

膝骨关节炎常见经筋病灶点剪切波弹性模量研究*

闫鑫¹, 潘晶晶¹, 陈菲¹, 修宇¹, 王延珍¹, 李珩¹, 周明¹,
张文鹏¹, 何志玲², 张书昊², 崔峰³, 吴金鹏^{3**}

(1. 淄博市中心医院 山东 淄博 255000; 2. 天津中医药大学健康科学与工程学院 天津 301617;
3. 中国医学科学院生物医学工程研究所 天津 300192)

摘要:目的 采用剪切波弹性成像技术(SWE)观察膝骨关节炎(KOA)患者常见经筋病灶点的弹性模量。方法 对41例 KOA 患者与40名健康受试者,8个经筋病灶点部位进行超声检测,对其弹性模量值进行采集和比较。结果 与正常对照组的筋结点相比,KOA 观察组经筋病灶点的弹性模量值均增大($P<0.05$);与正常对照组的筋结点比较,患者X线不同分级组经筋病灶点的弹性模量值均增大($P<0.05$);X线不同分级患者间的弹性模量值比较,髌内下 I 级组的弹性模量值低于 II 级组和 IV 级组;髌外下 I 级组的弹性模量值低于 II 级组;阳陵次 I 级组、II 级组和 III 级组的弹性模量值低于 IV 级组;委中次 II 级组的弹性模量值低于 III 级组($P<0.05$);KOA 患者髌内下($r=0.417, P=0.007$)、成腓间($r=0.431, P=0.005$)、阳陵次($r=0.465, P=0.002$)和委中次($r=0.426, P=0.005$)的弹性模量值与 X 线分级呈明显正相关。结论 SWE 可以量化经筋病灶点的硬度特征,从客观的角度反应了 KOA 患者病灶点与正常人筋结点的硬度存在差异且显著增大,可为中医触诊提供客观指标,为 KOA 临床诊断提供新思路。

关键词:膝骨关节炎 剪切波弹性超声 经筋病灶点 弹性模量

doi: 10.11842/wst.20210823005 中图分类号: R684.3 文献标识码: A

膝骨关节炎(Knee osteoarthritis, KOA)是以膝关节软骨退变及骨质增生为特征的慢性关节疾病,好发于中老年人,其症状往往进展缓慢,随着时间推移逐渐出现膝关节疼痛、肿胀、僵硬、畸形等症状,严重影响患者生活质量^[1]。我国 65 岁以上 KOA 患病人群数量已居世界第 2^[2],约 1.2 亿人深受 KOA 困扰,且发病率逐年上升,给社会及家庭带来了巨大压力和沉重负担。

目前临床常用 X 线、磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)等对 KOA 进行辅助诊断。X 线主要关注患者的骨性改变,可以对病人骨皮、骨小梁、髓质及钙化状况进行清晰显示,但无法充分显示

软组织肿胀、半月板受损等情况,不利于医师观察^[3]。MRI 具有全方位、分辨率高、成像清晰、无创等优势,可以通过多平面对膝关节内部结构及周围组织(主要包括关节软骨、韧带、半月板、滑膜、肌腱等)进行展示,有助于医师及时发现膝关节细微病变^[4],但 MRI 无法检测软组织的生物力学特性。剪切波弹性成像(Shear wave elastography, SWE)是近年来超声领域快速发展起来的一种新兴技术,通过外部振源向组织引入剪切波^[5],对软组织的硬度进行测量与评估,具有直观、客观、实时、安全无创、便捷等优势,目前已广泛应用于肝纤维化、甲状腺、乳腺、动脉血管斑块等与硬度特征联系紧密的诊断领域。

收稿日期:2021-08-23

修回日期:2022-05-08

* 国家科学技术部国家重点研发计划项目(2018YFC1707803):基于中医导引术的传统运动训练及肢体功能评定系统,负责人:吴金鹏。

** 通讯作者:吴金鹏,助理研究员,主要研究方向:中医工程。

中医经筋触诊是以经筋病灶点为诊察对象,通过医生触觉判断不同部位病灶点的硬度特征完成疾病诊断。但这一诊断方法千百年来长期以医生触觉体验为依据,用粗略描述和形状比喻表达硬度的程度和范围,具有明显的主观性和经验性,成为研究和总结经筋临床经验的关键瓶颈。SWE技术对于组织硬度特征的诊断优势及多领域应用经验为经筋病灶点的客观化诊断提供了技术依据。为探索SWE技术应用于中医经筋触诊客观化的可行性,本研究以KOA为对象,选择中医临床共识度高的经筋病灶点作为研究对象,采用SWE完成硬度特征研究,以期为中医经筋触诊提供客观依据,并从经筋病变角度探索KOA诊断新思路。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2020年11月14日-2021年1月18日,在淄博市中心医院中医科、疼痛科、骨伤科、颈肩腰腿疼科门诊确诊为KOA的患者41例作为观察组,其中男性10例,女性31例,最小年龄41岁,最大年龄70岁,平均年龄(59.95±7.45)岁;身高最高1.76 m,最矮1.5 m,平均(1.63±0.66) m;体质量最大95 kg,最小50 kg,平均(69.13±11.07) kg;病程最长20年,最短0.5年,平均(4.87±4.74)年;X线影像分级Ⅰ级11例、Ⅱ级13例、Ⅲ级10例、Ⅳ级7例。同时选择40名健康志愿者作为正常对照组,其中男性17例,女性23例,最小年龄35岁,最大年龄70岁,平均年龄(48.15±9.57)岁;身高最高1.8 m,最矮1.5 m,平均(1.66±0.71) m;体质量最大92.5 kg,最小50 kg,平均(65.83±9.91) kg。本研究方案经山东省淄博市中心医院伦理委员会批准(202011006),在试验开始前,所有受试者都充分了解设备安全性、受试者权利、研究目的以及试验步骤,并签署了知情同意书。

1.2 诊断标准

根据美国风湿病协会1995年修订的膝骨关节炎诊断标准^[6]:①近1月内膝关节反复出现疼痛;②X线片(站立位)示关节间隙狭窄、软骨下骨硬化和(或)囊性变、关节边缘骨赘形成;③滑液分析为典型的骨关节炎表现;④年龄≥40岁;⑤发病期间晨僵≤30 min;⑥关节活动时出现骨的摩擦音。具有上述的①和②,或者①,③,⑤和⑥项者,或者①,④,⑤和⑥项者,可以诊断为膝骨关节炎。

依据《骨关节炎诊疗指南》(2018年版)^[7]中Kellgren-Lawrence影像分级,拍摄膝关节伸直位的正位片,双侧膝关节疼痛者拍摄严重的一侧,由同一名高年资放射科医生读片观察有无骨赘、关节间隙是否变窄、有无硬化性改变,是否明显畸形,按K-L标准将KOA患者X线分级:①0级正常;②Ⅰ级可能有骨赘,关节间隙可疑变窄;③Ⅱ级有明显骨赘,关节间隙可疑变窄;④Ⅲ级中等量骨赘,关节间隙变窄较明确,有硬化性改变;⑤Ⅳ级大量骨赘,关节间隙明显变窄,严重硬化性病变及明显畸形。

1.3 纳入标准

KOA观察组:①符合前述KOA的诊断标准;②年龄35-70岁;③精神无异常,能准确进行语言交流;④近半月内未用其他方式、药物治疗KOA者;⑤自愿试验,有良好的依从性,并同意参加本试验研究。

正常对照组:①健康志愿者无膝关节损伤、疼痛、炎症史;②年龄35-70岁;③自愿试验,有良好的依从性,并同意参加本试验研究。

1.4 排除标准

排除标准:①非原发性膝骨关节炎,如痛风性关节炎、血友病性关节炎等;②合并心脑血管、肝、肾和造血系统等严重原发性疾病,精神病患者;③妇女妊娠及哺乳期;④接受过膝关节手术者;⑤下肢皮肤破损、溃烂、局部感染等不适应进行超声检查患者;⑥长期从事职业运动或重体力劳动;⑦合并下肢血管病史。⑧因其他原因不能配合完成数据采集者。

1.5 检测方法

1.5.1 触诊检查及测试部位标记

根据文献研究和两轮专家问卷统计结果^[8],筛选出足阳明经筋的髌内下、髌外下,足少阳经筋的成腓间、阳陵泉次,足太阳经筋的委中次、合阳内,足三阴经筋的阴陵上、髌膝间8个临床常见病灶点进行研究。由2名对经筋病灶点有丰富触诊经验的经筋医师对被检者膝关节采用手触诊法,根据膝关节各经筋线循行次序探查,在观察组体表标记出这8个经筋病灶点;正常对照组由经筋医师在相应筋结点位置处进行标记。经筋病灶点解剖位置见表1。

1.5.2 剪切波弹性超声检查

(1) 仪器

采用法国声科影像公司(Supersonic Imagine)的剪切波弹性成像超声诊断仪 Aixplorer, L4-15线阵探头,

表1 KOA 常见经筋病灶点解剖定位表

序号	名称	解剖定位
1	髌内下	髌骨内下缘, 髌内侧副支持带起始部
2	髌外下	髌骨外下缘处, 髌外侧副支持带起点
3	成腓间	腓外侧, 外侧副韧带膝关节间隙处
4	阳陵次	小腿外侧, 腓骨小头前缘, 髂胫束止点处
5	髁膝间	膝内侧部, 内侧副韧带膝关节间隙处
6	阴陵上	小腿内侧, 胫骨内髁内侧面, 平胫骨结节处
7	委中次	腘窝横纹中央肌筋膜层处
8	合阳内	小腿后侧, 腘窝内缘下腓肠肌内头处

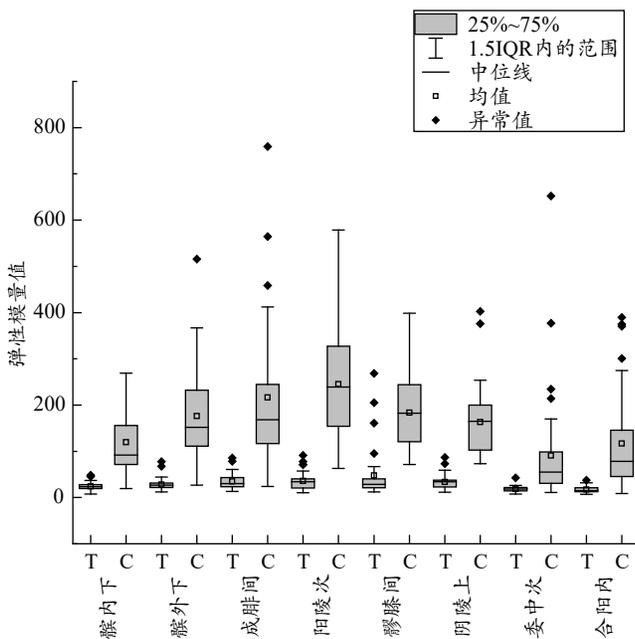


图1 观察组与正常对照组比较箱式图

注:T:trial;C:control。

频率为 4-15 MHz, 超声条件设定为肌骨超声 (Musculoskeletal ultrasound, MSKUS) 模式, 测量范围 0-800 kPa。

(2) 检测方法

受试者采取仰卧位和俯卧位, 仰卧位时在被测试患侧的腘窝处放置支撑垫。测试前休息 5 min, 自然呼吸, 使下肢在整个检测期间保持放松状态。由一名有丰富经验的超声医师依据肌骨超声检查规范^[9], 对标记点行超声检查。在二维超声引导下进入弹性成像模式 (SWE), 设定取样框大小为 2 cm×1 cm, 探头与肌腱纤维走行一致, 声束平面与肌腱、韧带表面垂直, 排除各向异性, 静置 5 s 待图像稳定充满时冻结保存, 超声医师根据经验在冻结图像中的合适位置放置一个直径为 2 mm 的定量分析取样框 Q-box 确定病灶区, 系

统自动计算出每个 Q-box 的弹性模量均值 (Mean), 每个标记点位置重复测量 3 次, 取均值作统计分析, 对经筋病灶点与正常筋结点的弹性模量值进行比较。试验过程中使用导声垫或大量耦合剂使探头与所测部位充分贴合, 缓冲外界探头对所测部位施加的压力。

1.6 统计学方法

将采集的各类数据录入 Excel 表, 使用 SPSS 23.0 进行统计分析, 正态分布计量资料以平均值±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 非正态分布数据用中位数和四分位间距 [M (Q)] 表示。符合正态分布和方差齐性的两组间比较采用两独立样本 *t* 检验, 不符合则采用非参数检验; 符合正态分布和方差齐性的多组间比较采用单因素方差分析, 不符合则采用非参数检验。计数资料采用百分数表示。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Spearman 检验对观察组的弹性模量值和 X 线分级进行相关性分析 (相关系数是衡量两个变量之间关系密切程度和方向的统计量。相关系数 *r* 取值范围: (-1) - (+1)。 *r* 的绝对值大小, 表示关联程度的大小; 符号 “+” 或 “-”: 表示正相关或负相关。一般说来, 对 *r* 进行假设检验, 且有统计学意义时, $|r| > 0.7$, 则表示两个变量高度相关; $0.4 < |r| \leq 0.7$, 则表示两个变量之间中度相关; $0.2 < |r| \leq 0.4$ 时, 则两个变量低度相关)。

2 结果

2.1 KOA 观察组与正常对照组弹性模量值

图 1 显示, 观察组 8 个经筋病灶点的弹性模量值较正常对照组均明显增大, 且差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 其中阳陵次的弹性模量值与正常对照组相比, 增幅最为明显; 从图 2 可以看出, X 线不同分级组 8 个经筋病灶点的弹性模量值较正常对照组均明显增大, 且差异具有统计学意义 ($P < 0.05$); 同时还可以看出, X 线 I 级组的弹性模量值就已经明显大于正常对照组, 且差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。图 3 为对照组与观察组 X 线不同分级组 8 个经筋病病灶点的剪切波弹性成像图, 可以看出对照组 Q-box 取样框内的超声图像均为蓝色, X 线 I 级组为蓝黄相间, X 线 II 级组开始出现红色, X 线 III 级组为红黄相间, X 线 IV 级组均为红色。

2.2 观察组内 X 线不同分级组的弹性模量值比较

对 8 个经筋病灶点或筋结点 X 线 I 级组、II 级组、III 级组、IV 级组间的弹性模量值进行比较, 结果显示,

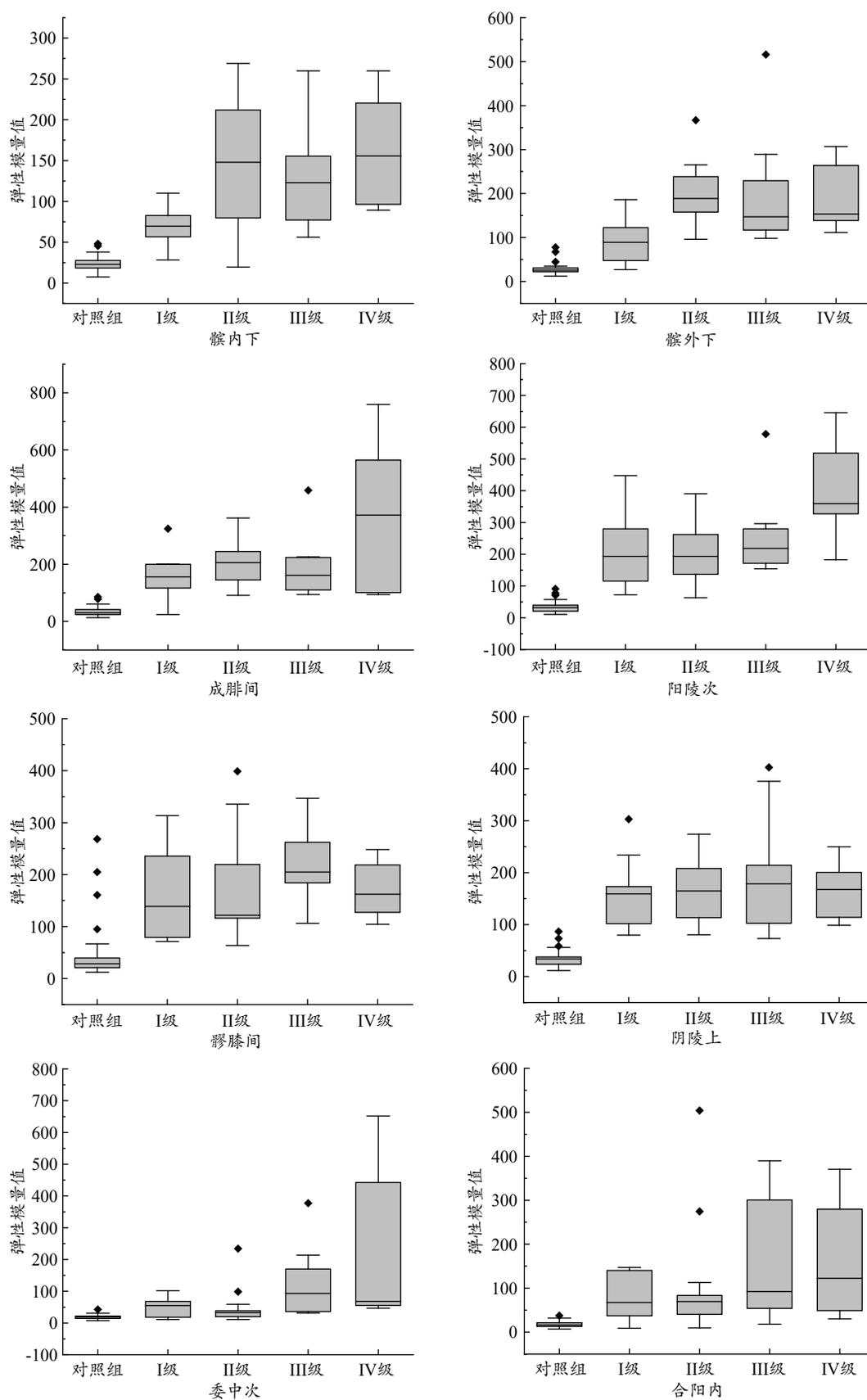


图2 观察组内X线不同分级组与正常对照组比较箱式图

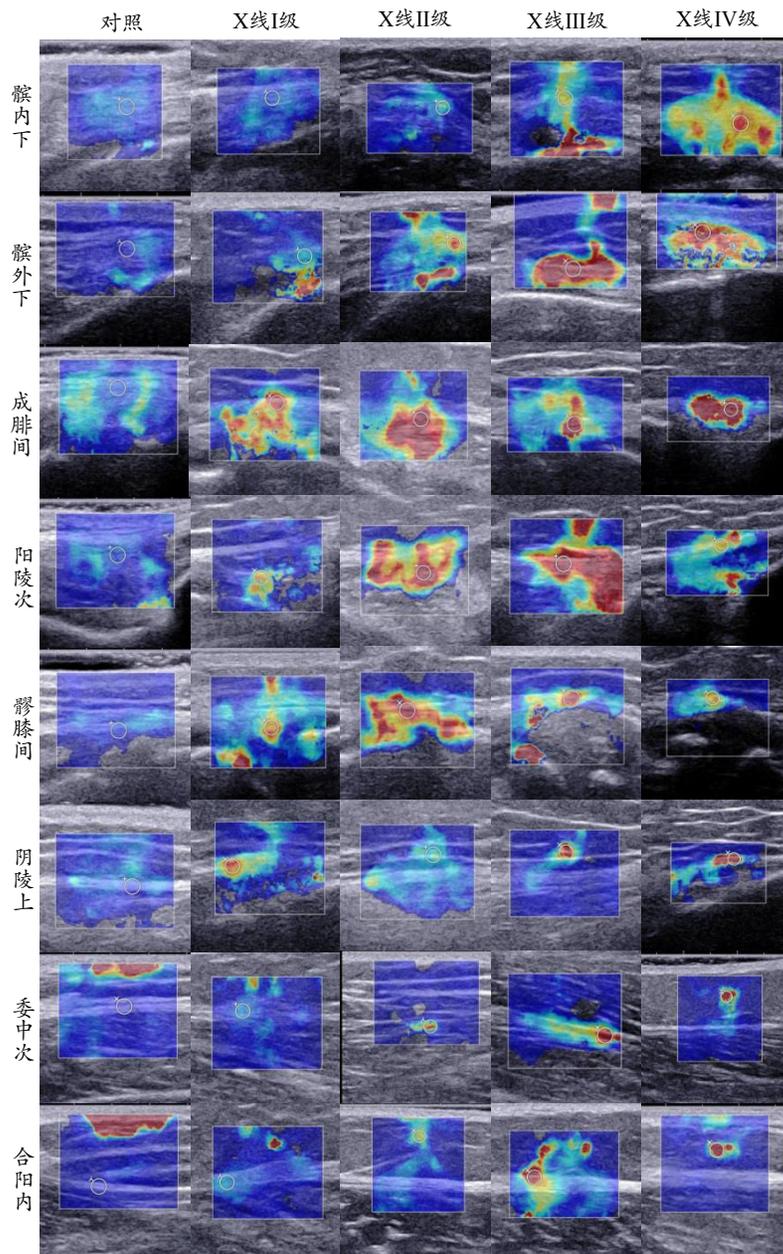


图3 不同分组8个经筋病灶点的剪切波弹性成像图

注:□:表示矩形取样框;○:表示确定病灶区直径为2 mm的Q-box取样框。

表2 不同X线分级组的弹性模量值比较($\bar{x}\pm s$)或[M(Q)]

弹性模量值	I级	II级	III级	IV级	χ^2/F	P
髌内下	69.73(26.23)	147.87(136.56)	123.43(140.27)	155.70(123.87)	12.947	0.005*
髌外下	89.23(74.94)	185.87(97.1)	149.73(112.2)	153.37(125.34)	14.801	0.002*
成腓间	155.90(83.13)	152.17(140.54)	117.30(116.06)	371.93(463.63)	4.961	0.175
阳陵次	197.55±109.50	208.94±96.44	249.76±126.73	392.99±148.72	4.727	0.007*
髌膝间	139.07(156.53)	121.63(92.2)	202.5(78.47)	162.23(91.1)	4.235	0.237
阴陵上	156.75±66.24	164.08±62.87	191.12±114.69	164.59±52.33	0.381	0.767
委中次	54.83(49.90)	33.67(39.34)	77.8(134.5)	67.81(387.2)	11.062	0.042*
合阳内	67.43(103.07)	69.40(81.66)	75.17(256.63)	122.7(230.6)	3.193	0.363

注:*表示P<0.05。

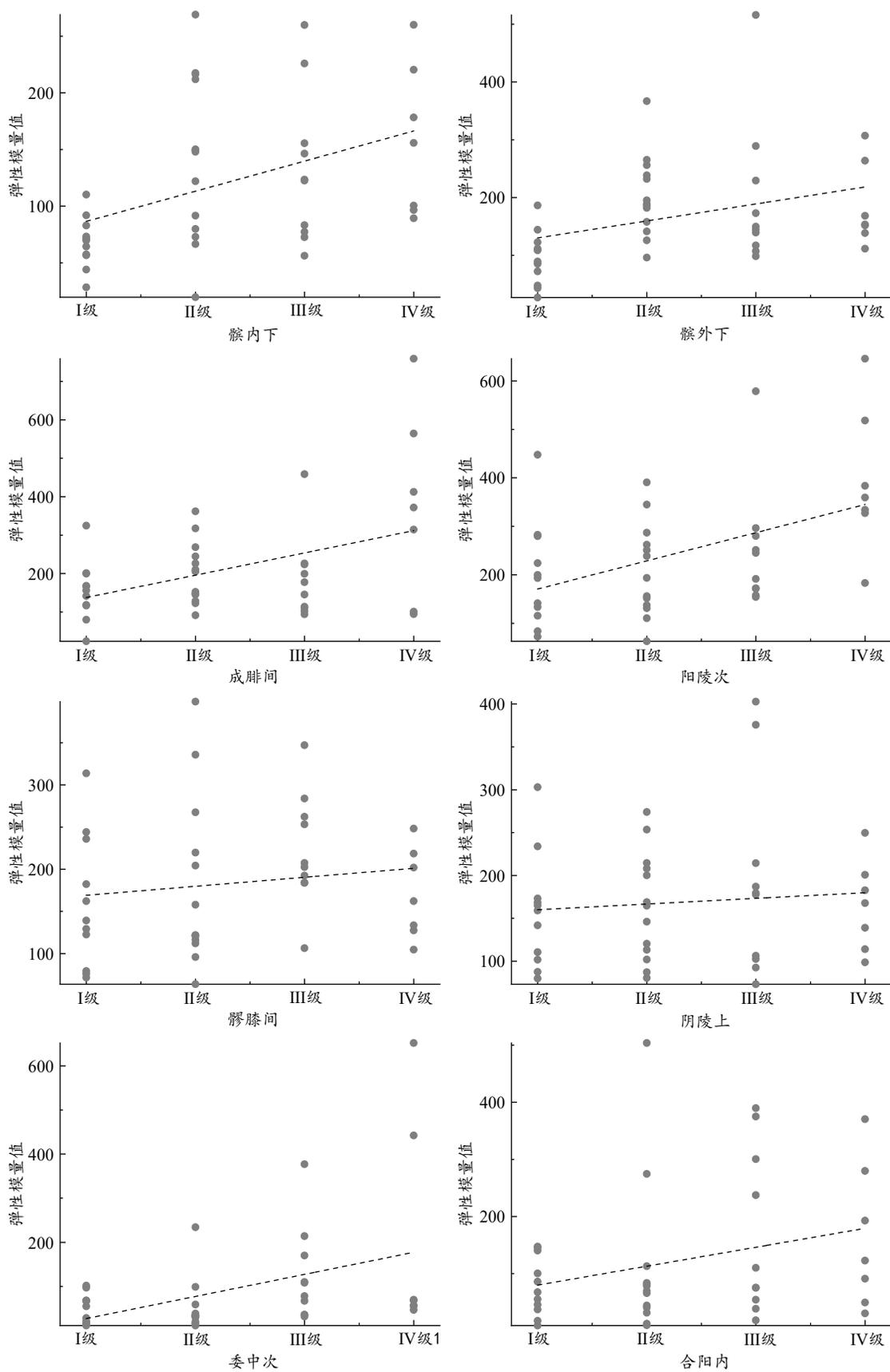


图4 X线分级与经筋病灶点弹性模量值的线性拟合图

髌内下 I 级组的弹性模量值低于 II 级组和 IV 级组;髌外下 I 级组的弹性模量值低于 II 级组;阳陵次 I 级组、II 级组和 III 级组的弹性模量值低于 IV 级组;委中次 II 级组的弹性模量值低于 III 级组,差异有统计学意义($P<0.05$)(见表 2)。

2.3 观察组内 X 线分级与经筋病灶点弹性模量值的相关性分析

KOA 患者 X 线分级与髌内下($r=0.417, P=0.007$)、成腓间($r=0.431, P=0.005$)、阳陵次($r=0.465, P=0.002$)与委中次($r=0.426, P=0.005$)的弹性模量值均呈明显正相关,而髌外下、髌膝间、阴陵上与合阳内的弹性模量值与 X 线分级相关性不明显(见图 4)。

3 讨论

传统中医认为,膝关节周围的软组织肌肉、韧带、滑膜、神经、血管等隶属“筋”的范畴,KOA 存在着“筋痹”到“骨痹”的转变过程^[10],与现代临床医学主要关注骨性病变不同,中医尤其是经筋领域专家学者更关注筋类软组织损伤。薛立功^[11]认为肌腱、韧带、肌肉、骨的结合点受到牵拉力或收缩力最大的软组织应力点是筋结点,而膝关节是人体最复杂、负重最大的关节^[12],再加上弹跳、长期负重或肥胖等因素,使得其周围的筋结点出现反复损伤和自我修复,就会逐渐形成粘连、结节、条索,即形成经筋病灶点^[12]。中医触诊依靠对经筋病灶点的主观感觉对 KOA 做出诊断,但是缺少客观指标,不能令人信服。X 线是目前临床中诊断 KOA 的首选方法,主要关注 KOA 患者的骨性改变,但在实际临床中应用中却发现部分患者膝骨关节炎较为显著,但其 X 线检查结果却并不明显;部分患者 X 线检查结果非常明显,但其膝骨关节炎却不是十分典型^[13]。国外也有文献报道,X 线检查结果与患者症状严重程度相关性较弱^[14]。而磁共振成像 MRI 作为 KOA 诊断的另一种常用检查手段,检查效果虽好,但其价格昂贵,且用时较长,很难在基层推广应用,在疾病的筛查应用中受到一定限制。肌骨超声则是利用常规超声设备的高频探头对人肌肉、骨骼及关节等部位进行检查的超声检查方法,可对关节肌腱、肌肉进行动态、实时的观察,对韧带、半月板、滑膜及关节积液等组织液均具有较好的显影效果^[15],且价格较低,可以作为 KOA 诊断的辅助检查手段。但传统肌骨超声无法检测膝关节附近软组织的生物力学特性,而 SWE

可以定量评估软组织的硬度特征,能够弥补肌骨超声的不足。本次研究通过 SWE 量化经筋病灶点的硬度特征,旨在为 KOA 的临床诊断提供新思路。

本研究以正常人群和 KOA 患者为研究对象,首次采用 SWE 观察 KOA 患者经筋病灶点和正常人对对应位置筋结点的硬度值差异。结果显示与正常对照组的筋结点比较,KOA 观察组及组内 X 线不同分级组经筋病灶点的弹性模量值均增大($P<0.05$),提示 KOA 患者经筋病灶点的硬度大于正常人。Wu 等^[16]使用 SWE 对 50 名健康志愿者膝关节附近的软组织开展硬度特征研究,选取的检测部位与本次研究大致相同,且结果与本次研究中正常对照组筋结点的弹性模量值相近,证明 SWE 可以用来评价正常人膝关节附近软组织的生物力学特性。郑乙等^[17]探索了实时 SWE 在评价膝关节炎患者股四头肌生物力学性能改变中的价值,结果显示,观察组治疗前的肌肉弹性模量均值均低于对照组,且具有统计学意义,表明 SWE 可用于定量评估 KOA 患者肌肉的硬度特征。既往研究证明了 SWE 可以用于评价正常人和 KOA 患者软组织的生物力学性能。而本次研究,在此基础上对传统中医触诊经验总结的经筋病灶点和筋结点的生物力学特性进行评价。结果发现,SWE 可以直接且客观检测出 KOA 患者经筋病灶点与正常人筋结点存在明显的硬度差异,实现了对经筋病灶点与筋结点的明确区分,为中医触诊提供客观化依据。

本次研究同时发现,在 KOA 早期,即 X 线 I 级组患者的经筋病灶点的硬度就已经明显增大($P<0.05$),提示 KOA 患者可能在骨性病变之前就已经发生软组织病变。《素问·痿论》曰:“宗筋主束骨而利机关也。”古人认为筋的作用主要在于约束骨骼,以利于关节屈伸活动,保持人体正常的运动功能。虽然筋病不一定及骨,但骨病却必定及筋^[16]。现代中医认为,在 KOA 发展过程中存在皮-肉-筋-骨的病机演变,筋痹是 KOA 发生发展过程中的必经阶段,骨痹是筋痹发展过程的延伸和最终表现形式^[8]。谢兵等^[18]对多个动物实验结果总结表明,“筋不束骨”的方法可以有效制备膝骨关节炎模型,其病理过程均为先出现软组织病变而后出现骨性改变。薛立功^[11]认为当软组织有炎性病灶时,会在损伤部位出现大量渗出物形成纤维素,过多的纤维素机化形成黏连,不断循环产生硬结、瘢痕,最后形成经筋病灶点。谢占清等^[19]的观点与薛立功相似,认为瘢痕组织质地变硬、形状不规则分布、粘连挛

缩对周围组织的卡压作用符合经筋病灶点特点,经筋病灶点的解剖实质就是瘢痕组织。以上动物实验和理论研究提示,KOA患者可能在尚未出现骨性改变时,便已经存在因炎症形成的经筋病灶点。而本次研究结果验证了之前的研究结论,KOA早期患者在骨性改变之前便存在软组织病变。此外,以往的研究使用常规检查手段(X线、MRI、肌骨超声)无法检测到软组织形态改变之前生物力学特性的变化,而SWE可以直接且客观的显示KOA早期患者软组织硬度的变化,这为KOA的早期诊断提供了新思路。

本次研究还探索了X线不同分级组经筋病灶点弹性模量值的组间差异以及X线分级与经筋病灶点弹性模量值的相关性,结果显示,髌内下、髌外下、阳陵次、委中次的弹性模量值组间差异有统计学意义($P < 0.05$),并且髌内下、成腓间、阳陵次、委中次的弹性模量值与X线分级呈明显正相关,髌外下、髌膝间、阴陵上与合阳内的弹性模量值与X线分级相关性不明显,提示本研究中KOA患者软组织损伤程度与骨性病变严重程度存在一定关系,但两者之间并不存在显著相关性。该结论与经筋临床的触诊经验高度吻合,初步证实了SWE技术应用于经筋触诊客观化的可行性,也为中医从经筋角度诊断、研究骨性疾病提供了新思路。张茜等^[20]通过血流分级将36名膝关节滑膜炎患者分为4组,使用SWE观察患者滑膜的弹性模量值,探索两者相关性,其结果与本次研究接近,血流0级组与1、2、3级组间差异有统计学意义,血流组间1、2、3级差异无

统计学意义。王挺等^[21]通过二维超声及超声弹性成像技术对类风湿关节炎患者的股四头肌肌腱进行评估,结果发现超声弹性成像技术通过测量肌腱弹性获得的诊断结果与二维超声诊断结果具有较好的一致性。Yurdaşık等^[22]则是应用SWE观察了77名髌骨肌腱病变患者,并与MRI结果做比较,结果表明SWE评价髌骨肌腱病变的结果与MRI的临床评分一致。以上不同的研究结果均表明,SWE可以作为一种非侵入性且定量的成像方法用于评价软组织病变,并且其检测结果与现有各类诊断标准存在一定相关性,但今后仍需要做更多的研究来探讨SWE在软组织病变中与现有诊断标准的相关性及其潜在作用和应用价值。

本次研究纳入KOA患者仅41例,相对于选取的8个病灶点,样本量相对较小,今后类似研究应扩大样本量或精简需要检测的病灶点数量;由于临床中确诊为KOA且X线分级为0级的就诊患者太少,所以本次研究未能观察到单纯软组织病变的KOA患者经筋病灶点的弹性模量值,后续研究若为探索建立新的KOA诊断标准,建议纳入更多的此类患者。

综上所述,SWE可以直观且定量地观察正常人筋结点与KOA患者经筋病灶点的硬度差异,可作为除X线之外的补充检查手段,并能为中医触诊提供客观依据;X线I级组患者经筋病灶点便与正常人筋结点的硬度存在显著差异,为KOA的早期诊断提供新思路;KOA患者X线分级与经筋病灶点硬度存在一定相关性,但仍需做进一步的研究。

参考文献

- 中华中医药学会骨伤科分会膝痹病(膝关节炎)临床诊疗指南制定工作组. 中医骨伤科临床诊疗指南·膝痹病(膝关节炎). 康复学报, 2019, 29(3):1-7.
- Kinsellak H. An Agein World: 2008. Washing-ton, DC, 2009, 14(5): 322-332.
- 杨锋. MRI检查对膝关节炎患者诊断效能的影响. 河南医学研究, 2020, 29(3):522-524.
- 姜斌. X线、MRI影像对膝关节炎的诊断价值分析. 航空航天医学杂志, 2020, 31(11):1338-1339.
- 李真. 双波长弱激光治疗斜方肌筋膜疼痛综合征的临床研究. 北京:北京协和医学院硕士学位论文, 2017,20.
- Hochberg M C, Altman R D, Brandt K D, et al. Guidelines for the medical management of osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 1995, 38(11): 1541-1546.
- 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018年版). 中华骨科杂志, 2018, 38(12):705-715.
- 何志玲, 岳萍, 张书昊, 等. 膝关节炎经筋病灶点分布特征专家调查与分析. 解剖学研究, 2021, 43(4):326-330.
- 中国超声医学工程学会肌肉骨骼系统超声专业委员会. 肌肉骨骼超声检查及报告规范. 中华医学超声杂志(电子版), 2015, 12(1):11-17.
- 韩清民, 张罡瑜, 郭斯印, 等. 膝关节炎经筋辨证研究进展. 广州中医药大学学报, 2019, 36(3):447-452.
- 薛立功. 中国经筋学. 北京:中医古籍出版社, 2009:104.
- 张卓恒. 肌骨超声在膝关节炎患者诊断中的应用效果. 慢性病学杂志, 2018, 19(1):102-104.
- 王春梅. 肌骨超声在膝关节炎患者诊断中的应用. 健康必读, 2021, 1:281.
- Glimm A M, Werner S G, Burmester G R, et al. Analysis of distribution and severity of inflammation in patients with osteoarthritis compared to rheumatoid arthritis by ICG-enhanced fluorescence optical imaging

- and musculoskeletal ultrasound: A pilot study. *Ann Rheum Dis*, 2016, 75(3):566-570.
- 15 华兴. 肌骨超声的应用现状与发展趋势. 第三军医大学学报, 2015, 37(20):2005-2010.
- 16 Wu J, Qian Z, Liang W, et al. *In vivo* assessment of material properties of muscles and connective tissues around the knee joint based on shear wave elastography. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2020, 109:103829.
- 17 郑乙, 陈国材, 邹玉婵, 等. 剪切波弹性成像评价女性膝关节炎患者股四头肌弹性模量变化. 河北医学, 2019, 25(10):1634-1638.
- 18 谢兵, 范志勇, 粟漩, 等. 浅析筋痹是膝关节炎发生发展的病变基础. 上海中医药杂志, 2013, 47(5):6-7.
- 19 谢占清, 崔立民, 王玉双, 等. 结筋病灶点的解剖实质辨析. 环球中医药, 2019, 12(10):1569-1570.
- 20 张茜, 刘艳君, 王学梅. SWE技术对类风湿关节炎膝关节滑膜炎的初步评价. 中国超声医学杂志, 2016, 32(8):735-737.
- 21 王挺, 黄乐乐, 张思功, 等. 二维超声及超声弹性成像对类风湿关节炎股四头肌肌腱的评估. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(1):57-60.
- 22 IşılYurdaşık. Comparison of two-dimensional shear wave elastography and point shear wave elastography techniques with magnetic resonance findings in detection of patellar tendinopathy. *Eklemler Hast Cerrahisi*, 2019, 30(3):275-281.

Study on Shear Wave Elastic Modulus of Common Meridian Tendons in Knee Osteoarthritis

Yan Xin¹, Pan Jingjing¹, Chen Fei¹, XiuYu¹, Wang Yanzhen¹, Li Heng¹, Zhou Ming¹, Zhang Wenpeng¹,
He Zhiling², Zhang Shuhao², Cui Feng³, Wu Jinpeng³

(1. Zibo Central Hospital, Zibo 255000, China; 2. Faculty of Health Sciences and Engineering, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 3. Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Medical Sciences, Tianjin 300192, China)

Abstract: Objective To observe the elastic modulus of common menstrual tendons in patients with knee osteoarthritis (KOA) by shear wave elastography (SWE). Methods Ultrasonic examination was performed in 8 focus sites of 41 patients with KOA and 40 healthy subjects, and the elastic modulus values were collected and compared. Results Compared with the normal control group, the elastic modulus of the focal point of the meridian tendon in the KOA observation group was higher than that in the normal control group ($P<0.05$), and that in the patients with different X-ray grades was higher than that in the patients with different X-ray grades ($P<0.05$). Compared with the patients with different X-ray grades, the elastic modulus in the BinNeiXia I grade group was lower than that in the II grade group and the IV grade group. The elastic modulus of BinWaiXia I grade group was lower than that of II grade group, that of YanglingCi I grade group, II grade group and III grade group was lower than that of IV grade group, and that of WeiZhongCi II grade group was lower than that of III grade group ($P<0.05$). The elastic modulus values of KOA patients in the BinNeiXia, ChengFeiJian, YanglingCi and WeiZhongCi were positively correlated with X-ray grade ($r=0.417$, $P=0.007$; $r=0.431$, $P=0.005$; $r=0.465$, $P=0.002$; $r=0.426$, $P=0.005$). Conclusions SWE can quantify the hardness characteristics of meridian tendon lesions, which objectively reflects the difference and significant increase in hardness between KOA patients and normal subjects, which can provide an objective index for TCM palpation and a new idea for clinical diagnosis of KOA.

Keywords: Knee osteoarthritis, Shear wave elastic ultrasound, Focus of meridian tendons, Elastic modulus

(责任编辑: 刘玥辰, 审稿人: 王瑀、张志华)