

膝关节超声结构参数与KOA患者临床严重程度和运动功能的相关性探讨

高新迪¹, 焦储丞¹, 周昕洁¹, 张华治¹, 李铁山^{2*}

¹青岛大学青岛医学院, 山东 青岛

²青岛大学附属医院康复医学科二科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年1月27日; 录用日期: 2026年2月22日; 发布日期: 2026年3月2日

摘要

目的: 探讨KOA患者临床严重程度和运动功能与内侧半月板突出程度(MME)、髌上软骨厚度、膝内上神经(SMGN)及膝内下神经(IMGN)超声结构参数的关系。方法: 本研究选取了50例因KOA内侧疼痛就诊于青岛大学附属医院门诊及住院的患者的50个膝关节。采用视觉模拟评分量表(VAS)和西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)疼痛亚量表评估膝关节疼痛程度, WOMAC僵硬和功能亚量表评定日常生活能力, 起立行走测试以及5米步行测试用于评估患者的运动功能。在超声检查中, 评估软骨厚度、内侧半月板突出程度、膝内上神经(SMGN)及膝内下神经(IMGN)周围组织回声强度, 并采用相关分析及回归分析, 探讨其与KOA临床严重程度和运动功能之间的关系。结果: KOA患者内侧半月板突出程度、膝内上神经(SMGN)及膝内下神经(IMGN) EI值与临床严重程度和运动功能显著相关。结论: KOA患者内侧半月板突出程度、SMGN、IMGN周围组织回声强度的增加, 会导致膝关节疼痛、症状加重和日常功能障碍。超声作为一种简单便携、价格低廉的检查方式, 可以评估膝关节周围结构的改变与KOA的临床严重程度和运动功能的关系。

关键词

膝骨关节炎, 回声强度, 半月板突出, 疼痛, 运动功能

A Study on the Correlation between Ultrasonic Structural Parameters of the Knee Joint and Clinical Severity as well as Motor Function in Patients with KOA

Xindi Gao¹, Chucheng Jiao¹, Xinjie Zhou¹, Huazhi Zhang¹, Tieshan Li^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 高新迪, 焦储丞, 周昕洁, 张华治, 李铁山. 膝关节超声结构参数与 KOA 患者临床严重程度和运动功能的相关性探讨[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 390-398. DOI: 10.12677/acm.2026.163803

¹Qingdao Medical College of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department II of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: January 27, 2026; accepted: February 22, 2026; published: March 2, 2026

Abstract

Objective: To explore the relationship between the clinical severity and motor function of patients with knee osteoarthritis (KOA) and the degree of medial meniscus extrusion (MME), the thickness of the suprapatellar cartilage, and the ultrasound structural parameters of the superior medial genicular nerve (SMGN) and inferior medial genicular nerve (IMGN). **Methods:** This study included 50 knees from 50 patients who visited the outpatient clinic or were hospitalized at The Affiliated Hospital of Qingdao University due to medial knee pain caused by KOA. The visual analog scale (VAS) and the pain subscale of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) were used to assess the degree of knee pain. The stiffness and function subscales of WOMAC were used to evaluate daily living abilities. The timed up-and-go test (TUG) and the 5-meter walk test (5MWT) were employed to assess motor function. During the ultrasound examination, cartilage thickness, the degree of medial meniscus extrusion, and the echogenicity of the perineural tissues of the SMGN and IMGN were evaluated. Correlation and regression analyses were performed to explore their relationships with the clinical severity and motor function of KOA. **Results:** In KOA patients, the degree of medial meniscus extrusion and the echogenicity (EI) values of the SMGN and IMGN were significantly correlated with clinical severity and motor function. **Conclusion:** Increased medial meniscus extrusion and higher perineural tissue echogenicity of the SMGN and IMGN in KOA patients are associated with worsening knee pain, symptoms, and limitations in daily activities. Ultrasound, as a simple, portable, and cost-effective examination method, can be used to evaluate the relationship between changes in periarticular knee structures and the clinical severity and motor function of KOA.

Keywords

Knee Osteoarthritis (KOA), Echo Intensity (EI), Meniscal Extrusion, Pain, Motor Function

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

膝关节炎(KOA)是一种全球高发的慢性退行性关节疾病,其主要特点为导致疼痛和关节功能障碍,严重影响日常生活和活动能力。据统计,全球65岁以上的人群KOA患病率高达20%~30%,且女性患病率显著高于男性(女性37.4%,男性8.7%) [1]。中国60岁以上的人群KOA患病率已达35.8% [1],患者年均医疗费用约8600元,其中间接损失(如劳动力下降)占总负担的42% [2]。在临床中,超过70%的患者表现为膝关节内侧受累 [2],疼痛作为KOA最主要的致残因素 [1],严重时 can 导致残疾甚至提前退休,而美国每年用于KOA的医疗支出超1850亿美元,即使接受膝关节置换术,术后仍约15%患者疼痛未得到明显缓解 [3],表明了该疾病诊疗的迫切性与复杂性 [4]。

临床上,X线平片常作为KOA的常规诊断手段,但大量研究证实,X线所示的放射学异常与KOA临床疼痛及功能障碍的关联性较弱 [2] [5] [6]。比如,部分X线平片显示关节间隙显著狭窄的患者可能并

无剧烈疼痛及运动障碍,而一些影像学表现轻微的患者却诉有严重的功能受限[5],这表明X线平片难以作为评估KOA临床严重程度与运动功能的可靠指标。因此寻找能够精确客观反映患者临床疼痛及运动功能的影像学指标具有重要意义[7][8]。

超声作为一种无创、快速、便携且无辐射的影像学技术,具有成本低廉、可动态观察关节结构变化的优势[9],其对KOA关节周围部分结构异常的评估可靠性已得到证实[9][10],现已逐渐成为KOA诊断与治疗引导的重要手段。超声能够清晰显示软骨厚度、半月板突出程度、关节周围神经及软组织的结构改变,而这些结构参数均可能与KOA的疼痛产生及运动功能下降密切相关。研究表明半月板突出会导致关节负荷分布异常,与KOA的进展和疼痛密切相关[11][12]。近年来针对膝关节疼痛的神经阻滞及射频消融术成为康复领域的热点,其中膝内上神经和膝内下神经是支配膝关节内侧囊的核心感觉支[13][14]。虽然已有研究证实超声引导下对这两条神经的介入治疗效果良好[4][15][16],但关于神经周围组织结构的超声定量参数与KOA患者临床症状及运动功能之间的相关性研究仍较少见。

2. 方法

2.1. 研究对象

本研究共纳入50名2025年1月至2025年6月就诊于青岛大学附属医院,符合美国风湿病学会和欧洲抗风湿联盟制定的KOA诊断标准的KOA患者。青岛大学附属医院伦理委员会批准了本研究,所有患者在参与研究前均签署了知情同意书。纳入标准为膝关节疼痛时间大于3个月、VAS评分 ≥ 5 分、近1个月内未接受膝骨关节炎相关治疗、年龄 < 80 岁的患者。排除有由其他潜在风湿性或骨科疾病引起的继发性骨关节炎、膝关节手术史、精神障碍及严重基础疾病的患者。

纳入时收集患者的人口统计学资料和临床数据。采用VAS和WOMAC的疼痛亚量表评估膝关节疼痛,采用WOMAC的僵硬和功能亚量表评估日常生活能力,起立行走测试以及5米步行测试用于评估患者的运动功能。

2.2. 超声检查技术

超声检查均使用B型超声成像系统(VINNO,中国),搭配线性阵列探头(8~12 MHz)完成采集工作。

2.2.1. 半月板突出程度、SMGN、IMGN周围组织EI的测量

患者仰卧位,膝关节充分伸展。将探头放置在膝关节内侧间隙冠状面上检测内侧半月板[17]。在超声下,半月板表现为膝关节股骨和胫骨之间的连续高回声三角形结构[9][18]。随后将探头向近端平移至内收肌结节平面,此时可清晰探及膝内上神经——该神经走行于内收肌结节顶点前方1 cm处的骨皮质表面,且与膝内上动脉伴行[4][19][20]。于膝内上神经超声切面的上方水平,完成回声强度的测定操作。再将超声探头向远端移动,矢状位置于股骨内上髁,可见内侧副韧带。将超声探头远端置于胫骨内侧上髁下方内侧副韧带的胫骨止点水平,在胫骨内侧上髁顶点与胫骨内侧副韧带起始纤维之间的中点处可见膝内下神经,与膝内下动脉伴行[4][19]。最后,在膝内下神经超声切面的上方水平,完成回声强度的检测工作。

回声强度(echo intensity, EI)的定义为:超声波入射至目标感兴趣区(region of interest, ROI)组织结构后,反射回接收探头的声波能量幅值,该参数可通过超声图像单像素灰度密度的定量分析实现精准测算。筋膜以胶原蛋白与弹性纤维为主要构成成分,在超声影像中表现为高亮度的线状强回声;其周围毗邻的肌肉、脂肪等软组织则表现为低回声的暗区影像特征。本研究采用ImageJ图像处理软件(版本1.54f)完成感兴趣区EI值的检测工作。操作过程中,采用多边形工具勾勒最大范围的感兴趣区,划定标准为最大限

度覆盖筋膜组织，同时严格避开骨骼、肌肉等非目标组织的干扰。将超声图像灰度值界定于 0 (纯黑)至 255 (纯白)的标准区间内，依托软件内置的标准灰度直方图分析模块，最终计算获得该区域的平均回声强度值。

2.2.2. 软骨测量

患者仰卧位，膝关节保持最大屈曲角度，将超声探头水平置于髌骨边缘处进行扫查。超声影像中可清晰显示一条无回声的曲线形结构，即膝关节软骨组织。在正常膝关节中，该软骨的两层边缘均呈现为边界锐利、走行连续且形态规整的低回声带。

软骨厚度的具体测量方式为：标定滑膜间隙与软骨交界面的纤细高回声线，以及软骨与骨组织交界面的高回声线，测量两条高回声线之间的垂直距离[21][22]。测量过程中在超声图像上随机选取 3 个不同位点进行检测，最终以 3 个测量数值的算术平均值作为该样本软骨厚度的最终结果[9][23]。

2.3. KOA 患者功能评定指标

2.3.1. 起立行走测试(Timed Up and Go Test, TUG)

该测试是一项综合评估患者移动能力、平衡功能与步态稳定性的临床测试。测试方法：患者端坐于标准座椅，身体靠在椅背，双手放在扶手上。嘱患者听令后站起，以自然步态行走 3 米距离，转身返回并再次坐下。记录患者背离开椅背到再次坐下背靠回椅背的时间，测 3 次，取平均值，每次测试中间休息 1 分钟，允许先练习一次，观察受试者有无身体不稳定、步态异常、体能不足等。正常成年人完成时间通常 <10 秒；耗时延长多见于下肢肌力不足、平衡功能障碍或关节活动受限的患者。

2.3.2. 5 米步行测试(5-Meter Walk Test, 5MWT)

该测试主要用于反映日常行走功能的实际水平。测试场地需设置 5 米直线行走距离，患者以舒适步行速度或最大步行速度完成全程，记录行走时间并计算步行速度(m/s)。该指标可直观体现下肢关节疼痛、肌力减退或活动受限对行走功能的影响。

2.3.3. 视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)

VAS 是一种常用的疼痛评估工具，它通过一条直线或曲线来表示疼痛程度。直线的两端分别代表“完全无痛”(0 分)和“能想象到的最剧烈的疼痛”(10 分)，患者根据自身疼痛程度在线上标记相应的位置，从而量化疼痛程度。

2.3.4. 西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, WOMAC)

此评分量表从疼痛、僵硬和关节功能三大方面来评估膝关节的结构和功能，总共有 24 个项目，包含了整个骨关节炎的基本症状和体征。其中疼痛的部分有 5 个项目、僵硬的部分有 2 个项目、关节功能的部分有 17 个项目。受试者根据自身情况对每个条目进行等级评分，最终将各维度得分汇总，分数越高提示关节功能受损越严重，是骨关节炎临床研究与疗效评价的经典量表。

2.4. 统计学分析方法

本研究应用 SPSS27.0 统计软件进行数据统计分析。采用描述性统计数据记录患者的人口统计特征，对计量资料进行正态分布和方差齐性检验，符合正态分布且方差齐的计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。采用 Pearson 相关分析用于确定各超声参数与临床严重程度和运动功能之间的相关性。根据相关分析结果，进行回归分析，以具有显著相关性($r > 0.3$)的超声参数为自变量，测试结果为因变量，研究其是否具有因果关系。均以 $p < 0.05$ 作为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 患者一般资料

在排除超声图像模糊或临床数据缺失的患者后,共 50 名 KOA 患者被纳入。其中男性 17 名,女性 33 名,平均年龄(64.79 ± 9.73)岁,平均 BMI (26.45 ± 3.05) kg/m²。

3.2. 超声参数与临床严重程度和运动功能的相关性分析

Pearson 相关性分析结果显示,患者半月板突出程度、IMGN、SMGN 周围筋膜回声强度与 VAS 评分、WOMAC 疼痛亚量表、WOMAC 僵硬亚量表、5 米步行测试、起立行走测试均成正相关性(p 均 < 0.05)。如表 1、表 2 所示。

3.3. KOA 患者半月板突出程度、IMGN、SMGN 周围筋膜回声强度与 VAS、WOMAC、TUG、5MWT 的回归分析

根据 Pearson 相关分析结果,在控制了年龄、性别及 BMI 的基础上,以半月板突出程度、IMGN、SMGN 周围筋膜回声强度为自变量,VAS、WOMAC、TUG、5MWT 评分因变量进行线性回归分析。结果显示,在多因素矫正模型中,仅内侧半月板突出程度与 TUG ($B = 0.027$; 95%CI, 0.014 至 0.035; $p = 0.001$)、5MWT ($B = 0.019$; 95%CI, 0.001 至 0.033; $p = 0.030$)、VAS 评分($B = 0.006$; 95%CI, -0.015 至 0.026; $p = 0.049$)、WOMAC 疼痛亚量表($B = 0.015$; 95%CI, 0.003 至 0.024; $p = 0.012$)和 WOMAC 僵硬与功能亚量表($B = 0.013$; 95%CI, -0.001 至 0.027; $p = 0.033$)显著相关。而 SMGN 及 IMGN 周围筋膜的回声强度在多因素回归模型中均未表现出统计学意义($p > 0.05$),提示其并非独立于半月板突出等因素之外的影响因素。详见表 3、表 4。

Table 1. The correlation coefficients between the EI values of SMGN and IMGN, meniscus extrusion, cartilage thickness, and TUG, 5MWT ($n = 50$)

表 1. KOA 患者 SMGN、IMGN 的 EI 值、半月板突出和软骨厚度与 TUG、5MWT 之间的相关系数($n = 50$)

	TUG	5MWT
SMGN EI	0.524*	0.379*
IMGN EI	0.426*	0.343*
软骨厚度	0.251	0.188
MME	0.336*	0.451*

注: SMGN, 膝内上神经; IMGN, 膝内下神经; MME, 内侧半月板突出; TUG, 起立行走测试; 5MWT, 5 米步行测试; * $p < 0.05$ 。

Table 2. The correlation coefficients between the EI values of SMGN and IMGN, meniscus extrusion, cartilage thickness, and VAS, WOMAC ($n = 50$)

表 2. 患者 SMGN、IMGN 的 EI 值、半月板突出和软骨厚度与 VAS、WOMAC 之间的相关系数($n = 50$)

	VAS	WOMAC 疼痛	WOMAC 僵硬与功能
SMGN EI	0.476*	0.363*	0.468*
IMGN EI	0.565*	0.469*	0.289*
软骨厚度	0.124	0.227	0.196
MME	0.291*	0.387*	0.273*

注: SMGN, 膝内上神经; IMGN, 膝内下神经; MME, 内侧半月板突出; * $p < 0.05$ 。

Table 3. The relationship between the echogenicity (EI) of SMGN and IMGN, meniscus extrusion, and the TUG and 5MWT scores (n = 50)**表 3.** SMGN、IMGN 回声强度、半月板突出与 TUG、5MWT 评分的关系(n = 50)

	B	95%CI	β	p-value
起立行走测试				
SMGN EI	-0.004	【-0.031, 0.025】	-0.067	0.742
IMGN EI	0.004	【-0.014, 0.024】	0.09	0.563
MME	0.027*	【0.014, 0.035】	0.672	0.001
5 米步行测试				
SMGN EI	0.003	【-0.013, 0.024】	0.147	0.503
IMGN EI	-0.002	【-0.021, 0.013】	-0.054	0.754
MME	0.019*	【0.001, 0.033】	0.49	0.030

注：SMGN，膝内上神经；IMGN，膝内下神经；MME，内侧半月板突出；* $p < 0.05$ 。

Table 4. The relationship between the echogenicity (EI) of SMGN and IMGN, meniscus extrusion, and the VAS and WOMAC scores (n = 50)**表 4.** SMGN、IMGN 回声强度半月板突出与 VAS、WOMAC 评分的关系(n = 50)

	B	95%CI	β	p-value
VAS				
SMGN EI	0.023	【0.016, 0.042】	0.38	0.616
IMGN EI	-0.005	【0.018, 0.009】	-0.031	0.389
MME	0.006*	【-0.015, 0.026】	0.151	0.049
WOMAC 疼痛				
SMGN EI	0.008	【0.002, 0.018】	0.31	0.49
IMGN EI	-0.009	【-0.019, 0.025】	0.281	0.071
MME	0.015*	【0.003, 0.024】	0.412	0.012
WOMAC 僵硬与功能				
SMGN EI	0.016	【0.004, 0.026】	0.272	0.08
IMGN EI	0.007	【0.001, 0.016】	0.037	0.36
MME	0.013*	【-0.001, 0.027】	0.399	0.033

注：SMGN，膝内上神经；IMGN，膝内下神经；MME，内侧半月板突出；* $p < 0.05$ 。

4. 讨论

本研究探讨了 KOA 患者膝关节超声结构参数与临床严重程度及运动功能的相关性。研究结果显示内侧半月板突出程度及 SMGN、IMGN 周围组织的回声强度与患者的临床严重程度及运动功能具有显著相关性，而软骨厚度与临床表现的相关性并不显著。

本研究结果表明内侧半月板突出程度与 VAS 评分、WOMAC 各项评分级运动功能评分均呈正相关。半月板的主要生理功能是分散关节负荷和稳定关节[9]。内侧半月板突出导致半月板失去了部分负荷的能力，加重了内侧间室的压力，进一步加剧了软骨损伤，导致关节不稳定[11][24]。同时，有研究表明内侧半月板周围的神经(如 SMGN、IMGN)受到牵拉，进而引起疼痛。还有一些研究表明，超声图像中检测到的内侧半月板突出是预测放射学 KOA 发生发展的关键指标[18]。本研究结果表明内侧半月板突出不仅是

病理改变,也直接影响患者的运动功能。这可能是因为半月板突出导致关节力学结构失衡,诱发了更剧烈的负重痛,从而限制了患者的步行速度与平衡能力[12][25]。

本研究的创新之处在于引入了 SMGN 和 IMGN 周围组织回声强度作为评估指标。结果显示,在单因素分析中 SMGN 和 IMGN 的回声强度值与 VAS、WOMAC 疼痛评分、运动功能评分显著正相关。EI 值在超声图像中反映了感兴趣区内脂肪和纤维组织的分布[26]。当神经周围组织受到慢性炎症或纤维化时,胶原蛋白含量增加,在超声下表现为高回声,即 EI 值升高[27]。SMGN 和 IMGN 是支配膝关节囊内侧区域的主要感觉神经[13][14]。既往研究已表明通过射频消融 SMGN、IMGN 来缓解疼痛[15][28]。本研究结果表明,神经周围筋膜或软组织的结构改变可能导致神经受压或产生机械敏化,在临床上表现为 VAS 评分升高及更差的运动功能。这说明 SMGN 及 IMGN 周围组织回声强度可以作为评估 KOA 临床严重程度的新指标。然而,在回归分析中纳入年龄、性别及 BMI 作为控制变量后,SMGN 和 IMGN 周围组织的 EI 值失去了统计学显著性。该结果可能是因为 BMI 升高会通过增加超声波的衰减和散射,进而影响图像的灰度密度测算,从而干扰 EI 值的客观性[26]。这可能意味着神经周围的病理改变与半月板突出等结构损伤具有高度共线性,或者其对疼痛和运动功能的影响在很大程度上与半月板突出程度有关。

本研究中髌上软骨厚度与临床严重程度及运动功能指标均未表现出显著相关性。这一结果支持了临床上常见的“症状与影像学表现不一致”的现象[2]。虽然软骨磨损是 KOA 的主要病理改变,但由于软骨本身缺乏神经支配,其损伤不会直接导致疼痛[6],疼痛往往更多地源于滑膜炎、软骨下骨改变以及本研究关注的神经周围组织病变[1][29]。因此,单凭软骨厚度难以全面反映患者的临床严重程度及运动功能情况。

5. 展望及不足

本研究存在以下局限性:① 样本量相对较小且来源单一。本研究仅纳入了 50 例来自单一中心的 KOA 患者,这可能限制了研究结果的普遍适用性[2][5]。② 研究设计为横断面研究。仅探讨了某一时间点超声结构参数与症状的相关性,无法确立因果关系,也没有对病情治疗干预。③ 本研究重点关注了膝内侧的神经和结构,未对膝关节外侧结构及膝外上神经等进行全面评估[30][31]。展望:本研究对临床决策具有指导作用。未来的研究可以进一步探讨 SMGN 和 IMGN 周围组织的回声强度是否可以作为预测膝神经射频消融术疗效的影像学指标[16][32]。并且对于神经周围 EI 值显著升高的患者,筋膜松解治疗可能具有显著的疗效[28]。

6. 结论

本研究通过 ImageJ 软件对神经周围 EI 值进行定量分析,增强了评估的客观性。超声不仅能观察到软骨等组织改变,还能捕捉到半月板突出和神经周围筋膜回声异常等软组织改变,这些改变往往与患者的日常功能(TUG、5MWT)密切相关。未来对于 KOA 疼痛的干预方法可针对于 SMGN、INGM 周围筋膜组织的处理。

声明

本研究获得青岛大学附属医院伦理委员会批准(审批号:QYFY WZLL 30978),患者均签署知情同意书。

参考文献

- [1] Felson, D.T. (2005) The Sources of Pain in Knee Osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology*, 17, 624-628. <https://doi.org/10.1097/01.bor.0000172800.49120.97>

- [2] Bedson, J. and Croft, P.R. (2008) The Discordance between Clinical and Radiographic Knee Osteoarthritis: A Systematic Search and Summary of the Literature. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **9**, Article No. 116. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-9-116>
- [3] Mora, J.C., Przkora, R. and Cruz-Almeida, Y. (2018) Knee Osteoarthritis: Pathophysiology and Current Treatment Modalities. *Journal of Pain Research*, **11**, 2189-2196. <https://doi.org/10.2147/jpr.s154002>
- [4] Vanneste, B., Tomlinson, J., Desmet, M. and Krol, A. (2019) Feasibility of an Ultrasound-Guided Approach to Radiofrequency Ablation of the Superolateral, Superomedial and Inferomedial Genicular Nerves: A Cadaveric Study. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **44**, 966-970. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100381>
- [5] Son, K.M., Hong, J.I., Kim, D., Jang, D., Crema, M.D. and Kim, H.A. (2020) Absence of Pain in Subjects with Advanced Radiographic Knee Osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **21**, Article No. 640. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03647-x>
- [6] Finan, P.H., Buenaver, L.F., Bounds, S.C., Hussain, S., Park, R.J., Haque, U.J., et al. (2013) Discordance between Pain and Radiographic Severity in Knee Osteoarthritis: Findings from Quantitative Sensory Testing of Central Sensitization. *Arthritis & Rheumatism*, **65**, 363-372. <https://doi.org/10.1002/art.34646>
- [7] Roemer, F.W., Guermazi, A., Demehri, S., Wirth, W. and Kijowski, R. (2022) Imaging in Osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, **30**, 913-934. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.04.018>
- [8] Kornaat, P.R., Bloem, J.L., Ceulemans, R.Y.T., Riyazi, N., Rosendaal, F.R., Nelissen, R.G., et al. (2006) Osteoarthritis of the Knee: Association between Clinical Features and MR Imaging Findings. *Radiology*, **239**, 811-817. <https://doi.org/10.1148/radiol.2393050253>
- [9] Liu, B., Xu, H., Zhang, R., Han, L., Li, Y. and Sun, X. (2023) An Update on Clinical Utility of Musculoskeletal Ultrasonography in Knee Osteoarthritis. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **42**, 1413-1422. <https://doi.org/10.1002/jum.16176>
- [10] Bevers, K., Zweers, M.C., Bijlsma, J.W.J., et al. (2012) Ultrasonographic Analysis in Knee Osteoarthritis: Evaluation of Inter-Observer Reliability. *Clinical and Experimental Rheumatology*, **30**, 673-678.
- [11] Ghouri, A., Muzumdar, S., Barr, A.J., Robinson, E., Murdoch, C., Kingsbury, S.R., et al. (2022) The Relationship between Meniscal Pathologies, Cartilage Loss, Joint Replacement and Pain in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Osteoarthritis and Cartilage*, **30**, 1287-1327. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2022.08.002>
- [12] Kim, H.A., Kim, I., Song, Y.W., Kim, D.H., Niu, J., Guermazi, A., et al. (2011) The Association between Meniscal and Cruciate Ligament Damage and Knee Pain in Community Residents. *Osteoarthritis and Cartilage*, **19**, 1422-1428. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2011.09.002>
- [13] Tran, J., Peng, P.W.H., Lam, K., Baig, E., Agur, A.M.R. and Gofeld, M. (2018) Anatomical Study of the Innervation of Anterior Knee Joint Capsule: Implication for Image-Guided Intervention. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, **43**, 407-414. <https://doi.org/10.1097/aap.0000000000000778>
- [14] Fonkoué, L., Behets, C., Kouassi, J.K., Coyette, M., Detrembleur, C., Thienpont, E., et al. (2019) Distribution of Sensory Nerves Supplying the Knee Joint Capsule and Implications for Genicular Blockade and Radiofrequency Ablation: An Anatomical Study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **41**, 1461-1471. <https://doi.org/10.1007/s00276-019-02291-y>
- [15] Kesikburun, D.S. (2016) Ultrasound-Guided Genicular Nerve Pulsed Radiofrequency Treatment for Painful Knee Osteoarthritis: A Preliminary Report. *Pain Physician*, **5**, E751-E759. <https://doi.org/10.36076/ppj.2019.19.e751>
- [16] Chou, S., Shen, P., Lu, C., Liu, Z., Tien, Y., Huang, P., et al. (2021) Comparison of Efficacy among Three Radiofrequency Ablation Techniques for Treating Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article 7424. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147424>
- [17] Bruyn, G.A., Naredo, E., Damjanov, N., Bachta, A., Baudoin, P., Hammer, H.B., et al. (2016) An OMERACT Reliability Exercise of Inflammatory and Structural Abnormalities in Patients with Knee Osteoarthritis Using Ultrasound Assessment. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **75**, 842-846. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2014-206774>
- [18] Chiba, D., Sasaki, E., Ota, S., Maeda, S., Sugiyama, D., Nakaji, S., et al. (2020) US Detection of Medial Meniscus Extrusion Can Predict the Risk of Developing Radiographic Knee Osteoarthritis: A 5-Year Cohort Study. *European Radiology*, **30**, 3996-4004. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06749-1>
- [19] Kesikburun, D.S. (2015) Accuracy of Ultrasound-Guided Genicular Nerve Block: A Cadaveric Study. *Pain Physician*, **5**, E899-E904. <https://doi.org/10.36076/ppj.2015/18/e899>
- [20] Lin, C., Chang, K., Wu, W. and Özçakar, L. (2020) Ultrasound-Guided Peripheral Nerve Stimulation for Knee Pain: A Mini-Review of the Neuroanatomy and the Evidence from Clinical Studies. *Pain Medicine*, **21**, S56-S63. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz318>
- [21] Kandemirli, G.C., Basaran, M., Kandemirli, S. and Inceoglu, L.A. (2020) Assessment of Knee Osteoarthritis by Ultrasonography and Its Association with Knee Pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, **33**, 711-717. <https://doi.org/10.3233/bmr-191504>

- [22] Yoon, C.H., Kim, H.S., Ju, J.H., *et al.* (2008) Validity of the Sonographic Longitudinal Sagittal Image for Assessment of the Cartilage Thickness in the Knee Osteoarthritis. *Clinical Rheumatology*, **27**, 1507-1516. <https://doi.org/10.1007/s10067-008-0956-3>
- [23] Maeguchi, K., Ito, H., Morita, Y., Furu, M., Fujii, T., Azukizawa, M., *et al.* (2018) How Precisely Does Ultrasonographic Evaluation Reflect the Histological Status of the Articular Cartilage of the Knee Joint? *Journal of Orthopaedics*, **15**, 636-640. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.05.046>
- [24] Antony, B., Driban, J.B., Price, L.L., Lo, G.H., Ward, R.J., Nevitt, M., *et al.* (2017) The Relationship between Meniscal Pathology and Osteoarthritis Depends on the Type of Meniscal Damage Visible on Magnetic Resonance Images: Data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis and Cartilage*, **25**, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2016.08.004>
- [25] Sowers, M., Karvonen-Gutierrez, C.A., Jacobson, J.A., Jiang, Y. and Yosef, M. (2011) Associations of Anatomical Measures from MRI with Radiographically Defined Knee Osteoarthritis Score, Pain, and Physical Functioning. *Journal of Bone and Joint Surgery*, **93**, 241-251. <https://doi.org/10.2106/jbjs.i.00667>
- [26] Yang, C., Li, Y., Sucharit, W., Eungpinichpong, W. and Huang, X. (2024) Effects of Percussive Massage Therapy on Fascia Echo Intensity and Fascia Thickness in Firefighters with Chronic Non-Specific Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, **24**, Article No. 390. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04687-9>
- [27] Boussouar, A., Meziane, F. and Crofts, G. (2017) Plantar Fascia Segmentation and Thickness Estimation in Ultrasound Images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, **56**, 60-73. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2017.02.001>
- [28] Santana Pineda, M.M., Vanlinthout, L.E., Moreno Martín, A., van Zundert, J., Rodriguez Huertas, F. and Novalbos Ruiz, J.P. (2017) Analgesic Effect and Functional Improvement Caused by Radiofrequency Treatment of Genicular Nerves in Patients with Advanced Osteoarthritis of the Knee until 1 Year Following Treatment. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, **42**, 62-68. <https://doi.org/10.1097/aap.0000000000000510>
- [29] Dainese, P., Wyngaert, K.V., De Mits, S., Wittoek, R., Van Ginckel, A. and Calders, P. (2022) Association between Knee Inflammation and Knee Pain in Patients with Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Osteoarthritis and Cartilage*, **30**, 516-534. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.12.003>
- [30] Hunter, D.J., Guermazi, A., Roemer, F., Zhang, Y. and Neogi, T. (2013) Structural Correlates of Pain in Joints with Osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, **21**, 1170-1178. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2013.05.017>
- [31] Kim, J., Kim, J.Y., Shin, H.Y., Sim, S.E., Chung, S., Jeon, Y., *et al.* (2023) Investigation of the Existence of and a Block Technique for the Inferior Lateral Genicular Nerve: Cadaveric Study. *The Korean Journal of Pain*, **36**, 328-334. <https://doi.org/10.3344/kjp.23112>
- [32] Davis, T., Loudermilk, E., DePalma, M., Hunter, C., Lindley, D., Patel, N., *et al.* (2018) Prospective, Multicenter, Randomized, Crossover Clinical Trial Comparing the Safety and Effectiveness of Cooled Radiofrequency Ablation with Corticosteroid Injection in the Management of Knee Pain from Osteoarthritis. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, **43**, 84-91. <https://doi.org/10.1097/aap.0000000000000690>