

剪切波弹性成像评价膝、踝关节不同角度 对小腿三头肌硬度的影响

杨乐平¹, 李碧晶¹, 钟锐¹, 李伟佐¹, 冯思仪¹, 孙鹏涛¹, 詹杰²

1. 广东省中医院超声科, 广东 广州 510120; 2. 广东省中医院康复科, 广东 广州 510120

摘要: **目的** 探讨利用剪切波弹性成像(SWE)定量评价健康男性不同膝、踝关节角度对小腿三头肌硬度的影响。**方法** 收集2021年1月至6月在广东省中医院行健康体检的20名男性健康志愿者纳入研究,在其膝关节完全伸展(0°)或屈曲(90°)下,使用SWE评估在踝关节背屈25°、0°和跖屈50°时肌肉的硬度。**结果** 膝关节伸展位时在不同踝关节角度下,腓肠肌内侧头(MG)、腓肠肌外侧头(LG)、比目鱼肌(Sol)的硬度显著大于膝屈曲位时的硬度($P<0.05$)。当膝关节伸直位时,踝关节背屈角加大, MG和LG硬度也随之增大,但Sol在踝关节0°和背屈25°硬度,差异无统计学意义($P>0.05$)。当膝关节屈曲90°时,仅有LG、Sol硬度随着踝关节背屈角度增大而增大($P<0.01$)。当膝关节伸直位时,在踝关节跖屈50°与0°, Sol的硬度均大于MG、LG的硬度($P<0.01$);而在踝关节背屈25°时,仅有LG和Sol硬度差异有统计学意义($P<0.05$)。当膝关节屈曲90°时,仅在踝关节背屈25°处, MG、LG及Sol三者间的硬度差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 膝、踝关节角度的变化能引起小腿三头肌肌肉硬度的非均匀变化,在使用SWE评估肌肉硬度时应考虑不同关节角度对测量结果的影响。

关键词: 剪切波弹性成像; 小腿三头肌; 硬度; 关节角度; 腓肠肌内侧头; 腓肠肌外侧头; 比目鱼肌

中图分类号: R445.1 R49 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2023)02-0276-06

The effect of different knee and ankle joint angles on the stiffness of triceps surae by shear wave elastography

YANG Le-ping*, LI Bi-jing, ZHONG Rui, LI Wei-zuo, FENG Si-yi, SUN Peng-tao, ZHAN Jie

*Department of Ultrasonography, Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine, Guangzhou, Guangdong 510120, China

Corresponding author: ZHAN Jie, E-mail: zhanjie34@126.com

Abstract: Objective To evaluate the effect of the knee and ankle joint angles on the stiffness of triceps surae in healthy men by shear wave elastography (SWE). **Methods** Twenty male healthy volunteers who underwent physical examination in Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine from January 2021 to June 2021 were collected. Under the condition of full knee extension (0°) or flexion (90°), SWE was used to assess the muscle stiffness at 25° dorsiflexion, 0° and 50° plantar flexion of the ankle. **Results** The stiffness of medial head of gastrocnemius (MG), lateral head of gastrocnemius (LG) and soleus (Sol) in knee extension position was significantly higher than that in knee flexion position at different ankle angles ($P<0.05$). When the knee was in the straight position, with the ankle dorsi flexion angle increased, the stiffness of MG and LG increased ($P<0.05$), but there was no significant difference in the hardness of Sol at 0° and 25° dorsiflexion of ankle ($P>0.05$). When knee flexion was 90°, only LG and sol stiffness increased with the increase of ankle dorsiflexion angle ($P<0.01$). When the knee was in the straight position, the hardness of Sol was significantly higher than that of MG and LG at 0° and 50° plantar flexion of ankle ($P<0.01$); when the ankle dorsi flexion was 25°, only the hardness difference between LG and Sol was statistically significant ($P<0.05$). When knee flexion was 90°, there was significant difference in stiffness among MG, LG and Sol only at 25° dorsal flexion of ankle ($P<0.05$). **Conclusion** Changes in the angles of the knee and ankle joints can cause non-uniform

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2023.02.024

基金项目: 广东省中医院中医药科学技术研究专项资助 (YN2020QN23)

通信作者: 詹杰, E-mail: zhanjie34@126.com

出版日期: 2023-02-20

changes in the muscle stiffness of the triceps surae. The effect of different joint angles on the measurement results is considered in the assessment of muscle stiffness using SWE.

Keywords: Shear wave elastography; Triceps surae; Stiffness; Joint angle; Medial head of gastrocnemius; Lateral head of gastrocnemius; Soleus

Fund program: Guangdong Provincial Hospital of Chinese Medicine Scientific and Technological Research Special Grant (YN2020QN23)

小腿三头肌是跖屈肌的主要肌肉之一,包含腓肠肌内侧头(medial head of gastrocnemius, MG)、腓肠肌外侧头(lateral head of gastrocnemius, LG)和比目鱼肌(soleus, Sol)。腓肠肌内外侧头跨越膝关节和踝关节,为行走和跳跃提供重要的推动力;Sol与胫前肌共同起到固定胫骨的作用。小腿三头肌在疼痛、挛缩、损伤、肿胀等多种病理条件下硬度会发生变化^[1]。因此量化肌肉硬度是诊断病理改变的重要依据。剪切波弹性成像技术(shear wave elastography, SWE)能无创、实时定量测量肌肉的被动和主动硬度^[2-4]。已有研究报道利用SWE评估小腿三头肌硬度具有较高的可靠性^[5]。但目前关于不同膝、踝关节角度对MG、LG及Sol硬度的影响尚未明确。本研究通过应用SWE技术测量健康男性膝、踝关节不同角度下MG、LG及Sol的硬度变化,探讨关节不同角度对小腿三头肌组织硬度的影响,为肌肉硬度的无创性超声评估提供更精准的技术指引。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2021年1月至6月在广东省中医院行健康体检的20名男性健康志愿者纳入研究,年龄20~23(21.2±0.89)岁;身高(171.2±5.03)cm;体重(61.07±5.62)kg。纳入标准:无下肢疾患的男性健康志愿者。排除标准:(1)既往下肢肌肉神经病史患者;(2)涉及膝关节或踝关节的肌肉骨骼损伤病史患者。测量前充分告知志愿者试验流程及目的,并签署知情同意书。

1.2 仪器 采用SuperSonic Imagine Aixplorer[®]超声诊断仪(法国SuperSonic Imaging公司),L15-4线性阵列超声探头,频率4~15 MHz,预设条件为骨骼肌肉模式,图像深度为3 cm,肌肉弹性测量范围为0~200 kPa,SWE感兴趣区大小为10 mm×10 mm,Q-box直径为5 mm。

1.3 SWE测量方法 嘱志愿者在试验前继续保持日常正常活动,但在肌肉硬度测量前48 h内不进行剧烈运动。超声检测中嘱志愿者下肢放松,每个角度测量3次,每次间隔10 s以上,记录每次测量的均

值。具体试验步骤如下:(1)志愿者休息5 min,检查者确定志愿者的利足;(2)志愿者俯卧位于检查床,双侧上肢自然状态放置于身体两侧,下肢自然伸展,并将双脚脚面置于测量床边缘。(3)MG检测点定位:外踝与腓窝内侧连线的上30%处;LG检测点定位:内踝至腓窝外侧连线的上30%处;Sol检测点定位:Sol中远三分之一处。用黑色标记笔于体表标记各个定位点。(4)测量时踝关节处使用踝足固定器分别以踝关节跖屈50°(50° of plantar flexion, PF50°)、0°、背屈25°(25° of dorsiflexion, DF25°)固定,膝关节充分伸展或屈曲90°。(5)嘱受试者保持全身放松,测量前在皮肤表面上涂抹足量超声波耦合剂,将超声探头中点纵向、垂直置于上述标记处,不挤压肌肉,切面内可清晰显示肌纤维走行长轴及肌肉的上下缘。测量过程受试者不主动用力,若有不适,即刻中止测量。(6)切换至SWE模式,保持超声探头固定5~8 s,待弹性图像稳定后冻结图像,将Q-box置于肌肉的中部,测量记录肌肉的剪切模量均值(kPa),同时保存剪切波超声弹性成像图像。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0软件分析数据。符合正态分布、方差齐性检验的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 t 检验比较同一肌肉相同踝关节角度在膝伸直位与膝屈曲位的硬度差异,并计算效应量Cohen's d 。Cohen's d 值小于0.2、0.2~0.5、大于0.8分别对应小、中、大效果。使用单向重复测量方差分析同一肌肉在踝关节不同角度的硬度差异。采用单向重复测量方差分析踝关节相同角度在不同肌肉间硬度差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同踝关节角度下膝伸直位与屈曲位小腿三头肌的硬度差异 膝关节伸展位时在不同踝关节角度下,MG、LG、Sol的硬度均明显大于膝屈曲位时的硬度,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表1、图1~图3。

2.2 踝关节不同角度对肌肉硬度的影响 当膝关节

伸直位时,随着踝关节背屈角加大,MG 和 LG 硬度也随之增大,但 Sol 在踝关节 0°和 DF25°硬度,差异无统计学意义($P>0.05$)。见图 4。当膝关节屈曲 90°时,仅有 LG、Sol 硬度随着踝关节背屈角度增大而增大,差异有统计学意义($P<0.01$)。见图 5。

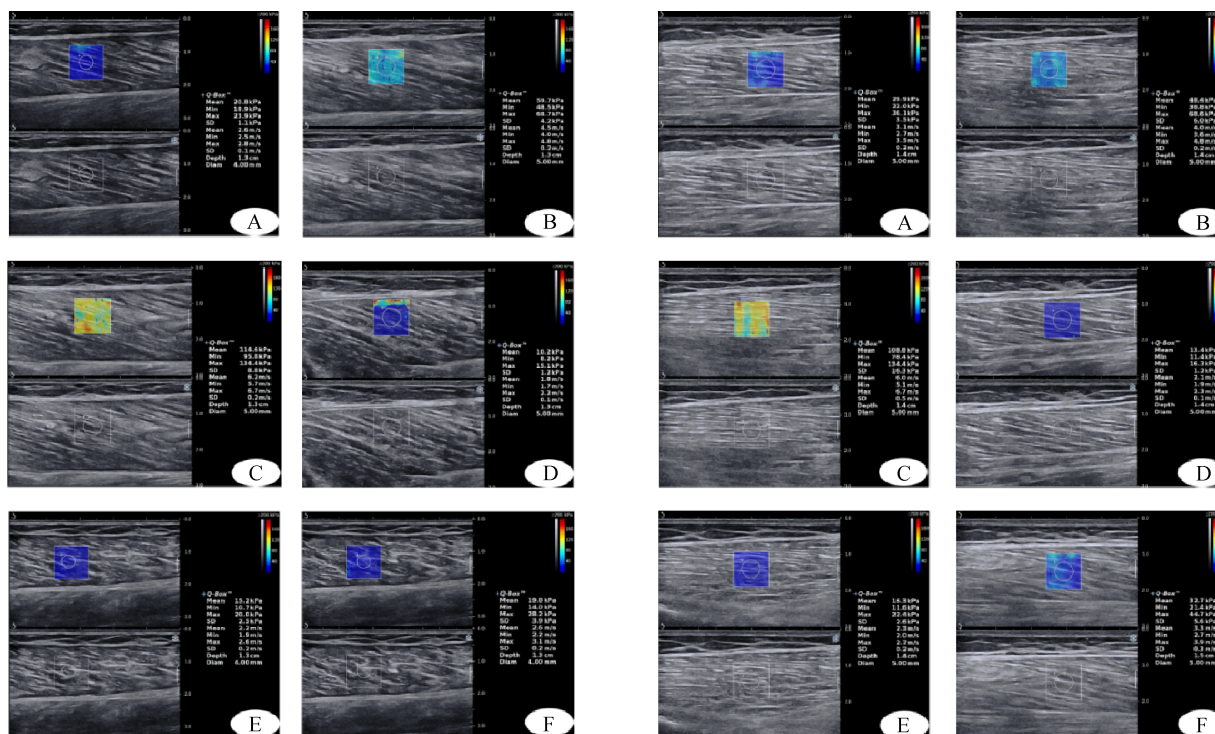
2.3 相同膝、踝角度下,各肌肉间的硬度比较 当膝关节伸直位时,在踝关节跖屈 50°与 0°,Sol 的硬度均

大于 MG、LG 的硬度,差异有统计学意义($P<0.01$);而在踝关节 PF25°时,仅有 LG 和 Sol 硬度差异有统计学意义($P<0.05$)。见图 6。当膝关节屈曲 90°时,仅在踝关节 PF25°处,MG、LG 及 Sol 三者间的硬度,差异有统计学意义($P<0.05$);而在踝关节跖屈 50°与 0°时,MG 与 LG 的硬度差异无统计学意义($P>0.05$)。见图 7。

表 1 膝关节角度对肌肉硬度的影响 ($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1 The effect of knee joint angle on muscle stiffness ($\bar{x}\pm s$)

肌肉	踝关节角度	膝伸直位(kPa)	膝屈曲位(kPa)	Cohen's d	t 值	P 值
MG	PF50°	19.58±6.54	11.91±3.61	0.900	4.592	0.001
	0°	46.90±8.23	13.14±2.95	3.777	17.269	<0.001
	DF25°	121.37±27.79	20.20±5.19	3.469	16.004	<0.001
LG	PF50°	26.85±7.58	10.45±2.73	2.096	9.103	<0.001
	0°	52.37±13.98	15.21±5.97	2.811	10.932	<0.001
	DF25°	105.71±26.00	34.47±11.25	2.597	11.246	<0.001
Sol	PF50°	75.54±33.17	43.15±11.81	0.910	4.114	0.001
	0°	146.66±40.59	65.21±14.19	1.709	8.471	<0.001
	DF25°	129.19±29.04	106.58±24.59	0.599	2.657	0.015



注:男性,21岁。A为膝伸直位 PF50°(20.8 kPa);B为膝伸直位 0°(59.7 kPa);C为膝伸直位 DF25°(114.6 kPa);D为膝屈曲位 PF50°(10.2 kPa);E为膝屈曲位 0°(15.2 kPa);F为膝屈曲位 DF25°(19.8 kPa)。

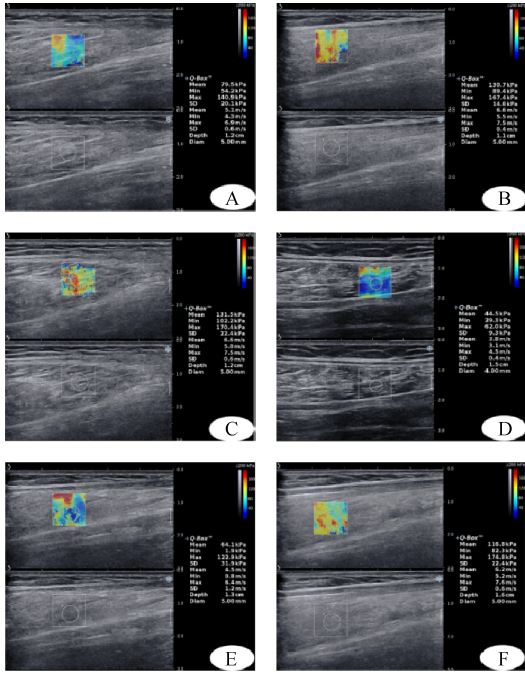
图 1 MG 分别在膝伸直位和膝屈曲位时不同踝关节角度下的肌肉硬度 (平均值)

Fig. 1 MG muscle hardness at different ankle angles in knee extension position and knee flexion position (average)

注:男性,21岁。A为膝伸直位 PF50°(29.9 kPa);B为膝伸直位 0°(48.4 kPa);C为膝伸直位 DF25°(108.8 kPa);D为膝屈曲位 PF50°(13.4 kPa);E为膝屈曲位 0°(16.3 kPa);F为膝屈曲位 DF25°(32.7 kPa)。

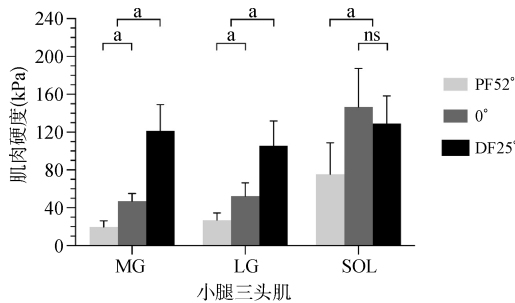
图 2 LG 分别在膝伸直位和膝屈曲位不同踝关节角度下的肌肉硬度 (平均值)

Fig. 2 Muscle stiffness of LG at different ankle angles in knee extension and knee flexion (average value)



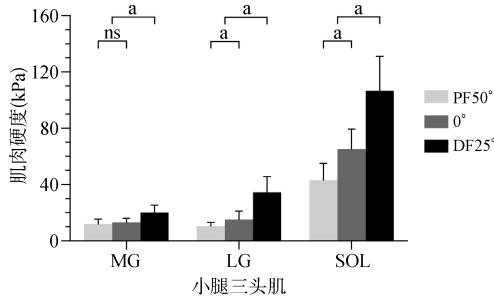
注:男性,21岁。A为膝伸直位PF50°(79.5 kPa);B为膝伸直位0°(130.7 kPa);C为膝伸直位DF 25°(131.5 kPa);D为膝屈曲位PF50°(44.5 kPa);E为膝屈曲位0°(64.1 kPa);F为膝屈曲位DF 25°(116.8 kPa)。

图3 Sol分别在膝伸直位和膝屈曲位不同踝关节角度下的肌肉硬度(平均值)
Fig. 3 Muscle stiffness of Sol at different ankle angles in knee extension and knee flexion (average value)



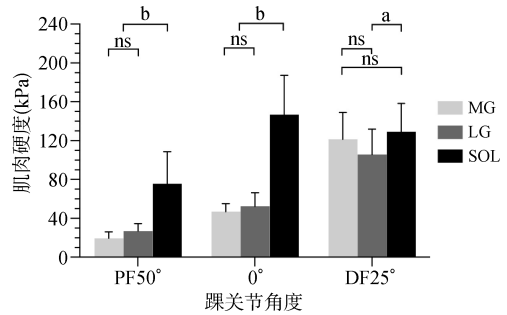
注:^a $P < 0.01$; ns为差异无统计学意义。

图4 膝关节伸直位时不同踝关节角度对小腿三头肌肌肉硬度的影响
Fig. 4 Effects of different ankle joint angles on triceps calf muscle stiffness in knee extension position



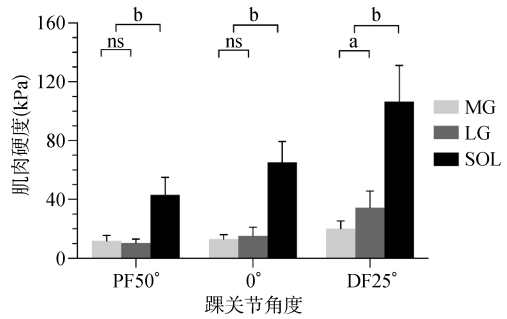
注:^a $P < 0.01$; ns为差异无统计学意义。

图5 膝屈曲位时不同踝关节角度对小腿三头肌肌肉硬度的影响
Fig. 5 Effects of different ankle joint angles on triceps calf muscle stiffness in knee flexion



注:^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$; ns为差异无统计学意义。

图6 膝伸直位时相同踝关节角度各肌肉间的硬度比较
Fig. 6 Comparison of stiffness between muscles at the same ankle joint angle when the knee is extended



注:^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$; ns为差异无统计学意义。

图7 膝屈曲位时相同踝关节角度各肌肉间的硬度比较
Fig. 7 Comparison of stiffness between muscles at the same ankle joint angle in knee flexion

3 讨论

小腿三头肌是人体中最强壮的肌肉之一,可为人类日常行走或极速奔跑产生强有力的肌力。为完成力量的爆发,肌肉需要始终维持适合的粘弹性,即硬度。肌肉的硬度源自肌肉的收缩速度和随之产生的肌力^[6]。正常的肌肉拉伸与肌肉牵缩等异常病理改变均可使肌肉硬度出现变化^[7-8]。过高的或过低的肌肉硬度均有可能引发肌肉损伤,增加肌肉组织损伤的风险^[9-10]。因此,定量研究肌肉硬度等特性,不仅能评估不同功能状态下肌肉力学变化,还可有助于识别正常与异常的肌肉组织力学区域。

本试验对象为男性健康志愿者,严格的入组条件去除了年龄与相关病理因素对肌肉硬度和整体功能的影响。SWE能无创、动态、实时评估肌肉的弹性模量,可直接测量肌肉硬度^[11]。本研究发现当膝关节伸直位或屈曲90°时,肌肉的被动硬度具有较大的差异。膝关节伸直位时MG、LG和Sol的硬度大于膝关节屈曲90°时的硬度,这与近年研究结果相一致^[12]。这表明在小腿作用一定的机械应力使关节被动运动,会对肌肉的硬度产生较大影响,并且在膝关节伸直位,肌肉牵拉程度会更高^[13-14]。

当膝关节伸直位或屈曲 90°时,小腿三头肌肌肉间的硬度差异可能与肌肉自身的解剖和组织构成有关,如腓肠肌为跨双关节肌肉, Sol 则是单关节肌肉;各个肌肉体积与横截面积不同、肌肉肌纤维组成也不同,同时还可能与肌肉自身的被动力-松弛长度关系有关^[15-16]。本研究结果显示,无论膝关节和踝关节处于何角度,所测量到的 Sol 肌肉硬度均大于 MG 和 LG,这可能与所测量部位肌肉收缩能力与结缔组织成分不同的共同作用的结果^[17]。在本研究中,超声弹性成像测量 Sol 硬度的位置位于 Sol 的远侧区,该测量点接近肌肉与肌腱的连接处,该区域比 So 硬度的其他位置能承受更的的机械应力,因此超声所测得的 Sol 组织弹性模量值相对较高。此外, Sol 在膝伸直位和膝屈曲 90°时的硬度均值比较的 *Cohen's d* 值均小于 LG,接近和小于 MG。从解剖结构上分析, MG 起自股骨内侧髁, LG 起自股骨外侧髁,两者均跨过膝关节,而 Sol 起自胫腓骨上端后部,未跨过膝关节。因此 Sol 主要受到踝关节角度的影响,而受到膝关节角度变化的影响较小。此外从肌肉组织特点上, Sol 的横截面积、肌体积和肌重都大于腓肠肌,而 Sol 肌纤维长度仅为腓肠肌的 70%^[18]。所以无论膝关节伸直位或屈曲位 90°, Sol 的硬度变化相对较小(*Cohen's d* 值较小)。本研究结果显示,小腿三头肌组织硬度随着踝关节的被动背屈角度增大而增大,这可以用解剖学特征的拉伸作用来解释,随着脚踝背屈角度的增加(跖屈 50°→中立位 0°→背伸 25°),小腿三头肌肌肉将明显被牵拉,肌肉也随着变硬,其呈现的弹性模量值也随之增大,这与之前的报道相一致^[10-11,19]。因此使用 SWE 评估肌肉硬度时应考虑关节角度对测量结果的影响。本研究局限性:(1)本研究只纳入男性志愿者,研究结果不能推广到女性群体。(2)尽管在测量过程要求肌纤维纵轴与探头纵轴保持一致,但两者之间的细小角度变化可能会影响测量的稳定性。(3)样本量偏少,缺乏剪切波速度测量值。

综上所述,膝关节和踝关节的角度变化可引起下肢主要肌肉组织硬度的非均匀性变化。在使用 SWE 评估肌肉硬度时应考虑不同关节角度对测量结果的影响。本研究结果将为肌肉不同功能状态下的弹性力学特性提供更进一步的认识。

利益冲突 无

参考文献

[1] Inami T, Tsujimura T, Shimizu T, et al. Relationship between iso-

metric contraction intensity and muscle hardness assessed by ultrasound strain elastography[J]. Eur J Appl Physiol, 2017, 117(5): 843-852.

- [2] Shan XY, Otsuka S, Li L, et al. Inhomogeneous and anisotropic mechanical properties of the triceps surae muscles and aponeuroses in vivo during submaximal muscle contraction [J]. J Biomech, 2021, 121: 110396.
- [3] 王媛, 聂芳, 王引弟, 等. 剪切波弹性成像技术评估 2 型糖尿病患者下肢神经病变[J]. 中国临床研究, 2019, 32(9): 1193-1196. Wang Y, Nie F, Wang YD, et al. Evaluation of shear wave elastography for lower extremity neuropathy in patients with type 2 diabetes [J]. Chin J Clin Res, 2019, 32(9): 1193-1196.
- [4] 程杨杨, 王涌, 蔡叶华, 等. 剪切波弹性成像技术对脑卒中偏瘫患者肌张力和肌肉硬度的评估价值研究[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(7): 1239-1242. Cheng YY, Wang Y, Cai YH, et al. Evaluation value of shear wave elastography in the evaluation of muscle tension and muscle stiffness in stroke patients with hemiplegia[J]. Prog Mod Biomed, 2022, 22(7): 1239-1242.
- [5] Herman J, Sedlackova Z, Vachutka J, et al. Shear wave elastography parameters of normal soft tissues of the neck [J]. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 2017, 161(3): 320-325.
- [6] Lima KMME, Costa Júnior J, Pereira W, et al. Assessment of the mechanical properties of the muscle-tendon unit by supersonic shear wave imaging elastography: a review [J]. Ultrasonography, 2018, 37(1): 3-15.
- [7] Creze M, Nordez A, Soubeyrand M, et al. Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: basic principles, biomechanical concepts, clinical applications, and future perspectives [J]. Skeletal Radiol, 2018, 47(4): 457-471.
- [8] 阮坚, 潘永寿, 皮永前, 等. 实时剪切波弹性成像在脑卒中后下肢痉挛偏瘫患者小腿肌肉痉挛程度评价中的应用价值[J]. 山东医药, 2021, 61(29): 61-63. Ruan J, Pan YS, Pi YQ, et al. The application value of real-time shear wave elastography in the evaluation of calf muscle spasm in patients with lower extremity spastic hemiplegia after stroke [J]. Shandong Med J, 2021, 61(29): 61-63.
- [9] Attias M, Chevalley O, Bonnefoy-Mazure A, et al. Effects of contracture on gait kinematics: a systematic review [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2016, 33: 103-110.
- [10] Martin JA, Biedrzycki AH, Lee KS, et al. In vivo measures of shear wave speed as a predictor of tendon elasticity and strength [J]. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(10): 2722-2730.
- [11] Yamamoto Y, Yamaguchi S, Sasho T, et al. Quantitative ultrasound elastography with an acoustic coupler for Achilles tendon elasticity: measurement repeatability and normative values [J]. J Ultrasound Med, 2016, 35(1): 159-166.
- [12] le Sant G, Nordez A, Andrade R, et al. Stiffness mapping of lower leg muscles during passive dorsiflexion [J]. J Anat, 2017, 230(5): 639-650.

(下转第 285 页)

- [6] 黄丽月, 韦国文. 安图质谱仪与生化反应鉴定血液分离念珠状链杆菌的价值[J]. 医疗装备, 2021, 34(13): 61-63.
Huang LY, Wei GW. Identification of *Streptobacillus moniliformis* isolated from blood by AUTO mass spectrometry and biochemical reaction[J]. Med Equip, 2021, 34(13): 61-63.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 公共场所集中空调通风系统卫生规范: WS 394-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Hygienic specification of central air conditioning ventilation system in public buildings: WS 394-2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [8] 周妍妍, 南征, 闫东辉, 等. 3种方法鉴定气单胞菌临床分离株效果分析[J]. 疾病监测, 2019, 34(1): 70-75.
Zhou YY, Nan Z, Yan DH, et al. Comparison of three methods for identification of clinical isolates of *Aeromonas*[J]. Dis Surveillance, 2019, 34(1): 70-75.
- [9] 高艳, 李啸, 段杉, 等. 酶底物法与过滤培养法检测非饮用水中嗜肺军团菌的比较[J]. 净水技术, 2020, 39(8): 8-12.
Gao Y, Li X, Duan S, et al. Comparison of enzyme substrate and filter culture methods for determination of *Legionella pneumophila* in nonpotable water[J]. Water Purif Technol, 2020, 39(8): 8-12.
- [10] 孙宗科, 张伟, 陈西平. 应用飞行时间质谱仪快速鉴定细菌的初步研究[J]. 卫生研究, 2004, 33(5): 552-554.
Sun ZK, Zhang W, Chen XP. Matrix-assisted laser desorption ionisation time-of-flight mass spectrometry used to bacteria detection[J]. J Hyg Res, 2004, 33(5): 552-554.
- [11] 李艳丽, 杨康, 付磊, 等. Legiolert 酶底物法与传统培养法对公共场所水体样本中嗜肺军团菌检出结果的比较[J]. 公共卫生与预防医学, 2021, 32(1): 51-54.
Li YL, Yang K, Fu L, et al. Comparison of the Legiolert enzyme-substrate method and the conventional cultivation for the detection of *Legionella pneumophila* in water samples from public places[J]. J Public Heal Prev Med, 2021, 32(1): 51-54.
- [12] 杨琳. Colilert(科立得)固定底物技术酶底物法的快速检测方法分析[J]. 大众科技, 2012, 14(4): 131-132.
Yang L. Fast detection method analysis of colilert fixed substrate technology enzyme substrate method[J]. Pop Sci & Technol, 2012, 14(4): 131-132.
- [13] 任淑敏, 赵璐, 刘凡, 等. 酶底物法定量检测嗜肺军团菌的应用研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(1): 39-41.
Ren SM, Zhao L, Liu F, et al. Applied research on enzyme substrate method in quantitative detection of *Legionella pneumophila*[J]. Chin J Heal Lab Technol, 2022, 32(1): 39-41.
- [14] 付喜梅, 黄庆华, 俞秋华. 两种检测嗜肺军团菌方法的对比[J]. 生物化工, 2020, 6(3): 97-98, 104.
Fu XM, Huang QH, Yu QH. Comparison of two methods for detecting *Legionella pneumophila*[J]. Biol Chem Eng, 2020, 6(3): 97-98, 104.
- [15] 陈志永, 陈小岳, 黎俊宏, 等. 常州市 22 家宾馆集中空调水系统及淋浴水嗜肺军团菌污染状况分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(15): 2865-2868.
Chen ZY, Chen XY, Li JH, et al. Status of *Legionella Pneumophila* contamination in central air conditioning water systems and shower water in 22 hotels, Changzhou[J]. Mod Prev Med, 2017, 44(15): 2865-2868.

收稿日期: 2022-06-09 编辑: 王娜娜

(上接第 280 页)

- [13] Hirata K, Miyamoto-Mikami E, Kanehisa H, et al. Muscle-specific acute changes in passive stiffness of human triceps surae after stretching[J]. Eur J Appl Physiol, 2016, 116(5): 911-918.
- [14] 井兰香, 赵延治. 超等长阻力训练对足踝屈肌肌构筑学及生物力学特征影响的研究[J]. 山东体育学院学报, 2021, 37(1): 38-47.
Jing LX, Zhao YZ. Effects of plyometric resistance training on flexors' muscle architecture and their biomechanics in foot & ankle[J]. J Shandong Sport Univ, 2021, 37(1): 38-47.
- [15] Finni T, Cronin NJ, Mayfield D, et al. Effects of muscle activation on shear between human soleus and gastrocnemius muscles[J]. Scand J Med Sci Sports, 2017, 27(1): 26-34.
- [16] Liu CL, Zhou JP, Sun PT, et al. Influence of different knee and ankle ranges of motion on the elasticity of triceps surae muscles, Achilles tendon, and plantar fascia[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 6643.
- [17] Pinel S, Kelp NY, Bugeja JM, et al. Quantity versus quality: age-related differences in muscle volume, intramuscular fat, and mechanical properties in the triceps surae[J]. Exp Gerontol, 2021, 156: 111594.
- [18] Machado E, Lanferdini FJ, da Silva ES, et al. Triceps surae muscle-tendon properties as determinants of the metabolic cost in trained long-distance runners[J]. Front Physiol, 2022, 12: 767445.
- [19] Chino K, Kawakami Y, Takahashi H. Tissue elasticity of in vivo skeletal muscles measured in the transverse and longitudinal planes using shear wave elastography[J]. Clin Physiol Funct Imaging, 2017, 37(4): 394-399.

收稿日期: 2022-05-17 修回日期: 2022-07-13 编辑: 王宇