

红外成像在膝骨关节炎诊疗中的应用

李俊^{1,2} 曹勇^{1,2} 杨天翔¹ 马涛¹ 尚赫^{1,2} 陈德胜¹ (通讯作者)

1.宁夏回族自治区人民医院(宁夏医科大学附属医院)骨科,宁夏 银川 750002

2.宁夏医科大学第三临床医学院,宁夏 银川 750004

摘要: 膝骨关节炎(KOA)是一种关节退行性改变疾病,在中老年人群中是很常见的慢性疼痛性疾病。其不仅可以导致关节疼痛、畸形及功能退变,而且还可增加下肢深静脉血栓、心脑血管等疾病的发生。红外成像技术是一种利用红外线来探测和成像的技术,其在KOA的诊疗应用日益广泛。本文将对红外成像在KOA诊断、疗效评定及个性化治疗方案制定等方面进行综述。

关键词: 膝骨关节炎; 红外成像; 诊疗; 个性化治疗

膝骨关节炎(KOA)是一种常见的慢性疼痛性关节疾病,其表现为关节软骨损害,并累及滑膜、韧带、软骨下骨及周围骨组织^[1]。随着我国人口老龄化的加剧,KOA的发病率也随之增加,对人们的生活和经济造成一定的负担。红外成像技术是一种基于探测目标物体发射的红外辐射来获取图像的技术,其在医学领域的应用日益广泛,主要得益于其能够提供人体温度分布的直观图像,这对于疾病的早期诊断、疗效评估以及研究具有重要价值。本文主要从红外成像在KOA的诊断、疗效评定以及在个性化治疗方案制定等方面的应用进行综述,以期床诊疗提供新思路。

1 膝骨关节炎诊断现状

KOA的传统诊断方法主要包括临床症状评估、体格检查和影像学检查,KOA的典型表现为膝关节疼痛、肿胀、关节畸形以及关节活动时骨摩擦音等。早期KOA主要表现为间断性疼痛,以关节间隙疼痛为主,活动后加重,休息后缓解。晚期随着病情加重,会出现静息痛及夜间痛以及晨起出现关节活动受限,但持续时间往往小于30分钟。X线检查作为OA明确临床诊断的“金标准”,是首选的影像学检查。在X线片上KOA的三大典型表现为:受累关节非对称性关节间隙变窄,软骨下骨硬化和(或)囊性变,关节边缘骨赘形成^[2]。但早期X线常为阴性,偶见髌骨上下缘小骨刺增生。CT与MRI多用于鉴别诊断,虽然MRI有一定的早期诊断价值,常表现为关节软骨变薄、关节积液、骨髓水肿等病理改变,但KOA的早期诊断仍缺乏“金标准”。

2 红外成像技术

红外成像技术(Infrared Imaging Technology, IRT)是

一种利用红外辐射进行成像的方法^[3]。该技术基于物体表面温度分布的差异,通过高灵敏度的红外探测器捕捉物体发射的红外辐射,并将这些辐射转换为电信号,最终形成图像。这种图像被称为热图或红外图,能够直观地显示物体表面的温度分布情况。

红外成像的原理是通过高灵敏度检测和测量物体表面不同点的热辐射水平,当物体温度越高时,发出的红外辐射越强^[4]。故可通过分析这些辐射的强度及分布,推断出物体温度的分布,进而判断相应物体区域的状态及功能。其具有(1)毫秒范围内的快速准确测量,便于捕捉移动目标,(2)非接触程序,允许测量危险或物理上无法接近的物体,(3)无干扰,不会从目标损失能量,(4)没有污染风险,(5)对物体表面没有机械效应等优点。使得红外成像越来越受到人们的关注,在医学中,红外成像越来越多地用于器官诊断、运动损伤评估和治疗进展、疾病评估等方面。

3 红外成像在KOA诊疗中的应用

3.1 KOA诊断与筛查

KOA的形成是慢性的,具有致残性的,而在早期对其诊断,进行干预是尤为重要的,但是对KOA的早期诊断缺乏有效的检查手段。红外热成像技术属功能影像学检查,其利用有限温度探头接收人体预定区域辐射出的红外线,通过计算机处理成直观地温度彩色图像,再根据相关区域的状态分析,进而对疾病进行诊断及评估。因该技术为无创、灵敏、先进的红外成像仪器可分辨0.01℃的温度变化,不需直接接触,且受外界干扰较小,又有“绿色检查”之称,在发生器质性病变前可提示潜在的病理变化,因此在KOA诊断中受到广泛关注。

人体是恒温的,即自我产生和调节生存所必须的温度

水平,当机体发生巨大变化、处于亚健康或疾病状态,机体产热和散热平衡就会被打破^[5]。KOA 在多种致病因素影响下,使膝关节滑膜、软骨、软骨下骨发生免疫反应,炎症因子可使膝关节局部血管扩张、血流增加,从而使得膝关节局部皮肤温度升高。即使是轻微的退行性变化也会导致体温升高(Kellgren-Lawrence 分级 1 级),而更严重的疾病则会导致体温降低(Kellgren-Lawrence 分级 2-4 级),更严重的关节表面温度下降可能是由伴随疾病引起的。例如,Ammer 报道了雷诺现象、腕管综合征或胸廓出口综合征患者受影响手指的温度较低。有研究表明 KOA 慢性进展期,红外热成像图呈现以膝关节为中心的温度升高,较健康膝升高 0.3 ~ 1.5℃,而全身却无异常表现。根据 De Marziani 等人的研究^[6],红外热成像能够显示 KOA 患者关节区域的温度升高,这与患者的疼痛特征和人口统计学特征相关。该研究发现,全膝平均温度为 31.9±1.6℃,与年龄呈负相关,与 BMI 和 IKDC 客观评分呈正相关。

综上所述红外成像为一种可靠、简单、廉价、无创和无辐射的技术,在骨关节炎的诊疗中具有独特的应用价值,能够提供其他影像学技术无法提供的信息,有助于提高骨关节炎的诊断和治疗效果评估。但值得注意的是,使用的相机质量、环境温度、关节与相机之间的距离、测量角度、血流的可变性以及确定测量温度的兴趣区域等因素必须仔细考虑,以确保采集的数据更可靠。

3.2 疗效评定与监测

目前对于 KOA 的疗效评定,主要通过患者的主观感受,膝关节的活动度等评定的,因人的个体感受不同,故没有相对标准的评定手段^[7]。近年来,随着红外成像技术的发展,其在膝骨关节炎(KOA)疗效评估中的可行性已经得到了广泛的研究和临床验证。研究表明,红外成像技术能够敏感地检测到 KOA 患者膝关节的温度变化,这些变化与关节炎症和疼痛程度密切相关。

膝关节置换术后,假体周围感染可能是毁灭性的,这通常导致翻修手术和这些患者的不良预后,MSIS(肌肉骨骼感染学会)标准目前被认为是诊断的金标准,包括侵入性检查和组织病理学等检查。Romano 等人研究了 70 例患者,其中 36 例因感染而计划翻修,34 例因其他种植体相关问题在初次手术 1 年后进行翻修。感染患者患膝与正常膝关节平均差 1.9℃,无菌情况下仅 0.3℃^[8]。而使用红外成像获得无并发症膝关节置换术后正常伤口愈合的生理热成像模式的参考值。将这些数据与 15 例假体周围感染患者的数据进行比较。发现在正常患者中,平均温差

(MDT)在 90 天逐渐降至零。感染患者的 MDT 在 1.1-2.5℃之间,红外成像可准确显示手术部位的愈合情况,升高的 MDT 可用于间接诊断感染。

上述研究表明,红外成像成像是可监测假体周围感染并将其与无菌性失败区分开来的一种前瞻性工具总的来说,红外成像可以在早期阶段发现感染^[9]。此外,红外成像技术运用于评定中医药及中医技术对 KOA 疗效的研究颇多。一项研究探讨了红外热成像技术在电火针联合刺络放血治疗 KOA 疗效评价中的应用价值,结果表明,治疗后患者膝关节温度的下降与疼痛 VAS 评分的降低和相关炎症因子的降低均具有统计学意义^[10]。另一项研究^[11]通过对 120 例膝骨关节炎患者使用中医药治疗后,用红外成像技术比较患者治疗前后膝关节红外热成像低温区直径与疼痛评分(VAS)、WOMAC 骨关节炎指数评分(WOMAC),发现治疗后的 VAS 评分、WOMAC 评分降低与膝骨关节红外热成像低温区直径缩小有统计学意义,进一步证实了红外成像技术在 KOA 疗效评估中的可行性和准确性。

综上所述,红外成像技术以其无创、实时、动态监测的特点,在 KOA 疗效评估中显示出了显著的应用潜力。随着技术的进一步发展和应用研究的深入,红外成像技术有望成为 KOA 疗效评估的重要工具。

3.3 个性化治疗方案的制定

KOA 患者在红外成像上呈现出来的膝关节温度图像因病因不同,而温度高低也不同。在《中医病证诊断疗效标准》中关于 KOA 的辨证分型分为三型:肝肾亏虚型、阳虚寒凝型、瘀血阻滞型^[12]。阳虚寒凝型患者的膝关节温度往往较高,因这类患者大都体型肥胖,而肥胖称为 KOA 进展的重要危险因素,体重增加可导致炎症加重,而炎症通常会出现发热的临床体征,就会使得膝关节温度较高。肝肾亏虚证的膝关节的温度低于其他两证型,根据中医基础理论,认为肾虚则肾气不足,机体气血运行较差。而瘀血阻滞证患者的穴位温度并没有表现出规律性,可能因为瘀血病机复杂有关。针对不同的 KOA 辨证分型,运用对应的治疗方法,则治疗效果明显不同^[13]此外,对于温度较高的患者,医生可以选择更为积极的抗炎治疗,而对于温度较低的患者,则可以考虑温热疗法等。这种个性化的治疗策略不仅提高了治疗的针对性,也增强了患者的治疗依从性。

4 总结

红外成像技术的优势在于其非侵入性、实时动态监测能力以及成本效益。与 X 线、CT 和 MRI 等结构影像评估技术相比,红外成像能够提供关节组织的功能性信息,如

血流变化和代谢活动,这对于早期诊断和疾病监测至关重要。但也存在一些局限和挑战,红外成像技术的结果可能受到环境温度、湿度等因素的影响,这要求在控制的环境中进行检测,以确保结果的准确性和可重复性。此外,红外成像技术在膝骨关节炎诊疗中缺乏统一的技术标准化和临床应用指南,这限制了其在临床实践中的广泛应用。未来的研究需要解决这些问题,以充分发挥红外成像技术在膝骨关节炎诊疗中的潜力。

参考文献:

- [1]林星瑾,欧建林,谢文浩,等.不同严重程度的双侧膝骨关节炎患者步态及足底压力分析[J].康复学报,2023,33(5):436-441.
- [2]中国骨关节炎诊疗指南专家组,中国老年保健协会疼痛病学分会,黄东,等.中国骨关节炎诊疗指南(2024版)[J].中华疼痛学杂志,2024,20(03):323-338.
- [3]Nosrati Z, Bergamo M, Rodríguez-Rodríguez C, Saatchi K, Hafeli UO. Refinement and validation of infrared thermal imaging (IRT): a non-invasive technique to measure disease activity in a mouse model of rheumatoid arthritis. *Arthritis Res Ther*. 2020;22(1):281.
- [4]Mota-Rojas D, Olmos-Hernández A, Verduzco-Mendoza A, et al. Infrared thermal imaging associated with pain in laboratory animals. *Exp Anim*. 2021;70(1):1-12.
- [5]黄凤媛,徐桂兴,黄柳杨,等.膝关节骨关节炎中医证型与穴位体表温度的相关性研究[J].中华中医药杂志,2023,38(09):4396-4400.
- [6]De Marziani L, Boffa A, Angelelli L, et al. Infrared Thermography in Symptomatic Knee Osteoarthritis: Joint Temperature Varies According to Patients and Pain Features. *J Clin Med*. 2023;12(6):3219.
- [7]尚赫,杨天翔,马涛,等.足底压力分析在膝关节骨关节炎诊疗中的应用[J].国际骨科学杂志,2024,45(06):388-391.
- [8]Kumar P, Gaurav A, Rajnish RK, et al. Applications of thermal imaging with infrared thermography in Orthopaedics[J]. *J Clin Orthop Trauma*,2021;24:101722.
- [9]Li Q, Xiao S, Ge X, et al. Temperature-Activated Near-Infrared-II Fluorescence and SERS Dynamic-Reversible Probes for Long-Term Assessment of Osteoarthritis In Vivo[J]. *Angew Chem Int Ed Engl*, 2024,63(35):e202408792.
- [10]李志宏,范红兵,吴媚.基于红外热成像技术探讨电火针联合刺络放血治疗膝骨关节炎的疗效[J].辽宁中医药大学学报,2024,26(10):180-183.
- [11]周婧,吴家顺.黄附姜贴敷治疗膝骨关节炎(寒湿证)的临床研究[J].湖北中医药大学学报,2024,26(01):87-89.
- [12]赵国桢,宗星煜,赵学尧,等.《中医病证诊断与疗效评价规范制修订通则》解读[J].中国中医基础医学杂志,2024,30(08):1294-1297.
- [13]马开好,苟凌云,陈淋,等.红外热像技术辅助下探讨中药薰药治疗风寒湿痹型膝骨关节炎的临床研究[J].中医临床研究,2024,16(07):66-71.

作者简介:李俊(1999-),男,2023级在读硕士,研究方向:骨科。通讯作者:陈德胜(1972-),男,博士,教授,主任医师,博士/硕士研究生导师,研究方向:骨关节病诊治与研究。

基金项目:2024年自治区重点科技成果转化项目(2024CJE09046)、宁夏回族自治区人民医院宁夏临床医学研究所开放课题(2023KFZD01)、国家自然科学基金地区项目(82060408)、宁夏科技厅重点研发项目(2021BEG03049)、宁夏留学人员创新创业团队项目(NRS2021-5)。