

35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱 – 骨盆矢状位序列特征*

杨泽希 于 森 赵文奎 刘晓光**

(北京大学第三医院骨科, 北京 100191)

【摘要】 目的 探讨我国 35 岁以下青年腰椎间盘突出症患者的脊柱 – 骨盆矢状位序列的特征。 **方法** 回顾性分析 2017 年 1 月 ~ 2019 年 1 月我院骨科及疼痛科治疗 74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症患者的临床影像学资料, 描述患者的脊柱 – 骨盆矢状位参数, 与我院既往无症状健康青年人的脊柱 – 骨盆矢状位序列的结果进行比较。 **结果** 35 岁以下青年腰椎间盘突出症患者较无症状健康青年人骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) 显著增加 ($P = 0.003$, $P = 0.000$), 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL)、骶骨倾斜角 (sacral slope, SS) 显著减少 (均 $P = 0.000$), 胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) 无统计学差异 ($P = 0.062$), 18 例出现矢状位轴向距离 (sagittal vertical axis, SVA) > 5 cm。患者 LL 与 TK、SS、脊柱骶骨角 (spinal sacral angle, SSA) 高度相关, 与 PT、SVA、骶 – 股距离 (sacrofemoral distance, SFD) 中度相关, 与 PI 低度相关。SVA 与 SSA 高度相关, 与 TK、LL、PT、SS、SFD 中度相关。患者的胸腰段拐点约位于 L₂ 椎体下半部水平, 腰椎前凸曲度的顶点约位于 L₄ 椎体的上半部水平。 **结论** 35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱 – 骨盆矢状位序列特征为胸椎和腰椎曲度丢失, 骨盆后旋, 全脊柱前倾, 胸腰段拐点较低, 参与腰椎前凸椎体较少。这种形态学特征改变了脊柱的力学结构。

【关键词】 腰椎间盘突出症; 脊柱 – 骨盆矢状位序列; 脊柱畸形

文献标识: A 文章编号: 1009 – 6604 (2023) 04 – 0272 – 07

doi: 10.3969/j.issn.1009 – 6604.2023.04.007

The Characteristics of Sagittal Alignment of Spine-pelvis in Lumbar Disc Herniation in Patients Under 35 Years Old Yang Zexi, Yu Miao, Zhao Wenkui, et al. Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China
Corresponding author: Liu Xiaoguang, E-mail: xgliudoctor@163.com

【Abstract】 Objective To explore the characteristics of sagittal alignment of spine-pelvis in lumbar disc herniation in Chinese patients under 35 years old. **Methods** The clinical imaging data of 74 lumbar disc herniation patients under 35 years old in our hospital from January 2017 to January 2019 were collected and retrospectively analyzed. The sagittal parameters of the spine and pelvis were measured and compared to our previous research of sagittal alignment in asymptomatic healthy young persons. **Results** As compared with asymptomatic healthy young persons, lumbar disc herniation patients under 35 years old showed a significant increase in pelvic incidence (PI) and pelvic tilt (PT) ($P = 0.003$ and $P = 0.000$) and a significant decrease in lumbar lordosis (LL) and sacral slope (SS) (all $P = 0.000$). There was no statistically significant difference in thoracic kyphosis (TK) ($P = 0.062$), and 18 cases showed sagittal vertical axis (SVA) > 5 cm. The LL was highly correlated to TK, SS, and spinal sacral angle (SSA), moderately correlated to PT, SVA, and sacrofemoral distance (SFD), and weakly correlated to PI. The SVA was highly correlated to SSA and moderately correlated to TK, LL, PT, SS, and SFD. The inflection point of the thoracolumbar segment was located at the lower part of L₂ vertebra and the apex of lumbar lordosis was located at the upper part of L₄ vertebra. **Conclusions** The sagittal alignment of spine-pelvis in lumbar disc herniation patients under 35 years old is characterized as loss of curvature in the thoracic and lumbar

* 基金项目: 北京大学第三医院临床重点项目 (BYSYZD2019001); 首都卫生发展科研专项 (2020 – 2 – 4091); 北京大学第三医院临床重点项目 (孵育项目) (BYSYZD2019017)

** 通讯作者, E-mail: xgliudoctor@163.com

vertebrae, pelvic supination, and total spinal forward tilt. The inflection point of the thoracolumbar segment is lower and less vertebrae are involved in lumbar lordosis. The sagittal alignment alters the mechanical structure of the spine.

[Key Words] Lumbar disc herniation; Sagittal alignment of spine-pelvis; Spinal deformity

腰椎间盘突出症是在外力因素的作用下,椎间盘的纤维环破裂,髓核组织从破裂之处突出于后方或椎管内,相邻脊神经根遭受刺激或压迫,从而造成患肢者麻木、疼痛、跛行等一系列临床症状^[1]。近年来,椎间盘突出症出现发病年龄下降的趋势,原因尚不明确。在生理状态下,直立的脊柱具有生理性弯曲,使脊柱能够以最小的能量消耗维持稳定的身体姿态^[2,3]。异常的脊柱-骨盆矢状位序列可导致脊柱结构不稳定,打破平衡状态,产生病理性排列曲线,诱导机体发生代偿机制,使肌肉张力升高、疲劳、疼痛,并加速椎体及椎间盘的退变^[4,5]。因此,评估脊柱-骨盆矢状位形态对疾病的发生、发展及预后有重要作用,对治疗患者恢复正常生理结构与生活功能十分关键。目前,针对我国青年发病人群的脊柱-骨盆矢状位序列研究较为缺乏。本文回顾性研究我院 35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱-骨盆矢状位序列,探讨人体对椎间盘突出症的代偿方式和其对疾病发展的作用,为后续研究奠定基础。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本研究经北京大学第三医院医学科学研究伦理委员会审批[批文号:2021 医伦字第(374-01)号]。通过电子病历系统选取 2017 年 1 月~2019 年 1 月我院骨科及疼痛科首次确诊的腰椎间盘突出症患者,病例选择标准:①通过临床评估及影像学检查确诊为腰椎间盘突出症;②年龄<35 岁;③有完整的我院全脊柱正侧位 X 线及腰椎 MR 检查结果。排除标准:①合并其他脊柱疾病,如特发性脊柱侧弯、脊柱畸形、腰椎滑脱等;②有脊柱骨折或其他明确外伤史、肿瘤史;③有各类型脊柱开放或微创手术史;④腰腿痛病因不明,无法单纯用椎间盘突出症诊断解释;⑤缺乏检查或影像学资料无法适用。

共纳入 74 例腰椎间盘突出症。年龄 16~35 岁,平均 26.3 岁。男 43 例,女 31 例。1 例腰痛,5 例下肢放射性痛,68 例合并腰痛及下肢放射性痛

(其中 1 例合并下肢感觉功能异常)。腰腿痛病程中位数 10 个月(0.5~132 个月)。无患者出现大小便失禁。13 例下肢肌力下降:1 例股四头肌肌力 4 级,1 例 3 级;9 例腓长伸肌肌力 4 级,1 例 3 级;1 例小腿三头肌肌力 4 级。肌力下降均与椎间盘突出同侧。56 例直腿抬高试验阳性。以腰椎 MR T2 相序列在椎间盘层面对椎间盘突出程度作影像学评估:2 例椎间盘膨出,46 例椎间盘突出,26 例椎间盘脱出或游离; $L_{3/4}$ 2 例, $L_{4/5}$ 28 例, $L_5 \sim S_1$ 42 例,2 例 $L_{4/5}$ 合并 $L_5 \sim S_1$ 。

我院骨科既往研究^[3]报道 139 名中国健康青年人的脊柱-骨盆矢状位参数,此研究奠定正常国人脊柱-骨盆矢状位序列的研究基础。139 名健康青年人,男 94 名,女 45 名。年龄 21~28 岁,年龄和性别组成与本研究相似。排除慢性腰腿疼痛、脊柱畸形、滑脱、侧弯等病史及脊柱相关的手术史。选取研究资料中脊柱-骨盆矢状位影像参数作为健康人群的参考标准,以评估本研究腰椎间盘突出症影像学参数的变化。

1.2 方法

我院放射科行负重(站立)位全脊柱侧位 X 线平片检查(包含双侧髋关节股骨头)。X 线投照源固定,连续曝光后自动拼接成像。为避免姿势造成的误差,嘱患者摄片时保持直立,目视正前方,并充分伸展膝关节与髋关节。同时肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上,避免上肢对脊柱成像的干扰。通过院内影像归档与通信系统(picture archiving and communication system, PACS)进行影像学分析。

在 X 线平片的侧位图像中测量脊柱-骨盆各项关键参数(图 1):颈椎前凸角(cervical lordosis, CL)(C_{2-7})、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)(T_{4-12})、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)($L_1 \sim S_1$)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、脊柱骶骨角(spinal sacral angle, SSA)、脊柱矢状位轴向距离(sagittal vertical axis, SVA)[以第 7 颈椎铅垂线(C_7 plumb line, C_7 PL)为参考]、骶-股距离

(sacrofemoral distance, SFD)、骨盆匹配度(PI - LL)。此外,记录脊柱曲线的胸腰椎曲度拐点和腰椎曲度顶点的位置,并根据拐点和顶点的位置,计算参与形成腰椎曲度的椎体数、上腰弯椎体数和下腰弯椎体数(图 2)。具体方法:将 T₁₂ ~ L₅ 椎体分别赋值为 0 ~ 5,当拐点或顶点位于椎体时,赋值为椎体的数值;位于椎间隙时,赋值为相邻椎体的平均值,再作差计算目标区域的椎体数(例如:拐点位于 L₁ 椎体时,计为 1,顶点位于 L₃₋₄ 椎间隙时,计为 3.5,上腰弯椎体数为 2.5)。系统内测量角度的工具插件精

确到 0.1°,测量距离的工具插件精确到 0.01 mm (图 3)。

1.3 统计学处理

采用 SPSS24.0 进行统计学分析。正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料用 *M* (最小值 ~ 最大值) 表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料采用 χ^2 检验。双侧检验, *P* < 0.05 有统计学意义。Pearson 相关系数 *r* > 0.7 认为高度相关, *r* = 0.4 ~ 0.7 认为中度相关, *r* = 0.2 ~ 0.4 认为低度相关, *r* < 0.2 认为不相关。

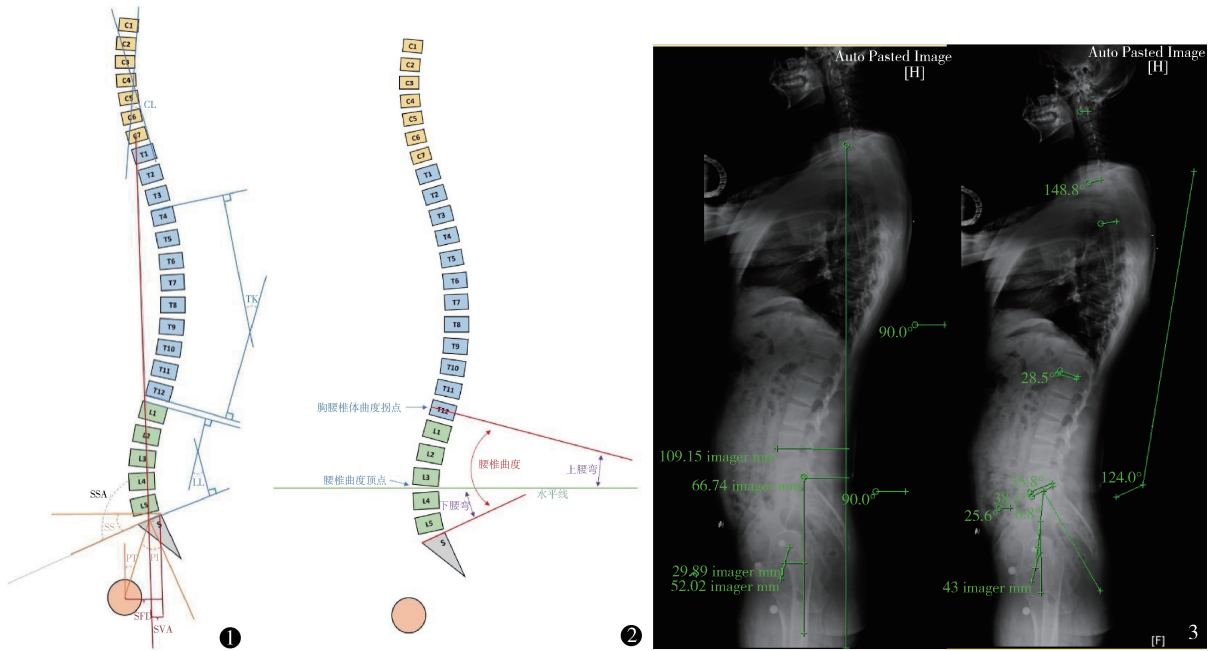


图 1 脊柱 - 骨盆矢状位参数示意图 图 2 胸腰椎曲度参数示意图 图 3 PACS 测量示意图

2 结果

2.1 脊柱 - 骨盆矢状位参数

74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱 - 骨盆矢状位参数见表 1。PI 均值为 49.1°, LL 和 SVA 均值分别为 29.8° 和 28.05 mm。74 例与我院既往研究无症状健康青年人(无 SSA、SFD 报道, CL、SVA 报道标准差过大, 不具有统计学可比性)比较,除胸椎参数 TK 差异无统计学意义之外 (*t* = -1.879, *P* = 0.062),腰椎和骨盆的相关参数均有统计学差异(表 2)。腰椎间盘突出症患者 PI、PT 较健康人变大, SVA 为正值, LL、SS 较健康人变小。

表 1 74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症的脊柱 - 骨盆矢状位参数测量结果

| 矢状位参数 | $\bar{x} \pm s$ | <i>M</i> | 最小值 ~ 最大值 |
|------------|-----------------|----------|-----------------|
| CL(°) | 26.1 ± 11.7 | 26.0 | 0.8 ~ 58.1 |
| TK(°) | 21.2 ± 13.2 | 22.5 | -20.7 ~ 52.2 |
| LL(°) | 29.8 ± 16.1 | 32.3 | -29.1 ~ 60.9 |
| PI(°) | 49.1 ± 8.8 | 48.3 | 30.2 ~ 70.9 |
| PT(°) | 22.0 ± 8.5 | 21.9 | 7.9 ~ 51.6 |
| SS(°) | 27.2 ± 8.0 | 27.8 | 10.9 ~ 49.2 |
| SSA(°) | 116.1 ± 10.6 | 118.1 | 86.3 ~ 136.1 |
| SVA(mm) | 28.05 ± 45.44 | 16.54 | -44.48 ~ 216.14 |
| SFD(mm) | 52.30 ± 17.24 | 52.25 | 18.71 ~ 100.55 |
| PI - LL(°) | 19.4 ± 15.5 | 16.4 | -7.7 ~ 82.4 |

CL: 颈椎前凸角;TK: 胸椎后凸角;LL: 腰椎前凸角;PI: 骨盆入射角;PT: 骨盆倾斜角;SS: 骶骨倾斜角;SSA: 脊柱骶骨角;SVA: 全脊柱矢状位轴向距离;SFD: 骶 - 股距离;PI - LL: 骨盆匹配度(骨盆入射角与腰椎前凸角的差值)

表 2 74 例腰椎间盘突出症与 139 名无症状青年志愿者参数比较($\bar{x} \pm s$)

| 分组 | 性别 | | 年龄(岁) | TK(°) | LL(°) | PI(°) | PT(°) | SS(°) |
|---------------------|----------------|----|-----------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| | 男 | 女 | | | | | | |
| 腰椎间盘突出症($n=74$) | 43 | 31 | 26.3±5.3(16~35) | 21.2±13.2 | 29.8±16.1 | 49.1±8.8 | 22.0±8.5 | 27.2±8.0 |
| 无症状青年志愿者($n=139$) | 94 | 45 | 23.5±1.5(21~28) | 24.2±9.8 | 48.3±11.1 | 45.1±9.6 | 10.3±6.7 | 34.8±7.8 |
| $t(\chi^2)$ 值 | $\chi^2=1.906$ | | $t=5.836$ | $t=-1.879$ | $t=-9.852$ | $t=2.979$ | $t=11.028$ | $t=-6.711$ |
| P 值 | 0.167 | | 0.000 | 0.062 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 |

2.2 脊柱-骨盆矢状位参数的相关性

74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱参数与骨盆参数的相关性分析见表 3。脊柱各参数与骨盆各参数存在相关性。在脊柱参数方面,腰椎曲度 LL 值与 TK、SS、SSA 高度相关,与 PT、SVA、SFD 均中度相关,与 PI 低度相关。在骨盆参数上,PI、

PT、SS 三者两两相关,具有统计学意义。在整体矢状位平衡的参数上,SVA 与 SSA 高度相关,与 TK、LL、PT、SS、SFD 均中度相关。而 SFD 与所有脊柱和骨盆参数中均有统计学相关性,其中与 PT 高度相关。

表 3 脊柱-骨盆矢状位参数相关性 r 值

| 系数 | TK | LL | PI | PT | SS | SSA | SVA | SFD |
|-----|-------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CL | 0.187 | 0.017 | -0.226 | -0.276 * | -0.012 | -0.022 | 0.095 | -0.240 * |
| TK | | 0.738 ** | 0.006 | -0.410 ** | 0.420 ** | 0.542 ** | -0.487 ** | -0.410 ** |
| LL | | | 0.344 ** | -0.425 ** | 0.743 ** | 0.811 ** | -0.637 ** | -0.413 ** |
| PI | | | | 0.324 ** | 0.502 ** | 0.332 ** | 0.057 | 0.382 ** |
| PT | | | | | -0.483 ** | -0.558 ** | 0.440 ** | 0.882 ** |
| SS | | | | | | 0.901 ** | -0.408 ** | -0.480 ** |
| SSA | | | | | | | -0.723 ** | -0.549 ** |
| SVA | | | | | | | | 0.474 ** |

* $P<0.05$; ** $P<0.01$

2.3 胸腰椎交界段曲度

74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症的胸腰椎交界区域曲度特点见表 4。胸椎后凸与腰椎前凸曲度的拐点平均赋值为 2.2,即位于 L₂ 椎体中心至 L₂₋₃ 椎间盘之间,约 L₂ 椎体下半部水平;腰椎前凸曲度的顶点平均赋值为 3.8,即位于 L₃₋₄ 椎间盘至 L₄ 椎体中心之间,约 L₄ 椎体上半部水平。参与形成腰椎前凸的总椎体数量为 3.8 个,其中上腰弯椎体数 1.6 个,下腰弯 2.2 个,上腰弯短于下腰弯。

表 4 74 例 35 岁以下腰椎间盘突出症胸腰椎交界段曲度特点

| 胸腰椎拐点 | 腰椎顶点 | 前凸椎体数 | 上腰弯椎体数 | 下腰弯椎体数 |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2.2±1.3 | 3.8±0.9 | 3.8±1.3 | 1.6±0.8 | 2.2±0.9 |

3 讨论

腰椎间盘突出症患者的发病年龄近来有年轻化

的趋势,给患者的生活工作带来一定影响。脊柱的退行性变与人体的脊柱-骨盆的生物力学结构关系密切,近年矢状面序列逐渐成为的研究热点。正常的脊柱形态可使躯干处于能量消耗最小的稳定状态,骨盆也与脊柱协同对平衡维持和调节起关键作用。目前,脊柱-骨盆矢状位参数被广泛应用于脊柱矫形治疗中^[6],然而针对腰椎间盘突出症的脊柱-骨盆矢状位序列的研究仍较为缺乏。患者由于突出的椎间盘压迫脊神经而出现麻木、疼痛、跛行等一系列症状,躯体会出现代偿性改变以缓解不适和耐受疾病。但脊柱骨盆的代偿机制及对椎间盘的退变和疾病发展的作用仍有待研究。

儿童和青少年的生长发育过程中,PI、PT、LL 逐渐增大以适应人体体重的增加和重心的变化,维持身体直立,当发育成熟后脊柱-骨盆的生理结构基本稳定,PI 不再随年龄和体位而变化,基本保持恒定^[7]。因此,本研究选择 16~35 岁患者为研究对象,其脊柱骨盆的矢状位序列相对稳定,并可以较大

程度上避免其他退行性疾病对脊柱-骨盆序列的影响,例如退变性脊柱侧弯、腰椎滑脱症等^[8]。排除青年人中特发性脊柱侧弯、休门氏症等,凸显腰椎间盘突出突出症对脊柱形态的影响。

本研究选取我院既往研究中 21~28 岁无症状国人脊柱-骨盆影像参数结果作为参考,也可以避免脊柱退行性变对结果带来的影响。Schwab 等^[2]研究 75 例全年龄段无症状健康人群,依据年龄分层比较脊柱骨盆序列的变化,结果显示相比 21~40 岁青年组,41~60 岁中年组和 60 岁以上的老年组胸椎后凸角度增加、C₇PL 前移,骨盆位置后移,但 PI 保持不变,且脊柱重心线维持稳定,穿过股骨头的位置。可见,随年龄的增长脊柱发生退行性变所导致的脊柱骨盆矢状位序列的改变。本研究 74 例腰椎间盘突出症比 139 例无症状青年志愿者平均年龄高 2.8 岁,考虑到成年人的 PI 值相对恒定,脊柱退行性变的生理过程较为漫长,所以较小的年龄差异尚不具有临床意义。

3.1 既往影像学参数研究结果

Yang 等^[9]报道我国腰椎间盘突出退行性变患者相比影像学上无退变的人群具有较小的 PI 值,同时出现较小的 SS 值和 PT 值。这一改变加重椎间盘对于包括重力在内的垂直应力的额外吸收。在椎间盘已经发生退变的患者中,有临床症状的人群相比无症状者 PI 值无明显差异,有症状者 SVA 明显偏大。Bae 等^[10]对韩国人群的研究显示,上腰椎间盘突出症(T₁₂~L₃)患者相比下腰椎间盘突出症(L₃~S₁)患者 PI 值更小,下腰椎间盘突出症患者 PI 值与无症状人群无明显差异。李庚午等^[11]研究显示 PI 可能影响椎间盘发生病变的位置节段,认为 PI<50°时,椎间盘发生病变的节段更低,主要位于 L₄₋₅和 L₅~S₁,PI>50°时相反;此外,SVA 与椎间盘发生病变的范围相关。然而,Fei 等^[12]对我国青年人群的研究否定了 PI 的差异,结果显示我国青年腰椎间盘突出症患者的 PI 值与同龄无症状人群无明显差异,但 LL 和 TK 显著偏小,而 PT、SVA 显著偏大。Barrey 等^[13]研究 45 岁以下人群,腰椎间盘突出症患者的骨盆 PI 值显著小于健康人群,并伴有 C₇PL 的前移、LL 及 SS 偏小、PT 偏大的特征。Endo 等^[14]对日本人群的研究表明,腰椎间盘突出症患者较无症状人群的 LL 偏小、PT 及 SVA 偏大;且手术治疗

后,患者 SVA 和 PT 值较术前减小,LL 增大,表明脊柱-骨盆序列向健康人群的序列“恢复”。综上,脊柱-骨盆形态可能在腰椎间盘的病变中起关键作用,但二者的因果关系目前尚无定论^[15]。

3.2 腰椎间盘突出症的脊柱-骨盆矢状位参数特征及其相关性

3.2.1 LL 偏小,腰椎曲度变直 与我国无症状青年志愿者相比,本研究腰椎间盘突出症患者 LL 显著偏小($t = -9.852, P = 0.000$)。腰椎前凸的减小或丧失是腰椎间盘突出症矢状位序列的主要特点之一,与既往 Fei 等^[12]、Barrey 等^[13]、Endo 等^[14]研究结果相似。腰椎的这种形态改变可能是由椎间盘的退变所引起,椎间盘高度丧失导致病变节段上下椎体间相对位置发生改变,椎间隙前方高度丧失,增加椎间隙的后凸程度。同时,患者因腰腿部疼痛而长期采用一种“弯腰躬身”的被动体位,以增大椎管和椎间孔容积,避免椎间盘向后压迫神经根^[16]。但这也同时改变腰椎的生理性曲度,使椎体前部应力增高,出现骨赘形成,同时脊柱后方腰背肌肉过度牵拉,出现无菌性炎症进一步加剧疼痛。

3.2.2 TK 偏小,出现“平背外观” 与我国无症状青年志愿者相比,本研究腰椎间盘突出症患者的 TK 相对偏小,但差异无统计学意义($P = 0.062$)。TK 与 LL 呈高度相关($r = 0.738$),胸椎的这种曲度特点是对腰椎曲度变直的代偿。当腰椎曲度减小时,胸椎过度的后凸以及较长的力臂会使躯体上段过度前倾,出现脊柱矢状位失平衡,通过减小胸椎后凸可维持躯体的直立。

3.2.3 CL 独立代偿,维持平视 既往文献对腰椎疾病的矢状位序列研究多关注腰椎和骨盆区域,缺少对颈部序列的研究。本研究腰椎间盘突出症患者的 CL 与 TK、LL 均无统计学相关性,与 PI、SS、SSA、SVA 也无统计学相关性,仅与 PT 和 SFD 低度相关。这一结果表明,颈椎曲度 CL 是脊柱-骨盆矢状位序列中相对独立的一个矢状位参数,颈椎的代偿原理可能独立于胸椎和腰椎序列。在腰椎曲度变直、胸椎后凸偏小的前提下,人体主动调整头部俯仰姿态,改变颈椎曲度。无论 LL 和 TK 的大小如何变化,恰当的 CL 均可以维持头部水平及目光平视。但是,长期的颈部过伸可导致颈后肌群的疲劳,这可能是腰椎间盘突出症患者常出现颈肩部疼痛、头部

俯仰活动受限的原因。

3.2.4 PI 及 PI - LL 偏大, 脊柱 - 骨盆匹配欠佳

除颈、胸、腰椎外, 骨盆也是调整脊柱平衡的关键因素。PI 是一个相对固定的骨盆参数, 成年后不再变化, 且不随体位姿势变化, 因而在矢状位参数研究中广受关注。Roussouly 等^[17]认为 PI 值小的个体骨盆代偿能力差, 可能导致腰椎间盘的病变, 并与下腰痛的发生相关; 健康人群的 PI 值较大, 骨盆代偿能力好。但也有研究质疑 PI 在椎间盘病变中的作用, Fei 等^[12]报道我国青年腰椎间盘突出症患者与健康人群 PI 值并无明显差别。与我国无症状青年志愿者相比, 本研究腰椎间盘突出症患者的 PI 偏大约 4° ($P = 0.003$), 与既往的研究^[5,9,10]结果稍有不同。

此外, 临床上常用 PI 与 LL 的差值作为评价骨盆与脊柱匹配程度和脊柱矫正效果的工具, PI - LL 过大可能与患者疼痛和生活功能评分不佳相关^[18]。为避免脊柱术后的退变、内固定失败, 常以术前的 PI 值为参考来拟定恰当的 LL。Schwab 等^[19]提出以 PI - LL $> 20^{\circ}$ 为标准来判断脊柱与骨盆的失匹配。随年龄的增大, 理想的 PI - LL 值也随之增大。我国 Sun 等^[20]和 Zhang 等^[21]认为对于我国患者 PI - LL $< 10^{\circ}$ 是脊柱与骨盆匹配度最佳的标准, PI - LL 为 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 被认为是老年人接受矫形手术的最佳目标。在本研究中, 28 例 (37.8%) 出现 PI - LL $> 20^{\circ}$, 考虑青年腰椎间盘突出症患者的骨盆与脊柱匹配度欠佳, 使疼痛加重、脊柱退变。

3.2.5 SS 偏小, PT 偏大, 骨盆后旋 由于具有几何关系 $PI = SS + PT$, 这 3 个骨盆参数两两相关。同时这也表明, 在 PI 不变的前提下, 骨盆通过调整 SS 和 PT 的相对大小来实现对脊柱矢状位序列的代偿。与我国无症状青年志愿者相比, 本研究腰椎间盘突出症患者的 SS 偏小, 而 PT 偏大。SS ($r = 0.743$) 和 PT ($r = -0.425$) 分别与 LL 呈高度正相关及中度负相关。PT 与 SFD 呈高度相关 ($r = 0.882$), 二者共同反映骨盆的旋转倾斜程度。作为对腰椎疾病的代偿, 骨盆沿股骨头向后旋转, 骶骨平台呈现“水平化”形态。

3.2.6 SVA 为正值, C₇PL 位于骶骨前方, 部分出现矢状位失平衡 作为评估脊柱重心位置的关键参数, C₇PL 与骶骨在矢状位上的相对关系影响躯体的整体平衡。C₇PL 落在骶骨后上角附近, 过前或过后

均可造成矢状位失平衡。临床常用 SVA 绝对值 < 5 cm 作为脊柱 - 骨盆矢状位稳定的标准^[22]。本研究 18 例 (24.3%) SVA > 5 cm, 即出现脊柱矢状位结构失平衡。本研究腰椎间盘突出症的 SVA 均值为正值, 即 C₇PL 位于骶骨前方; 正常国人 SVA 均值为负值, 即 C₇PL 位于骶骨的后方。SVA 与 LL ($r = -0.637$)、PT ($r = 0.440$) 和 SS ($r = -0.408$) 呈中度相关, 可见, 疾病对脊柱 - 骨盆矢状位序列的影响与脊柱的稳定平衡密切相关。此外, SSA 与 SS ($r = 0.901$) 和 SVA ($r = -0.723$) 呈高度相关。从几何关系上看, SSA 可认为是 SS 与脊柱与水平面夹角的和, 反映脊柱整体的后凸情况, 与人体维持躯体直立密切相关^[22]。骶骨平面水平化和矢状位的失平衡使患者的躯干前倾, 呈现“躬身姿态”, 同时改变了髋关节和下肢的力线。

3.3 腰椎间盘突出症的胸腰椎交界段曲度

脊柱的胸腰段曲度变化对脊柱的形态和功能有重要的意义。胸腰椎交界处为脊柱生理性曲度的拐点, 影响上腰弯和与胸椎后凸的相互关系, 也同时是脊柱外科手术策略的关注点^[5,17]。当胸腰段拐点位置越高时, 脊柱上段的后凸空间越小。因此, 胸椎需要在较少的节段内形成较大的后凸, 或将后凸节段向上延长至颈椎, 使颈椎的曲度变直或产生病理性后凸。相反, 当胸腰段拐点位置越低时, 脊柱下段的前凸空间越小。因此, 参与腰椎前凸的椎体节段减少, 且主要失去下腰弯, 使骶骨平面趋于水平, 从而增加下腰椎与骶骨区域的椎间盘垂直应力, 加速退变。此外, 腰椎曲度的节段过少增加躯体上段的力臂, 使整个脊柱呈现一个后凸的姿态, 并加剧脊柱的矢状位失平衡。

Mac-Thiong 等^[23]提出正常人群腰椎前凸的上腰弯长度较长, 曲度占腰椎整体曲度的 1/3; 下腰弯长度较短, 曲度占整体的 2/3。前凸顶点大致位于第 3 腰椎。在本研究中, 青年腰椎间盘突出症患者的胸腰段拐点平均位于 L₂ 椎体下半部水平, 腰椎前凸曲度的顶点平均位于 L₄ 椎体的上半部水平; 参与形成腰椎前凸的总椎体数量为 3.8 个, 其中上腰弯椎体数 1.6 个, 下腰弯 2.2 个, 上腰弯短于下腰弯。这提示青年腰椎间盘突出症患者的胸腰段拐点位置较低, 参与腰椎前凸的椎体数较少, 以上腰弯长度的缩短为主要特征。结合上文腰椎序列的矢状位参

数,可将青年腰椎间盘突出症患者的胸腰段形态概括为“位置低、短而小的前凸”。

综上,35 岁以下腰椎间盘突出症患者的脊柱-骨盆矢状位序列表现为胸椎及腰椎生理曲度的丢失和骨盆的后倾。同时,骶骨平面呈现水平化姿态,颈部曲度调整以维持目光平视。此外,胸腰段拐点的位置较低,参与腰椎前凸的椎体数较少,上腰弯长度较短。这样的矢状位序列特点可能导致脊柱骨盆匹配度欠佳、矢状位失平衡。病理性的脊柱力学结构可能会进一步增加椎间盘的应力,加速脊柱退行性改变,导致病情进展甚至出现脊柱结构畸形。

参考文献

- Benzakour T, Igoumenou V, Mavrogenis AF, et al. Current concepts for lumbar disc herniation. *Int Orthop*,2019,43(4):841-851.
- Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position. *Spine (Phila Pa 1976)*,2006,31(25):E959-E967.
- 李危石,孙卓然,陈仲强.正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究. *中华骨科杂志*,2013,33(5):447-453.
- Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *Eur Spine J*,2010,19(11):1824-1836.
- Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms? *Eur Spine J*,2011,20(Suppl 5):626-633.
- Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine (Phila Pa 1976)*,2009,34(17):1828-1833.
- Mac-Thiong JM, Berthonnaud É, Dimar JRI, et al. Sagittal Alignment of the Spine and Pelvis During Growth. *Spine(Phila Pa 1976)*,2004,29(15):1642-1647.
- Bae JS, Jang JS, Lee SH, et al. Radiological analysis of lumbar degenerative kyphosis in relation to pelvic incidence. *Spine J*,2012,12(11):1045-1051.
- Yang X, Kong Q, Song Y, et al. The characteristics of spinopelvic sagittal alignment in patients with lumbar disc degenerative diseases. *Eur Spine J*,2014,23(3):569-575.
- Bae J, Lee SH, Shin SH, et al. Radiological analysis of upper lumbar disc herniation and spinopelvic sagittal alignment. *Eur Spine J*,2016,25(5):1382-1388.
- 李庚午,杨长伟,陈凯,等.腰椎间盘突出与脊柱骨盆矢状面参数的相关性. *中国临床医学*,2017,24(2):194-198.
- Fei H, Li WS, Sun ZR, et al. Analysis of spino-pelvic sagittal alignment in young chinese patients with lumbar disc herniation. *Orthop Surg*,2017,9(3):271-276.
- Barrey C, Jund J, Nosedà O, et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*,2007,16(9):1459-1467.
- Endo K, Suzuki H, Tanaka H, et al. Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation. *Eur Spine J*,2010,19(3):435-438.
- 胡东,宁旭.脊柱-骨盆矢状面参数与腰椎间盘突出症相关性研究进展. *脊柱外科杂志*,2020,18(1):64-67,72.
- Pourabbas Tahvildari B, Masroori Z, Erfani MA, et al. The impact of spino-pelvic parameters on pathogenesis of lumbar disc herniation. *Musculoskelet Surg*,2022,106(2):195-199.
- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J*,2011,20(Suppl 5):S609-S618.
- Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*,2009,34(17):E599-E606.
- Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*,2012,37(12):1077-1082.
- Sun XY, Zhang XN, Hai Y. Optimum pelvic incidence minus lumbar lordosis value after operation for patients with adult degenerative scoliosis. *Spine J*,2017,17(7):983-989.
- Zhang HC, Zhang ZF, Wang ZH, et al. Optimal pelvic incidence minus lumbar lordosis mismatch after long posterior instrumentation and fusion for adult degenerative scoliosis. *Orthop Surg*,2017,9(3):304-310.
- 周思宇,孙卓然,李危石.矢状位平衡影像学评价之争议与现状. *中国修复重建外科杂志*,2018,32(11):1365-1370.
- Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine caucasian asymptomatic adults. *Spine(Phila Pa 1976)*,2010,35(22):E1193-E1198.

(收稿日期:2022-09-29)

(修回日期:2023-03-03)

(责任编辑:李贺琼)