

青少年腰椎间盘突出症患者下腰椎 关节突关节不对称情况分析

任东成, 丁金勇, 徐继禧, 谭成双, 刘俊城, 李健雄, 谢炜星, 梁 德

(广州中医药大学第一附属医院脊柱专科 510405 广州市)

【摘要】目的:测量青少年腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)患者下腰椎关节突关节角度, 观察其关节突关节不对称(facet tropism, FT)情况。**方法:**选取 2012 年 8 月~2018 年 8 月在我院就诊的 LDH 和腹部疾病患者。LDH 组共纳入 52 例, 其中男 42 例, 女 10 例, 年龄为 17.9 ± 1.4 岁(14~20 岁); L4/5 椎间盘突出 33 例, L5/S1 突出 18 例, L4/5、L5/S1 双节段椎间盘突出 1 例; 中央型椎间盘突出 24 个节段, 左侧突出 18 个节段, 右侧突出 11 个节段。选择腹部 CT 扫描的层面经过椎间盘且与上位椎体的下终板平行的腹部疾病患者 111 例作为对照组, 其中男 87 例, 女 24 例, 年龄为 17.8 ± 1.7 岁(14~20 岁)。LDH 组在腰椎 CT 片上测量 L3-4、L4-5、L5-S1 关节突关节角度(作一直线通过椎间盘中点连接棘突基底中点作为腰椎矢状轴, 通过上关节突内外点作一连线, 一侧连线与腰椎矢状轴相交所形成的角度即为一侧关节突关节角度), 双侧角度之差 $> 10^\circ$ 作为 FT 的衡量标准。对照组在腹部 CT 片上测量 L3-4、L4-5、L5-S1 关节突关节角度。**结果:**LDH 组各节段的关节突关节角度的平均值与对照组比较无明显差异($P > 0.05$)。52 例 LDH 患者中, L3-4 节段出现 FT 的患者 19 例, L4-5 节段出现 FT 27 例, L5-S1 节段出现 FT 24 例; 而对照组 111 例患者中相对应节段出现 FT 的患者分别为 19 例、28 例、18 例, LDH 组各节段 FT 出现的概率明显高于对照组 ($P < 0.05$)。在 LDH 组 34 例 L4/5 椎间盘突出的患者中, 15 例出现 FT; 19 例 L5/S1 椎间盘突出患者中, 13 例出现 FT; 椎间盘突出节段 FT 出现的概率明显高于对照组相应节段($P < 0.05$)。**结论:**在青少年 LDH 患者的下腰椎中 FT 发生率显著高于普通人群, 与青少年 LDH 的发生存在一定的相关性。

【关键词】腰椎间盘突出症; 青少年; 关节突关节; 不对称

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.05.08

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-05-0437-07

Analysis of facet tropism of lower lumbar spine in adolescents with lumbar disc herniation/REN Dongcheng, DING Jinyong, XU Jixi, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(5): 437-443

【Abstract】 Objectives: To measure the angle of the lower lumbar facet joints in adolescents with lumbar disc herniation(LDH), and to observe the facet tropism(FT). **Methods:** This was a retrospective cohort study of patients with LDH or abdominal disease who were admitted to our hospital from August 2012 to August 2018. A total of 52 patients was included in LDH group, including 42 males and 10 females with an average age of 17.9 ± 1.4 . There were 33 patients with L4/5 disc herniation, 18 patients with L5/S1 disc herniation, one patient with L4/5 and L5/S1 disc herniation, including 24 patients with disc herniation toward the middle, 18 toward the left side, 11 toward the right side. There were 111 patients in control group, including 87 males and 24 females with an average age of 17.8 ± 1.7 . The facet joint angles of the L3-4, L4-5 and L5-S1 segment in LDH group were measured on the CT image of the lumbar spine. A line was made to connect the midpoint of the basal spinous process through the center of the intervertebral disc as the midsagittal line. This line was parallel to the lower endplate of the upper vertebral body and served as the sagittal axis of the lumbar vertebra. Another line drawn between the anteromedial and posterolateral edges of the bilateral superior articular facets was defined as the facet line. The angle between the 2 lines was the facet joint angle. FT

第一作者简介: 男(1991-), 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科

电话: (020)36591604 E-mail: rendongc@163.com

通讯作者: 丁金勇 E-mail: spinegzding@163.com

was defined as asymmetry of $>10^\circ$ between the left and right side. In control group(abdominal CT group), the facet joint angles of L3-4, L4-5 and L5-S1 were measured on the CT picture of the abdomen, and the measurement method was as follows: the planes of the abdominal CT through the intervertebral disc and parallel to the lower endplate of the upper vertebral body were selected. And the remaining measurement methods and indicators were the same as those of LDH group. **Results:** There was no significant difference in the average fact angle of each segment between LDH group and control group($P>0.05$). In LDH group, 19 patients had FT in L3/4 segment, 27 patients had FT in L4/5 segment and 24 patients had FT in L5/S1 segment. In control group, there were 19 patients, 28 patients and 18 patients with FT in corresponding segment. The probability of occurrence of FT in each segment of LDH group was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). About 34 patients with L4/5 disc herniation in LDH group, FT appeared in 15 patients. Among the 19 patients with L5/S1 disc herniation, FT appeared in 13 patients. There was a significant difference($P<0.05$) when FT appeared in the corresponding segment compared with that in control group ($P<0.05$). **Conclusions:** FT is common in the lower lumbar spine of adolescents with LDH, which is correlated with LDH in adolescents.

[Key words] Lumbar disc herniation; Adolescents; Facet joint; Asymmetric; Facet tropism

[Author's address] Spinal Surgery Department of the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, 510405, China

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是引起腰痛的主要原因之一,每年给社会和个人带来沉重的经济负担^[1]。腰椎间盘突出主要发生在中老年人,部分发生在青年,较少发生在20岁以下青少年,青少年LDH的发生率仅占LDH患者的1%~5%^[2-4]。LDH的病因,尤其是青少年(≤ 20 岁)LDH的病因,目前尚不明确^[2]。关节突关节是维持脊柱稳定性和承受脊柱轴向载荷的关键结构^[5,6]。有研究表明,腰椎同一节段双侧关节突关节不对称(facet tropism, FT)是椎间盘退变的病因之一^[7]。因为FT会造成脊柱节段的运动异常,异常的生物力有可能对椎间盘纤维环造成损伤,增加椎间盘突出风险^[8]。Farfan等^[9]首先提出LDH与FT的进展存在相关性。但到目前为止,对于FT与LDH的相关性尚未达成统一认识^[10-14]。由于关节突关节的角度会随着脊柱退变而发生一定程度的改变^[15],以青少年为研究对象可以最大程度剔除退变因素对关节突关节角度的影响,更准确地反映FT与LDH的关系。本研究通过测量青少年LDH患者下腰椎关节突关节角度,观察其FT情况,旨在探讨青少年LDH与下腰椎FT的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2012年8月~2018年8月在我院就诊的LDH和腹部疾病患者。所有患者通过病史、症

状、体征及影像学检查得到明确诊断。影像学检查包括:LDH患者的腰椎CT(GE,Discovery CT750HD, America)和MRI检查,腹部疾病患者的腹部CT(GE,Discovery CT750HD, America)检查。LDH组纳入标准:(1)有腰痛或(和)臀部疼痛,下肢麻木或放射痛;(2)经CT或MRI明确诊断为椎间盘突出,且症状体征与影像学表现相符,腰椎CT资料完整;(3)年龄14~20岁。排除标准:脊椎滑脱、椎体移位、脊柱侧凸、脊柱感染、复发性椎间盘突出、脊柱裂、脊柱手术史或脊柱外伤。对照组纳入标准:(1)同时期因急性腹部疾病(包括:急性阑尾炎、肠梗阻、胰腺炎等)在我院就诊,病史及腹部CT资料完整;(2)年龄14~20岁;(3)腹部CT扫描的层面经过椎间盘且与上位椎体的下终板平行。排除标准:有慢性腰痛病史或脊椎滑脱、椎体移位、脊柱侧凸、脊柱感染、脊柱裂、脊柱手术史或脊柱外伤。LDH组共纳入52例,其中男42例、女10例,年龄为 17.9 ± 1.4 岁(14~20岁)。对照组111例,其中男87例、女性24例,年龄为 17.8 ± 1.7 岁(14~20岁)。两组的年龄及性别比例具有一致性。LDH组L4/5椎间盘突出33例,L5/S1突出18例,L4/5、L5/S1双节段椎间盘突出1例,无L3/4突出患者;中央型椎间盘突出24个节段,左侧突出18个节段,右侧突出11个节段。本研究共测量了489个节段的关节突关节(52例LDH患者,111例对照组患者)。

1.2 测量方法与评估参数

采用华海影像系统在腹部 CT 和腰椎 CT 上测量 L3-4 至 L5-S1 双侧关节突关节角度^[14]。测量方法(图 1):在 LDH 组患者腰椎 CT 片上,以椎间盘中点与棘突基底部中点的连线作为腰椎矢状轴,通过上关节突关节面的内外端点作一连线,该连线与腰椎矢状轴相交所形成的角度即为该侧关节突关节的角度,相同方法测量对侧关节突关节角度(图 2),双侧关节突关节角度差值 $>10^\circ$ 定义为 FT,两侧角度的平均值(即双侧角度之和/2)作为关节突关节的平均角度。在对照组的下腹部轴位 CT 上,定位经过 L3~S1 椎体的扫描范围,在此范围内挑选经过 L3/4、L4/5、L5/S1 椎间盘且与上

位椎体下终板平行的层面,然后在这些平面上采用与 LDH 组相同的测量方法测量关节突关节角度(图 3)。由两名脊柱外科医生双盲测量各组 L3-4 至 L5-S1 节段的关节突关节角度,取两者所测数值的平均值作为最终角度值。

1.3 统计分析

应用 SPSS 17.0 软件进行数据录入及统计分析。采用独立样本 t 检验比较两组关节突关节角度差异,卡方检验比较 FT 在 LDH 组各节段及对照组相应节段的分布差异,比较 FT 在不同的椎间盘突出方向上的分布差异。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

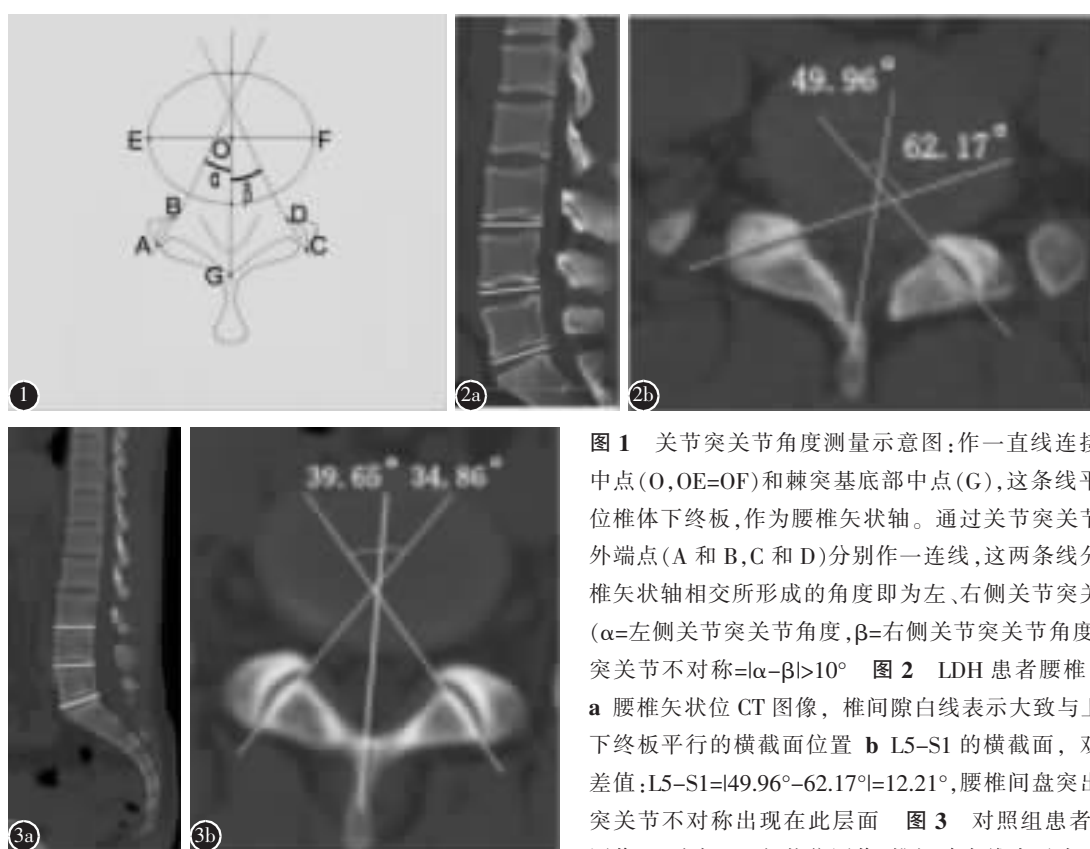


图 1 关节突关节角度测量示意图:作一直线连接椎间盘中点(O,OE=OF)和棘突基底部中点(G),这条线平行于上位椎体下终板,作为腰椎矢状轴。通过关节突关节面的内外端点(A和B,C和D)分别作一连线,这两条线分别与腰椎矢状轴相交所形成的角度即为左、右侧关节突关节角度(α =左侧关节突关节角度, β =右侧关节突关节角度)。关节突关节不对称 $=|\alpha-\beta|>10^\circ$ **图 2** LDH 患者腰椎 CT 图像 **a** 腰椎矢状位 CT 图像,椎间隙白线表示大致与上位椎体下终板平行的横截面位置 **b** L5-S1 的横截面,双侧角度差值: $L5-S1=|49.96^\circ-62.17^\circ|=12.21^\circ$,腰椎间盘突出和关节突关节不对称出现在此层面 **图 3** 对照组患者腹部 CT 图像 **a** 腹部 CT 矢状位图像,椎间隙白线表示大致与上位

椎体下终板平行的横截面位置 **b** L4-5 的横截面,双侧关节突关节角度差值: $L4-5=|39.65^\circ-34.86^\circ|=4.79^\circ$,未出现关节突关节不对称

Figure 1 The measurement of the facet joint angle. A line made to connect the midpoint of the basal spinous process (G) through the center of the intervertebral disc (O, OE=OF) was defined as the midsagittal line. Another line drawn between the 2 tips of each of superior articular facets (A and B, D and C) was defined as the facet line. The angle between the 2 lines was the facet joint angle (α =left facet angle, β =right facet angle). FT= $|\alpha-\beta|>10^\circ$ **Figure 2** CT images of LDH patients **a** Sagittal view of the lumbar spine. The lines indicate the location of the cross section, which was parallel to the lower endplate of the upper vertebral body **b** Cross section of L5-S1. L5-S1 facet joint angle of this patient: L5-S1= $|49.96^\circ-62.17^\circ|=12.21^\circ$. FT and LDH was presented at L5-S1 level **Figure 3** **a** Sagittal view of CT scan in cases without LDH and low back pain. The lines indicate the location of the cross section **b** Cross section of L4-5. L4-5 facet joint angle of this case: L4-5= $|39.65^\circ-34.86^\circ|=4.79^\circ$. Non FT was presented

2 结果

LDH组与对照组各节段双侧关节突关节角度的平均值对比无显著性差异($P>0.05$,表1)。52例LDH患者中,L3-4节段出现FT的患者19例,L4-5节段出现FT 27例,L5-S1节段出现FT 24例;而对照组111例患者中相对应节段出现FT的患者分别为19例、28例、18例,LDH组各节段FT出现的概率明显高于对照组($P<0.05$,表2)。在LDH组34例L4/5椎间盘突出的患者中,15例出现FT;19例L5/S1椎间盘突出的患者中,13例出现FT;与对照组相对应节段出现FT的患者例数比较有显著性差异($P<0.05$,表3)。

3 讨论

关节突关节是维持脊柱稳定性和承受脊柱轴向载荷的关键结构。Adams等^[5]的研究表明,关节突关节在站立位置时承担16%的脊柱轴向载荷。理论上,关节突关节两侧承受相似的脊柱轴向载

荷^[13]。既往研究认为FT可以将单切面的运动转化为多切面运动。例如,在脊柱屈曲过程中,FT可以将简单的矢状面运动转化为矢状面运动联合旋转运动^[16]。与单纯运动相比,这些联合运动明显增加了椎间盘损伤的风险^[17]。

研究表明FT是LDH的主要病因之一^[12,13,18],而另一些研究则认为FT在正常人群中普遍存在,与LDH的进展无关^[10,11]。

一个合理的对照组可以使结论更加精确。因为正常的腰椎CT或MRI影像资料往往难以获得,既往在研究关节突关节结构异常与腰椎间盘突出关系时,多选取因腰痛就诊但无腰椎间盘突出患者的腰椎CT图像或选取椎间盘突出相邻无突出节段的关节突关节作为对照组^[12,17,19,20]。一方面,FT引起脊柱两侧肌肉力量不平衡与腰痛有关^[21],提示腰痛患者的关节突关节不能替代正常的关节突关节;另一方面,每个腰椎节段的运动范围和生物力学都不一样,以椎间盘突出节段相邻

表1 LDH组和对照组各节段双侧关节突关节角度平均值对比

Table 1 Average angle of bilateral facet joints in normal and control groups

节段 Segment	LDH组($n=52, \bar{x} \pm s, ^\circ$) LDH group	对照组($n=111, \bar{x} \pm s, ^\circ$) Control group	t	P
L3-4	35.27±6.65	34.93±5.65	-0.342	0.733
L4-5	44.96±5.04	43.69±5.06	-1.489	0.138
L5-S1	50.97±9.15	50.83±8.89	-0.094	0.926

表2 关节突关节不对称(FT)在LDH组及对照组各个节段中的分布对比

Table 2 Comparison of FT distribution in each segment of LDH group and control group

节段 Segment	LDH组($n=52$) LDH group		对照组($n=111$) Control group		P
	FT	无 FT Non FT	FT	无 FT Non FT	
L3-4	19	33	19	92	0.006
L4-5	27	25	28	83	0.001
L5-S1	24	28	18	93	0.000
总计 Total	70	86	65	268	0.000

表3 FT在LDH组椎间盘突出节段与对照组相应节段分布的对比

Table 3 Comparison of the distribution of FT in herniated disc segments and the corresponding segments in the control group

节段 Segment	LDH组 LDH group		对照组 Control group		P
	FT	无 FT Non FT	FT	无 FT Non FT	
L4-5	15	19	14	97	0.000
L5-S1	13	6	16	95	0.000
总计 Total	28	25	30	192	0.000

节段的关节突关节作为对照组可能不合适^[13]。另外,LDH 组与对照组年龄也是影响结论的关键因素。随着年龄的增加,关节突关节会发生二次重构,变得更加矢状化^[15]。不同年龄段的患者被纳入同一研究中,可能会引起最终结论的偏差。

另外,在正常人群中,椎间盘在 20 岁以后开始出现退变^[21]。以中老年患者作为研究对象,难以区分关节突关节结构异常是腰椎间盘突出之前即已存在还是椎间盘退变引起的关节突关节二次重构。在本研究中,我们纳入青少年(14~20 岁,17.9±1.4 岁)LDH 患者作为研究对象,相同年龄段腰椎正常的青少年(14~20 岁,17.8±1.7 岁)被纳入对照组,这样一方面可以使退变因素最小化。另一方面,两组的年龄得到了统一。虽然部分 14~20 岁的青少年仍处于骨骼发育阶段,但两组纳入的研究对象主要集中于 17~20 岁,并且测量后发现对照组中的双侧关节突关节平均角度从 L3-4 到 L5-S1 平稳地增加,这提示本组患者的关节突关节角度已处于相对稳定状态。另外,本研究纳入的对象均为在校学生,也排除了特殊职业或运动造成的椎间盘突出,如举重运动等。

我们发现 FT 在两组间 L4-5、L5-S1 节段的分布存在显著性差异,FT 与 L4/5 及 L5/S1 节段 LDH 之间存在显著关联,这与 Wang 等^[13]的研究结果一致。另外,我们发现两组患者的 FT 在 L3-4 节段的分布也存在差异。这提示 FT 在青少年 LDH 患者下腰椎中似乎是普遍存在的,可能是青少年 LDH 的病理因素之一。但本组腰椎间盘突出并没有出现在 L3/4 节段,我们猜测其机制可能与腰骶角的存在有关。当进行弯腰动作时,椎间盘的上位椎体会发生向前的剪切活动,当进行后伸动作时,上位椎体会发生后剪切活动,这种剪切活动会造成椎间盘的剪切应力^[23]。在 FT 的节段中,当发生向前的剪切活动时,更加冠状位一侧的关节突关节会阻碍上位椎体向前滑移,而更加矢状化一侧的关节突关节无类似于对侧的阻挡效应,一侧向前滑移,一侧受阻挡而无法滑移,上位椎体在此情况下则容易出现一定程度的旋转效应^[16,24]。相对于单纯的剪切运动及旋转运动,剪切和旋转形成的复合运动更容易造成椎间盘损伤。这种复合运动一方面是纤维环损伤的因素^[25],另一方面可以造成挤压髓核向后外侧移动,增加后外侧纤维环的局部应力^[16,25]。L4-5 和 L5-S1 节段因为腰

骶角的存在,形成生理前凸,受到一个向前的剪切应力,尤其是 L5-S1 节段,受到向前的剪切应力更大^[26-28]。当这两个节段存在 FT 时,在活动的情况下很容易造成复合运动,增加了椎间盘突出的风险。

FT 的定义不一致,这是既往 FT 与 LDH 相关性的研究得出很多不一样结论的重要原因。根据生物力学的研究结果,既往的一些研究把 FT 定义为双侧关节突关节的角度之差在 1°~10°^[18,29,30]。Wang 等^[13]定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>10°,研究发现,FT 在 L4/5 及 L5/S1 椎间盘突出节段的分布明显高于正常腰椎。这与我们的研究结果相一致。Noren 等^[12]定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>5°,他们的研究发现 FT 在对照组和 LDH 组之间的分布无差异,FT 与 LDH 无关。也有研究定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>15°,发现 FT 与 LDH 无明显相关^[31]。有趣的是,当我们尝试定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>5°,发现 FT 在 L4/5 及 L5/S1 椎间盘突出节段的分布明显高于正常腰椎($P<0.05$),这与定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>10°的研究结果相一致。当我们尝试定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>15°时,发现 FT 无论在 LDH 组还是对照组中,其存在都是很少的,两组间 FT 的分布无明显差异。既往有研究认为定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>5°可能并不恰当,因为 5°的差值有可能是测量误差^[13]。我们认为定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>5°和>10°,其统计结果无明显差异的原因可能在于:小于 5°的差值有可能是测量误差造成,5°以上的差值大大降低了测量误差的干扰。我们认为定义 FT 为双侧关节突关节角度差值>10°可能更恰当。一方面,10°以上差值更好地排除了测量误差因素。另一方面,既往的生物力学表明,两侧 10°的差值会引起明显的生物力学异常^[8]。5°的差值虽然降低了测量误差因素,不会引起明显的生物力学异常^[8],并且 5°在临床实践中并不明显,临床指导意义不强。定义 FT 为 15°差值可能也并不十分有意义,因为这种情况在临床实践中较少出现。

有研究发现 FT 是 LDH 术后再突出的危险因素^[32]。并且如行椎间植骨融合节段的邻近节段存在 FT,该融合节段会显著增加 FT 节段的应力,从而增加邻椎病的风险^[33]。这提示我们,对于存在

FT 的患者,腰椎椎间植骨融合内固定或内镜下髓核摘除术后应避免进行一些可能会引起腰椎复合运动的动作,如网球、排球、篮球等,否则有可能会增加再突出或邻椎病的风险,尤其是在活动量大的青少年群体中。

LDH 组和对照组的关节突关节角度测量方法已在既往的研究中被应用和报道,是一种具有可行性的方法,经腰椎 CT 和腹部 CT(所扫描层面经过椎间盘且与上位椎体的下终板平行)图像所测出来的关节突关节角度具有一致性^[12-14]。与 MRI 相比,在 CT 上测量关节突关节的角度可以消除软骨以及软组织的干扰,减少测量误差,更精确地反映关节突关节的角度。LDH 诊断的金标准是 MRI,行 CT 检查的主要原因是排除腰椎骨骼畸形及明确是否有椎间盘钙化。对于需要手术治疗的 LDH 患者,腰椎 MRI、CT 和 X 线往往都是需要的^[34]。健康的青少年很少愿意接受腰椎 CT 检查。然而,腹部 CT 是很多腹部疾病的一种常规检查,如急性阑尾炎。在进行腹部 CT 扫描时,如果因为疼痛而导致患者体位改变,腹部 CT 扫描所得出来的关节突关节角度与腰椎 CT 相比,是没有可比性的。但当所测量的腹部 CT 的层面是经过椎间盘且与上位椎体的下终板平行时,腹部 CT 所展现出来的腰椎层面与腰椎 CT 扫描出来的层面是很相似的。也就是说,并不是所有腹部 CT 都可以用来测量关节突关节角度,只有那些经过椎间盘且与上位椎体的下终板平行的腹部 CT 扫描层面,才是合适的对照组。这样的腹部 CT 提供了一个清晰的关节突关节图像,与腰椎 CT 所呈现出来的腰椎 CT 图像具有可比性。另外,我们对测得的对照组(即腹部 CT 组)结果进行了反向验证。我们把测出来的对照组关节突关节角度的平均值和标准差进行两组间比较,以及与以前的关于关节突关节角度的研究^[14]进行对比,没有发现显著性差异,从而反向验证了对照组测量结果的可信性及测量方法的有效性和可靠性。同时,两组的年龄、性别基线一致。因此,我们认为两组的资料是具有可比性的。

虽然本研究通过相对合适的年龄段和对照组剔除了许多干扰因素,较好地反映了下腰椎 FT 与 LDH 的关系。但也存在一些局限性。例如,样本量较少,尤其是青少年 LDH 临床发病率较低。另外,仍需要进一步明确不对称的程度是否与症状、

腰椎间盘突出程度有关。

综上所述,FT 在 LDH 的患者中是先天性存在的,不是退变引起的结果。在患有 LDH 的青少年下腰椎中 FT 的发生率明显高于正常的青少年下腰椎,与青少年 LDH 存在相关性。对于下腰椎 FT,在术前术后应该引起一定程度的重视。

4 参考文献

1. Moradi LM, Forouzanfar MH, Vollset SE, et al. Burden of musculoskeletal disorders in the Eastern Mediterranean Region, 1990–2013: findings from the Global Burden of Disease Study 2013[J]. *Ann Rheum Dis*, 2017, 76(8): 1365–1373.
2. Kumar R, Kumar V, Das NK, et al. Adolescent lumbar disc disease: findings and outcome[J]. *Childs Nerv Syst*, 2007, 23(11): 1295–1299.
3. Lee JY, Ernestus RI, Schroder R, et al. Histological study of lumbar intervertebral disc herniation in adolescents [J]. *Acta Neurochir(Wien)*, 2000, 142(10): 1107–1110.
4. Wang H, Cheng J, Xiao H, et al. Adolescent lumbar disc herniation: experience from a large minimally invasive treatment centre for lumbar degenerative disease in Chongqing, China[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2013, 115(8): 1415–1419.
5. Adams MA, Hutton WC. The effect of posture on the role of the apophysial joints in resisting intervertebral compressive forces[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1980, 62(3): 358–362.
6. Kalichman L, Hunter J. Lumbar facet joint osteoarthritis: a review[J]. *Semin Arthritis Rheum*, 2007, 37(2): 69–80.
7. 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.
8. 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(10): 1301–1308.
9. Farfan HF, Sullivan JD. The relation of facet orientation to intervertebral disc failure[J]. *Can J Surg*, 1967, 10(2): 179–185.
10. Vanharanta H, Floyd T, Ohnmeiss DD, et al. The relationship of facet tropism to degenerative disc disease [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1993, 18(8): 1000–1005.
11. Hagg O, Wallner A. Facet joint asymmetry and protrusion of the intervertebral disc[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1990, 15(5): 356–359.
12. Noren R, Trafimow J, Andersson GB, et al. The role of facet joint tropism and facet angle in disc degeneration[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1991, 16(5): 530–532.
13. Wang H, Zhou Y. Facet tropism: possible role in the pathology of lumbar disc herniation in adolescents[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2016, 18(1): 111–115.
14. Leonid K, Pradeep S, Ali G, et al. Facet orientation and

- tropism: associations with facet joint osteoarthritis and degeneratives[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(16): 579–585.
15. Wang J, Yang X. Age-related changes in the orientation of lumbar facet joints[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(17): E596–598.
16. Chadha M, Sharma G, Arora SS, et al. Association of facet tropism with lumbar disc herniation[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(5): 1045–1052.
17. Veres SP, Robertson PA, Broom ND. The influence of torsion on disc herniation when combined with flexion[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(9): 1468–1478.
18. Cyron BM, Hutton WC. Articular tropism and stability of the lumbar spine[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1980, 5(2): 168–172.
19. Cassidy JD, Loback D, Yong HK, et al. Lumbar facet joint asymmetry. Intervertebral disc herniation[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1992, 17(5): 570–574.
20. Lee DY, Ahn Y, Lee SH. The influence of facet tropism on herniation of the lumbar disc in adolescents and adults[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2006, 88(4): 520–523.
21. Xu WB, Chen S, Fan SW, et al. Facet orientation and tropism: Associations with asymmetric lumbar paraspinal and psoas muscle parameters in patients with chronic low back pain[J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2016, 29(3): 581–586.
22. 陈仲强, 刘忠军, 党耕町. 脊柱外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013. 338.
23. Lu WW, Luk KD, Holmes AD, et al. Pure shear properties of lumbar spinal joints and the effect of tissue sectioning on load sharing[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(8): E204–209.
24. Masharawi Y, Rothschild B, Salame K, et al. Facet tropism and interfacet shape in the thoracolumbar vertebrae: characterization and biomechanical interpretation[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(11): E281–292.
25. Schmidt H, Kettler A, Heuer F, et al. Intradiscal pressure, shear strain, and fiber strain in the intervertebral disc under combined loading[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(7): 748–755.
26. Kingma I, Bosch T, Bruins L, et al. Foot positioning instruction, initial vertical load position and lifting technique: effects on low back loading[J]. *Ergonomics*, 2004, 47(13): 1365–1385.
27. Arjmand N, Shirazi-Adl A. Biomechanics of changes in lumbar posture in static lifting[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(23): 2637–2648.
28. Kenesi C, Lesur E. Orientation of the articular processes at L4, L5, and S1: possible role in pathology of the intervertebral disc[J]. *Anat Clin*, 1985, 7(1): 43–47.
29. Karacan I, Aydin T, Sahin Z, et al. Facet angles in lumbar disc herniation: their relation to anthropometric features [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2004, 29(10): 1132–1136.
30. Ishihara H, Matsui H, Osada R, et al. Facet joint asymmetry as a radiologic feature of lumbar intervertebral disc herniation in children and adolescents [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1997, 22(17): 2001–2004.
31. Grogan J, Nowicki BH, Schmidt TA, et al. Lumbar facet joint tropism does not accelerate degeneration of the facet joints[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1997, 18(7): 1325–1329.
32. Li Z, Yang H, Liu M, et al. Clinical characteristics and risk factors of recurrent lumbar disk herniation: a retrospective analysis of three hundred twenty-one cases[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2018, 43(21): 1463–1469.
33. Kim HJ, Kang KT, Son J, et al. The influence of facet joint orientation and tropism on the stress at the adjacent segment after lumbar fusion surgery: a biomechanical analysis [J]. *Spine J*, 2015, 15(8): 1841–1847.
34. 陈仲强, 刘忠军, 党耕町. 脊柱外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013. 348–349.
- (收稿日期:2018-11-14 末次修回日期:2019-03-22)
(英文编审 孙浩林/贾丹彤)
(本文编辑 李伟霞)