

成人退行性脊柱侧凸患者椎旁肌和腰大肌退变的不 对称性及其与脊柱-骨盆冠状位参数的关系

迟鹏飞, 王 征, 吴 兵, 宋 凯, 王兆瀚, 张建党, 成俊遥, 于 洋

(解放军总医院骨科 100853 北京市)

【摘要】目的:分析成人退行性脊柱侧凸(adult degenerative scoliosis, ADS)患者椎旁肌(多裂肌、竖脊肌)和腰大肌退变的不对称性及其与脊柱-骨盆冠状位参数之间的关系,为 ADS 患者冠状位失衡的评估和预测提供新的思路。**方法:**回顾性分析 96 例 ADS 患者,测量并计算患者腰椎 MRI 顶椎层面椎旁肌和腰大肌的横截面积(cross-sectional area, CSA)、脂肪化比例(fat saturation fraction, FSF)、凹侧与凸侧横截面积之比(ratio of CSAconcave to CSAconvex, rCSA)、凹侧与凸侧脂肪化比例之比(ratio of FSFconcave to FSFconvex, rFSF),并在脊柱全长 X 线片上测量冠状位影像学参数,包括冠状位 Cobb 角(coronal Cobb angle, CA)和冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)。根据 C7 铅垂线(C7PL)与骶骨中垂线(CSVL)的相对位置,将 22 例 CBD \geq 30mm 的患者分为两组:A 组(C7PL 在凸侧边,13 例)和 B 组(C7PL 在凹侧边,9 例)。采用配对样本 *t* 检验分析顶椎层面凹凸两侧椎旁肌和腰大肌 CSA 和 FSF 的差异, Pearson 相关分析肌肉影像学参数与脊柱-骨盆冠状位参数之间的相关性。**结果:**在顶椎层面,多裂肌、竖脊肌、腰大肌、椎旁肌凹侧 CSA 均显著大于凸侧($P<0.05$),多裂肌凹侧 FSF 显著大于凸侧($P<0.01$),竖脊肌凸侧 FSF 显著大于凹侧($P<0.05$),腰大肌、椎旁肌两侧 FSF 无统计学差异($P>0.05$)。CA 与多裂肌凸侧 CSA、竖脊肌和椎旁肌双侧 CSA 呈负相关($r=-0.233, -0.346, -0.211, -0.387, -0.232, P<0.05$),与多裂肌凹侧 FSF、rCSA 和椎旁肌 rCSA 呈正相关($r=0.360, 0.424, 0.259, P<0.05$)。A 组 CBD 与各个肌肉的影像学参数均无相关性($P>0.05$)。B 组 CBD 与竖脊肌凹侧 CSA、腰大肌凹侧 FSF、多裂肌、竖脊肌、腰大肌和椎旁肌 rCSA、腰大肌 rFSF 呈正相关($r=0.720, 0.768, 0.720, 0.752, 0.738, 0.721, 0.893, P<0.05$)。**结论:**ADS 患者椎旁肌和腰大肌影像学参数与脊柱-骨盆冠状位参数有明显的相关性,其中多裂肌 rCSA 与 CA 的相关性最强,在 CBD 超过 30mm 且 C7PL 在凹侧边的 ADS 患者中腰大肌 rFSF 与 CBD 的相关性最强,表明椎旁肌和腰大肌能体现 ADS 患者在冠状位失衡的严重程度。

【关键词】成人退行性脊柱侧凸;椎旁肌;腰大肌;冠状位失衡

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.01.01

中图分类号:R681.5, R814.4, R445.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-01-0001-07

Asymmetric degeneration of paravertebral muscle and psoas muscle in patients with adult degenerative scoliosis and its relationship with coronal spinopelvic parameters/CHI Pengfei, WANG Zheng, WU Bing, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(1): 1-7

【Abstract】 Objectives: To analyze the asymmetric degeneration of paravertebral muscle and psoas muscle and its relationship with the radiological spinopelvic parameters in coronal plane in patients with adult degenerative scoliosis(ADS), so as to provide a new idea for the evaluation and prediction of coronal imbalance in patients with ADS. **Methods:** A retrospective analysis of 96 patients with ADS was performed. The muscle values at the apex level of the curvature, including cross-sectional area(CSA), fat saturation fraction(FSF), ratio of CSAconcave to CSAconvex(rCSA), ratio of FSFconcave to FSFconvex(rFSF) were measured on lumbar magnetic resonance imaging. The spinopelvic parameters, including coronal Cobb angle(CA) and coronal balance distance(CBD) were measured on standing radiograph of the entire spine. According to the relative position of C7PL and CSVL, patients with CBD \geq 30mm were divided into two groups: group A(C7PL on the convex side) and group B(C7PL on the concave side). Paired-sample *t*-test was used to analyze the difference between the

第一作者简介:男(1989-),医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)66875502 E-mail:chipengfei301@163.com

通讯作者:王征 E-mail:wangzheng301@163.com

values of muscles on concave and convex side. Pearson correlation was used to analyze the correlation between the asymmetric degeneration of the muscles and the coronal spinopelvic parameters. **Results:** At the apex level of the curvature, CSA of the multifidus muscle, erector spinae, psoas muscle, and paravertebral muscle on the concave side were significantly larger than those on the convex side ($P<0.05$). FSFconcave of the multifidus muscle was significantly larger than FSFconvex ($P<0.01$). FSFconvex of the erector spinae was significantly larger than FSFconcave ($P<0.05$). There was no significant difference between FSF of the psoas muscle and the paravertebral muscle on both sides ($P>0.05$). CA was negatively correlated with CSA convex of the multifidus muscle, bilateral CSA of the erector spinae and the paraspinal muscle ($r=-0.233, -0.346, -0.211, -0.387, -0.232, P<0.05$) and positively correlated with FSFconcave of the multifidus muscle, rCSA of multifidus muscle and paravertebral muscle ($r=0.360, 0.424, 0.259, P<0.05$). There was no correlation between CBD in group A (13 patients) and the values of each muscle ($P>0.05$). CBD in group B (9 patients) was positively correlated with CSAconcave of the erector spinae, FSFconcave of the psoas muscle, rCSA of the multifidus muscle, the erector spinae, the psoas muscle and the paravertebral muscle, rFSF of the psoas muscle ($r=0.720, 0.768, 0.720, 0.752, 0.738, 0.721, 0.893, P<0.05$). **Conclusions:** There is a significant correlation between the values of paravertebral and psoas muscle in the ADS patients and the spinopelvic coronal parameters. The rCSA of the multifidus muscle has the strongest correlation with CA, and the correlation between rFSF of the psoas muscle and CBD in patients with $CBD \geq 30\text{mm}$ and C7PL on the concave side is the strongest. The paravertebral muscle and psoas muscle could reflect the degree of coronal imbalance of ADS patients.

【Key words】 Adult degenerative scoliosis; Paravertebral muscle; Psoas muscle; Coronal imbalance

【Author's address】 Department of Orthopedics, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing, 100853, China

随着老年人口的不断增加,成人退行性脊柱侧凸(adult degenerative scoliosis, ADS)的发生率和患病人数也在逐年增加^[1]。Aebi^[2]提出了导致脊柱畸形的恶性循环理论,认为椎间盘和/或关节突关节的不对称退变导致脊柱的不对称负荷,这种不对称负荷导致不对称的畸形,进而加重不对称的退变。脊柱的稳定是由骨骼、肌肉和神经三个系统共同维持^[3]。但目前主要是通过研究骨骼系统使用脊柱-骨盆参数来评估畸形的严重程度、预测畸形发展、指导治疗方法和手术方案,关于肌肉和神经系统方面的研究较少。肌肉作为稳定脊柱的三大系统之一,在维持脊柱平衡方面发挥着重要作用^[3]。本研究旨在通过测量 ADS 患者腰椎 MRI 椎旁肌(paravertebral muscle, PVM)和腰大肌(psoas muscle, PS)的影像学参数,来衡量脊柱侧凸两侧肌肉退变的不对称性,进而分析肌肉影像学参数与脊柱-骨盆参数的相关性,为 ADS 患者冠状位失平衡的评估和预测提供新的思路,为 ADS 的病因和自然病程的研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性研究 2017 年 1 月~2019 年 7 月在我院骨科门诊就诊的部分 ADS 患者。纳入标准:在我院行站立位脊柱全长 X 线片和腰椎 MRI 检查;冠状位 Cobb 角 $>10^\circ$;年龄 >50 岁;病程 >3 个月。排除标准:先天性脊柱侧凸;特发性脊柱侧凸;脊柱骨折;脊柱感染;脊柱肿瘤;腰椎滑脱;既往有脊柱手术史;双下肢长度差 $>2\text{cm}$ 。本研究共纳入 ADS 患者 96 例,其中男 18 例(18.75%),女 78 例(81.25%)。脊柱向左侧凸 56 例(58.33%),向右侧凸 40 例(41.67%)。顶椎位于 L1 11 例(11.46%), L1/2 7 例(7.29%), L2 14 例(14.58%), L2/3 20 例(20.84%), L3 30 例(31.25%), L3/4 7 例(7.29%), L4 7 例(7.29%)。

1.2 数据收集

统计患者人口统计学资料:性别、年龄、体重指数(body mass index, BMI)。选取站立位脊柱全长 X 线正位片,测量脊柱-骨盆参数:(1)Cobb 角(coronal Cobb angle, CA);(2)冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD),即 C7 铅垂线(C7PL)与骶骨中垂线(CSVL)水平间距。腰椎 MRI 水平位片选取顶椎所在层面,测量的肌肉影像学参数包括:多裂肌(multifidus, MF)、竖脊肌

(erector spinae, ES)、腰大肌、椎旁肌的横截面积 (cross-sectional area, CSA)、脂肪浸润面积 (fat infiltration area, FIA)。以上两个参数使用 Fortin 等^[4]提出的方法和 ImageJ (Image J from National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) 软件测得 (图 1)。计算脂肪化比例 (fat saturation fraction, FSF): $FSF = FIA / CSA \times 100\%$; 凹侧与凸侧横截面积之比 (ratio of CSAconcave to CSAconvex, rCSA): $rCSA = \text{凹侧 CSA} / \text{凸侧 CSA}$; 凹侧与凸侧脂肪化比例之比 (ratio of FSFconcave to FSFconvex, rFSF): $rFSF = \text{凹侧 FSF} / \text{凸侧 FSF}$ 。参考 Bao 等^[5]提出的分型方法, 按 C7PL 与 CSVL 的相对位置, 将 22 例 $CBD \geq 30\text{mm}$ 的患者分为两组: C7PL 在凸侧边为 A 组, 13 例; C7PL 在凹侧边为 B 组, 9 例 (图 2)。

本研究所有参数测量均由两名脊柱外科医师完成。在椎旁肌影像参数测量正式开始前, 两名医师接受 ImageJ 软件使用培训以统一标准, 并先使用另外 5 份腰椎 MRI 影像进行练习性测量。所有正式测量值取两人平均值, 如测量值差异较大, 则两人根据原则协商决定。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行统计学分析。人口统计学资料采用平均数和标准差表示。凹凸两侧肌肉的 CSA、FSF 采用配对样本 *t* 检验分析。脊柱-骨盆参数与顶椎层面肌肉影像学参数之间的相关性采用 Pearson 相关分析。双侧检验 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

96 例患者年龄为 64.64 ± 7.18 岁 (51~78 岁); BMI 为 $25.10 \pm 3.24 \text{kg/m}^2$ ($17.5 \sim 33.3 \text{kg/m}^2$); CA 为 $24.70^\circ \pm 10.41^\circ$ ($10.35^\circ \sim 58.10^\circ$); CBD 为 $18.75 \pm 15.51 \text{mm}$ ($0.20 \sim 72.6 \text{mm}$), 其中 $CBD \geq 30 \text{mm}$ 22 例 (22.92%), $CBD < 30 \text{mm}$ 74 例 (77.08%)。

顶椎层面凹凸侧各肌肉影像学参数测量结果见表 1。多裂肌、竖脊肌、腰大肌、椎旁肌凹侧 CSA 均显著大于凸侧 ($P < 0.05$), 多裂肌凹侧 FSF 显著大于凸侧 ($P < 0.01$), 竖脊肌凸侧 FSF 显著大于凹侧 ($P < 0.05$), 腰大肌、椎旁肌两侧 FSF 无统计学差异 ($P > 0.05$)。

肌肉影像学参数与脊柱-骨盆参数的 Pearson

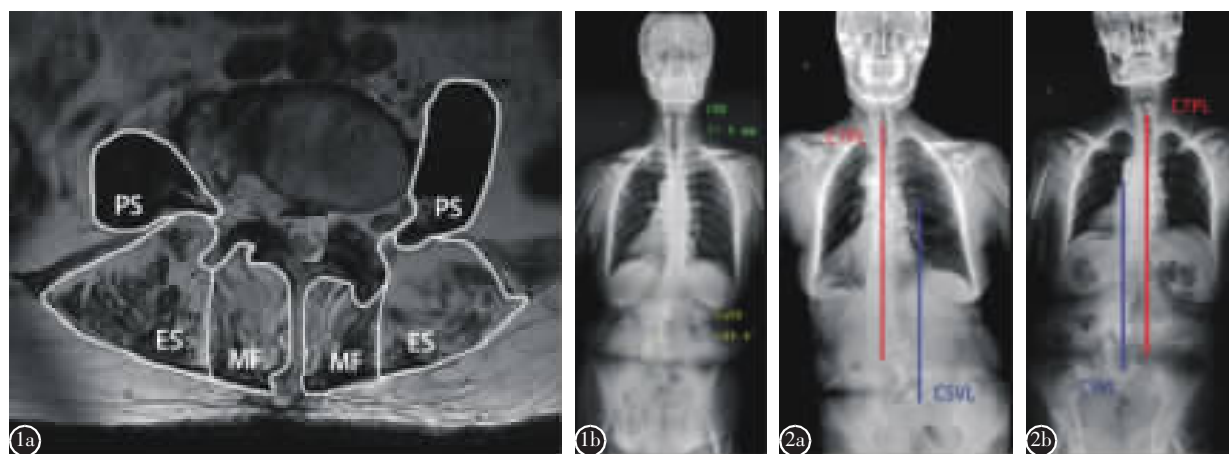


图 1 77 岁女性 (MF, 多裂肌; ES, 竖脊肌; PS, 腰大肌; CBD, 冠状面平衡距离; CA, Cobb 角) a 多裂肌 CSA 凹侧 = 8.02cm^2 , CSA 凸侧 = 5.31cm^2 , FSF 凹侧 = 67.41% , FSF 凸侧 = 48.12% ; 竖脊肌 CSA 凹侧 = 13.87cm^2 , CSA 凸侧 = 11.56cm^2 , FSF 凹侧 = 49.73% , FSF 凸侧 = 62.86% ; 腰大肌 CSA 凹侧 = 6.65cm^2 , CSA 凸侧 = 8.79cm^2 , FSF 凹侧 = 4.46% , FSF 凸侧 = 1.61% b CA = 30.6° , CBD = 32.6mm 图 2 a 69 岁女性, CBD = 62.7mm , C7PL 位于凸侧边, 为 A 组 b 65 岁女性, CBD = 40.9mm , C7PL 位于凹侧边, 为 B 组

Figure 1 A 77-year-old female with a MF CSAconcave = 8.02cm^2 , CSAconvex = 5.31cm^2 , FSFconcave = 67.41% , FSFconvex = 48.12% ; ES CSAconcave = 13.87cm^2 , CSAconvex = 11.56cm^2 , FSFconcave = 49.73% , FSFconvex = 62.86% ; PS CSAconcave = 6.65cm^2 , CSAconvex = 8.79cm^2 , FSFconcave = 4.46% , FSFconvex = 1.61% b CA = 30.6° , CBD = 32.6mm (MF, multifidus muscle; ES, erector spinae; PS, psoas muscle; CBD, coronal balance distance; CA, cobb angle) Figure 2 a A 69-year-old female with CBD = 62.7mm was in group A (C7PL on the convex side) b A 65-year-old female with CBD = 40.9mm was in group B (C7PL on the concave side)

表 1 顶椎层面椎旁肌、腰大肌两侧肌肉影像学参数比较

Table 1 Comparison of parameters of paravertebral muscle and psoas muscle on both sides of the apex of the curvature

	多裂肌 Multifidus		竖脊肌 Erector spinae		腰大肌 Psoas muscle		椎旁肌 Paravertebral muscle	
	CSA(cm ²)	FSF(%)	CSA(cm ²)	FSF(%)	CSA(cm ²)	FSF(%)	CSA(cm ²)	FSF(%)
凸侧 Convex	3.63±1.94	33.93±18.20	16.47±4.18	35.49±19.32	4.85±2.78	3.28±3.20	20.10±4.90	35.08±18.24
凹侧 Concave	4.49±1.97	46.00±17.39	17.25±4.46	32.72±14.23	5.56±3.27	3.95±3.69	21.74±5.14	35.33±13.57
<i>t</i>	-8.94	-9.28	-2.49	2.37	-4.35	-1.88	-4.91	0.24
<i>P</i>	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.06	0.00	0.81

注:CSA,横截面积;FSF,脂肪化比例

Note: CSA, cross-sectional area; FSF, fat saturation fraction

相关分析结果见表 2。在顶椎层面,CA 与多裂肌凸侧 CSA、竖脊肌和椎旁肌双侧 CSA 呈负相关 ($r=-0.233$ 、 -0.346 、 -0.211 、 -0.387 、 -0.232 , $P<0.05$), 与多裂肌凹侧 FSF、rCSA 和椎旁肌 rCSA 呈正相关 ($r=0.360$ 、 0.424 、 0.259 , $P<0.05$)。A 组 CBD 与各个肌肉的影像学参数均无相关性 ($P>0.05$)。B 组 CBD 与竖脊肌凹侧 CSA,腰大肌凹侧 FSF,多裂肌、竖脊肌、腰大肌和椎旁肌 rCSA,腰大肌 rFSF 呈正相关 ($r=0.720$ 、 0.768 、 0.720 、 0.752 、 0.738 、 0.721 、 0.893 , $P<0.05$)。

3 讨论

目前普遍认为 ADS 是椎间盘、椎小关节的不对称退变等原因造成的^[2],但这种解释忽略了肌肉在脊柱畸形发生发展中的作用。Murakami 等^[6]提出,在 Prader-Willi 综合征患者中,椎旁肌生长迟缓可能是脊柱侧凸进展的促进因素,并预测椎旁肌体积发育正常的患者预后会更好。Lam 等^[7]提出,梅干腹综合征(Prune-Belly syndrome, PBS)患者由于先天性腹壁肌肉发育不良,长期脊柱肌肉不平衡,可能会导致脊柱侧凸的发生。可以推测前方腹壁肌肉的缺失,可能会导致后方腰部肌肉的过度代偿,最终使脊柱在矢状位失去平衡。PBS 的这种脊柱畸形提示肌肉在维持脊柱平衡方面的重要作用。

脊柱平衡是由骨骼、肌肉、神经等系统共同维持的。当骨骼韧带因退化而出现不对称改变,无法维持脊柱稳定时,肌肉系统就会被调动起来,起到部分代偿作用。但肌肉如果长时间被调动,也会加速自身退化^[3],最终出现失代偿。Fortin 等^[8]对椎旁

肌的形态和构成进行了一项长达 15 年的研究,结果表明,随着年龄的增长,多裂肌和竖脊肌的体积都会下降,脂肪浸润和不对称性都会增加,这种情况在老年人中更加明显。退行性腰前凸减小患者中,虽然肌肉萎缩与退行性腰椎前凸减小的因果关系很难确定,但萎缩的背伸肌与相对未受影响的腰大肌之间的这种动态不平衡,会加重甚至直接导致腰前凸减小^[9]。

本研究关注的重点是椎旁肌和腰大肌退化的不对称性。Zoabli 等^[10]通过对杜氏肌营养不良(Duchenne muscular dystrophy, DMD)患者研究后提出,单侧椎旁肌的大面积脂肪浸润是导致侧凸进展的因素。通过减慢这种脂肪化过程,可以延缓脊柱侧凸畸形的出现;在非侧凸组中,虽然椎旁肌也有严重的脂肪浸润,但是由于两侧浸润程度相似,所以未发生侧凸。由此可以推测脂肪浸润的不对称可以帮助预测脊柱畸形的发展。因此我们认为肌肉在维持冠状位平衡方面起到重要作用,脊柱-骨盆参数用于描述 ADS 的现状尚可,但在推断疾病发生发展方面,肌肉可能扮演着更重要的角色。

多裂肌起自腰椎棘突和椎板,向尾外侧展开,止于椎体乳突或骶骨背侧、骶髂韧带^[11]。主要作用是使腰椎背伸以及很小部分的轴向旋转作用。由于多裂肌起止点太靠近中线,所以很难产生显著的侧凸效应^[12]。竖脊肌位于多裂肌外侧,按照起止点不同可以分为最长肌胸段和腰段、腰髂肋肌胸段和腰段。胸段起自胸椎横突和肋骨,止于骶骨和髂骨。腰段起自腰椎横突和副突,止于髂骨^[13]。竖脊肌的主要作用是使脊柱背伸,同时也有小部分

侧屈作用^[14]。腰大肌起自椎间盘侧方和横突,向下逐渐汇聚成一根肌腱^[15],并止于股骨小转子^[16],肌束走行外展角度约为 11°~23°,所以腰大肌的活动主要位于矢状面^[15]。关于腰大肌的功能目前

争议较多,有研究认为腰大肌是脊柱侧屈肌^[17],有的认为腰大肌的作用是稳定脊柱^[18],而有的认为腰大肌的作用是使腰椎背伸^[19]。

椎旁肌由多裂肌和竖脊肌等肌群构成^[20],因多裂肌和竖脊肌的神经分布和功能不同^[14],所以本研究在将椎旁肌作为一个整体研究的基础上,把多裂肌和竖脊肌分开,分别探讨两者在维持脊柱稳定性和 ADS 发病机制中的作用。另外,因顶椎层面肌肉的影像学参数差异最大^[21],且顶椎层面是水平位,减少了脊柱畸形对 MRI 影像测量的影响,所以本研究只选取顶椎层面肌肉影像学参数作为研究对象。

冠状面出现脊柱侧凸后,因侧凸两侧的脊柱长度不同,凸侧肌肉可能会被拉长而变细、变薄,而凹侧肌肉会缩短而变粗、变厚^[22]。所以在顶椎层面,多裂肌、竖脊肌、腰大肌和椎旁肌的 CSA 均为凹侧较凸侧大;CA 越大,这种效应就越强,多裂肌、竖脊肌、椎旁肌凸侧 CSA 越小,同时多裂肌、椎旁肌 rCSA 就越大。CA 与竖脊肌、椎旁肌凹侧 CSA 呈较弱的负相关,可能是因为从解剖来看,竖脊肌较多裂肌更远离中线且起止点相距较远,侧凸所致的凹侧肌肉 CSA 增加作用较小,而凹侧肌肉失用性萎缩所致的 CSA 减小的作用较强。虽然前者会抵消后者的一部分效应,但仍会出现负相关。而 CA 与多裂肌凹侧 CSA 无相关性,可能是因为多裂肌更靠近中线,侧凸引起的凹侧 CSA 相对增加的作用更大而更多地抵消了失用性萎缩的作用。

多裂肌 FSF 凹侧较凸侧大,可能是因为凹侧肌肉缩短后,张力和活动性下降,肌肉出现失用性萎缩,FSF 增加,说明凹侧肌肉退化较凸侧快^[23]。并且 CA 越大,这种效应越明显,凹侧 FSF 越大。Kumar 等^[24]提出,椎体轴向旋转的肌肉主要是对侧腹外斜肌和同侧腹内斜肌、背阔肌、竖脊肌。本研究中,患者的椎体均是向凸侧旋转,那么为了尽量维持脊柱的平衡,主要的拮抗肌就是凸侧的腹外斜肌、凹侧的腹内斜肌、背阔肌、竖脊肌,所以凹侧竖脊肌会较凸侧活跃,退化也就较凸侧慢,FSF 较凸侧小。凹凸两侧腰大肌 FSF 无统计学差异 ($P=0.06$),参考 Eguchi 等^[25]提出的理论,其干扰因素可能是在顶椎位于上腰椎的患者中,下腰椎是向凸侧倾斜的,所以在顶椎平面,凸侧腰大肌短缩,凹侧腰大肌拉长,导致凸侧肌肉出现失用性萎

表 2 顶椎层面肌肉影像学参数与脊柱-骨盆冠状位参数的相关系数

Table 2 The Pearson correlation coefficient between muscles parameters and coronal spinopelvic parameters

		Cobb角 CA	CBD	
			A组 Group A	B组 Group B
多裂肌 CSA	凸侧 Convex	-0.233 ^①	0.096	-0.462
MF CSA	凹侧 Concave	-0.130	-0.169	-0.537
多裂肌 FSF	凸侧 Convex	0.190	0.351	0.555
MF FSF	凹侧 Concave	0.360 ^②	0.073	0.141
竖脊肌 CSA	凸侧 Convex	-0.346 ^②	0.103	-0.179
ES CSA	凹侧 Concave	-0.211 ^①	0.325	0.720 ^①
竖脊肌 FSF	凸侧 Convex	0.110	0.038	-0.214
ES FSF	凹侧 Concave	-0.010	0.106	-0.485
腰大肌 CSA	凸侧 Convex	-0.190	0.116	-0.623
PS CSA	凹侧 Concave	-0.200	0.260	-0.521
腰大肌 FSF	凸侧 Convex	-0.100	-0.275	-0.217
PS FSF	凹侧 Concave	-0.060	-0.186	0.768 ^①
椎旁肌 CSA	凸侧 Convex	-0.387 ^②	0.142	-0.320
PVM CSA	凹侧 Concave	-0.232 ^①	0.260	0.409
椎旁肌 FSF	凸侧 Convex	-0.120	0.051	-0.126
PVM FSF	凹侧 Concave	-0.070	0.078	-0.430
多裂肌横截面积比值(凹侧/凸侧) MF rCSA(concave/Convex)		0.424 ^②	-0.288	0.720 ^①
多裂肌脂肪化比例比值(凹侧/凸侧) MF rFSF(concave/convex)		0.190	-0.282	-0.48
竖脊肌横截面积比值(凹侧/凸侧) ES rCSA(concave/convex)		0.180	0.323	0.752 ^①
竖脊肌脂肪化比例比值(凹侧/凸侧) ES rFSF(concave/convex)		-0.100	-0.239	-0.338
腰大肌横截面积比值(凹侧/凸侧) PS rCSA(concave/convex)		0.040	0.315	0.738 ^①
腰大肌脂肪化比例比值(凹侧/凸侧) PS rFSF(concave/convex)		0.090	0.030	0.893 ^②
椎旁肌横截面积比值(凹侧/凸侧) PVM rCSA(concave/convex)		0.259 ^①	0.201	0.721 ^①
椎旁肌脂肪化比例比值(凹侧/凸侧) PVM rFSF(concave/convex)		0.020	-0.310	-0.378

注:CSA,横截面积;FSF,脂肪化比例。① $P<0.05$;② $P<0.01$

Note: CSA, cross-sectional area; FSF, fat saturation fraction. ① $P<0.05$; ② $P<0.01$

缩,FSF 较大。凹凸两侧椎旁肌 FSF 没有统计学差异,我们从表 1 中可以看出,多裂肌 FSF 为凸侧小于凹侧,而竖脊肌 FSF 为凸侧大于凹侧,所以当两者相加时就可能出现没有统计学差异的情况。

由于 B 组 C7PL 在凹侧边,导致凹侧肌肉起止点之间距离较凸侧近,且 B 组 CBD 越大,这种效应越明显,即凹侧 CSA 和凹侧 FSF 增大越明显,从而使竖脊肌凹侧 CSA、腰大肌凹侧 FSF、多裂肌和竖脊肌 rCSA、腰大肌 rCSA 和 rFSF、椎旁肌 rCSA 越大。腰大肌 rFSF 与 B 组 CBD 相关性最大,相关系数达到 0.893, $P<0.01$ 。我们推测腰大肌参与了脊柱冠状位失衡的发生和发展。A 组 CBD 与各个肌肉的影像学参数均无相关性。我们认为可能是由于 A 组 C7PL 在凸侧边,凹侧肌肉起止点之间距离较凸侧远,在一定程度上抵消了脊柱凹侧对肌肉的缩短作用,所以会出现 A 组 CBD 与肌肉影像学参数均无相关性。

目前 SRS-Schwab 分型在评估成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD) 的严重程度和指导制定手术方案方面发挥了重要作用。早期 SRS 分型以脊柱影像学参数为主,未将临床症状考虑在内^[26];早期的 Schwab 分型则将 SRS-22 和 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)等临床症状评分考虑在内,但缺乏脊柱骨盆的矢状位参数^[27];现在的 SRS-Schwab 分型,则是结合了脊柱-骨盆参数和健康相关生活质量评分(HRQOL)^[28]。我们可以看到,ASD 的分型是在不断发展的,Naresh-Babu 等^[29]提出,目前的 SRS-Schwab 分型没有将伴随的临床症状考虑在内,而神经症状、椎管狭窄、骨质疏松、肥胖、年龄、吸烟等因素显著地影响 ASD 患者的管理。ASD 需要一个综合的分型系统,既包括患者分型,又包括相应的治疗选择。Eguchi 等^[30]提出,在退行性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis, DLS) 的中老年女性患者中,肌肉减少非常常见,躯干肌肉减少是退行性腰椎侧凸的一个独立于年龄的危险因素。DLS 组股骨骨密度低,腰椎骨密度高,这可能是由于腰椎骨赘的形成。我们认为,骨赘形成是躯体为维持脊柱稳定的一种代偿机制,在一定程度上会减缓侧凸的发展,但肌肉等其他组织仍在退化,若只考虑脊柱-骨盆参数,对病情的判断往往会偏轻。我们如果能将肌肉状况考虑在内,对病情

会有更全面的判断。

Sun 等^[31]提出,多裂肌显著的不对称萎缩可能是 ADS 的主要诱因,也可能用于预测 ADS 的进展。本研究通过分析脊柱-骨盆参数与肌肉影像学参数之间的关系,发现了椎旁肌和腰大肌的影像学参数与 CA、B 组 CBD 的相关性,其中,多裂肌 rCSA 与 CA 的相关性最强,在 CBD 超过 30mm 且 C7PL 在凹侧边的 ADS 患者中,腰大肌 rFSF 与 CBD 的相关性最强。利用这种相关性,可以将脊柱-骨盆参数与肌肉退变的不对称性结合起来,帮助我们更加准确地评估 ADS 患者的病情。

本研究的不足之处:一是本研究是单中心研究,样本数量及代表性有限;二是本研究仅限于对 MRI 的影像学研究,缺乏肌电图等其他研究的支持;三是本研究是回顾性研究,只是静态测量,没有动态观察,只能发现相关性,不能说明因果关系,这需要在以后的队列研究中进一步确认。

综上所述,ADS 患者椎旁肌和腰大肌影像学参数与脊柱-骨盆冠状位参数有明显的相关性,其中多裂肌 rCSA 与 CA 的相关性最强,在 CBD 超过 30mm 且 C7PL 在凹侧边的 ADS 患者中腰大肌 rFSF 与 CBD 的相关性最强,表明椎旁肌和腰大肌可能参与了 ADS 患者脊柱侧凸的发生和发展,且能体现 ADS 患者在冠状位失衡的严重程度,肌肉的这种不对称性可能在 ADS 病情评估等方面有重要的参考价值。

4 参考文献

1. Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30 (9): 1082-1085.
2. Aebi M. The adult scoliosis[J]. Eur Spine J, 2005, 14(10): 925-948.
3. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement [J]. J Spinal Disord, 1992, 5(4): 383-389; discussion 397.
4. Fortin M, Battie MC. Quantitative paraspinous muscle measurements: inter-software reliability and agreement using OsiriX and ImageJ[J]. Phys Ther, 2012, 92(6): 853-864.
5. Bao H, Yan P, Qiu Y, et al. Coronal imbalance in degenerative lumbar scoliosis: prevalence and influence on surgical decision-making for spinal osteotomy [J]. Bone Joint J, 2016, 98-b(9): 1227-1233.
6. Murakami N, Obata K, Abe Y, et al. Scoliosis in Prad-

- er-Willi syndrome: effect of growth hormone therapy and value of paravertebral muscle volume by CT in predicting scoliosis progression [J]. *Am J Med Genet A*, 2012, 158A (7): 1628-1632.
7. Lam KS, Mehdian H. The importance of an intact abdominal musculature mechanism in maintaining spinal sagittal balance: case illustration in prune-belly syndrome[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1999, 24(7): 719-722.
 8. Fortin M, Videman T, Gibbons LE, et al. Paraspinal muscle morphology and composition: a 15-yr longitudinal magnetic resonance imaging study[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2014, 46 (5): 893-901.
 9. Lee JC, Cha JG, Kim Y, et al. Quantitative analysis of back muscle degeneration in the patients with the degenerative lumbar flat back using a digital image analysis: comparison with the normal controls[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (3): 318-325.
 10. Zoabli G, Mathieu PA, Aubin CE. Magnetic resonance imaging of the erector spinae muscles in Duchenne muscular dystrophy: implication for scoliotic deformities[J]. *Scoliosis*, 2008, 3: 21.
 11. Macintosh JE, Valencia F, Bogduk N, et al. The morphology of the human lumbar multifidus [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1986, 1(4): 196-204.
 12. Macintosh JE, Bogduk N. The biomechanics of the lumbar multifidus [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1986, 1 (4): 205-213.
 13. Macintosh JE, Bogduk N. 1987 Volvo award in basic science: the morphology of the lumbar erector spinae[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1987, 12(7): 658-668.
 14. Kalimo H, Rantanen J, Viljanen T, et al. Lumbar muscles: structure and function[J]. *Ann Med*, 1989, 21(5): 353-359.
 15. Bogduk N, Percy M, Hadfield G. Anatomy and biomechanics of psoas major[J]. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*, 1992, 7 (2): 109-119.
 16. Sajko S, Stuber K. Psoas major: a case report and review of its anatomy, biomechanics, and clinical implications[J]. *J Can Chiropr Assoc*, 2009, 53(4): 311-318.
 17. Santaguida PL, McGill SM. The psoas major muscle: a three-dimensional geometric study [J]. *J Biomech*, 1995, 28 (3): 339-345.
 18. Penning L. Psoas muscle and lumbar spine stability: a concept uniting existing controversies: critical review and hypothesis[J]. *Eur Spine J*, 2000, 9(6): 577-585.
 19. Yoshio M, Murakami G, Sato T, et al. The function of the psoas major muscle: passive kinetics and morphological studies using donated cadavers[J]. *J Orthop Sci*, 2002, 7(2): 199-207.
 20. Kang CH, Shin MJ, Kim SM, et al. MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain[J]. *Clin Radiol*, 2007, 62(5): 479-486.
 21. Jiang J, Meng Y, Jin X, et al. Volumetric and fatty infiltration imbalance of deep paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 2089-2095.
 22. Kim H, Lee CK, Yeom JS, et al. Asymmetry of the cross-sectional area of paravertebral and psoas muscle in patients with degenerative scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 (6): 1332-1338.
 23. Goubert D, Oosterwijck JV, Meeus M, et al. Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain: a systematic review [J]. *Pain Physician*, 2016, 19 (7): E985-e1000.
 24. Kumar S, Narayan Y, Zedka M. An electromyographic study of unresisted trunk rotation with normal velocity among healthy subjects[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1996, 21 (13): 1500-1512.
 25. Eguchi Y, Norimoto M, Suzuki M, et al. Diffusion tensor tractography of the lumbar nerves before a direct lateral transpsoas approach to treat degenerative lumbar scoliosis [J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 25: 1-9.
 26. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(19 Suppl): S119-125.
 27. Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(18): 2109-2114.
 28. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37 (12): 1077-1082.
 29. Naresh-Babu J, Viswanadha AK, Ito M, et al. What should an ideal adult spinal deformity classification system consist of? review of the factors affecting outcomes of adult spinal deformity management [J]. *Asian Spine J*, 2019, 13 (4): 694-703.
 30. Eguchi Y, Toyoguchi T, Inage K, et al. Analysis of skeletal muscle mass in women over 40 with degenerative lumbar scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(7): 1618-1625.
 31. Sun XY, Kong C, Lu SB, et al. The parallelogram effect of degenerative structures around the apical vertebra in patients with adult degenerative scoliosis: the influence of asymmetric degeneration and diagonal degeneration on the severity of deformity[J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 3435-3445.

(收稿日期:2019-10-09 末次修回日期:2019-12-29)

(英文编审 孔超)

(本文编辑 李伟霞)