

·临床研究·

实时超声成像对健康成人多裂肌收缩效率的影响*

林珊珊¹ 郑逸逸¹ 王楚怀^{1,2}

摘要

目的:研究单次多裂肌持续性激活训练过程中,实时超声成像反馈技术对多裂肌激活及收缩效率的影响。

方法:将24例健康受试对象随机分为言语指导组(言语组,n=12)和实时超声反馈组(超声组,n=12),分别予以言语指导和实时超声成像反馈下的改良BST等长收缩训练。比较两组受试者在单次多裂肌持续收缩过程中,实时超声反馈对多裂肌厚度(thickness, Th)、横截面积(cross section area, CSA)的影响。

结果:重复测量方差分析结果显示,两组多裂肌Th、CSA的时间因素、组别因素以及时间与组别的交互作用均有显著性意义($P<0.05$),说明随着时间因素的改变多裂肌Th及CSA差异有显著性意义,不同组别的多裂肌Th及CSA差异也有显著性意义,且时间因素的作用随分组的不同而存在差异。事后分析结果显示,在静息状态(T rest)及多裂肌最大收缩时间点(T c-max),两组受试者多裂肌Th、CSA组间比较无显著性意义($P>0.05$);在持续收缩30s(T 30s)时,超声组多裂肌Th、CSA显著优于言语组($P<0.05$)。组内比较结果显示,各组Th、CSA在T c-max均优于T rest($P<0.05$);在持续收缩30s时,言语组Th、CSA与T rest相比无显著性意义($P>0.05$),超声组Th、CSA在T 30s与T rest相比具有显著性意义($P<0.05$)。

结论:实时超声反馈不会增加多裂肌初始激活最大收缩程度,但超声成像可提供实时、持续的动态视觉反馈,有利于受试者在持续收缩过程中尽可能保持多裂肌最大收缩幅度,从而提高收缩效率、改善训练效果。

关键词 实时超声成像;多裂肌;收缩厚度;横截面积

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-04-0488-06

Effects of real-time ultrasound imaging feedback on thickness and cross section area of contractive multifidus in healthy subjects/LIN Shanshan, ZHENG Yiyi, WANG Chuhuai//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(4):488—493

Abstract

Objective: To investigate the influence of real-time ultrasound imaging feedback on thickness and volume of contractive multifidus after the single sustaining multifidus activation training.

Method: Twenty-four healthy subjects were randomly divided into a verbal instruction group (verbal group, VG, n=12) and a real-time ultrasound feedback group (ultrasound group, UG, n=12), and then underwent a single 30 seconds persistent multifidus activation training via verbal guidance with or without real-time ultrasound imaging feedback. The beginning, maximum and ending thickness (Th), and cross section area (CSA) of the multifidus of two groups were taken with ultrasonography.

Result: The initial Th and CSA of multifidus between the two groups had no difference. The maximum Th and CSA of both groups increased ($P<0.05$) and no difference between two groups. At the end of 30s activation, both Th and CSA decreased. The ending Th and CSA in UG group were still more than the initials($P<0.05$), but it is not true for VG group.

Conclusion: The real-time ultrasound imaging feedback does not increase the initial maximum contraction de-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.04.009

*基金项目:广州市科技计划重点项目(201704020122)

1 中山大学附属第一医院康复医学科,广州,510080; 2 通讯作者

第一作者简介:林珊珊,女,博士研究生,主治医师; 收稿日期:2020-06-12

gree of the multifidus. But during the 30 seconds persistent contraction process, the real-time and continuous dynamic visual feedback provided by the ultrasound imaging is beneficial to the subjects to maintain the maximum contraction extent of the multifidus as much as possible, which is helpful to improve the contraction efficiency and training effect.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510080

Key word real-time ultrasound imaging; multifidus; contraction thickness; cross section area

腰痛是临床最为常见、以第12肋至臀纹区域疼痛为主要表现的综合征,也是全球范围内致残的首要原因,对人类工作及生活造成极大影响,给社会经济和卫生保健花费造成沉重负担^[1-3]。严重者甚至会导致运动功能障碍,进而丧失不同程度的生活自理及工作能力^[4]。研究表明,腰痛患者核心稳定肌尤其是多裂肌和腹横肌等躯干深层肌存在损伤性改变。其萎缩、激活水平减低或不足可引发腰椎稳定性下降,进而增加腰痛发生发展及复发风险^[5-6]。脊柱生物力学相关研究证实,多裂肌为脊柱局部稳定肌,可为腰椎提供节段性刚度,维持脊柱于中立区,并在脊柱失稳时维持其稳定性^[7-9]。然而,多裂肌为背部深层肌,在评估和治疗过程中难以通过直接观察,感知其激活与收缩程度。

近年来,肌电图^[10-11]和MRI^[12-13]已被用于多裂肌评估与监测,但因其有创性、定位不明确、价格昂贵、操作烦琐等特点,在实验研究中应用较为广泛,而临床应用价值相对有限。实时超声成像技术能实时显示深层肌收缩厚度变化,且具有操作方便、相对廉价、安全、非侵入性、高分辨率、测量信效度好等特点,在骨骼肌肉系统疾病的诊断治疗中占有一席之地^[14-15],可作为一种实时生物反馈工具。在实时超声成像反馈技术引导下,可以让患者更容易掌握和控制多裂肌的收缩时机和强度,也可以让治疗师实时调整或纠正患者的运动方式,从而提升训练效果,更好地缓解症状、提高生存质量。因此有研究人员建议,通过实时超声成像技术提供视觉反馈来进行多裂肌训练^[16]。但目前为止,国内尚鲜有文章报道多裂肌单次持续性激活训练过程中,实时超声反馈对多裂肌激活及收缩效率的影响。鉴于此,本研究旨在探究实时超声反馈技术能否提高或改善单次持续收缩过程中多裂肌收缩强度及收缩效率。

1 对象与方法

1.1 试验对象

通过网络社交平台及宣传海报招募健康志愿者。纳入标准:①年龄20—45岁;②无急慢性腰痛和下肢疼痛病史;③能够维持俯卧位改良biering-sorensen腰背肌等长收缩测试(biering-sorensen test, BST)动作超过30s;④自愿完成本试验,并签署知情同意书。

排除标准:①腰痛病史或腰背部外伤史影响日常生活和工作;②腰椎骨折、脊柱手术病史;③脊柱畸形;④脊椎炎症性、感染性或恶性疾病;⑤已知的神经肌肉或关节疾病等;⑥严重器质性疾病;⑦功能障碍或其他影响评估的系统性疾病等。

共招募志愿者27例,经筛查,有2例因腰部肌肉拉伤病史,1例因BST动作维持时间<30s而排除。将符合条件的24例纳入对象随机分成2组,实时超声反馈组(ultrasound group, UG)12例,言语指导组(verbal group, VG)12例。所有受试者均被告知与试验有关的注意事项,并签署知情同意书。本试验获得中山大学附属第一医院医学伦理委员会审批同意。统计分析结果显示两组受试对象基本资料差异无显著性意义(表1)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验流程:试验前对受试者进行宣教,解释试验流程、目的与操作要求,介绍多裂肌解剖结构和功能,改良BST动作激活多裂肌方法,并对超声组介绍超声成像呈现的组织结构层次、多裂肌位置,静息及收缩状态下多裂肌形态结构变化等,确保受试者在图像上准确找到多裂肌。

1.2.2 检查方法:采用索诺声Sonosite M-Turbo便携式彩超设备(美国),高频凸阵探头频率5—2MHz,由熟悉肌骨超声的医师统一对2组对象L4水平右侧多裂肌厚度及横截面积等形态结构进行取

表1 两组一般资料比较 $(\bar{x}\pm s)$

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	体重(kg)	身高(m)	BMI
		男	女				
超声组(UG)	12	3	9	24.42±1.88	54.33±4.92	1.60±0.04	21.09±1.09
言语组(VG)	12	2	10	25.51±2.32	52.14±4.45	1.58±0.07	20.91±1.25
统计值		$\chi^2=0.25$		$t=1.28$	$t=1.14$	$t=0.86$	$t=0.42$
P值		0.61		0.22	0.27	0.40	0.67

图与测量,其中测量时间点包括静息状态(T rest)、最大收缩时(T c-max)及持续收缩30s时(T 30s)等3个时间节点。

具体操作步骤如下:①嘱患者取俯卧休息位,双上肢放松置于头部两侧,充分暴露腰背部,定位体表L4棘突并标记,将超声探头置于后正中线上L4棘突标记处,沿身体长轴切面扫查,显示L4、L5棘突长轴后往外侧平移2—3cm,直至L4/5关节突关节长轴切面清晰显示于图像视野中间,在平静呼气末采集图像,测定皮下筋膜至L4/5关节突关节垂直距离为静息状态多裂肌厚度。②随后沿短轴切面扫查,测量L4/5关节突关节水平多裂肌CSA。③确定静息态多裂肌位置后固定探头,嘱受试者尽最大努力完成改良 biering-sorensen 腰背肌等长收缩测试,即受试者取俯卧位,双肘伸直,双上肢向前上方伸出,用力挺胸抬头,使头、胸离开床面,同时膝关节伸直,双下肢尽力抬离床面^[7],并保持该姿势30s。采集该体位下右侧多裂肌最大收缩值及持续保持30s后收缩值。采集多裂肌厚度时,超声探头沿身体长轴纵切面垂直皮肤放置;采集横截面积时,超声探头沿身体短轴切面垂直皮肤放置。

每一受试对象进行3次BST测试,每次维持30s,间隔2—3mins以保证肌肉充足放松,每次均在呼气末截取超声图像。在完成BST动作过程中,言语组仅给予一定言语指导。试验组除言语指导外,要求受试者实时观看超声,维持多裂肌持续收缩且图像上厚度保持或尽量保持不变。每次均分别进行长轴和短轴的超声测量,明确多裂肌定位后取图。每一时间点均测量3次取平均值。测量过程中,要求受试者保持脊柱中立位,防止异常姿势干扰。

1.3 统计学分析

应用 Graphpad 8.0.2 软件和 SPSS22.0 进行绘图和统计学分析,计量资料以均数±标准差作为统计描述,计数资料采用例数(百分比)表示。两组不同

时间点收缩厚度、横截面积等指标采用两因素重复测量方差分析,不满足球形假设时,采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正。当主效应或交互作用有显著性意义时,应用 Bonferroni 法进行事后两两比较。计数资料采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 两组多裂肌厚度变化比较

重复测量方差分析结果显示,两组多裂肌收缩厚度的时间因素、组别因素以及时间与组别因素的交互作用均有显著性意义($P<0.05$),说明随着时间因素的改变多裂肌厚度差异有显著性意义,不同组别的多裂肌厚度差异也有显著性意义,且时间因素的作用随分组的不同而存在差异。相关统计分析结果见表2,超声采集图像见图1。

2.2 两组多裂肌横截面积变化比较

重复测量方差分析结果显示,两组多裂肌横截面积的时间因素、组别因素以及时间因素与组别的交互作用均有显著性意义($P<0.05$),说明随着时间因素的改变多裂肌CSA差异有显著性意义,不同组别多裂肌CSA的差异也有显著性意义,且时间因素的作用随分组的不同而存在差异。见表3,图2。

3 讨论

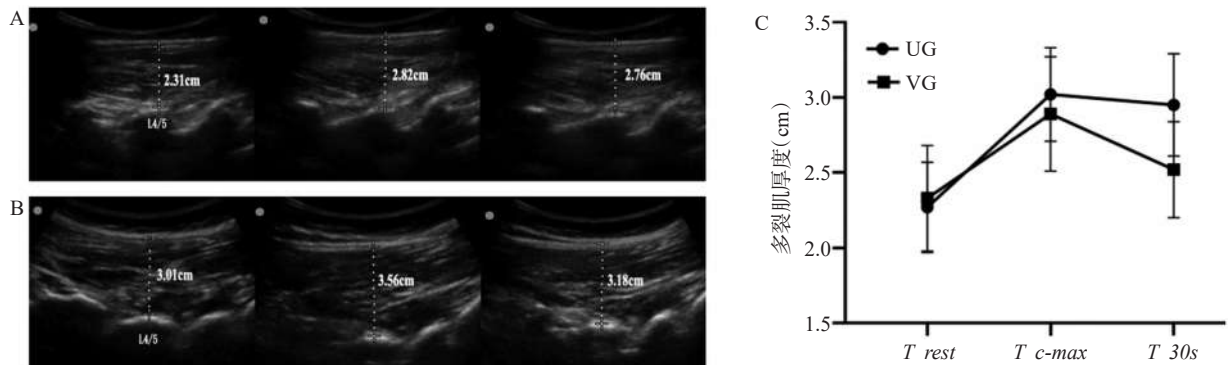
Panjabi 等^[8]研究认为,脊柱稳定性主要是由3个子系统决定:被动亚系(椎体、椎间盘、韧带等)、主动亚系(肌肉、肌腱)以及神经亚系统(中枢神经系统

表2 两组不同时间点多裂肌收缩厚度比较 $(\bar{x}\pm s, \text{cm})$

时间	超声组(UG)(n=12)	言语组(VG)(n=12)
T rest	2.27±0.30	2.33±0.35
T c-max	3.02±0.31 ^①	2.89±0.38 ^①
T 30s	2.95±0.34 ^②	2.52±0.32

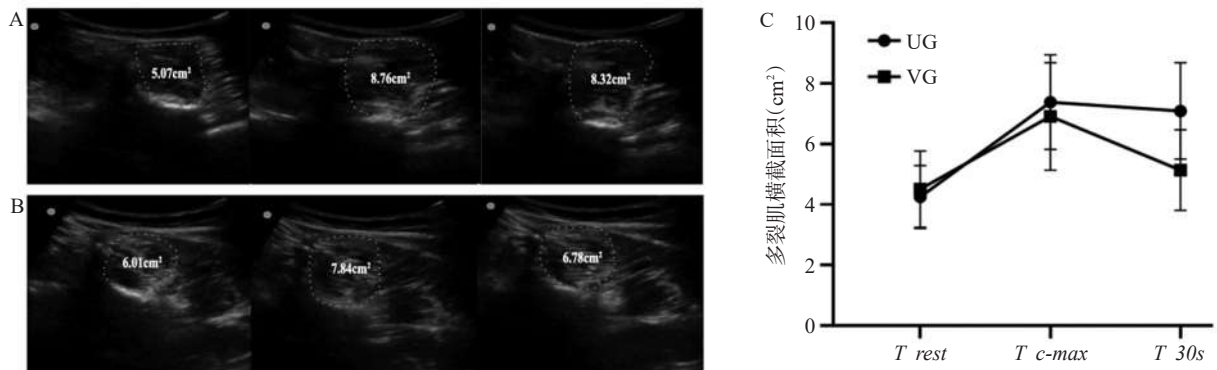
注:事后分析采用 Bonferroni 进行两两比较。①与静息状态比较, $P<0.05$;②与言语组比较, $P<0.05$ 。

图1 两组不同时间点多裂肌收缩厚度比较



A. 超声组某一受试者多裂肌收缩厚度变化, B. 言语组某一受试者多裂肌收缩厚度变化, C. 两组多裂肌收缩厚度随时间改变折线图。

图2 两组不同时间点多裂肌横截面积比较



A. 超声组某一受试者多裂肌横截面积变化, B. 言语组某一受试者多裂肌横截面积变化, C. 两组多裂肌横截面积随时间改变折线图。

表3 两组不同时间点多裂肌横截面积比较 ($\bar{x} \pm s$, cm²)

时间	超声组(UG)(n=12)	言语组(VG)(n=12)
T rest	4.25±1.04	4.51±1.26
T c-max	7.38±1.56 ^①	6.91±1.77 ^①
T 30s	7.09±1.59 ^{①②}	5.14±1.33

注:事后分析采用Bonferroni进行两两比较。①与静息状态比较, $P < 0.05$; ②与言语组比较, $P < 0.05$ 。

调控)。其中,维持脊柱稳定性的肌肉组织分为“整体肌群”和“局部肌群”,前者为脊柱提供活动的原动力,包括脊柱周围浅层肌肉(腹直肌、腹内外斜肌、竖脊肌等),而后者为脊柱提供节段性稳定支撑,包括腹横肌以及脊柱两旁的深层肌(多裂肌)。其中,腰部多裂肌是位于脊柱后方深部的多束小肌肉,附着于棘突两侧沟内,跨越2—3个腰椎椎体,主要作用为维持脊柱节段稳定性,传导轴向压力,保护椎间盘等^[18],其功能形态与腰椎稳定性有着密切联系。正

常成人的多裂肌呈类圆形或椭圆形,两侧基本对称。国外学者的研究表明:大约80%的慢性腰痛患者会出现形态结构或功能改变,如多裂肌萎缩、脂肪浸润,收缩能力下降等^[19]。

目前,临床上较常用于评价脊柱肌肉形态与结构的影像学检查有CT、MRI、肌电图和肌骨超声成像。既往有研究将MRI、CT和肌骨超声检测深部组织形态结构的信效度进行对比,结果显示肌骨超声具有较好的信效度($ICC=0.72-0.98$)^[21]。张志杰等^[22]应用肌骨超声对慢性腰痛患者多裂肌厚度和横截面积进行评估,结果显示其重复测量系数为0.89—0.96,具有较高的可信度。相对于X线、CT、MRI成像,肌骨超声是一种操作简便、廉价、安全、无痛、无创的成像技术,可重复多次检查并可提供实时动态观察反馈,是评估肌肉和肌腱厚度、横截面积

等生理结构及肌骨损伤的有效方法,在肌肉骨骼系统疾病的诊断及治疗方面显示出巨大潜力。将肌骨超声技术应用于临床康复评估与训练,有助于直接获得肌肉结构参数、量化训练效果,且可实时、动态观察患者运动情况,方便康复医师直观掌握靶肌肉的收缩状态。但目前,该项技术临床应用多关注静息以及训练前后多裂肌收缩厚度以及CSA变化,对持续等长收缩过程中,实时超声反馈能否有助于维持或提高多裂肌收缩效果的研究尚鲜见报道。

本研究采用肌骨超声技术对健康成人深层多裂肌静息状态下的厚度及横截面积进行评估,并且测量受试者在持续收缩30s过程中,多裂肌收缩厚度及横截面积随时间延长的改变情况。结果显示,两组多裂肌厚度及横截面积在静息状态下无显著差异,在最大收缩时间点(Tc-max),实时超声反馈与单纯言语指导相比,不会增加多裂肌收缩效率,这与既往腹横肌研究结果类似^[23-24]。但是,随着收缩持续时间延长(T30s),实时超声反馈组多裂肌厚度及横截面积明显优于言语组,表明实时超声反馈能够增加健康成人持续收缩过程中多裂肌的运动控制,通过实时反馈技术有助于提高肌肉的收缩表现和收缩效率,也能维持肌肉的运动能力。

良好而准确的运动控制不仅需要完善的骨骼肌肉系统、引起肌肉协调收缩的神经冲动信号,还需要大脑皮质对相关反馈信息整理分析,据此做出姿势调整,维持平衡状态。生物反馈技术通过为患者提供外在视、听觉感官刺激,及经放大处理的内在本体感觉信号等常规条件下不易获得的信息,进而增加个体对自身形态及结构改变的意识,更好的发挥治疗效果。在骨骼肌肉系统疾病的康复训练中,生物反馈有利于中枢神经系统恢复损伤前随意或非随意控制下的感觉-运动循环。其中,超声成像可以提供实时动态的视觉反馈,使患者能够在动作训练过程中实时观察到多裂肌收缩程度以及厚度变化情况,增加对深层多裂肌的自我感知和随意控制,有助于维持和强化正确、标准的动作。通过实时生物信息反馈,有助于提升患者训练动作的精准性,提高患者学习意识及动机,增加患者在康复训练过程中的积极性及趣味性,也有利于降低康复过程中治疗师对患者的监督需求^[25]。

综上所述,实时超声反馈不会增加多裂肌初始激活最大收缩程度,但超声成像可提供实时、持续的动态视觉反馈,有利于受试者在持续收缩过程中尽可能保持多裂肌最大收缩幅度,从而提高收缩效率、改善训练效果。需要指出的是,由于肌骨超声结果容易受检查者操作经验、受试者体位摆放、个人意志等因素的影响,且本研究样本量相对偏少,故结果可能存在一定偏差,后续将进一步增大样本量。另外,鉴于本试验中受试者均为健康人,因此,该试验结果应用于腰痛患者还需要进一步试验研究证实。

参考文献

- [1] Clark S, Horton R. Low back pain: a major global challenge[J]. Lancet, 2018,391(10137): 2302.
- [2] 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.
- [3] Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain[J]. Lancet, 2017, 389(10070):736—747.
- [4] Martin BI, Deyo RA, Mirza SK, et al. Expenditures and health status among adults with back and neck problems[J]. JAMA, 2008,299(6): 656—664.
- [5] Saragiotto BT, Maher CG, Yamato TP, et al. Motor control exercise for nonspecific low back pain: a cochrane review[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016,41(16):1284—1295.
- [6] Russo M, Deckers K, Eldabe S, et al. Muscle control and non-specific chronic low back pain[J]. Neuromodulation, 2018,21(1):1—9.
- [7] Goubert D, Oosterwijk JV, Meeus M, et al. Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain: a systematic review[J]. Pain Physician, 2016, 19(7):E985—E1000.
- [8] Kliziene I, Sipaviciene S, Klizas S, et al. Effects of core stability exercises on multifidus muscles in healthy women and women with chronic low-back pain[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2015,28(4):841—847.
- [9] Kim SJ, Ha SM, Cynn HS, et al. Effects of three lumbar stabilization exercises on the thickness of deep and superficial fibers of the lumbar multifidus[J]. Physical Therapy Korea, 2012,19(2):20—28.
- [10] Winder B, Keri PA, Weberg DE, et al. Postural cueing increases multifidus activation during stabilization exercise in participants with chronic and recurrent low back pain: an electromyographic study[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2019, 46:28—34.
- [11] Qiao J, Zhang SL, Zhang J, et al. A study on the paraspinal muscle surface electromyography in acute nonspecific lower back pain[J]. Medicine (Baltimore), 2019,98(34): e16904.
- [12] Faur C, Patrascu JM, Haragus H, et al. Correlation between multifidus fatty atrophy and lumbar disc degeneration in low back pain[J]. BMC Musculoskelet Disord,

- 2019,20(1):414.
- [13] Hildebrandt M, Fankhauser G, Meichtry A, et al. Correlation between lumbar dysfunction and fat infiltration in lumbar multifidus muscles in patients with low back pain[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017,18(1):12.
- [14] Nwawka OK. Update in musculoskeletal ultrasound research[J]. Sports Health, 2016, 8(5): 429—437.
- [15] Ghamkhar L, Emami M, Mohseni-Bandpei MA, et al. Application of rehabilitative ultrasound in the assessment of low back pain: a literature review[J]. J Bodyw Mov Ther, 2011,15(4):465—477.
- [16] Shamsi M, Sarrafzadeh J, Jamshidi A, et al. The effect of core stability and general exercise on abdominal muscle thickness in non-specific chronic low back pain using ultrasound imaging[J]. Physiother Theory Pract, 2016, 32(4): 277—283.
- [17] 张珊珊,王艳君,赖建洋,等.慢性腰痛患者腰部深层多裂肌超声形态特征分析[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(3): 228—231.
- [18] Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. function, dysfunction, adaptation, and enhancement[J]. J Spinal Disord,1992,5(4):383—389.
- [19] Foresto T, Song I, Kim BS, et al. Stabilization of the lumbar spine by spinal muscle forces producing compressive follower loads: 3-dimensional computational study[J]. J Orthop Res, 2018,36(11):3004—3012.
- [20] Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, et al. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle[J]. Manual Therapy, 2009, 14(5): 496—500.
- [21] Teyhen DS, George SZ, Dugan JL, et al. Inter-rater reliability of ultrasound imaging of the trunk musculature among novice raters[J].Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine,2011,30(3):347—356.
- [22] 张志杰,朱毅,刘四文,等.骨肌超声在慢性腰痛患者多裂肌厚度和横截面积测量中的应用[J].中国康复医学杂志,2013, 28(3):262—263.
- [23] Pulkovski N, Mannion AF, Caporaso F, et al. Ultrasound assessment of transversus abdominis muscle contraction ratio during abdominal hollowing: a useful tool to distinguish between patients with chronic low back pain and healthy controls?[J]. Eur Spine J, 2012, 21(Suppl 6): S750—759.
- [24] 张洲,何树堂,谭茗丹,等.实时超声反馈下腹横肌运动控制的研究[J].中国康复医学杂志,2017,32(10):1124—1129.
- [25] Giggins OM, Persson MC, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation[J]. J Neuroeng Rehabil, 2013,10:60.

(上接第481页)

- 效果及影响因素分析[J]. 中国康复医学杂志,2019,6(34): 722—724.
- [11] Anaforoglu Kulunkoglu B, Erbahceci F, Alkan A. A comparison of the effects of mirror therapy and phantom exercises on phantom limb pain[J]. Turk J Med Sci, 2019,49 (1): 101—109.
- [12] Stankevicius A, Wallwork S, Summers S, et al. Prevalence and incidence of phantom limb pain, phantom limb sensations and telescoping in amputees: a systematic rapid review[J]. European Journal of Pain,2020,25(1):1—16.
- [13] Münger M, Pinto C, Pacheco-Barrios K, et al. Protective and risk factors for phantom limb pain and residual limb pain severity[J].Pain Practice,2020,20(6):578—587.
- [14] Rothgangel A, Braun S, Smeets R, et al. Design and development of a telerehabilitation platform for patients with phantom limb pain: a user-centered approach[J]. JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies, 2017, 4(1): 1—15.
- [15] 申文洁,贾磊,窦豆,等. 2009—2018年国家自然科学基金康复医学领域资助现状分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 4(42):363—366.
- [16] Kulkarni J, Pettifer S, Turner S, et al. An investigation into the effects of a virtual reality system on phantom limb pain: a pilot study[J]. British Journal of Pain, 2020, 14(2): 92—97.
- [17] Rothgangel A, Braun S, Smeets R, et al. Feasibility of a traditional and teletreatment approach to mirror therapy in patients with phantom limb pain: a process evaluation performed alongside a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2019, 33(10): 1649—1660.
- [18] Gover-Chamlou A, Tsao J. Telepain management of phantom limb pain using mirror therapy[J].Telemedicine Journal and E-Health, 2016,22(2): 176—179.
- [19] Chan B, Witt R, Charrow A, et al. Mirror therapy for phantom limb pain[J]. The New England Journal of Medicine, 2007,357(21): 2206—2207.
- [20] 周园园,张瑞芬,李鹏鹏,等.微信平台在阿尔茨海默病患者家庭认知康复治疗中的应用[J]. 中国康复医学杂志,2019,9 (34):1100—1102.
- [21] 王阳祜,李鸿艳,冯琼,等. 远程康复在脑卒中康复中的应用进展[J].中国康复医学杂志, 2019,10(34):1241—1244.