

胸部 CT 椎体 HU 值在 2 型糖尿病骨质疏松症机会性筛查中的价值

王力平, 连天星, 胡永荣, 杨红胜, 曾智谋, 刘浩, 屈波

https://doi.org/10.12307/2023.795

投稿日期: 2022-11-16

采用日期: 2023-01-18

修回日期: 2023-02-15

在线日期: 2023-02-24

中图分类号:

R459.9; R318; R445

文章编号:

2095-4344(2024)06-00950-05

文献标识码: B

文章快速阅读: L₁ 椎体 HU 值对 2 型糖尿病骨质疏松症具有良好的筛查能力

纳入接受过双能 X 射线骨密度仪检查和胸部 CT 检查的 2 型糖尿病患者的临床资料, 共计 244 例。

- (1) 根据骨密度最低 T 值, 将患者分为非骨质疏松组及骨质疏松组;
- (2) 分析两组之间各部位骨密度 T 值、HU 值的差异;
- (3) 分析骨密度 T 值与 HU 值的相关性;
- (4) 利用受试者工作特征曲线得到 HU 值对于 2 型糖尿病患者骨质疏松症的筛查阈值、敏感度及特异度。

结果:

- (1) HU 值与股骨颈 T 值呈中度正相关;
- (2) 采用 L₁ 椎体 HU 值筛查 2 型糖尿病骨质疏松症具有良好的准确率, 其预测骨质疏松症的 cut-off 值为 98, 敏感度为 70.8%。

文题释义:

HU 值: 是基于椎体 CT, 由 QCT 演变而来的一种值, 通过测量相应椎体感兴趣区域的信号强度, 测量椎体内部骨小梁的一种方法。因为在骨质疏松椎体内部的骨小梁减少, 孔隙率增加, 可在 CT 图像中表现出一种信号, HU 值则是测量这种信号, 用于评估是否存在骨质疏松的情况。

2 型糖尿病骨质疏松症: 由于 2 型糖尿病患者体内脂肪的增加, 影响成骨细胞和破骨细胞功能, 导致骨矿化缺陷, 表现为在骨小梁处的成骨细胞减少、破骨细胞增加, 使骨小梁的孔隙增大的一种疾病。

摘要

背景: 有研究表明基于腰椎 CT 的 HU (hounsfield units) 值可以筛查骨质疏松症, 而目前因肺部感染就诊的患者增加, 肺部感染合并 2 型糖尿病的患者也随之增加, 增加了胸部 CT 的使用率。

目的: 探讨胸部 CT 检查中 L₁ 椎体 HU 值在 2 型糖尿病骨质疏松症筛查中的作用。

方法: 回顾性分析 2020 年 6 月至 2022 年 6 月成都医学院第一附属医院收治的 244 例 2 型糖尿病患者的临床资料。利用双能 X 射线骨密度仪获得骨密度 T 值, 按 WHO 的骨质疏松症诊断标准, 将研究对象分为非骨质疏松组 (n=120) 及骨质疏松组 (n=124), 比较两组患者一般情况、骨密度 T 值及胸部 CT 检查中 L₁ 椎体的 HU 值, 分析 HU 值与各部位 T 值的关系并评估 2 型糖尿病骨质疏松症的准确性。

结果与结论: ① 两组患者性别、年龄、体质量指数、糖化血红蛋白、平均血糖、钙、磷、2 型糖尿病患病时间、高血压病史、高脂血症病史之间对比差异无显著性意义 (P > 0.05); ② HU 值与最低 T 值呈正相关 (r=0.619, P < 0.01), 与髌部 T 值呈正相关 (r=0.584, P < 0.01), 与股骨颈 T 值呈正相关 (r=0.641, P < 0.01); 当 HU 值取 98 时, 其预测 2 型糖尿病骨质疏松症具有良好的准确性, 敏感性为 70.8%; ③ 提示基于胸部 CT 检查的 L₁ 椎体 HU 值对 2 型糖尿病患者的骨质疏松症筛查具有良好的价值, 可作为 2 型糖尿病骨质疏松症一种机会性、无成本的补充筛查方法。

关键词: 胸部 CT 检查; HU 值; 2 型糖尿病; 骨质疏松症; 骨密度

缩略语: 2 型糖尿病骨质疏松症: type 2 diabetes mellitus osteoporosis, T2DMOP; 双能 X 射线吸收法: dual-energy X-ray absorptiometry, DXA

HU value of chest CT vertebral body in the opportunistic screening of type 2 diabetes mellitus osteoporosis

Wang Liping, Lian Tianxing, Hu Yongrong, Yang Hongsheng, Zeng Zhimou, Liu Hao, Qu Bo

Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, Chengdu 610500, Sichuan Province, China

Wang Liping, Master candidate, Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, Chengdu 610500, Sichuan Province, China

Corresponding author: Qu Bo, MD, Associate chief physician, Master's supervisor, Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, Chengdu 610500, Sichuan Province, China

Abstract

BACKGROUND: Some studies have shown that the hounsfield units (HU) value based on lumbar CT can be used to screen osteoporosis. At present, the number of patients with pulmonary infection has increased; the number of patients with pulmonary infection and type 2 diabetes is also increasing, which increases the utilization rate of chest CT.

成都医学院第一附属医院骨科, 四川省成都市 610500

第一作者: 王力平, 男, 1995 年生, 四川省泸州市人, 成都医学院在读硕士, 主要从事脊柱退行性病变、骨质疏松症的临床研究。

通讯作者: 屈波, 博士, 副主任医师, 硕士生导师, 成都医学院第一附属医院骨科, 四川省成都市 610500

https://orcid.org/0000-0001-6017-4537 (王力平)

基金资助: 四川省科技厅项目 (21ZDYF3033), 项目负责人: 屈波; 四川省中医药管理局科学技术研究专项课题 (2020LC0037), 项目负责人: 屈波; 成都医学院基金 (CYZ19-23), 项目负责人: 曾智谋; 2021 年研究生创新基金 (YCX2021-28), 项目负责人: 王力平

引用本文: 王力平, 连天星, 胡永荣, 杨红胜, 曾智谋, 刘浩, 屈波. 胸部 CT 椎体 HU 值在 2 型糖尿病骨质疏松症机会性筛查中的价值 [J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(6):950-954.



OBJECTIVE: To investigate the role of lumbar 1 vertebral body HU value based on chest CT in the screening of type 2 diabetes mellitus osteoporosis.

METHODS: The clinical data of 244 patients with type 2 diabetes mellitus treated in the First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College from June 2020 to June 2022 were analyzed retrospectively. The bone mineral density was obtained by dual-energy X-ray absorptiometry. According to WHO's diagnostic criteria for osteoporosis, the subjects were divided into the non-osteoporosis group ($n=120$) and the osteoporosis group ($n=124$). The general condition, T value and HU value of lumbar 1 vertebra in chest CT were compared, and the relationship between the HU value and T value of each position was analyzed and the accuracy of type 2 diabetes mellitus osteoporosis was evaluated.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) There was no significant difference in sex, age, body mass index, glycosylated hemoglobin, mean blood glucose, calcium (Ca), phosphorus (P), time of type 2 diabetes mellitus, history of hypertension and history of hyperlipidemia between the two groups ($P > 0.05$). (2) The HU value was positively correlated with the lowest T value of the hip ($r=0.619, P < 0.01$); the HU value was positively correlated with the hip T value ($r=0.584, P < 0.01$), and the HU value was positively correlated with the femoral neck T value ($r=0.641, P < 0.01$). When the HU value was 98, the prediction of type 2 diabetes mellitus osteoporosis had good accuracy, and the sensitivity was 70.8%. (3) It is concluded that the HU value of the lumbar 1 vertebra based on chest CT examination is of good value for osteoporosis screening in patients with type 2 diabetes mellitus, and may be an opportunistic and cost-free supplementary screening method for type 2 diabetes mellitus osteoporosis.

Key words: chest CT; HU value; type 2 diabetes mellitus; osteoporosis; bone mineral density

Funding: Sichuan Provincial Department of Science and Technology Project, No. 21ZDYF3033 (to QB); Special Project for Scientific and Technological Research of Sichuan Administration of Traditional Chinese Medicine, No. 2020LC0037 (to QB); Chengdu Medical College Fund, No. CYZ19-23 (to ZMZ); 2021 Postgraduate Innovation Fund, No. YCX2021-28 (to WLP)

How to cite this article: WANG LP, LIAN TX, HU YR, YANG HS, ZENG ZM, LIU H, QU B. HU value of chest CT vertebral body in the opportunistic screening of type 2 diabetes mellitus osteoporosis. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(6):950-954.

0 引言 Introduction

随着人口老龄化, 2型糖尿病以及骨质疏松症的发病率随着年龄的增长逐年升高, 文献表明中国2型糖尿病患者的骨质疏松症患病率为37.8%^[1]。根据国际糖尿病联合会报道, 中国是世界上糖尿病患者最多的国家^[2], 大量的研究报告称, 骨质疏松症是2型糖尿病的后期并发症之一, 2型糖尿病主要是通过降低骨强度, 增加骨折风险^[3-4], 因此早期识别2型糖尿病骨质疏松症(type 2 diabetes mellitus osteoporosis, T2DMOP)的发生, 对骨折做到早预防、早治疗, 对降低患者经济负担, 提高患者生活质量、减少医保压力等尤为重要。

目前诊断骨质疏松症的金标准是双能X射线吸收法(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)测定的面积骨密度, 但是现在越来越多的证据表明仅依赖DXA进行骨质疏松症筛查和骨折风险评估存在一定局限性, 如目前英国的临床指南不建议单独使用DXA进行骨质疏松症筛查^[5-6]。除此之外, 根据原发性骨质疏松症诊疗指南推荐检测骨质疏松症的方法包括: 定量CT、X射线片法、跟骨定量超声测定、骨转化标志物等^[7]。但是以上方法均需单独进行, 增加患者经济负担, 且目前在基层单位普及度较差。根据基层医疗机构骨质疏松症诊断和治疗专家共识(2021)推荐, 在基层通常使用国际骨质疏松基金会骨质疏松一分钟测试题和亚洲人骨质疏松自我筛查工具等作为疾病风险评估的初筛工具^[8]。但据调查显示, 基层医务人员对骨质疏松症诊断依据的认知水平不足, 往往是在患者发生骨折就诊时才发现骨质疏松症^[9]。因此寻找一种简单、方便、快捷的骨质疏松症筛查方式显得十分必要。

有研究报道称, 基于腰椎CT的HU(hounsfield units)值是一种可以确定区域骨密度的方法, 被应用于骨折风险评估、骨质疏松症诊断^[10], 但有关HU值评估2型糖尿病合并骨质疏松症患者的研究尚少, 对糖尿病合并骨质疏松症的人群是否具有筛查价值尚不明确; 借助胸部CT的L₁椎体HU值对2型糖尿病患者的骨质疏松症进行评估尚没有报道。另外, 目前因肺部感染就诊的患者明显增加, 肺部感染合并2型糖尿病就诊的患者也随之增加, 而胸部CT作为肺部感染的首选

检查, 比例也明显增加, 并且胸部CT包含了L₁椎体, 如果可以利用胸部CT的L₁椎体HU值作为骨质疏松症的补充筛查手段, 则无需额外检测即可明显提高2型糖尿病患者骨质疏松症的筛查率, 使早期干预成为可能。

因而, 此次研究的目的是探讨胸部CT检查L₁椎体HU值对2型糖尿病患者骨质疏松症进行筛查的价值与应用, 以期为该人群的骨质疏松症干预和治疗提供前期依据, 提高医师对于骨质疏松症的重视程度, 减少骨质疏松症所带来的经济负担。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析, 采用独立样本t检验分析两组间的骨密度T值及HU值, HU值与骨密度T值之间的相关性进行Pearson相关性分析, 并利用受试者工作特征曲线评价HU值预测骨质疏松症的准确度、特异性、敏感性以及阈值。

1.2 时间及地点 试验于2020年6月至2022年6月在成都医学院第一附属医院完成。

1.3 对象 回顾性分析2020年6月至2022年6月在成都医学院第一附属医院住院的2型糖尿病患者的病历资料。

纳入标准: ①在成都医学院第一附属医院检验出糖化血红蛋白>6.5%或者既往在该院内分泌科诊断为2型糖尿病的患者; ②进行过包含L₁椎体的胸部CT及DXA检查, 且二者检查时间间隔小于3个月。

排除标准: ①既往L₁椎体存在内固定手术史; ②除2型糖尿病以外的其他类型糖尿病; ③影响骨代谢的相关疾病, 如甲状腺相关疾病、类风湿性关节炎、肾衰竭、恶性肿瘤等; ④影响骨代谢的药物使用史, 如糖皮质激素、特立帕肽、双膦酸盐等。

所有患者对研究方案均知情同意, 且得到成都医学院第一附属医院伦理委员会批准。

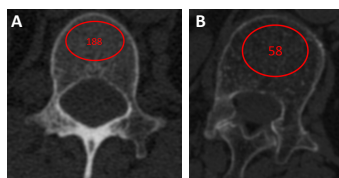
1.4 方法

1.4.1 基本临床特征 统计患者年龄、性别、体质量指数、糖尿病病史时长、高血压病史、高脂血症病史等基本特征并进行组间比较。通过医院电子病例系统回顾性查阅患者病历,

既往病史有高血压病、高脂血症诊断史，则记录为有高血压病史或者高脂血症病史。统计两组生化指标，包括空腹血糖、糖化血红蛋白、钙、磷等指标，采用成都医学院第一附属医院全自动分析仪检测。

1.4.2 DXA 骨密度 T 值检查 骨密度 T 值采用成都医学院第一附属医院 DXA 仪检测获得，根据原发性骨质疏松症诊疗指南规定^[7]：T-值 ≥ -1.0 为正常骨密度， -2.4 至 -1.1 为骨量减少， ≤ -2.5 为骨质疏松症。此次研究未收集腰椎 T 值，因有大量的研究表明血管钙化、肥胖、脊柱退行性疾病或既往脊柱手术可以导致腰椎 T 值出现偏高或偏低的现象^[11-13]，因而仅采用股骨颈 T 值及髌部 T 值作为判断骨质疏松症的指标。

1.4.3 HU 值的测定 所有 CT 扫描的管电压均设置为 120 kV，并且选择 L₁ 椎体进行测量。研究表明，L₁ 椎体容易识别，且被纳入所有腹部和胸部 CT 检查，退行性改变较少，与其他椎体水平相比，它与 DXA 测量骨密度的相关性最密切^[14]，并由两位经验丰富的脊柱外科医生独立使用医疗影像储存系统测量 HU 值。在椎体中间水平平面上，选择一个感兴趣区域，避免皮质骨和椎体后静脉丛区域、骨赘、骨硬化等异常结构，感兴趣区域内的平均 HU 值由医疗影像储存系统自动测量^[15]。所有患者均由两名脊柱外科医师对胸部 CT 进行 L₁ 椎体 HU 值测量，见图 1。



图注：图 A 示正常骨密度患者 L₁ 椎体 HU 值，HU 值为 188，骨密度 T 值为 0.8；图 B 示异常骨密度患者 L₁ 椎体 HU 值，HU 值为 58，骨密度 T 值为 -3.1

图 1 | L₁ 椎体正常和异常的 HU 值
Figure 1 | Normal and abnormal HU value of L₁ vertebral body

1.5 主要观察指标 根据纳入排除标准，通过医院电子病例系统，回顾性收集患者的骨密度 T 值数据，并在医疗影像储存系统上通过胸部 CT 测量 L₁ 椎体的 HU 值。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析，定性资料采用例数表示，组间比较采用 χ^2 检验；定量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间比较采用 t 检验。采用 Pearson 相关性分析得出 HU 值与各部位 T 值的相关性，并采用受试者工作特征曲线评估 HU 值对 2 型糖尿病患者骨质疏松症的筛查价值， $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。采用组内相关系数评估 HU 值观察者间和观察者内的一致性（组内相关系数 ≥ 0.8 被认为具有良好的可靠性）。文章统计学方法已由成都医学院第一附属医院生物统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 最终共计纳入 244 例患者，其中根据最低骨密度（股骨颈骨密度 T 值和髌部骨密度 T 值两者相比，较低的为最低骨密度）结果将研究对象分为非骨质疏松组（120 例）和骨质疏松组（124 例）。所有患者均获得完整的临床资料，无脱落。

2.2 试验流程图 见图 2。

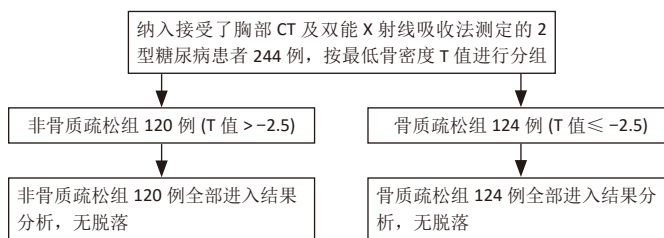


图 2 | 试验流程图
Figure 2 | Trial flow chart

2.3 患者一般情况 共纳入了 244 例研究对象，根据最低 T 值分为非骨质疏松组 120 例及骨质疏松组 124 例。两组患者性别、年龄、体质量指数、糖化血红蛋白、平均血糖、钙、磷水平、2 型糖尿病患病时间、高血压病史、高脂血症病史之间对比差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，组间具有可比性，见表 1。

表 1 | 两组患者一般资料比较
Table 1 | Comparison of general data between the two groups

指标	非骨质疏松组 (n=120)	骨质疏松组 (n=124)	t/ χ^2 值	P 值
女性 (n%)	80/67	92/74	1.66	0.197
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	73.04 \pm 8.84	71.19 \pm 7.74	1.74	0.830
体质量指数 ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.32 \pm 2.36	22.86 \pm 2.44	1.50	0.135
糖化血红蛋白 ($\bar{x} \pm s$, %)	8.12 \pm 1.68	8.54 \pm 2.21	-1.65	0.101
平均血糖 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	11.77 \pm 3.22	12.50 \pm 4.30	-1.50	0.134
钙 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	2.21 \pm 0.17	2.24 \pm 0.15	-1.40	0.162
磷 ($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	1.05 \pm 0.21	1.09 \pm 0.18	-1.70	0.091
糖尿病病史 ($\bar{x} \pm s$, 年)	10.69 \pm 7.10	10.16 \pm 6.84	0.59	0.557
高脂血症 (n%)	45/38	41/33	0.53	0.468
高血压 (n%)	76/63	68/55	1.82	0.177

2.4 两组患者骨密度 T 值与 HU 值比较 非骨质疏松组的股骨颈 T 值、髌部 T 值、最低 T 值、L₁ 椎体 HU 值的平均值均大于骨质疏松组（均 $P < 0.05$ ），差异有显著性意义，见表 2 所示。

表 2 | 两组患者各部位骨密度、HU 值比较
Table 2 | Comparison of bone mineral density and HU value in different regions between the two groups

指标	非骨质疏松组 (n=120)	骨质疏松组 (n=124)	t 值	P 值
髌部 T 值	-1.09 \pm 0.89	-2.25 \pm 0.70	11.43	0.000
股骨颈 T 值	-1.12 \pm 0.76	-2.81 \pm 0.80	16.89	0.000
最低 T 值	-1.42 \pm 0.78	-3.09 \pm 0.40	21.22	0.000
HU 值	109.82 \pm 26.20	80.35 \pm 20.71	9.75	0.000

2.5 HU 值与骨密度 T 值的相关性分析 通过采用 Pearson 相关性分析，L₁ 椎体 HU 值与髌部 T 值呈中度正相关 ($r=0.584$, $P < 0.01$)，与股骨颈 T 值呈中度正相关 ($r=0.641$, $P < 0.01$)，与最低 T 值呈中度正相关关系 ($r=0.619$, $P < 0.01$)。其中 L₁ 椎体 HU 值与股骨颈 T 值相关性最高，见图 3。再根据性别及年龄对 HU 值与骨密度的相关性进行分析，在男性患者中 L₁ 椎体 HU 值与髌部 T 值呈中度正相关 ($r=0.654$, $P < 0.01$)，与股骨颈 T 值呈高度正相关 ($r=0.672$, $P < 0.01$)，与最低 T 值呈中度正相关关系 ($r=0.638$, $P < 0.01$)；而在女性患者中，L₁ 椎体 HU 值与髌部 T 值呈中度正相关 ($r=0.551$, $P < 0.01$)，与股骨颈 T 值呈中度正相关 ($r=0.570$, $P < 0.01$)，与最低 T 值呈中度正相关关系 ($r=0.541$, $P < 0.01$)。结果表明，不同性别患者的 L₁ 椎体 HU 值均与股骨颈 T 值相关性最高，见表 3 所示。

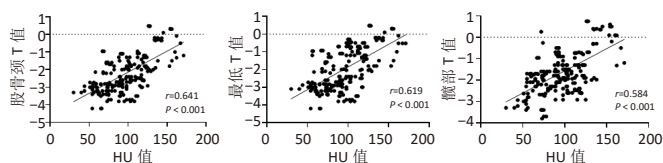
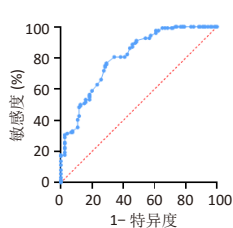
图3 | 骨密度 T 值与 L₁ 椎体 HU 值的相关性分析Figure 3 | Correlation analysis between bone mineral density T value and HU value of L₁ vertebral body

表3 | 男性及女性患者各部位骨密度与 HU 值的相关性分析

Table 3 | Correlation analysis between bone mineral density and HU value between males and females

性别		r 值	P 值
男性	髌部 T 值	0.654	< 0.001
	股骨颈 T 值	0.672	< 0.001
	最低 T 值	0.638	< 0.001
女性	髌部 T 值	0.551	< 0.001
	股骨颈 T 值	0.570	< 0.001
	最低 T 值	0.541	< 0.001

2.6 HU 值预测 T2DMOP 的效能 通过受试者工作特征曲线发现 L₁ 椎体 HU 值在评估 T2DMOP 时, 其曲线下面积为 0.803 ($P < 0.05$), 表明 L₁ 椎体 HU 值评估 T2DMOP 有一定的准确性; 当约登指数 (约登指数 = 灵敏度 + 特异度 - 1) 取最大值 0.474 时, 阈值为 98, 敏感度为 70.8%, 特异性为 76.6%; 表明当 HU 值取 98 时, 其筛查 T2DMOP 患者的敏感度为 70.8%, 具有良好的敏感性, 见图 4。

图注: 采用 HU 值预测 2 型糖尿病骨质疏松症时, 曲线下面积为 0.803; 并且当 HU 值阈值为 98 时, 其敏感度 = 70.8%, 特异度 = 76.6%
图 4 | L₁ 椎体 HU 值预测 2 型糖尿病骨质疏松症的效能Figure 4 | HU value of L₁ vertebral body predicted the efficacy of type 2 diabetes mellitus osteoporosis

3 讨论 Discussion

在全球范围内, 每 11 个成年人中就有一个患有糖尿病。目前, 全球成人糖尿病的患病人数接近 4.25 亿, 过去的十余年间, 国内的糖尿病患者由 9 000 万例增加至 1.4 亿例^[16], 且大多为 2 型糖尿病患者。骨质疏松症被认为是糖尿病最严重的并发症之一, 大量的研究表明 2 型糖尿病可导致脆性骨折的风险明显增加^[17-19]。此次研究所纳入的 244 例患者基线水平可比, 其中 2 型糖尿病合并骨质疏松症的患者占比 50.81%, 与以前的文献研究相符合, 表明骨质疏松症是 2 型糖尿病最大的并发症之一; 其中女性患者的患病率较男性患者高, 表明对于女性 2 型糖尿病患者应该早期进行骨质疏松症的筛查、预防及治疗。根据 WHO 对骨质疏松症的诊断指南, 目前对骨质疏松症的诊断金标准为基于 DXA 的骨密度检查^[20], 但是有研究表明 DXA 测量的骨密度并不能充分反映 2 型糖尿病患者的真实骨密度^[21-22], 因此研究者们通过其他方式对 2 型糖尿病患者的骨质疏松症进行了筛查, 如骨折风险评估工具、骨小梁评分、高分辨率外周骨定量 CT、冲击微压痕等^[20], 但是以上评估工具较为繁琐, 基层医院尚未普及, 不能广泛开展。因此, 寻找一种

运用便利的筛查方式显得尤为重要, 目前国内外已对 HU 值评估骨密度进行了大量的研究^[23-25], 研究表明基于腰椎 CT 的 HU 值对中老年人^[26]、类风湿性关节炎^[27]、绝经后女性等患者的骨密度筛查具有一定价值^[28]。但目前对 2 型糖尿病患者骨密度的筛查较少, 且在当下, 因肺部感染就诊的患者增加, 2 型糖尿病合并肺部感染的患者也随之增加, 胸部 CT 的检查率也明显增高^[29], 所以, 此次研究开展了基于胸部 CT 椎体 HU 值对 2 型糖尿病患者骨密度的评估。

此次研究根据 DXA 测量的骨密度 T 值将患者分为非骨质疏松组及骨质疏松组, 并测量其 L₁ 椎体 HU 值, 两组患者的 HU 值具有临床统计学差异, 同庞惠炎等^[30]的研究结果一致, 证明了基于胸部 CT 的 L₁ 椎体 HU 值在预测骨质疏松症方面的价值。其中 L₁ 椎体 HU 值与股骨颈 T 值、髌部 T 值、最低 T 值均呈中度正相关, 在此前, SCHREIBER 等^[31]表示 HU 值与骨密度 T 值之间具有良好的相关性, Pearson 相关系数为 0.44, 呈中度正相关。一项纳入人群为黄种人的研究表明, HU 值与骨密度之间也存在相关性, Pearson 相关系数为 0.62^[32]。一篇纳入了 37 项研究的综述表明, 基于腰椎 CT 的 HU 值与骨密度 T 值的相关系数在 0.399-0.891 之间^[33]。此次研究与前面研究结果类似, 表明 2 型糖尿病人群的 HU 值与骨密度 T 值同样存在正相关, 且与股骨颈 T 值相关性最高, Pearson 相关系数为 0.641。在以性别为基础的亚组分析中, 提示基于 L₁ 椎体的 HU 值与骨密度 T 值在不同性别之间无明显差异, 均呈正相关性, 且同样与股骨颈 T 值相关性最高, 这与 WHO 推荐以股骨近端为骨密度测定的首选部位相一致^[21]。关于其原因, 以往研究表明 2 型糖尿病骨质疏松症是由于糖尿病患者的脂肪增加, 影响成骨细胞和破骨细胞功能, 导致骨矿化缺陷^[34], 表现为在骨小梁网络处的成骨细胞减少、破骨细胞增加, 使骨小梁的孔隙增大^[35], 这为此次研究提供了理论基础。

在对骨质疏松症的筛查阈值方面, 同样也进行了大量的研究^[36-37]。一项共纳入 1 867 例患者的研究报告了阈值在 110 时, 对骨质疏松症的特异性超过 90%^[38]。国内学者 ZOU 等^[39]对 334 例腰椎退行性疾病患者进行了腰椎 HU 值分析, 表明 L₁-L₄ 的阈值在 110-80 HU, 特异性为 88.5%, 敏感性为 60.8%。此文在 2 型糖尿病患者中, 对 L₁ 椎体 HU 值预测骨质疏松症的能力进行了研究, 结果表明当约登指数取最大 0.474 时, 其阈值为 98, 而敏感度为 70.8%, 特异性为 76.6%。较以往研究相比, 阈值减少, 而敏感性增加, 因为此文为机会性筛查研究, 故更看重 HU 值对于骨密度 T 值筛查的敏感性, 而非特异性, 以此提高医者对患者骨质疏松症的重视, 但总体趋势与以往的研究结果一致, 表明 L₁ 椎体 HU 值同样适用于 2 型糖尿病患者。并且 MOONEY 等^[40]研究表明 HU 值不受 CT 设备的影响, 在相同电压下, 各设备的结果具有一致性, 这对 HU 值的普遍实用性带来了帮助。且目前因肺部感染就诊的患者明显增加, 胸部 CT 检查率也随之明显提高, 这给 L₁ 椎体 HU 值的获得带来了方便, 但是对于骨质疏松症的筛查金标准仍然是 DXA, 因此 L₁ 椎体 HU 值可能是对 2 型糖尿病患者进行骨质疏松症机会性筛查的一种客观办法, 可以提高医师对骨

骨质疏松症的早期预防,降低 T2DMOP 患者的骨折风险。

但是此文仍有不足之处:①此文为回顾性研究,且仅收集了在成都医学院第一附属医院住院的 2 型糖尿病患者,存在地域上的选择偏倚,代表性可能不足;②仅讨论了椎体 HU 值对骨质疏松症的预测效能,没有将脆性骨折纳入最终结果,可能对骨质疏松症的判断存在一定的误差;③仅讨论了 L₁ 椎体,没有 L₂₋₅ 椎体,可能产生一定的结果偏倚,后期可将以上指标纳入,多层次地对 T2DMOP 进行评估;④目前评估骨质疏松症的工具较多,如 DXA、QCT、定量超声、骨转化标记物等,后期研究可加入以上方式,对 T2DMOP 进行多方面、多维度的评估,进而形成一个全面的评估体系。

综上所述,基于胸部 CT 检查的 L₁ 椎体 HU 值与 2 型糖尿病患者的骨密度 T 值有良好的相关性,对于 2 型糖尿病患者的骨质疏松症是一种可靠的机会性筛查手段,但骨质疏松症的筛查及诊断金标准仍然为 DXA,因此,基于胸部 CT 的 L₁ 椎体 HU 值也可以作为对合并肺部感染 2 型糖尿病患者骨密度一种无成本的补充筛查方法,当阈值为 98 时,其预测 2 型糖尿病患者骨质疏松症的敏感性为 70.8%。

致谢:感谢张向、王松、杨坤海等人对本文做出的贡献。

作者贡献:王力平是试验设计者和试验研究的执行人,完成数据搜集、分析、论文初稿的写作;屈波是试验构思者和负责人,指导试验设计、数据分析、论文写作与修改;杨红胜与曾智谋参与试验设计;连天星、刘浩、胡永荣参与数据搜集与整合。

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。

开放获取声明:这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让:文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范:该文撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重,文章经小同行外审专家双盲审稿,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

[1] SI Y, WANG C, GUO Y, et al. Prevalence of osteoporosis in patients with type 2 diabetes mellitus in the Chinese mainland: A protocol of systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(16):e19762.

[2] LI Y, TENG D, SHI X, et al. Prevalence of diabetes recorded in mainland China using 2018 diagnostic criteria from the American Diabetes Association: national cross sectional study. *BMJ*. 2020;369:m997.

[3] PORTAL-NUÑEZ S, ARDURA JA, LOZANO D, et al. Adverse Effects of Diabetes Mellitus on the Skeleton of Aging Mice. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2016;71(3):290-299.

[4] SLEEMAN A, CLEMENTS JN. Abaloparatide: A new pharmacological option for osteoporosis. *Am J Health Syst Pharm*. 2019;76(3):130-135.

[5] GREGSON CL, ARMSTRONG DJ, BOWDEN J, et al. UK clinical guideline for the prevention and treatment of osteoporosis. *Arch Osteoporos*. 2022;17(1):58.

[6] 陈明月,张雪丽,汤光宇.基于 CT 的机会性筛查评估骨质疏松症的研究进展[J]. *国际医学放射学杂志*,2022,45(4):459-465.

[7] 夏维波,章振林,林华,等.原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. *中国骨质疏松杂志*,2019,25(3):281-309.

[8] 中国健康促进基金会基层医疗机构骨质疏松症诊断与治疗专家共识委员会.基层医疗机构骨质疏松症诊断和治疗专家共识(2021)[J]. *中国骨质疏松杂志*,2021,27(7):937-944.

[9] 杜雪平,黄凯,孙艳格,等.北京市社区医务人员骨质疏松症相关知识认知状况调查[J]. *中国全科医学*,2013,16(18):1646-1647.

[10] SCHREIBER JJ, ANDERSON PA, ROSAS HG, et al. Hounsfield Units for Assessing Bone Mineral Density and Strength: A Tool for Osteoporosis Management. *J Bone Joint Surg*. 2011;93(11):1057-1063.

[11] SALZMANN SN, OKANO I, JONES C, et al. Preoperative MRI-based Vertebral Bone Quality (VBQ) score assessment in patients undergoing lumbar spinal fusion. *Spine J*. 2022;22(8):1301-1308.

[12] PAIVA LC, FILARDI S, PINTO-NETO AM, et al. Impact of degenerative radiographic abnormalities and vertebral fractures on spinal bone density of women with osteoporosis. *Sao Paulo Med J*. 2002;120(1):9-12.

[13] YU EW, THOMAS BJ, BROWN JK, et al. Simulated increases in body fat and errors in bone mineral density measurements by DXA and QCT. *J Bone Miner Res*. 2012;27(1):119-124.

[14] 包洁,邹达,李危石.椎体 CT 值评估腰椎退变患者骨密度的研究进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*,2020,30(8):745-750.

[15] ZOU D, MUHEREMU A, SUN Z, et al. Computed tomography Hounsfield unit-based prediction of pedicle screw loosening after surgery for degenerative lumbar spine disease. *J Neurosurg Spine*. 2020;32(5):716-721.

[16] 郭立新.2021 年糖尿病领域年度重大进展回顾[J]. *中华糖尿病杂志*,2022,14(1):1-8.

[17] 王盼,吴科锋,崔燎.不同阶段 2 型糖尿病诱发骨质疏松症的致病机制研究进展[J]. *中国骨质疏松杂志*,2020,26(4):619-624.

[18] NAPOLI N, SCHWARTZ AV, PALERMO L, et al. Risk Factors for Subtrochanteric and Diaphyseal Fractures: The Study of Osteoporotic Fractures. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(2):659-667.

[19] FAN Y, WEI F, LANG Y, et al. Diabetes mellitus and risk of hip fractures: a meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2016;27(1):219-228.

[20] 叶紫梦玮,戴璇,刘亚鸽,等.糖尿病性骨质疏松症的临床诊断方法探讨[J]. *中国骨质疏松杂志*,2021,27(7):1005-1010.

[21] 符桑,文章新,陈蓉,等.跟骨定量超声在中老年 2 型糖尿病并发骨质疏松症预测诊断中的应用[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*,2021,14(4):352-359.

[22] DE LIEFDE II, VAN DER KLIFT M, DE LAET CE, et al. Bone mineral density and fracture risk in type-2 diabetes mellitus: the Rotterdam Study. *Osteoporos Int*. 2005;16(12):1713-1720.

[23] AHERN DP, MCDONNELL JM, RIFFAULT M, et al. A meta-analysis of the diagnostic accuracy of Hounsfield units on computed topography relative to dual-energy X-ray absorptiometry for the diagnosis of osteoporosis in the spine surgery population. *Spine J*. 2021;21(10):1738-1749.

[24] NA MK, WON YD, KIM CH, et al. Opportunistic osteoporosis screening via the measurement of frontal skull Hounsfield units derived from brain computed tomography images. *PLoS One*. 2018;13(5):e197336.

[25] 刘云,李培岭,郭永杰,等.中老年骨质疏松症患者腰 1-3 椎体骨密度值与 CT 值相关性研究[J]. *风湿病与关节炎*,2021,10(6):29-31.

[26] ZHANG D, WU Y, LUO S, et al. Characteristics of Lumbar Bone Density in Middle-Aged and Elderly Subjects: A Correlation Study between T-Scores Determined by the DEXA Scan and Hounsfield Units from CT. *J Health Eng*. 2021;2021:1-7.

[27] PERRIER-CORNET J, OMOROU AY, FAUNY M, et al. Opportunistic screening for osteoporosis using thoraco-abdomino-pelvic CT-scan assessing the vertebral density in rheumatoid arthritis patients. *Osteoporos Int*. 2019;30(6):1215-1222.

[28] 陈金春,黄建华,黄建武,等.绝经后骨质疏松症骨密度 T 值与腰椎椎体 CT 值的相关性[J]. *中医正骨*,2009,21(9):1-3.

[29] 李宏军.新型冠状病毒肺炎影像学辅助诊断指南[J]. *中国医学影像技术*,2020,36(3):321-331.

[30] 庞惠英,林俊杰,孙珊.探讨腰椎 CT 值评估 2 型糖尿病患者骨质疏松的临床运用[J]. *疾病监测与控制*,2021,15(6):457-459.

[31] SCHREIBER JJ, ANDERSON PA, HSU WK. Use of computed tomography for assessing bone mineral density. *Neurosurg Focus*. 2014;37(1):E4.

[32] LI YL, WONG KH, LAW MW, et al. Opportunistic screening for osteoporosis in abdominal computed tomography for Chinese population. *Arch Osteoporos*. 2018;13(1):76.

[33] GAUSDEN EB, NWACHUKWU BU, SCHREIBER JJ, et al. Opportunistic Use of CT Imaging for Osteoporosis Screening and Bone Density Assessment: A Qualitative Systematic Review. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(18):1580-1590.

[34] RATHINAVELU S, GUIDRY-ELIZONDO C, BANU J. Molecular Modulation of Osteoblasts and Osteoclasts in Type 2 Diabetes. *J Diabetes Res*. 2018;2018:1-11.

[35] PRITCHARD JM, GIANGREGORIO LM, ATKINSON SA, et al. Association of larger holes in the trabecular bone at the distal radius in postmenopausal women with type 2 diabetes mellitus compared to controls. *Arthritis Care Res*. 2012;64(1):83-91.

[36] LEE S, CHUNG CK, OH SH, et al. Correlation between Bone Mineral Density Measured by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry and Hounsfield Units Measured by Diagnostic CT in Lumbar Spine. *J Korean Neurosurg Soc*. 2013;54(5):384.

[37] BUCKENS CF, DIJKHUIS G, DE KEIZER B, et al. Opportunistic screening for osteoporosis on routine computed tomography? An external validation study. *Eur Radiol*. 2015;25(7):2074-2079.

[38] PICKHARDT PJ, POOLER BD, LAUDER T, et al. Opportunistic Screening for Osteoporosis Using Abdominal Computed Tomography Scans Obtained for Other Indications. *Ann Int Med*. 2013;158(8):588.

[39] ZOU D, LI W, DENG C, et al. The use of CT Hounsfield unit values to identify the undiagnosed spinal osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases. *Eur Spine J*. 2019;28(8):1758-1766.

[40] MOONEY J, MORGAN S, BROCKINGTON D, et al. Inter-rater reliability and correlation of L1 Hounsfield unit measurements with DXA scores. *J Clin Densitom*. 2022;25(4):668-673.

(责任编辑:GD, ZN, QY, ZLJ)