显侧与较轻侧股直肌、股内侧肌的肌张力无差异。这可能与 PD 肌张力增高的选择性不同有关^[16]。四块肌肉的功能也略有不同, 股中间肌只有伸膝关节的作用, 其厚度与骨骼肌肌力及骨

骼肌运动功能高度相关^[17]; 股外侧肌的功能是伸膝、使髌骨向外上移位^[18]; 由于股直肌的顶端位于髌骨, 因此股直肌也有部分屈髌的作用, 在屈髌伸膝时, 股直肌相对延长和松弛, 不如其他三块肌肉的伸膝功能; 股内侧肌分为两个独立的部分, 股内直肌和股内斜肌, 其中的股内斜肌有对抗髌骨外移动力性稳定作用, 也是唯一具有将髌骨向内、后侧牵拉作用的动力性结构^[18]。

综上所述, SWE 技术在评估帕金森患者下肢肌肉及肌腱的肌张力方面有一定优势, 但仍存在

表 3 A 组、B 组与对照组股四头肌肌腱杨氏模量值比较
[($\bar{x} \pm s$), kPa]

Tab. 3 Comparison of Young's modulus of quadriceps tendon in groups A, B and control group[($\bar{x} \pm s$), kPa]

分组	股四头肌肌腱杨氏模量值
A组($n = 60$)	$61.40 \pm 12.27^{\Delta\#}$
B组($n = 60$)	$48.70 \pm 10.87^{\Delta}$
对照组($n = 60$)	30.81 ± 4.80
F	145.811
P	$< 0.001^*$

与对照组比较, $\Delta P < 0.05$; A组与B组比较, $\# P < 0.05$; $* P < 0.05$ 。

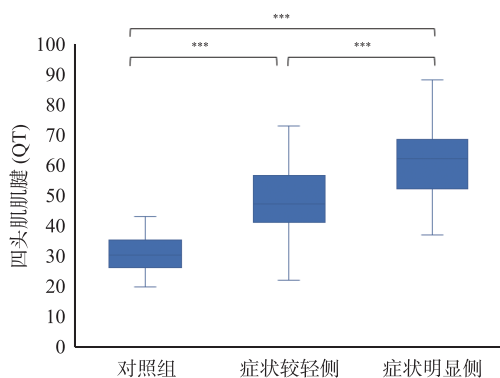


图 7 A 组(症状明显侧)、B 组(症状明显侧)、对照组股四头肌肌腱杨氏模量值箱型图

Fig. 7 Box plot of Young's modulus value of quadriceps tendon in group A (symptomatic side), group B (symptomatic side) and control group

$*** P < 0.001$ 。

一定的局限性。首先,本研究样本量较小,只研究 60 例帕金森病患者的股四头肌肌肉及肌腱,还需扩大样本量进行研究。其次,本次研究并没有对所研究的肌肉、肌腱进行活检,无法分析杨氏模量值及剪切波速与组织病理变化之间的关系。实时剪切波弹性成像技术现已广泛应用于临床,近年来在肌骨领域应用越来越广泛。本研究结果表明该技术可以用于检测帕金森病患者肌肉、肌腱杨氏模量值,评估 PD 患者肌肉及肌腱病变情况,为临床上帕金森病的诊断、治疗及疗效评估提供客观依据。

[参考文献]

[1] 刘兵,杨全,张凯,等. NLRP3 炎症小体在帕金森病运动防治中的作用研究进展 [J]. 中国免疫学杂志, 2024, 5(13): 1-17.

[2] 高含,张黎明. 帕金森病肌张力障碍的诊疗研究新进展 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(8): 1001-1005.

[3] 王丽,段玉成. 帕金森病引发的肌张力障碍 [J]. 中老年保健, 2018, 26(12): 26-27.

[4] Romanato M, Piatkowska W, Spolaor F. et al. Different perspectives in understanding muscle functions in Parkinson's disease through surface electromyography: Exploring multiple activation patterns [J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2022, 64: 102658.

[5] 李宇璇,韦铭儿,卢晓东. 帕金森病肌强直量化评估方法的研究进展 [J]. 浙江医学, 2021, 43(11): 1251-1254.

[6] 徐亦乐,车艳玲,刘洋,等. 剪切波弹性成像在肌骨系统疾病诊断上的应用进展 [J]. 影像科学与光化学, 2024, 42(1): 77-82.

[7] Jenkyn T R, Ehman R L, An K N. Noninvasive muscle tension measurement using the novel technique of magnetic resonance elastography (MRE) [J]. Journal of Biomechanics, 2003, 36(12): 1917-1921.

[8] 陈海波. 统一帕金森病评定量表 [J]. 中华老年医学杂志, 1999,(1): 60-61.

[9] 魏鹏绪. 关于改良 Ashworth 量表的探讨 [J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(1): 67-68.

[10] 陈永平,商慧芳. 2016 中国帕金森病诊断标准解读 [J]. 中国实用内科杂志, 2017, 37(2): 124-126.

[11] 丁常伟,张迎春,宋馨,等. 实时剪切波弹性成像评估强直型帕金森病患者早期上肢肌肉硬度的变化 [J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(8): 826-830.

[12] 孙友胜,陈杰,张建勇,等. 基于超声弹性成像观察 2 型糖尿病患者股四头肌肌腱改变 [J]. 中国医学影像技术, 2024, 40(1): 103-106.

[13] 李宇璇. 基于剪切波弹性成像下重复经颅磁刺激对帕金森病人肌肉硬度的疗效评估 [D]. 杭州: 杭州师范大学, 2021.

[14] Li X, Zhou J, He R, et al. A study on the effects of the Qihuang Needle therapy on patients with Parkinson's disease [J]. Frontiers in Neurology, 2023, 13: 1022057.

[15] 杜丽娟,程令刚,李晨,等. 实时剪切波超声弹性成像技术评估帕金森病患者上肢肌张力的临床研究 [J]. 首都医科大学学报, 2014, 35(2): 155-158.

[16] 林昆明. 苻蓉舒痉颗粒对帕金森病患者肌张力影响的临床观察 [D]. 福州: 福建中医药大学, 2022.

[17] Parry M S, El-Ansary D, Cartwright S M, et al. Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function [J]. Journal of Critical Care, 2015, 30 (5): 1151.e9-14.

[18] 李益平,张颖. 不同角度股四头肌等速肌力训练对全膝关节置换术后膝关节功能的影响 [J]. 天津医药, 2016, 44(1): 91-93.