退变性胸腰段椎体后凸患者腰椎后方肌肉和后凸畸形的相关性

https://doi.org/10.12307/2022.439
投稿日期：2021-03-08
送审日期：2021-03-10
采用日期：2021-05-19
在线日期：2021-09-13
中图分类号：
R459.9；R318；R687
文章编号：
2095-4344(2022)09-01418-06
文献标识码：A

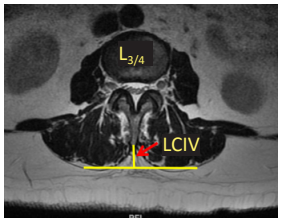
包先国[1]，高增鑫[1, 2]，吴战坡[1]，陈优民[1]，程庆华[1]，陆海涛[1]，郭长征[1]，徐 帅[3]

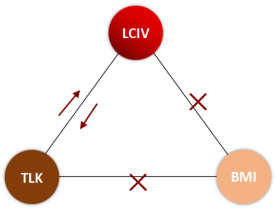
文章快速阅读：

文章亮点—

△首次明确了退变性胸腰段后凸患者椎旁肌肉分布特征。腰背肌肉凹陷值 (LCIV) 的引入简化了肌肉横截面积的测量，节约了时间成本；

△量化了胸腰椎后凸角 (TLK)、体质量指数 (BMI) 和 LCIV 之间的关系。强调该类患者在手术矫形的同时需增加术后腰背肌功能锻炼和康复训练，以促进矢状位序列的重建。





文题释义：

退变性胸腰段后凸：胸腰段椎体后凸的严重程度由胸腰椎后凸角表示，即T_{10}上终板和L_2下终板之间的角度，正常值为(0±15)°，退变性胸腰段后凸为可明确的由退变因素所致的胸腰椎后凸角≥15°者。

腰背肌肉凹陷值：首次由日本学者TAKAYAMA于2016年提出，即测量棘突顶点至两侧椎旁肌表面顶点连线的距离以代替腰背肌肉含量，在核磁上分别测量从T_{12}–L_1到L_4–L_5椎间隙即可获得。

摘要

背景：目前退变性胸腰段椎体后凸患者胸腰段后凸程度和脊柱后方肌群含量之间的关系尚未明确。近年来，为简化脊柱后方肌群含量的测量程序，腰背肌肉凹陷值作为新概念被引入。

目的：分析退变性胸腰段后凸患者椎旁肌肉含量的分布特点，并探讨胸腰椎后凸程度与体质量指数及椎旁肌肉含量的关系。

方法：回顾性分析南京市溧水区人民医院脊柱外科2015年6月至2020年6月收治的90例退变性胸腰段后凸患者(退变性胸腰段后凸组)和62例无脊柱畸形的健康志愿者(对照组)的临床资料，两组在人口统计学方面匹配。在两组患者全脊柱X射线正侧位片上获取胸腰椎后凸角和腰椎前凸角；使用简便的腰背肌肉凹陷值作为评估腰背肌群含量的参数，在T2加权MRI轴位片上分别测量从T_{12}–L_1到L_4–L_5节段的腰背肌肉凹陷值。两组根据体质量指数分为正常体质量、超重和肥胖亚组；退变性胸腰段后凸患者分为腰椎前凸角升高、正常腰椎前凸角和腰椎前凸角减小3个亚组。

结果与结论：①退变性胸腰段后凸组平均腰背肌肉凹陷值小于对照组($P < 0.01$)；从T_{12}/L_1到L_4/L_5节段，腰背肌肉凹陷值在两组均呈递增趋势($P < 0.01$)；②对照组男性平均腰背肌肉凹陷值大于女性($P < 0.05$)，且平均腰背肌肉凹陷值在体质量正常组小于超重组和肥胖组($P < 0.05$)；③退变性胸腰段后凸组平均腰背肌肉凹陷值在性别方面对比差异无显著性意义；退变性胸腰段后凸组T_{12}–L_1和L_1–L_2的腰背肌肉凹陷值在不同体质量指数亚组间相比差异有显著性意义(P=0.003，P=0.009)；退变性胸腰段后凸组中，平均腰背肌肉凹陷值在腰椎前凸角增大亚组大于腰椎前凸角正常亚组和腰椎前凸角减小亚组($P < 0.01$)；④胸腰椎后凸角与体质量指数在两组内均无明确相关性；对照组中体质量指数与平均腰背肌肉凹陷值呈正相关(P=0.003)，且存在平均腰背肌肉凹陷值= 0.32×体质量指数；退变性胸腰段后凸组中胸腰椎后凸角与平均腰背肌肉凹陷值呈负相关($P < 0.001$)，且存在平均腰背肌肉凹陷值= 13.75−0.48×胸腰椎后凸角；两组整合后存在平均腰背肌肉凹陷值=5.45+0.21×体质量指数−0.41×胸腰椎后凸角；⑤提示退变性胸腰段后凸患者的腰背肌肉含量小于正常人群；胸腰椎后凸程度和体质量指数无关，而与腰背肌含量可相互预测。

关键词：退变性胸腰段后凸；体质量指数；腰背肌肉凹陷值；腰椎前凸角；腰背肌

缩略语：退变性胸腰段椎体后凸：degenerative thoracolumbar kyphosis，DTLK

Correlation between lumbar posterior muscle and local kyphosis in patients with degenerative thoracolumbar kyphosis

Bao Xianguo[1], Gao Zengxin[1, 2], Wu Zhanpo[1], Chen Youmin[1], Cheng Qinghua[1], Lu Haitao[1], Guo Changzheng[1], Xu Shuai[3]

[1]Department of Spine Surgery, Lishui District People's Hospital, Nanjing 211200, Jiangsu Province, China; [2]Department of Spine Surgery, Zhongda Hospital Affiliated to Southeast University, Nanjing 211200, Jiangsu Province, China; [3]Department of Spine Surgery, People's Hospital of Peking University, Beijing 100044, China

[1] 南京市溧水区人民医院脊柱外科，江苏省南京市 211200；[2] 东南大学附属中大医院脊柱外科，江苏省南京市 211200；[3] 北京大学人民医院脊柱外科，北京市 100044

第一作者：包先国，男，1987 年生，安徽省桐城市人，汉族，2015 年安徽医科大学毕业，硕士，主要从事脊柱退行性疾病及四肢常见骨折诊疗方面的研究。

通讯作者：徐帅，博士，主治医师，北京大学人民医院脊柱外科，北京市 100044

https://orcid.org/0000-0001-8485-6081 (包先国)

基金资助：江苏大学临床医学科技发展基金项目 (JLY2021163)，项目负责人：包先国

引用本文：包先国，高增鑫，吴战坡，陈优民，程庆华，陆海涛，郭长征，徐帅 . 退变性胸腰段椎体后凸患者腰椎后方肌肉和后凸畸形的相关性 [J]. 中国组织工程研究，2022，26(9):1418-1423.

Bao Xianguo, Master, Department of Spine Surgery, Lishui District People's Hospital, Nanjing 211200, Jiangsu Province, China
Corresponding author: Xu Shuai, MD, Attending physician, Department of Spine Surgery, People's Hospital of Peking University, Beijing 100044, China

Abstract

BACKGROUND: The relationship between the content of paraspinal muscle and kyphotic severity in patients with degenerative thoracolumbar kyphosis has not been determined yet. Recently, a fresh concept of lumbar crossing indentation value was introduced as a simple method for the measurement of paraspinal muscle.

OBJECTIVE: To identify the characteristics of lumbar paraspinal muscles in patients with degenerative thoracolumbar kyphosis, and to explore the relationship between thoracolumbar kyphosis and body mass index and between thoracolumbar kyphosis and the content of lumbar paraspinal muscles.

METHODS: Totally 90 patients with degenerative thoracolumbar kyphosis (degenerative thoracolumbar kyphosis group) and 62 volunteers without spine deformity (control group) were retrospectively enrolled from June 2015 to June 2020 in the Department of Spine Surgery, Lishui District People's Hospital with well-matched demographics. The two groups were matched in terms of demographics. Thoracolumbar kyphosis and lumbar lordosis were obtained on the X-ray of the whole spine. Lumbar crossing indentation value was introduced to evaluate the content of the lumbar paraspinal muscles, which was measured from T_{12}–L_1 to L_4–L_5 at T2-MRI axial imaging. Both groups were separately divided into three subgroups of normal weight, overweight and obesity according to body mass index. Degenerative thoracolumbar kyphosis patients were divided into three subgroups of increased lumbar lordosis, normal lumbar lordosis and decreased lumbar lordosis.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The mean lumbar crossing indentation value in degenerative thoracolumbar kyphosis group was less than control group ($P < 0.01$). Lumbar crossing indentation value showed an increasing trend from T_{12}/L_1 to L_4/L_5 in both groups ($P < 0.01$). (2) In control group, mean lumbar crossing indentation value in male was larger than that in female ($P < 0.05$) and mean lumbar crossing indentation value in normal group was less than ones with overweight or obesity ($P < 0.05$). (3) In the degenerative thoracolumbar kyphosis group, mean lumbar crossing indentation value was not significantly different in both sexes. Significant differences were found in lumbar crossing indentation value in T_{12}–L_1 and L_1–L_2 at different body mass indexes (P=0.003, P=0.009). In degenerative thoracolumbar kyphosis group, mean lumbar crossing indentation value in lumbar lordosis-increased subgroup was larger than that of lumbar lordosis-normal and lumbar lordosis-decreased subgroups ($P < 0.01$). (4) There was no relationship between thoracolumbar kyphosis and body mass index in both groups. Body mass index was positively correlated to mean lumbar crossing indentation value in control group (P=0.003) with mean lumbar crossing indentation value=0.32×body mass index. Thoracolumbar kyphosis and mean lumbar crossing indentation value were negatively correlated ($P < 0.001$) in degenerative thoracolumbar kyphosis group with lumbar crossing indentation value=13.75−0.48× thoracolumbar kyphosis. For all cases, there was a relationship of mean lumbar crossing indentation value= 5.45+0.21× body mass index −0.41× thoracolumbar kyphosis. (5) It is indicated that degenerative thoracolumbar kyphosis patients had a less lumbar crossing indentation value than controls. There was no relationship between the severity of thoracolumbar kyphosis and body mass index, while lumbar crossing indentation value and thoracolumbar kyphosis were mutually predictable.

Key words: degenerative thoracolumbar kyphosis; body mass index; lumbar crossing indentation value; lumbar lordosis; lumbodorsal muscle

Funding: *Clinical Medicine Science and Technology Development Fund Project of Jiangsu University, No. JLY2021163 (to BXG)*
How to cite this article: *BAO XG, GAO ZX, WU ZP, CHEN YM, CHENG QH, LU HT, GUO CZ, XU S. Correlation between lumbar posterior muscle and local kyphosis in patients with degenerative thoracolumbar kyphosis. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2022;26(9):1418-1423.*

0 引言 Introduction

退变性胸腰段椎体后凸 (degenerative thoracolumbar kyphosis，DTLK) 作为成人脊柱畸形中重要组成部分，是中老年人最为常见的退行性脊柱畸形之一 [1-2]。

脊柱椎旁肌群对维持脊柱的形态和功能具有重要作用，并与脊柱畸形程度密切相关。脊柱后方肌群肌力减弱会导致下腰痛发病率显著增加，术后椎旁肌肉萎缩或受损也会影响患者预后 [3-5]。既往研究量化椎旁肌的含量和成分，以评估脊柱－骨盆矢状位参数与后方肌群含量之间的相关性。目前较为常用的表征肌肉含量和成分的指标是通过 MRI 测量肌肉横截面积和脂肪浸润率 [6-7]，然而该测量方法相对复杂，在快速评估椎旁肌肉含量方面存在局限性。为此，TAKAYAMA 等 [8] 提出腰背肌肉凹陷值 (lumbar crossing indentation value，LCIV) 这一概念，即测量棘突顶点至两侧椎旁肌表面顶点连线的距离以代替腰背肌肉含量，使测量过程大为简化。同时，该研究证实了腰背肌肉凹陷值与肌肉横截面积及脂肪浸润率高度相关，且 50 岁以上脊柱序列正常人群中腰背肌肉凹陷值可以基本代替横截面积和脂肪浸润率。腰背肌肉凹陷值在无脊柱后凸畸形人群中特征较为明确，但 DTLK 患者脊柱序列与椎旁肌群的含量与分布特征尚需探讨。

既往研究表明，年龄和性别为 DTLK 严重程度的影响因素 [9-10]，但体质量指数是否是脊柱矢状位畸形的外源性因素始终存在争议。KIM 等 [1] 发现 DTLK 畸形程度与椎旁肌肉含量相关，而与表征肥胖程度的体质量指数并无明确相关性。然而，WANG 等 [11] 认为肥胖不仅是脊柱小关节退变的危险因素，而且可能会加速退变性后凸畸形的进展。

研究显示，在正常成年人中体质量指数与椎旁肌含量之间存在相关性。BANNO 等 [7] 首次证实脊柱多裂肌和腰大肌的横截面积与体质量有关，强调进行相关研究时需将体质量指数考虑在内，而针对 DTLK 患者，其脊柱后方肌群含量与体质量指数的关系尚未明确，即该人群中胸腰段椎体后凸程度、脊柱后方肌群含量和肥胖程度三者之间的关系仍需探讨，以便为大量 DTLK 患者的诊治提供数据支持。

此次研究纳入 DTLK 患者，旨在明确该类人群椎旁肌含量的分布特征，并探讨胸腰段椎体后凸程度与椎旁肌含量、肥胖程度的相关性。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 单中心回顾性病例－对照试验，对组间二分类变量的比较分析采用 χ^2 检验或 Fisher 检验。组间计量资料的比较分析采用独立样本 *t* 检验，组内多个计量资料和亚组间的比较分析均采用单因素方差分析；胸腰椎后凸角、体质量指数和腰背肌肉凹陷值之间的相关性检验采用 Pearson 相关分析，多元线性回归用于确定腰背肌肉凹陷值的影响因素。

1.2 时间及地点 于 2015 年 6 月至 2020 年 6 月在南京市溧水区人民医院脊柱外科完成。

1.3 对象 此次研究纳入 2015 年 6 月至 2020 年 6 月就诊于南京市溧水区人民医院且诊断为 DTLK 的患者 (DTLK 组)。同

时通过倾向评分匹配法按样本量 (1–2) ∶ 1 匹配筛选无脊柱畸形的正常人群作为对照组。

纳入标准：① DTLK 组患者存在胸腰段后凸且无冠状位畸形 (Cobb 角 < 10°)；②对照组为无脊柱畸形的健康人群；③两组人群的全脊柱站立正侧位和胸腰椎或腰骶椎 MRI 完整清晰；④两组研究对象年龄均 > 50 岁。

排除标准：①存在冠状位失衡或侧弯畸形者；② X 射线片或 MRI 等影像学资料不完整者；③脊柱畸形为特发性脊柱侧弯，先天性脊柱侧弯或其他类型的脊柱畸形者；④合并腰椎滑脱、腰椎骨折、肿瘤或感染者；⑤既往行胸腰椎或腰椎手术者；⑥存在系统病理性肌萎缩者。

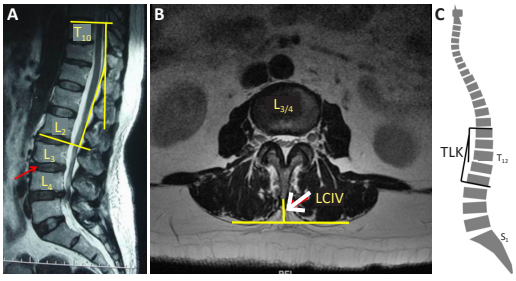
胸腰段椎体后凸的严重程度由胸腰椎后凸角表示，即 T_{10} 上终板和 L_2 下终板之间的角度，正常值为 (0±15)°[12]；DTLK 定义为可明确的由退变因素所致的胸腰椎后凸角≥ 15° 者。最终研究共纳入 DTLK 组 90 例，对照组 65 例。此次研究经南京市溧水区人民医院伦理委员会批准，所有参与者均已签署知情同意书。

1.4 方法

1.4.1 MRI 检查 所有受试者取仰卧位，采用 1.5T 的 MRI 系统 (Gyroscan；Philips Medical Systems，Washington，USA) 进行 5 mm 薄层扫描 (矩阵尺寸：512×512；视野：180 mm×180 mm。获得完整的自 T_{12}–L_1 至 L_4–L_5 的 T2 加权像 (重复时间：3 200 ms；回波时间：102 ms)，矢状位和横断位图像上传至 PACS 工作站 (PACS MagicView 1 000；Siemens，Erlangen，Germany)，横断位图像为平行于上下终板的椎间隙图像。

1.4.2 影响学参数测量 在全脊柱 X 射线片上测量获得胸腰椎后凸角和腰椎前凸角。腰椎前凸角定义为 L_1 上终板与 S_1 上终板之间的夹角，腰椎前凸角≥ 53° 定义为腰椎前凸过大，腰椎前凸角 < 25° 定义为前凸丢失 [12]。

在 MRI 矢状位上确定椎间隙，轴位像用于测量腰背肌肉凹陷值：腰背肌肉凹陷值为棘突顶点至两侧椎旁肌表面顶点连线的垂直距离，见**图 1**，分别测量从 T_{12}–L_1 到 L_4–L_5 椎间隙的腰背肌肉凹陷值；L_5–S_1 椎间隙因髂棘在轴位的遮挡和髂腰肌附着导致存在较大异质性而未行测量。



图注：图 A 为退变性胸腰段椎体后凸患者 T2 加权像矢状位，箭头所指 $L_{3/4}$ 椎间隙；B 为该患者 T2 加权像横断位 LCIV 的测量示意图；C 为 TLK 测量示意图。LCIV：腰背肌肉凹陷值，TLK：胸腰椎后凸角

图 1 | LCIV 和 TLK 测量示意图

Figure 1 | **Lumbar crossing indentation value and thoracolumbar kyphosis**

所有参数均 2 两名观察员独立测量，并通过组内相关系数评估结果一致性。组内相关系数介于 0–1 之间，接近于 1 表示可信程度大。通过计算，胸腰椎后凸角和腰椎前凸角的组内相关系数分别为 0.86 和 0.79；LCIV 各节段的组内相关系数分别为 0.90 (T_{12}–L_1)、0.78 (L_1–L_2)、0.78 (L_2–L_3)、0.83 (L_3–L_4) 和 0.77 (L_4–L_5)，提示测量结果可靠。

1.4.3 根据体质量指数分类 体质量指数等于体质量 (kg) 除以身高的平方 (m^2)，根据国际标准，正常体质量为 18.5–24.9 kg/m^2，超重为 25.0–29.9 kg/m^2，肥胖为≥ 30.0 kg/m^2。此次研究根据体质量指数将患者分为正常体质量亚组、超重亚组和肥胖亚组。

1.4.4 亚组分析 通过性别 (男、女) 和体质量指数 (正常体质量、超重、肥胖) 的亚组分析来确定性别和体质量指数对腰背肌肉凹陷值有无影响。此外，对 DTLK 患者按照腰椎前凸角值增大组 (腰椎前凸角≥ 53°)、腰椎前凸角值正常组 (腰椎前凸角 25°–52°) 和腰椎前凸角丢失组 (腰椎前凸角 < 25°) 也进行亚组分析。

1.5 主要观察指标 测量两组的腰背肌肉凹陷值、胸腰椎后凸角、体质量指数以及 DTLK 组的腰椎前凸角。腰背肌肉凹陷值在入院完善 MRI 后立即测量，胸腰椎后凸角和腰椎前凸角在入院完善脊柱全长正侧位 X 射线片后立即测量。

1.6 统计学分析 计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示。对组间二分类变量的比较分析采用 χ^2 检验或 Fisher 检验。组间计量资料的比较分析采用独立样本 t 检验，组内多个计量资料和亚组间的比较分析均采用单因素方差分析。

胸腰椎后凸角、体质量指数和腰背肌肉凹陷值之间的相关性检验采用 Pearson 相关分析，多元线性回归用于确定腰背肌肉凹陷值的影响因素。此次研究采用 SPSS 22.0 软件 (IBMC，Armonk，New York，USA) 进行统计分析，$P < 0.05$ 时认为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 DTLK 组根据纳入和排除标准，最初纳入 90 例患者，全部进入结果分析，无脱落。对照组最初纳入 65 例患者，3 例因影像学检查不清晰难以进行参数测量而予以排除，最终 62 例进入结果分析。

2.2 试验流程图 见**图 2**。

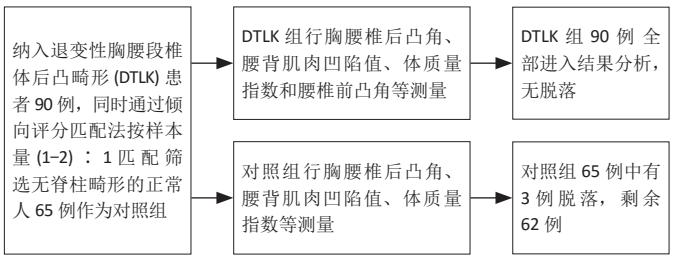


图 2 | 两组患者分组流程图

Figure 2 | **Flow chart of group assignment**

2.3 基线资料比较 两组在性别、年龄和体质量指数方面对比差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，具有可比性。DTLK 组中胸腰椎后凸角为 15.2°–64.2°，平均 (25.8±10.1)°，见**表 1**。

表 1 | 两组观察对象的基本情况
Table 1 | Basic information between the two groups

指标	DTLK 组 (*n*=90)	对照组 (*n*=62)	*P* 值
性别 (男 / 女，*n*)	25/65	18/44	0.867
年龄 ($\bar{x}$±*s*，岁)	68.0±8.1	67.2±6.8	0.638
体质量指数 ($\bar{x}$±*s*，kg/m^2)	26.1±3.6	27.1±3.9	0.662
正常体质量 18.5–24.9 kg/m^2(*n*)	36	24	
超重 25.0–29.9 kg/m^2(*n*)	35	32	
肥胖≥ 30 kg/m^2(*n*)	19	6	
胸腰椎后凸角 ($\bar{x}$±*s*，°)	25.8±10.1	6.5±4.3	< 0.001
腰椎前凸角 ($\bar{x}$±*s*，°)	36.6±19.1	42.1±12.9	0.006

表注：DTLK 为退变性胸腰段椎体后凸

2.4 DTLK 组和对照组腰背肌肉凹陷值比较 DTLK 组中，腰背肌肉凹陷值在 T_{12}–L_1、L_1–L_2 和 L_2–L_3 中均低于对照组 (*P* < 0.01)，但在下腰椎中对比差异无显著性意义 (*P* > 0.05)；平均腰背肌肉凹陷值低于对照组 (*P* < 0.01)。DTLK 组腰背肌肉凹陷值自 T_{12}–L_1 到 L_4–L_5 呈递增趋势 (*P* < 0.01)，见**表 2**。

表 2 | 两组观察对象 T_{12}–L_5 的腰背肌肉凹陷值比较 ($\bar{x}$±*s*，mm)
Table 2 | Comparison of lumbar crossing indentation value from T_{12}–L_5 between the two groups

椎体	DTLK 组 (*n*=90)	对照组 (*n*=62)	*P* 值
T_{12}–L_1	4.4±5.4	9.2±4.3	< 0.001
L_1–L_2	5.4±5.7	10.4±4.1	< 0.001
L_2–L_3	6.7±5.9	9.6±4.4	< 0.001
L_3–L_4	9.2±6.2	10.1±3.9	0.288
L_4–L_5	13.7±5.6	13.1±4.9	0.518
平均值	7.9±5.1	10.6±4.5	< 0.001

表注：DTLK 为退变性胸腰段椎体后凸

对照组中胸腰椎后凸角无性别差异 (*P*=0.924)，除 T_{12}–L_1 外，男性各节段腰背肌肉凹陷值和平均腰背肌肉凹陷值均大于女性组 (*P* < 0.05)；DTLK 组中平均腰背肌肉凹陷值无性别差异 (*P*=0.979)，见**表 3**。

表 3 | 两组观察对象中腰背肌肉凹陷值的性别分布差异 ($\bar{x}$±*s*，mm)
Table 3 | Comparison of the difference on lumbar crossing indentation value between the two groups in terms of gender

椎体	DTLK 组 (*n*=90)			对照组 (*n*=62)		
	男性	女性	*P* 值	男性	女性	*P* 值
T_{12}–L_1	2.4±6.5	5.1±4.9	0.044	11.3±4.8	9.7±4.4	0.232
L_1–L_2	4.1±7.1	5.8±5.1	0.241	12.1±4.7	9.2±4.4	0.012
L_2–L_3	7.4±7.3	6.4±5.4	0.527	13.1±5.1	9.4±4.8	0.002
L_3–L_4	10.1±9.2	8.9±4.9	0.575	12.2±5.1	9.1±4.7	0.007
L_4–L_5	15.2±8.0	13.2±4.6	0.265	15.1±4.2	12.2±4.7	0.036
平均值	7.8±7.0	7.9±4.3	0.979	12.7±4.4	9.7±4.1	0.004

表注：DTLK 为退变性胸腰段椎体后凸

对照组腰背肌肉凹陷值和平均腰背肌肉凹陷值在体质量指数 3 个亚组间对比差异有显著性意义 (*P* < 0.05)，其中体质量正常亚组腰背肌肉凹陷值小于超重和肥胖亚组 (*P* < 0.01)。DTLK 组 T_{12}–L_1 和 L_1–L_2 的腰背肌肉凹陷值在不同体质量指数亚组间差异有显著性意义 (*P*=0.003 和 *P*=0.009)，见**表 4**。DTLK 组中腰椎前凸角增加、腰椎前凸角正常和腰椎前凸角减小亚组分别为 12，47 和 17 例，平均腰背肌肉凹陷值在 3 个亚组间差异有显著性意义 (*P* < 0.01)。

表 4 | 两组观察对象中腰背肌肉凹陷值的体质量指数分布差异 ($\bar{x}$±*s*，mm)
Table 4 | Comparison of the difference on lumbar crossing indentation value between the two groups in terms of body mass index

椎体	DTLK 组 (*n*=90)			对照组 (*n*=62)		
	正常	超重	肥胖	正常	超重	肥胖
T_{12}–L_1	2.7±4.1	4.1±6.2^c	7.7±4.2^b	7.8±4.3	10.9±3.8^{ac}	13.6±2.6^b
L_1–L_2	3.4±4.3	5.6±6.5	8.2±4.8^b	8.2±4.7	10.4±3.3^{ac}	13.0±3.2^b
L_2–L_3	5.1±5.2	7.0±6.6	8.7±5.2^a	7.9±3.7	10.7±3.3^b	12.5±3.7^b
L_3–L_4	8.8±5.4	9.3±7.4	9.8±5.0	8.1±4.0	10.4±3.8^a	12.0±3.8^b
L_4–L_5	12.8±5.5	14.0±6.5	14.5±4.0	10.5±5.4	14.0±4.1^a	13.4±4.7^b
平均值	6.6±4.2	8.0±6.0	9.8±4.0^a	8.7±3.7	11.2±3.1^b	12.9±3.3^b

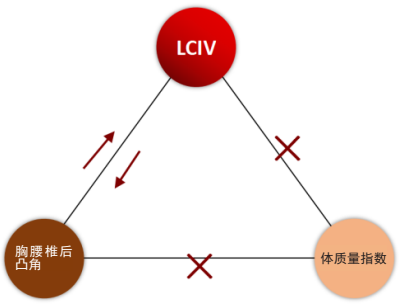
表注：DTLK 为退变性胸腰段椎体后凸。与正常亚组相比，^aP < 0.05，^bP < 0.01；与肥胖亚组相比，^cP < 0.05

2.5 腰背肌肉凹陷值的影响因素 对照组中平均腰背肌肉凹陷值与体质量指数呈正相关 (*P*=0.003)，而与胸腰椎后凸角无相关性。在 DTLK 组中，胸腰椎后凸角与平均腰背肌肉凹陷值呈负相关 (*P* < 0.001)，而与体质量指数无相关性。视平均腰背肌肉凹陷值为因变量，相关变量 (*P* < 0.1) 作为自变量。对照组平均腰背肌肉凹陷值的独立危险因素为体质量指数 (*P* < 0.01)，平均腰背肌肉凹陷值 = 0.32× 体质量指数。DTLK 组平均腰背肌肉凹陷值的独立危险因素是胸腰椎后凸角 (*P* < 0.001)，此时平均腰背肌肉凹陷值 = 13.75−0.48× 胸腰椎后凸角。两组整合显示，平均腰背肌肉凹陷值均由胸腰椎后凸角和体质量指数共同决定，平均腰背肌肉凹陷值 =5.45+0.21× 体质量指数 −0.41× 胸腰椎后凸角，见**表 5** 及**图 3**。

表 5 | 平均腰背肌肉凹陷值的多元线性回归分析
Table 5 | Multiple linear regression analysis of mean lumbar crossing indentation value

组别	变量	非标准化系数		标准化系数 Beta	*t* 值	*P* 值
		B	标准误			
DTLK 组	常数	13.749	1.027		13.386	< 0.001
	胸腰椎后凸角	−0.183	0.036	−0.48	−5.131	< 0.001
对照组	常数	1.038	3.141		0.316	0.771
	体质量指数	0.355	0.109	0.323	2.688	0.003
总体	常数	5.448	2.161		2.551	0.010
	体质量指数	0.237	0.085	0.208	3.185	0.003
	胸腰椎后凸角	−0.125	0.022	−0.411	−5.874	< 0.001

表注：DTLK 为退变性胸腰段椎体后凸



图注：LCIV 为腰背肌肉凹陷值。“→”表示可预测，“×”表示不可预测

图 3 | 退变性胸腰段椎体后凸患者胸腰椎后凸角、LCIV 和体质量指数关系示意图
Figure 3 | Relationship among thoracolumbar kyphosis, lumbar crossing indentation value and body mass index in degenerative thoracolumbar kyphosis patients

3 讨论 Discussion

椎旁肌群作为外源性因素，对于脊柱－骨盆序列和矢状位平衡的维持作用已得到充分证实，尤其是多裂肌和竖脊肌[3-4，8]。YAGI 等[3]对 60 例成人脊柱畸形患者进行多中心回顾性研究，发现该类患者多裂肌和竖脊肌横截面积较小，且与脊柱矢状位序列有显著相关性。脊柱正常序列的维持和椎旁肌肉的分布是相互作用的，尤其是在中老年人群中[13-14]。MANNION 等[15]通过组化分析发现，成人脊柱畸形患者中椎旁肌群的退变是与脊柱侧后凸进程相关的继发性改变。

目前关于胸腰段畸形患者的腰背肌肉含量研究较少，而中老年人群中 DTLK 患者门诊暴露率和入院率逐年增高，因此明确 DTLK 与椎旁肌之间的关系具有重要的临床意义[16-17]。然而，既往测量椎旁肌肉含量的方法较为复杂，无法对大量门诊病例做出快速判断。而 TAKAYAMA 等[8]创新性地提出腰背肌肉凹陷值的概念，使得椎旁肌群的测量变得简单高效。

TAKAYAMA 等[8]发现腰背肌肉凹陷值和肌肉横截面积在腰椎所有节段均高度相关 (r=0.708−0.789)，且腰背肌肉凹陷值与年龄呈负相关，但在 50 岁以上各年龄组人群之间差异并无显著性意义。此次研究引入腰背肌肉凹陷值概念，论证出 DTLK 组的腰背肌肉凹陷值低于对照组：一方面，DTLK 患者胸腰段椎体后凸使得棘突贴近于皮肤，甚至高于皮肤表面；另一方面，脊柱后凸使得后方肌群受压变薄，证实了椎旁肌横截面积与后凸畸形进展存在相关性这一结论[18-19]。此外，此次研究发现无论是 DTLK 还是对照组，腰背肌肉凹陷值从近段至远端逐渐增加，这主要归因于腰椎前凸使棘突顶点距离肌肉顶点和皮肤表面逐渐增加。同时下腰椎区域靠近椎旁肌在髂嵴的附着点，丰富的后方肌群使肌肉顶点至棘突距离增大[8，20-21]。

腰椎前凸角作为脊柱－骨盆参数变化的始动因素，其丢失或增加将导致骨盆旋转和近端胸腰椎后凸改变以代偿矢状位整体平衡[22-23]。此次研究中腰椎前凸角增加患者外观显示为嵴沟加深；而腰椎前凸角丢失者但随着脊柱后凸和肌肉附着空间减少，出现椎旁肌含量减少和肌力明显减退[4，24]。TAKEMITSU 等[25]比较腰椎后凸与正常患者躯干的肌肉含量，发现该患者后方伸肌肌力明显小于屈肌肌力。HONGO 等[24]发现老年人群后方肌力减低与腰椎曲度丢失和后凸增加相关，而加强腰背部肌肉可以改善腰椎序列。因此，恢复腰椎序列可以改善后方肌群分布状态；同时该研究强调了加强腰背部肌肉锻炼以维持脊柱生理序列的意义，而关于肌肉含量和矢状位序列的因果关系，需要进一步研究。

正常人群的肌肉含量和横截面积存在性别差异[26]，认为男性后方肌肉含量高于女性。但此次研究 DTLK 组患者后方肌肉含量无性别差异，考虑 DTLK 患者肌肉含量和肌肉密度减低，消除了性别差异。因此，不论中老年男性还是女性，存在或潜在发生胸腰段后凸畸形者都需重视其肌肉的含量和分布状态。

研究表明，脊柱负荷的增加会导致椎间隙高度降低并影响椎间盘的重力吸收能力。肥胖会使脊柱受压时间延长，并通过释放脂肪细胞因子引起炎症，进而影响脊柱退变[27]。WANG 等[11]认为体质量指数与退变性脊柱侧凸的形成和进展密切相关，尤其是体质量指数 > 25.57 kg/m^2 时；而 KIM 等[1]认为两变量之间并无明确相关性。此次研究中，DTLK 组或对照组的后凸程度均不受体质量指数的影响，这与 KIM 等[1]的观点一致。此外，DTLK 组患者腰背部肌肉含量在不同体型患者中差异不大，考虑是 DTLK 患者肌肉含量受后凸影响大于体质量指数。同时，DTLK 患者中腰背肌群含量减少，而体质量指数大者肌肉含量丢失更加明显[28]，该结论也可通过 MRI 证实。

此次研究首次明确了 DTLK 患者椎旁肌肉的分布特征。腰背肌肉凹陷值的引入具有重要的临床意义：①明确了正常人群和 DTLK 人群腰背肌群的分布特点，验证了 TAKAYAMA 等[8]的结论，并补充了 DTLK 人群腰背肌肉凹陷值特点，扩大了腰背肌肉凹陷值的适用范围；②简化了肌肉横截面积的测量程序，节约了时间成本，门诊医生通过简单测量即可做出初步判断[8]；③研究量化了胸腰椎后凸角、体质量指数和腰背肌肉凹陷值之间的关系，对于存在 DTLK 但无法及时通过 X 射线片判断者，通过 MRI 能预测后凸程度，甚至可以通过线性关系逐步推断出人群胸腰段是否存在异常；④通过明确腰背肌肉凹陷值的分布特点，强调 DTLK 患者需重视腰背肌群的含量，在手术矫形的同时需增加术后腰背肌功能锻炼和康复训练，以促进矢状位序列重建和术后功能的恢复[29]。

此次研究存在一些局限性：首先，腰背肌肉凹陷值的测量不如肌肉横截面积准确，特别是对于脂肪浸润较多的肌肉组织。尽管腰背肌肉凹陷值在 50 岁以上比较稳定，但此次研究纳入样本年龄范围较大 (50−87 岁) 且无分层分析，会导致报告偏倚。此外，该结论仅适用于 DTLK 患者，或许不适用于其他类型的后凸畸形如强直性脊柱炎、Scheuermann 病者。

结论：综上，中老年人群 DTLK 患者椎旁肌含量小于正常人群，且肌肉含量自上腰椎至下腰椎逐渐增加。正常人群中男性椎旁肌含量大于女性，且随者体质量指数增加而增加；而 DTLK 组中椎旁肌含量无性别差异，且与体质量指数无关，而与腰椎前凸程度有关。DTLK 患者胸腰段后凸程度与肥胖程度无关，而与椎旁肌的含量有关。对于 DTLK 患者，椎旁肌肌肉含量和胸腰段后凸程度之间可以相互预测。

致谢：感谢北京大学人民医院脊柱外科刘海鹰主任提供文章思路，感谢溧水区人民医院脊柱外科陈优民主任进行写作指导。

作者贡献：包先国、高增鑫、徐帅负责试验设计，包先国、吴战坡负责试验实施，陈优民负责评估，包先国、高增鑫、程庆华负责数据测量，陆海涛、徐帅负责数据处理，包先国、郭长征负责文章撰写，徐帅负责指导文章撰写。

经费支持：该文章接受了“江苏大学临床医学科技发展基金项目(JLY2021163)”的基金资助。所有作者声明，经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突：文章的全部作者声明，在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题：该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和南京市溧水区人民医院对研究的相关伦理要求，医院伦理批件号：2021SQ01。

知情同意问题：参与试验的患病个体及其家属为自愿参加，均对试验过程完全知情同意，在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南：该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND声明)。

文章查重：文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审：文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明：文章统计学方法已经南京市溧水区人民医院生物统计学专家审核。

4 参考文献 References

[1] KIM WJ, KANG JW, KANG SI, et al. Factors affecting clinical results after corrective osteotomy for lumbar degenerative kyphosis. Asian Spine J. 2010;4(1):7-14.

[2] LEWIS SJ, KESHEN SG, KATO S, et al. Risk Factors for Postoperative Coronal Balance in Adult Spinal Deformity Surgery. Global Spine J. 2018;8(7):690-697.

[3] YAGI M, HOSOGANE N, WATANABE K, et al. The paravertebral muscle and psoas for the maintenance of global spinal alignment in patient with degenerative lumbar scoliosis. Spine J. 2016;16(4):451-458.

[4] BANNO T, YAMATO Y, HASEGAWA T, et al. Assessment of the Cross-Sectional Areas of the Psoas Major and Multifidus Muscles in Patients With Adult Spinal Deformity: A Case-Control Study. Clin Spine Surg. 2017;30(7):E968-E973.

[5] KALICHMAN L, HODGES P, LI L, et al. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study. Eur Spine J. 2010;19(7):1136-1144.

[6] JUN HS, KIM JH, AHN JH, et al. The Effect of Lumbar Spinal Muscle on Spinal Sagittal Alignment: Evaluating Muscle Quantity and Quality. Neurosurgery. 2016;79(6):847-855.

[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. Spine Deform. 2019;7(1):125-131.

[8] TAKAYAMA K, KITA T, NAKAMURA H, et al. New Predictive Index for Lumbar Paraspinal Muscle Degeneration Associated With Aging. Spine (Phila Pa 1976). 2016;41(2):E84-E90.

[9] HICKS GE, SIMONSICK EM, HARRIS TB, et al. Cross-sectional associations between trunk muscle composition, back pain, and physical function in the health, aging and body composition study. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2005;60(7):882-887.

[10] LIU CJ, ZHU ZQ, WANG KF, et al. Radiological Analysis of Thoracolumbar Junctional Degenerative Kyphosis in Patients with Lumbar Degenerative Kyphosis. Chin Med J (Engl). 2017;130(21):2535-2540.

[11] WANG C, CHANG H, GAO X, et al. Risk factors of degenerative lumbar scoliosis in patients with lumbar spinal canal stenosis. Medicine (Baltimore). 2019;98(38):e17177.

[12] 龚克，胡学昱，冷志鹏，等. 影像学正常人群腰椎椎间高度指数、椎间角度及腰椎前凸角度的研究分析 [J]. 生物骨科材料与临床研究，2018,15(2):19-24.

[13] CRUZ-JENTOFT AJ, LANDI F, SCHNEIDER SM, et al. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). Age Ageing. 2014;43(6):748-759.

[14] SHAFAQ N, SUZUKI A, MATSUMURA A, et al. Asymmetric degeneration of paravertebral muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis. Spine (Phila Pa 1976). 2012;37(16):1398-1406.

[15] MANNION AF, MEIER M, GROB D, et al. Paraspinal muscle fibre type alterations associated with scoliosis: an old problem revisited with new evidence. Eur Spine J. 1998;7(4):289-293.

[16] PATEL EA, PERLOFF MD. Radicular Pain Syndromes: Cervical, Lumbar, and Spinal Stenosis. Semin Neurol. 2018;38(6):634-639.

[17] KITAB S, HABBOUB G, ABDULKAREEM SB, et al. Redefining lumbar spinal stenosis as a developmental syndrome: does age matter. J Neurosurg Spine. 2019;31(3):357-365.

[18] WEI Y, TIAN W, ZHANG GL, et al. Thoracolumbar kyphosis is associated with compressive vertebral fracture in postmenopausal women. Osteoporos Int. 2017;28(6):1925-1929.

[19] CHARLES YP, NTILIKINA Y. Scoliosis surgery in adulthood: what challenges for what outcome. Ann Transl Med. 2020;8(2):34.

[20] HWANG CJ, LENKE LG, KELLY MP, et al. Minimum five-year follow-up of posterior-only pedicle screw constructs for thoracic and thoracolumbar kyphosis. Eur Spine J. 2019;28(11):2609-2618.

[21] LEE KY, LEE JH, KANG KC, et al. Spino-Pelvic Thresholds for Prevention of Proximal Junctional Kyphosis Following Combined Anterior Column Realignment and Short Posterior Spinal Fusion in Degenerative Lumbar Kyphosis. Orthop Surg. 2020;12(6):1674-1684.

[22] DIEBO BG, VARGHESE JJ, LAFAGE R, et al. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? Clin Neurol Neurosurg. 2015;139:295-301.

[23] HIYAMA A, KATOH H, SAKAI D, et al. The correlation analysis between sagittal alignment and cross-sectional area of paraspinal muscle in patients with lumbar spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis. BMC Musculoskelet Disord. 2019;20(1):352-360.

[24] HONGO M, MIYAKOSHI N, SHIMADA Y, et al. Association of spinal curve deformity and back extensor strength in elderly women with osteoporosis in Japan and the United States. Osteoporos Int. 2012;23(3):1029-1034.

[25] TAKEMITSU Y, HARADA Y, IWAHARA T, et al. Lumbar degenerative kyphosis. Clinical, radiological and epidemiological studies. Spine (Phila Pa 1976). 1988;13(11):1317-1326.

[26] PISHNAMAZ M, SCHOLZ M, TROBISCH PD, et al. Posttraumatic deformity of the thoracolumbar spine. Unfallchirurg. 2020;123(2):143-154.

[27] YUKAWA Y, KATO F, SUDA K, et al. Normative data for parameters of sagittal spinal alignment in healthy subjects: an analysis of gender specific differences and changes with aging in 626 asymptomatic individuals. Eur Spine J. 2018;27(2):426-432.

[28] CHAMNEY PW, WABEL P, MOISSL UM, et al. A whole-body model to distinguish excess fluid from the hydration of major body tissues. Am J Clin Nutr. 2007;85(1):80-89.

[29] BERVEN S, WADHWA R. Sagittal Alignment of the Lumbar Spine. Neurosurg Clin N Am. 2018;29(3):331-339.

（责任编辑：GD，ZN，ZH）