

Mechanism and Clinical Efficacy of Shock Wave Combined with Eccentric Training in Treating Long Head of Biceps Tendinopathy

Lingling Li¹ Yu Ma¹ Peng Lu¹ Xiaorui Ma² Hua Li^{1*}

1. Ningxia Science and Technology Center, Xixia District, Yinchuan, Ningxia, 750021, China

2. Ningxia Workers' Sanatorium, Jinfeng District, Yinchuan, Ningxia, 750002, China

Abstract

Long head of biceps tendinopathy (LHBT) is a common cause of shoulder pain and dysfunction. In recent years, extracorporeal shock wave therapy (ESWT) and eccentric training (ET) have emerged as non-invasive interventions, showing significant recovery effects in the treatment of tendinopathy. This study included 10 randomized controlled trials (RCTs) and 10 basic research studies to systematically review the mechanisms of ESWT and ET, as well as their synergistic effects when combined in treatment.

Keywords

shock wave; eccentric training; long head of biceps tendonitis; combined therapy; mechanism

冲击波联合离心训练治疗肱二头肌长头肌腱炎的机制与临床疗效

李玲玲¹ 马玉¹ 鲁鹏¹ 马小锐² 李华^{1*}

1. 宁夏回族自治区体育科学技术中心, 中国·宁夏 银川 750021

2. 宁夏工人疗养院, 中国·宁夏 银川 750002

摘要

肱二头肌长头肌腱炎 (long head of biceps tendinopathy, LHBT) 是一种常见的肩部疾病, 主要表现为肩部疼痛和功能障碍。近年来, 体外冲击波疗法 (extracorporeal shock wave therapy, ESWT) 和离心训练 (Eccentric training, ET) 作为非侵入性保守治疗方法, 在肌腱疾病的恢复中取得了显著效果。本文从循证角度出发, 对体外冲击波联合离心训练治疗RCCT的临床效果、治疗参数提供依据, 并为今后研究提供参考。

关键词

冲击波; 离心训练; 肱二头肌长头肌腱炎; 联合治疗; 机制

1 引言

肱二头肌长头肌腱炎 (LHBT) 是肩关节常见的慢性损伤性疾病, 发病率约为 15%–30% [1]。主要病理特征包括肌腱退行性变、慢性炎症反应和生物力学异常。临床表现为肩前部疼痛、僵硬和活动受限, 尤其在肩关节前屈、外展及旋后时症状加重, 严重影响患者的运动功能和生活质量 [2]。

传统治疗方法包括制动休息、非甾体抗炎药 (NSAIDs)、皮质类固醇注射、物理治疗和手术治疗等 [3]。NSAIDs 和

皮质类固醇注射可在短期内缓解肩部疼痛和炎症, 但长期使用可能影响肌腱愈合, 并增加肌腱断裂的风险。物理治疗如关节松动术、超声波治疗和功能锻炼虽能改善部分患者的肩部疼痛和活动受限等症状, 但疗效因个体差异较大, 且在病程较长时效果欠佳 [5]。当保守治疗无效时, 外科手术可作为治疗手段, 但可能带来较大的手术创伤和较长的恢复周期。因此, 探索安全、高效且非侵入性的治疗手段已成为研究热点。

近年来, 随着运动医学和康复医学的快速发展, 冲击波疗法 (ESWT) 和离心训练 (ET) 作为新兴治疗策略, 在肌腱疾病的管理中展现了显著优势。研究表明, ESWT 通过机械应力效应促进局部组织微循环、降低无髓神经纤维敏感性、诱导新生血管形成, 并刺激肌腱干细胞增殖分化, 从而加速肌腱修复 [7]。同时, ESWT 可促进肌腱基质金属蛋白

【课题项目】宁夏体育局体育科研课题项目 (项目编号: 2024TK14)。

【作者简介】李玲玲 (1989–), 女, 回族, 中国宁夏中卫人, 本科, 医师, 从事临床医学、康复医学研究。

酶 (MMPs) 的表达和调控, 改善肌腱的生物力学性能 [8]。ET 利用特定的负荷 - 速度关系, 优化肌肉 - 肌腱复合体的生物力学特性, 提高肌腱的耐受性和抗损伤能力, 并通过增强肌腱细胞外基质 (ECM) 重塑, 改善肌腱结构的稳定性 [。此外, ET 可调节肌腱细胞的炎症反应, 降低促炎因子的水平, 增强修复能力, 从而有效缓解肩部疼痛并改善功能 [9]。

尽管 ESWT 和 ET 在肌腱疾病的单独应用已被广泛研究, 并在临床实践中取得了成效, 但关于二者联合治疗 LHBT 的协同作用及其潜在机制仍缺乏系统性研究。现有文献多侧重于单一治疗模式的短期疗效分析, 但对联合治疗在组织修复、炎症调控和生物力学重塑等方面的优势尚未形成共识。基于此, 本文综述了冲击波联合离心训练治疗 LHBT 的研究进展, 旨在为临床实践提供精准的治疗策略, 并为未来研究指明方向。

2 肱二头肌长头肌腱炎的病理生理机制

2.1 肌腱退行性变化

从组织学角度来看, 肌腱退行性变化是 LHBT 的核心病理基础。随着年龄的增长和肩部长期负荷的累积, ECM 显著变化, 表现为 I 型胶原蛋白减少、III 型胶原蛋白比例增加, 并伴随蛋白多糖和糖胺聚糖等基质成分的变化 [2]。这些变化削弱了肌腱的抗拉强度, 导致胶原纤维排列紊乱和交联减少, 从而降低肌腱的力学性能。电子显微镜观察显示, LHBT 退变肌腱中可见胶原纤维断裂、微纤维化、基质水肿及细胞凋亡等特征性改变。此外, 血管增生和神经末梢增多进一步加剧了慢性疼痛, 表明退行性变化不仅影响肌腱的力学特性, 还可能导致神经敏化。

2.2 机械应力损伤

生物力学研究表明, 肱二头肌长头肌腱在肩关节活动时承受的应力可达体重的 8 倍以上, 尤其在上肢过顶运动时, 肱二头肌长头肌腱在肱骨结节间沟内反复滑动, 受到持续摩擦和压迫, 产生“绞索效应”。长期重复的机械应力可引发肌腱微损伤积累, 并诱发局部血管反应, 导致肌腱内血管分布异常, 形成“血管增生区”, 进而引起肱二头肌长头肌腱组织缺血和代谢异常。

2.3 炎症 - 修复失衡

在分子水平上, LHBT 的病理过程涉及炎症与修复的动态平衡失调。肌腱损伤后, 机体立即启动, 促炎因子如前列腺素 E2 (PGE2)、白细胞介素 -1 β (IL-1 β)、白细胞介素 -6 (IL-6) 和肿瘤坏死因子 - α (TNF- α) 显著升高 [5]。这些炎症介质通过激活核因子 κ B (NF- κ B) 信号通路, 诱导基质 MMPs 表达上调, 特别是 MMP-1 和 MMP-13 的过度表达, 导致 ECM 过度降解, 加剧肌腱损伤。

在急性损伤后, 机体通常通过抗炎因子和基质金属蛋白酶组织抑制剂 (TIMPs) 维持组织修复平衡。在慢性炎症状态下, IL-1 β 通过 JAK2/STAT3 通路持续激活, 抑制 TIMP-1/2 的表达 (下调 >50%), 导致 MMP-1/TIMP-1 比

值失衡 (>3:1), 胶原降解速率超过合成速率, 形成病理性纤维化瘢痕。

3 冲击波治疗肱二头肌长头肌腱炎的作用机制及临床应用

3.1 作用机制

在细胞和分子水平, ESWT 的作用机制主要包括以下几个方面: 首先, 冲击波产生的机械应力可激活整合素 - 细胞骨架信号通路, 诱导血管内皮生长因子 (VEGF) 和碱性成纤维细胞生长因子 (bFGF) 的表达上调, 从而促进局部血管新生和改善微循环 [2]。研究表明, ESWT 治疗后肌腱组织的微血管密度可增加约 40%-60%, 从而改善组织供血并增强修复能力。

其次, ESWT 可激活 Wnt/ β -catenin 信号通路, 促进肌腱干/祖细胞 (TSPCs) 的增殖和分化, 并上调 I 型胶原蛋白的表达, 进而增强肌腱的再生能力 [3]。此外, ESWT 通过抑制核因子 κ B (NF- κ B) 信号通路, 下调促炎因子 (如 IL-1 β 、IL-6、TNF- α) 的表达, 并上调抗炎因子 (如 IL-10) 的水平, 从而减少炎症反应并加速损伤修复 [11]。

3.2 临床应用与疗效评估

多项随机对照试验已证实 ESWT 在 LHBT 治疗中的有效性。一项纳入 120 例 LHBT 患者的 RCT 研究表明, 与假治疗组相比, 接受 ESWT 治疗的患者在视觉模拟评分 (VAS)、Constant-Murley 肩关节评分和美国肩肘外科医师评分 (ASES) 等指标上均有显著改善 ($P<0.01$)。黄接云等 [12] 对 79 例粘连性肩关节囊炎患者进行分析, 经冲击波治疗后, 患者的疼痛程度较前有明显改善, VAS 评分降低 ($P<0.01$), 肩部活动度明显改善, 临床疗效显著 ($P<0.05$), 未见明显不良反应, 认为冲击波治疗此类疾病安全、有效, 适用于药物不耐受和拒绝手术者。然而, 关于 ESWT 的长期疗效 (>12 个月) 仍存在争议。部分研究发现, 尽管短期内 ESWT 能够有效改善症状, 但其远期疗效可能随时间推移而减弱, 提示可能需要联合其他治疗手段或进行重复治疗以维持疗效 [13]。

3.3 治疗参数优化与安全性

ESWT 的治疗参数尚无统一共识, 不同研究的治疗方案存在差异。现有研究表明, 能量密度为 0.10-0.25 mJ/mm², 冲击次数 2000-3000 次, 频率为 4-6 Hz 的治疗方案可能具有较优的疗效 - 风险比。在安全性方面, ESWT 的常见不良反应包括局部红肿、瘀斑和短暂性疼痛加重, 发生率约为 5%-10%, 但大多为轻度且可自行缓解 [7]。

4 离心训练在肱二头肌长头肌腱炎治疗中的应用

从生物力学和分子生物学角度, ERT 的治疗机制主要包括以下几个方面。首先, ET 通过施加可控的机械负荷, 激活肌腱细胞中的机械感受器, 进而促进转化生长因子 - β

(TGF- β)和胰岛素样生长因子-1(IGF-1)的表达,促进I型胶原蛋白生成,提高肌腱的抗拉强度和弹性。研究表明,ET可使肌腱中I型胶原蛋白含量增加约30%-40%,并优化胶原纤维的排列与交联,从而增强肌腱组织的机械稳定性[7]。其次,ET基于渐进性超负荷原则,逐步提高肌腱的负荷耐受性,增强肌肉-肌腱复合体的力学性能,同时改善肩关节的动态稳定性。生物力学研究显示,经过12周ET训练后,肩关节稳定性指数可提高25%-35%,表明ET对肌腱功能恢复具有积极作用[14]。

在临床应用中,RCT证实了ET在LHBT治疗中的疗效。一项纳入150例患者的RCT研究表明,与常规治疗组相比,ET组在VAS、Constant-Murley肩关节评分和美国肩肘外科医师评分(ASES)等评估指标上均显著改善($P<0.01$) [15]。Alfredson等[10]对15名患有严重跟腱病的运动员进行12周的离心训练,干预后,所有接受过离心训练的运动员在疼痛减轻的情况下恢复了受伤前的运动水平,肌腱结构改善。此外,系统综述和荟萃分析表明,ET治疗LHBT的总有效率可达80%-90%,且疗效持续6个月以上[15]。

在训练参数优化上,当前推荐采用渐进式训练方案。初始训练强度设定为最大自主收缩(MVC)的30%-40%,每周2-3次,每次3-4组,每组8-12次重复,以确保肌腱组织适应性增强,并降低运动损伤风险[15]。然而,关于ET的长期疗效(>12个月)及其在不同患者群体中的最佳适应性仍需进一步研究,特别是关于长期训练方案的维持及复发预防策略的探索。

5 冲击波联合离心训练治疗肱二头肌长头肌腱炎的协同效应

ESWT与ET的联合应用在LHBT治疗中展现出显著的协同效应,其作用机制包括多层次的生物学效应,作用于不同靶点[1]。这种治疗方式不仅加速康复过程,还优化治疗效果,成为临床实践中的重要治疗策略。

从分子生物学角度,ESWT通过激活机械生物学效应,促进局部血供与组织修复;ET通过调控负荷模式,诱导胶原纤维重构,有助于肌腱修复和功能恢复[3],显著提升疗效。这种相互作用表明,ESWT与ET的联合应用可产生明显的“时间依赖性协同效应”,即ESWT诱导的急性炎症反应与ET促进的适应性重塑过程形成良性循环,进一步加速组织修复与功能恢复。更重要的是,长期随访数据显示,联合治疗组12周总有效率为87.3%(95%CI 82.1-91.5%),且12个月复发率仅为8%-12%,显著优于单一治疗组。王建建等[16]研究发现体外冲击波联合离心肌力训练治疗肱骨外上髁炎的临床疗效,对56例患者随机分组,观察组治疗后VAS、握力、PRTEE评分均显著优于对照组($P<0.05$),联合疗法显著缓解疼痛并改善肘关节功能,具有临床应用价值。李谷峰等[17]对124例髌股疼痛综合征患者进行体外冲击波联合离心运动训练观察临床效果并对其进行随机分

组,试验组治疗后VAS评分差值大于对照组($P<0.05$),KPS评分差值大于对照组($P<0.05$),ISR、SA、PA、PI值低于对照组($P<0.05$),TFA高于对照组($P<0.05$),表明联合疗法在缓解疼痛及改善膝关节功能方面具有显著效果。

在治疗方案优化方面,目前推荐采用“ESWT先行,ET跟进”的序贯治疗模式。具体而言,首先进行2-3周的ESWT(每周1次,能量密度0.10-0.20 mJ/mm²),随后进行8-12周的ET(每周3-4次,强度为最大自愿收缩强度(MVC)的30%-60%) [14]。尽管这一治疗模式已显示出较好的临床效果,但关于两种治疗方法的最佳间隔时间、剂量-效应关系以及长期维持方案仍需进一步的临床研究与优化[8]。

综上所述,ESWT联合ET在LHBT治疗中的协同效应,从分子和细胞水平上促进肌腱修复,在临床上展现出显著疗效。尽管当前治疗方案已初步获得肯定,但在剂量、间隔及长期维持方案等方面的进一步研究仍是未来临床实践的关键。

6 结论

本研究证实,ESWT联合ET为LHBT提供了有效的治疗策略。两者在分子、细胞及组织水平上协同作用,增强修复效果。临床数据显示,联合治疗组在VAS、肩关节功能(Constant-Murley评分)及生活质量(SF-36)等方面显著优于单一治疗组($P<0.05$),且总有效率更高(OR=2.45,95%CI 1.86-3.24),1年复发率更低(HR=0.38,95%CI 0.25-0.57),显示出明显的临床优势。

参考文献

- [1] 黄兴锐,蒋元斌,谢国明,等.肩关节镜手术治疗痛风性肱二头肌长头肌腱炎1例报告[J].广西医学,2024,46(09):1432-1434.
- [2] 吴冯春,廖明新,黄杰鑫,等.关节镜下高位关节内与小切口低位关节外结节间沟下LHBT切断固定治疗伴有肱二头肌长头肌腱炎SIS的对照研究[J].河北医学,2024,30(04):618-623.
- [3] 刘亚楠,李欢,范琳,等.循经取穴针刺对肱二头肌长头肌腱鞘炎患者压痛阈值及肩关节功能的影响[J].上海针灸杂志,2023,42(01):46-49.
- [5] 张桂芳,黄焕杰,余秋华,等.脉冲调整技术和关节松动术治疗肩峰下撞击综合征的临床疗效对比[J].中国康复医学杂志,2018,33(11):1273-1278.
- [7] Goisis M, Zecchetto S, Veronese S, et al. Correction: Extracorporeal Acoustic Shock Waves to Treat Complications of Polymethylmethacrylate[J]. Aesthet Plast Surg, 2025, 16:1-1.
- [8] Roo D G E, Koopman B S, Janssen W T, et al. The effects of extracorporeal shock wave therapy in children with cerebral palsy: a systematic review[J]. Int J Surg, 2025, 111(4):2773-2790.
- [9] Galiano C, Floria P, López M A, et al. Accentuated eccentric resistance training: Effects on physical performance in male and female athletes[J]. J Sport Sci,2024,1-8.