

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210230

• 海洋军事医学 •

## 高频超声在军事训练伤诊疗中的应用进展

陶 乐, 黄禾菁\*

海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院超声科, 上海 200003

**[摘要]** 军事训练伤(MTI)是由军事训练直接导致的参训人员组织器官病理改变或功能障碍,是现阶段部队官兵常见的训练损伤类型。军事训练伤严重影响训练效率、参训人员职业健康和整体军事准备状态,是长期困扰部队官兵健康的难题。近年来,高频超声技术飞速发展,在肌骨疾病诊断中的优势日益凸显,也越来越多地应用于军事训练伤的诊断和治疗。本文就高频超声在军事训练伤诊疗中的应用进展进行综述,为我军官兵训练伤防治提供借鉴。

**[关键词]** 高频超声; 软组织; 军事医学; 训练伤; 诊断; 治疗

**[中图分类号]** R 826.6; R 445.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-1338(2022)10-1194-07

### High-frequency ultrasound in diagnosis and treatment of military training injury: application and progress

TAO Le, HUANG He-jing\*

Department of Ultrasound, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

**[Abstract]** Military training injury (MTI) is pathological change or dysfunction of participants' tissues and/or organs caused by military training. It is a common type of training injury for officers and soldiers. MTI seriously affects training efficiency, occupational health and overall military readiness, and it is a long-term health problem for officers and soldiers. In recent years, high-frequency ultrasound technology is developed rapidly, its advantages in the diagnosis of musculoskeletal diseases have become increasingly prominent, and it is also increasingly used in the diagnosis and treatment of MTI. This article reviews the application and progress of high-frequency ultrasound in the diagnosis and treatment of MTI, so as to provide reference for the prevention and treatment of MTI in our army.

**[Key words]** high frequency ultrasound; soft tissue; military medicine; training injury; diagnosis; treatment

[Acad J Naval Med Univ, 2022, 43(10): 1194-1200]

军事训练伤是军事训练直接导致参训人员组织器官病理改变或功能障碍的一种损伤类型,是部队官兵常见损伤之一,也是部队平时非战斗减员的重要原因<sup>[1]</sup>。实战化要求及新大纲施训以来,部队军事训练难度和强度明显加大,成绩要求进一步提高。由于训练强度加大、训练方法不够科学、防护措施不够全面及参训者健康知识缺乏、心理素质不稳定等多重原因,军事训练伤越来越常见和多发。根据我军军事训练伤诊断分类标准,凡在军事训练中发生骨、软组织或器官损伤,导致功能障碍影响正常军事训练1 d以上者,即判定为军事训练伤<sup>[2-3]</sup>。其中软组织损伤所占比例最大,为70%以上<sup>[4-5]</sup>,

常表现为急慢性腰背痛、膝关节疼痛、四肢肌肉疼痛等。受伤官兵生活、训练质量下降,且康复时间长,严重影响部队战斗力。

MRI在软组织损伤诊断方面最具价值,但由于其设备庞大、操作复杂、费用高,在基层难以普及,应用受限;CT对肌腱、滑膜等细微结构无法做出精确区分,且具有放射性;常规X线片对于关节腔积液、软组织病变等缺乏诊断效力。因此,既往基层部队的训练伤主要依靠临床医师的经验性诊断,缺乏确切的影像学依据。近年来,随着超声仪器性能不断提高,高频超声技术得到飞速发展。高频超声具有良好的穿透力和较高的分辨率,对软组

[收稿日期] 2021-03-10 [接受日期] 2021-10-26

[基金项目] 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院精品课程项目(院医[2020]68号)。Supported by Excellent Course Project of The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (Yuanyi[2020]68)。

[作者简介] 陶 乐,住院医师。E-mail: taolele2021@163.com

\*通信作者( Corresponding author )。Tel: 021-81886656, E-mail: huanghejinga@163.com

组织损伤的诊断优势日益凸显。配备高频超声探头的超声检查仪已在各级医疗机构和基层单位得到应用,越来越多的部队军医采用高频超声对军事训练伤进行诊断和治疗<sup>[3]</sup>。本文就高频超声诊疗的发展及其在军事训练伤诊疗中的应用进展综述如下。

## 1 军事训练伤高频超声诊疗的发展背景

用于医学超声成像的频率通常为2~15 MHz,临床上一般采用7.5~10 MHz的高频超声进行肌肉、肌腱、神经等软组织损伤的检测,以提高图像的轴向分辨力,获取高分辨率的组织图像。20世纪60年代,Ikai和Fukunaga<sup>[6]</sup>最早开始对神经肌肉疾病使用超声检查。至20世纪80年代,Fornage<sup>[7]</sup>和Kricun等<sup>[8]</sup>分别对外周神经损伤及肌腱损伤的超声表现进行了报道。之后,针对高频超声诊断软

组织损伤的研究越来越广泛。在我国,姥义等<sup>[9]</sup>于2008年首次系统性地将高频超声用于军事训练致肌肉损伤的诊断,结果显示肌肉损伤的不同类型、损伤修复的不同时期均有特异性的超声表现。随后,高频超声相继被应用于膝关节损伤<sup>[10]</sup>、应力性骨折<sup>[5]</sup>、神经损伤<sup>[11]</sup>及韧带损伤<sup>[12]</sup>等检查。高频超声诊断军事训练引起的肌肉、韧带、肌腱损伤及滑膜(囊)炎、关节腔积液等疾病优势明显,诊断效力与MRI近似<sup>[13]</sup>。

## 2 高频超声对军事训练伤的诊断价值

高频超声在军事训练伤的多领域发挥着重要作用。高频超声的适用范围包括软组织损伤、关节损伤、软组织肿块、外周神经损伤等,涵盖绝大部分的军事训练伤<sup>[14-30]</sup>(表1)。

表1 高频超声在军事训练伤诊断中的应用<sup>[14-30]</sup>

损伤类型	损伤原因	超声表现	超声检查意义	推荐强度
滑膜炎	外伤、慢性刺激等	滑膜增厚(>2.5 mm)或呈绒毛状,回声减低,探头加压滑膜不能移动,多伴积液	明确诊断	首选
滑囊炎	滑囊受损,或反复、长期摩擦	圆形或椭圆形的囊性肿物,内为无回声,可伴密集点状回声及絮状低回声	明确诊断	首选
肌腱损伤	训练中肌肉急剧收缩或过度牵拉	肌腱炎:肌腱增粗、呈不均匀的中等或低回声,其内可见细微的低回声区;肌腱挫伤:肌腱增粗、回声减低,局部可见小片状无回声区;肌腱部分断裂:肌腱局部连续性中断,断端回缩增厚,局部可见无回声区血肿;肌腱完全断裂:肌腱连续性完全中断,断端回缩增厚,周围可见无回声区血肿	明确诊断;运动功能评估	首选
韧带损伤	高强度奔跑、跨越障碍等关节反复屈伸运动使韧带过度牵拉;暴力冲击伤	韧带挫伤:韧带增厚,连续性完好,回声不均匀或减低,内可见不规则低回声区,彩色多普勒血流显像示其内和周边可见血流信号;韧带部分撕裂:韧带肿胀,局部连续性中断或变薄,常见无回声区;韧带完全撕裂:局部结构紊乱,断端分离,常见无回声区,可伴附着处骨皮质分离	明确诊断;运动功能评估	首选
肌肉损伤	攀爬、跳跃、对打格斗等激烈对抗性训练;长跑、武装越野等持续高强度训练	肌肉挫伤或拉伤:肌纤维肿胀、回声减低,纤维脂肪隔回声弥漫性增强;肌肉撕裂:肌束局部连续性中断,肌内可见低回声区;肌疝:包绕肌肉筋膜组织局部连续性中断,局部肌肉凸出筋膜外,肌束未见明显断裂	明确诊断;对损伤类型、程度及愈合情况进行评估	首选
半月板损伤	武装越野负重跑、负重跳、下蹲等高强度军事训练	半月板变薄,可见不规则形态的强回声,半月板表面粗糙	推荐作为训练现场半月板损伤的重要影像学检查方法	存在局限性,应与其他检查方法联合评估
外周神经损伤	软组织开放性损伤或单杠、投弹、俯卧撑等训练项目引起局部肌肉肿胀致神经受压	神经卡压:近端神经增粗,横截面积增大,回声减低,线状平行回声模糊或消失;神经损伤:神经增粗,回声减低,束状结构不清;神经断裂:神经连续性中断,两断端增厚、回缩,回声减低,束状结构不清,中断区呈无回声或低回声;创伤性神经瘤:神经内部的平行线状高回声连续性中断,回声杂乱,神经呈椭圆形瘤样增粗,与周围组织界限不清,彩色多普勒血流显像示低回声团块内可见少许点状血流信号	对具有形态学改变的外周神经损伤有诊断优势,适用于部队训练伤和野外作战伤	存在局限性,应与其他检查方法联合评估

2.1 滑膜、滑囊炎 军事训练常引起滑膜、滑囊损伤,易受损的滑膜和滑囊主要为肩峰下滑囊、肩胛下滑囊、髌上囊、侧副韧带滑囊及关节滑膜等<sup>[14]</sup>。滑膜炎是被覆于关节囊内面的滑膜受到刺激产生炎症造成分泌液失调从而形成关节腔积液的一种病变,常表现为关节肿胀、疼痛、滑膜增生和关节腔积液。慢性滑膜炎的高频超声表现为滑膜增厚( $>2.5\text{ mm}$ )或呈绒毛状,回声减低,探头加压不能移动;伴关节炎时表现为关节软骨及骨皮质表面不光滑,呈“虫蚀”样改变;伴积液时可见无回声区,彩色多普勒超声显示无回声区内无血流信号。关节急性损伤2 h内高频超声显示无回声(多为关节腔内积血),特点是其内可见漂浮的点状回声,滑膜无改变<sup>[15]</sup>。

滑囊多位于关节附近的皮肤与骨骼之间或肌腱与骨骼之间,是一种内有少量滑液的封闭囊。内壁为滑膜内皮细胞,可分泌滑液,促进滑动,减少软组织与骨组织之间的摩擦。当滑囊受损或经反复、长期摩擦时,滑囊内滑膜充血、水肿、滑液增多,即为滑囊炎。滑囊分布在手、肩、肘、膝、足踝部大关节周围,其中以膝部滑囊炎常见。急性滑囊炎的临床表现为疼痛、局部压痛、活动困难,慢性滑囊炎可由慢性疾病、关节退变或急性滑囊炎多次发作所致。正常滑囊在超声图像上通常不显示,当滑囊出现生理性扩张(内径 $<2\text{ mm}$ )或病理性扩张时可清晰显示。滑囊炎时,高频超声可探查到圆形或椭圆形的囊性肿物,内为无回声(积液),可伴密集点状回声及絮状低回声(滑膜增生)。焦耿军等<sup>[14]</sup>研究显示军事训练导致的滑膜炎、滑囊炎可通过高频超声明确诊断,且高频超声与MRI对滑膜炎、滑囊炎的检出率无明显差异。只要掌握全身固有滑膜及毗邻组织的解剖部位和声像图表现,超声便可对滑膜炎、滑囊炎进行精准的定位及诊断<sup>[15]</sup>。

2.2 肌腱、韧带损伤 肌腱损伤多由训练中肌肉急剧收缩或过度牵拉引起,常发生于跟腱、肱二头肌肌腱、股四头肌肌腱等。临床表现为局部压痛、肿胀,功能减退甚至消失。常见的肌腱损伤包括肌腱炎、肌腱挫伤、肌腱断裂及肌腱损伤合并撕脱骨折等。(1)肌腱炎:高频超声显示为肌腱增粗、呈不均匀的中等或低回声,其内可见细微的低回声区裂隙。伴腱鞘炎时周围腱鞘增厚,呈低回声或无

回声,内可见无回声区(积液)及絮状低回声(滑膜增生),探头加压时局部疼痛、不适。彩色多普勒血流显像示增粗的肌腱及增厚的腱鞘内可见少许或较丰富血流信号。(2)肌腱挫伤:高频超声显示肌腱连续性完整,肌腱增粗、回声减低,局部可见小片状无回声区。(3)肌腱断裂:肌腱断裂分为部分断裂和完全断裂。部分断裂在高频超声图像上表现为肌腱局部连续性中断,断端回缩增厚,局部可见无回声区血肿;实时扫查时可嘱被检者轻轻背伸关节显示肌腱断端,以明确诊断。完全断裂在高频超声图像上显示肌腱连续性完全中断,断端回缩增厚,周围可见无回声区血肿;实时扫查时可嘱被检者做被动屈伸动作,此时近侧肌腱未显示收缩运动,离断处间距增宽,可明确诊断。(4)肌腱损伤合并撕脱骨折:肌腱损伤高频超声表现同上,合并撕脱骨折时可见肌腱附着处骨皮质连续性中断,可见骨折片样强回声。高频超声除了对肌腱损伤的诊断准确率高<sup>[16]</sup>,还能动态评估肌腱运动功能,可作为肌腱损伤的首选应急影像学诊断方法<sup>[17-18]</sup>。

军事训练中高强度奔跑、跨越障碍等关节反复屈伸运动使韧带过度牵拉,以及暴力冲击伤等原因均易造成韧带损伤。韧带损伤临床常表现为韧带局部疼痛、肿胀以及关节活动受限,牵拉时疼痛加重;韧带完全断裂时可将其附着部位的骨质撕脱,从而导致关节脱位、半脱位,严重时甚至全脱位。军事训练易引起韧带损伤的部位包括膝关节韧带、踝关节韧带及肩关节韧带等。韧带损伤一般分为3级,即韧带挫伤(I级)、部分撕裂(II级)、完全撕裂(III级)。(1)韧带挫伤:高频超声声像图可表现为韧带结构完整,较正常韧带增厚,连续性完好,回声不均匀或减低,内可见不规则低回声区,彩色多普勒血流显像示其内和周边可见血流信号。(2)部分撕裂:高频超声表现为韧带肿胀,局部连续性中断或变薄,常见无回声区(积液)。(3)完全撕裂:高频超声表现为韧带连续性完全中断,局部结构紊乱,断端分离,常见无回声区(积液),可伴附着处骨皮质分离。付琳等<sup>[19]</sup>对踝关节外侧副韧带损伤伤员进行高频超声诊断,结果显示其准确度较高,对II级、III级损伤诊断的准确度分别为82.4%、84.6%。Scarciolla等<sup>[20]</sup>使用高频超声对胫腓关节近端韧带进行扫查及韧带可视化评估显示,高频超声可准确判断韧带损伤的程度、类



型。因此,高频超声不但可清晰显示军事训练导致的肌腱、韧带损伤的程度和类型,还可准确判断其损伤程度,有效辅助临床诊疗及康复预后。

**2.3 肌肉损伤** 军事训练中,攀爬、跳跃、对打格斗等激烈对抗性训练极易造成肌肉急性损伤,长跑、武装越野等持续高强度训练易引起肌肉慢性损伤。军事训练引起的肌肉损伤主要包括肌肉挫伤、拉伤、撕裂伤和肌疝,以小腿三头肌、腓绳肌、股四头肌和椎旁肌等多见,常表现为患处充血疼痛,触诊压痛发硬<sup>[21]</sup>。(1)肌肉挫伤或拉伤:高频超声上可无特异性表现,或表现为肌纤维肿胀、回声减低,纤维脂肪隔回声弥漫性增强(少量出血导致)。(2)肌肉撕裂伤:肌肉部分撕裂时高频超声表现为肌束局部连续性中断,肌内可见低回声裂口;肌肉完全撕裂时高频超声显示肌束连续性完全中断,肌肉断端游离、回缩聚集成团,呈高回声,可见不规则的低或无回声区(血肿),边界清晰。血肿的超声声像图随机体修复的不同时期发生特征性变化,活动性出血时表现为大片模糊高回声,边界不清;血肿形成早期表现为团块状低回声,边界不清;血块溶解时表现为无/极低回声,边界较清晰,无明显包膜;肉芽组织形成期表现为血肿壁增厚,血肿腔逐渐闭塞甚至完全吸收;瘢痕组织形成期表现为强回声。高频超声可动态实时观察损伤愈合进程及评估瘢痕形成情况。(3)肌疝:多由于训练强度突然加大时,肌肉瞬间极度收缩使肌肉组织结构受损,肌外膜纵向撕裂,形成间隙,使肌肉由肌外膜间隙或原受伤处膨出,疝出于皮下组织层。高频超声表现为包绕肌肉筋膜组织局部连续性中断,局部肌肉凸出筋膜外,肌束未见明显断裂。

高频超声对军事训练所致肌肉血肿、肌肉挫伤、肌肉断裂、肌疝的诊断具有高准确性和高灵敏度,可作为训练现场肌肉损伤疾病诊疗的首选影像学检查手段<sup>[22]</sup>。近年来有学者尝试采用超声评估髂伸肌、膝伸肌和膝屈肌、踝跖屈肌的肌肉容量,发现与MRI检查结果具有高度相关性<sup>[23]</sup>。这提示高频超声除了可对军事训练所致肌肉损伤的类型、程度和愈合情况进行评估外,还有望通过康复前后肌肉容量的评估进行个体化康复计划制定及康复疗效定量评估。

**2.4 半月板损伤** 武装越野负重跑、负重跳、下蹲等高强度军事训练易造成下肢损伤。膝关节损伤

发生率在下肢训练伤中居前3位,半月板损伤尤为显著<sup>[24]</sup>。膝关节半月板是由弹性软骨构成的缓冲结构,呈“C”形,可防止关节面软骨受冲击而造成损伤。因剧烈外伤引起的半月板损伤可并发膝部软组织损伤,如侧副韧带和交叉韧带损伤、关节囊损伤等,常伴关节肿胀。其临床表现为损伤区撕裂样的持续痛,关节间隙持续压痛、膝关节肿胀(可伴皮下淤血),活动时膝关节内响声,以及膝屈伸功能明显障碍,常有突然“卡住”致使膝关节不能伸屈的“交锁现象”出现。正常半月板声像图为纵切面呈均匀一致的三角形中等水平回声,三角的尖端指向关节的中央。半月板损伤的声像图显示半月板变薄,可见不规则形态的强回声,半月板表面粗糙;半月板中出现边界清楚的低回声或无回声裂隙延至游离缘或关节面,是半月板撕裂的征象。

由于半月板损伤部分位置较深,其超声诊断受检查操作者技术、骨骼遮挡等因素影响较大。综合国内外文献报道,超声对半月板损伤诊断的灵敏度为76%~100%,特异度为50%~97%,总符合率为84.5%~95%,其中内侧损伤符合率为68.4%~94.4%、外侧损伤符合率为76.9~86.5%<sup>[25]</sup>,低于MRI的诊断符合率(约95%)<sup>[26]</sup>。牛克松等<sup>[27]</sup>研究结果显示超声对半月板损伤类型的诊断准确度为76.5%。此外,超声检测半月板病变存在一定的限制,如只能显示半月板前角、后角等局部结构,而且超声检查无异常并不能排除半月板病变等。但对于野外军事训练导致的膝关节损伤,超声检查用时短,可多角度实时动态观察半月板损伤,因此目前仍推荐高频超声作为训练现场半月板损伤的重要影像学检查方法。建议实际工作中将超声检查与临床及其他影像学检查相结合,以提高超声检查半月板损伤的准确度<sup>[28]</sup>。

**2.5 外周神经损伤** 外周神经损伤可分为开放性和非开放性损伤。前者多导致神经的部分截断或全截断,常伴软组织的开放性损伤;后者可导致神经干的挫伤、牵拉或压迫,在神经内发生小的水肿、溢血及髓鞘水肿和变性,常伴软组织钝性非开放性损伤,表现为感觉和运动功能障碍、神经麻痹等。单杠、双杠、投弹、俯卧撑等军事训练项目容易引起局部肌肉肿胀,使骨、肌肉、筋膜等间隙受压,从而引起神经束卡压和神经过度牵拉,导致不同程度的神经病变。容易损伤的部位为臂丛神经、尺桡

神经、坐骨神经、胫腓神经等,常见损伤类型为神经卡压、神经损伤、神经断裂、创伤性神经瘤等,高频超声可观察神经的走行、形态、回声及周围组织的改变。(1)神经卡压:最为多见,高频超声横切面显示卡压处近端神经增粗,横截面积增大,纵切面显示卡压处神经纤细,回声减低,线状平行回声模糊或消失。值得注意的是,卡压神经形态学变化有时并不明显,超声检查要仔细追踪神经,并观察周边肌肉、筋膜和骨骼的形态学变化,尤其是对于肌肉损伤、血肿形成和骨折的伤员,需要动态观察钢板固定后位置变化及血肿吸收过程对神经的影响。(2)神经损伤:高频超声表现为神经增粗,回声减低,束状结构不清。(3)神经断裂:高频超声显示神经连续性中断,两断端增厚、回缩,回声减低,束状结构不清,中断区呈无回声或低回声。(4)创伤性神经瘤:高频超声显示神经内部的平行线状高回声连续性中断,回声杂乱,神经呈椭圆形瘤样增粗,与周围组织界限不清,彩色多普勒血流显像示低回声内可见少许点线状血流信号。

吴赤球等<sup>[11]</sup>对94例因军事训练中出现外周神经症状而入院的伤员进行超声检查,认为高频超声可清晰显示周围神经干甚至肌肉中神经分支的走行及结构特征。Du等<sup>[29]</sup>的研究显示,高频超声对转甲状腺素蛋白相关家族性淀粉样变多发性神经病和慢性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病可进行有效的鉴别诊断。尽管高频超声诊断神经损伤的准确度难以与MRI相比,尤其是轻微的神损伤在高频超声上无特殊表现,但高频超声对具有形态学改变的外周神经损伤诊断准确、迅速,适用于部队训练伤和野外作战伤。有学者发现采用超声联合肌电诱发电位可显著提高战士臂丛训练伤的诊断准确率,对伤员早期诊断和治疗有很大意义<sup>[30]</sup>。可以预见,高频超声在军事训练致神经损伤中有很大的应用价值和前景。

### 3 超声引导下介入治疗对军事训练伤的价值

超声引导下介入治疗是临床软组织疼痛治疗的常用方法,可用于腱鞘炎、筋膜炎、肌腱损伤、韧带损伤的药物注射治疗,以及滑囊炎积液抽吸治疗等。在相关军事训练伤中,超声引导下介入治疗优势显著:一方面,超声引导可实时动态显示注射部位和进针途径,避免将药物注射入邻近肌腱等治

疗部位的正常组织内部,误伤神经血管等,提高操作准确性;同时可在穿刺前明确损伤区域内有无血肿,如有血肿可先行血肿抽吸再行注药治疗,从而指导临床治疗。另一方面,对于军事训练伤中常见的韧带及筋膜损伤,超声引导可判断药物是否真正注入患处;对于跖筋膜炎,可在超声引导下多点药物注射,从而提高疗效。军事训练伤的超声引导下介入治疗不但能缓解伤员疼痛,亦可同时监测损伤组织的恢复情况,真正做到诊疗与随访监测一体化。

林海丹等<sup>[31]</sup>对41例军事训练导致的肌腱伤员采用超声引导下自体血提取富血小板血浆注射治疗,治疗后伤员痛感显著减轻,超声表现为肌腱变薄、新生血管减少。一项针对198例军事训练伤(包含肌肉损伤、肌腱炎、腱鞘炎、韧带损伤、筋膜损伤)伤员的研究显示,超声引导下介入治疗组的有效率显著高于保守治疗组<sup>[32]</sup>。高频超声安全、便捷,可对不同类型军事训练导致的软组织损伤准确定位穿刺针位置,并实时引导进行微创治疗,较之传统解剖标志定位法、透视引导法、CT引导法具有不可比拟的优势。

### 4 展望

近年来,以剪切波弹性成像、三维超声、超声造影为代表的多模式超声在临床得到广泛普及应用,使人们在传统二维超声之外可获得人体组织硬度、结构、微血流等更多信息,为疾病的诊断提供多方位参考。以剪切波弹性成像为例,已有学者尝试性将剪切波弹性成像运用于肌肉、肌腱等软组织的硬度评估,包括评估自体肌腱移植术后的肌腱再生状态及风湿病累及肌群的病理生理变化等<sup>[33-35]</sup>。此外,剪切波弹性模量可有效检测神经受卡压后的硬度改变,发生慢性卡压病变的神经剪切波弹性模量值明显高于正常对照,这为临床诊断、病变程度分级提供了新的依据<sup>[36-37]</sup>。剪切波弹性成像不但有利于肌肉、神经等病变的精确检出,也有望为军事训练伤治疗中康复方案的精准制定及疗效评估提供无创性的新方法。

此外,以计算机辅助定量诊断、超声影像组学分析为代表的人工智能技术方兴未艾。有研究者利用超声图像下肌肉厚度及横断面积、平均回声强度、肌纤维长度、羽状角等参数对肌力进行定



量评定,为肌骨疾病诊断、治疗及疗效评估提供了无创、定量的新方法<sup>[38]</sup>。李文静等<sup>[39]</sup>联合使用剪切波弹性成像技术及数字化肌肉触诊仪对健康成年人三角肌力学特性进行了定量评估。近十年来,基于人工智能的机器学习和深度学习在肌骨疾病的诊断、分类及自动追踪成像方面获得了前所未有的突破<sup>[40]</sup>。Carson等<sup>[41]</sup>在经腰大肌入路脊柱手术中利用人工智能超声成像系统对神经进行术中导航,可有效避免神经损伤。基于人工智能的超声成像技术逐步向增强解剖结构可视化及定量测量自动化发展,有望成为监测肌肉、骨骼、韧带病变的新一代诊断工具,为临床医师提供实时的诊断和决策支持。

目前军事训练伤的超声诊断主要依靠高频超声的二维成像技术,超声新技术、人工智能在军事训练伤中的应用尚少,但随着超声新技术、人工智能新方法的不断推陈出新,我们相信,在科技兴军的大背景下,军事训练伤的诊疗以多模式超声为基石,依托人工智能技术,必将获得巨大的发展和提升。

#### [参考文献]

- [1] 魏成,帕丽旦,高万泉.不同兵种军事训练伤发生情况调查与分析[J].人民军医,2012,55:294-295.
- [2] 谢世华,韩春鸣,王新园,常德海,盛金生,康万年.不同兵种训练伤流行病学调查[J].人民军医,2008,51:146-147.
- [3] 黄昌林,张莉,薛刚.《军事训练伤诊断标准及防治原则》的编制应用研究及其意义[J].解放军医学杂志,2004,29:286-288.
- [4] 黄昌林.军事训练医学[M].北京:人民军医出版社,1999:160.
- [5] 于晓华,桑玉顺,姥义,夏云宝,耿承军,宋升,等.新兵胫骨应力性损伤的高频超声诊断研究[C]//第六届全国创伤外科学术研讨会暨第一届全国创伤急救与多发伤学术会议论文集,2010:106-110.
- [6] IKAI M, FUKUNAGA T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement[J]. Int Z Angew Physiol, 1968, 26: 26-32.
- [7] FORNAGE B D. Peripheral nerves of the extremities: imaging with US[J]. Radiology, 1988, 167: 179-182
- [8] KRICUN R, KRICUN M E, ARANGIO G A, SALZMAN G S, BERMAN A T. Patellar tendon rupture with underlying systemic disease[J]. AJR Am J Roentgenol, 1980, 135: 803-807.
- [9] 姥义,桑玉顺,于晓华.高频超声在军事训练致软组织损伤中的诊断价值[J].人民军医,2008,51:140-141.
- [10] 李晓萌,宋晓东,孙建新.高频超声在膝关节损伤诊断中的应用[J].华北国防医药,2010,22:137.
- [11] 吴赤球,李春伶,高永艳,余丹,马忠武.高频超声诊断军事训练致周围神经病变39例分析[J].人民军医,2014,57:674-675.
- [12] 肖岚,李素淑.高频超声诊断急性踝内翻外侧副韧带损伤的临床价值[J].中国医疗设备,2016,31:62-64.
- [13] 王彤.肌骨超声检查在创伤性浅表软组织损伤中的临床意义[J].山西医药杂志,2017,46:888-890.
- [14] 焦耿军,李秦,贺云飞.高频超声在软组织训练伤诊断中的应用[J].解放军预防医学杂志,2020,38:13-17.
- [15] STRAKOWSKI J A, VISCO C J. Diagnostic and therapeutic musculoskeletal ultrasound applications of the shoulder[J]. Muscle Nerve, 2019, 60: 1-6.
- [16] 李晓萌,曹晔,杜巍.高频宽景成像超声在战士训练伤中的诊断意义[J].中国临床医学影像杂志,2011,22:597-598.
- [17] MARTIN K, WAKE J, VAN BUREN J P. Ultrasound evaluation of the peroneal tendons in an asymptomatic elite military population: a prospective cohort study[J]. Mil Med, 2020, 185: 420-422.
- [18] OLUKU J, STAGL A, CHEEMA K S, EL-RAHEB K, BEESE R. The role of point of care ultrasound (PoCUS) in orthopaedic emergency diagnostics[J/OL]. Cureus, 2021, 13: e13046. DOI: 10.7759/cureus.13046.
- [19] 付琳,刘铭,王宇.高频超声在训练伤致踝关节外侧副韧带损伤中应用[J].临床军医杂志,2018,46:1261-1262.
- [20] SCARCIOLLA L, HERTELEER M, TURQUET E, BADR S, DEMONDION X, JACQUES T, et al. Anatomical study of the proximal tibiofibular ligaments using ultrasound[J/OL]. Insights Imaging, 2021, 12: 27. DOI: 10.1186/s13244-021-00965-z.
- [21] 王建国,闫洪涛,耿葆梁,张雷.某地驻军军事训练伤流行病学研究[J].中国疗养医学,2010,19:758-760.
- [22] 董磊,赵晓峰,刘文渊,王惠,谢志芳,郭志红.军事训练所致肌肉损伤的超声诊断结果分析[J].实用医药杂志,2010,27:398-399.
- [23] ROTHWELL D T, FONG D T P, STAPLEY S A, WILLIAMS D J. A clinically applicable tool for rapidly estimating muscle volume using ultrasound images[J]. Eur J Appl Physiol, 2019, 119: 2685-2699.
- [24] SHARMA J, HEAGERTY R, DALAL S, BANERJEE B, BOOKER T. Risk factors associated with musculoskeletal injury: a prospective study of British infantry recruits[J]. Curr Rheumatol Rev, 2019, 15: 50-58.
- [25] XIA X P, CHEN H L, ZHOU B. Ultrasonography for meniscal injuries in knee joint: a systematic review and meta-analysis[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2016, 56: 1179-1187.

- [26] BARNETT M J. MR diagnosis of internal derangements of the knee: effect of field strength on efficacy[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1993, 161: 115-118.
- [27] 牛克松,肖莹,潘瑞喆. 半月板损伤超声诊断价值的探讨[J]. *中华超声影像学杂志*, 2005, 14: 373-376.
- [28] 李春梅,邱兴邦. 高频超声诊断膝关节半月板损伤的临床价值研究[J]. *糖尿病天地*, 2020, 17: 157.
- [29] DU K, XU K, CHENG S, LV H, ZHANG W, WANG Z, et al. Nerve ultrasound comparison between transthyretin familial amyloid polyneuropathy and chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy[J/OL]. *Front Neurol*, 2021, 12: 632096. DOI: 10.3389/fneur.2021.632096.
- [30] 刘政辉,葛建行,姚双,刘丹,蔡波,邹苏娅. 超声联合肌电诱发电位诊断战士臂丛训练伤临床应用[J]. *临床军医杂志*, 2018, 46: 8-9, 12.
- [31] 林海丹,吕发勤,黄钰清,吴盛正,黄雅,王海宝,等. 超声引导下富血小板血浆注射治疗肌腱训练伤的应用研究[J/CD]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17: 347-352.
- [32] 王晶,陈定章,郑敏娟,贾雨楠. 超声引导下介入治疗在军事训练软组织损伤中的应用研究[J/CD]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17: 558-562.
- [33] 林晓君,李振洲,王慧芳. 剪切波弹性成像在肌肉骨骼系统检测中的应用进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2018, 20: 835-837.
- [34] 葛喜凤,黄红拾,于媛媛,梁子轩,崔立刚,敖英芳. 自体肌腱移植术后半腱肌肌腱再生状态的超声剪切波弹性评估[J]. *中国运动医学杂志*, 2018, 37: 487-490.
- [35] FARROW M, BIGLANDS J, ALFURAIH A M, WAKEFIELD R J, TAN A L. Novel muscle imaging in inflammatory rheumatic diseases-a focus on ultrasound shear wave elastography and quantitative MRI[J/OL]. *Front Med (Lausanne)*, 2020, 7: 434. DOI: 10.3389/fmed.2020.00434.
- [36] 高金妹,袁宇,郭林,戚炜. 剪切波弹性超声评价神经慢性卡压的弹性变化[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2017, 23: 258-261.
- [37] 张元鸣飞,吴同绚,周谋望,蒋洁. 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: 1242-1245.
- [38] CILOGLU O, GÖRGÜLÜ F F. Which ultrasound parameter is more accurate in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: cross-sectional area, resistive index, or strain ratio?[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2020, 99: 842-846.
- [39] 李文静,尹莉,郭瑞君,周倩. 健康成人三角肌力学特性的定量分析初探[J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34: 269-272.
- [40] SHIN Y, YANG J, LEE Y H, KIM S. Artificial intelligence in musculoskeletal ultrasound imaging[J]. *Ultrasonography*, 2021, 40: 30-44.
- [41] CARSON T, GHOSHAL G, CORNWALL G B, TOBIAS R, SCHWARTZ D G, FOLEY K T. Artificial intelligence-enabled, real-time intraoperative ultrasound imaging of neural structures within the psoas: validation in a porcine spine model[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46: E146-E152. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003704.

[本文编辑] 孙岩