

论 著

双能量CT在活血补肾方治疗膝关节骨髓水肿中的诊断价值研究*

胡起立¹ 程旭红² 朱宏华^{1*}1.上海中医药大学附属第七人民医院
放射科(上海 200137)2.上海中医药大学附属第七人民医院
检验科(上海 200137)

【摘要】 目的 应用双能量CT(dual-energy computed tomography, DECT)对骨髓水肿(bone marrow edema, BME)加以诊断,同时应用活血补肾方治疗膝关节BME,探究治疗效果及DECT诊断价值。方法 选取2021年2月-2023年2月在本院就诊并接受治疗的50例膝关节损伤的BME患者作为研究对象,针对研究对象开展MRI、DECT检查。同时,针对50例患者采取活血补肾方治疗,对比治疗前后关节活动度、VAS评分、水肿消退程度、临床疗效四项指标,明确活血补肾方在膝关节BME中的治疗效果,探究DECT在活血补肾方治疗膝关节BME中的诊断价值。结果 一致性检验结果显示,将MRI作为金标准,VNCa图像检查出的BME同MRI检查出的BME具有较高一致性。经6个月治疗后50例膝关节BME患者ROM评分显著高于治疗前,VAS及WORMS评分显著低于治疗前, $P<0.05$;治疗总有效率为100.00%。结论 双能量CT在膝关节BME诊断中具有较好的诊断效能,可作为未来评估膝关节BME的常用影像学检查手段。

【关键词】 双能量CT; 活血补肾方;
膝关节骨髓水肿; 诊断; 治疗

【中图分类号】 R575; R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 核磁共振DTI成像评价原发性失眠症
脑改变(2020LK076)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.12.047

Study on the Diagnostic Value of Dual-Energy CT in the Treatment of Knee Joint Bone Marrow Edema with Huoxue Bushen Decoction*

HU Qi-li¹, CHENG Xu-hong², ZHU Hong-hua^{1*}1.Department of Radiology, Seventh People's Hospital Affiliated to Shanghai University of
Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200137, China2.Department of Laboratory Medicine, Seventh People's Hospital Affiliated to Shanghai University
of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200137, China

ABSTRACT

Objective To use dual-energy computed tomography (DECT) to diagnose bone marrow edema (BME), and to use Huoxue Bushen Recipe to treat knee joint BME, to explore the therapeutic effect and the diagnostic value of DECT. **Methods** 50 BME patients with knee joint injuries who were treated and treated in our hospital from February 2021 to February 2023 were selected as the research subjects, and MRI and DECT examinations were performed on the research subjects. At the same time, 50 patients were treated with Huoxue Bushen Recipe, and the four indicators of joint mobility, VAS score, edema subsidence, and clinical efficacy before and after treatment were compared to clarify the therapeutic effect of Huoxue Bushen Recipe in knee joint BME, and to explore the role of DECT in activating blood circulation and tonifying kidney. The diagnostic value of this prescription in the treatment of BME of the knee joint. **Results** The results of the consistency test showed that using MRI as the gold standard, the BME detected by VNCa images was highly consistent with the BME detected by MRI. After 6 months of treatment, the ROM scores of 50 patients with knee BME were significantly higher than before treatment, and the VAS and WORMS scores were significantly lower than before treatment, $P<0.05$; the total effective rate of treatment was 100.00%. **Conclusion** Dual-energy CT has good diagnostic performance in the diagnosis of knee BME and can be used as a common imaging examination method to evaluate knee BME in the future.

Keywords: Dual Energy CT; Huoxue Bushen Prescription; Knee Bone Marrow Edema; Diagnosis; Treatment

骨挫伤是膝关节损伤中常见但不易察觉的类型,其主要表现为病变区域水肿、出血和骨小梁断裂。常规X线和CT检查难以发现异常改变,因此属于一种隐匿的骨损伤^[1]。骨挫伤常导致骨髓水肿(bone marrow edema, BME)等临床症状,虽然通常会自行缓解,但在疾病进展过程中,可能会引发骨组织坏死等并发症。如果未能及时诊断和治疗,将增加膝关节损伤患者的残疾风险,严重影响其关节功能,延误最佳治疗时机,甚至对患者的生活质量和健康构成重大威胁^[2]。目前,核磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)被认为是膝关节BME的首选影像学检查方法^[3]。然而, MRI存在广泛的禁忌症、较长的检查时间和需要提前预约等不足之处,特别是对于需要迅速确诊的患者, MRI的诊断效率相对较低^[4-6]。因此,迫切需要寻找一种可替代MRI的影像学检查方法。随着临床研究的深入,双能量CT(dual-energy computed tomography, DECT)逐渐在骨骼系统检查中得到应用,并显示出良好的潜力^[7]。然而, DECT在膝关节创伤性BME的诊断价值仍存在较大争议,需要进行更深入的研究。以往的研究主要集中在膝关节BME的诊断或治疗方面,缺乏将这两者结合起来的综合研究。本文突破了传统研究的视角,倡导中西医结合的思想,旨在探讨DECT在膝关节BME诊断中的应用,并将活血补肾方用于膝关节治疗。我们选取了在本院接受治疗的50例受损的膝关节骨髓水肿患者作为研究对象,深入研究DECT在活血补肾方治疗膝关节BME中的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本前瞻性研究已得到医学伦理委员会批准,纳入50例膝关节BME患者,研究期间为2021年2月至2023年2月。所有患者已签署知情同意书,并符合一致的治疗标准,同时接受MRI和DECT检查。

纳入标准包括膝关节外伤史、同天进行MRI和DECT检查、能够与医护人员充分交流并自愿参加试验。排除标准包括MRI禁忌症、其他膝部病变、妊娠期或哺乳期、外伤史超过3周、未接受活血补肾方治疗、不符合纳入标准、失访。脱组标准包括图像质量不佳、中途退出试验、理解困难需他人协助、同时接受其他治疗方法。

1.2 治疗及检查方案 对50名膝关节BME患者采用了一致的治疗方案,包括口服活血方和局部包敷及浸泡疗法。药方成分:当归、桃仁、川芎、川牛膝、柴胡、香附、桂枝、续断、狗脊、路路通、络石藤、伸筋草、淫羊藿,每日一剂口服,分为早晚两次,清水浸泡30分钟后煮水煎服,餐后服用,每次200mL。

局部包敷:根据症状和辨证分型,药物研磨成粉加入中药膏中并搅匀,中药膏涂抹于患处,覆盖面积大于膝关节肿胀区域,涂抹厚度位于0.5cm-1cm之间。为更好地促进药物吸收,可以使用红外线治疗仪照射药膏部位,照射时间为20-30分钟,随后等待1小

【第一作者】胡起立,男,主治医师,主要研究方向:骨与关节影像诊断。E-mail: 675805392@qq.com

【通讯作者】朱宏华,男,主治医师,主要研究方向:影像医学新技术。E-mail: zhuxiaole 2011@si.com

时,直到药膏完全硬化后取下。包敷频率为每天一次,每疗程为10天,总共进行6个疗程。

包敷治疗后,使用温水对肿胀部位进行浸泡,时间约30分钟,水温约40℃,浸泡后,用毛巾将膝关节擦干,并注意保暖。浸洗频率为每天一次,10天为1疗程,共6疗程。

50名确诊为膝关节BME的患者接受了6个疗程的补肾活血方治疗,随后进行了4个月的随访。在接下来的6个月内,再次进行了双能量CT和MRI检测。

1.3 检查设备及方法 所有患者均接受相同的治疗,并在治疗前

表1 美国GE1.5TMRI成像序列

序列	TR/TE	FOV(cm)	矩阵	扫描层厚(mm)	层间距(mm)
横断位 T ₁ WI	2041/110	14×14	288×288	3	3
	T ₂ WI	5525/95	15×15	272×195	3
矢状位 PDWI	6412/30	12×12	428×325	2.5	2.5
	T ₂ WI	4752/85	16×16	292×214	2.5
冠状位 T ₂ WI	5180/95	16×16	308×240	2.5	2.5

出虚拟去钙影像。结合既往有关膝关节DECT研究,本研究将物质相对比值设定为1.45,将平滑滤波器范围设定为5,其余设定参数默认。输入参数后自动重建并生成虚拟去钙(virtual non-calcium, VNCA)图像,选择Dual Energy融合定义MPR,将混合比率设定为100%:0。灰阶16位、甲状旁腺16位,呈现彩图。此外,应用横断位图像生成多组横断位、矢状位、冠状位图像。最终,将重建并处理完毕的图像发送至通信系统工作站,对各个面图像加以存档。

1.5 图像分析 为方便开展图像分析工作,依据解剖位置关系,本研究将膝关节划分为3个部位,即股骨、胫骨、髌骨。共划分16个区域,即股骨6个区,胫骨6个区,髌骨4个区,50例患者共800个分区,详见图1A-B。

将DECT数据处理完毕后,利用轴位VNCA彩图针对16个区域开展主观评价,阅片者可通过自由窗口和图像放大功能来阅片。指派临床工作经验较为丰富的两名医学影像科医师,利用双盲法

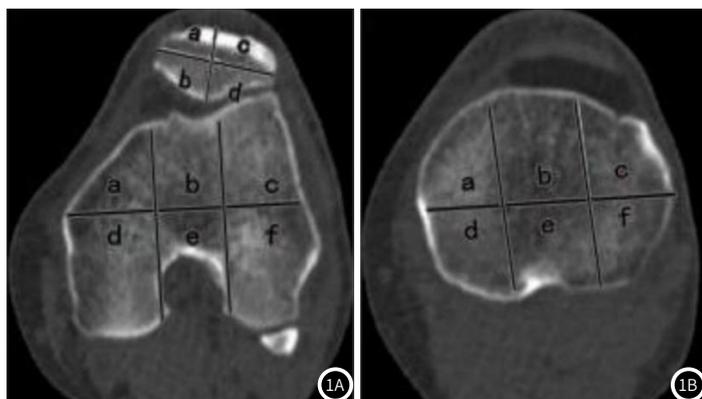


图1A-图1B 膝关节解剖分区示意图;图1A为股骨与髌骨胫骨划分区域,共10个区域;图1B为胫骨划分区域,共6个区域。

依据随机顺序独立阅片。若两名医师给出的评级结果不一致,应进行协商得出一致性结果。其中一名医师负责测量所有VNCA图像中的骨髓CT值,采用20mm²以上的圆形感兴趣区(region of interest, ROI),当发现怀疑区域时,将ROI放置在密度最高区域。借助半定量四级系统针对BME展开评级。选取BME显示最为清晰的横断面对比分析MRI成像与VNCA图像,选取的MRI成像与VNCA图像在层面上应尽量保持一致,以此来确保评估结果

后都进行了MRI和DECT检查。MRI扫描使用美国GE 1.5T超导磁共振扫描仪对50例BME患者的膝关节进行检查。检查采用专用膝关节八元相控阵列线圈进行扫描。1.5TMRI成像序列详见表1。

CT扫描采用64排双源CT扫描仪,该设备配备有A和B两个球管及对应的两个探测器。DECT具体参数详见表2。

1.4 DECT图像重建及后处理 DECT扫描完成后,利用Syngo Dual Energy 软件开展图像分析,应用Liver_VNC程序,将骨髓加以分解,分为三种物质,即骨矿物质、红骨髓、黄骨髓,得

表2 DECT成像参数设定

项目	参数	
管电压(kV)	球管A	80
	球管B	140
管电流(mAs)	球管A	360
	球管B	180
	电流比(球管A:球管B)	2:1
探测器	准直(mm)	40×0.6
	螺距	0.7
	旋转时间(s)	1

的一致性。将MRI图像及评级作为金标准,阳性病变即为3-4级BME,阴性病变即为1-2级BME,以此来评估VNCA在膝关节BME方面的诊断效能。

1.6 统计学分析 统计学分析采用SPSS 24.0软件包。计量资料应用[Math Processing Error]±s表示。利用Kappa检验结果一致性。具体标准为:Kappa=1表示两次结果完全一致;Kappa=-1表示两次结果完全不一致;Kappa≥0.75表示具有相当高的一致性程度;Kappa<0.4表示一致程度不理想。

将MRI检查结果作为金标准,阳性病变即为3-4级BME,阴性病变即为1-2级BME。假阳性即为MRI评级结果为1-2级,VNCA评级结果为3-4级;假阴性即为MRI评级结果为3-4级,VNCA评级结果为1-2级。计算VNCA图像灵敏度、特异性以及阳性预测值、阴性预测值。骨髓CT值对比应用单因素分析,通过绘制ROC曲线对VNCA图像骨髓定量分析对膝关节各区域BME的诊断价值,P<0.05表示具有统计学意义。

在临床疗效对比上同样采用SPSS 24.0软件包,针对疗效评估这类计数资料采用[n(%)]表示,组间对比利用X²检验,针对关节活动度、VAS评分及水肿消退程度应用均数+标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间对比利用t检验,P<0.05表示具有统计学意义。

2 结果

2.1 VNCA图像异常区域 50个膝关节共800个分区,以MRI为金标准,VNCA图像显示35个膝关节114个分区存在BME,15个膝关节不存在BME。114个异常区域分布情况为:股骨44个(1区2个、2区0个、3区13个、4区19个、5区2个、6区8个)、胫骨53个(1区17个、2区8个、3区4个、4区15个、5区6个、6区3个)、髌骨17个(1区4个、2区2个、3区6个、4区5个)。经一致性检验结果显示,Kappa总值为0.8021,股骨Kappa为0.7561,胫骨Kappa为0.8911,均高于0.75表明具有较高一致性;髌骨Kappa=0.6511,虽低于0.75但高于0.4,表明具有良好一致性,计算P值,P<0.05。

2.2 诊断效能检验 将MRI检测出的3、4级BME作为阳性对照标准,经VNCA检查结果显示膝关节106区真阳性、652区真阴性、8区假阳性、34区假阴性,诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为75.71%、98.79%、92.98%、95.04%;股骨40区真阳性、245区真阴性、4区假阳性、11区假阴性,诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为78.43%、98.39%、90.91%、95.70%;胫骨53区真阳性、237区真阴性、

0区假阳性、10区假阴性，诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为84.13%、100.00%、100.00%、95.95%；髌骨17区真阳性、170区真阴性、4区假阳性、9区假阴性，诊断灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为65.38%、97.70%、80.95%、94.97%。

2.3 膝关节及股骨、胫骨、髌骨阴性阳性骨髓CT值 将MRI诊断结果作为参照标准，膝关节阴性区CT值-85.22±33.74HU，阳性区CT值为-24.63±47.87HU；股骨阴性区CT值-86.01±31.76HU、阳性区CT值为-33.03±53.90HU；胫骨阴性区CT值-86.91±32.76HU、阳性区CT值为-22.24±40.23HU；髌骨阴性区CT值-77.93±41.44HU、阳性区CT值为-7.37±52.06HU；比较膝关节及各分区阳性区、阴性区骨髓CT值差异，结果显示均存在统计学差异， $P<0.05$ 。

2.4 ROC曲线分析 将MRI诊断结果作为参照标准，依据四分级方法和膝关节各区域骨髓CT值，绘制VNCA图像ROC曲线，计算ROC曲线下面积。计算结果显示，膝关节ROC曲线下面积为0.8361、股骨ROC曲线下面积为0.7661、胫骨ROC曲线下面积为

0.8731、髌骨ROC曲线下面积为0.8421，各区域ROC曲线下面积均 >0.7 ，表明VNCA的CT值定量分析对膝关节BME具有良好诊断价值。详见图2。

2.5 疗效对比 关节活动度(range of motion, ROM)对比结果显示，治疗前ROM评分为(94.80±2.14)分、治疗后ROM评分提升至(107.12±3.22)分，可见经6个月治疗后50例膝关节BME患者ROM评分显著高于治疗前， $P<0.05$ 。视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分对比结果显示，治疗前VAS评分为(5.42±1.09)分，治疗后平均VAS评分为(2.92±0.99)分，可见经6个月治疗后50例膝关节BME患者VAS评分显著低于治疗前， $P<0.05$ 。应用WORMS评分对比BME消退情况，治疗前平均WORMS评分为(15.08±0.75)分，治疗后平均WORMS评分为(13.58±0.50)分，可见经6个月治疗后50例膝关节BME患者WORMS评分显著低于治疗前， $P<0.05$ 。经6个月治疗后，50例患者中0例无效，33例治愈，10例显效，7例有效，治疗总有效率为100.00%。为了更直观地观察水肿消退情况，我们选取了一个典型案例进行分析(图3)。

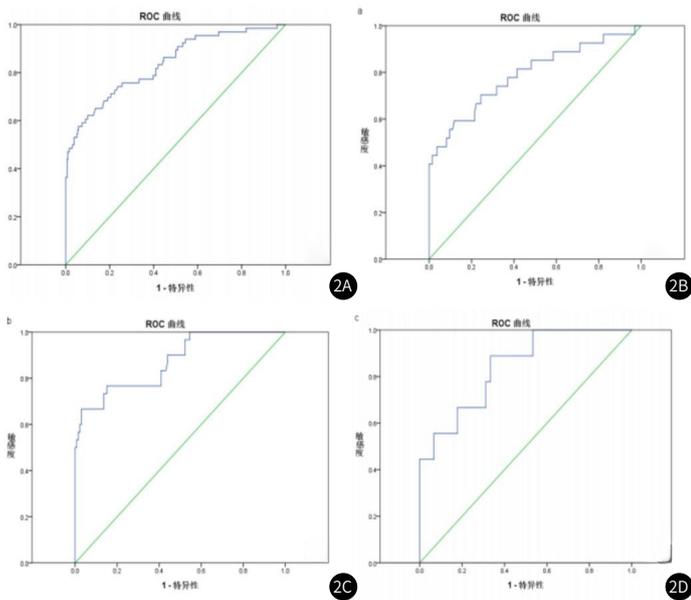


图2A-图2D 分别为膝关节、股骨、胫骨、髌骨骨髓CT值对BME的ROC曲线

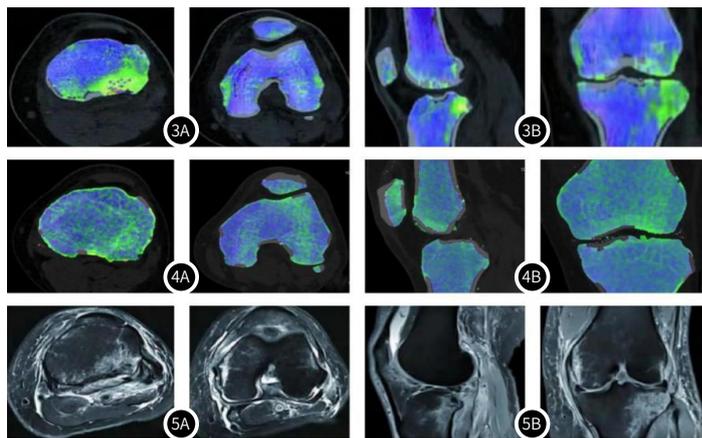


图3A-图5D DECT、MRI图像显示BME消退情况；患者女，48岁，1d前摔伤后出现左膝关节、腰部疼痛，膝关节活动明显受限1d。图3A-图3B为患者治疗前 VNCA横断位、矢状位、冠状位图像，检查结果显示左股骨内侧髁、外侧髁、胫骨近端存在高密度影，提示存在BME；(图5A-图5B)为患者治疗前患者的MRI横断位、矢状位、冠状位图像，检查结果显示左股骨内侧髁、外侧髁、胫骨近端存在高密度影，提示存在BME；图4A-图4B 为患者治疗后的VNCA、MRI横断位、矢状位、冠状位影像，检查结果显示BME明显被完全吸收，评级为1级。

3 讨论

3.1 中医学对BME的认识 中医学将痹症分为肢体骨节痹和脏腑气血痹，膝关节BME被归类为肢体骨节痹，其病机涉及肝肾两虚、四肢关节气血凝滞以及痰饮滞聚。治疗膝关节BME应采用“标本兼治”原则，强调补养肝肾、活血化瘀以止痛，使用活血补肾方等方剂。在临床实践中，多种方剂和中医外治疗法如中药敷贴、熏洗、浸洗等也显示出治疗BME的显著效果。因此，本研究选用口服活血补肾方，并结合中药硬膏敷贴以及中药浸洗治疗方案。

BME是一种临床常见的病理现象，其病因和发病机制仍不完全清楚，具有复杂、自限性和非典型的特点。它通常表现为纤维组织增生、骨基质水肿和炎性细胞浸润，是临床骨伤疾病检查中最为常见的一类病理征象^[8]。关于BME形成机制，学术界存在两种主要观点。一种是继发性BME，即由感染、创伤、骨关节炎等引起的BME^[9]。另一种是生理反应性BME，陈一明^[10]认为长期外力作用和骨骼正常负重改变会导致骨髓局部充血和过度的毛细血管灌注，从而引发BME。

3.2 膝关节分区 相关学者在膝关节BME临床诊断研究中，会进一步细化膝关节分区。Vitali等^[11]将其分为四个区域，即股骨内侧髁、外侧髁和胫骨内侧、外侧平台。Jia LU等^[12]将其分为前外侧区、中央区、内侧区和后外侧区、中央区、内侧区。伴随着DECT对膝关节BME评估效果研究不断深入，国内外学者在上述

学者研究基础上，进一步细化股骨、胫骨、髌骨分区，将其分为14个区域。章辉庆等^[13]将其分为15个亚区。根据既往研究和考虑DECT检查的可行性与临床实际需求，本研究将膝关节分为三个部分(股骨、胫骨、髌骨)，16个区域。

3.3 VNCA图像评价 本研究借鉴朱思奇等^[14]、左天姿等^[15]、叶耀江等^[16]、Roman等^[17]等学者的研究内容，采用四分级法对BME患者进行两种影像学检查，根据16分区法，结果显示，50个膝关节，有35个膝关节和114个分区出现异常，其中异常主要集中在胫骨(53个区域)，其次是股骨(44个区域)，最后是髌骨(17个区域)。一致性检验结果表明，DECT VNCA检查与MRI检查在诊断膝关节BME方面具有较高一致性。此外，DECT VNCA对于胫骨BME的检测具有极高的特异度、阳性预测值、阴性预测值以及较高的灵敏度，而对于股骨和髌骨BME的检测也显示出相对较高的特异度和阴性预测值，但灵敏度较低。综合分析结果，DECT VNCA在膝关节BME的诊断中表现出较高的可靠性，尤其在胫骨BME的检测方面具有出色的性能。然而，相较于MRI，DECT VNCA对微小病变的检测能力仍有改进空间。

3.4 VNCA图像诊断效能 研究结果表明，膝关节BME的阳性和阴性区域在骨髓CT值方面存在显著差异，特别是在胫骨区域。骨髓CT值的差异对DECT VNCA的诊断结果产生了影响，尤其是在微小

病变的情况下, DECT VNCa可能无法清晰显示, 导致与MRI的结果不一致。因此, DECT VNCa在膝关节BME的诊断中仍存在一些局限性, 特别是对于微小病变的检测。然而, 在大多数情况下, DECT VNCa显示了与MRI相近的高度一致性。

此外, 根据绘制的ROC曲线分析, DECT VNCa的CT值定量分析在股骨、胫骨和髌骨区域均表现出较高的诊断价值, 进一步支持了DECT VNCa在膝关节BME诊断中的有效性。DECT VNCa的参数设置也被优化, 发现当Rel.CM=1.45时, 其显示效果最佳, 诊断效能最高。

总的来看, 本研究的结果表明, DECT VNCa在膝关节BME的诊断中具有良好性能, 虽然存在一些局限性, 但仍然可以为膝关节BME的早期诊断提供新的影像学工具, 特别对于MRI不能使用的患者, DECT VNCa可以作为一种可选的诊断方法。

3.5 活血补肾方治疗膝关节BME的临床效果

3.5.1 活血补肾方成方依据及中药硬膏敷贴、浸洗治疗优势 基于多年临床经验和专家咨询, 笔者认为膝关节BME的病因包括肝肾两虚、四肢关节局部气血凝滞、以及痰饮停聚。因此, 治疗原则是“补益肝肾、活血化瘀、利水消肿”。我们制定了活血补肾方剂, 其中包括当归等药材, 具有补益肝肾、收敛固涩的功效, 以及川牛膝, 它在活血祛瘀方面表现出显著效果。此外, 我们还使用了续断、狗脊、伸筋草、络石藤等药物, 有助于接续筋骨, 同时这些药物均具有利水消肿的作用, 可加速膝关节BME水肿的消退。

中药硬膏敷贴是膝关节损伤的常用外治疗法。本研究针对膝关节BME患者进行辨证分型, 选用具有消肿祛瘀功效的药物, 将其研磨成粉末, 混合中药后加热贴敷于患者病变部位。同时, 我们采用红外线理疗仪进行加热治疗, 以增强中药在皮肤内的渗透效果。此外, 我们还进行中药浸洗治疗, 以巩固外治疗效。

与传统西药治疗相比, 口服活血补肾方副作用较小。相对于其它治疗, 中医外治疗法, 尤其是中药敷贴和浸洗等疗法更容易被患者接受。总之, 口服活血补肾方剂以及中药硬膏敷贴和浸洗等治疗方法具有操作简单、无创伤、治疗舒适度高等优点, 适用于多种骨骼关节BME病例。

3.5.2 活血补肾方对膝关节BME患者关节活动度的影响 膝关节BME患者通常伴有有关节活动障碍。研究表明, 中医推拿和针灸等疗法可以有助于减轻膝关节损伤患者组织的黏连, 有效改善的关节活动度及关节畸形。然而, 膝关节BME通常是由创伤引起的, 因此采用推拿等手法可能会容易导致二次损伤。因此, 本研究建议对膝关节BME患者不采用推拿等中医治疗方法。为了保险起见, 内服活血补肾方剂、中药硬膏敷贴、以及中药浸洗被认为是治疗50例膝关节BME患者的首选方案。

以ROM评分为主要指标, 根据本研究结果, 50例膝关节BME患者接受活血补肾方剂治疗后ROM评分显著高于治疗前水平, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。此外, 陈凌志等^[18]学者在腕关节BME治疗中采用补肾活血利水法, 证明这种方法也可以有效改善腕关节BME患者的关节活动度。因此, 我们认为采用活血补肾方剂治疗膝关节BME患者可以有效提高其关节活动度。

3.5.3 活血补肾方对膝关节BME患者疼痛程度的影响 疼痛是膝关节BME的早期症状之一, 通常由于膝关节损伤引起, 随着水肿的发展, 可能导致周围组织黏连和炎症, 从而加重膝关节疼痛, 促使膝关节BME的进展, 甚至导致患者出现多种并发症或残疾。孟东方等^[19]、马继茂等^[20]等研究膝骨关节炎BME, 认为中西医结合可显著减轻疼痛。治疗前后50例膝关节BME患者的VAS评分明显降低, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。这表明活血补肾方剂可以有效缓解膝关节BME患者的疼痛症状。

3.5.4 活血补肾方对膝关节BME患者水肿消退程度的影响 本研究采用WORMS评分来评价经活血补肾方治疗后膝关节BME患者水肿的消退程度。研究结果显示, WORMS评分明显低于治疗前水平, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。胡斌昌等^[21]、文政等^[22]、曾祥品^[23]、肖龙文等^[24]、王贵梅等^[25]、陈志辉^[26]学者在研究中认为活血补肾方在BME治疗方面具有显著疗效。由此可见, 本研究得出的研究结果同国内大多数学者的研究结果较为一致。

本研究存在一些不足之处。首先, 样本选择受限, 所有样本

均来自同一家医院和地区, 未考虑地区性因素、患者体质差异, 以及不同医疗设备对BDE诊断效能的影响。样本数量也相对较少, 这可能引入一定的偏差。其次, 研究范围主要集中在创伤性膝关节BME, 未包括非创伤性BME。最后, 治疗效果的对比仅限于治疗前后的比较, 并且未采用双盲对照试验, 因此无法充分探讨活血补肾方与其他中医疗法在膝关节BME治疗中的差异。

双能量CT在膝关节BME诊断中具有良好的诊断效能, 可作为未来评估膝关节BME的常用影像学检查手段。活血补肾方在治疗膝关节BME具有显著疗效, 可有效提升膝关节BME患者关节活动度, 缓解膝关节BME患者关节疼痛。经活血补肾方治疗后, MRI及DECT显示的膝关节BME程度显著消退, 可见双能量CT在活血补肾方治疗膝关节BME中具有较高诊断价值。

参考文献

- [1] Booz C, Noeske J, Lenga L, et al. Color-coded virtual non-calcium dual-energy CT for the depiction of bone marrow edema in patients with acute knee trauma: a multireader diagnostic accuracy study[J]. *European Radiology*, 2020, 30(1): 141-150.
- [2] Wilson MP, Lui K, Nobbce D, et al. Diagnostic accuracy of dual-energy CT for detecting bone marrow edema in patients with acute knee injuries: a systematic review and meta-analysis[J]. *Skeletal Radiology*, 2021, 50(5): 871-879.
- [3] Foti M, Catania L, Romano L, et al. Identification of bone marrow edema and osteochondral injuries of the knee: diagnostic accuracy of dual-energy CT and virtual non-calcium techniques[J]. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 2019, 23(S02).
- [4] Bakker C, Walker R, Besler B A, et al. A quantitative assessment of dual energy computed tomography material decomposition for imaging bone marrow edema associated with acute knee injury[J]. *Medical Physics*, 2021, 48(4).
- [5] Subedi A, Williams S G, Yao L, et al. Use of magnetic resonance imaging to identify immune checkpoint inhibitor-induced inflammatory arthritis[J]. *JAMA network open*, 2020.
- [6] Anane S, Ghanam A, Bennani A, et al. Cutaneous symptoms revealing M5 Acute myeloid leukemia: a case report[J]. *Journal of Cancer Therapy*, 2022, 13(11).
- [7] Tim Rolvien, Matthias Krause, Jozef Zustin, et al. Intra-articular osteoid osteoma accompanied by extensive bone marrow edema. A clinical and micro-morphological analysis[J]. *Journal of Bone Oncology*, 2019, 18(C).
- [8] de Sá GA, Dos Santos ACPM, Nogueira JM, et al. Angiotensin II triggers knee joint lesions in experimental osteoarthritis[J]. *Bone*, 2021, 145: 115842.
- [9] 梁建超, 方义杰, 李文娟, 等. 双能量CT虚拟去骨图不同对比物质相对比值对膝关节创伤性骨髓水肿的诊断价值[J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(1): 41-45.
- [10] 陈一明. 双源CT虚拟去钙图像诊断膝关节外外伤性骨髓水肿的价值[J]. *深圳中西医结合杂志*, 2018, 28(7): 77-79.
- [11] 李其江, 陈基明. 大关节腱鞘巨细胞瘤的MRI表现特征[J]. *皖南医学院学报*, 2016, 35(3): 269-271.
- [12] 陆佳, 陶弘武. 膝关节骨性关节炎的MRI特点与中医分型的关系[J]. *中华中医药学报*, 2016, 34(8): 2038-2042, 后插14.
- [13] 章辉庆, 刘海燕, 邱晓晖, 等. 双能量CT虚拟去钙图诊断椎体骨髓水肿[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 35(2): 260-263.
- [14] 朱思奇, 吴梦雄, 秦乐, 等. 双能量CT评价痛性关节炎骨髓水肿的可行性研究[J]. *诊断学理论与实践*, 2019, 18(3): 340-343.
- [15] 左天姿, 陈英敏, 贾秀川, 等. 双能CT虚拟去钙技术显示非创伤性股骨头坏死骨髓水肿的研究[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(4): 624-627, 632.
- [16] 叶耀江, 刘晓玲, 陈晓巧, 等. 痛性关节炎MRI的诊断价值及DECT对比分析[J]. *暨南大学学报(自然科学与医学版)*, 2017, 38(4): 355-359.
- [17] Guggenberger R, Gnannt R, Hodler J, et al. Diagnostic performance of dual-energy CT for the detection of traumatic bone marrow lesions in the ankle: Comparison with MR imaging[J]. *Radiology*, 2012, 264(1): 164-173.
- [18] 陈凌志. 基于补肾活血利水法治疗腕关节骨髓水肿综合征的临床疗效观察[D]. 江西中医药大学, 2021.
- [19] 孟东方, 李慧英, 汪利合, 等. 补肾活血利湿法治疗中重度膝骨关节炎骨髓水肿的临床观察[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(11): 5898-5901.
- [20] 马继茂, 赵明, 丁永利, 等. 补肾生骨汤治疗中老年膝骨关节炎合并骨髓水肿临床观察[J]. *河南中医*, 2019, 39(2): 228-232.
- [21] 胡斌昌, 吴逢堤, 林炳林. 补肾活血汤加电针联合减压术治疗ARCO I期和II期股骨头坏死的临床观察[J]. *中外医学研究*, 2021, 19(29): 177-179.
- [22] 文政, 陆伟, 龚春柱, 等. 补肾强督法联合西药对强直性脊柱炎骶髂关节骨髓水肿及关节功能状态的影响[J]. *颈腰痛杂志*, 2019, 40(5): 639-641, 644.
- [23] 曾祥品. 髓芯减压扩大植骨术配合补肾活血汤治疗早期非创伤性股骨头坏死疗效分析[J]. *实用中医药杂志*, 2017, 33(4): 386-387.
- [24] 肖龙文, 胡海威, 桑灏祺, 等. 膝骨关节炎合并骨髓水肿的临床诊疗进展[J]. *河北医药*, 2021, 43(3): 437-442.
- [25] 王贵梅, 吴晓惠, 易松, 等. 补肾活血法对伴骨髓水肿的膝痹病疗效观察[J]. *四川中医*, 2022, 40(8): 147-150.
- [26] 陈志辉. 活血消肿经验方治疗股骨头坏死骨髓水肿的临床观察[D]. 山东: 山东中医药大学, 2020.

(收稿日期: 2023-09-06)

(校对编辑: 姚丽娜)