

腰肌质量参数对腰椎融合术后早期融合器下沉的预测价值

杨子健 吴宇 伍伟飞 史大伟 梁杰 张帆

【摘要】目的 评估基于磁共振成像(MRI)的腰肌质量参数对腰椎后路椎间融合术(PLIF)后融合器下沉的预测价值。**方法** 对2019年2月至2023年2月接受单节段PLIF的165例病人进行回顾性研究,男75例,女90例,年龄为(65.02 ± 8.55)岁。随访12个月以上,45例(27.3%)发生融合器沉降,根据是否发生术后融合器沉降分为沉降组(45例)与非沉降组(120例)。术前在MRI上测量腰肌指数(PMI)和腰肌质量评分(Goutallier分级),以及椎体骨质量(vertebral bone quality, VBQ)、终板骨质量(endplate bone quality, EBQ);基于CT,测量计算机断层扫描(QCT)骨密度值。比较两组病人的年龄、性别、身体质量指数(BMI)、手术节段、PMI、Goutallier分级等;采用Logistic回归分析融合器下沉的影响因素;PMI、Goutallier分级分别与融合器沉降高度、QCT骨密度值进行相关性分析;比较不同手术节段中的PMI、Goutallier分级;绘制受试者工作特征曲线(ROC),计算各预测因子的曲线下面积(AUC)。**结果** 沉降组与非沉降组的年龄、性别、BMI、Goutallier分级、PMI、VBQ、EBQ比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。Logistic回归分析结果显示年龄、性别、QCT骨密度值、VBQ、PMI、Goutallier分级是融合器沉降的影响因素。相关性分析结果显示PMI与融合器沉降高度呈显著负相关($r=-0.402, P<0.05$),与QCT骨密度值呈显著正相关($r=3.390, P<0.05$);Goutallier分级与融合器沉降高度呈正相关($r=0.289, P<0.05$),与QCT骨密度值呈负相关($r=-0.286, P<0.05$),与PMI呈负相关($r=-0.462, P<0.05$)。PMI的AUC为0.826(95% CI: 0.756, 0.896),最佳沉降边界为 $6.94 \text{ cm}^2/\text{m}^2$,Goutallier分级的AUC为0.786(95% CI: 0.719, 0.854),最佳沉降边界1.5级。**结论** PMI和Goutallier分级可能是PLIF术后融合器沉降的重要预测指标。

【关键词】 腰肌;肌肉指数;腰椎融合术;融合器沉降;磁共振成像;评估方法

Predictive Value of Psoas Muscle Parameters for Early Cage Subsidence after Lumbar Fusion. Yang Zijian, Wu Yu, Wu Weifei, Shi Dawei, Liang Jie, Zhang Fan. Department of Orthopaedics, the First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang 443099, China

Corresponding author: Zhang Fan, E-mail: zfortho@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the predictive value of magnetic resonance imaging (MRI)-based psoas muscle index (PMI) for cage subsidence after posterior lumbar interbody fusion (PLIF). **Methods** A retrospective study was performed on 165 patients who underwent single-segment PLIF from February 2019 to February 2023, including 75 males and 90 females, aged (65.02 ± 8.55) years. A total of 45 cases (27.3%) were found to have cage subsidence during the follow-up of more than 12 months, and were divided into subsidence group (45 cases) and non - subsidence group (120 cases) according to the occurrence of postoperative cage subsidence. PMI, psoas quality score (Goutallier grade), vertebral bone quality (VBQ) and end plate bone quality (EBQ) were measured on MRI before operation; Computed tomography (QCT) bone mineral density (BMD) was measured based on CT. The age, gender, body mass index (BMI), operative segment, PMI and Goutallier grade were compared between the two groups. The logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors of cage subsidence, and the correlation between PMI, Goutallier grade and cage subsidence height and QCT BMD was analyzed. PMI and Goutallier grade were compared among different surgical segments, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to calculate the area under the curve (AUC) of each predictor. **Results** There were significant differences in age, gender, BMI, Goutallier grade,

PMI, VBQ 和 EBQ 之间的结果 ($P < 0.05$)。Logistic 回归分析显示年龄、性别、QCT BMD、VBQ、PMI 和 Goutallier 级别是影响笼子下沉的因素。存在显著的负相关关系 (PMI 和笼子下沉高度 $r = -0.402, P < 0.05$)，以及显著的正相关关系 (PMI 和 QCT BMD $r = 3.390, P < 0.05$)。Goutallier 级别与笼子下沉高度呈正相关 ($r = 0.289, P < 0.05$)，与 QCT BMD 呈负相关 ($r = -0.286, P < 0.05$)，与 PMI 呈负相关 ($r = -0.462, P < 0.05$)。PMI 的 AUC 为 0.826 (95% CI: 0.756, 0.896) 且最佳下沉界限为 $6.94 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ，Goutallier 级别 AUC 为 0.786 (95% CI: 0.719, 0.854) 且最佳下沉界限为 1.5 级别。

Conclusion PMI 和 Goutallier 级别可能是笼子下沉后的重要预测因子。

[Key words] Psoas muscle; Muscle index; Lumbar fusion; Cage subsidence; MRI; Evaluation method

近年来,随着人口老龄化加重,腰椎退行性疾病的患病率和发病率均有所增加^[1]。在腰椎退行性疾病治疗过程中,当保守治疗失败时,传统的手术治疗方式通常为脊柱融合术,其中经后路腰椎椎体间融合术(PLIF)等相关术式,代表了脊柱融合术的金标准^[2],但其术中及术后的相关并发症仍是值得关注的问题,其中最常见的融合器沉降会导致椎间隙高度丢失,手术节段稳定性下降,最终导致融合失败、腰椎稳定性下降、神经根侵犯甚至再手术,这一问题不得不引起临床医生的重视^[3]。研究表明融合器沉降发生的主要影响因素包括:年龄、性别、骨密度、术中终板损伤、腰部肌肉质量、融合器形状、融合器大小以及融合器在椎间盘间隙内的位置等^[4-7]。近年来,骨骼与肌肉作为一个整体的研究越来越多,已有文献报道肌肉质量与腰椎手术预后、椎体骨质密度等密切相关^[8-10],但缺乏一种既能反映椎旁肌肉质量又能预测融合器下沉的指标。

骨密度低是融合器沉降最常见的危险因素之一^[11-13]。目前测量骨密度的金标准是双能 X 线吸收(DEXA)^[14],有报道表明 DEXA 不能准确测量腰椎退行性疾病病人的骨密度水平^[15-16],因为腰椎退行性改变会导致椎体骨质增生,干扰了测量结果。多项研究表明,计算机断层扫描(QCT)在腰椎退行性疾病病人中对于微观结构的诊断更为准确^[17-18],但这项技术不仅增加了病人的费用和辐射,还会受到脊柱周围钙化结构的影响,这些钙化结构包括前后纵韧带、黄韧带、主动脉和棘间韧带等^[19-20]。因此,通过直接测量腰椎椎体骨密度的方法来预测融合器下沉对于 QCT 来说是一个挑战。对于最新提出的预测模型——椎体骨质量(VBQ)、终板骨质量(EBQ)而言,虽然可以避免上述微观钙化结构的影响,但是它们是基于水分子和脂肪组织对沉降的预测,而腰椎椎体的脂肪组织存在分层现象^[21],同时终板炎的发生也会影响预测结果。

对于以上问题,我们提出基于磁共振成像(MRI)

的腰肌指数(PMI)和腰肌质量评分(Goutallier 分级,即 G 评分)预测腰椎融合术后融合器沉降的模型,其原理是测量腰肌横截面积和脂肪含量,通过肌肉质量间接反映椎体的骨质量^[10,22]。与直接测量椎体骨密度相比,PMI 和 Goutallier 分级避免了椎体本身以及周围钙化结构组织的干扰,还可以保护病人免受辐射,减少额外的费用。既往报道只研究了肌肉质量与骨密度之间的关系,很少有人把肌肉质量与融合器沉降联系起来。本文的研究目的是评估腰肌质量参数是否可以预测 PLIF 术后融合器沉降的发生,以及对比其他几种预测沉降模型是否具有优越性。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①经门诊医生确诊患有腰椎退行性疾病,包括腰椎间盘突出症、腰椎椎管狭窄症、腰椎滑脱;②病人症状、体征与影像学相符;③保守治疗 3 个月及以上无效或复发,首次接受手术治疗;④无明显手术禁忌证;⑤顺利完成手术,植骨量为 12 mL 以上;⑥随访 12 个月以上且随访资料完整。

排除标准:①具有脊柱手术史,尤其是可能破坏椎旁肌解剖结构的手术;②脊柱畸形、严重失稳;③合并腰椎结核、感染、肿瘤、严重骨质破坏等;④随访资料不完整或失访;⑤融合失败;⑥长期使用激素或患免疫疾病。

二、一般资料

回顾性分析 2019 年 2 月至 2023 年 2 月于我院接受单节段 PLIF 手术治疗腰椎退行性疾病病人的临床资料,共纳入 165 例病人,其中男 75 例,女 90 例,年龄为 (65.02 ± 8.55) 岁;腰椎间盘突出 67 例,腰椎管狭窄 43 例,腰椎滑脱 55 例;术前腰痛视觉模拟量表(VAS)评分 (5.13 ± 0.72) 分,腿痛 VAS 评分 (5.09 ± 0.92) 分,Oswestry 功能障碍指数(ODI) $63.57\% \pm 8.14\%$ 。所有手术由同一组医生完成。本研究获得宜昌市中心人民医院伦理委员会批准(2023-164-01)。

三、分组

融合器沉降定义为最后一次随访时 CT 扫描显示椎间隙中点高度较术后下地活动时减少 2 mm 以上^[17](图 1)。由两位作者独立测量椎间隙高度,他们对病人的基本信息及术前骨密度 T 值不知情。

165 例病人中,45 例(27.3%)发生融合器沉降,下沉高度(3.08 ± 1.03) mm,与《中国人群骨折性骨质疏松流行病学》中描述大致相同^[23]。根据融合器沉降情况分组,沉降组 45 例,非沉降组 120 例。

四、观察指标及其测量方法

(一) Goutallier 分级

将术前 MRI 截取的原始图片拷贝到 Image J 软件上,调节比例尺和像素密度,自动调节阈值,计算出脂肪浸润部分和非脂肪浸润部分所占比例,得出 Goutallier 分级(图 2),该分级可以用于腰肌质量的评价^[22,24]。

(二) PMI

获得术前 MRI 数据,采用基于 L₄ 椎体上端基准线的手工描画测量双侧椎旁肌的横截面积。由两名受过 3 年以上骨科培训的医生对其进行描画及评估,取平均值作为椎旁肌横截面积。PMI=椎旁肌横截面积(cm^2)÷身高的平方(m^2)^[25]。使用图片处理软件 Image J 进行处理和测量(图 2)。

(三) QCT、VBQ、EBQ 预测模型

Samelson 等^[26]报道了 QCT 预测椎体骨密度的方法:分别测量椎体近上终板水平面、椎体中位水平面、椎体近下终板水平面的平均 Hus 值,将 120 定义为骨质疏松的临界点。

Salzmann 等^[27]报道了基于 MRI 信号强度的 VBQ 测量方法:即 L₁~L₄ 椎体的正中矢状位的平均信号强度除以正中矢状位 T1 加权上 L₅ 水平脑脊液的信号强度。

Jones 等^[28]报道了 EBQ 预测模型:在操作水平上下两个终板的软骨 3 mm 下的平均信号强度除以 L₅

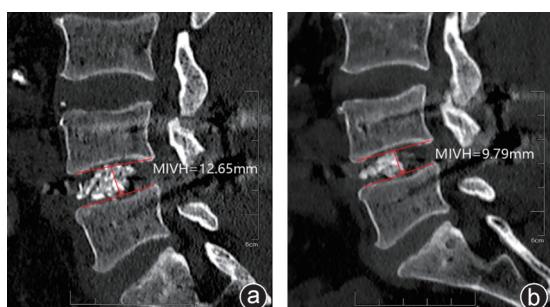


图 1 椎间隙高度的测量 在术后即刻 CT(a) 和术后 12 个月(b) 的 CT 中测量上椎板下缘中点与下椎板上缘之间的垂直距离

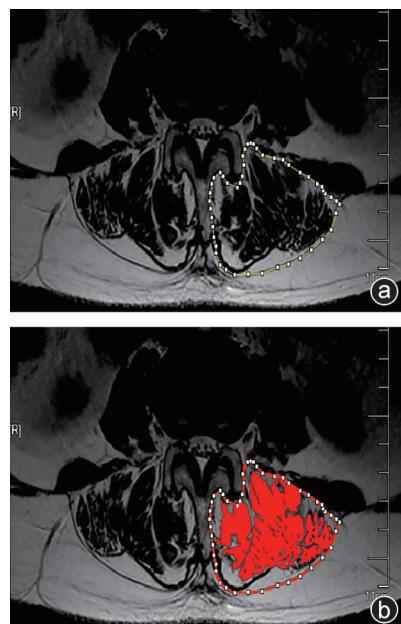


图 2 MRI 图像显示腰椎 L₄ 上缘腰肌的横截面 a:标注了一侧腰肌的范围;b:腰肌范围内的非脂肪浸润部分

水平脑脊液间隙的信号强度。

五、统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件(IBM 公司,美国)进行统计学分析。①比较两组病人的年龄、性别、身体质量指数(BMI)、手术节段、PMI、Goutallier 分级、ODI、VAS 评分等;其中计量资料经检验符合正态分布采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验,对不符合正态分布的变量使用秩和检验,对于分类变量和频数使用卡方检验。②采用 Logistic 回归分析融合器下沉的影响因素。③使用 Pearson 相关性分析探讨 PMI、Goutallier 分级与融合器沉降高度、QCT 骨密度值的相关性。④比较不同椎体节段(L_{4/5}、L_{5/S₁})中的 PMI、Goutallier 分级。⑤对各预测模型进行受试者工作特征(ROC)曲线分析,计算曲线下面积(AUC)和最佳截止点。检验水准 α 值取双侧 0.05。

结 果

在比较沉降组与非沉降组的病人特征时,我们发现两组年龄、性别、BMI 值、沉降高度的差异有统计学意义(表 1);PILF 术后 12 个月,两组的 VAS 评分和 ODI 都较术前得到了显著改善($P < 0.05$),且术后沉降组腰痛 VAS 评分及 ODI 均显著高于非沉降组($P < 0.05$),但两组术后腿痛 VAS 评分差异无统计学意义($P > 0.05$)。

如表 2、图 3 所示,沉降组的 Goutallier 分级、VBQ、EBQ 显著高于非沉降组,PMI、QCT 显著低于非沉降组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表1 沉降组病人与非沉降组病人的特征比较

观察指标	沉降组 (45例)	非沉降组 (120例)	统计量	P值	观察指标	沉降组 (45例)	非沉降组 (120例)	统计量	P值
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	70.40±6.99	63.02±8.24	5.298	<0.001	沉降高度($\bar{x}\pm s$, mm)	3.08±1.03	0.85±0.58	15.815	<0.001
性别(男/女,例)	14/31	61/59	5.134	0.023	腰痛VAS评分($\bar{x}\pm s$, 分)				
BMI≤25 kg/m ² (例)	10	64	8.184	0.002	术前	5.29±0.87	5.08±0.65	1.709	0.114
基础疾病(例)					术后12个月	2.82±0.58 [*]	1.61±0.96 [*]	7.989	<0.001
糖尿病	3	10	0.125	0.723	差值	2.47±0.89	3.44±0.95	-6.106	<0.001
高血压	3	12	0.440	0.507	腿痛VAS评分($\bar{x}\pm s$, 分)				
发病类型(例)					术前	5.24±0.93	5.03±0.91	1.312	0.196
腰椎间盘突出	19	48			术后12个月	1.60±0.50 [*]	1.54±0.66 [*]	0.385	0.822
椎管狭窄	12	31	0.140	0.932	差值	3.64±0.80	3.45±0.75	1.348	0.166
腰椎滑脱	14	41			ODI($\bar{x}\pm s$, %)				
手术节段(例)					术前	62.09±10.30	62.75±7.20	-0.464	0.644
L _{3/4}	1	12			术后12个月	22.53±8.31 [*]	14.87±7.20 [*]	6.599	<0.001
L _{4/5}	38	72	4.534	0.104	差值	39.56±9.50	47.88±8.27	-5.526	<0.001
L _{5/S₁}	6	36							

注:与术前比较,^{*}P<0.05

将单因素分析结果差异有统计学意义的临床和放射学因素均纳入Logistic回归模型。多因素分析结果显示,PMI[OR=0.419,95%CI(0.219,0.803),P=0.009]和Goutallier分级[OR=4.479,95%CI(1.404,14.286),P=0.011]是融合器沉降的独立影响因素。

PMI与QCT呈显著正相关($r=3.390$, $P<0.05$),而与融合器沉降高度呈显著负相关($r=-0.402$, $P<0.05$);Goutallier分级与融合器沉降高度呈正相关($r=0.289$, $P<0.05$),与QCT骨密度值呈负相关($r=-0.286$, $P<0.05$),与PMI呈负相关($r=-0.462$,

$P<0.05$)。手术节段L_{4/5}与L_{5/S₁}的Goutallier分级差异无统计学意义,而L_{4/5}和L_{5/S₁}的PMI差异有统计学意义($P<0.05$,图3)。

建立术前PMI、Goutallier分级、VBQ评分、EBQ评分及QCT预测融合器沉降的ROC曲线(图4)。结果显示,PMI的AUC为0.826(95%CI:0.756,0.896),最佳沉降边界为6.94 cm²/m²;Goutallier分级的AUC为

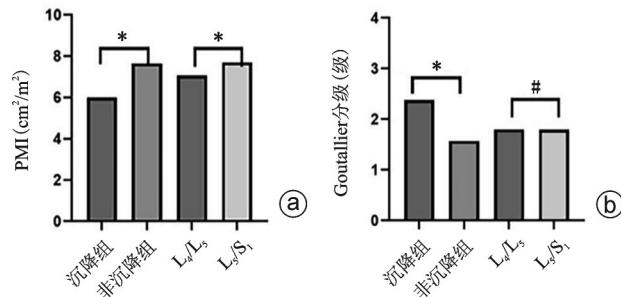


图3 不同组、不同手术节段的PMI和Goutallier分级比较 a:L_{4/5}和L_{5/S₁}的PMI评分差异有统计学意义($P<0.05$);b:L_{4/5}和L_{5/S₁}的Goutallier分级差异无统计学意义($P>0.05$);两组间的PMI、Goutallier分级差异均有统计学意义($P<0.05$)

表2 各种模型参数的比较($\bar{x}\pm s$)

模型	沉降组 (45例)	非沉降组 (120例)	t值	P值
Goutallier分级(级)	2.38±0.65	1.57±0.66	7.079	<0.001
PMI(cm ² /m ²)	6.00±1.10	7.65±1.34	-7.381	<0.001
QCT骨密度值(mg/cm ³)	101.4±13.4	145.5±34.5	-8.319	<0.001
VBQ	3.29±0.89	2.40±0.58	7.577	<0.001
EBQ	3.49±0.97	2.79±0.80	4.671	<0.001

表3 融合器下沉的Logistic多因素分析结果

影响因素	β 值	SE值	Wald χ^2 值	P值	OR值	95% CI
年龄	0.152	0.055	7.447	0.006	1.164	1.044,1.298
女性	2.543	0.814	9.746	0.002	12.712	2.576,62.722
BMI	1.192	0.781	2.331	0.127	3.294	0.713,15.213
QCT骨密度值	-0.032	0.013	6.246	0.012	0.968	0.944,0.993
Goutallier分级	1.499	0.592	6.418	0.011	4.479	1.404,14.286
PMI	-0.869	0.332	6.862	0.009	0.419	0.219,0.803
EBQ	0.662	0.473	1.964	0.161	1.939	0.768,4.896
VBQ	1.230	0.455	7.300	0.007	3.423	1.402,8.356

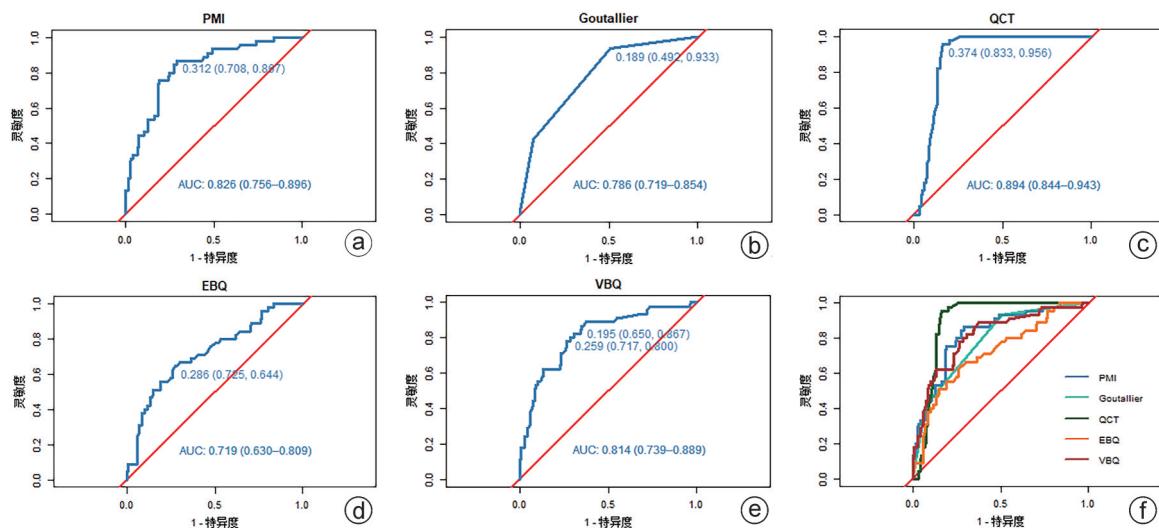


图 4 PMI、Goutallier 分级、QCT、EBQ、VBQ 预测融合器沉降的 ROC 曲线

0.786(95% CI: 0.719, 0.854), 最佳沉降边界 1.5 级; QCT 的 AUC 为 0.894(95% CI: 0.844, 0.943), 最佳沉降边界为 118.5 mg/cm^3 ; EBQ 的 AUC 为 0.719(95% CI: 0.630, 0.809), 最佳沉降边界为 3.04; VBQ 的 AUC 为 0.814(95% CI: 0.739, 0.889), 最佳沉降边界为 2.375。

讨 论

在本研究中, 我们发现高龄、女性是 PLIF 术后融合器沉降的危险因素, 这可能与老年女性骨质疏松密切相关; PMI 和 Goutallier 分级是融合器沉降的独立预测因素, Goutallier 分级越高, PMI 越低, 融合器沉降风险越高。QCT 模型是一种直接测量骨量的方法, 可以准确预测融合器沉降^[29], 与 QCT 模型预测沉降的准确性 0.894 对比, 我们的预测模型 Goutallier 分级和 PMI 对沉降的预测也具有较好的可靠性, 它们预测融合器下沉的准确性分别为 0.786 和 0.826。

多项研究表明, 性别、年龄、骨密度低、肌少症与融合器沉降相关。本研究的多因素分析结果也证实了融合器沉降与女性、高龄两个因素有关, 这两个人口学变量又与低骨密度密切相关^[2, 30–31]。高龄女性更差的骨质量, 可能会破坏终板强度^[32–33]; 更年期女性雌激素水平急剧下降, 骨量丢失严重, 导致老年女性更易发生沉降^[34]。BMI 较高的病人更易发生沉降, 但并非独立影响因素, 对于肥胖病人, 体重的增加和内分泌系统的紊乱加剧了老年女性融合部位的压力和骨量的丢失^[3, 35–36]。在本研究中, 我们发现既往病史(包括糖尿病、高血压等)与沉降无相关性, 与前人的研究保持一致^[11, 37]。

骨密度低是沉降发生最常见的危险因素之一。为了避免沉降发生带来更差的预后, 许多研究试图

确定术前椎体骨密度, 以便尽早进行干预。尽管测量骨密度的金标准依然是 DEXA, 但多项研究表明, QCT 在腰椎退行性疾病病人中更为准确^[17–18]。根据美国放射学会 QCT 诊断骨质疏松标准: 当 QCT 小于 120 mg/cm^3 时诊断为低骨量, 我们通过 ROC 曲线分析结果显示, $\text{QCT} < 118.5 \text{ mg/cm}^3$ 的病人在单节段 PLIF 术后可能出现融合器沉降, 表明该模型具有较好的预测价值^[29]。然而, QCT 不仅增加了病人的费用, 而且还增加辐射。MRI 是接受腰椎手术的必要检查手段, VBQ 和 EBQ 都是基于 MRI 图像评价椎体骨密度的新方法。在本研究中, 单因素分析 VBQ 和 EBQ 均与 PLIF 术后融合器下沉有关, 但在多因素回归模型中, 我们发现 EBQ 并不是一个独立的危险因素, 这与之前的研究并不一致^[27]。我们发现纳入的部分病人存在终板炎症, 导致 EBQ 的计算结果发生变化, 而 VBQ 不受其影响, 这可能是由于中国人群从发病到接受治疗的过程较长, 导致了这一结果的出现。

本研究提出的新的肌肉质量预测模型不仅可以预测融合器沉降, 还可能与术后腰部 VAS 评分和 ODI 的改善有关。骨骼肌质量已被证明是影响骨质疏松症的潜在因素, 随着人口老龄化的加剧而受到关注^[38]。近年来, 越来越多的学者认为骨骼和肌肉是一个整体, 肌肉质量与骨密度密切相关^[39–43]。肌肉骨骼系统由肌肉、骨骼、软骨关节和肌腱组成。它们不仅在结构上是相互联系的, 而且这些组织的生物学和微环境也是紧密交织和相互依存的。在临床和实验模型中, 对于相互联系的组织, 一个组织的损伤会导致其他组织的衰退^[44]。肌肉组织与骨骼的生长、维持密切相关。肌肉和骨骼之间存在一种连接, 称为骨-肌连接^[45]。腰椎退行性疾病病人常伴有慢

性下腰痛,慢性腰痛的发生机制目前尚不清楚,可能与腰肌的大小和脂肪浸润有关^[46]。既往文献表明,椎旁肌和多裂肌的脂肪浸润可以预测腰椎术后的功能状态和腰痛情况^[47]。长期慢性下腰痛会影响病人的生活质量,即较高的ODI^[48]。在本研究中,我们发现沉降组和非沉降组在PLIF术后12个月腰部VAS评分和ODI的差值的差异有统计学意义,而腿痛VAS评分的差值差异无统计学意义,这可能与腰部肌肉质量较差,导致稳定性和力量不足,从而引起术后慢性腰痛有关;也可能是腰痛与背部肌肉软组织损伤有关。而术前腿痛仅与腰椎退变导致坐骨神经牵拉有关,在术后神经根压迫解除后,腿痛得到缓解。对于融合器沉降病人,PLIF手术前后腰痛VAS评分、ODI的差值低于非融合器沉降病人,这可能与椎旁肌的形态和功能状态影响椎间盘的受力变化有关。腰背部肌肉量的减少增加了椎间盘水平的压缩力和剪切力^[49],从而增加了屈曲力,导致腰背部慢性疼痛和较高的ODI。

腰椎融合手术绝大多数手术节段在L_{4/5}和L_{5/S₁}。我们发现PMI在两个不同融合节段之间存在差异,而Goutallier分级差异不明显,这可能与腰肌的解剖结构有关:腰肌的最大解剖横截面积位于中立位L_{3/4}和L_{4/5}水平之间,PMI值的大小取决于肌肉的最大横截面积,而Goutallier分级的大小取决于脂肪的浸润率。

当然,本研究是回顾性的,有其局限性。首先,根据以往文献报道,PMI和Goutallier分级均选取L₄椎体旁腰肌横截面。在本研究中,我们确实发现L₄水平的PMI、Goutallier分级与融合器沉降相关,但腰肌的最大解剖横截面积在中立位时介于L_{3/4}和L_{4/5}水平之间,L₄上缘是否是最佳测量点,还需要后续的研究去完善。其次,本次研究样本量较小,腰肌质量参数用于预测融合器沉降的最佳临界值还需要大量的数据来证实,这也为我们后续的研究提供了思路。最后,融合器沉降不仅与病人骨质减少有关,还受椎间隙植骨量,融合器本身参数(尺寸、横截面积、弹性模量)以及融合器位置等因素的影响,这些影响因素在本研究中没有考虑到,这也需要进一步完善我们的研究。

综上所述,PMI和Goutallier分级与融合器沉降显著相关,并表现出令人满意的预测效果,较高的Goutallier分级和较低的PMI预示着较高的融合器沉降风险。因此,基于MRI的PMI和Goutallier分级可作为预测PLIF术后早期融合器沉降的可靠工具。

参 考 文 献

- [1] Alentado VJ, Caldwell S, Gould HP, et al. Independent predictors of a clinically significant improvement after lumbar fusion surgery [J]. Spine J, 2017, 17(2): 236-243.
- [2] Fenton-White HA. Trailblazing: the historical development of the posterior lumbar interbody fusion (PLIF) [J]. Spine J, 2021, 21(9): 1528-1541.
- [3] Parisien A, Wai EK, ElSayed MSA, et al. Subsidence of spinal fusion cages: a systematic review [J]. Int J Spine Surg, 2022, 16(6): 1103-1118.
- [4] Amorim-Barbosa T, Pereira C, Catelas D, et al. Risk factors for cage subsidence and clinical outcomes after transforaminal and posterior lumbar interbody fusion [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2022, 32(7): 1291-1299.
- [5] Park MK, Kim KT, Bang WS, et al. Risk factors for cage migration and cage retropulsion following transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Spine J, 2019, 19(3): 437-447.
- [6] Singhatanadighe W, Sukhuayat A, Tanaviriyachai T, et al. Risk factors for polyetheretherketone cage subsidence following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Acta Neurochir (Wien), 2021, 163(9): 2557-2565.
- [7] Shen S, You X, Ren Y, et al. Risk factors of cage subsidence following oblique lumbar interbody fusion: a meta-analysis and systematic review [J]. World Neurosurg, 2024, 183: 180-186.
- [8] Stanuszek A, Jędrzejek A, Gancarczyk-Urlik E, et al. Preoperative paraspinal and psoas major muscle atrophy and paraspinal muscle fatty degeneration as factors influencing the results of surgical treatment of lumbar disc disease [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2022, 142(7): 1375-1384.
- [9] Zhang Y, Dilixiati Y, Jiang W, et al. Correlation of psoas muscle index with fragility vertebral fracture: a retrospective cross-sectional study of middle-aged and elderly women [J]. Int J Endocrinol, 2022, 2022: 4149468.
- [10] Kajiki Y, Tsuji H, Misawa H, et al. Psoas muscle index predicts osteoporosis and fracture risk in individuals with degenerative spinal disease [J]. Nutrition, 2022, 93: 111428.
- [11] Yao YC, Chou PH, Lin HH, et al. Risk factors of cage subsidence in patients received minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(19): e1279-e1285.
- [12] Wu H, Shan Z, Zhao F, et al. Poor bone quality, multilevel surgery, and narrow and tall cages are associated with intraoperative endplate injuries and late-onset cage subsidence in lateral lumbar interbody fusion: a systematic review [J]. Clin Orthop Relat Res, 2022, 480(1): 163-188.
- [13] Zhao L, Xie T, Wang X, et al. Clinical and radiological evaluation of cage subsidence following oblique lumbar interbody fusion combined with anterolateral fixation [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 214.
- [14] Morgan SL, Prater GL. Quality in dual-energy X-ray absorptiometry scans [J]. Bone, 2017, 104: 13-28.
- [15] Muraki S, Yamamoto S, Ishibashi H, et al. Impact of degenerative spinal diseases on bone mineral density of the lumbar spine in elderly women [J]. Osteoporos Int, 2004, 15(9): 724-728.
- [16] Choi MK, Kim SM, Lim JK. Diagnostic efficacy of Hounsfield units in spine CT for the assessment of real bone mineral density of degenerative spine: correlation study between T-scores determined by DEXA scan and Hounsfield units from CT [J]. Acta Neurochir

- (Wien), 2016, 158(7): 1421-1427.
- [17] Xi Z, Mummaneni PV, Wang M, et al. The association between lower Hounsfield units on computed tomography and cage subsidence after lateral lumbar interbody fusion [J]. Neurosurg Focus, 2020, 49(2): E8.
- [18] Kim KJ, Kim DH, Lee JI, et al. Hounsfield units on lumbar computed tomography for predicting regional bone mineral density [J]. Open Med (Wars), 2019, 14: 545-551.
- [19] Tothill P, Hannan WJ. Precision and accuracy of measuring changes in bone mineral density by dual-energy X-ray absorptiometry [J]. Osteoporos Int, 2007, 18(11): 1515-1523.
- [20] Klingberg E, Lorentzon M, Mellström D, et al. Osteoporosis in ankylosing spondylitis—prevalence, risk factors and methods of assessment [J]. Arthritis Res Ther, 2012, 14(3): R108.
- [21] Lee H, Yun JS, Park S, et al. Physiological gradient in lumbar spine fat fraction and R2* and its impact on osteoporosis diagnosis [J]. Spine J, 2024, 24(3): 479-487.
- [22] Mandelli F, Nüesch C, Zhang Y, et al. Assessing fatty infiltration of paraspinal muscles in patients with lumbar spinal stenosis: Goutallier classification and quantitative MRI measurements [J]. Front Neurol, 2021, 12: 656487.
- [23] Yu F, Xia W. The epidemiology of osteoporosis, associated fragility fractures, and management gap in China [J]. Arch Osteoporos, 2019, 14(1): 32.
- [24] Tamai K, Chen J, Stone M, et al. The evaluation of lumbar paraspinal muscle quantity and quality using the Goutallier classification and lumbar indentation value [J]. Eur Spine J, 2018, 27(5): 1005-1012.
- [25] Batista AFR, Petty D, Fairhurst C, et al. Psoas muscle mass index as a predictor of long-term mortality and severity of complications after major intra-abdominal colorectal surgery—a retrospective analysis [J]. J Clin Anesth, 2023, 84: 110995.
- [26] Samelson EJ, Christiansen BA, Demissie S, et al. QCT measures of bone strength at the thoracic and lumbar spine: the Framingham Study [J]. J Bone Miner Res, 2012, 27(3): 654-663.
- [27] Salzmann SN, Okano I, Jones C, et al. Preoperative MRI-based vertebral bone quality (VBQ) score assessment in patients undergoing lumbar spinal fusion [J]. Spine J, 2022, 22(8): 1301-1308.
- [28] Jones C, Okano I, Arzani A, et al. The predictive value of a novel site-specific MRI-based bone quality assessment, endplate bone quality (EBQ), for severe cage subsidence among patients undergoing standalone lateral lumbar interbody fusion [J]. Spine J, 2022, 22(11): 1875-1883.
- [29] Liu ZJ, Zhang C, Ma C, et al. Automatic phantom-less QCT system with high precision of BMD measurement for osteoporosis screening: technique optimisation and clinical validation [J]. J Orthop Translat, 2022, 33: 24-30.
- [30] Marchi L, Abdala N, Oliveira L, et al. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2013, 19(1): 110-118.
- [31] Chen E, Xu J, Yang S, et al. Cage subsidence and fusion rate in extreme lateral interbody fusion with and without fixation [J]. World Neurosurg, 2019, 122: e969-e977.
- [32] Hou Y, Luo Z. A study on the structural properties of the lumbar endplate: histological structure, the effect of bone density, and spinal level [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(12): E427-E433.
- [33] Wang WF, Lin CW, Xie CN, et al. The association between sarcopenia and osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Osteoporos Int, 2019, 30(12): 2459-2467.
- [34] Fischer V, Haffner-Luntzer M. Interaction between bone and immune cells: implications for postmenopausal osteoporosis [J]. Semin Cell Dev Biol, 2022, 123: 14-21.
- [35] Ali D, Tencerova M, Figeac F, et al. The pathophysiology of osteoporosis in obesity and type 2 diabetes in aging women and men: the mechanisms and roles of increased bone marrow adiposity [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 981487.
- [36] Kok D, Peeters CMM, Wapstra FH, et al. Biomechanical evaluation of two minimal access interbody cage designs in a cadaveric model [J]. J Exp Orthop, 2018, 5(1): 51.
- [37] Ai Y, Chen Q, Huang Y, et al. MRI-based vertebral bone quality score for predicting cage subsidence by assessing bone mineral density following transforaminal lumbar interbody fusion: a retrospective analysis [J]. Eur Spine J, 2023, 32(9): 3167-3175.
- [38] Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis [J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2022, 13(1): 86-99.
- [39] Tekin ZN, Karatekin BD. Relationship between the properties of paraspinal muscles and bone mineral density in osteoporotic patients [J]. J Coll Physicians Surg Pak, 2022, 32(9): 1137-1142.
- [40] Touhan BM, Sayegh MJ, Galina J, et al. Computed tomography measured psoas cross sectional area is associated with bone mineral density measured by dual energy X-Ray absorptiometry [J]. J Clin Densitom, 2022, 25(4): 592-598.
- [41] Liu Z, Zhang Y, Huang D, et al. Quantitative study of vertebral body and paravertebral muscle degeneration based on dual-energy computed tomography: correlation with bone mineral density [J]. J Comput Assist Tomogr, 2023, 47(1): 86-92.
- [42] Gurusamy P, Larsen BA, Allen RT, et al. Density and fat fraction of the psoas, paraspinal, and oblique muscle groups are associated with lumbar vertebral bone mineral density in a multi-ethnic community-living population: the multi-ethnic study of atherosclerosis [J]. J Bone Miner Res, 2022, 37(8): 1537-1544.
- [43] Lee DG, Bae JH. Fatty infiltration of the multifidus muscle independently increases osteoporotic vertebral compression fracture risk [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24(1): 508.
- [44] Gielen E, Dupont J, Dejaeger M, et al. Sarcopenia, osteoporosis and frailty [J]. Metabolism, 2023, 145: 155638.
- [45] Lu L, Tian L. Postmenopausal osteoporosis coexisting with sarcopenia: the role and mechanisms of estrogen [J]. J Endocrinol, 2023, 259(1): e230116.
- [46] Seyedhoseinpour T, Taghipour M, Dadgoor M, et al. Alteration of lumbar muscle morphology and composition in relation to low back pain: a systematic review and meta-analysis [J]. Spine J, 2022, 22(4): 660-676.
- [47] Han G, Wu H, Dai J, et al. Does paraspinal muscle morphometry predict functional status and re-operation after lumbar spinal surgery? A systematic review and meta-analysis [J]. Eur Radiol, 2023, 33(8): 5269-5281.
- [48] Kook M, Kim I, Seo J, et al. The relationship between low back pain and sagittal spinal alignment and back muscle mass in Korean fishery workers [J]. Ann Rehabil Med, 2023, 47(6): 459-467.
- [49] Qin B, Baldoni M, Wu B, et al. Effect of lumbar muscle atrophy on the mechanical loading change on lumbar intervertebral discs [J]. J Biomech, 2022, 139: 111120.

(收稿日期: 2024-06-30)

(本文编辑:陈姗姗)

引用格式

杨子健, 吴宇, 伍伟飞, 等. 腰肌质量参数对腰椎融合术后早期融合器下沉的预测价值 [J]. 骨科, 2024, 15(5): 421-427. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.05.007.