

·论著·

定量 CT 研究椎后肌群体质成分与年龄的关系及变化趋势

李新彤¹ 钱占华¹ 冯强强¹ 王玲¹ 娄路馨¹ 程晓光¹ 于爱红¹ 赵凯平²¹北京积水潭医院放射科,北京 100035;²北京积水潭医院病案统计科,北京 100035

通信作者:于爱红,Email:imaging2008@sina.com

【摘要】 目的 探讨成人腰部椎后肌群体质成分与年龄的关系及变化趋势。方法 对 865 例 21~83 岁的志愿者行腰椎 CT 检查,其中男性 347 例,年龄(44.0±12.6)岁,女性 518 例,年龄(45.3±13.6)岁,并以 10 岁的间隔划分年龄组。使用定量 CT 测量 L3 椎体中部层面椎后肌群的肌肉面积、脂肪面积及肌肉脂肪浸润程度(MFI)。使用方差分析进行组间线性趋势估计,使用独立样本 *t* 检验比较同性别相邻年龄组间及同年组不同性别间椎后肌群体质成分的差异,使用相关分析研究椎后肌群体质成分与年龄、体质指数、身高及体重的关系,并使用单变量线性回归分析比较年龄对椎后肌群体质成分影响的性别差异。结果 男女椎后肌群的脂肪面积及 MFI 随年龄有增加趋势,肌肉面积随年龄有下降趋势(男性 $F=54.603, 71.524, 37.458$, 女性 $F=317.808, 436.105, 45.210$, 均 $P<0.001$)。年龄与男女椎后肌群脂肪面积呈正相关($r=0.505, 0.588, P<0.001$),与 MFI 呈正相关($r=0.489, 0.646, P<0.001$),与肌肉面积呈负相关($r=-0.334, -0.367, P<0.001$)。年龄对椎后肌群脂肪面积、肌肉面积及 MFI 的影响存在性别差异($t=-4.799, 28.810, -11.027$, 均 $P<0.001$)。BMI 与椎后肌群脂肪面积、肌肉面积、MFI 均呈正相关($r=0.414, 0.420, 0.184$, 均 $P<0.001$)。结论 成人椎后肌群在 20~39 岁达到发育高峰,之后随年龄的增长而出现肌肉萎缩及脂肪浸润;女性椎后肌群的退变速率较男性快,有更强的年龄依赖;年龄、BMI 是影响椎后肌群体质成分的重要因素。

【关键词】 腰椎; 肌肉衰减征; 年龄因素**基金项目:**国家自然科学基金面上项目(81971617);北京市医院管理局临床医学发展专项经费资助(XMLX201843)

Relationship between posterior vertebral muscles composition and age by quantitative computed tomography

Li Xintong¹, Qian Zhanhua¹, Feng Qiangqiang¹, Wang Ling¹, Lou Luxin¹, Cheng Xiaoguang¹, Yu Aihong¹, Zhao Kaiping²¹Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; ²Department of Medical Record Management and Statistics, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China

Corresponding author: Yu Aihong, Email: imaging2008@sina.com

【Abstract】 Objective To investigate the age-related changes in the composition of lumbar posterior vertebral muscles in adults. **Methods** A total of 865 adults (aged 21-83 years) who underwent computed tomography scans of the lumbar spine were divided into groups by age intervals of 10 years. The fat area, muscle area, and muscle fat infiltration (MFI) of the posterior vertebral muscles at the L3 level were measured by quantitative computed tomography (QCT). Analysis of variance was used to estimate the linear trend between groups. An independent samples *t*-test was used to compare the composition of lumbar posterior vertebral muscles between groups. Correlation analysis was used to determine the relationships between the muscles composition with age, BMI, height, and weight. Univariate linear regression analysis was used to compare gender

DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20200618-00503

收稿日期 2020-06-18 本文编辑 袁庆

引用本文:李新彤,钱占华,冯强强,等.定量 CT 研究椎后肌群体质成分与年龄的关系及变化趋势[J].中华健康管理学杂志,2021,15(1):44-48. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20200618-00503.



differences in the effect of age on the composition of posterior vertebral muscles. **Results** The fat area and MFI of posterior vertebral muscles of males and females increased with age, while the muscle area decreased with age ($F=54.603, 71.524, 37.458$ for males and $F=317.808, 436.105, 45.210$ for females, all $P<0.001$). Age was positively correlated with posterior vertebral muscles' fat area in males and females ($r=0.505, 0.588$, both $P<0.001$). Age was positively correlated with MFI ($r=0.489, 0.646$, both $P<0.001$) and negatively correlated with muscle area ($r=-0.334, -0.367$, both $P<0.001$). The influence of age on the fat area, muscle area, and MFI of posterior vertebral muscles differed by gender ($t=-4.799, 28.810, -11.027$, all $P<0.001$). The fat area, muscle area, and MFI of posterior vertebral muscles were positively correlated with BMI ($r=0.414, 0.420, 0.184$, all $P<0.001$). **Conclusion** Posterior vertebral muscles of adults reach the peak of development at the age of 20-39 years; subsequently, the muscle atrophy and fat infiltration occur with the increase in age. The degeneration rate of female posterior vertebral muscles is faster than that of males and have stronger age dependence. Age and BMI are major factors affecting the composition of posterior vertebral muscles.

【Key words】 Lumbar vertebrae; Sarcopenia; Age factors

Fund program: the National Natural Science Foundation of China (81971617); the Beijing Municipal Administration of Hospitals Clinical Medicine Development of Special Funding Support (XMLX201843)

人体的骨骼肌在达到发育峰值后会随着年龄的增加而逐渐退变,出现肌肉体积减少及脂肪浸润,肌肉功能及肌力也随之减退,甚至形成肌少症,增加跌倒、骨折及致残风险,降低生活质量^[1-3]。腰部椎后肌群的脂肪浸润程度及肌肉含量是诊断和研究肌少症的重要指标^[4]。以往的研究中应用定量CT分别对中老年男性及女性腰部椎后肌群退变与年龄的相关关系进行了研究^[5-6]。本研究对成年男性及女性进行多年龄段分析,进一步研究腰部椎后肌群体质成分与年龄的关系及变化趋势。

对象与方法

一、对象

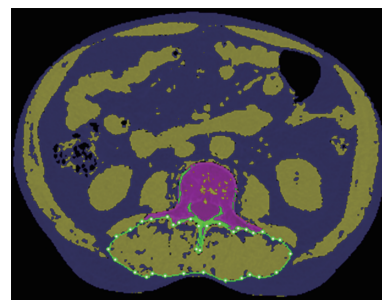
本次研究于2019年7月到10月进行。选取2013年11月到2016年2月在北京积水潭医院参加中国骨科退行性疾病病因学研究项目的志愿者及2016年2月到7月参加中国城乡流行病学前瞻性调查中的北京社区志愿者共865例,其中男性347例[年龄(44.0±12.6)(21~83)岁],女性518例[年龄(45.3±13.6)(21~81)岁],并以10岁的年龄间隔进行分组。所有志愿者行腰椎CT检查,并测量身高及体重、计算体质指数(body mass index, BMI)。排除外伤性骨折,甲状旁腺功能亢进等代谢性疾病,转移瘤、骨髓瘤等伴有骨质破坏,脂肪萎缩症,严重器质性病变及服用钙片、激素等药物者。本研究经过北京积水潭医院伦理委员会审查批准,仅对志愿者CT图像进行测量分析,不接受额外射

线。所有志愿者签署知情同意书。

二、方法

1. 扫描参数:扫描仪器使用Toshiba Aquilion 80排CT(床高120 cm,电流250 mAs,电压120 kV, SFOV500 mm,层厚1.00 mm)和Toshiba Aquilion 64排CT(床高73 cm,电流250 mAs,电压120 kV, SFOV400 mm,层厚1.00 mm)。志愿者腰部下方加垫校准体模(美国Mindways公司),扫描范围自T12椎体下缘至S1椎体上缘。

2. 测量方法:获得的容积数据传到Mindways公司定量CT测量分析软件工作站,由一位具有5年以上肌骨影像诊断经验且经培训的医师进行测量。选用软件中的“tissue composition”功能,人工圈画L3椎体中部薄层轴位图像的竖脊肌及多裂肌感兴趣区,软件根据预先设定的阈值自动区分感兴趣区中的肌肉和脂肪成分并得出相应面积(cm^2),计算脂肪面积与两者之和的比值即为肌肉脂肪浸润程度(muscle fat infiltration, MFI), (图1)。此测量方法准确可靠^[4, 6-7]。



注:蓝色区域代表脂肪组织,黄色区域代表肌肉组织

图1 椎后肌群体质成分的测量

三、统计学分析

统计软件使用SPSS 19.0。计量资料经K-S正态性检验,使用 $\bar{x} \pm s$ 来表示。以10岁的年龄间隔进行分组,使用方差分析进

行组间线性趋势估计,使用独立样本 *t* 检验比较同性别相邻年龄组、不同性别同年龄组的椎后肌群体质成分的差异。使用 Pearson 相关及偏相关分析椎后肌群体质成分与年龄、BMI、身高及体重的相关性。并使用单变量线性回归分析比较年龄对椎后肌群体质成分影响的性别差异。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各年龄组志愿者身体指标的测量结果

本研究纳入的 865 例志愿者包括 347 例男性及 518 例女性,身高分别为 (171.50 ± 6.21) cm、 (160.11 ± 6.32) cm,体重分别为 (77.22 ± 12.06) kg、 (62.53 ± 10.24) kg, BMI 分别为 (26.20 ± 3.55) kg/m²、 (24.42 ± 3.89) kg/m²。男女志愿者以 10 岁的年龄间隔各分为 6 组,各组例数、身高、体重、BMI 具体情况见表 1。

二、椎后肌群体质成分的测量结果及年龄变化趋势分析

男女椎后肌群的脂肪面积及 MFI 随年龄有增加趋势,肌肉面积随年龄有下降趋势。男女椎后肌群脂肪面积在 40 岁之后出现明显增加,女性增加率明显高于男性,女性脂肪面积仅在 70 岁后明显高于男性。男性椎后肌群肌肉面积在各年龄段均明显高于女性,女性在 60 岁后出现明显下降,而男性在 70 岁后出现明显下降,男性下降率略高于女性。女性椎后肌群 MFI 在 30 岁后明显高于男性,且两者均在 40 岁后出现明显增加,但女性增加率大于男性(表 2)。

三、椎后肌群体质成分与年龄的相关性分析结果

椎后肌群的脂肪面积及 MFI 与年龄呈正相关,肌肉面积与年龄呈负相关。脂肪面积及 MFI 与年龄的相关系数较肌肉面积高。女性椎后肌群的脂肪面积、MFI 与年龄的相关系数高于男性。控制 BMI 因素后,男性脂肪面积、MFI 及女性肌肉面积与年龄的相关系数增高(表 3)。在单变量线性回归分析中,性别为固定因子,并控制 BMI,得出年龄对腰部椎后肌群脂肪面积($t = -4.799, P < 0.001$)、肌肉面积($t = 28.810, P < 0.001$)、MFI($t = -11.027, P <$

表 1 各年龄组志愿者身体指标的测量结果($\bar{x} \pm s$)

年龄组(岁)	男性				女性			
	例数	身高(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	例数	身高(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)
20~29	31	173.36±6.33	80.32±14.03	26.71±4.44	69	161.88±4.85	59.63±9.07	22.77±3.43
30~39	112	172.11±6.40	77.89±13.24	26.26±4.01	127	161.28±6.60	61.77±11.71	23.71±3.97
40~49	108	172.61±5.80	78.25±11.00	26.21±3.10	140	160.63±6.42	62.91±10.23	24.41±3.87
50~59	42	169.03±5.52	74.79±9.16	26.17±2.89	88	159.85±5.93	63.19±8.49	24.75±3.18
60~69	40	169.26±5.58	76.41±11.04	26.62±3.29	67	158.13±5.26	65.57±10.13	26.21±3.79
≥70	14	167.93±7.02	66.64±10.90	23.49±2.43	27	153.22±5.99	61.91±9.57	26.47±4.60
合计	347	171.50±6.21	77.22±12.06	26.20±3.55	518	160.11±6.32	62.53±10.24	24.42±3.89

表 2 男女各年龄组腰部椎后肌群体质成分的测量结果及变化趋势分析

年龄组(岁)	脂肪面积				肌肉面积				MFI			
	男性 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)	10年 增加率 (%) ^b	女性 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)	10年 增加率 (%) ^b	男性 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)	10年 下降率 (%) ^c	女性 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)	10年 下降率 (%) ^c	男性 (%, $\bar{x} \pm s$)	10年 增加率 (%) ^b	女性 (%, $\bar{x} \pm s$)	10年 增加率 (%) ^b
20~29	3.7±2.7	-	3.0±1.7	-	56.1±9.0	-	38.7±6.3	-	6.2±4.0	-	7.3±4.6	-
30~39	3.5±2.0	-5.9	3.4±2.2	12.0	58.8±9.6	-4.8	40.0±6.9	-4.1	5.6±2.9	-8.6	7.6±3.4	4.8
40~49	4.2±2.7 ^a	19.1	4.3±2.3 ^a	26.8	56.3±10.0	4.3	39.62±6.43	1.0	7.2±6.7 ^a	26.8	9.7±5.0 ^a	26.7
50~59	5.3±2.3 ^a	26.1	5.5±2.2 ^a	30.0	53.0±8.0	5.9	38.6±7.4	2.6	8.9±3.2	24.6	12.8±5.4 ^a	31.7
60~69	7.3±3.1 ^a	27.6	8.3±3.5 ^a	49.1	50.5±9.5	4.7	35.6±5.3 ^a	8.5	12.7±5.4 ^a	42.9	18.6±6.4 ^a	45.6
≥70	7.6±2.6	4.5	10.9±4.4 ^a	31.8	41.8±10.8 ^a	17.0	30.6±5.3 ^a	14.0	15.7±5.6	23.3	25.8±7.7 ^a	38.7
平均每 10 年率	-	15.3	-	29.4	-	5.7	-	4.5	-	20.5	-	28.7
F 值	54.603		317.808		37.458		45.210		71.524		436.105	
P 值	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

注: MFI 为肌肉脂肪浸润程度;脂肪面积≥70 岁组、MFI≥30 岁各年龄组及肌肉面积各年龄组的男女比较差异有统计学意义;^a与上一年龄组比较差异有统计学意义。^b10 年增加率=(下组均值-上组均值)/上组均值×100%;^c10 年下降率=(上组均值-下组均值)/上组均值×100%;“-”为无数据

表 3 男女腰部椎后肌群体质成分与年龄的相关性分析结果

项目	男性				女性			
	r 值	P 值	r 值 ^a	P 值	r 值	P 值	r 值 ^a	P 值
脂肪面积	0.442	<0.001	0.505	<0.001	0.625	<0.001	0.588	<0.001
肌肉面积	-0.338	<0.001	-0.334	<0.001	-0.272	<0.001	-0.367	<0.001
MFI	0.468	<0.001	0.489	<0.001	0.677	<0.001	0.646	<0.001

注: MFI 为肌肉脂肪浸润程度; ^a校正体质指数后

0.001) 的影响均存在性别差异。

四、椎后肌群体质成分与 BMI、身高、体重的相关性分析结果

控制年龄因素, 偏相关分析结果显示 BMI 与椎后肌群脂肪面积、肌肉面积、MFI 均呈正相关; 身高与椎后肌群脂肪面积无显著相关, 与肌肉面积呈正相关, 与 MFI 呈负相关; 体重与椎后肌群脂肪面积、肌肉面积呈正相关, 与 MFI 无显著相关(表 4)。

表 4 椎后肌群体质成分与 BMI、身高、体重的相关性分析结果

项目	BMI		身高		体重	
	r 值 ^a	P 值	r 值 ^a	P 值	r 值 ^a	P 值
脂肪面积	0.414	<0.001	-0.027	0.424	0.312	<0.001
肌肉面积	0.420	<0.001	0.650	<0.001	0.683	<0.001
MFI	0.184	<0.001	-0.268	<0.001	0.000	0.995

注: BMI 为体质指数; MFI 为肌肉脂肪浸润程度; ^a校正年龄后

讨 论

肌肉含量的准确测定对肌少症的诊断及研究非常重要。腰部椎后肌群作为人体躯干的重要肌群, 在保持体位、维持脊柱稳定及协调躯干运动等方面有着重要的作用^[8], 因此椎后肌群的退变程度是诊断和研究肌少症的重要指标。本研究选择了以往研究中常用的 L3 椎体中部层面进行测量^[4-6]。椎后肌群的退变主要表现为肌肉萎缩和脂肪浸润两个方面, 以往所使用的定量 CT 测量方法恰好可以精确的测量椎后肌群的肌肉面积及脂肪面积, 并计算 MFI, 可以很好的反映椎后肌群的退变情况, 结果准确可靠^[5-6, 9]。

骨骼肌的年龄依赖性退变是一个持续性的过程。在本研究中, 腰部椎后肌群的发育高峰在 20~39 岁, 40 岁后开始出现明显退变, 即出现椎后肌群脂肪面积及 MFI 的增加。Keller 和 Engelhardt^[10] 研究发现肌肉力量在 40 岁之后出现明显下降, 这与肌肉脂肪面积和 MFI 增加导致的肌肉质量减少相关。骨骼肌发育峰值过后, 肌纤维的大小和数量开始减少, 肌束间及肌肉间脂肪细胞增生, 肌肉力量

及功能也随之减退, 即出现骨骼肌退变^[11]。

本研究显示, 腰部椎后肌群体质成分及随年龄的变化趋势存在性别差异。女性肌肉面积在各年龄段均明显低于男性, 且下降率略高于男性; 女性脂肪面积仅在 70 岁后明显高于男性, 但在椎后肌群退变过程中, 其增加率约为男性的 2 倍; 女性 MFI 在 30 岁后明显高于男性, 且增加率略高于男性。此外, 女性椎后肌群脂肪面积、MFI 与年龄的相关系数明显高于男性。笔者考虑这些差异的存在与男女激素水平、遗传等因素有关。例如男性体内雄激素水平高, 而雄激素可以激活肌纤维周围的卫星细胞, 刺激肌细胞表达胰岛素样生长因子-1, 促进肌细胞的蛋白合成代谢及生长, 从而增加肌肉质量^[12-13]。因此, 雄激素对于肌少症的治疗也日益受到关注。

以往多项研究结果表明, 随着年龄的增大, 椎后肌群的脂肪浸润程度有增加的趋势^[5-6, 14-17], 即椎后肌群的脂肪面积及 MFI 与年龄呈正相关。但是对于肌肉面积随年龄变化的研究, 却存在不同的结果。Fortin 等^[14] 研究认为椎旁肌群的横截面积随年龄的增加而逐渐减小, 椎后肌群的改变程度与年龄存在负相关; 而 Crawford 等^[15]、李新民等^[5] 却认为椎旁肌群的面积与年龄没有显著相关性。本研究中, 椎后肌群的脂肪面积及 MFI 与年龄呈正相关, 而肌肉面积与年龄呈负相关, 与 Fortin 等的研究结果一致, 且脂肪面积及 MFI 与年龄的相关系数较肌肉面积高。此外, 本次研究对象为青年至老年, 其椎后肌群体质成分与年龄的相关系数, 要明显高于之前针对中老年人人群的研究, 尤其是女性人群^[5-6]。

由于年龄是影响椎后肌群体质成分的重要因素, 故在分析 BMI、身高、体重与椎后肌群体质成分的相关关系时, 对年龄因素进行了控制。结果显示身高与椎后肌群肌肉面积、MFI 存在相关性, 而体重与椎后肌群脂肪面积、肌肉面积存在相关性, 且身高、体重与肌肉面积的相关系数较高, 说明身高及体重大者, 拥有更多的肌肉量。相对身高、体重而言, BMI 是一个相对全面的评估指标, 更多的用于各种研究。本研究中, BMI 与椎后肌群脂肪面

积、肌肉面积及 MFI 均呈正相关,说明 BMI 是椎后肌群体质成分的重要影响因素,这与 Fortin 等^[14]的研究结果一致;但是与 Kalichman 等^[18]和李新民等^[5]的研究结果有一定出入,他们认为 BMI 虽然影响脂肪面积及 MFI,但与肌肉面积没有相关性,笔者考虑可能与研究的样本来源及样本量不同有关。

本研究尚存在一定局限性。首先,研究中没有纳入其他可能影响椎后肌群体质成分的因素,如运动锻炼、营养干预、激素水平等^[19-21];且研究中并未对部分志愿者存在的腰痛症状进行统计分析,而腰痛与椎旁肌群退变存在一定关系,但尚存在一定争议^[22-23],今后还需要更深入的研究。其次,各年龄组受检者人数相差较大,青中年例数多于老年。在以后的研究中,需要纳入更多不同年龄组的志愿者,并研究影响椎后肌群体质成分的其他因素。

综上所述,正常成人椎后肌群在 20~39 岁达到发育高峰,之后便随年龄的增加而退变,出现肌肉面积减少、脂肪面积及 MFI 增加。脂肪面积及 MFI 与年龄呈正相关,肌肉面积与年龄呈负相关。女性椎后肌群的退变速率较男性快,有更强的年龄依赖。除年龄外,BMI 也是影响椎后肌群体质成分的重要因素。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(1): 16-31. DOI: 10.1093/ageing/afy169.
- [2] 程晓光. 骨、肌肉及脂肪老年性改变的影像学评价[J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1163-1167. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.013.
- [3] 王丰哲, 孙鹤, 李琦, 等. 肌少症的影像学研究进展[J]. *中国医学影像技术*, 2019, 35(1): 148-151. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201805161.
- [4] Montano-Loza AJ, Meza-Junco J, Prado CM, et al. Muscle wasting is associated with mortality in patients with cirrhosis[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2012, 10(2): 166-173. DOI: 10.1016/j.cgh.2011.08.028.
- [5] 李新民, 王玲, 侯雪, 等. 正常中老年女性椎后肌群增龄退变与体质指数关系的研究[J]. *重庆医学*, 2017, 46(22): 3053-3056. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2017.22.009.
- [6] 蔡韦, 王玲, 陈义忠, 等. 定量 CT 研究中老年男性椎后肌群退行性改变与年龄的相关性[J]. *重庆医学*, 2016, 45(30): 4193-4196. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2016.30.006.
- [7] 王玲, 汪伟, 邓微, 等. 定量 CT 测量腹部脂肪面积及分布的重复性研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2012, 18(11): 999-1003. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2012.11.008.
- [8] Okada E, Matsumoto M, Ichihara D, et al. Cross-sectional area of posterior extensor muscles of the cervical spine in asymptomatic subjects: a 10-year longitudinal magnetic resonance imaging study[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(9): 1567-1573. DOI: 10.1007/s00586-011-1774-x.
- [9] Lustgarten MS, Fielding RA. Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials[J]. *J Nutr Health Aging*, 2011, 15(5): 368-375. DOI: 10.1007/s12603-011-0049-x.
- [10] Keller K, Engelhardt M. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss[J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2014, 3(4): 346-350.
- [11] Keller K. Sarcopenia[J]. *Wien Med Wochenschr*, 2019, 169(7-8): 157-172. DOI: 10.1007/s10354-018-0618-2.
- [12] Morley JE. Hormones and sarcopenia[J]. *Curr Pharm Des*, 2017, 23(30): 4484-4492. DOI: 10.2174/1381612823666161123150032.
- [13] Sculthorpe N, Solomon AM, Sinanan AC, et al. Androgens affect myogenesis in vitro and increase local IGF-1 expression[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2012, 44(4): 610-615. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318237c5c0.
- [14] 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. DOI: 10.1249/MSS.000000000000179.
- [15] Crawford RJ, Filly L, Elliott JM, et al. Age- and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2016, 37(4): 742-748. DOI: 10.3174/ajnr.A4596.
- [16] Marcus RL, Addison O, Kidde JP, et al. Skeletal muscle fat infiltration: impact of age, inactivity, and exercise[J]. *J Nutr Health Aging*, 2010, 14(5): 362-366. DOI: 10.1007/s12603-010-0081-2.
- [17] Yarjanian JA, Fetzer A, Yamakawa KS, et al. Correlation of paraspinal atrophy and denervation in back pain and spinal stenosis relative to asymptomatic controls[J]. *PMR*, 2013, 5(1): 39-44. DOI: 10.1016/j.pmrj.2012.08.017.
- [18] Kalichman L, Hodges P, Li L, et al. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(7): 1136-1144. DOI: 10.1007/s00586-009-1257-5.
- [19] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 肌少症共识[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2016, 9(3): 215-227. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2016.03.001.
- [20] Frontera WR, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function[J]. *Calcif Tissue Int*, 2015, 96(3): 183-195. DOI: 10.1007/s00223-014-9915-y.
- [21] 李春微, 于康. 营养干预对老年人肌肉蛋白合成的影响: 系统综述[J]. *中华健康管理学杂志*, 2017, 11(1): 34-39. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-0815.2017.01.004.
- [22] Ranger TA, Cicuttini FM, Jensen TS, et al. Are the size and composition of the paraspinal muscles associated with low back pain? A systematic review[J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1729-1748. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.07.002.
- [23] Özcan-Ekşi EE, Ekşi MŞ, Akçal MA. Severe lumbar intervertebral disc degeneration is associated with modic changes and fatty infiltration in the paraspinal muscles at all lumbar levels, except for L1-L2: a cross-sectional analysis of 50 symptomatic women and 50 age-matched symptomatic men[J]. *World Neurosurg*, 2019, 122: 1069-1077. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.229.