

腰椎间盘突出症治疗手法的有限元研究现状

张人文¹ 莫灼锚¹ 唐树杰^{1△}

[关键词] 腰椎间盘突出症; 治疗手法; 有限元; 研究现状

[中图分类号] R681.5 [文献标志码] A [文章编号] 1005-0205(2018)01-0081-03

腰痛(Low Back Pain, LBP)是常见慢性疼痛,工业化国家中 70%~80% 的成年人受其影响^[1]。腰椎间盘突出症(Lumbar Disc Herniation, LDH)是腰痛常见病因,多数可经保守治疗缓解或痊愈^[2]。中医手法是重要的保守治疗措施,疗效为许多临床研究证实^[3-5],但其基础研究薄弱,传统实验技术对手法作用下腰椎结构产生的位移、应力等指标难以进行确切分析。有限元技术由 Turner^[6]提出,它可以数字化形式模拟腰椎形态结构、材料性能、载荷与边界条件,观察任一参数改变对整个腰椎力学的影响,并可重复加载、任意测试,具有传统实验方法无法比拟的优势,因而广泛用于腰椎生物力学研究^[7]。近二十多年,中医学研究者开始应用有限元技术,对斜扳手法、坐位腰椎定点旋转手法、拔伸按压手法等手法进行模拟与力学分析。笔者查阅腰椎间盘突出症治疗手法有限元研究的相关文献,围绕具体手法,对这一领域的研究现状进行综述,对今后研究方向提出展望。

1 斜扳手法

斜扳手法是中医治疗腰椎间盘突出症的传统手法,众多报道证实其效果明显^[8,9]。中医学研究者已经应用有限元技术分析该手法的作用机制、安全性、优化措施与禁忌症等问题。

毕胜等^[10,11]最早应用有限元技术对该手法进行分析,他分别应用腰椎有限元模型与人体腰椎标本模拟斜扳手法,发现斜扳手法可调整神经根管容积,松动上、下关节突,使椎间盘与神经根之间产生相对位移,认为该手法作用机制在于松解神经根管和小关节的粘连,减轻突出椎间盘对神经根的压迫,而非髓核回纳;同时发现手法作用时腰椎小关节最大应力小于 14

MPa,小于关节软骨出现骨折的应力范围,表明斜扳手法的安全性。徐海涛等^[12]应用健康青年男性腰椎 CT 资料,建立 L_{4~5} 三维有限元模型模拟腰椎斜扳手法,发现手法作用下椎间盘后缘未明显产生回缩应力,因此认为手法不能使突出髓核回纳;发现腰椎后部结构承受的应力大于椎间盘,表明该手法安全、不会导致椎间盘损伤。在斜扳手法作用机制与安全性方面,二项研究的观点一致。

斜扳手法的有限元研究已经涉及手法优化与禁忌症问题。斜扳手法在临床治疗中通常左右各操作一次,但是两侧操作的力学作用差异并不清楚,徐海涛等^[12]对此问题进行探讨,发现右侧斜扳手法作用下,椎间盘右侧向后扭转应力使其右侧后部向后移位,可能加重右侧神经根受压从而使临床症状加剧,因而认为在椎间盘突出的一侧进行手法操作更为有效和安全。同时,由于椎间盘后缘在斜扳手法过程中产生向后移位,加剧椎管狭窄,因而认为腰椎管狭窄症患者应慎用此手法。然而,临床多项研究表明斜扳手法治疗腰椎管狭窄症取得较好疗效且未发现不良反应^[13,14],因此斜扳手法对腰椎管狭窄症患者的确切影响可能需更多有限元或临床研究予以证实。

目前,斜扳手法的有限元研究均使用正常腰椎模型进行模拟,但腰椎间盘突出症通常发生于退变腰椎,因而对退变模型进行分析更能表明手法的实际效应。叶淦湖等^[15]在正常 L_{4~5} 模型基础上,调整椎间盘材料属性建立退变腰椎模型,发现退变模型的小关节在前屈和旋转状态下承载应力较正常模型增加,因此认为对腰椎退变患者进行手法治疗时应注意力度控制。但是,腰椎退变涉及腰椎结构材料属性与外在形态的双重改变,上述研究的退变模型仅代表一种轻度退变状态,对于中度与重度退变状态下小关节的载荷状况有必要建立不同等级的腰椎退变模型进一步研究。

2 坐位腰椎定点旋转手法

坐位腰椎定点旋转手法由冯天有对民间推拿手法

基金项目:广东省自然科学基金项目(2016A030313076)

广州市科技计划项目(201607010252)

¹暨南大学中医学院(广州,510632)

[△]通信作者 E-mail:tsj697@163.com

进行改良后提出,广泛用于腰椎间盘突出症的治疗^[16]。近年,坐位腰椎定点旋转手法的有限元研究主要涉及手法规范、优化选择、作用机制以及退变对手法的干预影响等方面。

中医学研究者已经应用有限元技术,探讨该手法的操作规范与优化问题。王国林等^[17]模拟右侧坐位腰椎定点旋转手法,发现椎间盘应力集中分布于纤维环前外侧部,并且右后外侧部应力大于左后外侧部,手法过程中椎间孔随上位小关节的上移而增大,因此手法操作时向突出间盘的对侧旋转,可以降低加重突出的风险。徐海涛等^[18]同样认为手法操作时应向突出侧的对侧旋转;并且发现该手法可导致椎间盘后缘向后移位,有压迫神经根可能,腰椎前屈角度越大,椎间盘后移越大,因此手法操作时,腰椎前屈角度不宜过大^[19]。

同时,国内研究者应用退变模型对此手法进行模拟,探讨退变对手法操作的干预影响。徐海涛、李义凯等将正常有限元模型材料属性改为退变腰椎参数,建立退变腰椎模型,研究发现同样推拿力作用下,退变腰椎的变形和位移较大,因此对退变腰椎的手法要轻柔^[18]。但是,这一问题存在不同学术观点。陈金凤等^[20]通过调整椎间高度、终板曲度与椎间盘材料属性,建立正常、轻度退变与中度退变三种腰椎模型,分别模拟坐位腰椎定点旋转手法,发现退变模型椎间盘的应力与位移值小于正常模型,自正常模型至轻度与中度退变模型,位移值分别降低36%和59%,应力值降低22.3%和45.2%,表明在相同作用力下,腰椎退变可影响该手法的生物力学效应,因此对退变患者行手法治疗应适当增加作用力,这与徐海涛等^[18]观点不一致,因此腰椎退变对该手法作用的确切影响,需进一步研究予以明确。

关于坐位腰椎定点旋转手法作用机制问题,国内研究者已经应用有限元技术进行探讨,但是观点尚不一致。张慧^[21]研究发现,在手法过程中,关节突关节是高应力区域,上下关节软骨之间发生相对滑移,腰椎活动度加大,认为改善关节突关节活动度可能是其治疗机制。李义凯等^[22]认为该手法机制是使椎间盘与神经根之间产生相对位移,从而解除神经根粘连而缓解症状。胡华^[23]建立包括全腰椎、骨盆和股骨上段的有限元模型,模拟腰椎定点旋转手法,发现腰椎和椎间盘自上而下位移幅度逐渐减小,因而在相邻腰椎与相邻椎间盘之间必然存在一个相对位移和扭转,导致相关解剖结构位置关系的相对改变,从而使粘连得到松解,其观点与李义凯等研究者一致。

腰椎间盘突出症治疗手法众多,手法选择是临床重要问题。国内研究者应用有限元模型对坐位腰椎定点旋转手法与其他手法的生物力学效应进行对比研

究,为临床手法选择提供实验基础。毕胜等^[10]应用有限元模型分别模拟坐位腰椎定点旋转手法、斜扳手法与牵扳手法,发现三种手法作用下腰椎小关节应力、椎间盘与神经根之间位移以及纤维环位移均无明显差异,但是三种手法中,牵扳手法髓核内压最小,因而疗效可能更好,安全性更高。吴山等^[24]对比坐位腰椎定点旋转手法和直腰旋转手法作用下腰椎结构的应力和位移,发现两种手法作用时椎间盘的应力均集中于纤维环;直腰旋转手法作用时椎体及后部结构的应力主要集中于小关节,而腰椎定点旋转手法下应力则分布于椎体峡部、椎弓根侧隐窝及上位椎体小关节面的下端,但两手法应力峰值相差数10倍,这要求直腰旋转手法操作时需严格控制力度;两种手法造成的椎间盘最大位移分布也大致相同,但腰椎定点旋转手法产生的椎间盘后侧位移、小关节位移都较直腰旋转手法明显,因此腰椎定点旋转手法的生物力学效果优于直腰旋转手法。

3 拔伸按压手法

拔伸按压手法是宋贵杰教授创立的三步三位九法手法治疗腰椎间盘突出症操作之一^[25],临床研究表明其疗效确切,能有效缓解疼痛,恢复脊柱力学平衡^[26,27]。张晓刚、李延红、杨学锋等近年对拔伸按压手法的作用机制与力学特点进行有限元分析。

国内研究者应用有限元技术对该手法的最佳治疗体位进行探讨。李延红等^[28]应用有限元模型分别在腰椎前屈30°、后伸10°与水平位三种状态下模拟该手法,发现前屈30°位时椎间盘、髓核、纤维环的位移、应力与应变最大,因此是该手法治疗腰椎间突出症的最佳体位。杨学锋^[29]与张晓刚^[30]的研究得出同样结论。

关于手法作用机制,李延红^[28]与杨学锋^[29]观察到手法作用时,椎间盘后外侧发生0.5~1.0 mm位移,说明拔伸按压手法和斜扳手法、坐位腰椎定点旋转手法一样,可使突出物与神经根之间产生相对位移,从而减轻神经根压迫而缓解或消除症状。张晓刚等^[30]应用退变模型模拟拔伸按压手法并进行力学分析,其结论也认为该手法可能促进突出髓核与神经根之间发生相对位移或者发挥松解粘连作用;同时认为该手法对退变腰椎具有力学调衡作用,可改变椎间盘应力分布,增大椎管内空间,使神经根所受应力减小,从而改善临床症状。

4 其他手法

中医手法种类繁多,杠杆定位手法、踩跷法、三小定点整复手法也是腰椎间盘突出症常用治疗手法^[31,32],国内已经开展这些手法的有限元模拟与力学分析。

吕立江等^[33]观察杠杆定位手法在腰椎平卧、后

伸、后伸加力三种体位对 L_{4~5} 关节间隙的影响,发现在后伸加力位关节间隙最小;由于腰椎小关节的应力值在侧弯与旋转状态最大,在后伸与压缩状态最小,因此认为同侧弯与旋转类手法相比,杠杆定位手法对腰椎小关节稳定性影响更小,安全性更高。在另一项研究中,吕立江等^[34]首次应用包括肌肉的腰椎模型对杠杆定位手法进行模拟,与不包括肌肉的模型进行对比分析,发现有肌肉模型腰椎应力分布更加合理,更能准确反映各部分受力情况与形态学变化,认为手法研究中肌肉的影响不容忽视;同时发现手法作用下纤维环后缘发生向前位移,认为这是杠杆定位手法治疗腰椎间盘突出症,使突出椎间盘与神经根之间产生位移的主要机理。

李庆兵^[35]在不同工况下模拟踩跷法,发现该手法在周期 1.25 s、时长 20 s 工况下操作更安全、疗效更稳定,为最优时效参数,同时认为踩跷法作用机制在于增大腰椎曲度与增加神经根与椎间盘之间相对位移。张仁倩等^[36]建立 L_{4~5} 运动节段有限元模型,对三小定点整脊法进行模拟,发现手法作用下椎体位移与应力均大于椎间盘,因此认为手法作用机制并非使椎间盘回纳,而是改善腰椎力学平衡,从而减轻神经根压力,减轻压迫与刺激而达到治疗效果。

5 总结与展望

目前,有限元分析已广泛用于腰椎间盘突出症治疗手法的模拟研究,极大提高了手法治疗的基础研究水平,加深了临床医生对手法生物力学作用的理解。然而,在手法作用机制与手法力学作用特点等方面尚存较多争议^[37],需进一步研究予以明确;腰椎退变是腰椎间盘突出症常见现象,可影响腰椎应力和位移分布,进而影响手法疗效。虽然一些研究者已经创建不同等级的腰椎退变模型来分析腰椎生物力学^[38,39],但目前使用这类模型对手法进行分析的研究尚少;大部分手法有限元研究没有考虑肌肉的生物力学效应,但腰椎周围肌肉在腰椎生物力学中发挥重要作用^[34];多数研究者认为手法导致椎间盘与神经根之间产生位移,但少有研究针对神经根建模并开展相关力学分析。解决上述问题,对本领域有限元研究不断拓展与深化,才能进一步提高中医手法的基础研究水平。

参考文献

- [1] Zangrando F, Piccinini G, Tagliolini C, et al. The efficacy of a preparatory phase of a touch-based approach in treating chronic low back pain: a randomized controlled trial [J]. J Pain Res, 2017, 10: 941-949.
- [2] Delgado-López PD, Rodríguez-Salazar A, Martín-Alonso J, et al. Lumbar disc herniation: Natural history, role of physical examination, timing of surgery, treatment options and conflicts of interests [J]. Neurocirugia, 2017, 28(3):

- 124-134.
- [3] 杜红根,魏晖,蒋忠,等. 三种不同脊柱旋转手法治疗腰椎间盘突出症的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2016, 29(5): 444-448.
- [4] 马方全,李军,余建祥,等. 坐位定点旋转整复法治疗腰椎间盘突出症的疗效[J]. 陕西中医, 2016, 37(12): 1608-1610.
- [5] 赵犹太,朱先龙,李伟. 中医骨伤手法结合独活寄生汤加减治疗腰椎间盘突出症疗效观察[J]. 现代中西医结合杂志, 2017, 26(1): 57-59.
- [6] Turner MJ. Stiffness and deflection analysis of complex structures [J]. Journal of Aerosol Science, 1956, 23(9): 805-823.
- [7] Tang S. Comparison of posterior versus transforaminal lumbar interbody fusion using finite element analysis: influence on adjacent segmental degeneration[J]. Saudi Med J, 2015, 36(8): 993-996.
- [8] 薛惠兴. 双人定位斜扳法治疗腰椎间盘突出症临床研究[J]. 中医学报, 2017, 32(3): 477-479.
- [9] 陈长贤,曹旺烽,吴志强,等. 正骨推手手法治疗腰椎间盘突出症的临床研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(12): 23-28.
- [10] 毕胜,李义凯,赵卫东,等. 腰部推拿手法生物力学和有限元比较研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2002, 24(9): 16-19.
- [11] 毕胜,李义凯,赵卫东,等. 模拟腰部斜扳手法的生物力学研究[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(3): 323-324.
- [12] 徐海涛,李松,刘澜,等. 腰椎斜扳手法时椎间盘的有限元分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(13): 2335-2338.
- [13] 熊俊炜. 小针刀配合正骨手法治疗退行性腰椎管狭窄症的临床观察[D]. 北京:北京中医药大学, 2015.
- [14] 张文扬. 温肾通脉汤结合腰椎改良斜扳法治疗腰椎管狭窄症[J]. 光明中医, 2013, 28(12): 2552-2554.
- [15] 叶淦湖,张美超,李义凯. 模拟推拿时腰椎小关节有限元模型的生物力学分析[J]. 广州中医药大学学报, 2003, 20(3): 195-197.
- [16] 徐帮杰,杨楠,白伟杰,等. 坐位定点旋转整复法治疗腰椎间盘突出症的疗效观察[J]. 中医正骨, 2015, 27(11): 17-19.
- [17] 王国林. 坐位腰椎旋转手法时腰椎单元内在应力和位移的实时监测[J]. 中国骨伤, 2007, 20(3): 173-175.
- [18] 徐海涛,徐达传,张美超,等. 坐位旋转手法时 L_{4~5} 变形和位移的研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2008, 26(3): 321-324.
- [19] 徐海涛,张美超,徐达传,等. 三种前屈角度下坐位旋转手法对腰椎间盘作用的有限元分析[J]. 中国疗养医学, 2008, 17(2): 65-67.

- [20] Chen JF, Shu XN, Tang SJ, et al. Influence of lumbar disc degeneration on the efficacy of lumbar fixed-point rotation manipulation in sitting position: a finite element study[J]. Journal of Acupuncture and Tuina Science, 2016, 14(4): 295-299.
- [21] 张慧. 腰椎坐位旋转手法治疗非特异性下腰痛的临床疗效观察及腰椎有限元初步探讨[D]. 北京: 中国中医科学院, 2015.
- [22] 徐海涛, 徐达传, 李云贵, 等. 坐位旋转手法时退变腰椎间盘内在应力和位移的有限元分析[J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(9): 769-771.
- [23] 胡华. “腰-盆-髋”模型模拟腰椎定点坐位旋转手法的有限元分析[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2013.
- [24] 吴山, 张美超, 李义凯, 等. 两种坐位旋转手法腰椎应力及位移的有限元分析[J]. 广东医学, 2010, 31(8): 992-994.
- [25] 曹林忠, 秦大平, 张晓刚, 等. 三步三位九法治疗腰椎间盘突出症操作规范及作用机制探讨[J]. 山东中医药大学学报, 2014, 38(2): 127-128.
- [26] 梁恬, 白丽君. 中医综合疗法治疗腰椎间盘突出症 320 例疗效观察[J]. 甘肃中医学院学报, 2013, 30(4): 54-56.
- [27] 申等金, 王伟亮. 三步三位九法治疗腰椎间盘突出症 135 例[J]. 西部中医药, 2016, 29(2): 121-123.
- [28] 李延红, 张晓刚, 李具宝, 等. 腰椎拔伸手法三维有限元模型分析[J]. 浙江中医杂志, 2010, 45(12): 879-880.
- [29] 杨学锋, 张晓刚, 李具宝, 等. 模拟拔伸按压手法腰椎运动节段三维有限元模型分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2013, 21(7): 4-6.
- [30] 张晓刚, 秦大平, 宋敏, 等. 拔伸按压手法对退变腰椎节段应力分布影响的有限元分析[J]. 中华中医药杂志, 2013, 28(10): 3108-3114.
- [31] 黄朋涛, 王雷, 王遵来, 等. 三小定点整脊手法治疗腰椎间盘突出症的临床研究[J]. 浙江中医药大学学报, 2013, 37(8): 1027-1029.
- [32] 吕立江, 袁元辉, 胡丰亚, 等. 杠杆定位手法治疗腰椎间盘突出症的疗效评价及表面肌电神经反馈分析[J]. 浙江中医杂志, 2015, 50(11): 794-795.
- [33] 陆森伟, 吕立江, 王晓东, 等. 模拟杠杆定位手法对腰椎后关节稳定性影响的生物力学研究[J]. 浙江中医杂志, 2015, 50(4): 245-246.
- [34] 吕立江, 冯喆, 廖胜辉, 等. 杠杆定位手法对腰椎间盘突出影响的有限元分析[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(5): 971-973.
- [35] 李庆兵. 基于腰椎三维有限元模型的踩跷法时效参数研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [36] 张仁倩, 赵志恒, 王剑歌, 等. 三小定点整脊法对腰椎间盘突出症的有限元分析[J]. 湖南中医杂志, 2014, 30(8): 90-92.
- [37] 薛彬, 李飞跃. 腰椎间盘突出症的手法治疗进展[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2014, 22(7): 78-80.
- [38] Wu Y, Wang Y, Wu J, et al. Study of Double-level Degeneration of Lower Lumbar Spines by Finite Element Model[J]. World Neurosurg, 2016, 86: 294-299.
- [39] Fan R, He G, Qiu S, et al. Effects of resting modes on human lumbar spines with different levels of degenerated intervertebral discs: a finite element investigation[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2015, 16(1): 221.