

论 著

MRI评分评估脊柱手术患者骨密度的研究*

崔道可 华 臻 宋 杰*

无锡市中医医院医学影像科

(江苏 无锡 214071)

【摘要】目的 本研究旨在评估MRI评分在脊柱手术患者骨密度评估中的价值，以期为临床诊治提供参考。方法 对2022年1月至2023年12月期间接受腰椎手术的患者进行了回顾性研究(n=61)。在平扫T1WMRI上，用L1~L4的中位数信号强度除以脑脊液信号强度来测量椎体骨质量(VBQ)。对健康组(T分 ≥ -1 ; n=21)、骨质疏松组(-2.5<T分<-1; n=21)和骨质疏松组(T分 ≤ -2.5 ; n=19)的人口学数据、合并症、VBQ评分、QCT(定量计算机断层扫描)得出的T分和腰椎骨密度进行比较。采用线性回归和受试者操作特征曲线分析评估VBQ评分的预测价值。皮尔逊相关检验用于评估VBQ评分和QCT测量结果之间的相关性。结果 VBQ在健康组和骨质疏松组之间有显著差异(P=0.009)。受试者操作特征曲线分析显示，VBQ评分越高，骨质疏松症的发生率越高(曲线下面积=0.754, P=0.006)。骨质疏松症的VBQ值为2.6%(约登指数为0.484; 敏感性: 58%; 特异性: 90%)。VBQ评分与QCT骨密度(P=0.03, r=-0.27)和T评分(P=0.04, r=-0.26)呈弱相关。结论 VBQ评分被发现是骨质疏松的重要预测因子，并可以区分健康椎体和骨质疏松椎体。

【关键词】MRI; 骨密度; 脊柱手术; 骨质疏松;

【中图分类号】R681.5

【文献标识码】A

【基金项目】2022国自然青年基金项目(82205142)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.049

Application of MRI Score in Bone Mineral Density Assessment of Spinal Surgery Patients*

CUI Dao-Ke, HUA Zhen, SONG Jie*.

Department of Medical Imaging, Wuxi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuxi 214071, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective The purpose of this study was to evaluate the value of MRI score in bone mineral density assessment of spinal surgery patients, in order to provide reference for clinical diagnosis and treatment. **Methods** A retrospective study was performed on patients who underwent lumbar surgery between January 2022 and December 2023 (n=61). Vertebral bone mass (VBQ) was measured by dividing the L1 to L4 median signal intensity by the CSF signal intensity on plain scan T1WMRI. Healthy group (T score ≥ -1 ; n=21), osteoporosis group (-2.5<T score <-1; n=21) and osteoporosis group (T score ≤ -2.5 ; n=19) demographic data, comorbidities, VBQ score, quantitative computed tomography (QCT) T score and lumbar bone density were compared. The predictive value of VBQ score was evaluated by linear regression and receiver operating characteristic curve analysis. The Pearson correlation test was used to assess the correlation between VBQ scores and QCT measurements. **Results** There was a significant difference in VBQ between healthy group and osteoporosis group (P=0.009). Subject operating characteristic curve analysis showed that the higher the VBQ score, the higher the incidence of osteoporosis (area under the curve =0.754, P=0.006). The VBQ value of osteoporosis was 2.6%(Jorden index was 0.484; Sensitivity: 58%; Specificity: 90%). VBQ score was weakly correlated with QCT bone mineral density (P=0.03, r=-0.27) and T score (P=0.04, r=-0.26). **Conclusion** The VBQ score was found to be an important predictor of osteoporosis and can distinguish between healthy and osteoporotic vertebral bodies.

Keywords: MRI; Bone Density; Spinal Surgery; Osteoporosis

目前，临床上几乎没有方法可以准确和重复性地测量骨密度。在腰椎退行性变和脊椎病的情况下，双能X线(DEXA)扫描，特别是脊柱的扫描，可能会返回错误升高的T分数^[1]。相反，定量计算机断层扫描(QCT)提供了对局部骨密度的准确测量，但需要大量的辐射暴露。磁共振成像(MRI)因此是评估骨质量的一个有吸引力的替代方案，因为它消除电离辐射，并且方便在常规手术评估中获得^[2]。有研究已经开发了基于MRI的评分系统，用于评估手术患者的骨密度^[3]。基于T1加权(T1W)磁共振成像发现骨髓的骨质疏松变化与小梁脂肪脂肪渗透增加引起的高强度相关^[4]。脂类中较短的T1弛豫时间表现为信号强度增加，使T1加权图像最适合于评估骨髓中的细胞含量和脂肪渗透^[5]。值得注意的是，一个特殊的基于T1W MRI的椎骨质量(VBQ)评分系统显示与传统的DEXA评分显著相关^[4]。因此，本研究旨在评估MRI评分在脊柱手术患者骨密度评估中的价值，以期为临床诊治提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究资料 对2022年1月至2023年12月期间接受腰椎手术的患者进行了回顾性研究(n=61)。纳入标准：年龄18-80岁，在6个月内分别进行了术前QCT成像和腰椎T1加权MRI检查。排除标准：既往腰椎内固定的患者，以限制伪影对平均信号强度的混杂影响。收集数据包括术前放射学数据和患者人口统计学数据，包括年龄、性别、体重指数(BMI)和骨质疏松症共病包括糖尿病和高脂血症。获得的放射学数据包括QCT得出的T评分和腰椎的BMD，以及T1加权MRI图像上测量的VBQ评分。

1.2 研究方法 QCT测量是基于术前腰椎CT扫描获得的。采用仰卧位扫描T11~S1椎体。使用软件分析图像。感兴趣区位于松质骨内两个椎体(L1~L2)的中面，报告相应的T评分。这项研究中包括的所有磁共振成像都是腰椎的非对比T1加权图像。VBQ计算方法是椎骨的中位信号强度除以脑脊液的信号强度^[5]。测量是由三名独立的研究人员进行的。根据已知的QCTT评分，将VBQ评分、骨密度和T评分分为健康(T分 ≥ -1)、骨量减少(-2.5<T分<-1)和骨质疏松(T分 ≤ -2.5)^[6]。三组间的比较采用单因素方差分析，连续资料采用后处理图基检验，二分资料采用 χ^2 检验。采用受试者操作特征分析确定VBQ评分预测骨质疏松的敏感性和特异性，并计算曲线下面积(AUC)。VBQ评分与BMD、T评分比较采用线性回归和皮尔逊相关分析。分析敏感度、特异度、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)。对VBQ评分MRI测量的组内重复性和组间重复性进行评估。使用组内相关系数(ICC)评估一致性。

1.3 统计学方法 所有统计数据采用SPSS 17.0进行，数据以连续变量的平均值±标准差和分类变量的频率(%)表示。P<0.05被认为具有统计学意义。

【第一作者】崔道可，男，主治医师。主要研究方向：医学影像。E-mail: shiguangyong10@yeah.net

【通讯作者】宋 杰，男，副主任医师。主要研究方向：医学影像。E-mail: shiguangyong10@yeah.net

2 结果

2.1 椎骨质量(VBQ)评分区分健康骨和骨质疏松骨 具体如图1所示, 61名患者术前QCT的T评分, 19例(31.1%)患者被认定为骨质疏松, 21例(34.4%)患者被认定为正常骨质量。57.1%的健康患者为女性, 52.4%的骨质疏松症患者和73.7%的骨量减少患者

者为女性。健康组平均年龄为 57 ± 14 岁, 骨量减少组为 65 ± 7 岁, 骨质疏松组为 71 ± 9 岁。骨质疏松组和骨量减少组的平均年龄显著高于健康队列, 骨质疏松组和骨量减少组的BMI、性别、种族、合并疾病和平均年龄无显著差异。

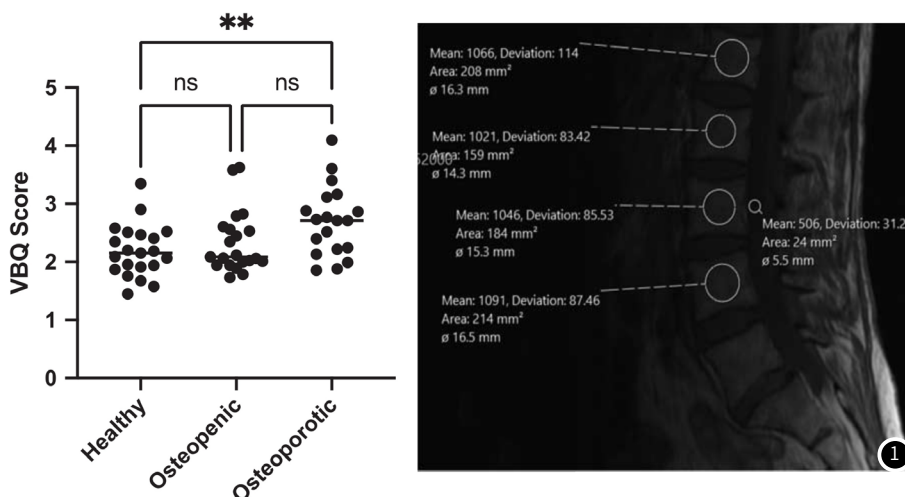


图1 左图: 椎骨质量(VBQ)评分区分健康骨和骨质疏松性骨。 $**P < 0.01$ 。右图: 感兴趣区位于L1-L4椎体的髓质部和L3水平的脑脊液间隙。

2.2 椎骨质量评分评估骨质疏松准确性 具体如图2所示, 骨质疏松患者的VBQ得分显著高于健康对照组(2.7 ± 0.6 比 2.2 ± 0.5 , $P=0.009$)。ROC表明, VBQ评分越高, 骨质疏松的存在越显著(曲线下面积=0.754, $P=0.006$)。骨质疏松症的VBQ值为2.6%(敏感度58%, 特异度90%), Youden指数为0.484。三个独立研究人员的VBQ评分计算结果在评分者内的可重复性(ICC: 0.94; 95%CI:

0.96, 0.90)和评分者间的可靠性(ICC: 0.74; 95%CI: 0.59, 0.84)均表现出一定的一致性。

2.3 CT扫描椎体骨质量评分与T评分的相关性 具体如图3所示, VBQ评分与QCT骨密度($P=0.03$, $r=-0.27$)和T评分($P=0.04$, $r=-0.26$)呈弱相关。进一步的相关分析显示, VBQ评分与年龄和性别显著相关($P=0.001$, 0.037), 其他参数包括体重指数、种族和合并症与VBQ评分无关。

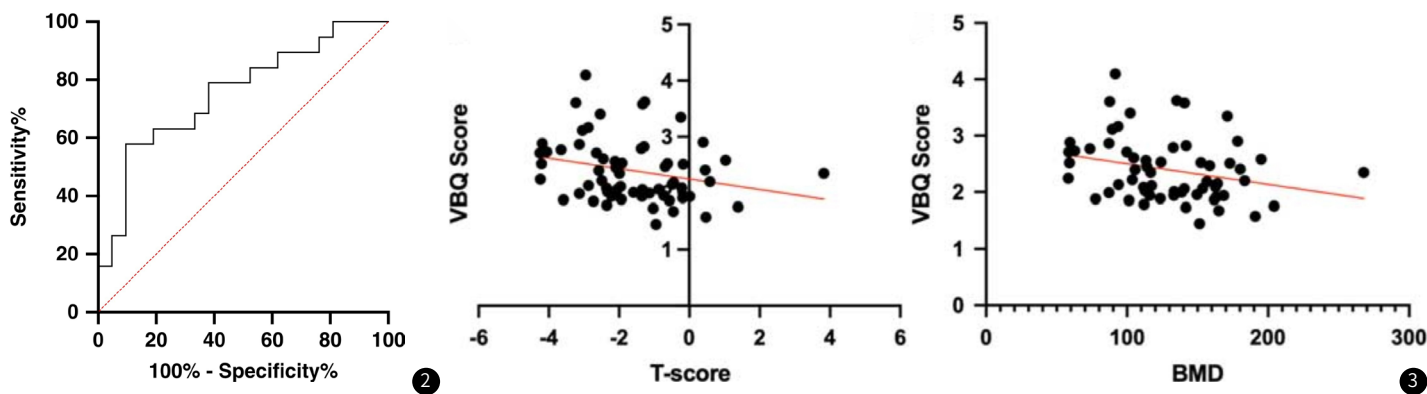


图2 使用ROC证明椎骨质量评分在确定是否存在骨质疏松方面的准确性。图3 术前定量CT扫描椎体骨质量评分与T评分的相关性。

3 讨论

脊柱退行性疾病手术的患者骨质疏松症和低骨密度的患病率越来越高, 这给医生带来了独特的挑战^[7]。根据DEXA和CT扫描, 85%的手术患者被报道为骨质疏松或骨质减少, 因为骨质疏松症与不良手术结果相关, 包括相邻椎体压缩性骨折和植入物下沉, 因而在设计手术计划时必须适当解决这一问题^[8]。尽管如此, 只有少数具有骨质疏松危险因素的患者在手术前获得DEXA信息, 或在手术前或手术后接受骨质疏松检查^[9]。因此, 需要一种简单而准确的方法来测量骨质量, 这种方法可以通过常规成像(如CT或MRI)来计算^[10]。一些研究已经创建了基于MRI的方法来量化骨质

量, 希望减少辐射暴露和总体成本^[6,11]。有研究开发的一种特殊评分系统利用了骨质疏松性骨在MRI上显示T1信号强度增加的现象^[12], 该评分可以准确预测骨质减少/骨质疏松症的存在, 并与传统的DEXA T评分有显著相关性, 最重要的是展示了来自不同制造商的多个MRI系统的通用性。

目前的研究建立接受脊柱手术患者中验证MRI VBQ评分系统与QCT测量的工作的基础上^[7,13]。在这一患者群体中, 我们将VBQ的截断值定义为2.6, 可以作为高危患者的标志。敏感性(58%)和特异性(90%)参数应用于广泛的骨质疏松症流行。腰椎手术患

者骨质疏松症的患病率据报道介于15%和40%之间^[14]。对于那些在手术前未常规接受CT检查或担心DEXA扫描时骨密度假性升高的患者，VBQ评分可能有助于了解CT或正式的代谢骨评估是否^[15]。值得注意的是，目前的研究并不建议MRI替代或取代QCT或DEXA来评估骨质疏松症^[16]。相反，我们认为，利用我们提议的截止值可以允许更多地选择性地利用这些成像方式^[17]。尽管MRI测量和QCT测量之间的相关性很弱，但作为一种粗略的筛查工具，VBQ评分足以区分健康椎体和骨质疏松椎体，特异性为90%^[18]。此外，使用这种基于MRI的筛查系统可以让脊柱外科医生更有效地筛查所有患者，包括那些只需要减压的患者，并适当地转介高危患者进行更彻底的骨骼质量检查^[19]。后续研究检查VBQ评分的临床实用性是必要的，尤其是关注VBQ评分与术后结果之间的相关性^[20]。据报道^[21]，与没有骨质疏松的患者相比，骨质疏松患者的种植体下沉、医源性骨折和其他放射学并发症的发生率要高得多。这点值得注意，因为下沉与疼痛、腰椎前凸度丧失和邻近节段的退行性疾病有关^[22]。

总而言之，这项研究进一步验证了前面所描述的MRI得出的VBQ得分与QCT得出的测量结果。这一评分在骨质疏松和健康骨之间有显著差异，并与QCT得出的BMD和T评分相关。

参考文献

- [1] Tumko V, Kim J, Uspenskaia N, et al. A neural network model for detection and classification of lumbar spinal stenosis on MRI[J]. *Eur Spine J*, 2023.
- [2] Moser M, Albertini S L, Adl A D, et al. Correlation between MRI-based spinal muscle parameters and the vertebral bone quality score in lumbar fusion patients[J]. *Brain Spine*, 2023, 3: 102684.
- [3] Caprariu R, Oprea M D, Poenaru D V, et al. Correlation between preoperative MRI parameters and Oswestry disability index in patients with lumbar spinal stenosis: a retrospective study[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(11).
- [4] Fan X, Xue D, Pan Z, et al. Comparison of sagittal spinal alignment on standing plain x-rays and supine MRI in degenerative lumbar disease[J]. *Front Surg*, 2023, 10: 1103952.
- [5] 杨阳, 荣洁. 螺旋CT多平面重建三维重建技术在小儿隐性脊柱裂诊断中的临床应用分析[J]. *罕少疾病杂志*, 2024, 31(10): 116-117.
- [6] Dallera G, Affinito G, Caliendo D, et al. The independent contribution of brain, spinal cord and gadolinium MRI in treatment decision in multiple sclerosis: a population-based retrospective study[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2023, 69: 104423.
- [7] Gruenewald L D, Koch V, Eichler K, et al. Injury patterns of the spine following blunt trauma: a per-segment analysis of spinal structures and their detection rates in CT and MRI[J]. *Heliyon*, 2023, 9(6): e17396.
- [8] Bharadwaj U U, Christine M, Li S, et al. Deep learning for automated, interpretable classification of lumbar spinal stenosis and facet arthropathy from axial MRI[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(5): 3435-3443.
- [9] Healthcare E J. Retracted: treatment of upper cervical spinal cord injury (Unstable C1-C2) by direct visualization and nailing technique and the advantages of early MRI[J]. *J Healthc Eng*, 2023, 2023: 9831358.
- [10] Panagiotidis E, Pant V, Vinjamuri S. Review of the role of MRI and 18 F-sodium fluoride PET/computed tomography in the characterisation of spinal bone metastases in a cohort of patients with breast cancer[J]. *Nucl Med Commun*, 2023, 44(3): 219-225.
- [11] Koning E, Powers J M, Ioachim G, et al. A comparison of functional connectivity in the human brainstem and spinal cord associated with noxious and innocuous thermal stimulation identified by means of functional MRI[J]. *Brain Sci*, 2023, 13(5).
- [12] Luo Z H, Lu P X, Qi W L, et al. The sensitivity and specificity of (18) F-FDG PET/CT in spinal leptomeningeal metastases: the synergistic effect of the (18) F-FDG PET-CT to gadolinium-enhanced MRI[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13(10): 6863-6875.
- [13] Liu A, Qiu N H, Zhong X R, et al. Dynamic evaluation of the cervical spine by kinematic MRI in patients with cervical spinal cord injury without fracture and dislocation[J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1): 249.
- [14] Rios N L, Gilbert K M, Papp D, et al. 8-channel Tx dipole and 20-channel Rx loop coil array for MRI of the cervical spinal cord at 7 Tesla[J]. *bioRxiv*, 2023.
- [15] Lagerstrand K M. Weight-bearing MRI for dynamic evaluations of spinal and neural foraminal stenosis[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(7): 4780-4781.
- [16] Chen Y, Wang Q, Zhou G, et al. Predictive model based on DCE-MRI and clinical features for the evaluation of pain response after stereotactic body radiotherapy in patients with spinal metastases[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(7): 4812-4821.
- [17] Lopaisankrit T, Thammaroj J. Brain and spinal cord MRI findings in Thai multiple sclerosis patients[J]. *J Imaging*, 2023, 9(2).
- [18] Ying Y, Liu X, Li X, et al. Distinct MRI characteristics of spinal cord diffuse midline glioma, H3 K27-altered in comparison to spinal cord glioma without H3 K27-alteration and demyelination disorder[J]. *Acta Radiol*, 2023: 220471483.
- [19] Schilling K G, Fadnavis S, Batson J, et al. Denoising of diffusion MRI in the cervical spinal cord - effects of denoising strategy and acquisition on intra-cord contrast, signal modeling, and feature conspicuity[J]. *Neuroimage*, 2023, 266: 119826.
- [20] 黄俊斌, 熊玉超, 张烨, 等. 椎小关节退行性变与脊柱结构关系相关研究综述[J]. *罕少疾病杂志*, 2025, 32(03): 182-184.
- [21] Mugisha N, Oliveira-Carneiro A, Behlim T, et al. Brain magnetic resonance imaging (MRI) in spinal muscular atrophy: a scoping review[J]. *J Neuromuscul Dis*, 2023, 10(4): 493-503.
- [22] Lopez-Rios N, Gilbert K M, Papp D, et al. An 8-channel Tx dipole and 20-channel Rx loop coil array for MRI of the cervical spinal cord at 7 Tesla[J]. *NMR Biomed*, 2023, 36(11): e5002.

(收稿日期: 2024-04-01)

(校对编辑: 姚丽娜)