·临床研究·

废用性肌萎缩患者股内侧肌的定量超声图像特点研究

李金峰[1] 邢 剑[1] 张元鸣飞[1] 蒋 洁[2] 周谋望[1,3]

摘要

目的:本研究运用定量超声成像技术,将废用性肌萎缩患者的各超声参数与健康受试者进行比较,探讨废用性肌萎缩患者股内侧肌的定量超声图像特点和肌肉功能变化。

方法:本研究运用定量超声成像技术,采集92例受试者(健康受试者54例,废用性肌萎缩患者38例)的下肢股内侧肌厚度、平均回声强度及能量多普勒超声参数等,将废用性肌萎缩患者的各超声参数与健康受试者进行比较,探讨废用性肌萎缩患者的定量超声图像特点和肌肉功能变化,为废用性肌萎缩的超声辅助检查提供依据。同时对全部研究对象进行双下肢等速肌力测试。

结果:废用性肌萎缩患者患侧的峰力矩值与健侧相比下降,差异有显著性意义($P<0.05$),废用性肌萎缩患者患侧和健侧肌肉的平均回声强度均较健康人明显提高($P<0.05$),废用性肌萎缩患者健侧肌肉厚度相比患侧更厚($P<0.05$)。通过分析伸膝峰力矩值和各超声参数间的相关性,研究发现肌肉厚度和能量超声参数分别与峰力矩值呈正相关($r=0.614$,$P=0.000$;$r=0.312$,$P=0.000$),回声强度与峰力矩值呈负相关($r=-0.385$,$P=0.000$)。

结论:废用性肌萎缩患者患侧伸膝峰力矩较健侧显著下降。同时废用性肌萎缩患者双侧股四头肌内侧头的质量和肌肉募集能力均较健康人有所下降。运用超声判断肌肉萎缩情况时,平均回声强度是较为可靠的指标,肌肉厚度和能量超声参数并不能准确反映肌萎缩患者的肌肉变化。

关键词 废用性肌萎缩;定量超声;峰力矩

中图分类号:R746,R445.1,R49 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2020)-07-0775-07

Quantitative ultrasound image characteristics of medial vastus muscle in patients with disused muscle atrophy/LI Jinfeng, XING Jian, ZHANG Yuanmingfei, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35(7): 775—781

Abstract

Objective: In this study, quantitative ultrasound imaging was used to compare the ultrasonic parameters of patients with disused muscular atrophy with those of healthy subjects, and to investigate the quantitative ultrasonic image characteristics and medial vastus muscle function changes of patients with disused muscular atrophy.

Method: In this study, quantitative ultrasound imaging technology was used to collect the medial femoral muscle thickness, average echo intensity, and energy Doppler ultrasound parameters of 92 subjects (54 healthy subjects and 38 disused muscular atrophy patients). The ultrasound parameters of the patients with disuse muscular dystrophy were compared with the healthy subjects, and the quantitative ultrasound image characteristics and the muscle function changes of patients with disuse muscular dystrophy were discussed to provide a basis for ultrasound-assisted examination of disuse muscular atrophy.

Result: The peak torque value of the affected side of the patients with disuse muscular dystrophy decreased compared with the healthy side, with the statistically significant difference($P<0.05$), the average echo of the muscles in the affected side and the healthy side of the patients with disuse muscular atrophy The intensity was significantly higher than that of the healthy people($P<0.05$). The thickness of the healthy side of patients with dis-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.07.003

1 北京大学第三医院康复医学科, 100191; 2 北京大学第三医院超声科; 3 通讯作者

第一作者简介:李金峰,男,硕士研究生;收稿日期:2019-12-29

use muscular dystrophy was thicker than that of the affected side and healthy subjects(P<0.05). By analyzing the correlation between the knee extension torque value and each ultrasound parameter, the study found that muscle thickness and energy ultrasound parameters were positively correlated with the peak torque value (r=0.614, P=0.000; r=0.312, P=0.000), The echo intensity is negatively correlated with the peak torque value(r=-0.385, P=0.000).

Conclusion: In patients with disuse muscular dystrophy, the peak torque of the affected knee is significantly lower than that of the healthy side. At the same time, the quality and muscle recruitment capacity of the bilateral quadriceps medial head of the patients with disuse muscular atrophy were lower than those of healthy people. When using ultrasound to judge muscle atrophy, the average echo intensity is a relatively reliable indicator, and muscle thickness and energy ultrasound parameters do not accurately reflect muscle changes in patients with muscle atrophy.

Author's address Peking University Third Hospital, 100191

Key word disused muscular atrophy; quantitative ultrasound; peak torque

在各种疾病或治疗措施(骨折固定)要求下,患者在经历长期卧床和制动后,骨骼肌通过减少肌肉纤维的大小和蛋白质的含量来适应身体活动的长期减少,这种生理反应通常被称作废用性肌萎缩[1]。超声成像是一种目前广泛应用于临床实际工作当中的,简便经济的检查方法。20世纪90年代就已经出现将超声成像技术与肌肉的功能状态相联系的研究[2]。定量超声可以在二维超声图像中通过分析肌肉横断面积[3—4]、肌纤维长和羽状角[5]等数值和比值参数判断肌肉目前的形态结构和功能状态。超声回声强度与组织的声阻抗特性有关。通常来说,声阻抗差异越大,声反射和散射越强,回声越高,即表现为高回声,图像明亮,低回声组织的超声图像较暗。正常肌肉组织呈现低回声的超声图像,肌肉萎缩和脂肪浸润是肌肉超声图像回声强度提高的原因之一[6],高回声强度的肌肉组织反映了肌肉功能和质量的下降[7]。能量多普勒超声可以通过对单位面积内红细胞的通过数量和信号振幅的大小进行成像,进而反映肌肉内部的血流情况,当肌肉进行快速的收缩运动后,超声图像中的肌肉红细胞信号显著增加[8];收缩后的肌肉中毛细血管的直径扩张,而未收缩的肌肉区域未发现这一现象[9]。因此。能量多普勒超声可以反映某一骨骼肌中参与收缩的部分占比。本研究拟通过采集废用性肌萎缩患者的定量超声图像,分析比较其与健康人之间的超声特征差异,旨在通过探讨废用性肌萎缩患者超声图像特点,明确废用状态下肌肉的形态和功能变化。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2019年3—8月在北京大学第三医院康复医学科就诊的下肢伸膝肌肉废用性萎缩患者38例,其中双侧下肢肌肉萎缩患者2例,同时选取本院医务人员及医学生共54例作为健康受试者,本研究共纳入92例志愿者,男女比例为48∶44,年龄19—54岁,每名志愿者左右两侧下肢分别进行数据测量采集,故样本总量为184。废用性肌萎缩患者判断标准:手术后长期(>3个月)制动或由于膝关节骨性关节炎所致的低体力活动引发的股四头肌萎缩(双侧肢体维度差异以髌骨上极以上10cm为测量点,周径相差超过2cm以上)[10];徒手肌力检查伸膝肌力在4级及以上;无下肢肢体肌肉麻木、痉挛、关节肿痛或明显畸形主诉;膝关节关节活动度应大于0°—110°;肌张力要求改良的Ashworth痉挛评定为0级;无重度骨质疏松;未处于炎症急性期或骨折急性修复期;年龄在18—55岁之间,性别不限。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器:研究采用System 4美国BIODEX多关节等速训练测试系统进行伸膝峰力矩的测定以及本实验采用声科声蓝系列法国彩色超声诊断仪,探头选用L15-4线阵探头。

1.2.2 测试肌肉选择:本研究选取股内侧肌作为研究的目标肌肉。主要有如下原因:首先,已有研究表明[11],股内侧肌的肌肉厚度与伸膝肌力呈显著相关性,且该参数的变化与年龄无关;其次,股内侧肌体表定位明确,位置表浅,便于超声探及,同时相对于

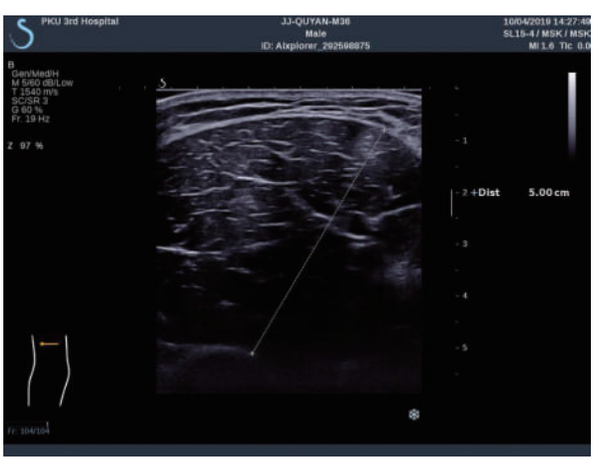
其他伸膝肌肉，该肌肉更易产生废用性萎缩[12]。

1.2.3 等速峰力矩值测量：等速测试常选用60°/s和180°/s两个角速度值，其中180°/s多用于评价肌肉耐力，而60°/s则主要评价峰力矩值[13]，因此，本研究采用60°/s角速度下所测伸膝峰力矩作为“标准评定”。在采集完安静状态下的超声图像后，指导受试者在所需测试的角速度下进行3—5个适应性动作练习，再进行正式测试，保证试验测定力矩值的稳定。

1.2.4 定量超声图像采集与处理：因测量肌肉为股四头肌内侧头，且需留取能量多普勒超声图像，若裤腿较紧则可能导致静脉回流不畅，能量多普勒超声结果受到影响，故受试者需着膝以上短裤。受试者在测试之前半小时内未进行剧烈运动，静息状态时分别留取受试者肌肉二维图像，用于测量肌肉厚度和平均回声强度；能量多普勒图像，用于测量肌肉充血程度。全部超声图像测量时取伸膝0°位，由超声影像科医师凭经验目测股四头肌内侧头最膨隆处，探头角度垂直于肌束走行，肌肉放松状态进行测量。测量完成后进行大腿处束缚，进行运动方案。在最后一组测试完成时立即松开大腿处束缚，再次于同一处测量肌肉二维图像和能量多普勒图像，间隔不超过3s。

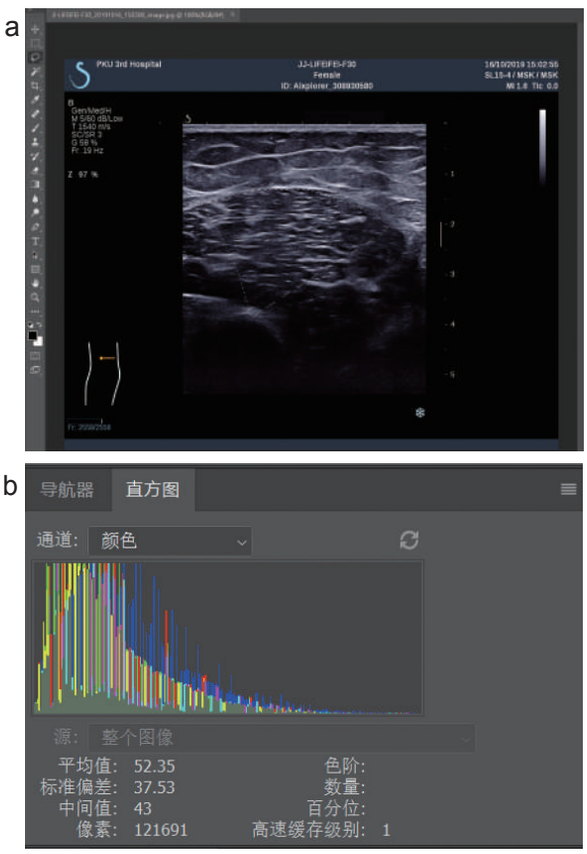
肌肉厚度测量：骨骼肌厚度在一定程度上代表了肌肉中肌纤维的含量，本研究中股内侧肌厚度可直接通过超声仪自带的测距系统进行测定，测距线段两端点分别在股内侧肌肌外膜和股骨骨膜，见图1，图中所示肌肉厚度为5cm。

图1 肌肉厚度测量



回声强度测量[14]：使用Adobe Photoshop CC 2018软件，通过软件界面左侧工具栏中的“套索工具”，手动选取股内侧肌扇形区域（图2a），勾选完成后，由屏幕右侧的直方图界面读取勾选区域的平均值，表示为灰阶即图像在最“亮”和最“暗”之间的变化情况，见图2b所示，平均值为52.35。

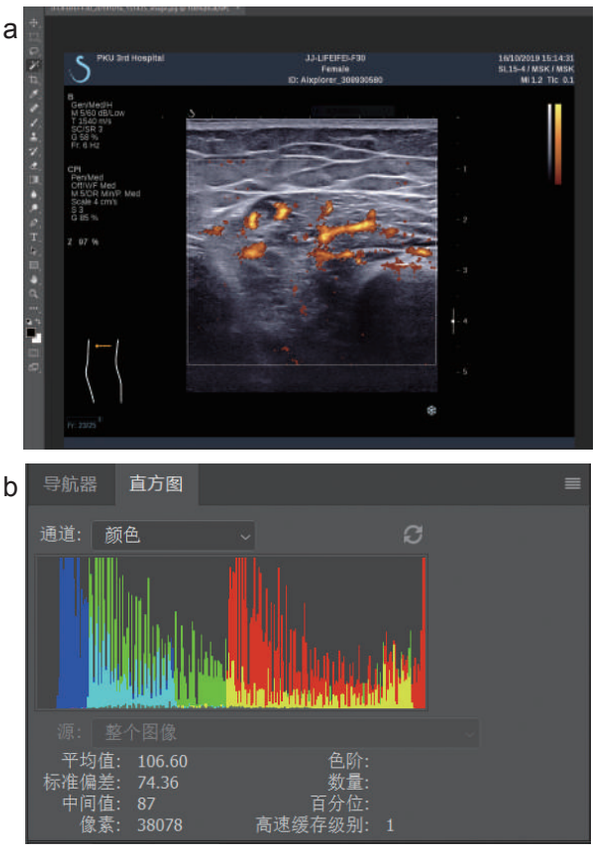
图2 平均回声强度测定



能量超声强度测量[15]：使用Adobe Photoshop CC 2018软件，通过屏幕左侧的“魔棒工具”勾选能量超声信号区域，对于由外界声噪干扰出现的伪影予以忽略，勾选完成后，由屏幕右侧直方图界面读取勾选区域的像素值，如图3b，像素值为38078。

不同超声仪器本身的机械参数差异会导致图像保存时的清晰度不同，在读取像素值会有差异。对于不同图像质量的图片，可以通过Photoshop软件进行处理，本研究所用图片质量为1440×1080。此外，图像放大倍数Z和信号强度增益值G不同同样会影响像素值的读取（如图3a所示，Z值为97%，G值为

图3 能量超声参数测定



85%)，股四头肌内侧头肌肉运动前后能量多普勒超声信号区域需进行校正，如下公式，计算后得到校正能量超声强度，单位为像素。

$$\text{校正能量超声强度（像素）} = \frac{\text{运动后信号区域（像素）} - \text{运动前信号区域（像素）}}{\text{图像放大倍数（}Z\text{）（\%）} \times \text{信号强度增益值（}G\text{）（\%）}}$$

1.3 统计学分析

本研究采用SPSS 20.0统计学软件对数据进行统计学分析。试验收集的伸膝峰力矩值、肌肉厚度、平均回声强度和能量超声参数均为计量资料，采用均数±标准差进行统计描述，非连续变量采用样本个数进行描述。对连续变量进行正态性检验，组间比较采用独立样本t检验，组内（个体内）比较采用配对样本t检验。采用散点图和皮尔逊相关分析伸膝峰力矩值和各超声参数见的相关性。

2 结果

2.1 患者一般资料

本研究共招募92例志愿者（男性48例，女性44例），其中健康受试者54例，下肢股四头废用性肌萎缩者38例（双侧萎缩2例），受试者均签署了知情同意书，对两组受试者的性别组成进行χ^2检验，得到χ^2值为2.630，渐进显著性P>0.05，说明两组受试者的性别组成没有显著性差异。在废用性肌萎缩患者中，有两例患者患有双侧骨性关节炎，因此在纳入统计时，将这两名患者的下肢全部纳入患侧组，因而在后续统计中，废用性肌萎缩患者的健侧为36组数据，患侧为40组数据，见表1。

2.2 废用性肌萎缩患者伸膝峰力矩值变化

本研究对健康受试者和废用性肌萎缩患者的双侧下肢进行了等速肌力测试，测试结果取60°/s时的峰力矩值作为标准测量值，具体结果见表2，由于性别是峰力矩值的影响因素，在数据处理时首先按性别分组，对同一患者的健患侧进行比较男性（147.13±62.67）和女性（65.67±23.57）肌萎缩患者的患侧下肢伸膝峰力矩值远小于健侧下肢（212.04±67.01，106.03±27.93），且差异有显著性意义（P<0.05）。

2.3 废用性肌萎缩患者超声图像参数变化

试验中共采集92例受试者共1104张超声图像，最终纳入统计处理的图像共460张，肌萎缩患者的超声图像与健康人群比较有较大差异，女性患者健

表1 受试者一般资料 （$\bar{x}\pm s$）

	例数	年龄（岁）	性别（例）		疾病类型（例）		
			男	女	软组织损伤	骨折	退行性变
肌萎缩患者	38	34.82±9.65	16	22	26	9	3
健康受试者	54	28.26±6.82	32	22	0	0	0
χ^2或t值		-22.540	2.630				
P值		0.09	0.105				

表2 伸膝峰力矩值比较 （$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	伸膝峰力矩值
男性		
J组	64	189.69±45.24
H-j组	16	212.04±67.01
H-h组	16	147.13±62.67①
女性		
J组	44	110.60±19.99
H-j组	20	106.03±27.93
H-h组	24	65.67±23.57①
总计		
J组	108	157.47±53.75
H-j组	36	155.11±69.51
H-h组	40	98.83±62.78①

注：J组：健康受试者，H-j组：肌萎缩患者健侧，H-h组：肌萎缩患者患侧。①H-j组与H-h组比较P<0.05

侧(3.79±0.64)的股内侧肌厚度大于患侧下肢(3.43±0.59),且差异有显著性意义(P<0.05);健康受试者骨骼肌回声强度(27.24±11.42)显著低于肌萎缩患者双侧下肢(41.05±14.07,47.21±15.58),且差异有显著性意义(P<0.05),同时,女性肌萎缩患者健侧(42.71±13.18)骨骼肌回声强度低于患侧(53.89±17.77),差异有显著性意义(P<0.05)。虽然能量超声强度各组间仅在男性受试者组间存在显著差异,但是对于样本总体来说,健康受试者的能量超声(11330.86±5624.02)与患者患侧下肢能量超声(9213.74±3857.38)间的Cohen's d=0.54,说明差异有一定的临床意义(表3)。

2.4 伸膝峰力矩值与各超声参数间的相关性

试验结束后,对各超声参数与峰力矩值进行相关性分析,主要目的是探讨本研究所选取的三个超声参数是否与肌肉力量有关系,将184组数据混合进行相关性分析。如散点图和Pearson相关系数可知,峰力矩值与肌肉厚度呈正相关,伸膝峰力矩值和肌肉厚度的相关系数在双侧0.01水平下为0.614;峰力矩值与平均回声强度呈负相关,伸膝峰力矩值和回声强度的相关系数在双侧0.01水平下为-0.385;峰力矩值与能量超声呈正相关,伸膝峰力矩值和能量超声的相关系数在双侧0.01水平下为0.312(图4—5)。

3 讨论

3.1 废用性肌萎缩患者肌力和定量超声参数

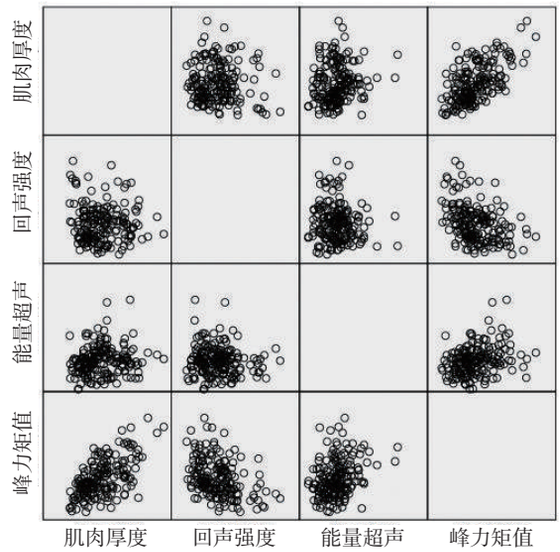
本研究拟使用定量超声技术探讨废用状态下肌肉的定量超声图像改变,为临床实际工作中使用超声辅助诊断废用性肌萎缩提供依据。

表3 肌萎缩患者与健康人超声图像参数 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	肌肉厚度(cm)	回声强度(灰阶)	能量超声强度(像素)
男性				
J组	64	3.89±0.52②	25.58±10.98①②	12729.36±5708.43①②
H-j组	16	4.68±0.57	38.97±15.28	9814.25±3602.55
H-h组	16	4.46±0.58	40.99±9.49	9212.50±3993.95
女性				
J组	44	3.34±0.26	29.36±11.01①②	9296.66±4888.99
H-j组	20	3.79±0.64	42.71±13.18③	10099.50±3305.53
H-h组	24	3.43±0.59③	53.89±17.77	9646.63±3820.61
总计				
J组	108	3.67±0.51	27.24±11.42①②	11330.86±5624.02
H-j组	36	4.19±0.75	41.05±14.07③	9973.68±3393.29
H-h组	40	3.86±0.81③	47.21±15.58	9213.74±3857.38

注:J组:健康受试者,H-j组:肌萎缩患者健侧,H-h组:肌萎缩患者患侧。①:J组与H-h组比较P<0.05;②:J组与H-j组比较P<0.05;③:H-j组与H-h组比较P<0.05

图4 各能量超声参数间相关性的散点图矩阵

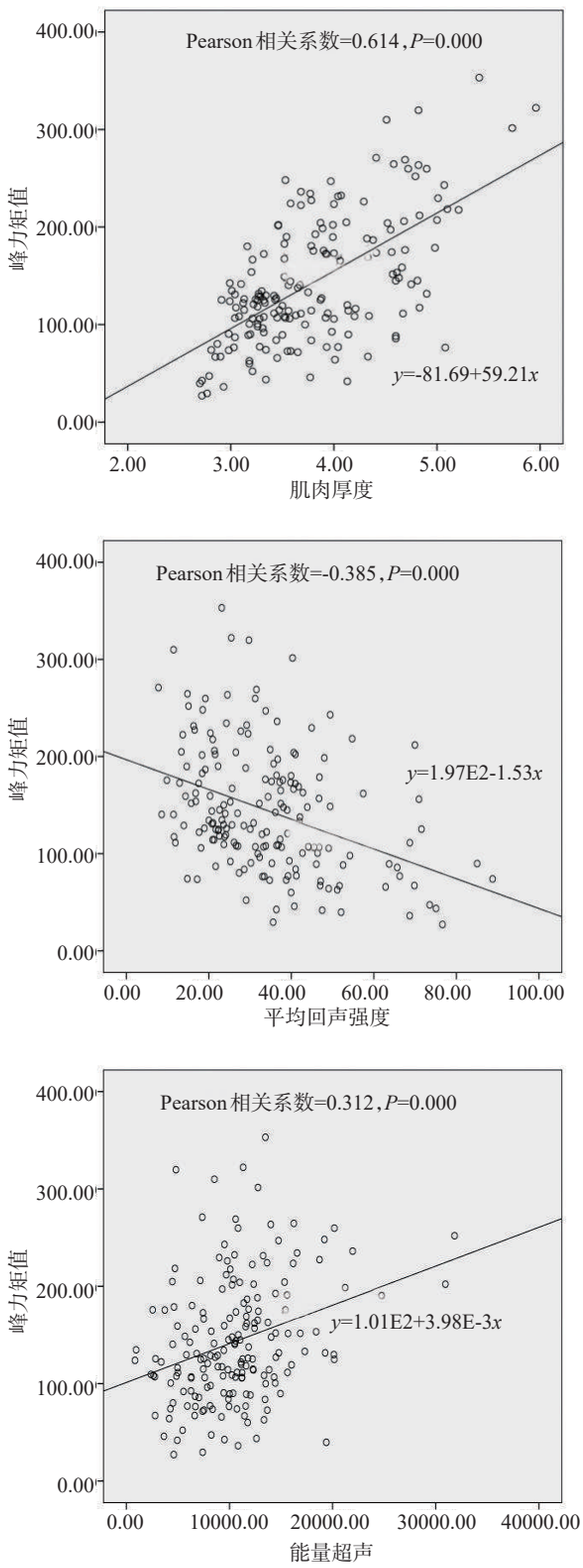


研究发现废用性肌萎缩患者健患侧下肢的平均回声强度较健康人群显著提高,提示我们在肌肉废用过程中,健患侧肢体的肌肉质量均出现不同程度的下降,说明该变量可以反映废用性肌萎缩的变化。对于康复临床工作,该结果表明,对于废用性肌萎缩患者,在治疗过程中不仅要强化患侧肌肉训练,也要关注健侧肢体的功能锻炼,保持健侧肌骨的功能状态。此外,废用性肌萎缩患者的能量超声参数的结果尽管与健康受试者相比差异没有显著性意义,但是,通过计算组间的效应量可知,肌肉的废用也会减弱肌肉的募集能力,由此可见,对于废用性肌萎缩患者除进行常规的力量练习,还应该早期介入神经控制训练,提高受损肌群的募集效率。

本研究发现,废用性肌萎缩患者的患侧骨骼肌厚度并没有显著减少,首先这可能与本研究所选取的受试者肌力均>4级有关,同时,研究中纳入的受试者多为强壮年,且多为术后恢复较长时间的患者,在此肌力范围中,患侧的肌肉可能没有出现明显的厚度减小,因而本研究中患者健患侧骨骼肌厚度差异较小。

虽然本研究选取的三种指标可以在某种程度上反映所测肌肉功能,但是除了肌肉厚度,其他参数与

图5 峰力矩值和各超声间相关性分析



肌力的相关性较弱，主要可能由以下原因：①本研究的受试者年龄分布集中于20—40岁，该年龄段的肌肉状态稳定，平均回声强度在健康受试者中差别不大。导致了该参数与肌力的相关性较弱，有研究纳入了51—87岁的老年女性受试者[16]，通过分析发现平均回声强度与肌力有显著相关性，这说明了提高样本年龄值域可能会提高回声强度与肌力的相关性；②能量超声参数的干扰因素较大，主要的干扰因素来自于外部噪声，在本实验中，由于等速肌力测试仪在超声图像采集时一直处于开机运转状态，因而超声图像的有较严重的伪影，在实验过程中，为减少噪声的干扰，超声设备与等速设备需保持一定距离；同时，尽量保持等速测试设备的机头处在固定锁死的状态进行测量。在进行人工标定测量时，所得的该参数值普遍较高，这使得患者与健康人群间的差值缩小，减弱了相关性，此外，肌肉的募集功能还收年龄和有无定期的体育活动等因素有关，本实验没有考虑这些因素的干扰，可能导致了数据的失真。

3.2 本研究的不足

本研究使用定量超声诊断仪对受试者的肌肉厚度、平均回声强度和能量超声参数进行测定。在实际操作中，不同品牌或不同型号的超声诊断仪有着不同的机械参数，这些差异会导致测量过程中对于超声图像质量的影响。在图像处理过程中，我们采用前述公式对影响图片质量的两个主要影响因素增益强度G和放大倍数Z进行了处理，将其作为分母除去。同时，为保证图片像素的一致，本研究使用的图片质量均为1440×1080，如前文所述，不同超声设备截取的图片可以通过Photoshop软件的图片尺寸选项对图片的约束比例进行调整，进而保证图片像素质量的统一。

实际操作中，除上述因素外，测试环境的温度同样对超声结果有影响。本实验地点在康复科训练大厅，环境温度恒定在23℃左右，可以保证超声测试环境的稳定。但是对于高温或低温环境下，超声测试的结果是否稳定本研究未能进行深入的探讨。此外，在实验过程中，外部噪声干扰对于超声图像的采集有着不可忽视的影响，特别是对于能量超声的收集，尽管计算机在处理图片是可以进行降噪等处理，但是在人力进行图像处理时，只能根据处理者自身的知识水平

对可能由声噪产生的超声伪影进行处理。

根据统计结果,肌肉厚度可能并非一个特别理想的反映肌肉功能的指标,这主要是由于本研究所使用的超声探头不能反映出目标肌肉的宽度,因此在计算肌肉的横截面积较为困难,所以我们选取了一个较为方便采集的参数;此外,华西医院超声科使用高频超声对国人股直肌的等速肌力和肌肉宽度、厚度、横截面积和羽状角进行相关性研究,发现等速肌力仅与肌肉厚度和横截面积有关,且与肌肉厚度的相关性更大[17]。这说明,肌肉厚度可能与等速峰力矩值有比较显著的相关性。但是,该研究也仅仅纳入了健康受试者,对于肌肉厚度与等速肌力的关系还需进一步的探讨。

综上所述,废用性肌萎缩患者患侧伸膝峰力矩较健侧显著下降。同时废用性肌萎缩患侧双侧股四头肌内侧头的质量和肌肉募集能力均较健康人有所下降。运用超声判断肌肉萎缩情况时,平均回声强度是较为可靠的指标,肌肉厚度和能量超声参数不能准确反映肌萎缩患者的肌肉变化,同时这种超声图像特点和性别无关。

参考文献

[1] Reid MB, Judge AR, Bodine SC. Cross Talk opposing view: The dominant mechanism causing disuse muscle atrophy is proteolysis[J]. J Physiol,2014,592(24):5345—5347.

[2] Maganaris CN, Baltzopoulos V. Predictability of in vivo changes in pennation angle of human tibialis anterior muscle from rest to maximum isometric dorsiflexion[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1999,79(3):294—297.

[3] Abe T, Thiebaud RS, Loenneke JP, et al. Association between forearm muscle thickness and age-related loss of skeletal muscle mass, handgrip and knee extension strength and walking performance in old men and women: a pilot study [J]. Ultrasound Med Biol, 2014,40(9):2069—2075.

[4] Guo JY, Zheng YP, Huang QH, et al. Performances of one-dimensional sonomyography and surface electromyography in tracking guided patterns of wrist extension[J]. Ultrasound Med Biol, 2009,35(6):894—902.

[5] Ichinose Y, Kanehisa H, Ito M, et al. Morphological and functional differences in the elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1998,78(2):109—114.

[6] Arts IM, van Rooij FG, Overeem S, et al. Quantitative muscle ultrasonography in amyotrophic lateral sclerosis[J]. Ultrasound Med Biol, 2008,34(3):354—361.

[7] 张元鸣飞, 吴同绚, 周谋望, 等. 定量超声技术在肌力评定中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2018,33(10):1242—1245.

[8] Dori A, Abbasi H, Zaidman CM. Intramuscular blood flow quantification with power doppler ultrasonography[J]. Muscle Nerve, 2016,54(5):872—878.

[9] Crecelius AR, Kirby BS, Luckasen GJ, et al. Mechanisms of rapid vasodilation after a brief contraction in human skeletal muscle[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2013,305(1):H29—H40.

[10] 恽晓平. 康复评定学[M]. 北京:华夏出版社, 2004.

[11] Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, et al. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly[J]. Age (Dordr), 2013,35(6):2377—2388.

[12] Fox TA. Dysplasia of the quadriceps mechanism: hypoplasia of the vastus medialis muscle as related to the hypermobile patella syndrome[J]. Surg Clin North Am, 1975,55(1):199—226.

[13] 徐军. 等速运动在康复评定与治疗中的应用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006,(8):570—573.

[14] 卢光荣, 金健威, 叶晓华, 等. Photoshop软件对胃间质瘤和胃平滑肌瘤内镜超声图像的鉴别价值[J]. 胃肠病学, 2014,19(9):537—539.

[15] 王涌, 戴训芦, 赵保平, 等. 彩色多普勒密度量化值在诊断乳腺肿块中的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2005,(3):208—211.

[16] Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons[J]. Eur J Appl Physiol, 2012,112(4):1519—1525.

[17] 赵梦竹, 王丽芸, 邱涵. 不同高频超声参数对健康人肌力评估的对比研究[J]. 中国医学影像技术,2018,34(S1):49—53.