DOI:10.16016/j.1000-5404.201507183

专家述评

肌骨超声的应用现状与发展趋势



华 兴 （400038 重庆,第三军医大学西南医院超声科）

［关键词］ 肌骨超声;诊断;介入;疗效判定
［中图法分类号］ R445.1 ［文献标志码］ A

Application status and development tendency of musculoskeletal ultrasonography

Hua Xing (Department of Ultrasonography, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

［**Abstract**］ Musculoskeletal ultrasonography (MSKUS) is one kind of diagnostic technology of ultrasonography applied in musculoskeletal system. Its unique advantages, such as easy operation, real-time imaging and high resolution, enable MSKUS to be widely applied in the diagnosis, intervention, outcome measures and follow-up of musculoskeletal diseases. MSKUS can dynamically show the anatomical, motor function, and pathological changes in the muscle, tendon, ligament, nerve, cartilage and bone, and plays an important role in rheumatology, neurology, orthopedics and rehabilitation as one main imaging modality. The new technologies of ultrasonography, including contrast-enhanced ultrasound, elastography, and so on, will further push the development of MSKUS.

［**Key words**］ musculoskeletal ultrasonography; diagnosis; intervention; outcome measure

Supported by the National Key Technology R&D Program (2008BAI59B01). Corresponding author: Hua Xing, Tel: 86-23-68765439, E-mail: huaxing_ultra@163.com

肌骨超声(musculoskeletal ultrasound,MSKUS)是指应用于肌肉骨骼系统的超声诊断技术,有别于腹部心脏、腹部与妇产等传统常用超声应用领域。1972 年,Mcdonald 等[1]利用超声诊断技术鉴别腘窝囊肿和小腿静脉血栓,标志着 MSKUS 正式走上临床医学舞台。在经历了四十余年的不断发展后,MSKUS 已成为与 X 线、CT 和 MRI 并列的肌肉骨骼系统主要临床影像诊断技术之一,广泛应用于骨关节外科、风湿科、康复科、神经外科等专业领域。特别是在欧美,MSKUS 甚至已逐渐成为上述专业临床医师的必备技能,被誉为医师的另一个“听诊器”。国内 MSKUS 的应用与研究随着临床与影像科室的日益重视而蓬勃发展,但由于起步较晚,基础较为薄弱,以及受肌骨系统疾病诊断传统观念的影响,MSKUS 的培训与推广较国外相对滞后。现拟对 MSKUS 的特点与临床应用进行综述,并对其新技术的应用与发展趋势作一展望。

1 MSKUS 的优势与局限性

相对于其他影像学手段,MSKUS 具有以下几个优

［基金项目］ “十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAI59B01)
［通信作者］ 华 兴,男,博士,副主任医师,副教授,硕士研究生导师。担任中国超声医学工程学会肌骨超声专委会委员、中国医师协会超声医师分会青年委员。担任国家自然科学基金一审同行评议专家,《临床超声医学杂志》编委,*Muscle and Nerve* 审稿专家。主持国家自然科学基金 2 项,以第一作者或通信作者发表论文近 30 篇,其中 SCI 论文 5 篇,参编专著 3 部。主要从事肌骨超声诊断与超声分子影像学方面的研究。电话:(023)68765439,E-mail:huaxing_ultra@163.com
［优先出版］ http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20150910.1106.017.html(2015-09-10)

势。首先是实时(Real-time)动态影像。超声可实时观察体内组织器官的运动情况,非常适用于与运动密切相关的肌骨系统。超声可在患者主动、被动或抗阻运动状态下实时显示关节、骨骼、肌肉及肌腱的形态变化与相互间作用,有助于运动性疾病及撞击综合征的诊断。第二,MSKUS无明确禁忌证,无放射性损伤,操作简便,可以在床旁检查,检查时可同时进行医患之间的互动与交流,对于医患双方来说都比较舒适,易于接受。第三,MSKUS可一次对多个关节进行检查,对于多关节病变省时而高效;而且MSKUS易于双侧关节对比检查,便于发现某些细微的病变。此外,MSKUS还可用于介入性操作的引导,达到"可视化"操作,提高穿刺成功率和诊治效果的目的。

MSKUS的局限性主要在于超声波无法穿透骨骼,视野受限,无法对整个关节的解剖结构进行全面完整的显示。另一局限是操作者依赖性,MSKUS检查的效果与操作者的经验密切相关,而且该技术的教育培训难度相对较大。

2 MSKUS在肌骨系统组织中的应用

除了某些部位因骨皮质反射阻挡超声波无法到达,MSKUS可对肌骨系统大部分组织成像,包括肌肉、肌腱、韧带、关节、神经和软骨等。MSKUS能准确显示这些组织的解剖位置、毗邻关系、形态大小、结构纹理、血流分布以及运动状态,并能对发生于这些组织器官的解剖变异、炎症、退行性变、创伤以及肿瘤等病变进行准确评价。

2.1 肌肉病变的MSKUS应用

MSKUS可清晰显示骨骼肌的结构。声像图上其纹理由纤维脂肪间隔的高回声(长轴为线状、短轴为点状)和肌实质的低回声构成。MSKUS可用于评价一系列肌肉病变,包括拉伤/撕裂、血肿、骨化性肌炎(特别是在X线无特殊表现的病变早期)、肌炎、筋膜室综合征、横纹肌溶解、肌疝以及肿瘤等[2]。MSKUS独特的实时动态成像特点,可在肌肉运动状态下进行显像。某些病变(例如肌疝)在肌肉静息松弛状态下表现隐匿,而在肌肉运动或紧张情况下则变得明显,超声甚至能显示其变化的动态过程(例如肌肉组织穿过薄弱的筋膜疝入至周边的软组织)[3]。绝大多数肌肉病变,不论是占位性的还是运动相关的,其来源都是创伤。由于致病因素和病变位置的不同,损伤的范围也大不相同。例如,肌肉的微小撕裂可能出现正常肌纹理的中断和局部的血肿;而在肌-腱连接处的较大撕裂,血肿可能会沿筋膜延伸。值得注意的是,对较小的肌肉损伤,通常建议在受伤后24~48 h进行MSKUS检查,而对于单羽肌则需要更早(12 h)[4]。多个研究[5]使用MSKUS检测ICU危重病患者的肌肉纹理,通过测量肌肉回声强度、横截面积、厚度以及肌纤维羽状角,了解肌肉废用情况,认为其数据具有较高的可靠性,对指导临床治疗具有较强的实用价值。

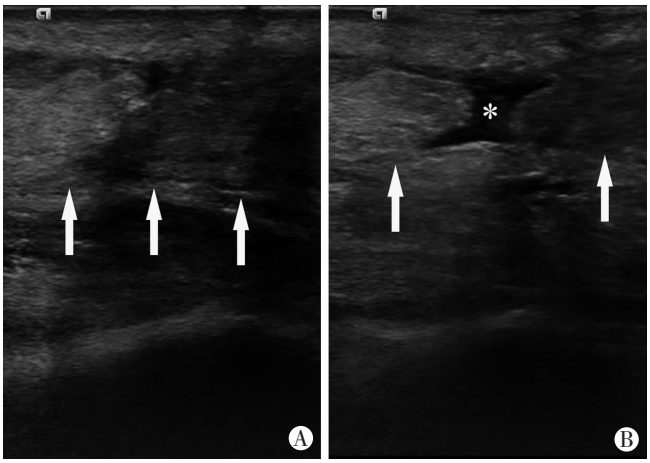
通过对肌肉形态及纹理改变的显示,MSKUS可敏感检测肌肉创伤性病变,具有较高的诊断准确率,并便于对其动态变化进行监测,可作为肌肉创伤诊断和随访的首选影像学检查。MSKUS虽可早期检出肌肉炎性肌病与肌肉内肿瘤性病变[6-7],但诊断敏感性与特异性低于MRI,不过MSKUS声像图改变可较好地反映病程变化,是评价疗效和监测病程的良好手段。近年来,MSKUS在评价肌肉功能中的作用逐渐得到重视。有研究表明[8],MSKUS可通过实时追踪肌肉肌腱运动、测量力量与肌肉长度及速度间关系、肌腱纤维长度、肌肉肌腱应变等数据,实现在体肌肉功能定量评估,与肌电图、运动分析等传统方法共同构建个体化肌肉功能评估体系。

2.2 肌腱病变的MSKUS应用

肌腱由大量相互交织、相互连接的胶原纤维束平行分布构成。在长轴切面上,肌腱表现为条带状高回声结构,内部结构纹理为纤维状,周边为高回声线状的腱膜。短轴切面上,肌腱表现为圆形或椭圆形结构,内部为代表腱内结缔组织纤维均匀分布的密集点状结构。

按严重程度不同,肌腱病变包括肌腱腱病、腱内或部分撕裂、到更严重的全层撕裂或完全撕裂等。目前MSKUS已广泛应用于肩袖病变、网球肘、高尔夫球肘、跟腱病等大量病变的诊治。肌腱变性可呈局限性或弥漫性,声像图上表现为不均匀或边界不清的低回声而肌腱本身体积并不缩小;部分撕裂则表现为肌腱内局部缺损,界限相对更清晰。完全断裂可见肌腱完全离断,断端因肌肉收缩而回缩移位或失去张力呈皱褶样改变(图1)。肌腱/腱鞘炎声像图表现包括腱鞘积液、滑膜增厚、正常纤维状纹理的消失、肌腱实质和/或边界回声的模糊(代表水肿)和多普勒血流信号的增加。肌腱端炎是血清阴性脊柱关节病的典型临床特征,也见于其他风湿性疾病。MSKUS能清晰显示肌腱端软组织炎症改变以及骨皮质损伤,其对于肌腱端病的辅助诊断作用近年来越来越受到临床重视。声像图表现包括肌腱端局部增厚、钙化、内部血流增多、骨质增生

与破坏以及肌腱端旁滑囊积液等。



A:跟腱松弛状态 ↑:示跟腱(失去纤维状纹理,呈皱褶样改变,但无法判断是否完全断裂);B:跟腱被动拉伸状态 ↑:示跟腱,*:示断端间间隙(完全断裂的断端分别向上下移位,离断处可见无回声积液充填)

图1 跟腱完全断裂 MSKUS 声像表现 (患者男性,45岁,右侧跟腱完全断裂,俯卧位,探头频率4~9 MHz)

与肌肉检查相似,由于能提供实时动态影像,MSKUS也是肌腱病变的首选影像检查[9]。MSKUS可有效诊断肌腱病变,并准确判断病情,对临床选择保守或手术治疗方案具有重要意义[10]。但肌腱腱病治疗(如手术)后,其声像图表现在相当长时期内并不随功能的改善而好转,因此不能用于手术疗效评估和术后随访[11]。有研究表明,超声检出肌腱/腱鞘炎可能是类风湿性关节炎的早期表现。此外,部分研究者针对腱端病二维与血流超声的不同表现进行半定量分级,形成腱端病超声评分系统,可量化反映腱端病的病变程度,可用于银屑病性关节炎、弥漫性特发性骨肥厚的诊断和疗效评估[12-14]。

2.3 韧带病变的 MSKUS 应用

韧带超声成像与肌腱非常相似。正常的韧带超声表现为明亮的线状结构;但是韧带的纤维排列更紧凑,因此其纹理更紧密更具有纤维状。韧带由致密结缔组织构成,包含不同量的胶原、弹力蛋白和纤维软骨。因此,韧带的声像图表现比肌腱更为多样。例如,韧带止点部较厚,于长轴切面上表现为典型的"扫帚征",可与肌腱相鉴别。

急性韧带损伤 MSKUS 可见韧带增粗、回声降低、不均质、周边出现水肿或血肿等。即使在X线检查并未发现异常的情况下,MSKUS还可探及韧带-骨连接处较小的撕脱性骨折。在慢性韧带病变中,MSKUS可检测到韧带内钙化。MSKUS实时动态影像也有助于检测韧带的稳定性。

虽然对于某些位置深在的关节韧带,例如膝关节交叉韧带,由于骨骼的遮挡,MSKUS不能全面显示,但对于位置较表浅的韧带,例如膝关节侧副韧带,超声可作为其首选影像检查方法。此外,与肌腱端病表现相似,MSKUS对韧带端部病变的检测在风湿性疾病的诊治中也发挥重要作用。

2.4 骨与软骨病变的 MSKUS 应用

正常骨骼声像图上表现为规则的、连续的线状明亮强回声伴明显的声影和多重反射伪像,软骨表现为覆盖于明亮骨皮质表面的均质低无回声带。

MSKUS可准确显示骨骼外生性病变(解剖变异、外生性骨疣、骨赘)、骨缺损、骨侵蚀以及骨骼占位病变(囊肿、骨软骨瘤、骨肉瘤等)等。MSKUS可在检查软组织损伤时偶发现隐匿的骨折病变[15],其声像图表现为骨皮质线的连续性中断,伴有骨膜增厚和骨膜下血肿。MSKUS可精确测量软骨厚度,通过检测软骨回声强度判断其退变情况,并可敏感检测软骨内钙化、软骨破坏等病变[16]。

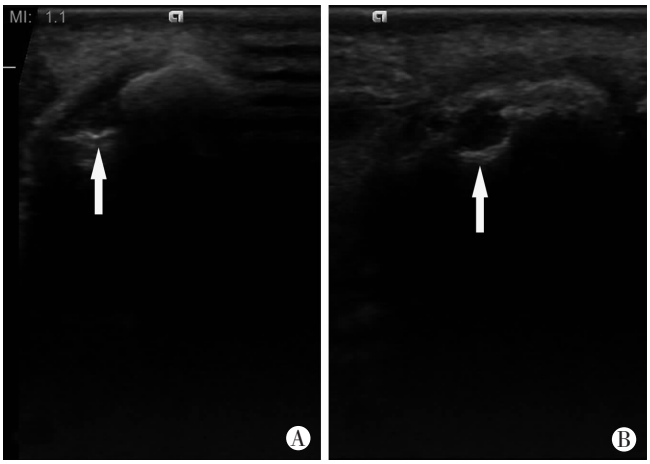
虽然由于骨皮质对超声波的强反射作用,超声检查骨骼具有内在局限性而并非其首选检查方法,然而在某些情况下,MSKUS可用于某些骨骼疾病的检查,特别是作为常规X线片检查的重要补充。例如,MSKUS还可用于检测X线片阴性的肋软骨骨折,可判断骨折部位与周边软组织的关系,骨折碎片是否造成邻近神经血管损伤,对于因复杂局部解剖关系X线片显示骨重叠时是有益的补充。此外,MSKUS有助于骨科医师评估骨折固定过程中骨骼矫正情况。MSKUS可早于X线片观察到骨折愈合过程(骨折后1~2周)[17]。研究证实[18],MSKUS对骨关节炎患者关节、特别是小关节(如掌指关节和指间关节)软骨病变的检出与严重程度评价,具有较高的可靠性。

2.5 关节病变的 MSKUS 应用

MSKUS可显示正常关节的骨骼轮廓以及覆盖于关节面的透明软骨。正常情况下滑膜隐窝内可见少量液体。覆盖关节的滑膜组织纤薄、轮廓规则,而关节囊表现为线状高回声。检查者可通过轻微被动或主动关节活动的动态检查定位关节囊。

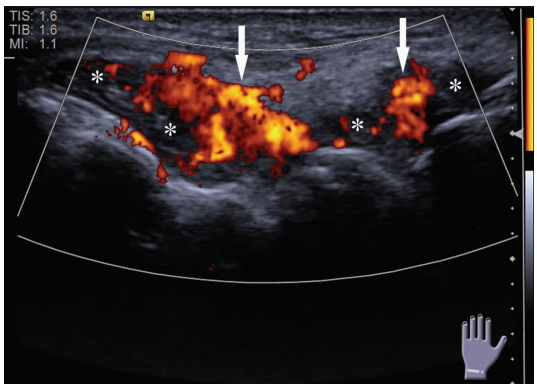
MSKUS可用于检测类风湿关节炎(rheumatoid arthritis,RA)滑膜炎、肌腱/腱鞘炎和骨侵蚀等病变。滑膜炎表现主要包括滑膜增生和积液,前者在声像图上表现为不可压缩的低回声结构,而后者主要表现为

可压缩的低无回声结构。骨侵蚀表现为于垂直两个切面均可探及的骨质缺损(图2)。能量多普勒血流检测可显示增生滑膜内增多的血流信号以证实血管翳的存在,提示炎症的活动性,并与临床、实验室指标、MRI以及病理学检查有良好相关性(图3)。利用声像图特点,MSKUS还有助于RA与其他类型关节的鉴别诊断,包括化脓性关节炎、骨关节炎、痛风性关节炎和银屑病关节炎等。



A:长轴切面;B:短轴切面 ↑:示第五跖骨骨侵蚀

图2 骨侵蚀MSKUS声像表现 (患者女性,42岁,RA,右侧第五跖趾关节外侧检查,探头频率4~9 MHz)



*:示呈低回声增生的滑膜组织;↑:示滑膜内丰富的血流信号

图3 腕关节滑膜炎MSKUS声像表现 (患者女性,36岁,RA,左腕关节背侧检查,探头频率4~9 MHZ)

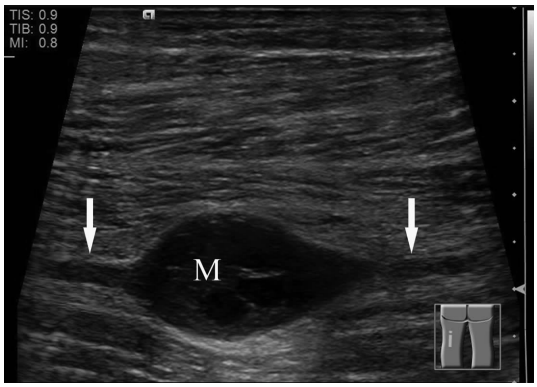
MSKUS在关节病变诊治中的重要作用已被临床广泛接受和认可,EULAR/ACR最新指南中将MSKUS推荐作为RA诊断和疗效评估的影像学手段[19]。目前国际上许多研究正致力于RA的整体超声评分系统(global OMERACT sonography scoring, GLOSS)的构建[20]。该方法将超声检测RA滑膜炎(图3)、肌腱腱鞘炎、骨侵蚀及滑膜血流进行半定量分级评分,并在此基础之上,对多关节(4~78个关节不等)病变进行总体评分,以达到对RA整体评估的目的。笔者对人26个小关节MSKUS检测结果半定量化,构建适合于国人的RA GLOSS系统,与临床及检验指标呈良好相关性,证明其在RA的疗效评价和预后判断中具有重要价值[21]。

MSKUS还被用于评价关节脱位,特别适用于婴幼儿患者[22]。MSKUS可对软骨组织成像,且无放射性损伤,对新生儿发育性髋关节脱位(developmental dislocation of hip, DDH)优于X线检查,因此已被广泛应用于6个月以内幼儿DDH的筛查和诊断。Graf技术是Graf于1980年发明、目前广泛应用于欧洲的DDH检查技术。该技术通过标准切面测量骨顶和软骨顶与髂骨之间的角度,将小儿髋关节从正常到脱位分为四型,可指导临床处理并用于疗效评估及随访观察。

2.6 神经病变的MSKUS应用

外周神经由于其位置较为表浅、内部结构与周边组织差异较大,在声像图上显示较为明显。正常神经超声表现能非常接近地展示其组织学构成。MSKUS短轴切面上,神经表现为"蜂窝样"结构,由高回声背景包埋点状低回声构成;长轴切面上,神经表现为典型的"光缆样"长条状结构,由多条平行的线状低回声构成,代表沿神经长轴走形的神经束。神经声像图表现需要与肌腱鉴别:二者纹理不同,前者无各向异性表现且位置与血管临近。

MSKUS能精确检测的神经病变包括神经卡压症、神经脱位、肿块、神经瘤、解剖变异、先天性和发育性异常和创伤等[23](图4)。MSKUS检测不仅能证实神经卡压症的存在(神经卡压部位出现压迹;其近心段因压迫后压力增高导致静脉回流障碍和轴突浆流受阻而出现水肿和血流信号增多),而且更重要的是还可发现隐藏的病因,包括骨质增生、炎性水肿的软组织、疤痕组织、肿瘤等。MSKUS可清晰显示腕管、肘管、桡管、尺管、跗管以及胸廓出口部神经的卡压。MSKUS还可通过测量卡压神经横截面积获得定量指标协助诊断。此外,MSKUS检测证实某些多神经病变神经截面积增加,包括多灶性运动神经病、进行性腓骨肌萎缩、糖尿病、血管炎、肢端肥大症、慢性炎症性脱髓鞘性多发性神经病等;神经截面积缩小则可能发生于肌萎缩性脊髓侧索硬化症的运动神经和带状疱疹后神经痛的感觉神经。



↑:示坐骨神经;M:示神经鞘瘤

图4 坐骨神经鞘瘤MSKUS声像表现 (患者男性,39岁,左侧坐骨神经鞘瘤,俯卧位,探头频率4~9 MHz)

超声检查因可同时显示病变外周神经的解剖结构而成为目前其诊断的重要手段。一项Meta分析表明MSKUS诊断腕管综合征的敏感性和特异性分别是77.6%和86.8%[24]。虽然有研究认为MSKUS甚至可作为神经电生理的替代检查手段,但大部分研究仍认为神经传导检查更为精确。

2.7 介入性MSKUS

MSKUS的实时动态影像可实时观察穿刺针在体内的位置,在肌骨系统介入操作中具有相当的优势。只要检查者声像图能观察到的位置或结构,MSKUS都能引导穿刺针达到。目前肌骨系统介入操作主要包括积液抽吸,关节腔、肌腱/神经鞘、关节周边组织或肌肉内多种药物的注射[皮质醇、局部麻醉、肉毒杆菌毒素(botulinum toxin, BTX)、自体血或富含血小板血浆(platelet-rich plasm, PRP)等],以及软组织活检等[25]。穿刺技术包括两种:一是实时动态影像监测下可视化操作,可直接观察和引导针尖到达靶组织;二是间接引导,先行超声检查精确测量以确定穿刺点及进针入路与深度,然后术者通过盲穿到达目标。超声实时引导可明显提高穿刺的成功率,特别是在小关节操作中。对于较特殊的具有分隔的复杂性积液,超声引导可避免盲穿易出现的"干抽"现象。在肌腱和韧带有关的注射中,超声的价值更为突出。根据病变和所注射的药物不同,MSKUS可引导穿刺针尖到达肌腱内或肌腱外。例如,顽固性肌腱病注射PRP需要将针插入肌腱内,而治疗腱鞘炎进行皮质醇激素注射时则需要避免将穿刺针扎入肌腱。

超声引导下的神经阻滞技术和动静脉置管是"可视化麻醉"的重要组成部分。目前MSKUS已逐步应用于腰麻、硬膜外阻滞、外周神经阻滞等临床麻醉操作,可提高成功率和麻醉效果,提高安全性,减少局麻药用量,缩短起效时间,延长阻滞时间和提高患者满意度。

3 MSKUS的新技术和发展趋势

近年来,多种超声新技术被研制出并逐渐应用于临床,这些技术在MSKUS中的应用也不断受到重视和推广。超声造影技术(contrast-enhanced ultrasound, CEU)采用与红细胞大小相仿的微泡(microbubbles)作为对比剂,可对组织微循环灌注进行成像与评估[26]。该技术可用于肌骨系统肿瘤的诊断和炎症性疾病的血流灌注评价[27]。CEU对类风湿关节炎滑膜血流灌注的检测较传统多普勒血流成像更为敏感,而以携带特意配体的微泡为分子探针的超声分子成像为类风湿性关节炎的早期特异性诊断提供了潜在可能。超声弹性成像(ultrasonic elstography, UE)通过检测外力或超声波作用下组织应变、应变率或剪切波速度等参数来判断组织硬度,可量化模拟临床"触诊"的作用,已被用于浅表组织肿瘤良恶性鉴别和肝纤维化评估。有研究表明使用该UE技术对肌肉肌腱组织进行弹性测定,有助于检测某些创伤性及退变性病变[28]。此外,超高频探头(>25 MHz)的应用,可对组织学水平的浅表细小结构进行成像;3D和4D(实时3D)超声成像技术的逐渐成熟,为MSKUS提供了立体观察和多维度测量的可能,并能增加超声引导介入的准确性。

总而言之,未来随着MSKUS的临床应用和超声新技术的不断推广,该技术的发展也必将进一步深入。肌骨系统肿瘤的鉴别诊断会随着CEU技术和UE技术的引入而不断提高;计算机辅助下对声像图纹理特征的提取以及GLOSS评分系统的不断完善,实现量化超声评估,对肌骨系统炎症及损伤的诊断和评价也将更加精确;由于其独特优势,MSKUS除了对肌骨系统病变的检测,在正常人体肌骨关节功能在研究中也将发挥更加重要的作用。

参考文献:

[1] McDonald D G, Leopold G R. Ultrasound B-scanning in the differentiation of Baker's cyst and thrombophlebitis[J]. Br J Radiol, 1972, 45(538): 729-732.

[2] Schiffenbauer A. Imaging: seeing muscle in new ways [J]. Curr Opin Rheumatol, 2014, 26(6): 712-716.

[3] Carli A B, Turgut H, Bozkurt Y. Choosing the right imaging method in muscle hernias: musculoskeletal ultrasonography [J]. J Sports Sci, 2015, 33(18): 1919-1921.

[4] Järvinen T A, Järvinen T L, Kääriäinen M, *et al*. Muscle in-

juries: optimising recovery [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2007, 21(2): 317-331.

[5] Connolly B, MacBean V, Crowley C, *et al*. Ultrasound for the assessment of peripheral skeletal muscle architecture in critical illness: a systematic review [J]. Crit Care Med, 2015, 43(4): 897-905.

[6] Hwang S, Panicek D M. The evolution of musculoskeletal tumor imaging. Radiol Clin North Am [J]. 2009, 47(3): 435-453.

[7] Adler R S, Garofalo G. Ultrasound in the evaluation of the inflammatory myopathies [J]. Curr Rheumatol Rep, 2009, 11(4): 302-308.

[8] Sikdar S, Wei Q, Cortes N. Dynamic ultrasound imaging applications to quantify musculoskeletal function [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2014, 42(3): 126-135.

[9] Kaux J F, Forthomme B, Goff C L, *et al*. Current opinions on tendinopathy [J]. J Sports Sci Med, 2011, 10(2): 238-253.

[10] Irwin R W, Wolff E T. Assessment of neuromuscular conditions using ultrasound [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2014, 25(3): 531-543.

[11] Mallow M, Nazarian L N. Greater trochanteric pain syndrome diagnosis and treatment [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2014, 25(2): 279-289.

[12] Kaeley G S. Review of the use of ultrasound for the diagnosis and monitoring of enthesitis in psoriatic arthritis [J]. Curr Rheumatol Rep, 2011, 13(4): 338-345.

[13] Eder L, Jayakar J, Thavaneswaran A, *et al*. Is the MAdrid Sonographic Enthesitis Index useful for differentiating psoriatic arthritis from psoriasis alone and healthy controls? [J]. J Rheumatol, 2014, 41(3): 466-472.

[14] Mader R, Novofastovski I, Iervolino S, *et al*. Ultrasonography of peripheral entheses in the diagnosis and understanding of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) [J]. Rheumatol Int, 2015, 35(3): 493-497.

[15] Sofka C M. Imaging of stress fractures[J]. Clin Sports Med, 2006, 25(1): 53-62, viii.

[16] Roemer F W, Eckstein F, Hayashi D, *et al*. The role of imaging in osteoarthritis[J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2014, 28(1): 31-60.

[17] Kozaci N, Ay M O, Akcimen M, *et al*. Evaluation of the effectiveness of bedside point-of-care ultrasound in the diagnosis and management of distal radius fractures[J]. Am J Emerg Med, 2015, 33(1): 67-71.

[18] Rizzo C, Ceccarelli F, Gattamelata A, *et al*. Ultrasound in rheumatoid arthritis[J]. Med Ultrason, 2013, 15(3): 199-208.

[19] Ohrndorf S, Backhaus M. Musculoskeletal ultrasonography in patients with rheumatoid arthritis[J]. Nat Rev Rheumatol, 2013, 9(7): 433-437.

[20] Roof A C, Jinguji T M, White K K. Musculoskeletal screening: developmental dysplasia of the hip[J]. Pediatr Ann, 2013, 42(11): 229-235.

[21] 华兴. 肌骨超声在类风湿性关节炎诊断中的作用与研究进展[J]. 世界医疗器械, 2014, 20(8): 21-22.

[22] Ohrndorf S, Backhaus M. Advances in sonographic scoring of rheumatoid arthritis[J]. Ann Rheum Dis, 2013, 72(Suppl 2): ii69-ii75.

[23] Kara M, Ozcakar L, De-Muynck M, *et al*. Musculoskeletal ultrasound for peripheral nerve lesions[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2012, 48(4): 665-674.

[24] Fowler J R, Gaughan J P, Ilyas A M. The sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a meta-analysis [J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469(4): 1089-1094.

[25] Louis L J. Musculoskeletal ultrasound intervention: principles and advances [J]. Radiol Clin North Am, 2008, 46(3): 515-533, vi.

[26] Hua X, Zhu L P, Li R, *et al*. Effects of diagnostic contrast-enhanced ultrasound on permeability of placental barrier: a primary study [J]. Placenta, 2009, 30(9): 780-784.

[27] Chang K V, Lew H L, Wang T G, *et al*. Use of contrast-enhanced ultrasonography in musculoskeletal medicine [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2012, 91(5): 449-457.

[28] Drakonaki E E, Allen G M, Wilson D J. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications[J]. Br J Radiol, 2012, 85(1019): 1435-1445.

(**收稿**:2015-07-15;**修回**:2015-08-30)

(编辑 栾 嘉)