

椎体终板的凹陷角与腰椎间盘突出退变的相关性

陈之青, 陈其昕, 李方财, 楼才俊

(浙江大学附属第二医院骨科, 浙江 杭州 310009)

摘要 目的: 研究下腰椎椎体终板的凹陷角以及它在腰椎间盘突出退变时的变化规律。方法: 129 例研究对象依据椎间盘退变情况分成 3 组: 对照组 27 例, 共 54 个椎间盘(L_{4,5}、L₅S₁ 椎间盘各 27 个); 腰椎间盘退变 102 例, 共 158 个椎间盘(L_{4,5}椎间盘 84 个, L₅S₁ 椎间盘 74 个), 按退变程度分为 2 组: 腰椎间盘轻度退变组, 共 99 个椎间盘(L_{4,5}椎间盘 53 个, L₅S₁ 椎间盘 46 个); 腰椎间盘重度退变组, 共 59 个椎间盘(L_{4,5}椎间盘 31 个, L₅S₁ 椎间盘 28 个)。所有病例摄腰椎正侧位 X 线片及腰椎 MR 检查, 将 X 线片及 MR 图像输入计算机。在 MRI 正中矢状面 T2 加权像上测量终板凹陷角, 并观察退变椎间盘相邻椎体骨髓的 MRI 信号改变; 在 X 线片上测量椎体的相对前高、后高和矢状径。结果: ①终板凹陷角在男女两性间差异无显著性($P > 0.05$); ②终板的凹陷角在对照组、腰椎间盘轻度和重度退变组逐渐增大, 两两间差异有显著性($P < 0.05$); ③退变椎间盘的上下位椎体的相对前高、后高在对照组、腰椎间盘轻度和重度退变组逐渐减小, 而相对矢状径逐渐增大, 两两间比较差异均有显著性($P < 0.05$); ④椎间盘轻度、重度退变组的相邻椎体骨髓的 MRI 信号改变率分别为 24% 和 44%, 差异有显著性($P < 0.05$)。结论: 腰椎间盘退变时, 病变间隙椎体终板凹陷角增大、终板倾向平坦化, 其平坦化程度与退变的严重程度有关。终板的平坦化是椎间盘退变时椎体骨重建结果, 可能是对椎间盘退变时生物力学变化的一种自我保护机制。

关键词 椎间盘退变; 椎体终板; 磁共振

Correlation between the concave angle of vertebral end plate and lumbar disc degeneration CHEN Zhi-qing, CHEN Qi-xin, LI Fang-cai, LOU Cai-jun. Department of Orthopaedic, the 2nd Affiliated Hospital of Medical School of Zhejiang University (Zhejiang Hangzhou, 31009, China)

Abstract Objective: To investigate the concave angle of vertebral end plate in low lumbar spine, and the changes of the angle during lumbar disc degeneration. **Methods:** 129 subjects were divided into three groups. There were 27 asymptomatic volunteers with 54 discs (27 for L_{4,5} discs and 27 for L₅S₁ discs) in control group. 102 patients with lumbar disc degeneration were divided into two groups: light degeneration group with 99 discs (53 for L_{4,5} discs and 46 for L₅S₁ discs) and severe degeneration group with 59 discs (31 for L_{4,5} discs and 28 for L₅S₁ discs). Radiograph and MR of lumbar spine were performed on every case and the images were input into personal computer. The concave angle of vertebral end plate from inferior surface of L₄ to that of L₅ were measured by means of image analysis software and the signal change of vertebral body marrow were observed on T₂-weighted MRI, the relative heights and sagittal diameters of L₄ and L₅ were also measured by the same software on radiograph. **Results:** ①There was no significant difference between male and female in concave angle of vertebral end plates ($P > 0.05$); ②The concave angle of vertebral end plates was significant increased from the control group and light degeneration group to severe degeneration group ($P < 0.05$); ③The relative anterior and posterior heights of vertebral body significantly decrease from the control group and light degeneration group to severe degeneration group, but the relative sagittal diameters significantly increase ($P < 0.05$); ④The ratio of the signal intensity changes in vertebral body marrow showed significantly difference between light degeneration group (24%) and severe degeneration group (44%) ($P < 0.05$). **Conclusion:** In patients with lumbar disc degeneration, the concavity of end plate is becoming flat which corresponds with the severity of degeneration; it is mainly due to the decrease of height and the increase of sagittal diameter of verte-

bral body caused by the remodeling of vertebral bone and is likely a protective mechanism for the change of biomechanics.

Key words Intervertebral disc degeneration; Vertebral end plate; MR

椎体终板的形态为心形或椭圆形, 并呈向心性凹陷。既往对终板形态的研究大多集中于终板的结构、厚度、最大矢状径及横径等^[1-4], 但对于终板的另一重要特点—凹陷程度的研究报道较少。由于椎体终板是椎间盘压应力转移至椎体的直接作用部位, 终板的凹陷对应力的分散有重要作用; 当椎间盘退变时, 这种压应力在椎体终板上的分布发生改变, 从而导致椎体结构的变化^[5-7]。然而, 目前对于椎间盘退变后终板凹陷程度的变化国内外报道较少。

1 材料与方法

1.1 研究对象的选择和分组

1.1.1 对照组 选择 2001 年 3 月—2003 年 1 月本院就诊的外伤患者; 既往无腰腿痛病史; 其腰椎 X 线片及 MR 片排除腰椎骨折、畸形、骨质增生、骨质疏松及椎间盘退变。男 14 例, 女 13 例, 共 27 例; 平均年龄 42.3 岁。共 54 个椎间盘, L_{4,5} 和 L₅S₁ 椎间盘各 27 个。

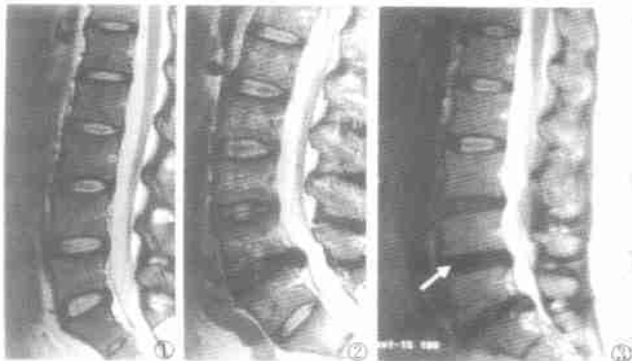


图 1 正常椎间盘髓核呈高信号 图 2 L_{4,5} 椎间盘轻度退变, 髓核呈中等信号, 其相邻两个终板的凹陷角增大 图 3 L_{4,5}、L₅S₁ 椎间盘重度退变, 髓核呈低信号, 其相邻终板凹陷角明显增大; L₄ 下终板凹陷角达 180°, 提示终板完全平坦(箭头所示)

Fig.1 Nucleus pulposus in normal disc showed high signal Fig.2 L_{4,5} lightly degenerated disc, nucleus pulposus with intermediate signal and the increased concave angles of end-plate adjacent to degenerated disc Fig.3 L_{4,5}, L₅S₁ severely degenerated discs, nucleus pulposus with low signal and the increased concave angles of endplate adjacent to them. The concave angle of inferior endplate of L₄ had reached to 180° which indicated the end-plate had become flat completely (arrow)

1.2.1 终板凹陷角测量方法 在 MR 正中矢状面(以出现完整的棘突轮廓为标准)的 T2 加权像上, 椎体终板呈低信号, 椎体松质骨富含骨髓呈中等或偏高信号, 两者界面呈弧形, 以该弧形最低点向该弧形的前后侧两端点作直线, 两直线所成角度即为终板凹陷角(图 4), 终板凹陷角越大则终板越平坦。当终板弧形出现局部不规则(如许莫氏结节)时将不规则部分忽略, 顺其自然弧形确定测量点。对 L_{4,5} 椎间盘退变, 测量 L₄ 下终板及 L₅ 上终板凹陷角; 对 L₅S₁ 椎间盘退变, 则只测量 L₅ 下终板凹陷角。

体的前高、后高及 L₄ 下矢状径和 L₅ 上矢状径, 并以上述径线与自身 L₁ 椎体相应径线的比值作为 L₄、L₅ 椎体的相对前高、后高和相对矢状径。

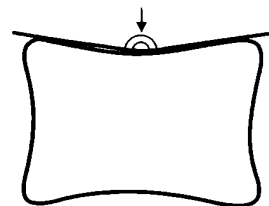


图 4 终板凹陷角(箭头所示)的测量示意图。
Fig.4 Diagram showing the method to determine the concave angle of vertebral end-plate (arrow).

1.2.2 椎体相对高度和相对矢状径 在侧位 X 线片上测量 L_{4,5} 椎间盘退变患者和对照组的 L₄、L₅ 椎

本研究所有测量数据均为两次测量(间隔时间 1 周)结果的平均值。

1.3 退变椎间盘相邻椎体的骨髓 MR 信号改变的观察 按 Modic 等^[7]的方法, I 型信号改变: T1 加权像上椎体骨髓信号减低而 T2 加权像上信号增高。II 型信号改变: T1 加权像上信号增高而 T2 加权像上信号不变或增高。

1.4 统计分析 采用 SPSS 10.0 统计软件包对测得数据进行分析, 男女间比较采用 *t* 检验, 多组之间比较采用单因素方差分析, 率的比较采用卡方检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

对照组 L₄ 下终板凹陷角及 L₅ 上、下终板凹陷角在男女间差异均无显著性意义(L₄ 下: $t = 0.17, P > 0.05$; L₅ 上: $t = 0.78, P > 0.05$; L₅ 下: $t = 0.69, P > 0.05$)。男、女及男女混合的 L₅ 上终板凹陷角均明显大于 L₄ 下终板和 L₅ 下终板凹陷角, 差异有显著性意义(男: $F = 20.51, P < 0.05$; 女: $F = 50.17, P < 0.05$; 男女混合: $F = 57.42, P < 0.05$), 而后两者差异无显著性($P > 0.05$), 见表 1。

对照组、椎间盘轻度退变组、重度退变组之间, 各节段终板凹陷角均逐渐增大, 组间差异均有显著性意义, 各组间两两比较差异有显著性意义(L₄ 下: $F = 15.38, P < 0.05$; L₅ 上: $F = 11.19, P < 0.05$; L₅ 下: $F = 10.05, P < 0.05$), 见表 2。

表 3 L_{4,5}椎间盘退变时 L₄、L₅ 椎体相对高度及相对矢状径的变化($\bar{x} \pm s$)

Tab. 3 The change of relative height and sagittal diameter of L₄ and L₅ body when L_{4,5} disc degenerated($\bar{x} \pm s$)

组别	L ₄ 椎体			L ₅ 椎体		
	相对前高	相对后高	相对下矢状径	相对前高	相对后高	相对下矢状径
对照组	1.1 ± 0.07	0.98 ± 0.06	1.05 ± 0.05	1.11 ± 0.10	0.9 ± 0.08	1.1 ± 0.09
轻度退变组	1.05 ± 0.07*	0.94 ± 0.06*	1.08 ± 0.06*	1.07 ± 0.09*	0.86 ± 0.07*	1.13 ± 0.07*
重度退变组	1.03 ± 0.08* ▽	0.91 ± 0.08* ▽	1.11 ± 0.05* ▽	1.03 ± 0.09* ▽	0.83 ± 0.08* ▽	1.17 ± 0.09* ▽

注: * 与对照组比较 $P < 0.05$; ▽ 与轻度退变组比较 $P < 0.05$

158 个退变间盘中有 51 个伴随椎体骨髓信号改变, 均为 II 型信号改变, 信号改变区域主要位于外周终板下方; 轻度退变组信号改变率为 24% (25/99), 重度退变组改变率为 44% (26/59), 两组间有显著性差异($\chi^2 = 5.99, P < 0.05$)。

3 讨论

椎体的上下终板呈向心性凹陷, 承受来自于椎间盘的压力, 终板的这种向心性凹陷是适应压应力的结果, 同时起着分散轴向应力的作用^[9]。因此, 对终板凹陷程度的研究有着重要的力学意义。既往采

表 1 对照组终板凹陷角($\bar{x} \pm s$, 度)

Tab. 1 The concave angles of endplate in control group($\bar{x} \pm s$, Degree)

性别	L ₄ 下终板	L ₅ 上终板	L ₅ 下终板
男	157.0 ± 4.5	166.6 ± 3.5*	156.4 ± 4.6
女	156.7 ± 2.7	164.6 ± 2.3*	155.3 ± 2.2
混合	156.9 ± 3.7	165.6 ± 3.1*	155.9 ± 3.6

注: * L₅ 上终板凹陷角与 L₄、L₅ 下终板凹陷角比较 $P < 0.05$

表 2 对照组、椎间盘轻度和重度退变组终板凹陷角的比较($\bar{x} \pm s$, 度)

Tab. 2 Comparison of concave angle of endplates among control group, light degeneration group and severe degeneration group($\bar{x} \pm s$, Degree)

组别	L ₄ 下终板	L ₅ 上终板	L ₅ 下终板
对照组	156.9 ± 3.7	165.6 ± 3.1	155.9 ± 3.6
轻度退变组	160.7 ± 5.8*	171.8 ± 4.7*	159.4 ± 5.6*
重度退变组	164.0 ± 6.5* ▽	174.2 ± 6.0* ▽	162.1 ± 6.6* ▽

注: * 与对照组比较 $P < 0.05$; ▽ 与轻度退变组比较 $P < 0.05$

L_{4,5}椎间盘退变时, L₄、L₅ 椎体相对前高、后高在对照组、轻度退变组、重度退变组逐渐减小, 而 L₄ 相对下矢状径和 L₅ 相对上矢状径逐渐增大, 组间差异均有显著性意义, 各组间两两比较差异有显著性意义(L₄ 相对前高: $F = 15.98, P < 0.05$; L₄ 相对后高: $F = 18.27, P < 0.05$; L₄ 相对下矢状径: $F = 15.95, P < 0.05$; L₅ 相对前高: $F = 9.03, P < 0.05$; L₅ 相对后高: $F = 11.68, P < 0.05$; L₅ 相对上矢状径: $F = 7.45, P < 0.05$), 见表 3。

用双凹指数^[10] (biconcavity index, 腰椎侧位 X 线片上椎体的中高与后高的比值) 来描述骨质疏松时椎体终板凹陷程度的变化。但该方法未能将椎体的前高和椎体矢状径对凹陷程度的影响考虑在内, 同时 X 线片上终板中央常难以清晰显示, 所以双凹指数并不能有效地反映终板凹陷程度。本研究采用终板凹陷角来表示终板的凹陷程度, 由于 MR 正中矢状面的扫描可以直接显示凹陷最深的终板中央区, 而且终板凹陷角 3 个点的定位能同时反映椎体前后高度及矢状径变化对凹陷程度的影响, 因此终板凹陷角

能更好地反映椎体终板的凹陷程度。

本研究分别测量了对照组(正常人) L₄ 下终板、L₅ 上终板以及 L₅ 下终板的凹陷角,结果显示,L₅ 上终板凹陷角最大(165.6±3.1)°,它与 L₄ 下终板凹陷角(156.9±3.7)°及 L₅ 下终板凹陷角(155.9±3.6)°有显著性差异,而后两者差异无显著性。这提示椎体上下终板的凹陷程度存在着明显区别,上终板较下终板平坦。而不同性别间的比较结果显示,同节段终板的凹陷角无显著性差异,这一结果说明,不同性别之间,不但终板的外周形态非常相似^[3],而且终板的凹陷程度也是一致的。

本研究结果还显示,在椎间盘轻、重度退变组,病变间隙的终板凹陷角较对照组显著增大,而且重度退变组较轻度退变组也显著增大(图 2, 3)。这一结果提示椎间盘退变时伴随着终板的平坦化,而且其平坦化程度与椎间盘退变程度有关。对于这一现象的发生机制,目前尚无满意的解释。生物力学研究表明^[11, 12],当椎间盘正常时,椎间盘传递的应力主要作用于终板的中央;而椎间盘退变时,由于髓核流体静力学性质逐步消失,应力由终板中央向外周转移,致使外周终板上的应力高度集中。这种应力的重新分布被认为是引发椎间盘退变时椎体结构形态发生改变的主要原因^[5, 6, 13]。本研究发现,在 L_{4,5} 椎间盘退变时,L₄ 和 L₅ 椎体的相对前高和后高均随着椎间盘退变程度的增加而逐渐减小;同时,随着椎间盘退变程度的增加,椎体相对矢状径(退变间盘上位椎体下矢状径和下位椎体上矢状径)也逐渐增大,这与既往文献报道相一致^[6]。根据上述结果,我们可以推测:在椎间盘退变过程中,由于作用于终板上的应力由终板中央向外周转移,致使隆起的外周终板及其下方的松质骨在长期的高应力作用下发生吸收和改建,即骨重建,这种骨重建过程使椎体周边高度逐渐丢失,椎体终板矢状径逐渐增大,最终导致椎体终板凹陷角增大,终板趋向于平坦。

一些研究也证明了椎间盘退变时相邻椎体的骨重建过程。Modic 等^[7]研究发现,椎间盘退变时,椎体的 MR 信号可出现 I 型和 II 型改变,I 型信号改变少见而 II 型多见;虽然两种信号改变有着不同的病理特点,但都提示终板及其下方松质骨损伤和改建修复。本研究结果显示,158 个退变椎间盘中有 51 个椎间盘的相邻椎体出现信号改变,主要位于外周终板的下方;而重度退变组信号改变率显著大于轻度退变组。这一结果进一步证实,在椎间盘退变

过程中,确实存在着外周终板及其下的松质骨改建,而且与椎间盘的退变程度有关。

根据本研究结果,我们认为,椎间盘退变不仅可引起椎体结构的重建变化,而且导致了椎体终板倾向平坦化。值得注意的是,由于终板平坦化以及椎体矢状径的增加,使得外周终板的受力面积也相应增大,从而使单位面积所受的应力能得到一定程度的下降^[14]。因此,终板的平坦化(终板凹陷角增大)可能是椎体适应椎间盘退变后生物力学变化的一种自我保护机制,有助于减少外周终板上的应力集中和椎体的损伤。

参考文献

- Grant JP, Oxland TR, Dvorak MF. Mapping the structural properties of the lumbosacral vertebral end plates. *Spine*, 2001, 26(8): 889-896.
- Harrington JJ, Sungarian A, Rogg J. The relation between vertebral end-plate shape and lumbar disc herniations. *Spine*, 2001, 26(19): 2133-2138.
- Hall LT, Esses SI, Noble PC, et al. Morphology of the lumbar vertebral end plates. *Spine*, 1998, 23(14): 1517-1522.
- Dward WT, Zheng Y, Ferrara LA, et al. Structural feature and thickness of the vertebral cortex in the thoracolumbar spine. *Spine*, 2001, 26(2): 218-225.
- Simpson EK, Parkinson IH, Manthey B, et al. Intervertebral disc disorganization is related to trabecular bone architecture in the lumbar spine. *J Bone Miner Res*, 2001, 16(4): 681-687.
- Fazzalari NL, Manthey B, Parkinson LH. Intervertebral disc disorganization and its relationship to age adjusted vertebral bone architecture. *The Anatomical Record*, 2001, 262: 331-339.
- Modic MT, Sternberg PM, Ross JS, et al. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*, 1988, 166: 193-199.
- Tertti M, Pajajnen H, Mattilaato M. Disc degeneration in magnetic resonance imaging. A comparative biochemical, histologic, and radiologic study in cadaver spines. *Spine*, 1991, 16(6): 629-634.
- 谭军, 王鸣鹏, 万卫平等. 正常人腰椎椎体解剖结构的 QCT 研究及其生物力学意义. *中国临床解剖学杂志*, 1997, 15(1): 59-62.
- Weber K, Lunt M, Gowin W, et al. Measurement imprecision in vertebral morphometry of spinal radiographs obtained in the European prospective osteoporosis study: Consequence for the identification of prevalent and incident deformities. *The British Journal of Radiology*, 1999, 72: 957-966.
- Kurowski P, Kubo A. The relationship of degeneration of the intervertebral disc to mechanical loading conditions on lumbar vertebrae. *Spine*, 1986, 11(7): 726-731.
- Silva MJ, Keaveny TM, Hayes WC. Load sharing between the shell and centrum in the lumbar vertebral body. *Spine*, 1997, 22: 140-150.
- More RJ, Robert BV, Osti OL, et al. Remodeling of vertebral bone after outer annular injury in sheep. *Spine*, 1996, 21: 936-940.
- Mosekilde L, Mosekilde L. Normal vertebral body size and compressive strength: Relations to age and to vertebral and iliac trabecular bone compressive strength. *Bone*, 1986, 7: 207-212.