DOI:10.16016/j.2097-0927.202111074

退行性脊柱畸形患者胸腰椎活动度特征分析

李 凯[1],杨 森[1,2],武文杰[1],杨乾坤[1],魏小雨[1],陈 灿[1],喻学科[1],陈春华[1],罗 飞[1] 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院骨科[1];453000 河南 新乡,中国人民解放军陆军第八十三集团军医院骨科[2]

[**摘要**] **目的** 探讨退行性脊柱畸形(degenerative spinal deformity,DSD)的胸腰椎三维活动度特征。**方法** 于2018年5月至2021年5月在陆军军医大学第一附属医院骨科招募的100例被试者,畸形组60例(均以腰弯方向区分向左侧凸39例,向右侧凸21例)和同期健康体检组40例作为对照组。采用手持关节角度仪测量被试者的胸椎左右侧屈、左右旋转、腰椎前屈后伸、左右侧屈活动度。于站立位拍摄脊柱全长正侧位X线片,测量冠状面Cobb角,确定顶椎位置并做好记录。在胸腰椎脊柱MRI的顶椎横断面T_2W1像上测量顶椎旋转度(apical vertebra rotation,AVR)。比较两组被试者在胸腰椎活动度的差异,并在畸形组中分析胸腰椎活动度和AVR以及Cobb角的相关性。**结果** DSD组腰椎冠状面(侧屈)和矢状面(屈伸)的整体活动度、其胸椎在水平面(旋转)的活动度显著小于对照组($P<0.01$)。左侧弯畸形组的腰椎前屈和后伸、右侧屈(凹侧)及胸椎左旋转(凹侧)右旋转(凸侧)均显著低于对照组($P<0.05$)。右侧弯畸形组中,腰椎后伸、左侧屈(凹侧)、右侧屈(凸侧)以及胸椎左旋转(凹侧)、右旋转(凸侧)显著低于对照组($P<0.05$)。在畸形组中,腰椎凸侧侧屈活动度与Cobb角($r=-0.282$,$P=0.035$)和AVR($r=-0.343$,$P=0.010$)均呈显著负相关。**结论** DSD在各方向上均存在一定的脊柱活动度受限,在腰椎上主要以前屈后伸和侧屈受限为主,在胸椎上以旋转受限为主;腰椎凸侧侧屈活动度和AVR与Cobb角密切相关。

[**关键词**] 退行性脊柱畸形;胸椎;腰椎;活动度

[**中图法分类号**] R195.4;R682.13 [**文献标志码**] A

Characteristics of thoracic and lumbar mobility in patients with degenerative spinal deformity

LI Kai[1], YANG Sen[1,2], WU Wenjie[1], YANG Qiankun[1], WEI Xiaoyu[1], CHEN Can[1], YU Xueke[1], CHEN Chunhua[1], LUO Fei[1] Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038; [2]Department of Orthopedics, Hospital of Eight-Third Army Group, Xinxiang, Henan Province, 453000, China

[**Abstract**] **Objective** To explore the characteristics of thoracic and lumbar mobility in patients with degenerative spine deformity (DSD). **Methods** A total of 60 patients with degenerative spine deformity (DSD) admitted in our hospital from May 2018 to May 2021 were recruited in the study, and another 40 healthy individuals who taking physical examination during same period served as control group. The patients including 39 cases of scoliosis convex to the left and 21 cases to the right. A handheld joint actiometer was used to measure thoracic vertebrae left-right lateral flexion, left-right rotation, and lumbar vertebrae flexion and extension, left and right lateral flexion in the deformed group and control group. The parameters, including coronal Cobh angle (CA) and apical vertebra (AV) were measured on the X-ray films of the whole

[**基金项目**] 军队后勤科研重大项目(AWS17J004)

[**通信作者**] 罗 飞,E-mail:luofeispine@126.com

2097-0927/Copyright © 2022, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

spine in the standing position. The apical vertebra rotation (AVR) was measured on the cross-sectional T_2W1 image of MRI. Differences in thoracic and lumbar vertebrae range of motion (ROM) were compared between the 2 groups, and the correlation of thoracic and lumbar vertebrae ROM with AVR and CA angle were analyzed in the deformed group. **Results** The overall ROM of the lumbar lateral flexion, flexion, extension and the ROM of the thoracic vertebra rotation were significantly smaller than those of the control group ($P<0.01$). In the left-sided curved deformities, the lumbar flexion, extension, lateral flexion (concave) and thoracic rotation (concave, convex) were significantly smaller than those in the control group ($P<0.05$). In the right-sided curved deformities, the lumbar extension, lumbar flexion (concave, convex), and thoracic rotation (concave, convex) were significantly small than in the control group ($P<0.05$). In the deformed group, the lumbar lateral flexion (convex) was significantly negatively correlated with both CA angle ($r=-0.282$, $P=0.035$) and AVR ($r=-0.343$, $P=0.010$). **Conclusion** DSD patients have limitations in spinal mobility in all directions. The mobility limitation for lumbar spine mainly focuses on flexion and extension (sagittal plane) and lateral flexion (coronal plane), while mobility limitation for thoracic vertebrae mainly concentrates on rotation. The lateral flexion mobility on the convex side are closely associated with the Cobb angle and AVR.

[**Key words**] degenerative spinal deformity; thoracic vertebrae; lumbar vertebrae; range of motion

Supported by the Major Project of Military Logistics Scientific Research (AWS17J004). Corresponding author: LUO Fei, E-mail: luofeispine@126.com

脊柱组成人体的中轴骨,除了维持身体平衡,还参与日常活动。脊柱畸形的严重程度常影响脊柱的稳定性和相应的生物力学改变,如何精确描述脊柱在生理负荷下的运动形式,对认识引起脊柱病理变化的生物力学因素和脊柱畸形的诊断、治疗意义重大。既往的研究主要集中在静态的影像学形态,忽略了脊柱的运动功能。事实上,脊柱活动度测量对于预防和评估脊柱病变具有重要指导意义[1]。

全球人口的社会年龄分布正在向老龄化转变,成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD)发病率逐年增加,常为退行性脊柱侧凸畸形(degenerative spinal deformity, DSD),也称原发性脊柱侧凸(de novo scoliosis),其定义为人群骨骼发育成熟后,冠状位 Cobb 角>10°[2]。DSD 是以腰椎前凸角的减小和胸椎后凸角的增大为特征,并影响脊柱矢状位平衡。如果脊柱较为柔韧,可以通过伸展去代偿,而如果脊柱较为僵硬,只能通过骨盆后倾使骶骨倾斜角减小。张文均等[3]在研究老年畸形人群的脊柱前屈后伸后发现,椎间夹角的变化在上胸段较小,随着节段的增加而增大,但总的变化范围仍然较小的特征。脊柱是多运动单元组成的稳定整体结构,节段间的运动相互影响,说明畸形是脊柱活动能力受限的重要影响因素之一,然而该团队没有关注侧屈及旋转。因此,对 DSD 的脊柱运动特征尚有待进一步研究。

有研究表明在 Cobb 角>40°的侧凸,每增加 10°,其柔韧性约降低 10%,脊柱 bending 及过伸过屈位片是临床分析脊柱运动常用的方法,但该方法是静态、瞬时、单一的指标,受被检查者配合等干扰因素,需要反复放射学评估的辐射风险较大,并难以实现旋转测量。近年来,包括双平面及动态在体活动度测量逐渐发展,但操作难度和相关辐射剂量的增加限制了该方法的应用[4]。随着数字化技术的发展和无辐射性、无创性要求,活动度测量从简单的卷尺发展为计算机化的运动分析系统[5]。例如 SpineMouse、CA6000 等常用于表示整个脊柱某一特定部位的站立曲度和活动范围,各种体表测量仪正逐渐广泛应用于临床脊柱活动度评估[6]。手持关节角度仪具有无创、便携、操作简便、可信度良好等优势。美国医学会在“永久性残损评定指南(Guides to the Evaluation of Permanent Impairment)”中推荐角度仪作为腰椎活动度测量的装置[7]。

本研究借助手持关节角度仪对 DSD 及健康患者的胸腰椎活动度进行测量,通过与对照组对比,分析 DSD 的胸腰椎活动度特点,并研究各方向活动度与影像学上畸形程度的关系。

1 资料与方法

1.1 研究对象

于 2018 年 5 月至 2021 年 5 月在陆军军医大学第一附属医院骨科招募的 100 例被试者,其中 DSD 畸形组 60 例,健康对照组 40 例。纳入及分组标准:①自愿参加本研究;②年龄>45 岁;③根据脊柱全长 X 正位片显示冠状位 Cobb 角>10°分入 DSD 组,X 线片无侧弯分入对照组。排除标准:①强直性脊柱炎、脊柱肿瘤、脊柱结核、脊柱感染等脊柱疾患;②近 2 年内有脊柱手

术史;③近 1 年内有新发的外伤性或骨质疏松性脊柱压缩骨折病史;④严重的骨盆、髋膝关节、下肢病变及其他严重系统疾病者;⑤体内留有心脏起搏器、血管支架、电磁耳蜗等其他不宜行 MRI 检查的置入物;⑥因腰背剧烈疼痛无法完成胸腰椎活动或做胸腰椎活动时引起疼痛明显加重者。本研究通过陆军军医大学第一附属医院伦理委员会审批(KY201853),并在中国临床试验注册中心注册(ChiCTR1800019459)。

1.2 研究指标及测量方法

通过影像学测量 DSD 患者及同龄健康患者脊柱畸形程度,并采用手持关节角度仪测量脊柱活动度。具体评估参数包括手持关节角度仪(MicroFET3, HOGGAN, USA)测量的腰椎矢状/冠状面活动度、胸椎冠状/水平面活动度以及站立位全脊柱正侧位 X 线片上测量的 Cobb 角和横断位 T_2W1 像上的顶椎旋转度(图 1)。

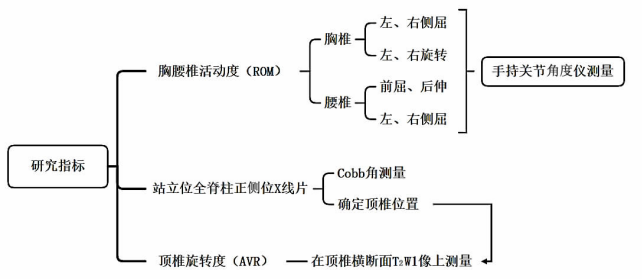


图 1 研究变量及测量方法

1.2.1 影像学参数(Cobb 角和顶椎旋转度) 患者于站立位、伸膝伸髋拍摄全脊柱正侧位 X 线片。确定侧弯上、下端椎后,在上端椎椎体上缘和下端椎椎体下缘各划一横线,并对此两横线各做一垂直线。该 2 条垂直线的交角为 Cobb 角(图 2A)。患者进一步行胸腰椎脊柱 MRI 检查,选取顶椎所在层面腰椎 T_2W1 水平位片,顶椎位于椎体者选取椎体中间层面,位于椎间盘者选取椎间盘中间层面,在顶椎横断位 T_2W1 像上测量椎体中心与椎管后方左右椎体交接中点的连线和矢状面的夹角,用旋转度(apical vertebra rotation, AVR,图 2B)。

1.2.2 脊柱胸腰椎活动度的测量 采用 Hoggan 手持关节角度仪测量脊柱各方向活动度,包括:①胸椎左右侧屈;②胸椎左右旋转;③腰椎左右侧屈;④腰椎前后屈伸。测量时被试者脱去鞋子,穿紧身衣服和紧身裤,完成 3 次各方向预热活动后,自然直立,两脚与肩同宽,开始正式测量(图 3)。

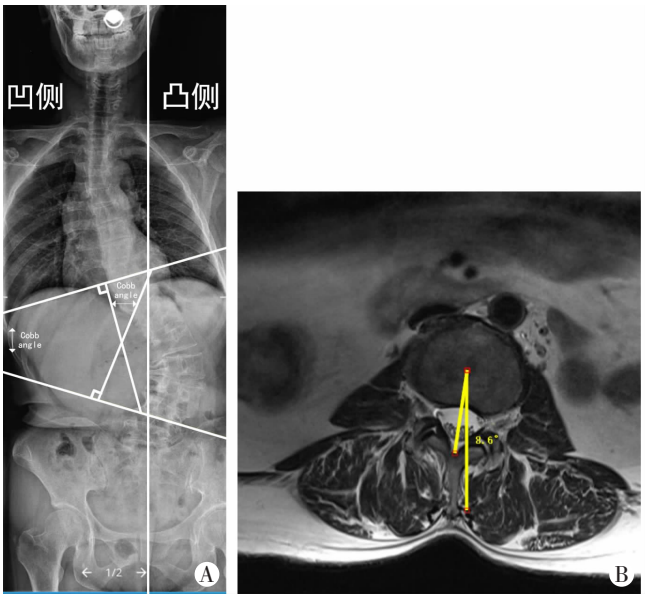


图 2 X 线片上测量 Cobb 角(A)和顶椎横断位 T_2W1 像上测量 AVR(B)的示意图



A:前屈;B:后伸;C:侧屈;D:旋转

图 3 手持关节角度仪测量脊柱活动度的示意图

胸椎侧屈活动度:被试者直立时角度计放在 T_1 棘突处,起始位读数记为 A_1;被试者向左侧做无痛范围内最大侧屈,于终末位置保持 2 s,角度计移至 T_{12} 棘突处后,嘱被试者缓慢站直,结束位读数记为 A_2。胸椎段左侧侧屈活动范围定义为 A_1-A_2。以同样的方法测量右侧侧屈活动范围。胸椎侧屈活动度=左侧侧屈活动度+右侧侧屈活动度。

胸椎旋转活动度:测量前,被试者双手交叉于前

胸,躯干向前屈曲至与地面平行。旋转前后,角度计分别放于 T_1 和 T_{12} 棘突读数,记为 B_1 和 B_2;单侧旋转活动范围定义为 B_1-B_2。胸椎旋转活动度=左旋转动度+右旋转动度。

腰椎侧屈活动度:被试者直立,角度计放在 T_{12} 棘突处,起始位读数记为 C_1;被试者向左侧做无痛范围内最大侧屈,于终末位置保持 2 s,角度计移至 S_1 棘突处后,嘱被试者缓慢站直,结束位读数记为 C_2。腰椎段左侧侧屈活动范围定义为 C_1-C_2。以同样的方法测量右侧侧屈活动范围。腰椎侧屈活动度=左侧侧屈活动度+右侧侧屈活动度。

腰椎屈伸活动度:被试者双下肢伸直,做无痛范围内最大程度前屈后伸。屈曲前后,角度计分别放于 T_{12} 和 S_1 棘突读数,记为 D_1 和 D_2;前屈角度为 D_1-D_2。伸展前后,角度计分别放于 T_{12} 和 S_1 棘突读数,记为 E_1 和 E_2;后伸角度为 E_1-E_2。腰椎屈伸活动度=前屈活动度+后伸活动度。

1.2.3 疼痛视觉模拟量表(VAS)评分 受被试者均在活动度测试前填写 VAS 评分表,由专业骨科医师评估后,由同一名医师完成记录。如患者因为疼痛无法耐受测量过程,告知其热敷、休息、非甾体抗炎药等治疗,疼痛缓解后自愿行活动度测量,因腰背剧烈疼痛无法完成胸腰椎活动或做胸腰椎活动时引起疼痛明显加重者,入组前进行剔除。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析,计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 组间差异比较,符合正态分布的连续变量用两独立样本 t 检验,反之用 Mann-Whitney U 检验,计数资料用例数(百分比)表示,组间比较采用 χ^2 检验。符合正态分布的连续变量采用 Pearson 相关性分析,反之则用 Spearman 相关性分析。以双侧 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

两组被试者的一般资料见表 1,基础疾病分布情况见表 2。两组被试者在性别构成、年龄、身高、体质量、BMI、基础疾病等指标上差异无统计学意义,具有可比性。

2.2 畸形组与对照组胸腰椎活动度差异性比较

脊柱畸形组腰椎冠状面和矢状面的整体活动度均显著小于对照组,其胸椎在水平面的活动度显著小于对照组($P<0.05$),而在冠状面上的活动度与对照组比较差异无统计学意义(表 3)。

表 1 两组患者一般资料比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	畸形组($n=60$)	对照组($n=40$)	统计参数	P 值
男/女(例)	13/47	7/33	$\chi^2=0.260$	0.610
年龄/岁	62.78±1.34	60.32±1.21	$t=1.817$	0.072
身高/cm	152.39±1.51	155.07±1.30	$Z=0.203$	0.203
体质量/kg	57.71±1.23	58.51±1.36	$t=-0.555$	0.580
BMI/kg·cm^{-2}	24.84±0.40	24.38±0.45	$t=0.518$	0.606
VAS 评分/分	3.52±2.07	1.35±1.54	$Z=-5.210$	<0.001

表 2 两组患者基础疾病情况 [例(%)]

基础疾病	畸形组($n=60$)	对照组($n=40$)	χ^2 值	P 值
高血压	13(21.7)	4(10.0)	2.315	0.128
冠心病	4(6.7)	0	2.778	0.096
糖尿病	4(6.7)	2(5.0)	0.118	0.731
高脂血症	7(11.7)	5(12.5)	0.016	0.900
脑卒中史	3(5.0)	1(2.5)	0.391	0.532

表 3 脊柱畸形组与对照组不同平面胸腰椎活动度比较 (°,$\bar{x}\pm s$)

活动度	畸形组($n=60$)	对照组($n=40$)	P 值
腰椎冠状面活动度(侧屈)	21.783±10.532	29.375±6.424	<0.001
腰椎矢状面活动度(屈伸)	48.267±16.337	59.700±19.080	<0.001
胸椎冠状面活动度(侧屈)	45.417±23.725	46.650±16.358	0.775
胸椎水平面活动度(旋转)	36.068±25.818	54.316±16.597	<0.001

在腰椎矢状面的活动即前屈、后伸,右侧屈(凹侧)和胸椎左旋转(凸侧)、右旋转(凹侧)上,左侧弯畸形组均显著低于对照组($P<0.05$),在其他方向上两组活动度差异无统计学意义(表 4)。

表 4 左侧弯畸形组与对照组在胸腰椎活动度上的差异比较 (°, $\bar{x}\pm s$)

脊柱分段	活动度	畸形组(左侧弯)($n=39$)	对照组($n=40$)	t 值	P 值
腰椎	前屈	36.615±14.884	47.300±16.695	-2.999	0.003
	后伸	10.820±5.734	13.450±5.861	-2.014	0.047
	左侧屈(凸侧)	12.615±6.926	15.000±4.472	-1.822	0.072
	右侧屈(凹侧)	9.641±5.426	14.375±3.649	-4.560	<0.001
胸椎	左侧屈(凸侧)	25.128±13.833	21.750±6.949	1.376	0.172
	右侧屈(凹侧)	22.589±13.092	24.900±10.996	-0.850	0.397
	左旋转(凸侧)	19.897±12.516	28.550±8.670	-3.579	0.001
	右旋转(凹侧)	19.564±13.556	26.275±10.935	-2.424	0.017

表 5 右侧弯畸形组与对照组在胸腰椎活动度比较(°, $\bar{x}\pm s$)

脊柱分段	活动度	畸形组(右侧弯)(n=21)	对照组(n=40)	t 值	P 值
腰椎	前屈	39.809±14.048	47.300±16.695	−1.754	0.084
	后伸	9.857±3.850	13.450±5.861	−2.531	0.014
	左侧屈(凹侧)	10.904±4.794	15.000±4.472	−3.315	0.001
	右侧屈(凸侧)	10.809±5.793	14.375±3.649	−2.945	0.004
胸椎	左侧屈(凹侧)	20.761±9.523	21.750±6.949	−0.463	0.644
	右侧屈(凸侧)	20.428±10.879	24.900±10.996	−1.514	0.135
	左旋转(凹侧)	18.000±10.681	28.550±8.670	−4.164	<0.001
	右旋转(凸侧)	19.190±12.201	26.275±10.935	−2.310	0.024

右侧弯畸形组与对照组在胸腰椎活动度上比较,前者在腰椎后伸、左侧屈(凹侧)和右侧屈(凸侧),以及胸椎左旋转(凹侧)和右旋转(凸侧)上显著低于对照组(P<0.05),两组在其他方向上的活动度差异无统计学意义(表 5)。

2.3 畸形组活动度与顶椎 AVR 及 Cobb 角之间的相关性分析

畸形组 AVR 为(6.69±4.68)°,Cobb 角为(18.72±6.10)°,相关性分析结果显示,畸形组腰椎凸侧侧屈活动度与 Cobb 角(r=−0.282,P=0.035)和 AVR(r=−0.343,P=0.010)均呈显著负相关;胸腰椎其余方向的活动度与 Cobb 角和 AVR 无显著相关性,见表 6。

表 6 脊柱畸形组胸腰椎活动度与 Cobb 角和 AVR 的相关性分析

脊柱分段	活动度	Cobb 角		AVR	
		r 值	P 值	r 值	P 值
腰椎	前屈	−0.185	0.171	0.221	0.102
	后伸	−0.049	0.721	−0.057	0.676
	侧屈(凸侧)	−0.282	0.035	−0.343	0.010
	侧屈(凹侧)	−0.228	0.092	−0.028	0.838
胸椎	旋转(凸侧)	−0.022	0.882	−0.016	0.914
	旋转(凹侧)	0.020	0.895	−0.070	0.638
	侧屈(凸侧)	−0.047	0.730	0.030	0.827
	侧屈(凹侧)	−0.008	0.954	0.065	0.636

3 讨论

有研究证实脊柱活动度的降低与胸椎后凸角增大、腰背肌力量及生活质量的下降有关[8]。因此,研究脊柱活动度在脊柱畸形发病机制中的作用、临床评估和治疗方式选择都具有重要意义。本研究结果显示,DSD 患者腰椎在冠状面(侧屈)和矢状面(屈伸)的整体活动度均显著小于对照组,胸椎在水平面(旋转)整体活动度显著小于对照,畸形患者 VAS 评分较高(P<0.05),分析原因主要是畸形组对长时间维持姿态或重复活动缺乏耐受,对日常活动耐受较好,甚至适度活动可以缓解疼痛。本研究在疼痛评估基础上开展活动度测量,可以更加真实客观地反映患者的胸腰椎活动范围。说明畸形患者的脊柱活动度整体较对照组差[9]。

本研究以腰椎主弯方向为划分依据对 DSD 患者进行分组,进一步探讨腰椎侧弯对胸、腰椎在不同平面及不同方向上运动的具体影响。根据所纳入 39 例腰椎凸向左侧弯畸形、21 例腰椎凸向右侧弯畸形的分析结果发现,无论腰椎主弯凸向左或向右,腰椎在冠状面侧屈活动均明显受限,尤其是向凹侧的侧屈活动度。部分研究者认为 DSD 患者椎间盘和/或关节突关节的不对称病变导致其不对称的负荷,进一步加重不对称畸形,进而导致两侧腰背肌负荷不同,影响腰椎侧屈活动度[2,10]。本研究发现脊柱畸形患者腰椎向凸侧的侧屈活动与 Cobb 角和 AVR 均呈负相关(P<0.05),说明 Cobb 角和 AVR 越大,畸形程度越严重,DSD 患者腰椎向凸侧侧屈活动度越低。这可能是由于 DSD 凸侧多裂肌长期处于紧张状态出现肌肉疲劳,而维持脊柱直立的核心肌群多裂肌是单一神经根支配,肌肉疲劳后进一步“去神经化”,使凸侧肌肉脂肪浸润率大于凹侧[11],收缩能力降低。探究侧屈活动受限的原因,需要进一步明确肌肉的性状改变与活动度的关系。另外,脊柱畸形患者两侧骨盆倾斜度的差异,可能也是腰椎侧屈改变的原因之一。

DSD 患者矢状面腰椎活动受限,尤其是后伸更为明显;说明畸形人群的椎旁肌、尤其是椎旁多裂肌存在一定程度的萎缩。右侧弯畸形的亚组前屈活动度虽与对照组差异无统计学意义,但仍然呈现降低趋势。SUN 等[12]首次提出平行四边形效应,说明畸形患者通过自身重塑作用可以维持相对平衡。此外脊柱畸形还伴有腰椎前凸角减小和胸椎后凸角增大、身体重心相对前移,进而影响矢状面平衡。所以,不同矢状力线下的腰椎代偿机制会伴随不同的腰椎活动,而对于脊柱退变疾病所表现的类型及相关代偿机制,还有待对

DSD 患者腰椎的三维活动进行深入认识[13]。

患者胸椎的活动度改变主要表现在水平面上左右旋转受限。腰椎侧弯往往伴有腰椎侧方滑移、旋转半脱位等,使得活动度较大的胸腰段关节突关节不对称改变,说明其关节突关节方向可能更倾向于矢状位,而上胸椎由于肋骨的限制改变较小[14]。有研究表明认知-知觉过程是脊柱力量缺失和活动受限最重要的预测因素,而患有下腰背痛综合征患者往往会减少脊柱活动度和生活活动,以避免疼痛加重[15]。本研究中畸形组疼痛 VAS 评分显著高于对照组,因此对疼痛的预期和对活动损伤的恐惧可能导致畸形患者不愿施展最大程度胸椎旋转。本研究畸形组胸椎侧屈与对照组没有明显差异,根据 Dubousset 提出经济圆椎(cone of economy,COE)概念,在运动过程中为保持身体平衡状态需要其他部位的代偿[16-17],畸形人群的 COE 要大于同龄正常人群,使得他们的能量消耗和肌肉消耗率高于对照组。HADDAS 等[18]让退行性脊柱侧凸患者做类似的 Romberg's 试验,运用 X 线影像采集系统(stereoradiography,EOS 成像系统)观察患者在摆动峰值时候的骨盆、双下肢运动特征,发现在左右摆动峰值附近畸形人群的躯干、双膝、脚踝矢状位角度与对照组差异有统计学意义。分析原因是畸形人群由于脊柱失衡和核心肌群功能受限,脊柱活动范围越大,能量消耗越多,肌肉消耗率越大,维持躯干平衡能力越差,为降低跌倒和受伤概率,在保护性放射下通过骨盆、骶髂关节等代偿[19]。此外,目前的研究方法无法提供患者的前庭和身体感觉、眼(视觉)等对活动度测量结果的影响大小。

本研究存在不足之处:①疼痛作为影响活动度值的混杂因素不能完全消除;②男性患者较少,且年龄幅度较大,缺少性别和年龄对活动度影响的分析;③尽管我们通过固定的墙上标记线,观察双下肢和骨盆的活动,避免其代偿对胸腰椎活动造成影响,但受体表测试仪器本身精准度的限制和体表皮肤标记处在活动时张力的作用下会发生轻度的位移,使结果产生偏倚;④根据 DARBY[20]研究表明正常人群中腰椎关节突关节趋于冠状位,限制轴向旋转;国内通过横断面研究 16~90 岁健康人群中,腰椎的一侧旋转活动度约为 7°,且不随年龄变化[21],因此腰椎旋转没有纳入研究范围。但随着数字化信息技术的发展,运用脊柱在体动态二维测量及计算技术,结合脊柱的力学特性,通过纵向研究对 DSD 脊柱运动学进行深入研究,为 DSD 的病因和自然病程提供进一步参考。

综上所述,本研究结果显示 DSD 脊柱活动度在各方向上均存在一定程度的受限,且腰椎在矢状面上后伸以及在冠状面上向凹侧侧屈受限更显著。同时,腰椎凸侧侧屈活动度受限可能随畸形的进展而进一步加重。本研究通过手持关节角度仪测量 DSD 不同维度的脊柱活动度,分析其活动度特征,可为临床实践提供一定参考。

参考文献:

[1] 李明. 脊柱活动度在体动态测量中作用的研究进展[J]. 同济大学学报(医学版), 2013, 34(5): 112-115, 120. DOI: 10.3969/j.issn1008-0392.2013.05.026.
LI M. Progress of *in vivo* and dynamic measurements of spine movement[J]. J Tongji Univ Med Sci, 2013, 34(5): 112-115, 120. DOI: 10.3969/j.issn1008-0392.2013.05.026.

[2] DIEBO B G, SHAH N V, BOACHIE-ADJEI O, *et al*. Adult spinal deformity[J]. Lancet, 2019, 394(10193): 160-172. DOI: 10.1016/s0140-6736(19)31125-0.

[3] 张文均, 王华军, 蒋雪生, 等. 老年人畸形脊柱的活动能力[J]. 中国老年学杂志, 2012, 32(6): 1111-1114. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2012.06.001.
ZHANG W J, WANG H J, JIANG X S, *et al*. The investigation of the range-of-motion of spine in aged people suffered with spinal deformity[J]. Chin J Gerontol, 2012, 32(6): 1111-1114. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2012.06.001.

[4] MANNION A, TROKE M. A comparison of two motion analysis devices used in the measurement of lumbar spinal mobility[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1999, 14(9): 612-619. DOI: 10.1016/s0268-0033(99)00017-0.

[5] CRISTANTE A F, SILVA R T E, COSTA G H R D, *et al*. Escoliose degenerativa do adulto[J]. Rev Bras Ortop (Sao Paulo), 2021, 56(1): 1-8. DOI: 10.1055/s-0040-1709736.

[6] HADDAS R, LIEBERMAN I H. The change in sway and neuromuscular activity in adult degenerative scoliosis patients pre and post surgery compared with controls[J]. Spine, 2019, 44(15): E899-E907. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003009.

[7] SPIELER E A, BARTH P S, BURTON J F, *et al*. Recommendations to guide revision of the guides to the evaluation of permanent impairment. American Medical Association[J]. JAMA, 2000, 283(4): 519-523. DOI: 10.1001/jama.283.4.519.

[8] TILLOTSON K M, BURTON A K. Noninvasive measurement of lumbar sagittal mobility. An assessment of the flexicurve

technique[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(1): 29-33. DOI: 10.1097/00007632-199101000-00005.

[9] KOHNO S, IKEUCHI M, TANIGUCHI S, *et al*. Factors predicting progression in early degenerative lumbar scoliosis[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2011, 19(2): 141-144. DOI: 10.1177/230949901101900202.

[10] WONG E, ALTAF F, OH L J, *et al*. Adult degenerative lumbar scoliosis[J]. Orthopedics, 2017, 40(6): e930-e939. DOI: 10.3928/01477447-20170606-02.

[11] MANNION A F, KNECHT K, BALABAN G, *et al*. A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature[J]. Eur Spine J, 2004, 13(2): 122-136. DOI: 10.1007/s00586-003-0618-8.

[12] SUN X Y, KONG C, ZHANG T T, *et al*. Correlation between multifidus muscle atrophy, spinopelvic parameters, and severity of deformity in patients with adult degenerative scoliosis: the parallelogram effect of LMA on the diagonal through the apical vertebra[J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 276. DOI: 10.1186/s13018-019-1323-6.

[13] 赵杰, 张凯, 陈辰. 腰椎矢状位力线分型及临床意义[J]. 山东大学学报(医学版), 2019, 57(5): 13-17.
ZHAO J, ZHANG K, CHEN C. Classification of the sagittal alignment of lumbar spine and its clinical significance[J]. J Shandong Univ Heal Sci, 2019, 57(5): 13-17.

[14] 郭马超, 鲁世保, 孔超, 等. 关节突关节角度和不对称性在退变性腰椎疾病中的角色[J]. 中国骨与关节杂志, 2018, 7(10): 772-777.
GUO M C, LU S B, KONG C, *et al*. The role of facet joint angle and facet tropism in lumbar degenerative diseases[J]. Chin J Bone Jo, 2018, 7(10): 772-777.

[15] WERNEKE M W, HART D L, GEORGE S Z, *et al*. Clinical outcomes for patients classified by fear-avoidance beliefs and centralization phenomenon[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2009, 90(5): 768-777. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.11.008.

[16] HADDAS R, SATIN A, LIEBERMAN I. What is actually happening inside the "cone of economy": compensatory mechanisms during a dynamic balance test[J]. Eur Spine J, 2020, 29(9): 2319-2328. DOI: 10.1007/s00586-020-06411-w.

[17] 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[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(25): E959-E967. DOI: 10.1097/01.brs.0000248126.96737.0f.

[18] HADDAS R, KOSZTOWSKI T, MAR D, *et al*. Balance effort, Cone of Economy, and dynamic compensatory mechanisms in common degenerative spinal pathologies[J]. Gait Posture, 2021, 89: 67-73. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.04.038.

[19] 宋凯, 迟鹏飞, 吴兵, 等. 脊柱畸形患者骨盆-下肢冠状位影像学参数的测量及其平衡代偿机制[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(6): 500-508. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.06.04.
SONG K, CHI P F, WU B, *et al*. Measurement of coronal pelvic parameters and compensation of pelvis and lower limbs in spinal de formity[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2020, 30(6): 500-508. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.06.04.

[20] DARBY S A. General anatomy of the spinal cord[M]// Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and Ans. Amsterdam: Elsevier, 2014: 65-97. DOI: 10.1016/b978-0-323-07954-9.00003-7.

[21] 唐勇. 脊柱腰段活动度正常值的测量[J]. 国外医学(物理医学与康复学分册), 2002, 22(2): 67-68. DOI: 10.3870/j.issn.1001-117X.2002.02.005.
TANG Y. The normal measurement of lumbar vertebrae mobility of the spine[J]. Foreign Med Sci Phys Med Rehabilit, 2002, 22(2): 67-68. DOI: 10.3870/j.issn.1001-117X.2002.02.005.

(**收稿**:2021-11-10;**修回**:2022-01-05)

(编辑 张 维)