

# 超短波治疗在骨关节炎疼痛管理中的作用机制与临床疗效分析

马晓娜 黄琪 杨俊霞\*

中国人民解放军联勤保障部队临潼康复疗养中心 陕西 西安 710600

**摘要:** 骨关节炎 (Osteoarthritis, OA) 是一种以关节软骨退变、骨质增生和滑膜炎为特征的慢性退行性关节病, 其核心症状是持续性或间歇性的关节疼痛, 严重影响患者的生活质量。在非药物治疗体系中, 物理因子疗法因其安全性高、副作用少而备受关注。超短波治疗 (Ultra-Short Wave Therapy, USWT) 作为一种经典的高频电疗法, 凭借其独特的热效应与非热效应, 在OA疼痛管理中展现出显著的临床价值。本文旨在系统综述超短波治疗的作用机制, 包括其对炎症反应、血液循环、组织修复及神经传导的影响, 并通过整合近年来的临床随机对照试验 (RCTs) 和系统评价, 全面分析其在缓解OA疼痛、改善关节功能方面的临床疗效。以期为临床实践提供科学依据和参考。

**关键词:** 超短波治疗; 骨关节炎; 疼痛管理; 作用机制; 临床疗效; 物理治疗

## 引言

骨关节炎 (OA) 是全球最常见的关节疾病, 患病率随年龄增长显著上升。其病理过程复杂, 涵盖关节软骨磨损、软骨下骨硬化与囊变、骨赘形成及滑膜慢性炎症。疼痛由炎症介质、机械应力异常、神经敏化等因素驱动, 是患者就医主因和治疗效果核心指标。传统OA治疗包括生活方式干预 (减重、运动)、药物治疗 (如非甾体抗炎药NSAIDs、关节腔注射) 及终末期外科手术。但长期用NSAIDs可能引发胃肠道、心血管和肾脏等严重不良反应; 关节腔注射有感染风险且效果不持久; 手术创伤大、费用高<sup>[1]</sup>。因此, 安全有效的非药物干预手段成研究热点。物理因子疗法作为非药物治疗重要部分, 在OA综合管理中不可或缺。超短波治疗 (USWT) 利用30-300MHz高频电磁波作用于人体, 凭借生物物理效应深入关节深部组织, 从源头干预病理生理过程。虽USWT临床应用多年, 但其具体作用机制和确切疗效, 仍需更深入、系统的梳理与论证。

## 1 超短波治疗的基本原理与生物学效应

超短波治疗仪通过内置的电容场或电缆电极, 将高频交变电磁场导入人体。当电磁波穿过生物组织时, 主要产生两种效应: 热效应和非热效应 (或称振荡效应)。

### 1.1 热效应

在连续输出模式下, 高频电磁场使组织内的带电离子 (如Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>) 和极性分子 (主要是水分子) 高速振荡、相互摩擦, 从而将电磁能转化为热能。这种由内而外产生的“内生热”具有鲜明的特点。首先, 它能够实现深部加热, 其穿透能力远胜于红外线等浅表热疗

方式, 可以直接作用于肌肉、关节囊、滑膜乃至软骨下骨等深部病变组织<sup>[2]</sup>。其次, 这种加热具有选择性, 含水量高的组织 (如肌肉、血液) 比含水量低的组织 (如脂肪、骨骼) 吸收更多能量, 产热更为显著, 这使得血流丰富的区域能得到更有效的温热刺激, 从而为后续的生理效应奠定基础。

### 1.2 非热效应

在脉冲输出模式下, 由于平均功率较低, 组织温升通常不明显 (一般低于1℃), 此时发挥主导作用的是非热效应。非热效应并非由温度变化介导, 而是指高频电磁场本身对生物体产生的直接物理化学影响。这种效应能够作用于细胞膜层面, 改变其通透性和电位, 进而影响细胞内外的离子交换、酶的活性以及复杂的细胞内信号转导通路。正是这种微妙而深刻的非热效应, 被认为是超短波治疗发挥抗炎、促进组织修复等关键生物学作用的核心机制, 使其超越了传统热疗的范畴, 成为一种具有特定生物调节功能的物理干预手段。

## 2 超短波治疗缓解骨关节炎疼痛的作用机制

超短波治疗通过多靶点、多层次的生物学效应, 协同作用于OA疼痛的多个环节。

### 2.1 抑制炎症反应与调节免疫

骨关节炎早已被证实并非单纯的“磨损”性疾病, 滑膜的慢性低度炎症在其病理进展中扮演着核心驱动角色。活化的滑膜细胞会持续释放大量促炎因子, 如白细胞介素-1β (IL-1β)、肿瘤坏死因子-α (TNF-α)、前列腺素E2 (PGE2) 以及基质金属蛋白酶 (MMPs)。这些物质不仅直接刺激关节内的伤害性感受器引发疼痛,

还会加速软骨基质的分解代谢,形成恶性循环。研究表明,超短波治疗能有效干预这一炎症级联反应。无论是动物模型还是体外细胞实验均证实,特定参数的超短波照射能够显著下调滑膜组织和关节液中IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 和PGE2等关键促炎因子的表达水平<sup>[3]</sup>。与此同时,它还能促进抗炎因子如白细胞介素-10(IL-10)的分泌,从而重塑关节内部的炎症微环境,使其从促炎状态向抗炎状态转变。此外,超短波的非热效应还能增强细胞溶酶体膜的稳定性,减少组织蛋白酶等破坏性水解酶的泄漏,为脆弱的软骨基质提供一层额外的保护屏障。

## 2.2 改善局部微循环与代谢

骨关节炎病变关节常伴有局部微循环障碍,导致组织处于相对缺氧状态,同时乳酸等代谢废物堆积,这些因素不仅直接刺激神经末梢引发疼痛,还会进一步加剧局部炎症反应,形成“缺氧-炎症-疼痛”的恶性循环。超短波治疗的热效应在此环节发挥着关键作用。通过直接加热组织以及激活血管舒张反射,超短波能显著扩张病变区域的毛细血管和小动脉,从而大幅增加局部血流量<sup>[4]</sup>。这种改善的血液循环带来了双重益处:一方面,它能更高效地将氧气和营养物质输送到受损组织,为其修复提供必要的原料;另一方面,它能加速清除积聚的炎症介质、致痛物质(如缓激肽、5-羟色胺)以及代谢废物,有效打破上述恶性循环,为关节创造一个更有利于恢复的内环境。

## 2.3 促进组织修复与再生

尽管成熟的关节软骨因缺乏血管和神经而自我修复能力极为有限,但超短波治疗对关节周围支持组织的修复作用同样不可忽视。关节囊、韧带以及滑膜等结构的健康对于维持关节稳定性和功能至关重要。研究发现,超短波治疗能够刺激成纤维细胞的增殖活性,并促进其合成胶原蛋白,这对于修复因慢性炎症和机械应力而受损的关节囊和韧带具有积极意义。更有前沿研究表明,特定强度和模式的超短波可能通过调节软骨细胞的代谢活性,减缓其凋亡进程,并在一定程度上促进细胞外基质(如II型胶原和蛋白聚糖)的合成。虽然这种对软骨本身的直接修复作用尚需更多证据支持,但它无疑为延缓OA的结构进展提供了新的思路和潜在的保护机制。

## 2.4 调节神经兴奋性与镇痛

疼痛的最终感知依赖于完整的神经信号传导通路。超短波治疗能够从多个层面干扰这一过程,从而发挥直接的镇痛作用。其热效应能够提高局部组织的痛阈,降低感觉神经末梢对化学刺激物(如炎症介质)和机械刺激的敏感性。同时,高频电磁场本身可能通过影响神经

细胞膜上的离子通道,干扰负责传导慢痛的C纤维的动作电位产生和传导速度。从神经生理学角度看,温热刺激作为一种良性的、非伤害性的感觉输入,可以激活传导触觉的粗纤维(A $\beta$ 纤维),根据“闸门控制理论”,这种输入能够在脊髓背角水平关闭传递痛觉的“闸门”,从而抑制痛觉信号向大脑皮层的上传。此外,骨关节炎患者常因疼痛而出现关节周围肌肉的保护性痉挛,这种痉挛反过来又会压迫神经、限制关节活动并加剧疼痛。超短波的热效应能有效放松紧张的肌肉,解除痉挛,从而间接但显著地减轻疼痛,改善关节活动度。

## 3 超短波治疗的临床疗效分析

近年来,大量高质量的临床研究为USWT在OA治疗中的有效性提供了有力证据。

### 3.1 对膝关节关节炎(KOA)的疗效

膝关节作为骨关节炎最常累及的部位,相关临床研究也最为丰富和深入。多项设计严谨的随机对照试验(RCTs)一致表明,接受规范超短波治疗(通常疗程为10至15次,每次15至20分钟)的膝关节炎患者,其疼痛程度得到显著缓解。无论是采用视觉模拟评分(VAS)还是西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)的疼痛子评分进行评估,治疗组的评分下降幅度均显著优于接受假治疗或仅接受常规护理的对照组。值得注意的是,这种镇痛效果往往在单次治疗后即有初步显现,并在完成一个完整疗程后达到高峰,且其疗效能在治疗结束后维持数周之久<sup>[5]</sup>。除了疼痛的缓解,患者的关节僵硬感和日常活动能力(如行走距离、上下楼梯的便利性)也得到同步改善,体现在WOMAC总分和Lequesne指数等综合性功能评估工具上的显著进步。更值得强调的是,当超短波治疗与运动疗法、手法治疗或其他物理因子(如中频电疗)联合应用时,其整体疗效通常优于任何单一疗法。这种协同效应的逻辑在于,超短波先行可以有效控制急性炎症和疼痛、放松肌肉,为后续进行的功能锻炼创造一个无痛或低痛的“康复窗口”,从而使患者能够更积极、更有效地参与到主动康复训练中。

### 3.2 对其他部位骨关节炎的疗效

尽管研究数量不及膝关节,但超短波治疗在髋关节、手部关节等其他部位骨关节炎的治疗中同样显示出积极的临床效果。特别是对于髋关节骨关节炎,由于其解剖位置深在,许多浅表物理疗法难以企及,而超短波凭借其卓越的深部穿透能力,使其成为该部位物理治疗的理想选择。临床观察和部分研究发现,规范的超短波治疗能有效缓解髋部深在性、钝痛性质的疼痛,改善患

者的步态和行走耐力,显著提升生活质量。

### 3.3 与常用疗法的比较

为了更好地定位超短波治疗在OA综合管理中的地位,研究者们将其与其他常用疗法进行了比较。一项纳入120例膝骨关节炎患者的随机对照试验,将超短波治疗与口服塞来昔布(一种选择性COX-2抑制剂)进行了为期四周的疗效对比。结果显示,在治疗结束时,两组患者在疼痛缓解和关节功能改善方面的效果并无统计学上的显著差异<sup>[6]</sup>。然而,超短波治疗组的不良反应发生率,尤其是胃肠道不适等药物相关副作用,显著低于药物治疗组,凸显了其在安全性方面的巨大优势。与其他物理因子疗法相比,超短波也展现出独特价值。例如,相较于主要用于阻断痛觉传导的经皮神经电刺激(TENS),超短波对深部组织的炎症控制和关节僵硬的改善作用更为突出;而与单纯热敷相比,超短波不仅穿透更深,其特有的非热生物效应也使其疗效更为持久和全面。

### 3.4 安全性与耐受性

超短波治疗的整体安全性极高,这也是其在临床得以广泛应用的重要原因之一。在规范操作的前提下,绝大多数患者在整个治疗过程中仅能感受到一种舒适、温和的深部温热感,几乎不会产生任何不适。其不良反应极为罕见,主要风险源于对禁忌症的忽视。明确的禁忌症包括治疗区域附近存在金属植入物(可能因涡流效应导致局部过热)、恶性肿瘤(理论上可能促进肿瘤生长)、活动性出血倾向、严重的心肺功能不全、体内佩戴有心脏起搏器(电磁干扰风险)以及孕妇的腰腹部区域<sup>[7]</sup>。只要临床医师和治疗师严格遵守操作规程,仔细筛查禁忌症,超短波治疗便是一种非常安全且患者依从性良好的非药物干预手段。

## 4 结语

超短波治疗作为一种历史悠久且不断发展的物理因

子疗法,在骨关节炎疼痛管理中具有坚实的理论基础和明确的临床价值。其通过抑制炎症、改善循环、促进修复和调节神经等多重机制,有效缓解OA患者的疼痛症状,改善关节功能,且安全性高、耐受性好。在临床实践中,应将其置于综合康复的框架下,与其他非药物干预措施协同应用,并根据患者的具体情况选择合适的治疗参数。随着对其作用机制认识的深入和治疗技术的不断优化,超短波治疗有望在骨关节炎的精准化、个体化管理中发挥更加重要的作用,为全球数以亿计的OA患者带来福音。

### 参考文献

- [1]张政,蒙兴文,郭以川,等.超短波治疗膝骨关节炎的综述[J].按摩与康复医学,2021,12(08):17-19+22.
- [2]李标,赵行,杨凯,等.超短波疗法结合股四头肌训练对膝骨关节炎合并滑膜炎的影响[J].医药论坛杂志,2025,46(03):264-268.
- [3]夏降元.正清风痛宁三联序贯疗法联合超短波治疗仪治疗膝骨关节炎患者的效果研究[J].大医生,2025,10(18):11-14.
- [4]潘伟汉,颜显毅,曹兴泽,等.HeNe激光联合超短波治疗对慢性膝骨关节炎患者的效果[J].中外医学研究,2024,22(02):41-44.
- [5]谢冰,肖乐,刘超,等.Mulligan动态关节松动术联合超短波及针灸治疗膝骨关节炎的临床疗效观察[J].中国康复,2023,38(11):679-682.
- [6]应昀峰,姜波,倪康裕,等.超短波联合复方苦参注射液治疗膝骨关节炎的疗效观察[J].浙江医学,2023,45(04):395-398.
- [7]韩高超.手法推拿联合超短波疗法治疗膝骨关节炎患者的效果[J].中国民康医学,2022,34(05):110-112.