

腰椎关节突关节与腰椎间盘突出相关性研究进展 *

周红海[△] 徐毅高 陈龙豪 杨钦 钟仲 黄昭志

(广西中医药大学骨伤学院, 南宁 530001)

摘要 腰椎关节突关节 (lumbar facet joint, LFJ) 的改变与腰椎间盘突出存在一定的相关性, 但目前仍未明确, 通过综合国内外研究文献发现关节突关节的矢状化、退行性变、关节炎的病变与腰椎的生物力学性质产生影响, 从而影响到腰椎间盘, 对腰椎间盘的突出产生推动作用。本文对两者相关性研究进展综述如下, 旨在提供两者相关性进一步的探讨及研究, 为今后临床通过治疗关节突关节从而达到改善腰椎间盘突出症的方案提供依据, 降低操作风险。

关键词 腰椎; 关节突关节; 腰椎间盘突出; 不对称

腰椎关节突关节 (lumbar facet joint, LFJ) 又称腰椎小关节, 是脊柱连接的重要关节, 由周围的囊和两个软骨表面构成^[1,2], 是腰椎运动节段的重要组成部分, 对腰椎的稳定性有重要的意义^[3], 每个腰段均由成对的 LFJ 和所对应的椎间盘组成, 形成腰椎复合关节, 也称为腰椎三关节复合体^[4,5]。关节突关节的改变与腰椎间盘突出存在一定相关性的可能, 但具体尚未明确两者相关性机制, 目前国内外从关节突关节探讨, 多以关节突关节的矢状化、退行性变、关节炎的病变方面对腰椎的生物力学性质产生影响, 从而影响到腰椎间盘, 加重腰椎间盘的突出^[6], 是临水上引起腰痛的一个重要原因。本文为今后不同类型的关节突关节不对称病变造成腰椎间盘突出症, 研究从关节突关节的对称性病因入手治疗腰椎间盘突出提供思路及依据, 降低手术等介入性操作风险, 综合近期国内外文献, 对两者相关性研究进展综述如下。

一、关节突关节矢状化的影响

早在 20 世纪 20 年代, Putti^[7] 就发现了不对称的腰椎关节突关节在腰痛发病机制中的潜在影响, 目前比较普遍的将双侧腰椎关节突关节角度之差大于或等于 10° 定义为腰椎关节突关节不对称^[8]。Farfan 等^[9] 首先提出了关节突关节矢状化与腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH) 发展之间存在相关性。继而 Masharawi 等^[10] 通过三维解剖学和生物力学分析腰椎, 认为当腰椎的双侧矢状面不对称时, 可能会造成腰椎的病理状态, 腰椎间盘退变就属于其中之一。Varlotta 等^[11] 研究表明 LFJ 的特殊生理解剖结构, 可使其在矢状位上进行更大范围的屈曲运动, 且可防止腰椎旋转所带来的不稳定性,

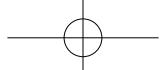
Schleich 等^[12] 指出关节突关节面趋向于矢状化是腰椎间盘早期生化改变的危险因素之一。有研究表明腰椎同一节段双侧关节突关节不对称, 可以导致椎间盘退变^[13], 由于不对称性, 脊柱后柱的不均匀载荷会在运动段上施加额外的旋转力矩, 从而导致矢状取向的关节突关节一侧的纤维环机械性破坏^[14]。Gao 等^[8] 比较了 86 例退行性腰椎间盘突出症中不对称关节的数量, 发现在 L₄₋₅ 和 L_{5-S₁} 脊柱水平上, LFJ 不对称性与腰椎间盘突出症之间存在显著相关性。有研究^[15] 发现当矢状面和冠状面的组合水平相同时, 尤其是在 L₄₋₅ 处, 而不是在 L₃₋₄ 或 L_{5-S₁} 处, 关节突关节矢状化更严重的一侧发生椎间盘脱出, 并假设在屈伸过程中每当下腰椎受力时, 倾斜的一侧会抵抗产生成角运动, 而关节突关节矢状化会允许更大的成角运动以及旋转运动以补偿其他小平面, 这种旋转运动间接对椎间盘施加拉应力, 从而导致矢状化侧突出甚至脱垂。当人体脊柱屈曲时间过长, 这使得关节突关节在矢状位上频繁运动, 导致其关节面逐渐偏向矢状化, 从而又大大增加了腰椎间盘突出概率。根据目前以上研究可以看出关节突关节矢状化与 L₄₋₅ 节段的 LDH 相关性大, 其他节段还有待于进一步研究和机制探讨。

二、关节突关节退行性病变的影响

关节突关节退行性改变除了矢状化外, 还包括关节突关节肥大、软骨下硬化、骨赘、关节表面不规则等。关节突关节矢状化被认为是腰椎退行性改变的潜在解剖学上的易感因素之一, 可能导致早期腰椎间盘退行性变和突出^[16,17]。LFJ 与年龄相关的变化包括关节软骨变薄、关节下皮质肥大和关节突

* 基金项目: 国家自然科学基金地区基金资助项目 (81360552; 81660800); 广西研究生教育创新计划资助项目 (YCSY20190035)

△ 通信作者 周红海 78253094@qq.com



关节间隙变窄^[18]。由于关节突关节周围的解剖结构富含神经，周围结构的退化也就必然属于腰部疼痛的一部分来源^[19]。

Song 等^[20]通过评估 MRI 和 CT 参数得出：①腰椎关节突关节炎的严重程度与椎间盘退变之间存在明显的正相关性，并发现腰椎间盘变性容易引起 LFJ 轻度变性，推断出椎间盘的退变很有可能在关节突关节退变之前就发生了；②椎间盘高度降低，增加关节突关节的退变程度。也有研究通过对腰椎间盘突出症病人进行 MRI 检查，使用 T2 加权图像分析腰椎间盘退变 (lumbar disc degeneration, LDD) 和 LFJ 退变的关系：①根据改良的 Pfirrmann 评分系统对所有病人进行的椎间盘退变分级，L_{3,4} 节段椎间盘退变主要为 III 级和 IV 级，L_{4,5} 椎间盘退变主要是 V 级、VI 级和 VII 级，L_{5,S₁} 椎间盘退变为 III 级和 IV 级；② L_{3,4} 节段的关节突关节退化主要为 0 级和 I 级，L_{4,5} 节段关节突关节退化主要为 I 级；L_{5,S₁} 关节突关节退化主要为 0 级和 I 级^[21]。说明 LFJ 与 LDD 在 LDH 病人的退变程度上可能成正相关，但还需更多的数据研讨其机制。任东成等^[22]通过测量年龄为 14~20 岁的 LDH 病人的 LFJ 角度，观察其关节突关节不对称，认为不对称在 LDH 的病人中是先天性存在的，不是退变引起的结果，与青少年 LDH 存在相关性，这也得到了大多专家的认可^[23]，说明先天性的关节突关节不对称也会诱发青少年 LDH。Little 等^[24]研究了 5 点量表的可靠性，该量表对退化性关节突关节改变的严重程度进行了分级：0 级 = 无关节变性；I 级 = 关节上缘可疑骨赘；II 级 = 软骨下硬化和明确的关节骨赘；III 级 = 软骨下硬化，一些关节不规则和中度骨赘；IV 级 = 重度硬化，关节表面的不规则性和许多骨赘，这对之后临床评估 LDH 关节突关节退行性病变有一定的量化作用。Bajek 等^[25]认为腰椎骨赘的形成是为了稳定性丢失的节段，这种机制最终易导致关节突关节肥大。因长期不良姿势、年龄以及体重等影响，椎间盘退变后椎间高度降低，部分轴向应力载荷转移至腰椎关节突关节，导致其载荷增加，继发关节突关节退变，LFJ 过载荷后最先受到影响的是关节软骨，发生退变、变薄、局部坏死，诱发滑膜炎、软骨层变薄、关节间隙狭窄及骨赘增生^[26]。说明腰椎间盘退变加重继续造成局部腰椎节段不稳定，现有的腰椎平衡打破，继续反作用于腰椎骨赘生长，形成恶性循环，同时间接导致关节突关节加速退变进程。

三、关节突关节退变对其生物力学性质的影响

如果椎间盘承受异常力，终板和椎体松质骨之间的穿透力将产生微弱变化，从而影响椎间盘纤维

的营养供应，从而导致椎间盘退化^[27]。关节突关节的退行性病变和关节矢状化，会引起关节突关节活动不稳，当腰椎承受过度的压缩和剪切应力时，不稳定的关节突关节将对椎间盘的保护减弱，日久会引起关节突关节结构的紊乱以及椎间盘内流体静力学异常分布从而导致椎间盘退化、加速突出^[28,29]。有研究结果证实^[30] 关节突关节退行性病变与脊柱旋转具有相关性，由于椎间盘的不对称退变所致的椎间隙不平衡，导致了脊柱的旋转增加，双侧关节突关节的不协调运动导致关节突关节软骨面受力不均衡，受力大的一侧关节软骨及关节周围肌肉韧带，更易引起慢性劳损而发生 LFJ 退变性骨关节炎。Du 等^[31]将生物力学软件用于建立正常的 L_{1-S₁} 腰部椎间盘突出和关节突关节脱位的退行性腰部 3D FE 模型，研究得出退化椎间盘的压缩应力和压缩应变值均大于正常椎间盘，最大压缩应力增加了约 70%，紊乱关节突关节上的关节软骨压缩应力和压缩应变值均大于正常关节，最大压缩应力值增加了约 115%，最大压缩应变值增加了约 94%，并证实了正骨推拿技术所施放压力伸展对椎间盘突出具有反向抑制作用，使突出部分朝着正常位置发展，同时这也为正骨推拿作用于椎间盘突出的生物力学解释。Du 等^[32]在有限元研究中对脊柱的 (L_{1-S₁}) 预载荷力为 500 N、800 N 和 1200 N 时，左小平面在 L_{4,5} 处的接触力分别增加了 54.3%、81.3%、90.9%。在右小平面中也发现了类似的趋势；在 L_{4,5} 级别，没有负载荷力时，两侧之间的接触力差为 5.5 N，在负载荷力为 1200 N 时，该差变为 8.4 N。说明了腰椎负载荷力达到 1200 N 时关节面接触增幅开始明显减小并证实关节突关节的不对称性，通过对腰椎施予预载荷力对关节突关节也产生了一定影响。Li 等^[33]研究有限元分析后发现经皮经椎间孔内镜下椎间盘切除术 (percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED) 在达到减压神经根效果后，绝大部分的关节突关节切除术范围越小越好，以尽可能维持脊柱稳定性，减少术后并发症；同时接受 PTED 的 LDH 病人表现出不同程度的椎间盘退变，小平面退变和骨质疏松，得出较大范围的小平面切除术可能会导致关节突关节疾病和腰痛，尤其是在对侧以及身体向手术侧方向弯曲时，所以关节突关节的缺失会引起椎间盘病变。Fukui 等^[34]通过动物实验完全切除小鼠双侧 L_{4,5} 关节突关节后发现，术后导致 L_{4,5} 椎间盘高度增高和椎骨终板损伤，同时上下相邻椎间盘高度降低，导致上下相邻椎间盘退变，提出其机制可能是关节突关节切除术对多裂肌，下



关节突及周围软组织的插入部位的损害可能会通过集中负荷至前柱而诱发上下相邻节段椎间盘退变。今后可以对 LDH 病人行关节突关节切除术后的腰椎间盘改变进一步研究, 以此来指导关节突关节切除术的风险评估及对腰椎间盘术后的影响。

四、关节突关节炎的影响

骨关节炎 (osteoarthritis, OA) 是关节突关节病理的最常见形式, LDH 和腰椎关节突关节炎都是腰痛的常见原因, 有时很难区分临床症状的确切来源, 密歇根州立大学 (MSU) 分类^[35] 用于基于 T2 加权轴向 MRI 切片评估 LDH (见图 1)。在此分类中, LDH 的大小表示为“1、2、3”, 1 和 2 指 LDH 延伸到从椎间盘的非突出后方到小平面内线的距离的小于或大于 50% 的距离, 而 3 是指 LDH 延伸到椎间盘的后上方 小平面内线而 LDH 的位置表示为“A, AB, B, C”, 大致对应于“中心”, “副中心”, “横向”和“远侧”。

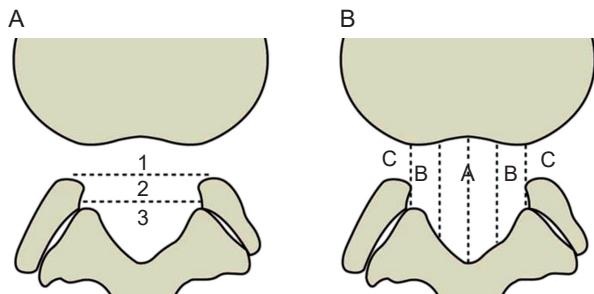


图 1 腰椎间盘突出症的 MSU 分类图^[36]
(A) 椎间盘突出的程度; (B) 椎间盘突出的位置

Zhu 等^[36] 针对 LDH 和腰椎关节突关节骨性关节炎 (facet joint osteoarthritis, FJOA) 之间可能存在某种联系, 对其进行了相关数据统计研究, 得出 LDH 的程度和位置 (MSU-B) 均与 FJOA 的严重程度有关。在 MSU-2 LDH 的情况下, 左 FJOA 的严重程度皆明显高于右 FJOA, 在 MSU-3 的情况下, 则没有发现这种差异, 并认为两者的差异效应由左右 FJOA 严重程度引起的。MSU-B LDH 病人在突出侧发生严重 FJOA 的可能性更大, 是 MSU-B LDH 比 LDH 的其他位置更靠近同侧关节突关节, 这可能有助于将椎间盘碎片刺激到相邻的关节突关节, 其组织中产生的炎性因子可能通过腹侧关节突关节囊的外侧部分漏入椎间隙。为减少关节突关节不对称带来的干扰因素, 在校正关节突关节角后, MSU-B LDH 与 FJOA 的严重程度仍显著相关, 但该研究缺乏临床及病理性证据, 提出今后从手术中收获的椎间盘突出和关节突关节组织来开展进一步的工作, 以

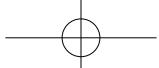
验证 FJOA 炎症机制。Jarraya 等^[37] 认为与 MSU-A 和 MSU-AB 相比, MSU-B LDH 更有可能在双侧椎间盘狭窄中引起不对称, 这可能会增加其在较窄侧的应力并促进同侧 FJOA。根据以上研究结果可以看出, 在治疗 MSU-2 LDH 的同时, 也要注意突出侧 FJOA 病变情况, 为之后研究提供治疗思路及进一步研究方向。

五、讨论

腰椎间盘突出与 LFJ 不对称主要以四个方面影响为主: ① LDH 病人的关节突关节矢状化, 关节突关节不对称加重椎间盘突出; ②先天性关节突关节不对称及脊柱旋转加速了退行性变, 造成了关节突关节不对称; ③通过受力程度的增加双侧关节突关节受力差距随之增大, 反映出了关节突关节不对称; ④ LDH 病人椎间盘不对称狭窄, 造成关节不对称性炎症, 也有 LFJ 炎症反向刺激椎间盘的可能。但以上仍需要继续更多的临床数据及研究来证实。关节突关节病变改变了腰椎结构的生物力学, 受力不均逐渐导致了腰椎关节突关节不对称, 从而影响了腰椎间盘病变。LFJ 不对称与椎间盘退变突出息息相关。今后可根据不同类型的关节突关节不对称病变造成腰椎间盘突出症, 给出相应的治疗干预手段, 以降低操作风险, 为今后研究从关节突关节的对称性病因入手治疗腰椎间盘突出有一定的指导意义。

参 考 文 献

- [1] Hsieh YY, Chen CH, Tsuang FY, et al. Removal of fixation construct could mitigate adjacent segment stress after lumbosacral fusion: a finite element analysis[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2017, 43:115-120.
- [2] Tang S, Rebholz BJ. Does lumbar microdiscectomy affect adjacent segmental disc degeneration? [J]. A finite element study[J]. J Surg Res, 2013, 182(1):62-67.
- [3] Claeson AA, Barocas VH. Computer simulation of lumbar flexion shows shear of the facet capsular ligament[J]. Spine J, 2017, 17(1):109-119.
- [4] 余秀琴, 方洪伟, 张金源, 等. 亚甲蓝治疗腰椎关节突关节综合征的临床效果及安全性研究 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27 (11):860-865.
- [5] Ivancic PC. Biomechanics of thoracolumbar burst and chancetype fractures during fall from height[J]. Global Spine J, 2014, 4(3):161-168.
- [6] Claeson AA, Barocas VH. Computer simulation of lumbar flexion shows shear of the facet capsular ligament[J]. Spine J, 2017, 17(1):109-119.
- [7] Putti V. New conceptions in the pathogenesis of sciatic pain[J]. Lancet, 1927, 2:53-60.
- [8] Gao T, Lai Q, Zhou S, et al. Correlation between facet



- tropism and lumbar degenerative disease: a retrospective analysis[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18(1):483.
- [9] Farfan HF, Sullivan JD. The relation of facet orientation to intervertebral disc failure[J]. Can J Surg, 1967, 10(10):179-185.
- [10] Masharawi Y, Rothschild B, Dar G, et al. Facet orientation in the thoracolumbar spine: Three-dimensional anatomic and biomechanical analysis[J]. Spine, 2004, 29(16):1755.
- [11] Varlotta GP, Lefkowitz TR, Schweitzer M, et al. The lumbar facet joint: A review of current knowledge: Part 1: Anatomy, biomechanics, and grading[J]. Skeletal Radiol, 2011, 40:13-23.
- [12] Schleich C, Muller-Lutz A, Blum K, et al. Facet tropism and facet joint orientation: Risk factors for the development of early biochemical alterations of lumbar intervertebral discs[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2016, 24:1761-1768.
- [13] Pichaisak W, Chotiyarnwong C, Chotiyarnwong P. Facet joint orientation and tropism in lumbar degenerative disc disease and spondylolisthesis[J]. J Med Assoc Thai, 2015, 98(4):373-379.
- [14] Kim HJ, Chun HJ, Lee HM, et al. The biomechanical influence of the facet joint orientation and the facet tropism in the lumbar spine[J]. Spine J, 2013, 13:1301-1308.
- [15] Degulmadi D, Dave B, Krishnan A, et al. The relationship of facet joint orientation and tropism with lumbar disc herniation and degenerative spondylolisthesis in the lower lumbar spine[J]. Asian Spine J, 2019, 13(1):22-28.
- [16] Kunakornswat S, Ngamlamait K, Tungsiripat R, et al. The relationship of facet tropism to lumbar disc herniation[J]. J Med Assoc Thai, 2007, 90:1337-1341.
- [17] Chadha M, Sharma G, Arora SS, et al. Association of facet tropism with lumbar disc herniation[J]. Eur Spine J, 2013, 22:1045-1052.
- [18] Simon P, Espinoza Orias AA, Andersson GB, et al. In vivo topographic analysis of lumbar facet joint space width distribution in healthy and symptomatic subjects[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37:1058-1064.
- [19] Muto M. Degenerative facet joint disease[J]. Neuroradiology, 2011, 53(S1):167-168.
- [20] Song Q, Liu X, Chen DJ, et al. Evaluation of MRI and CT parameters to analyze the correlation between disc and facet joint degeneration in the lumbar three-joint complex[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(40):e17336.
- [21] Sun D, Liu P, Cheng J, et al. Correlation between intervertebral disc degeneration, paraspinal muscle atrophy, and lumbar facet joints degeneration in patients with lumbar disc herniation[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2017, 18:167.
- [22] 任东成, 丁金勇, 徐继禧, 等. 青少年腰椎间盘突出症病人下腰椎关节突关节不对称情况分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(5):437-443.
- [23] Song Q, Liu X, Chen DJ, et al. Evaluation of MRI and CT parameters to analyze the correlation between disc and facet joint degeneration in the lumbar three-joint complex[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(40):e17336.
- [24] Little JW, Grieve TJ, Cramer GD, et al. Grading osteoarthritic changes of the zygapophyseal joints from radiographs: a reliability study[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2015, 38:344-351.
- [25] Bajek G, Bajek S, Cvek SZ, et al. Histomorphological analysis of the osteophytic appositions in patients with lumbar lateral recess syndrome[J]. Coll Antropol, 2010, 34(Suppl 2):79-84.
- [26] 李忠海, 褚进, 刘漠震, 等. 经皮脊神经后内侧支毁损术治疗慢性关节突关节源性腰痛 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2019, 25(1):29-34.
- [27] Riches PE, Dhillon N, Lotz J, et al. The internal mechanics of the intervertebral disc under cyclic loading[J]. J Biomech, 2002, 35:1263-1271.
- [28] Varlotta GP, Lefkowitz TR, Schweitzer M, et al. The lumbar facet joint: A review of current knowledge: Part 1: anatomy, biomechanics, and grading[J]. Skeletal Radiol, 2011, 40(1):13-23.
- [29] 苏少亭, 周红海, 梁栋, 等. 腰椎关节突关节的生物力学研究进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(5):474-479.
- [30] 郑杰, 杨永宏. 椎间盘和关节突关节在退变性脊柱侧凸发生发展中的作用 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2018, 28(9):826-831.
- [31] Du HG, Liao SH, Jiang Z, et al. Biomechanical analysis of press-extension technique on degenerative lumbar with disc herniation and staggered facet joint[J]. Saudi Pharm J, 2016, 24(3):305-311.
- [32] Du CF, Yang N, Guo JC, et al. Biomechanical response of lumbar facet joints under follower preload: a finite element study[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2016, 17:126.
- [33] Li JC, Zhang XY, Xu WQ, et al. Reducing the extent of facetectomy may decrease morbidity in failed back surgery syndrome[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2019, 20:369.
- [34] Fukui D, Kawakami M, Cheng K, et al. Three-dimensional micro-computed tomography analysis for spinal instability after lumbar facetectomy in the rat[J]. Eur Spine J, 2017, 26(8):2014-2020.
- [35] Mysliwiec LW, Cholewicki J, Winkelpleck MD, et al. MSU classification for herniated lumbar discs on MRI: Toward developing objective criteria for surgical selection[J]. Eur Spine J, 2010, 19:1087-1093.
- [36] Zhu K, Su Q, Chen T, et al. Association between lumbar disc herniation and facet joint osteoarthritis[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2020, 21(1):56.
- [37] Jarraya M, Guermazi A, Lorbergs AL, et al. A longitudinal study of disc height narrowing and facet joint osteoarthritis at the thoracic and lumbar spine, evaluated by computed tomography: the Framingham study[J]. Spine J, 2018, 18:2065-2073.