

临床论著

退行性脊柱矢状面失衡患者腰椎椎旁肌的特点
及其与失平衡程度之间的关系

欧阳森, 鲁世保, 孔超, 朱卫国, 侯晓飞, 孙祥耀

(首都医科大学宣武医院骨科 100053 北京市)

【摘要】目的:分析退行性脊柱矢状面失衡患者腰椎椎旁肌特点及其与脊柱矢状面失平衡之间的关系。**方法:**回顾性分析 2017 年 1 月~2020 年 9 月收治的退行性脊柱矢状面失衡患者的临床资料。其中男 49 例,女 71 例,平均年龄 70.5 ± 9.2 岁。采用站立位全脊柱 X 线侧位片评估患者矢状面的脊柱骨盆参数,包括 C7 矢状垂直轴(C7-SVA)、胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)及骶骨倾斜角(SS)。在轴向 T2 加权 MRI 上定量测量每例患者在各个腰椎节段对应的椎旁肌总面积(TCSA)及其相对横截面积(RtCSA),功能性横截面积(FCSA)及其相对横截面积(RCSA),各节段肌肉的脂肪浸润程度(FI%),椎旁肌的退变通过 RCSA 及 FI% 的数值来反映。分别根据年龄(中年组 <65 岁,老年组 65~75 岁,高龄组 >75 岁)及性别分组,比较各组之间的椎旁肌退变差异。另外,根据脊柱矢状面失平衡的严重程度,将 120 例患者分为两组:轻度失衡组患者 89 例(MI 组, SVA 5~10cm)和重度失衡组 31 例(SI 组, SVA >10cm)分析椎旁肌退变特点。采用多元线性回归分析腰椎椎旁肌退变与年龄、性别、体质指数(BMI)、失平衡严重程度之间的相关性。**结果:**女性患者椎旁肌的平均 FI% 显著高于男性患者,但男性的平均 TCSA 显著高于女性,两者差异均具有统计学意义(均 $P < 0.05$)。在不同年龄段的脊柱矢状面失衡患者中,三组患者从 L1/2 至 L5/S1 节段上椎旁肌退变参数 FI% 及 RCSA 均存在明显统计学差异(均 $P < 0.05$),其中高龄组患者退变程度最为明显,而对于参数 RtCSA 只在 L1/2 到 L3/4 节段上存在统计学差异。在不同严重程度的失衡患者中,重度失衡组在脊柱骨盆参数上拥有更小的 PI、LL 及 TK 值,而拥有更大的 PI-LL,差异具有统计学差异(均 $P < 0.05$);在椎旁肌肉参数上,从 L2/3 到 L5/S1 节段上两组的 RCSA 具有统计学差异(均 $P < 0.05$),而两组参数 TCSA 之间只在 L4/5 和 L5/S1 节段有统计学差异(均 $P < 0.05$),两组椎旁肌的脂肪浸润率之间无统计学差异(均 $P > 0.05$)。椎旁肌肉退变参数(TCSA、FI%、RCSA)与年龄、性别、BMI 及失衡严重程度之间的多元线性回归分析提示 TCSA、FI%、RCSA 与年龄、性别、BMI 有关,而与矢状面失平衡严重程度(SVA)之间无线性相关。**结论:**在脊柱退变性矢状面失衡住院患者中,年龄、性别及 BMI 都与腰椎椎旁肌肉的退变有着一定的联系;尽管脊柱矢状面的失平衡程度(SVA)与椎旁肌退变之间无显著相关性,但是重度的脊柱矢状面失衡提示更加显著的椎旁肌退变。

【关键词】退变性脊柱矢状面失衡;高龄;腰椎椎旁肌退变

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.06.02

中图分类号: R681.5, R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2021)-06-0488-09

Characteristics of lumbar paravertebral muscle in degenerative sagittal imbalance and the association with the severity of sagittal deformity/OUYANG Miao, LU Shibao, KONG Chao, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2021, 31(6): 488-496

【Abstract】 Objectives: To investigate the characteristics of lumbar paravertebral muscles in patients with degenerative spinal sagittal imbalance and the association with the severity of sagittal imbalance. **Methods:** The clinical data of patients with degenerative spinal sagittal imbalance from January 2017 to September 2020 were retrospectively analyzed. There were 49 males and 71 females with an average age of 70.5 ± 9.2 years. Standing full spine radiographs were used to assess patients' spinopelvic parameters in the sagittal plane,

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:81672201)

第一作者简介:男(1995-),医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)83198641 E-mail:oymiao0701@163.com

通讯作者:鲁世保 E-mail:spinelu@163.com

including C7 sagittal vertical axis(C7-SVA), thoracic kyphosis(TK), lumbar lordosis(LL), pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT) and sacral slope(SS). The total paravertebral muscle area (TCSA) and its relative CSA(RtCSA), the functional cross-sectional area(FCSA) and its relative cross-sectional area(RCSA), and the degree of fat infiltration(FI%) of the muscle at each level were quantified on axial T2-weighted MRI, and the total mean cross-sectional area and degree of fat infiltration were calculated for each patient (aveTCSA, aveRCSA and aveFI%). Differences in paravertebral muscle degeneration were compared between the groups according to age (adult group <65, old group 65–75, senior group >75 years old) and gender grouping respectively. In addition, 120 patients were divided into two groups according to the severity of sagittal imbalance, with 89 patients in the mild imbalance group(MI group)(SVA 5–10cm) and 31 patients in the severe imbalance group(SI group)(SVA>10cm) to analyze the characteristics of paravertebral muscle degeneration. Multiple linear regression analysis was used to analyze the correlation between lumbar paravertebral muscle degeneration and age, gender, body mass index(BMI), and the severity of imbalance. **Results:** The aveFI% of the paravertebral muscles was significantly higher in female patients than in male patients, but the aveTCSA was significantly higher in male patients(all $P<0.05$). Among the three groups of patients with spinal sagittal plane imbalance of different age groups, there were significant differences in paraspinal muscle degeneration parameters (FI% and RCSA) from L1/2 to L5/S1 levels(all $P<0.05$), of which the senior age group was the most significant, while for RtCSA, there was only a significant difference at L1/2 to L3/4 levels. Among patients with different severity of imbalance, the severe imbalance group had smaller PI, LL and TK values and a larger PI-LL for spinopelvic parameters(all $P<0.05$); for paravertebral muscle parameters, RCSA was statistically different between the two groups at the L2/3 to L5/S1 levels (all $P<0.05$). There was a significant difference of TCSA between the two groups only at the L4/5 and L5/S1 segments (both $P<0.05$), and no significant difference in the FI%(both $P>0.05$). Multiple linear regression analysis showed that, aveTCSA, aveFI%, aveRCSA were associated with age, gender and BMI, while there was no linear correlation with the severity of sagittal imbalance(SVA). **Conclusions:** Age, gender and BMI were associated with lumbar paravertebral muscle degeneration in patients with spinal degenerative sagittal imbalance. Although there was no significant association between the degree of spinal sagittal imbalance(SVA) and paravertebral degeneration, severe spinal sagittal imbalance suggests more significant paravertebral degeneration.

【Key words】 Degenerative spinal sagittal imbalance; Senior age; Lumbar paravertebral muscle degeneration

【Author's address】 Orthopaedic Surgery, Xuanwu Hospital of Capital Medical University, Beijing, 100053, China

脊柱矢状面失衡是一个总称,包括各种原因引起的躯干前屈不稳倾向的脊柱畸形^[1,2],其中退变性矢状面失衡是最常见的一类,主要是由脊柱周围各结构发生退行性改变而引起的腰椎前凸的丢失或胸椎后凸角的增加造成^[2],通常合并有严重的椎旁肌退变^[3]。此类失衡也是引起患者慢性腰背痛、脊柱畸形和功能障碍的常见原因之一;随着老年人口的增加,发病率也在逐渐增加^[4,5]。因此,若要在将来的脊柱疾病诊疗过程中获得更大的收益,充分重视脊柱在矢状面上平衡是至关重要的。

脊柱椎旁肌肉是维持脊柱稳定和其正常序列的稳定因素之一^[6]。脊柱背伸肌的力量在维持脊柱的矢状面平衡上起着重要作用,因此,在成人脊柱畸形的发生和发展中不容忽视^[7]。最近的研究

表明,胸椎背伸肌的力量与脊柱整体后凸的严重程度有显著的相关性^[8,9]。背伸肌力量的降低也与跌倒风险的增加和生活质量 (quality of life, QOL)的降低密切相关^[10]。Ohyama 等^[11]发现,由于肌少症患者的脊柱椎旁肌力量较弱,其通过减少胸椎后凸来代偿脊柱骨盆之间的不协调的能力下降,因而有着更加严重的矢状面失平衡程度。背部伸肌的广泛退变和力量减弱可能是退变性脊柱矢状面失衡出现的重要原因^[12]。对于脊柱椎旁肌的影响因素有很多,年龄、性别、失神经支配、损伤等都会影响到椎旁肌肉退变,加速其萎缩及脂肪浸润,使其功能下降^[13]。最近一项研究发现,椎旁肌退变与术后并发症发生率增加及术后 QOL 下降有关,如邻近节段退变、融合近端交界处后凸畸形或失败(PJK 或 PJF)等^[13,14]。近年来,已经有越来越

越多的研究关注椎旁肌肉退变与脊柱疾病之间的联系。目前关于脊柱矢状面失衡患者椎旁肌肉在不同年龄、性别及严重程度下的退变特点的研究仍然较少。我们的研究是根据年龄、性别和畸形严重程度分组,评估退行性脊柱矢状面失衡退行性脊柱矢状面失衡(degenerative sagittal spinal imbalance, DSSI)患者腰椎椎旁肌肉的退变特点及其与脊柱失衡程度之间的联系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2017 年 1 月~2020 年 9 月收治的退行性脊柱矢状面失衡的住院患者资料,共 120 例。根据之前的研究^[5],目前我们采用矢状面垂直轴(sagittal vertical axis, SVA)作为矢状面失衡的诊断标准,当 SVA 为 5~10cm 时定义为轻度矢状面失衡,而当 SVA>10cm 时,往往有着更严重的矢状面畸形,对日常生活有着更显著的影响,所以定义其为重度矢状面失衡。纳入标准:(1)诊断为脊柱退行性疾病,伴有多节段腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、退变性腰椎后凸或退变性平背畸形等的脊柱矢状面失衡患者;(2)有术前脊柱全长 X 线片和腰椎 MRI。排除标准:(1)脊柱侧弯病史(冠状面 Cobb 角 $\geq 10^\circ$);(2)脊柱压缩性或外伤性骨折史;(3)脊柱手术史;(4)有局部感染或脊柱周围炎症病史;(5)严重脊柱外伤史;(6)脊柱肿瘤病史;(7)存在其他影响脊柱排列的全身性疾病(如神经肌肉萎缩症、强直性脊柱炎、帕金森病等)。

1.2 腰椎椎旁肌的定量评估

本研究采用 1.5t 成像系统(Magnetom Symphony;德国柏林西门子)的 MRI 收集数据。扫描时患者常规仰卧位,双下肢自然伸直状态。在每个腰椎节段获得 3 张 T2 加权轴位图像。每张切片以 0.1mm 的间隙分开,厚度为 4mm;从 3 张 T2 加权轴位图像的中心切片来分别分析双侧腰椎椎旁肌(图 1)。每个切片手动定义两个感兴趣区域(region of interest, ROI)。双侧背部椎旁肌的 ROI。采用 Image J 软件(1.52 版本,美国国立卫生研究院)进行肌肉大小及脂肪浸润程度的测量,选择对患者信息单盲的脊柱外科医生来测量肌肉的 ROI。在严重退行性脊柱疾病中,有时很难区分椎旁肌中多裂肌和竖脊肌的界限,且这两块肌肉在维持脊柱矢状面平衡中作用是相似的,所以我们

将测量两个区域的总和来进行椎旁肌的分析。通过勾勒出各节段两侧的椎旁肌肉筋膜边界,计算出两者的 ROI。测量的参数包括椎旁肌的总横截面积(total paravertebral cross sectional area, TCSA);通过阈值技术计算得到脂肪浸润面积(area of fat infiltration, FIA)^[16];通过 FIA/TCSA 计算出脂肪浸润百分比(percent of FI, FI%)。FCSA(functional CSA)为 TCSA 减去 FIA 得到的纯肌肉面积;为减少相对体形对结果造成的偏移及椎间盘突出影响,我们采用肌肉 CSA 与椎体 CSA 的比值即(相对横截面积)来进行 TCSA 及 FCSA 的分析,计算方法为:肌肉 CSA 除以对应腰椎节段椎体的 CSA。

1.3 脊椎骨盆参数的测量

采用站立位全脊柱侧位 X 线片上(Philips Digital Diagnost;中国浙江省)对患者脊柱骨盆参数进行评估(图 2)。脊柱骨盆参数包括:C7 矢状面垂直轴(C7-sagittal vertical axis, C7-SVA), SVA ≥ 5 cm 诊断为脊柱矢状面失衡^[1]、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)。对于 TK 和 LL,前凸定义为负值,后凸定义为正值。所有的放射学参数都由两位没有参与研究的人员每隔 1 个月测量两次。

1.4 统计学方法

统计分析采用 SPSS 25 版软件(IBM 公司, Armonk, NY)。所有数据均以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。采用非参数检验方法 Mann-Whitney U 检验比较轻度失衡组与重度失衡组、男性组及女性组之间的连续变量。采用多个独立样本非参数检验 Kruskal-Wallis H 检验进行三个年龄段椎旁肌特点的比较。采用多元线性回归分析评估平均 TCSA, FI%, RCSA 与年龄、性别、BMI 及 SVA 之间的相关性。统计学差异设定为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

如表 1 所示,本研究中共有 120 例 DSSI 患者(男性 49 例,女性 71 例),平均年龄为 70.5 ± 9.2 岁,平均体质指数(body mass index, BMI)为 $26.3\pm 3.8\text{kg/m}^2$ 。根据世界卫生组织对于年龄划分的标准^[17],年龄 <65 岁为中年组(37 例),65~75 岁

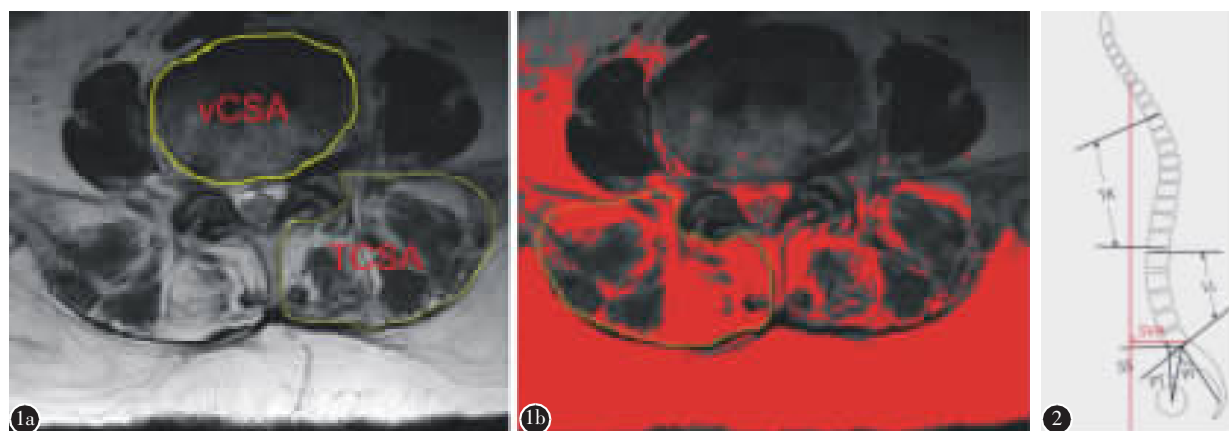


图 1 MRI 上测量肌肉的相关参数 a 通过 Image J 软件勾勒出椎体及脊柱后方椎旁肌肉群的感兴趣区域 (region of interest, ROI), 计算出椎体及肌肉的横截面积 (cross-sectional area, CSA), 即 vCSA 和 TCSA b 应用阈值技术获得肌肉群 ROI 内脂肪浸润的面积 (area of fat infiltration, FIA), 然后计算出功能性横截面积 (FCSA), 即 $FCSA = TCSA - FIA$; 肌肉的脂肪浸润比率为 $FI\%$, $FI\% = FIA/TCSA$; 相对的功能性肌肉面积 (relative CSA, RCSA), $RCSA = FCSA/vCSA$ 图 2 脊柱骨盆参数测量: TK、LL、PI、PT、SS 及 SVA 的测量示意图

Figure 1 The relevant parameters of paraspinal muscle on MRI a The cross-sectional areas of vertebrae and muscles were calculated by Image J software, namely vCSA and TCSA accordingly, by outlining the region of interest of vertebral body and posterior paraspinal muscle group (region of interest, ROI) b The area of fat infiltration in the muscle (Fat infiltration area, FIA), was obtained by threshold technique; then the functional cross-sectional area (FCSA), $FCSA = TCSA - FIA$; The fat infiltration rate of muscle was $FI\%$, $FI\% = FIA/TCSA$; Relative functional muscle area (relative CSA) was calculated by formula: $RCSA = FCSA/vCSA$ **Figure 2** Spino-pelvic parameters were measured on the long-cassette standing lateral radiographs of global spine: TK, LL, PI, SS and SVA

为老年组 (42 例), 75 岁以上定义为高龄组 (41 例)。SVA 均值为 $8.6 \pm 3.8\text{cm}$, 根据矢状面失衡的严重程度分组, 89 例患者 (74%) 为轻度失衡组, 31 例患者 (26%) 为重度失衡组。患者的脊柱骨盆参数如表 1 所示。脊柱前凸定义为负值, 后凸定义为正值。女性平均 $FI\%$ 显著高于男性 ($32.6 \pm 6.7\%$ vs. $28.0 \pm 6.0\%$, $P < 0.05$), 差异具有统计学意义。而男性的平均 TCSA 显著高于女性 ($47.1 \pm 7.6\text{cm}^2$ vs. $39.2 \pm 5.5\text{cm}^2$, $P < 0.05$), 差异具有统计学差异, 但 RCSA 在两者之间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 不同年龄段 DSSI 患者椎旁肌退变的比较

在 L1/2~L3/4 节段, 即上腰椎节段, 各组之间 $RtCSA$ 、 $FI\%$ 及 $RCSA$ 均具有显著差异 (均 $P < 0.05$)。而在下腰椎节段, 除 $RtCSA$ 外, 各组 $FI\%$ 及 $RCSA$ 均具有统计学差异 (均 $P < 0.05$)。各组之间相互比较发现, 对于 $RtCSA$, 在 L1/2 及 L2/3 节段上, 中年组均大于老年组及高龄组, 差异具有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。在所有节段, 高龄组与老年组之间均无显著差异 (均 $P > 0.05$)。对于平均

$RtCSA$, 老年组与高龄组无显著差异, 而中年组均大于这两组, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。对于 $FI\%$, 在 L3/4~L4/5 节段, 高龄组均大于其他两组, 差异具有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。从平均 $FI\%$ 上, 不同相邻年龄段之间均具有显著差异 (均 $P < 0.05$)。对于 $RCSA$, 在各节段上, 高龄组均小于中年组, 而在下腰椎节段 (L3/4~L4/5), 高龄组均小于其他两组, 差异具有统计学意义 (均 $P < 0.05$, 表 2)。

2.3 不同严重程度 DSSI 患者的椎旁肌肉退变特点及脊柱骨盆参数的比较

对于不同严重程度的失衡患者, 重度失衡组与轻度失衡组患者年龄比较, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。而 BMI 与症状持续时间比较, 无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。在脊柱骨盆参数上, 与轻度失衡组相比, 重度失衡组的 PI、LL、TK 显著更小, 而 PI-LL 显著增大, 差异均具有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。在腰椎肌肉退变上, 两组患者 $RCSA$ 在 L2/3~L5/S1 节段上比较, 差异具有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 而对于 TCSA 值, 两组只在 L4/5 和

L5/S1 节段上,差异具有统计学意义(均 $P<0.05$);两组患者在 FI%上,所有节段差异均无统计学意义(均 $P<0.05$,表 3)。

2.4 椎旁肌退变参数与脊柱骨盆参数之间的相关性分析

对腰椎肌肉退变参数的总平均值(TCSA、FI%、RCSA)与年龄、性别、BMI 及 SVA 进行多元线性回归分析。结果显示,TCSA 与年龄、性别、BMI 相关(年龄: β 系数 $=-0.220$, $P<0.01$;女性: β 系数 $=-0.584$, $P<0.01$;BMI: β 系数 $=0.399$, $P<0.01$),而与 SVA 无关(β 系数 $=-0.065$, $P=0.323$)。FI%与年龄、性别相关(年龄: β 系数 $=0.452$, $P<0.01$;性别: β 系数 $=0.267$, $P<0.01$),而与 BMI 及 SVA 无关(BMI: β 系数 $=0.141$, $P=0.09$;SVA: β 系数 $=0.023$, $P=0.776$)。RCSA 与年龄、BMI 相关(年龄: β 系数 $=-0.438$, $P<0.01$;BMI: β 系数 $=0.197$, $P<0.05$),而与性别、SVA 无关(女性: β 系数 $=-0.101$, $P=0.218$;SVA: β 系数 $=-0.072$, $P=0.365$)。图 3 为椎旁肌肉相关参数与年龄、性别、BMI 之间的散点图,可以看到平均 TCSA 与年龄呈负相关,与 BMI 呈正相关,女性的 TCSA 低于男性;平均 FI%与年龄呈正相关,女性的 FI%高于男性;平均 RCSA 与年龄呈负相关,与 BMI 呈正相关。

3 讨论

DSSI 是一种由各种退变因素导致的姿势前屈畸形,其往往伴随着椎旁肌的严重退变^[1,2]。不管是脊柱形态或者曲度的维持,还是脊柱矢状面失衡的代偿,都需要依靠椎旁肌作为其驱动力^[13]。多裂肌与竖脊肌作为腰椎后方主要的伸肌,在退变上也经历着相似的变化,所以我们将脊柱后方

表 1 基本资料

Table 1 Demographic data of all groups

项目(Item)	数据(Data)
年龄(岁)Age(years)	70.5±9.2
性别(男/女)Sex(male/female)	49/71
症状持续时间(月) Duration of symptoms(months)	69.9±91.9
体重指数(kg/m ²)BMI	26.3±3.8
脊柱骨盆参数 Spinopelvic parameters	
SVA(cm)	8.6±3.1
TK(°)	31.7±13.4
LL	34.0±16.8
PI	51.6±13.0
PT	21.1±8.7
SS	30.5±10.2
腰椎椎旁肌参数 Parameters of paraspinal muscle	
L1/2 TCSA(cm ²)	44.8±9.3
FI%(%)	22.6±7.5
RCSA	2.8±0.6
L2/3 TCSA(cm ²)	46.8±10.3
FI%(%)	24.9±7.2
RCSA	2.6±0.6
L3/4 TCSA(cm ²)	37.4±7.8
FI%(%)	35.1±10.1
RCSA	1.8±0.5
L4/5 TCSA(cm ²)	46.3±9.0
FI%(%)	32.3±8.2
RCSA	2.2±0.5
L5/S1 TCSA(cm ²)	36.8±8.4
FI%(%)	38.7±7.7
RCSA	1.7±0.5
平均值(mean value)	
TCSA(cm ²)	42.4±7.5
FI%(%)	30.7±6.8
RCSA	2.2±0.5

表 2 不同年龄段之间椎旁肌在 MRI 上的测量结果

Table 2 MRI results of paravertebral muscle measurements in different age groups

	RtCSA			FI%(%)			RCSA		
	中年组 (n=37) Adult group	老年组(n=42) Old group	高龄组 (n=41) Senior group	中年组 (n=37) Adult group	老年组 (n=42) Old group	高龄组 (n=41) Senior group	中年组 (n=37) Adult group	老年组(n=42) Old group	高龄组 (n=41) Senior group
L1/2	3.9±0.8 ^{①②}	3.5±0.7	3.3±0.5	19.6±6.3 ^②	22.8±7.6	25.2±7.5	3.2±0.7 ^{①②}	2.7±0.6	2.5±0.5
L2/3	3.8±0.8 ^{①②}	3.5±0.7	3.3±0.6	21.0±6.5 ^{①②}	25.3±6.6	28.2±6.7	3.0±0.7 ^{①②}	2.6±0.5	2.4±0.4
L3/4	2.8±0.6	2.8±0.7	2.5±0.6	31.3±10.4 ^①	33.7±9.2 ^①	40.0±8.9	2.0±0.5 ^①	1.8±0.6 ^①	1.6±0.4
L4/5	3.5±0.7 ^①	3.2±0.6	3.1±0.7	27.6±7.0 ^①	31.3±6.3 ^①	37.5±8.0	2.5±0.5 ^①	2.2±0.4 ^①	1.9±0.4
L5/S1	3.0±0.8 ^①	2.8±0.5	2.6±0.7	35.1±7.6 ^{①②}	39.4±7.3	41.3±7.1	1.9±0.6 ^{①②}	1.7±0.3 ^①	1.5±0.4
总平均值 Total mean value	3.4±0.6 ^{①②}	3.1±0.5	3.0±0.5	26.9±6.4 ^{①②}	30.5±5.8 ^①	34.5±6.1	2.5±0.5 ^{①②}	2.2±0.4 ^①	2.0±0.3

注:①与高龄组比较 $P<0.05$;②与老年组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with senior group, $P<0.05$; ②Compared with old group, $P<0.05$

表 3 轻度失衡组与重度失衡组患者脊柱骨盆参数及椎旁肌退变特点之间的比较

Table 3 Comparison of spinopelvic parameters and characteristics of paraspinal muscle degeneration between mild imbalance group and severe imbalance group

	轻度失衡组 (n=89) Mild imbalance group	重度失衡组 (n=31) Severe imbalance group
年龄 (岁) Age(years)	69.4±9.3	73.6±8.2 ^①
体重指数 (kg/m ²) BMI(kg/cm ²)	26.5±4.0	25.7±3.2
症状持续时间 (月) Duration of symptoms(months)	70.3±95.2	68.5±83.0
脊柱骨盆参数 Spinopelvic parameters		
PI(°)	52.8±11.8	48.3±15.8 ^①
PT(°)	21.1±8.0	20.9±10.5
SS(°)	31.5±9.1	27.4±12.4
LL(°)	-37.7±14.1	-23.5±19.5 ^①
TK(°)	33.3±12.1	27.2±16.1 ^①
PI-LL(°)	15.0±11.2	23.2±14.6 ^①
腰椎椎旁肌参数 Parameters of paraspinal muscle		
L1/2 TCSA(cm ²)	45.5±9.6	43.0±8.1
FI%(%)	22.3±6.9	23.5±9.0
RCSA	2.8±0.7	2.6±0.5
L2/3 TCSA(cm ²)	47.7±10.7	44.1±8.4
FI%(%)	24.4±6.6	26.4±8.6
RCSA	2.7±0.6	2.4±0.5 ^①
L3/4 TCSA(cm ²)	38.3±8.3	35.0±5.8
FI%(%)	34.6±9.9	36.6±10.7
RCSA	1.8±0.6	1.6±0.5 ^①
L4/5 TCSA(cm ²)	47.4±8.8	43.2±9.0 ^①
FI%(%)	31.8±7.8	33.6±9.2
RCSA	2.3±0.5	2.0±0.5 ^①
L5/S1 TCSA(cm ²)	37.8±8.2	34.0±8.4 ^①
FI%(%)	38.1±7.3	40.6±8.6
RCSA	1.8±0.5	1.5±0.5 ^①

注:①与轻度失衡组比较 $P<0.05$ Note: ①Compared with mild imbalance group, $P<0.05$

整块椎旁肌肉作为一个整体来分析其特点^[18]。椎旁肌在各种脊柱疾病中,其退变特点也呈现出不同的变化^[19]。Sun 等^[13]发现在退变性侧弯患者中,其侧弯的顶椎两侧会出现椎旁肌的不对称退变,凹侧椎旁肌肉由于长期的失用而萎缩得更加明显,这种不对称程度与冠状面畸形严重程度密切相关^[13,20]。Chon 等^[21]发现在单侧的腰椎神经根病患者中,其患侧椎旁肌有着更明显的脂肪浸润,多裂肌在神经根的损伤后失神经支配会导致肌肉的

萎缩及脂肪组织的替代。在正常人中,肌肉的大小和质量会随着年龄发生退行性的改变,在纵向研究中发现,随着年龄的增加,椎旁的肌肉会逐渐发生萎缩,脂肪或者结缔组织的浸润,甚至出现不对称的退变^[18]。另外椎旁肌还受到性别及 BMI 的影响,男性脊柱椎旁肌肉面积大于女性,较大的 BMI 提示更大的椎旁肌面积^[22-24]。而在退变性脊柱矢状面失平衡的患者中,椎旁肌的退变是多种因素相互作用而引起的。

在影响椎旁肌退变的因素中,性别和年龄是独立的影响因素^[24]。有研究表明,在健康成人中,女性的腰椎旁肌的脂肪浸润比例明显高于男性,但男性的椎旁肌面积要高于女性^[24,25],这与我们的研究结果一样。在年龄对脊柱椎旁肌的影响中,如我们的结果所示,在几乎所有的腰椎节段,高龄组患者的椎旁肌退变程度明显高于其他两组,其中老年组与高龄组之间的差异,主要存在下腰椎,即 L3/4 至 L5/S1 节段,而中年组与老年组之间的差异主要集中于上腰椎。随着年龄的增长,高龄组在肌肉的脂肪浸润和功能性横截面积上比其他两组退变更加显著。对于本研究存在的肌肉参数, TCSA 及 RtCSA 是体现肌肉总体积 (包括肌肉和脂肪) 的参数,在部分椎旁肌退变的患者中,虽然肌肉整体的面积变化不大,但是其脂肪浸润的程度是明显增加的,所以它不能很好地反映出肌肉整体的功能状态。FCSA、RCSA 及 FI% 是体现肌肉功能的一个指标,椎旁肌的退变实质上就是功能性横截面积的减小及脂肪浸润程度的增加^[12]。我们的结果显示,高龄组的 RtCSA 在靠上的腰椎节段 (L1/2 至 L3/4) 节段显著较低,但在下腰椎节段 RtCSA 无统计学差异 (均 $P>0.05$),而对于 FI% 和 RCSA,高龄组患者与其他两组均存在显著差异 (均 $P<0.05$)。在 Hyun 等^[26]的报道中发现,与正常对照组相比,退行性腰椎后凸畸形患者的椎旁肌退变明显,主要集中在 L4 和 L5 节段。在他们的研究中,他们测量的参数“RCSA”和本文中的参数 RtCSA 一样,但我们发现,在不同年龄段的失衡患者中,老年组患者,尤其是高龄组,其上腰椎会出现明显的肌肉萎缩。这与 Lee 等^[27]发现的结果相似,即在没有腰椎症状的人中,腰椎肌肉的退变似乎是从 L5/S1 关节开始,并向上蔓延的。在多元线性回归分析中,腰椎肌肉的相关参数 (TCSA、FI%、RCSA) 与年龄之间具有较强的相关性。这可

能提示我们,在脊柱矢状面失衡患者中,随着年龄增加,椎旁肌退变逐渐向上蔓延,这可能是脊柱矢状面失衡加重的原因,但这需要更多的纵向研究来证明。此外,这研究发现对于老年人进行提前的腰背部肌肉锻炼来加强肌肉强度有极大的帮助。另外,脊柱椎旁肌肉比腿部肌肉更容易发生受年龄变化的影响^[25],所以在老年人中脊柱椎旁肌退变会显得更加明显,这可能与老年患者的退变性矢状面失衡发生率较高有关。另外,当脊柱处于矢状面失平衡状态时,脊柱后部结构因长期牵张而处于慢性损伤中,最终会使椎旁肌功能降低,进而加重畸形程度^[12]。

在两组不同程度的失衡患者中,重度失衡组的 PI、LL、TK 值要显著大于轻度失衡组,PI-LL 反之。根据 Roussouly 分型,更大的 PI 对应着更大的腰椎曲度^[28]。PI 一定程度上反映了腰椎和骨盆在维持整体脊柱平衡方面的代偿能力^[13]。腰椎前凸

的丢失是矢状面失衡患者代偿机制的启动因素之一^[4,5]。LL 越小,PI-LL 就越大,脊柱骨盆之间的不匹配程度就越大。为了获得脊柱和骨盆的和谐一致,人类就会采用各种代偿机制将躯干向后拉,如减少胸椎后凸(TK 减少)、骨盆后倾(PT 增加)等,从而拉回重心^[29]。在脊柱代偿的过程中,根据弓弦原理,肌肉担任着张力带的作用,肌肉质量越好提示脊柱的代偿能力就越强^[29]。我们的研究结果显示,重度失衡患者拥有更小的 PI、LL、TK 值,而更高的 PI-LL 值(均 $P < 0.05$),并且在 L2/3~L5/S1 节段的相对椎旁肌面积(RCSA)显著更小(均 $P < 0.05$)。重度失衡患者 PI 更小且 LL 丢失更多,PI-LL 就越大,其代偿失衡的能力较弱,在矢状面上失衡的程度就越大(SVA 增加),其椎旁肌的功能性面积(RCSA)就越小。但在我们的多元线性回归分析中,SVA 与肌肉参数(TCSA、FI%、RCSA)之间没有显著的相关性(均 $P > 0.05$)。可能的解释

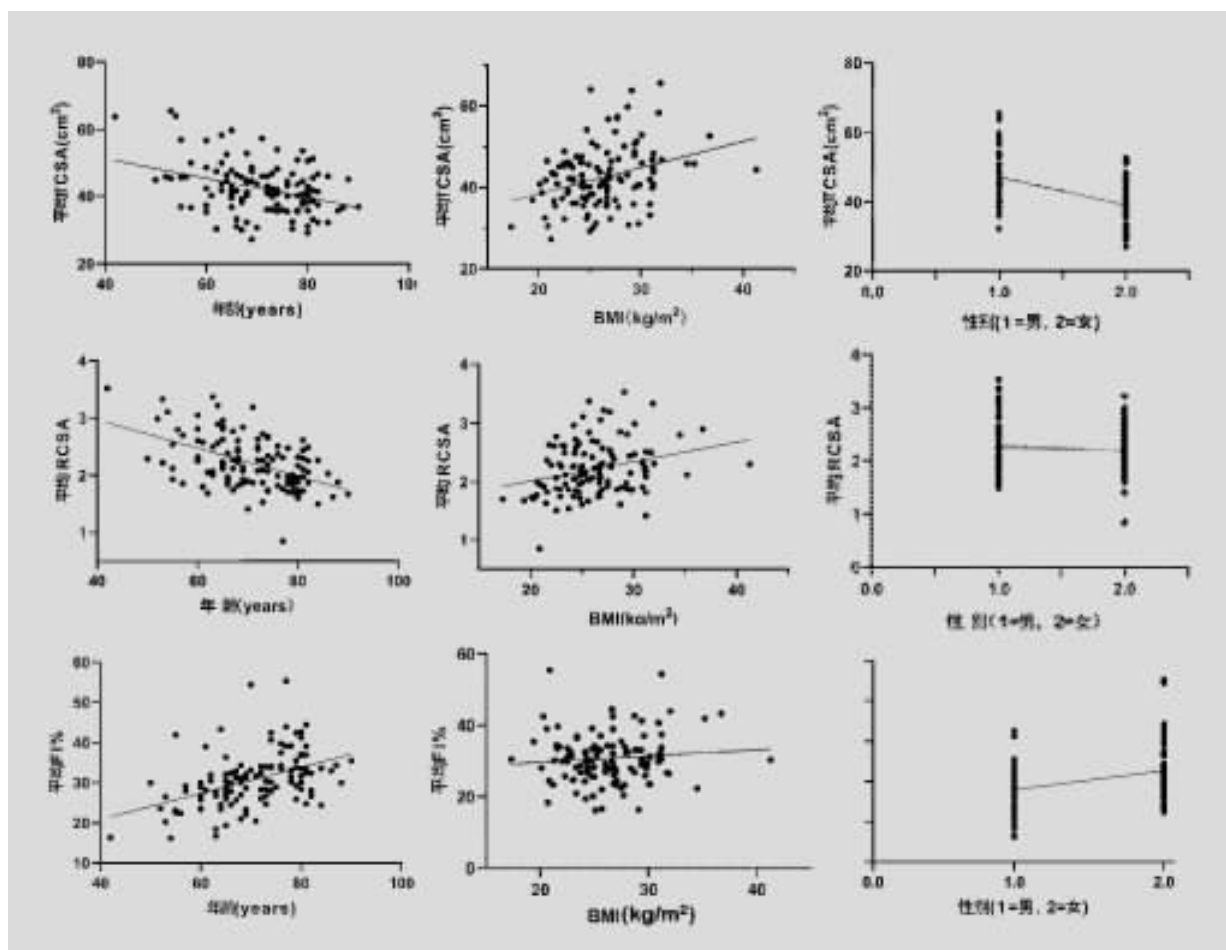


图 3 肌肉相关参数(平均 TCSA、平均 FI%及平均 RCSA)与年龄、性别、BMI 之间的散点图

Figure 3 Scatter diagram of muscle-related parameters(mean TCSA, mean FI% and mean RCSA) and BMI, age and sex

是:SVA 是矢状面失衡代偿后的结果,其代偿过程涉及多部位、多结构共同参与,所以对于 SVA 与椎旁肌肉之间的相关性,需要控制其他退变因素后才能显现出来但是对于椎旁肌肉退变显著的患者,在出现脊柱与骨盆之间的不协调时(PI 与 LL 的不匹配),通过脊柱椎旁肌参与的代偿能力是比较弱的,提示着更明显的整体脊柱后凸畸形。既往研究发现,下腰椎的伸肌面积与该区域的矢状面腰椎曲度呈正相关^[30]。在失衡患者中,重度失衡组与轻度失衡组之间的差异主要体现在功能性横截面积上,如前所述,RCSA 主要反映肌肉的功能性面积,肌肉的力量大小与其功能性面积有关,RCSA 越大,肌肉力量就越强^[6]。在失衡程度加重的过程中,肌肉的功能丢失更加明显,而脂肪浸润程度的增加并不显著。总而言之,明显的退变性矢状面失衡可能意味着更严重的脊柱椎旁肌退变,其原因可能是腰椎前凸的减少或反弓,加重了腰椎背部伸肌的功能障碍和退变,但对屈肌影响较小^[31]。

我们研究的几个局限性。首先,这是一项回顾性的横断面研究,所以脊柱椎旁肌肉退变与退变性脊柱矢状面失衡之间的因果关系仍不能确定。其次,这是一项单中心研究,因此样本量有限,基于大人群的多中心研究将更有意义和帮助。第三,我们的研究中缺乏正常健康受试者的对照组。第四,椎旁肌的退变与矢状面畸形中顶椎的位置有关,我们需要进一步的研究来观察失衡患者整个脊柱椎旁肌与整体矢状面序列之间的关系。

综上所述,虽然影响矢状面平衡的因素多种多样(如椎间盘、小关节的退变,椎体的畸形等),但椎旁肌作为脊柱后方的张力带,对维持脊柱的正常序列及矢状面平衡起着至关重要的作用。年龄、性别及 BMI 都与椎旁肌肉的退变密切相关;高龄患者有着更显著的椎旁肌肉退变,此种退变随着年龄逐渐向上腰椎移动;女性拥有更高的脂肪浸润率,但总横截面积要比男性小。尽管脊柱矢状面的失平衡程度(SVA)与椎旁肌退变之间无显著的相关性,这可能与 SVA 受多种退变因素影响有关,但是重度的脊柱矢状面失衡提示更加显著的椎旁肌退变。

4 参考文献

1. Angevine PD, Bridwell KH. Sagittal imbalance[J]. Neurosurg

Clin N Am, 2006, 17(3): 353-363.

2. Bridwell KH. Causes of sagittal spinal imbalance and assessment of the extent of needed correction[J]. Instr Course Lect, 2006, 55: 567-575.
3. Lee CH, Chung CK, Jang JS, et al. "Lumbar Degenerative Kyphosis" is not byword for degenerative sagittal imbalance: time to replace a misconception [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2017, 60(2): 125-129.
4. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine: can we identify the compensatory mechanisms[J]. Eur Spine J, 2011, 20(Suppl 5): 626-633.
5. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, et al. Sagittal balance of the spine[J]. Eur Spine J, 2019, 28(9): 1889-1905.
6. 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.
7. Banno T, Arima H, Hasegawa T, et al. The effect of paravertebral muscle on the maintenance of upright posture in patients with adult spinal deformity[J]. Spine Deformity, 2019, 7(1): 125-131.
8. Lorbergs AL, Allaire BT, Yang L, et al. A longitudinal study of trunk muscle properties and severity of thoracic kyphosis in women and men: the framingham study [J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2019, 74(3): 420-427.
9. Katzman WB, Miller-Martinez D, Marshall LM, et al. Kyphosis and paraspinal muscle composition in older men: a cross-sectional study for the osteoporotic fractures in men (MrOS) research group[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2014, 15: 19.
10. Kasukawa Y, Miyakoshi N, Hongo M, et al. Relationships between falls, spinal curvature, spinal mobility and back extensor strength in elderly people [J]. J Bone Miner Metab, 2010, 28(1): 82-87.
11. Ohyama S, Hoshino M, Terai H, et al. Sarcopenia is related to spinal sagittal imbalance in patients with spinopelvic mismatch [J]. Eur Spine J, 2019, 28(9): 1929-1936.
12. Xia W, Fu H, Zhu Z, et al. Association between back muscle degeneration and spinal-pelvic parameters in patients with degenerative spinal kyphosis [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1): 454.
13. Sun XY, Kong C, Zhang TT, 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.
14. Pennington Z, Cottrill E, Ahmed AK, et al. Paraspinal muscle size as an independent risk factor for proximal junctional kyphosis in patients undergoing thoracolumbar fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2019, 31(3): 380-388.

15. Diebo BG, Shah NV, Boachie-Adjei O, et al. Adult spinal deformity[J]. *Lancet*, 2019, 394(10193): 160–172.
16. Shafaq N, Suzuki A, Matsumura A, et al. Asymmetric degeneration of paravertebral muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis [J]. *Spine*, 2012, 37(16): 1398–1406.
17. 梦娜. 人类年龄段划分新标准[J]. *现代养生*, 2005, 9: 16.
18. 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.
19. Park MS, Moon SH, Kim TH, et al. Paraspinal muscles of patients with lumbar diseases[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2018, 79(4): 323–329.
20. Xie D, Zhang J, Ding W, et al. Abnormal change of paravertebral muscle in adult degenerative scoliosis and its association with bony structural parameters [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(7): 1626–1637.
21. Chon J, Kim HS, Lee JH, et al. Asymmetric atrophy of paraspinal muscles in patients with chronic unilateral lumbar radiculopathy[J]. *Ann Rehabil Med*, 2017, 41(5): 801–807.
22. Ekin EE, Kurtul Yildiz H, Mutlu H. Age and sex-based distribution of lumbar multifidus muscle atrophy and coexistence of disc hernia: an MRI study of 2028 patients [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2016, 22(3): 273–276.
23. Shahidi B, Parra CL, Berry DB, et al. Contribution of lumbar spine pathology and age to paraspinal muscle size and fatty infiltration[J]. *Spine*, 2017, 42(8): 616–623.
24. Urrutia J, Besa P, Lobos D, et al. Lumbar paraspinal muscle fat infiltration is independently associated with sex, age, and inter-vertebral disc degeneration in symptomatic patients [J]. *Skeletal Radiology*, 2018, 47(7): 955–961.
25. Dahlqvist JR, Vissing CR, Hedermann G, et al. Fat replacement of paraspinal muscles with aging in healthy adults[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2017, 49(3): 595–601.
26. Hyun SJ, Bae CW, Lee SH, et al. Fatty degeneration of the paraspinal muscle in patients with degenerative lumbar kyphosis: a new evaluation method of quantitative digital analysis using MRI and CT scan[J]. *Clinical Spine Surgery*, 2016, 29(10): 441–447.
27. Lee S, Park S, Kim Y, et al. The fatty degeneration of lumbar paraspinal muscles on computed tomography scan according to age and disc level[J]. *Spine J*, 2017, 17(1): 81–87.
28. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. *Spine*, 2005, 30(3): 1558–1559.
29. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(Suppl 6): S834–841.
30. Hu ZJ, Fang XQ, Fan SW. Iatrogenic injury to the erector spinae during posterior lumbar spine surgery: underlying anatomical considerations, preventable root causes, and surgical tips and tricks [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(2): 127–135.
31. 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*, 2008, 33(3): 318–325.

(收稿日期:2020-12-15 修回日期:2021-03-20)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 彭向峰)