

·综述·

## 肌骨超声影像技术在冻结肩诊断及介入治疗中的应用进展

余丽娟<sup>1</sup> 梁英<sup>1,2</sup> 刘文杰<sup>1</sup> 杜一婷<sup>2</sup> 李迎春<sup>2</sup>

**【摘要】** 冻结肩(FS)是中老年人群常见的肩部疾患,以肩周疼痛和肩关节活动度进行性丧失为主要表现。近年来随着超声技术的不断精进,其对冻结肩的早期诊断及个体化方案制定具有重要价值。本文通过回顾文献,着重阐述了超声在冻结肩诊断评估及精确定位,超声引导下积液抽吸与药物注射、关节造影扩张、针刀松解、内热针治疗及神经阻滞等方面的应用现状,概括了介入治疗的注意事项,并对其研究前景进行展望。

**【关键词】** 超声检查,介入性; 冻结肩; 综述

**Application progresses of musculoskeletal ultrasound in the diagnosis and interventional treatment of frozen shoulder** Yu Lijuan<sup>1</sup>, Liang Ying<sup>1,2</sup>, Liu Wenjie<sup>1</sup>, Du Yiting<sup>2</sup>, Li Yingchun<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China; <sup>2</sup>Department of Rehabilitation, Shanxi Bethune Hospital, Taiyuan 030032, China  
Corresponding author: Liang Ying, Email: sx.liangying@126.com

**【Abstract】** Frozen Shoulder (FS) is a common shoulder disease in middle-aged and older people, mainly manifested by peri-shoulder pain and progressive loss of shoulder range of motion. In recent years, with the continuous improvement of ultrasound technology, it is of great value to the early diagnosis of frozen shoulder and the formulation of individual programs. By reviewing pieces of literature, this paper mainly expounds the ultrasound in the evaluation of frozen shoulder diagnosis and precise positioning, under the guidance of ultrasound effusion suction and drug injection, joints distension, arthrography, internal heat needle, acupotome therapy, and the present situation of the application of nerve block, and so forth. This paper also summarizes the precautions of interventional therapy and looks forward to its research prospects.

**【Key words】** Ultrasound examination, Interventional; Frozen shoulder; Review

冻结肩(Frozen Shoulder, FS),又称五十肩、肩周炎<sup>[1]</sup>,是一种常见的肌肉骨骼系统疾病,多见于50~60岁的中老年人群,其患病率约占2%~5%<sup>[2]</sup>。该病病理改变早期主要以关节囊滑膜炎及纤维化为主,并波及周围滑囊组织,晚期滑膜腔纤维素性渗出,逐渐引起关节囊及韧带挛缩、增厚,关节腔容积减小等改变<sup>[3-4]</sup>。其临床特征是自发性疼痛逐渐加重和肩关节活动范围受限<sup>[1]</sup>。文献报道,虽然大多数FS患者未经治疗症状可自行恢复,但常需经历长达1~3年的显著性困扰;约30%~50%的患者甚至会长期遗留不同程度的疼痛和肩关节功能障碍<sup>[5-6]</sup>。因此,FS的早期诊断与治疗显得尤为重要。而超声可视化技术可协助早期诊断及指导进一步治疗,便于定期随访监测病情变化,已被广泛应用于冻结肩的诊治中。本研究旨在通过回顾相关文献总结探讨超声在FS患者诊治中的应用进展,以期临床提供一定参考。

### 一、肌骨超声在冻结肩诊断评估中的应用

既往诊断FS主要依靠病史及体格检查,主、被动活动度

的丢失程度是其检查重点<sup>[7]</sup>,其中外旋活动受限最具诊断意义,因此有学者将被动外旋受限的程度作为判断FS病情严重程度标准<sup>[8]</sup>(外旋角度 $\geq 45^\circ$ 为轻度; $10^\circ \sim 45^\circ$ 为中度; $\leq 10^\circ$ 为重度)。但仅凭查体,临床上易将其与肩袖损伤、肩峰下撞击症等疾病相混淆,通过影像学检查有助于鉴别诊断相关器质性病变。随着数字化影像技术的发展,精细化参数可针对疾病进行量化评估,在FS的早期诊治方面占据不可或缺的地位。其中,X线虽有助于排除肩关节周围的骨折,但无法评估软组织损伤;磁共振成像(magnetic Resonance Imaging, MRI)虽能精确评估FS关节囊及相关软组织病变,但其价格昂贵、操作繁琐且不能实时动态观察。与之相比,肌骨超声可动态对比评估FS两侧肩部关节囊及喙肱韧带(coracohumeral Ligament, CHL)厚度、肩袖间隙回声、血流信号变化、形态学异常及肌肉韧带组织弹性系数等<sup>[9-11]</sup>,已作为FS早期评估及辅助诊断的重要工具。一项纳入95名冻结肩专家共识中<sup>[12]</sup>,64.8%的专家建议使用超声检查诊断冻结肩,而仅36.5%的专家建议使用MRI(图1~2)。

盂肱关节下方关节囊厚度(inferior capsule thickness, ICT)及CHL厚度是目前临床评估FS较为常用的超声指标<sup>[13-14]</sup>。据报道<sup>[9]</sup>,当ICT阈值 $\geq 3.5$  mm时,诊断FS特异度及灵敏度分别为93.3%和66.7%。另有一项回顾性研究<sup>[12]</sup>分析了253个肩关

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2021.04.009

基金项目:山西省重点研发计划项目(201803D31138)

作者单位:030000 太原,山西医科大学<sup>1</sup>;030032 太原,山西白求恩医院康复医学科<sup>2</sup>

通信作者:梁英,Email: sx.liangying@126.com

节超声影像资料(冻结肩组90个,肩痛组162个),其ROC曲线分析显示,应用CHL厚度诊断FS,截断值为2.05 mm时特异度为90.1%,敏感度为85.1%。另外,研究证实<sup>[14]</sup>肩袖间隙内回声减低和血管密度增加与纤维血管炎症组织存在有关,对早期FS鉴别具有辅助作用。Lee等<sup>[10]</sup>报道,血管丰富伴肩袖间隙回声减低在冻结肩诊断中的特异度和敏感度分别为100%和87%。

此外,超声造影与弹性成像已作为FS诊断的新方法应用于临床,对病变进行进一步定性分析。既往超声造影是将造影剂注入到外周血管,通过监测目标部位血流灌注变化,分析组织病变程度及随访疗效,但不如关节腔直接显影评估直观确切<sup>[15]</sup>。Cheng等<sup>[9]</sup>将造影剂分别注入FS组与健康对照组患者的盂肱关节囊,并通过超声分析其形态学差异,结果显示,FS组的关节腔充盈缺损和关节滑膜样异常的发生率明显高于对照组(分别为91.1% vs 13.3%和75.6% vs 22.2%),认为其诊断有效率高于常规超声。而Yun等<sup>[11]</sup>学者利用弹性成像对比评估FS患者与正常人冈上肌、冈下肌的弹性系数,结果显示FS患者肌腱SWE(剪切波超声弹性成像)的速度和硬度均较高,而SE(应变超声弹性成像)的应变率明显低于正常参与者,为超声诊断FS提供了多角度的评估依据。

## 二、肌骨超声在冻结肩介入治疗中的应用

在对FS定性诊断和量化评估的基础上,超声可视化技术还可进一步辅助FS的治疗。包括操作前定位,超声引导下积液抽吸与药物注射、关节造影扩张、针刀松解、内热针治疗及神经阻滞等<sup>[16-18]</sup>。相比于盲法与X线,采用超声引导的优势在于:(1)可精准干预靶点,有利于钙化灶、局部滑囊、关节腔积液的彻底清除<sup>[19-20]</sup>;(2)可视化进针,并能根据情况实时调整穿刺路径,避免损伤临近重要血管、神经等组织;(3)关节腔扩张时可通过实时观测囊内体积变化明确关节囊特性并验证穿刺针的位置<sup>[4]</sup>;(4)可通过精准注射控制药物用量,避免因药物过量导致的局麻药中毒、肌腱损伤等并发症。(5)能便捷地对复诊患者再次评估,为监测病情变化和评价疗效提供客观依据。

### (一)操作前定位

冻结肩患者表现为肩周组织广泛受累,传统封闭治疗前主要凭借病人主诉疼痛区域、压痛点或体表标志进行定位,但此种方法易受患者体格差异、体位、操作者水平等影响,且难以定位深层病变组织。而肌骨超声能清晰显示神经、血

管、肌肉、腱鞘和滑囊及其病理情况,还可提供多角度、多层面对扫描,明确病变的类型、范围和程度,以及与周围血管的关系、病变内血流情况,进而估测进针路径、药物使用量、干预频次等,为进一步的介入治疗提供科学依据<sup>[21-22]</sup>。如FS发生冈上肌钙化时,超声可见有大小不等的弧形或者斑点状的高回声,可通过移动探头实时多切面动态观察钙化部位以及与周围组织的关系,方便最大程度地清理钙化灶<sup>[19]</sup>。

### (二)超声引导下介入治疗

1. 超声引导下注射:局部注射可通过改善血液循环、消除局部炎症、松解粘连等快速缓解FS症状<sup>[20]</sup>。既往封闭治疗为盲探式操作,医师凭借经验判断进针位置,易受患者体型、体位等因素干扰,注射准确率不高,且不良反应多,患者注射体验差且疗效持续时间短、疼痛易复发。超声引导可极大程度上避免以上盲法治疗带来的弊端。但由于高频超声穿透力有限,目前临床报道主要集中在对肩峰下滑囊、肱二头肌等浅表组织的干预。对于关节腔等较深部位的注射主要借助肱骨头、孟唇来定位进针靶点,当关节腔缩窄或孟唇显示不清时注射难度会增加。临床上多倾向于采用肩关节后入路进针以获取更佳的显影视野,减小进针难度和避免孟唇损伤<sup>[23]</sup>(图3)。

隋鹏鹏等<sup>[20]</sup>将82例顽固性冻结肩患者分为超声引导下关节腔注射组及传统肩周痛点注射组,结果证实了超声引导下精准注射在缓解疼痛、改善肩关节功能及提高远期疗效方面较后者有显著优势。成雪晴等<sup>[4]</sup>在超声引导下连续三次行肩关节腔类固醇注射联合盐水扩张治疗FS,结果显示超声可辅助引导肩关节腔精准穿刺,并能动态监测药物扩散及液压扩张过程,能有效改善患者疼痛及睡眠质量,提高肩关节活动度。段华等<sup>[23]</sup>的前瞻性随机对照试验显示,经超声引导注射肩峰下滑囊后,患者的夜间疼痛评分及Constant-Murley评分较封闭注射改善明显,且超声组二次注射率(13/60, 21.6%)明显低于封闭组(45/57, 78.9%)。一项前瞻性研究显示<sup>[24]</sup>,超声引导下注射二头肌腱鞘在平均操作时间( $64 \pm 6.87$  s vs  $81.91 \pm 8.42$  s)、注射准确性(100% vs 68.18%)及临床疗效方面均优于触诊注射( $P < 0.05$ )。

虽然高频超声穿透力有限,对深层关键肌显影不够理想,但能通过启动CDFI(彩色多普勒血流显像)模式预先探测血管分布情况<sup>[21]</sup>,避免穿刺重要血管引起出血,还能清晰定位临近强回声的骨皮质和胸膜线,减少其在穿刺过程中诱发气胸的风险。如FS患者常合并肩胛下肌粘连或损伤<sup>[25]</sup>,

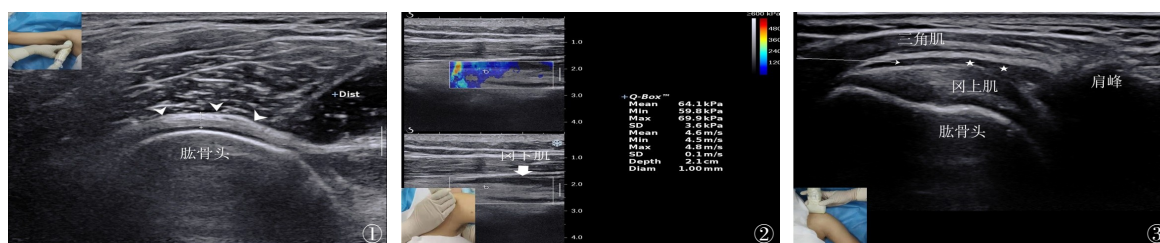


图1 超声评估下方盂肱关节囊(小箭头示FS患者下方盂肱关节囊增厚);图2 弹性成像评估冈下肌弹性系数(FS患者冈下肌硬度增高);图3 超声引导下肩峰下滑囊注射图(长箭头示肩峰下滑囊进针路径及靶点位置,五角星示肩峰下滑囊积液)



导致外旋活动严重受限或摸背时疼痛,但由于该肌肉隐蔽于肩胛骨深部,毗邻肺组织,进针时稍有不慎易刺穿胸膜,引起气胸,临床盲穿风险极大。而超声引导下穿刺能通过定位肩胛骨和胸膜线,同时精细化掌握进针角度和深度,实现尽可能彻底松解肌肉而不损伤肺组织。Rha等<sup>[26]</sup>通过超声引导在5例新鲜人体标本上行肩胛下肌松解,结果显示注射过程中均未发生神经血管或肺损伤,且注射染料基本到达运动终板周围(1 cm以内)。毕胜等<sup>[27]</sup>在超声引导下对肩胛下肌行药物精准注射,患者疼痛及外旋活动度均得到显著改善,且未发现明显并发症,证实了超声下深层组织干预的安全性及有效性。

2. 超声引导下关节造影扩张:关节造影扩张对于FS具有双重作用:一方面可通过向关节腔内注入造影剂以明确有无孟唇损伤、肩袖撕裂等病变,评估关节腔容积变化以进一步明确冻结肩的诊断(FS关节腔容积较正常减小,约5~10 ml);另一方面,关节腔内高压的液体可松解粘连挛缩的关节囊,稀释代谢产物,达到治疗的效果<sup>[28]</sup>(图4~5)。

既往关节造影扩张常在透视引导下进行,无法实时监测囊内体积变化并验证穿刺针的位置,主要通过观察患者反应及针头推注阻力判断关节囊是否破裂,以估测操作终点。但加压扩张至关节囊破裂会破坏其正常组织结构<sup>[29]</sup>,有加重病情的风险,且可能引起患者剧烈疼痛,因此有学者设想,在不破裂囊膜的情况下尽可能扩大关节容积可能会带来更好的临床效果<sup>[17,30]</sup>。为了验证这一假设,Lee等<sup>[17]</sup>尝试利用超声实时监测液体充盈情况及关节腔容积变化,并在另一端连接压力传感器,进行实时压力监测,发现通过分析压力-体积曲线有助于评估何时停止液体输注,提示将超声可视化技术与实时压力监测相联合,有望在不破裂囊膜的前提下尽可能扩张关节囊,达到理想治疗效果,但其安全性及疗效尚需进一步的评估。

3. 超声引导下针刀松解:针刀治疗通过松解局部粘连组织、解除局部压迫及改善局部血液循环,以达到缓解局部疼痛和组织修复的目的<sup>[31]</sup>。与传统盲法定位松解相比,超声可视化松解更具针对性,能最大程度地促进粘连恢复;并且可视操作创伤小,可尽量减少患者痛苦,减轻患者的心理负担,提高患者接受度。而开放或关节镜手术松解临床效果虽显著,但操作易发生感染、出血等风险,且手术费用较高。Yukata等<sup>[32]</sup>尝试在超声引导下对FS增厚的喙肱韧带进行切割松解,结果显示患者的被动外旋活动度从治疗前平均18°增加到47°,其疗效可与开放或关节镜手术相媲美<sup>[33-34]</sup>。提示超声引导下喙肱韧带松解是一种安全有效的微创治疗方法,可用于治疗外旋严重受限的FS患者(图6)。

此外,针刀松解还可通过对受累神经周围粘连组织行剥离、松解或切割,以解除神经的牵拉或卡压,达到缓解局部疼痛的目的。既往传统针刀松解具有盲目性,临床有效率难以达到100%,且稍有不慎易损伤神经本身和周围动静脉。叶泳均等<sup>[18]</sup>尝试通过超声引导下针刀松解卡压的肩胛上神经,发现超声引导松解组的临床治疗有效率(93.8%)显著高于盲探针刀松解组(62.8%),患者综合满意度也高于后者(96.9% vs 65.6%,  $P<0.05$ )。

4. 超声引导下内热针治疗:内热针技术通过将特定针具刺入人体腧穴或肌肉,并辅以针身恒温加热,以改善血液循环、消除炎症、缓解局部高张力及肌筋膜痉挛,从而达到治疗目的<sup>[35-36]</sup>。传统内热针治疗操作者主要根据痛点定位,而调整行针路径则依赖操作者手感及患者异常反馈(剧烈疼痛或触电感),需要操作者熟悉掌握局部解剖;且由于无法精准定位,布针数量较多,无形中增加了对机体的损害。曾明军等<sup>[36]</sup>对55例FS患者分别行超声引导下内热针治疗及常规内热针治疗,结果显示,超声组治疗1个周期后临床显效率和有效率分别为60.7%和96.4%,相较于常规组(48.1%和92.6%)疗效更优( $P<0.05$ )。且由于前者能精准定位病灶,所需内热针数量较常规组明显减少(图7~8)。

5. 超声引导下肩胛上神经阻滞(Suprascapular nerve block, SSNB):肩胛上神经(Suprascapular nerve, SSN)从C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>神经根组成的臂丛神经干发出,支配肩周大部分区域的感觉<sup>[37]</sup>。冻结肩患者由于局部肌肉僵硬、血液循环不畅,产生并释放疼痛因子刺激末梢感受器,继而传入神经中枢,引起病变局部血管、肌肉痉挛,导致疼痛加剧。而SSNB可通过阻断此“疼痛-肌肉缺血-疼痛”的恶性循环,快速改善冻结肩患者的疼痛和活动范围<sup>[38]</sup>(图9)。

传统SSNB以肩胛上切迹为进针的解剖定位标志,但由于SSN位置可能存在变异,操作准确率不能保证,易损伤肩胛上动静脉、肺脏等重要临近组织,还可因药物过量导致局麻药中毒等严重并发症。超声引导可保证穿刺的准确率,并实时观察药物扩散范围,在保证疗效的基础上尽可能控制药物用量,减少了并发症的发生。在一项临床教学实践研究中,王伍超等<sup>[39]</sup>将60例患者平均分成超声引导下SSNB组和传统解剖定位组,操作学员皆进行同等规范化理论及实践培训,结果显示超声注射组患者的VAS评分改善较解剖定位组明显( $P<0.05$ ),穿刺并发症发生率更低;该研究还发现,超声组学员对SSN的解剖、阻滞操作流程掌握更为熟练、临床操作满意度更高,提示在超声引导下实施SSNB教学操作性更强,有助于提高临床教学质量,值得应用推广。

6. 超声引导下射频治疗:先前的研究表明,SSN脉冲射频治疗可通过调节神经功能、启动内源性镇痛物质产生,有效治疗FS患者的顽固性肩痛,促进功能恢复<sup>[40]</sup>。目前大多数报道仍施以盲法或透视引导,关于超声引导下操作的临床研究不多。有学者<sup>[41]</sup>尝试在关节腔注射基础上联合超声引导SSN脉冲射频治疗,结果发现,较单纯的关节腔注射,联合SSN脉冲射频治疗更能提高镇痛作用、促进肩关节功能恢复,临床有效率更高(100% vs 87.5%,  $P<0.05$ )。Yan等<sup>[42]</sup>的研究表明,超声引导下射频治疗不仅可以降低FS患者的疼痛、提高SPADI(肩关节疼痛评分和残疾指数)评分,还对改善患者的生存质量具有积极意义,提示其可成为FS患者的新治疗手段(尤其对于顽固性疼痛的患者)(图9)。

### 三、介入性超声的注意事项

虽然相比于盲法,超声引导下介入治疗已显著减少相关并发症,但该操作仍为侵入性治疗,操作过程中仍应注意以下



图4 超声引导下关节腔扩张图(长箭头示关节腔进针路径及靶点位置,五角星示关节腔充盈的液体) 图5 压力实时监测关节腔扩张装置连接图<sup>[45]</sup>(ADC 模拟数字转换器,T-pipe 三通管) 图6 超声引导下喙肱韧带松解图(长箭头示针刀松解喙肱韧带进针路径及靶点位置) 图7 超声引导下冈下肌内热针治疗图(长箭头示冈下肌内热针治疗进针路径及靶点位置) 图8 超声引导下内热针治疗FS患者设备图 图9 超声引导下肩胛上神经介入治疗图(长箭头示肩胛上神经阻滞与射频治疗进针路径及靶点位置)

几点:(1)拟治疗前需充分告知患者操作目的和相关风险,并签署知情同意书;对于有潜在出血风险(先天性疾病如血友病、获得性凝血障碍如肾衰引起的血小板减少症、口服影响凝血机制的相关药物等)的患者,应在操作前仔细评估,必要时予以凝血功能检查,并采取相应的预防措施。(2)治疗前应仔细消毒(包括术者、操作区域以及对超声探头的消毒);治疗过程中严格遵循无菌原则;治疗后应保持局部皮肤干燥,避免感染。(3)糖尿病不是该操作的绝对禁忌证,但注射后存在短暂升高血糖的风险,故应在治疗后两天内密切监测血糖,必要时予以口服药物或胰岛素注射降低血糖水平。(4)皮质类固醇注射禁止用于感染、青光眼、白内障和某些精神疾病患者;如患者合并骨质疏松症或重度高血压,应注意避免使用类固醇或严格控制类固醇用量。(5)对于其他可能用于超声引导下注射的药物(如利多卡因或其他麻醉药、造影剂、透明质酸钠等),必须严格遵守与每种药物有关的特定预防措施和禁忌证<sup>[43-44]</sup>。

#### 四、问题与展望

综上所述,肌骨超声的辅助应用可贯穿于冻结肩患者诊治及随访的全过程中,具有便携、高效、安全等优势,为冻结肩的诊疗开拓了新的发展方向。但目前尚许多问题亟待解决:(1)超声虽能有效评估肩周病变,但目前超声诊断FS 尚缺乏系统化界定,仍需要进一步的研究以明确其诊断标准;(2)超声介入的疗效与不良反应发生率受操作者经验及熟练程度影响,提示临床医师操作前应进行系统的规范化培训,以提高操作的准确性和安全性;(3)目前对于超声引导下介入治疗冻结肩的最佳治疗部位尚无统一标准,干预不同部位的疗效对比尚缺乏大样本的前瞻性研究;(4)由于超声的扫描波特性,使得其在FS 的评估及治疗中存在一定的应用局限,而融合成像通过将实时超声数据和CT、MRI 进行配准融合,有利于补充诊断及精准介入治疗<sup>[21,45]</sup>;此外,新型声波介

质材料的研发,有望使声波穿透骨骼而完美成像,拓宽超声在肌肉骨骼系统中的应用。总之,肌骨超声影像技术已在FS 的诊治中展现出良好的应用前景,但临床应用尚未系统化和规范化,尚需进一步研究跟进;相信随着弹性成像、融合成像等新技术的不断研发、应用,超声在FS 的诊治中可发挥更重要的临床价值。

#### 参 考 文 献

- Hsu JE, Anakwenze OA, Warrender WJ, et al. Current review of adhesive capsulitis [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2011, 20(3): 502-514.
- Mukherjee RN, Pandey RM, Nag HL, et al. Frozen shoulder - A prospective randomized clinical trial [J]. World J Orthop, 2017, 8(5): 394-399.
- Tamai K, Akutsu M, Yano Y. Primary frozen shoulder: brief review of pathology and imaging abnormalities [J]. J Orthop Sci, 2014, 19(1): 1-5.
- 成雪晴, 卢漫, 张振奇, 等. 超声引导下肩关节腔注射联合扩张治疗冻结肩 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(10): 895-898.
- Vastamäki H, Kettunen J, Vastamäki M. The natural history of idiopathic frozen shoulder: a 2- to 27-year followup study [J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470(4): 1133-1143.
- Hand C, Clipsham K, Rees J, et al. Long term outcome of frozen shoulder [J]. Rheumatology, 2006, 45(1): 178.
- 陆军, 王宸. 冻结肩的诊疗进展 [J]. 中华关节外科杂志: 电子版, 2015 (4): 527-531.
- Robinson CM, Seah KT, Chee YH, et al. Frozen shoulder [J]. J Bone Joint Surg Br, 2012, 94(1): 1-9.
- Cheng X, Zhang Z, Xuanyan G, et al. Adhesive capsulitis of the shoulder: evaluation with US-Arthrography using a sonographic contrast agent [J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 5551.
- Lee JC, Sykes C, Saifuddin A, et al. Adhesive capsulitis: sonographic changes in the rotator cuff interval with arthroscopic correlation



- [J]. *Skeletal Radiol*, 2005, 34(9): 522-527.
- 11 Yun SJ, Jin W, Cho NS, et al. Shear-Wave and strain ultrasound elastography of the supraspinatus and infraspinatus tendons in patients with idiopathic adhesive capsulitis of the shoulder: a prospective Case-Control study [J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(7): 1176-1185.
- 12 Cho CH, Lee YH, Kim DH, et al. Definition, diagnosis, treatment, and prognosis of frozen shoulder: a consensus survey of shoulder specialists [J]. *Clin Orthop Surg*, 2020, 12(1): 60-67.
- 13 Fields BKK, Skalski MR, Patel DB, et al. Adhesive capsulitis: review of imaging findings, pathophysiology, clinical presentation, and treatment options [J]. *Skeletal Radiol*. 2019;48(8):1171-1184.
- 14 郭璇妍, 卢漫, 成雪晴, 等. 高频超声对冻结肩的诊断价值 [J]. *中华医学超声杂志: 电子版*, 2016, 13(4): 258-261.
- 15 Mezian K, Chang KV. Contrast-enhanced Ultrasonography for the Diagnosis of Frozen Shoulder[J]. *J Med Ultrasound*. 2019;26;27(3): 146-147.
- 16 Strakowski JA, Visco CJ. Diagnostic and therapeutic musculoskeletal ultrasound applications of the shoulder [J]. *Muscle Nerve*, 2019, 60(1): 1-6.
- 17 Lee KJ, Lee HD, Chung SG. Real-time pressure monitoring of intra-articular hydraulic distension for painful stiff shoulders [J]. *J Orthop Res*, 2008, 26(7): 965-970.
- 18 叶泳均, 梁智维, 余守章, 等. 超声下肩胛上神经手术松解与盲探法针刀松解治疗肩胛上神经卡压综合征的疗效比较 [J]. *实用疼痛学杂志*, 2018, 14(2): 118-123.
- 19 刘佳宁, 任逸众. 超声引导下双针经皮穿刺术联合肩峰下滑囊封闭治疗冈上肌钙化性肌腱炎的短期疗效 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2017, 3(6): 367-371.
- 20 隋鹏鹏, 褚凯, 刘鹏飞. 超声引导下肩关节腔内注射与传统肩周痛点注射治疗老年顽固性肩周炎的疗效对比 [J]. *颈腰痛杂志*, 2019, 40(2): 284-285.
- 21 周泳, 虞乐华, 吴宗辉. 超声影像技术在肌肉骨骼疾病诊疗中的应用进展 [J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(1): 96-100.
- 22 Pourcho AM, Colio SW, Hall MM. Ultrasound-Guided interventional procedures about the shoulder: anatomy, indications, and techniques [J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2016, 27(3): 555-572.
- 23 Zwar RB, Read JW, Noakes JB. Sonographically guided glenohumeral joint injection [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2004, 183(1): 48-50.
- 24 Yiannakopoulos CK, Megaloikononimos PD, Foufa K, et al. Ultrasound-guided versus palpation-guided corticosteroid injections for tendinosis of the long head of the biceps: A randomized comparative study [J]. *Skeletal Radiol*, 2020, 49(4): 585-591.
- 25 Jankovic D, Van Zundert A. The frozen shoulder syndrome. Description of a new technique and five case reports using the subscapular nerve block and subscapularis trigger point infiltration [J]. *Acta Anaesthesiol Belg*, 2006, 57(2): 137-143.
- 26 Rha DW, Han SH, Kim HJ, et al. Ultrasound-guided lateral approach for needle insertion into the subscapularis for treatment of spasticity [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93(7): 1147-1152.
- 27 毕胜, 罗渝昆, 王月香, 等. 超声引导下的肩胛下肌外侧(腋下)入路肉毒毒素注射 [J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(5): 420-422.
- 28 Basant Elnady, Elsayed M, et al. Rageh, In shoulder adhesive capsulitis, ultrasound-guided anterior hydrodilatation in rotator interval is more effective than posterior approach: a randomized controlled study [J]. *Clin Rheumatol*, 2020, 39(12): 3805-3814.
- 29 Yoon JP, Chung SW, Kim JE, et al. Intra-articular injection, subacromial injection, and hydrodilatation for primary frozen shoulder: a randomized clinical trial [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(3): 376-383.
- 30 Lee JH, Kim SB, Lee KW, et al. Effect of hypertonic saline in Intra-Articular hydraulic distension for adhesive capsulitis [J]. *PM R*, 2015, 7(7): 721-726.
- 31 Li J, Li YX, Luo LJ, et al. The effectiveness and safety of acupuncture for knee osteoarthritis: An overview of systematic reviews [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(28): e16301.
- 32 Yukata K, Goto T, Sakai T, et al. Ultrasound-guided coracohumeral ligament release [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2018, 104(6): 823-827.
- 33 Omari A, Bunker TD. Open surgical release for frozen shoulder: surgical findings and results of the release [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2001, 10(4): 353-357.
- 34 Tetro AM, Bauer G, Hollstien SB, et al. Arthroscopic release of the rotator interval and coracohumeral ligament: An anatomic study in cadavers [J]. *Arthroscopy*, 2002, 18(2): 145-150.
- 35 Li X, Han Y, Cui J, et al. Efficacy of warm needle moxibustion on lumbar disc herniation: a Meta-Analysis [J]. *J Evid Based Complementary Altern Med*, 2016, 21(4): 311-319.
- 36 曾明军, 朱立新. 肌骨超声引导下内热针技术治疗冻结肩的效果观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34(7): 743-744.
- 37 Cummins CA, Schneider DS. Peripheral nerve injuries in baseball players [J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2009, 20(1): 175-193, x.
- 38 Jung TW, Lee SY, Min SK, et al. Does Combining a Suprascapular Nerve Block With an Intra-articular Corticosteroid Injection Have an Additive Effect in the Treatment of Adhesive Capsulitis? A Comparison of Functional Outcomes After Short-term and Minimum 1-Year Follow-up [J]. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7(7): 2325967119859277.
- 39 王伍超, 高巍巍, 曹芳莉, 等. 超声引导肩胛上神经阻滞示范教学用于住院医师规范化培训的实践教学 [J]. *临床超声医学杂志*, 2018, 20(8): 569-571.
- 40 Liao W, He X, Du Z, et al. The synergistic effects of applying pulsed radiofrequency lesioning of the suprascapular nerve plus physical therapy on pain and function in patients with adhesive capsulitis: A protocol of a prospective, randomized, controlled trial [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(14): e25431.
- 41 刘泉, 罗章才, 刘莲香, 等. 超声引导肩胛上神经脉冲射频联合关节腔注射治疗肩周炎患者的临床效果 [J]. *医疗装备*, 2020, 33(2): 55-56.
- 42 Yan J, Zhang XM. A randomized controlled trial of ultrasound-guided pulsed radiofrequency for patients with frozen shoulder [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(1): e13917.
- 43 Draghi F, Robotti G, Jacob D, et al. Interventional musculoskeletal ultrasonography: Precautions and contraindications [J]. *J Ultrasound*, 2010, 13(3): 126-133.
- 44 Rand E, Welbel R, Visco CJ. Fundamental considerations for Ultrasound-Guided musculoskeletal interventions [J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2016, 27(3): 539-553.
- 45 张涛, 梁英, 高敏, 等. 孟肱关节腔容量的测量对冻结肩临床分期及治疗影响的研究 [J]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2020, (06): 346-350.

(收稿日期:2020-06-22)

(本文编辑:吕红芝)

余丽娟, 梁英, 刘文杰, 等. 肌骨超声影像技术在冻结肩诊断及介入治疗中的应用进展 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2021, 7(4): 252-256.