

磁共振单体素波谱成像技术评估退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的初步临床研究

陈春华¹ 张承旻¹ 陈灿^{1,2} 罗飞¹

【摘要】 目的 探索磁共振单体素波谱(SMRS)成像技术定量评估退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的技术方法,并探究多裂肌退变程度与脊柱矢状面失衡程度的关联。**方法** 公开招募31例退行性脊柱畸形(DSD)患者(DSD组)以及30例健康志愿者(对照组)作为研究对象,所有受试者均行SMRS序列扫描并拍摄脊柱全长正侧位X片。磁共振扫描部位为L_{4/5}椎间盘层面的双侧多裂肌,观察指标包括:脂肪分数(FF)、水脂比(W/F)、脂肪波峰下面积(FP)、不对称程度(DOA)。通过ROC曲线计算上述指标曲线下面积,观察两组人群多裂肌退变特点及其与矢状面平衡的关联。**结果** 畸形组FF、FP、DOA高于对照组($P<0.05$),畸形组W/F低于对照组($P<0.05$),双侧多裂肌FF、FP、DOA、W/F的ROC曲线下面积分别为0.651、0.349、0.694、0.662,畸形组人群双侧多裂肌各退变指标与脊柱矢状面失衡程度未见明显相关性($P>0.05$)。**结论** SMRS序列可以用于定量评估多裂肌退变情况,双侧多裂肌DOA可作为评估退行性脊柱畸形患者椎旁肌退变程度的敏感指标;多裂肌退变程度与脊柱矢状面失衡程度缺乏关联,前者可能是退行性脊柱畸形的独立影响因素。

【关键词】 退行性脊柱畸形; 多裂肌; 磁共振单体波谱

Preliminary clinical study on the evaluation of multifidus muscle degeneration in patients with degenerative spinal deformities using single-voxel magnetic resonance spectroscopy imaging technology Chen Chunhua¹, Zhang Chengmin¹, Chen Can^{1,2}, Luo Fei¹. ¹Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China; ²Department for Combat Casualty Care Training, Training Base for Army Health Care, Army Medical University, Chongqing 400038, China
Corresponding author: Luo Fei, Email: luofeispine@126.com; Chen Can, Email: chencan418@126.com

【Abstract】 Objective To explore the technical method of using single voxel MR spectroscopy (SMRS) imaging technology to quantitatively evaluate the degree of multifidus muscle degeneration in patients with degenerative spinal deformities, and explore the correlation between multifidus muscle degeneration and spinal sagittal imbalance. **Methods** 31 patients with degenerative spinal deformity (DSD) (DSD group) and 30 healthy volunteers (control group) were publicly recruited as research subjects. All subjects underwent SMRS sequence scanning and underwent full length anteroposterior and lateral X-rays of the spine. The magnetic resonance imaging scan was performed on bilateral multifidus muscles at the L4-5 intervertebral disc level, with observed indicators including fat fraction (FF), water fat ratio (W/F), fat peak (FP), and degree of asymmetry (DOA). Calculate the area under the above indicator curve using the ROC curve, and observe the characteristics of multifidus muscle degeneration and its correlation with sagittal balance in two groups of people. **Results** The FF, FP, and DOA levels in the DSD group were higher than those in the control group ($P<0.05$), while the W/F levels in the DSD group were lower than those in the control group ($P<0.05$). The areas under the ROC curves of bilateral multifidus muscle FF, FP, DOA, and W/F were 0.651, 0.349, 0.694, and 0.662, respectively. There was no significant correlation between the various degeneration indicators of bilateral multifidus muscle in the DSD group and the degree of spinal sagittal imbalance ($P>$

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2024.03.003

基金项目: 重庆市科卫联合医学科研项目(2023ZDXM018); 陆军军医大学优秀人才培养对象个性化培养方案(XZ-2019-505-021)

作者单位: 400038 重庆, 陆军军医大学西南医院骨科¹; 400038 重庆, 陆军军医大学陆军卫勤训练基地战救技能训练教研室2

通信作者: 罗飞, Email: luofeispine@126.com; 陈灿, Email: chencan418@126.com

0.05). **Conclusion** The SMRS sequence can be used to quantitatively evaluate the degree of multifidus muscle degeneration, and bilateral multifidus muscle DOA can be a sensitive indicator for evaluating the degree of paravertebral muscle degeneration in patients with degenerative spinal deformities; There is a lack of correlation between the degree of multifidus degeneration and the degree of spinal sagittal imbalance, and the former may be an independent influencing factor for degenerative spinal deformities.

【Key words】 Degenerative spinal deformity; Multifidus muscle; Single-voxel MR spectroscopy

退行性脊柱畸形是指随着年龄的增长,由椎间盘、小关节的退变引发的涉及脊柱骨性结构冠状位、矢状位或轴向的改变,进而影响脊柱胸腰椎功能的一类复杂疾病,可分为脊柱侧弯、后凸以及侧后凸畸形^[1-2]。以多裂肌为代表的椎旁肌肉在维持脊柱整体平衡稳定方面的作用至关重要^[3]。既往研究表明,椎旁肌功能退变与退行性脊柱畸形(degenerative spinal deformity, DSD)的发生和进展关系密切^[4-5]。椎旁肌脂肪浸润程度增加是其退行性改变的主要表现形式,常诱发下腰痛等症状影响患者生活质量^[6-7],也是退行性脊柱畸形伴矢状位失衡的危险因素^[8]。因此,探索能够准确定量评估多裂肌退变程度的影像学方法具有重要的临床意义。

近年来,无创磁共振成像技术在定量评估组织脂肪含量的研究中发展迅速,其中,磁共振单体素波谱(single-voxel MR spectroscopy, SMRS)技术借助化学位移原理,能够准确检测组织代谢情况,被认为是影像学检查中评估脂肪含量的金标准^[9]。SMRS技术在内脏、椎体等组织脂肪含量的检测中广泛应用^[10-11]。近年来,随着椎旁肌研究成为热点方向,SMRS也被尝试用于评估退行性脊柱疾病患者腰背肌脂肪浸润程度^[12-13]。目前,关于SMRS序列评估退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的研究尚属起步,多裂肌的退变特点及其与矢状面畸形之间的关联未见报道。

本研究旨在探索磁共振波谱成像技术评估退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的技术方法,筛选出适合的形态影像学指标并观察其与矢状位平衡的关联程度,为退行性脊柱畸形患者的临床诊疗提供新的评估方法和科学依据。

资料与方法

一、一般资料

选择公开招募的31例退行性脊柱畸形患者(DSD组)以及同期30名健康志愿者(对照组)作为研究对象。纳入标准:DSD组:(1)年龄 ≥ 45 岁,性别

不限;(2)Cobb角 $\geq 10^\circ$ 或\和矢状面躯干偏移(sagittal vertical axis, SVA) ≥ 5 cm。对照组:(1)年龄 ≥ 45 岁,性别不限;(2)脊柱形态无明显异常。排除标准:(1)患先天性脊柱疾病、脊柱肿瘤等疾病;(2)近2年内有脊柱手术史;(3)近1年内各类脊柱骨折史;(4)体内有金属异物、人工耳蜗等电子设备无法接受核磁共振检查者。

本研究经陆军军医大学第一附属医院伦理委员会批准(KY2020235),所有入组受试者均签署知情同意书。

二、磁共振单体素波谱序列扫描

所有受试者均行西门子3.0T超导型核磁共振(Siemens, TrioTim, Erlangen, Germany)检查。扫描参数如下:TR2 000 ms, TE135 ms,视野FOV150x150,层厚3 cm。以L_{4/5}椎间盘中部平面的双侧多裂肌中心区域作为检测区域。扫描完成后,由同1名具有5年以上工作经验的放射科医师在西门子工作站进行图像后处理(图1)。多裂肌退变定量评估指标计算方法如下:

1、平均脂肪分数(fat fraction, FF)=总脂肪波峰下面积/(总水波峰下面积+总脂肪波峰下面积);

2、平均水脂比(water / fat, W/F)=总水波峰下面积/总脂肪波峰下面积;

3、平均脂肪波峰下面积(fat peak, FP)=(左侧脂肪波峰下面积+右侧脂肪波峰下面积)/2;

4、不对称程度(degree of asymmetry, DOA)=双侧脂肪波峰下面积差值/总脂肪波峰下面积。

三、矢状位垂直偏距(sagittal vertical axis, SVA)测量

所有受试者均行脊柱全长正侧位X光片,并由2名具有3年以上相关研究经验的脊柱外科医师在X片上测量SVA,取两次测量的平均值作为最终结果。

四、统计分析

采用SPSS 25.0(IBM, 美国)中文版进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数(构成比)表示。组间比较采用独立样本 t 检验或非

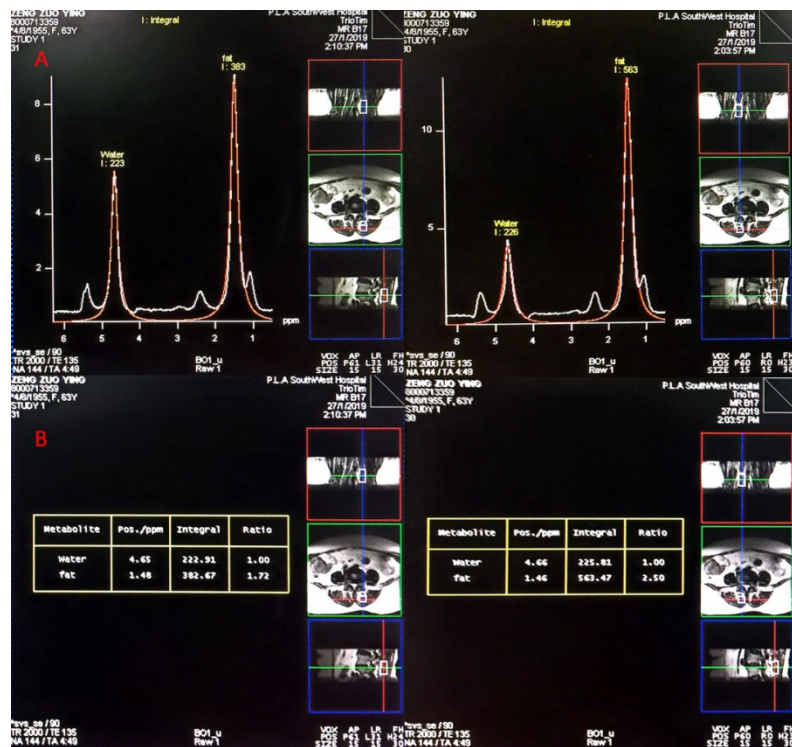


图1 磁共振波谱序列定量评估多裂肌退变谱线图及计算示例。A: 双侧多裂肌水波峰和脂肪波峰; B: 左侧: 水波峰下面积为222.91, 脂肪波峰下面积为382.67; 右侧: 水波峰下面积为225.81, 脂肪波峰下面积为563.47, 多裂肌退变定量评估指标: FF=67.8%、W/F=0.474、FP=473.07、DOA=19.1%

参数检验,采用卡方分析比较组间性别差异。借助ROC曲线下面积定量评估多裂肌退变指标的敏感性。多裂肌退变指标与SVA的相关性采用Spearman相关系数分析。

二、两组人群(左、右)双侧多裂肌退变程度比较
DSD组及对照组人群左右侧水波峰下面积、脂肪波峰下面积、脂肪分数、水脂比未见显著差异($P>0.05$)(表2,图2)。

三、两组人群多裂肌退变程度比较
DSD组平均脂肪分数、平均脂肪波峰下面积、不对称程度显著高于对照组($P<0.05$),DSD组平均水脂比显著低于对照组($P<0.05$)(表3)。

四、退行性脊柱畸形患者多裂肌退变指标的ROC曲线下面积
平均脂肪分数、平均脂肪波峰下面积、平均水脂比ROC曲线下面积分别为0.651、0.349、0.662($P<$

一、一般资料

共计纳入受试者61例,其中DSD组31例(5男26女),对照组30例(6男24女)。两组人群年龄、身高、体重、BMI及性别分布差异未见统计学意义($P>0.05$)(表1)。

表1 两组人群一般资料比较

组别	例数	性别(例,男/女)	年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	身高(cm, $\bar{x}\pm s$)	体重(Kg, $\bar{x}\pm s$)	BMI(Kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)
DSD组	31	5/26	63.3±8.1	151.8±7.0	58.7±8.9	25.4±3.2
对照组	30	6/24	61.5±7.2	153.7±7.6	56.9±6.8	24.1±2.9
统计值		0.155	0.911	-1.016	0.922	1.702
P值		0.694	0.366	0.314	0.360	0.094

表2 SMRS评估两组人群双侧(凹凸\左右)多裂肌退变情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	指标	水波峰下面积	脂肪波峰下面积	脂肪分数(%)	水脂比(%)
DSD组	31	凸侧	188.9±85.4	428.5±335.7	0.65±0.14	0.63±0.43
		凹侧	221.9±193.9	442.4±384.2	0.62±0.17	0.83±0.88
		统计值	-0.035	-0.289	0.806	-0.500
		P值	0.972	0.773	0.423	0.617
对照组	30	左侧	169.6±66.7	244.3±172.5	0.54±0.15	1.07±1.00
		右侧	168.9±79.3	269.1±198.9	0.57±0.16	1.00±0.93
		统计值	-0.414	-0.414	-0.798	-0.798
		P值	0.679	0.679	0.425	0.425

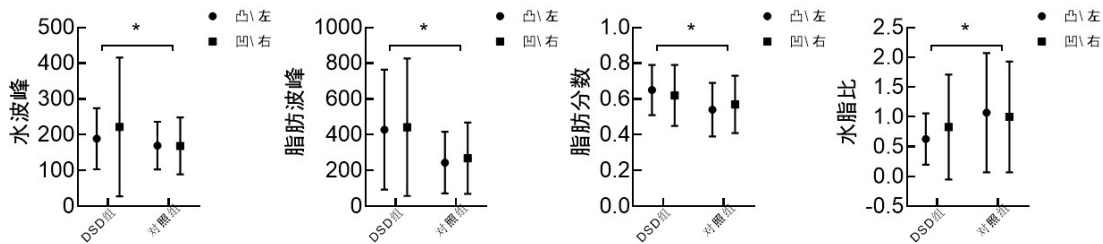


图2 SMRS评估双侧多裂肌退变情况比较

0.05), 不对称程度的ROC曲线下面积为0.694($P < 0.05$)(图3)。

五、DSD组多裂肌退变程度与SVA的相关性

平均脂肪分数、平均水脂比、平均脂肪波峰下面积、不对称程度与SVA均未见明显的相关性($P > 0.05$)(表4)。

讨 论

一、磁共振波谱成像技术在组织脂肪定量评估中的应用现状

磁共振波谱成像技术被认为是目前定量评估组织脂肪含量的“金指标”。既往研究中已被证实具有非侵入性、高精度度以及较好的可重复性等优点^[14-15]。近年来,随着肌肉退变和肌少症成为研究热点,该技术被尝试应用于肌肉组织的退变

程度研究。Tian等^[13]也将该成像技术应用于腰椎间盘突出症患者多裂肌退变研究中,认为该技术具有较好的灵敏度和一致性。Li等^[16]学者借助该技术对大腿肌肉脂肪含量进行定量分析,认为该成像技术在预测病情以及评估疾病预后方面具有较好的应用前景。但该方法存在扫描条件要求高、检查时间长、价格昂贵、兴趣区域有限、后处理程序复杂等问题。因此,磁共振波谱成像技术主要用于科学研究,并未在临床诊疗中广泛使用^[17]。既往研究也尝试通过对比不同成像技术在组织脂肪定量评估中的应用效果,试图筛选出能够与波谱序列相媲美的评估指标和方法^[18-19]。本研究将该成像技术应用于退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的定量研究中,具有一定的创新性。

二、组内及组间双侧多裂肌退变特征比较

退行性脊柱畸形患者由于脊柱的侧弯和旋转畸

表3 MRS评估两组人群多裂肌退变情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	平均脂肪分数(%)	平均水脂比(%)	平均脂肪波峰下面积	不对称程度(%)
DSD组	31	0.64±0.15	0.69±0.53	435.4±322.5	0.22±0.18
对照组	30	0.56±0.15	1.02±0.94	256.7±182.0	0.12±0.09
差异度		12.5%	32.4%	41.0%	45.5%
统计值		-2.020	-2.020	-2.178	-2.597
P值		0.043	0.043	0.029	0.009

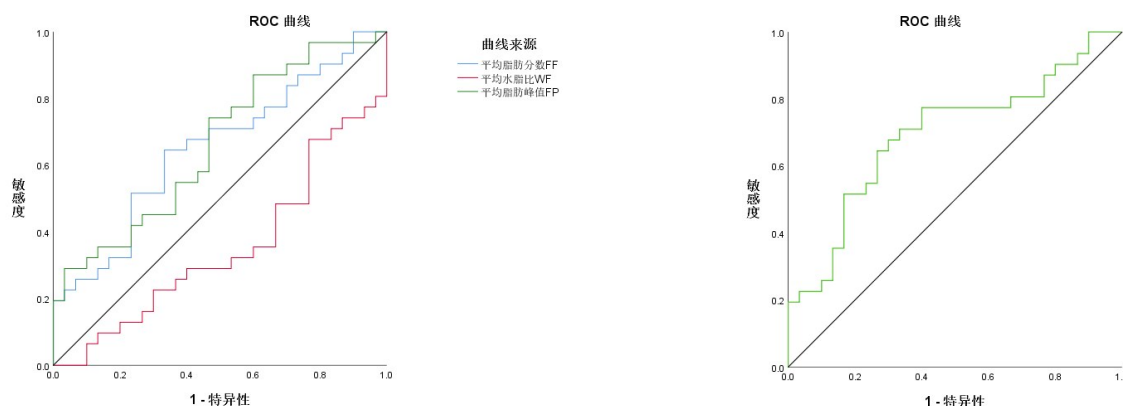


图3 左:双侧多裂肌平均脂肪分数、平均脂肪波峰下面积、平均水脂比的ROC曲线;右:双侧多裂肌退变不对称程度的ROC曲线

表4 DSD组多裂肌退变情况与SVA的相关性

指标	统计值	平均脂肪分数 (FF)	平均水脂比 (WF)	平均脂肪波峰下面积 (FP)	不对称程度 (DOA)
SVA	<i>r</i>	-0.046	0.046	-0.102	-0.069
	<i>P</i>	0.806	0.806	0.586	0.712

形,必定导致双侧椎旁肌形态不对称,其具体形态和退变程度的变化特征成为关注重点。Zhou等^[20]的研究表明,畸形患者凹凸侧多裂肌、腰大肌的肌肉体积以及脂肪浸润率等存在明显差异。Najibullah等^[21]的也从组织学和形态学角度证实,退行性脊柱侧凸患者的凹侧腰背肌较凸侧的脂肪变性程度更明显。本研究首次采用磁共振波谱成像技术对退行性脊柱畸形患者多裂肌的脂肪变性程度及双侧差异进行研究。结果显示,无论对于畸形人群还是健康人群,双侧多裂肌退变指标的不对称程度均未见明显差异。说明对于退行性脊柱畸形人群而言,凹凸侧的多裂肌退变程度和趋势基本保持一致,与脊柱畸形的弯曲方向和空间结构并无直接关系。这与既往研究结果并不一致,产生上述结果差异的原因可能为:由于凸侧椎旁肌代偿效应以及凹侧的废用性萎缩并存^[22],在一定程度上抵消脊柱空间结构改变所造成肌肉形态的“弓弦效应”^[23],此时,退行性脊柱畸形患者的双侧多裂肌可能处于同步退变的状态。此外,由于本研究所纳入的脊柱畸形受试者弯曲类型、顶椎位置均不尽相同,加之顶椎本身解剖位置的特殊性,所选择L_{4/5}层面可能并非是反映该患者多裂肌退变程度的最佳部位,未能敏感反映出脊柱畸形受试者双侧多裂肌之间的微小差异。

组间对比发现,DSD患者较正常同龄人群的多裂肌退变程度明显增加,表现为脂肪含量、脂肪波峰

下面积、不对称程度的增加及水脂比的下降。这与既往研究结果基本一致^[24-25],说明磁共振波谱技术可用于退行性脊柱畸形多裂肌退变的定量评估。此外,多裂肌各退变指标的敏感度分析结果显示,双侧多裂肌不对称程度的ROC曲线下面积高于脂肪分数、水脂比以及脂肪波峰下面积;同时,不对称程度的差异度也高于其余三个指标。因此,对于退行性脊柱畸形患者而言,多裂肌脂肪浸润程度不对称改变可能是脊柱畸形发生甚至是进展的诱因之一,同时,不对称程度较其它退变指标的临床应用价值更大,可以作为波谱序列定量评估退行性脊柱畸形人群椎旁肌退变的优选敏感指标。

三、DSD组多裂肌退变与SVA的关系

矢状面失衡是引发下腰痛以及功能障碍加重的常见原因^[26],与退行性脊柱畸形患者生活质量水平降低密切相关。SVA是评估脊柱矢状面整体平衡的常用指标,也是脊柱外科手术的重要考量参数^[27]。目前,关于椎旁肌在矢状位平衡发展演变中的作用机制尚存争议^[28]。临床工作中发现,部分退行性脊柱畸形患者虽然脊柱矢状面整体平衡情况不佳,但患者功能障碍程度及下腰痛症状却并不明显。这说明,除脊柱矢状面整体平衡的骨性结构变化以外,腰背部肌肉等因素也会对畸形人群生活质量产生影响,脊柱周围的肌肉、韧带、小关节等也可能不同程度参与^[29]。本研究

并未发现退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的各项指标与SVA存在明显的关联。该结果能在一定程度上解释上述临床现象,证明多裂肌脂肪变性程度与脊柱矢状面失衡程度并非因果关系,而是退行性脊柱畸形临床表现的独立影响因素。此外,Park等^[30]认为椎旁肌肉脂肪变可引起SVA的增加,这与我们的研究结果并不一致,这可能是由选择的研究对象及成像技术差异所致。

四、本研究的不足

本研究仍然存在一定的局限性。磁共振扫描对象仅包括L_{4/5}层面多裂肌,所测结果对于椎旁肌的整体退变情况代表性不足,后期尚需纳入多层面、多部位肌肉;本研究为单中心小样本量对比研究且缺乏长期动态随访数据,关于多裂肌退变程度随年龄的变化趋势及其与临床参数间的关系尚需进一步阐明;缺乏不同畸形类型以及畸形程度对于椎旁肌退变影响作用的分层分析。

综上所述,MRS序列可以用于定量评估椎旁肌退变情况,双侧多裂肌的不对称程度可以作为波谱序列定量评估退行性脊柱畸形人群椎旁肌退变程度的优选敏感指标;多裂肌退变程度与脊柱矢状面失衡程度缺乏关联,前者可能是退行性脊柱畸形的独立影响因素。

参 考 文 献

- Kretzer RM. Adult degenerative spinal deformity: overview and open approaches for treatment [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42 Suppl 7: S16.
- Ailon T, Smith JS, Shaffrey CI, et al. Degenerative spinal deformity [J]. *Neurosurgery*, 2015, 77 Suppl 4: S75-S91.
- Nakamura M, Otani K, Kaneko Y, et al. The relationship between Exercise-Induced low back pain, the fat infiltration rate of paraspinal muscles, and lumbar sagittal balance [J]. *Spine Surg Relat Res*, 2022, 6(3): 261-270.
- Xie HR, Zhang Q, Liu JA, et al. Degenerative characteristics of multifidus at different vertebral levels of scoliosis in patients with degenerative lumbar scoliosis and relationship of these degenerative characteristics with surface electromyography activity [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 1074.
- Malakoutian M, Noonan AM, Dehghan-Hamani I, et al. Dysfunctional paraspinal muscles in adult spinal deformity patients Lead to increased spinal loading [J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(9): 2383-2398.
- Fan Z, Wang T, Wang Y, et al. Risk factors in patients with low back pain under 40 years old: quantitative analysis based on computed tomography and magnetic resonance imaging mDIXON-Quant [J]. *J Pain Res*, 2023, 16(期缺失): 3417-3431.
- Ekşi MŞ, Özcan-Ekşi EE. Fatty infiltration of the erector spinae at the upper lumbar spine could be a landmark for low back pain [J]. *Pain Pract*, 2024, 24(2): 278-287.
- Kim WJ, Shin HM, Lee JS, et al. Sarcopenia and back muscle degeneration as risk factors for degenerative adult spinal deformity with sagittal imbalance and degenerative spinal disease: a comparative study [J]. *World Neurosurg*, 2021, 148: e547-e555.
- Buitinga M, Veeraiyah P, Haans F, et al. Ectopic lipid deposition in muscle and liver, quantified by proton magnetic resonance spectroscopy [J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2023, 31(10): 2447-2459.
- Jiang YL, Zou J, Fan FX, et al. Application of multi-echo Dixon and MRS in quantifying hepatic fat content and staging liver fibrosis [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 12555.
- Kim JW, Lee CH, Yang ZP, et al. The spectrum of magnetic resonance imaging proton density fat fraction (MRI-PDFF), magnetic resonance spectroscopy (MRS), and two different histopathologic methods (artificial intelligence vs. pathologist) in quantifying hepatic steatosis [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022, 12(11): 5251-5262.
- Ogon I, Iba K, Takashima H, et al. Magnetic resonance spectroscopic analysis of multifidus muscle lipid contents and association with nociceptive pain in chronic low back pain [J]. *Asian Spine J*, 2021, 15(4): 441-446.
- Tian GG, Wang Y, Xia J, et al. Correlation of multifidus degeneration with sex, age and side of herniation in patients with lumbar disc herniation [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 652.
- Altay C, Seçil M, Adıyaman SC, et al. Magnetic resonance spectroscopy to assess hepatic steatosis in patients with lipodystrophy [J]. *Turk J Gastroenterol*, 2020, 31(8): 588-595.
- Schmeel FC, Vomweg T, Träber F, et al. Proton density fat fraction MRI of vertebral bone marrow: Accuracy, repeatability, and reproducibility among readers, field strengths, and imaging platforms [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 50(6): 1762-1772.
- Li ZY, Zeng HW, Han CX, et al. Effectiveness of High-Speed T2-Corrected multiecho Mr spectroscopic method for quantifying thigh muscle fat content in Boys with duchenne muscular dystrophy [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 212(6): 1354-1360.
- Piponnier E, Ishikawa M, Kunimasa Y, et al. Quantification of extramyocellular lipids and intramuscular fat from muscle echo intensity in lower limb muscles: a comparison of four ultrasound devices against magnetic resonance spectroscopy [J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23(11): 5282.
- Lee SH, Yoo HJ, Yu SM, et al. Fat quantification in the vertebral body: comparison of modified dixon technique with Single-Voxel magnetic resonance spectroscopy [J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(1): 126-133.
- Grimm A, Meyer H, Nickel MD, et al. A comparison between 6-point dixon MRI and Mr spectroscopy to quantify muscle fat in the thigh of subjects with sarcopenia [J]. *J Frailty Aging*, 2019, 8(1): 21-26.
- Zhou MM, Liu LY, Chen ZY, et al. Characteristics of paraspinal muscle degeneration in patients with adult degenerative scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(11): 4020-4029.
- Shafaq N, Suzuki A, Matsumura A, et al. Asymmetric degeneration of paravertebral muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(16): 1398-1406.
- Fukada SI, Akimoto T, Sotiropoulos A. Role of damage and management in muscle hypertrophy: Different behaviors of muscle stem cells in regeneration and hypertrophy [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res*, 2020, 1867(9): 118742.

- 23 Lin CJ, Chen YC, Chieh HF, et al. Externally applied force helps reduce bowstring effect of flexors in patients with carpal tunnel release surgery [J]. *Musculoskelet Sci Pract*, 2022, 58: 102517.
- 24 Liu YH, Yuan L, Zeng Y, et al. The difference in paraspinal muscle parameters and the correlation with Health-Related quality of Life among healthy individuals, patients with degenerative lumbar scoliosis and lumbar spinal stenosis [J]. *J Pers Med*, 2023, 13(10): 1438.
- 25 Xie DX, Ding WY, Shen Y, et al. [Radiological comparison of bilateral paravertebral muscles in degenerative lumbar scoliosis and its potential importance] [J]. *Zhonghua wai ke za zhi Chinese journal of surgery*, 2012, 50(11): 975-980.
- 26 Teraguchi M, Kawakami MMU, Ishimoto Y, et al. Sagittal imbalance of the spine-pelvis-lower extremity axis associated with back-related disability [J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(6): 986-991.
- 27 Passias PG, Pierce KE, Raman T, et al. Does matching roussouly spinal shape and improvement in SRS-Schwab modifier contribute to improved patient- reported outcomes? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46(18): 1258-1263.
- 28 Han GY, Zhou SY, Qiu WP, et al. Role of the paraspinal muscles in the sagittal imbalance cascade: the effects of their endurance and of their morphology on sagittal spinopelvic alignment [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2023, 105(24): 1954-1961.
- 29 Chen C, Tang Y, Yang S, et al. Relationship between paravertebral muscle function, pelvic incidence, and health-related quality of Life in patients with degenerative spinal deformity [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 102.
- 30 Park JS, Park YS, Kim J, et al. Sarcopenia and fatty degeneration of paraspinal muscle associated with increased sagittal vertical axis in the elderly: a cross-sectional study in 71 female patients [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(6): 1353-1361.
- (收稿日期:2023-11-01)
(本文编辑:吕红芝)

陈春华, 张承旻, 陈灿, 等. 磁共振单体素波谱成像技术评估退行性脊柱畸形患者多裂肌退变程度的初步临床研究[J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2024, 10(3): 139-145.

