

· 临床研究 ·

甲状腺疾病对绝经后女性骨量丢失的影响

林崧鏘^{1,2} 许鹏超^{1,2} 叶云金^{1,2} 黄小彬^{1,2} 葛继荣^{1,2*}

1.福建中医药大学,福建 福州 350122

2.福建省中西医结合防治骨质疏松重点实验室,福建 福州 350003

中图分类号: 文献标识码: 文章编号: 1006-7108(2023) 10-1453-05

摘要: **目的** 探讨甲状腺疾病对自然绝经女性骨密度的影响。**方法** 通过回顾性病例对照研究,选取甲状腺疾病(包括甲状腺功能亢进、减退、结节、瘤和癌)患者 144 例,按同年龄和体质指数(BMI)匹配 288 例无甲状腺疾病者。运用 SPSS 24.0 进行统计分析。**结果** 甲状腺疾病组和无甲状腺疾病组比较,年龄、绝经年龄、身高、体质量和 BMI 差异无统计学意义,初潮年龄、怀孕次数、哺乳次数差异存在统计学意义($P<0.01$)。②甲状腺疾病组股骨颈、大转子及 Ward 区骨密度均显著低于无甲状腺疾病组($P<0.05$ 或 $P<0.01$),两组腰椎骨密度比较无差异。甲状腺疾病组的骨质疏松症患病率 49.31%,显著高于无甲状腺疾病组 39.24%($P<0.05$),甲状腺疾病组的骨折发生率 21.53% 高于无甲状腺疾病组 16.67%,但比较差异无统计学意义。③在甲状腺疾病类分组中,甲状腺结节组较其他甲状腺疾病组股骨颈骨密度低,甲状腺结节组显著低于甲亢组和甲状腺瘤组($P<0.05$)。**结论** 患有甲状腺疾病的绝经后女性具有股骨颈低骨密度的风险,而甲状腺结节患者较甲亢和甲状腺瘤患者股骨颈低骨密度风险更大。

关键词: 骨质疏松症;甲状腺疾病;股骨颈;甲状腺结节

Effect of thyroid disease on bone loss in postmenopausal women

LIN Yujuan^{1,2}, XU Pengchao^{1,2}, YE Yunjin^{1,2}, HUANG Xiaobin^{1,2}, GE Jirong^{1,2*}

1.Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350122, China

2.Fujian Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for the Prevention and Treatment of Osteoporosis, Fuzhou 350003, China

* Corresponding author: GE Jirong, Email: gjrrjgcy@163.com

Abstract: **Objective** To discuss the effect of thyroid disease on bone mineral density in postmenopausal women. **Methods** Through retrospective case-control study, 144 patients with thyroid diseases (including hyperthyroidism, hypothyroidism, thyroid nodules, tumors and cancer) were selected, and 288 patients without thyroid diseases were matched according to the same age and body mass index (BMI). SPSS 24.0 was used for statistical analysis. **Results** There were no significant differences in age, menopause age, height, body weight and BMI between the thyroid disease group and the group without thyroid disease. There were differences in age of menarche, number of pregnancies and lactation ($P<0.01$). ②The BMD of femoral neck, greater trochanter and Ward's region in thyroid disease group was significantly lower than the no thyroid disease group ($P<0.05$ or $P<0.01$), and there was no difference in lumbar vertebrae BMD between the two groups. The prevalence rate of osteoporosis in the thyroid disease group was 49.31% higher than that in the group without thyroid disease (39.24%) ($P<0.05$), and the fracture rate in the thyroid disease group was 21.53% higher than that in the group without thyroid disease (16.67%), but there was no difference. ③In thyroid disease group, the BMD of femoral neck in the thyroid nodule group was lower than the other thyroid disease groups, and the thyroid nodule group was significantly lower than that in the hyperthyroidism and thyroid tumor groups ($P<0.05$). **Conclusion** Postmenopausal women with thyroid disease are at risk for low BMD in the femoral neck, and patients with thyroid nodules are at greater risk for low BMD in the femoral neck than patients with hyperthyroidism and thyroid tumors.

Key words: osteoporosis; thyroid disease; neck of femur; thyroid nodule

基金项目: 国家自然科学基金项目(82274563, 81873323)

* 通信作者: 葛继荣, Email: gjrrjgcy@163.com

随着我国老龄化进程的发展,骨质疏松症(OP)逐渐成为我国常见的老年疾病之一,严重影响老年人身体健康。截至 2019 年底,我国 60 岁以上老年

人口达 2.53 亿,未来我国可能长期处于老龄化社会^[1]。原发性 OP 专家共识认为,骨量减少,骨密度降低最终会发展为骨质疏松症,患者有周身疼痛、腰膝酸软、骨折等表现,同时对患者的身心健康和生活品质均有影响^[2]。研究表明,骨量减少的人群数量更多,日后容易发展为骨质疏松症^[3]。原发性和继发性 OP 是 OP 的两大分类,原发性 OP 中以绝经后 OP (PMOP) 最常见,绝经后女性雌激素水平迅速降低易致骨质疏松,绝经后女性的骨质疏松的问题已经变得不可忽视。

甲状腺疾病是内分泌系统疾病,包括甲状腺功能亢进和减退(甲亢和甲减)、甲状腺结节、瘤和癌等。甲亢是 OP 发生的重要病因之一,甲亢会引起钙磷代谢障碍、骨吸收速率大于骨形成速率,骨量丢失。甲状腺素(TH)和促甲状腺素(TSH)通过多途径作用于软骨细胞、成骨细胞(OB)和破骨细胞(OC)以调节骨代谢^[4]。李强等^[5]发现甲减患者血清中 TSH 水平越高,骨密度越高,骨代谢能力越强。甲状腺素水平异常会引起骨代谢疾病^[6]。甲状腺瘤为良性肿瘤,甲状腺癌为恶性肿瘤,但二者的临床表现相似,容易出现误诊^[7]。5 种甲状腺疾病患者均无相互覆盖。甲状腺癌术后一般保持低甲状旁腺素(PTH)状态^[8],PTH 能够通过多种途径的转录变化靶向 OB 促进骨形成^[9]。上述甲状腺疾病分泌的甲状腺素不同,可能会影响骨代谢,不同类型的甲状腺疾病对骨密度的影响程度可能不同。本研究通过回顾性病例对照研究,探讨甲状腺疾病是否会对绝经后女性各个部位的骨密度造成影响,以及不同类型甲状腺疾病之间的骨密度是否存在差异,以期对甲状腺疾病患者预防骨质疏松症提供更多的理论依据。

1 材料和方法

1.1 资料

1.1.1 一般资料:选取 2004 年 1 月至 2022 年 1 月在福建省中医药科学院骨质疏松诊室参加问卷调查和骨密度检测的绝经后女性共 3 364 例,筛选出有甲状腺疾病患者 144 例,按 1:2 比例、同年龄和

BMI 匹配无甲状腺疾病者 288 例作为对照组。伦理审查批件:2016KY020-02;NCT01834105。

1.1.2 诊断标准:参考 2017 年原发性 OP 诊疗指南^[10]。

1.1.3 纳入标准:①自然绝经女性;②年龄在 46~83 周岁;③签署知情同意书者。

1.1.4 排除标准:①基本数据缺失、T 值缺失无法判定是否骨质疏松者;②有糖尿病、类风湿或其他继发性 OP 者;③精神病或老年痴呆患者。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查:采用骨质疏松重点实验室的自制问卷,内容包括一般资料和中医证候等,收集受试者的一般性资料,认真填入问卷。根据公式计算体质质量指数(BMI)。

1.2.2 骨密度检测:采用美国 Hologic Discovery W 型双能 X 线骨密度分析仪(精度为 1.0%)检测骨密度。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 24.0 软件分析数据,定量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,正态分布用 t 检验,非正态分布用秩和检验,排除影响因素用协方差分析;定性资料比较用 χ^2 检验;以 $\alpha=0.05$ 为水准。

2 结果

2.1 一般基线资料比较

根据纳排标准,筛选 432 例。甲状腺疾病组 144 例,无甲状腺疾病组 288 例。对两组一般基线资料进行分析,其中初潮年龄、怀孕次数、哺乳次数的差异有统计学意义($P<0.05$),其余数据均 $P>0.05$ 。见表 1。

2.2 两组骨密度及协方差分析、骨质疏松症发病率、骨折发生率比较

将两组的骨密度进行比较,甲状腺疾病组的股骨颈、大转子及 Ward 区骨密度均低于无甲状腺疾病组($P<0.05$)。见表 2。排除初潮年龄、怀孕次数、哺乳次数后,做协方差分析,两组腰椎骨密度不受这 3 个因素影响,而两组股骨颈、大转子及 Ward 区的骨密度仍存在差异($P<0.05$)。甲状腺疾病组

表 1 两组的基线资料比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of baseline data of the two groups($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄/(岁)	初潮年龄/(岁)	怀孕次数	哺乳次数	绝经年龄/(岁)	身高/(m)	体质量/(kg)	BMI(kg/m ²)
无甲状腺疾病组	288	61.9±7.1	15.5±1.9**	2.88±1.30**	1.66±1.02**	50.0±4.0	1.56±0.05	56.32±7.36	23.15±2.57
甲状腺疾病组	144	61.9±7.1	14.9±1.8	2.35±1.43	1.41±0.90	49.7±3.9	1.57±0.06	56.80±7.21	23.17±2.61

注:与甲状腺疾病组比较,** $P<0.01$ 。

的骨质疏松症发病率高 ($P<0.01$)。甲状腺疾病组 的骨折发生率高于无甲状腺疾病组。见表 3。

表 2 两组骨密度比较及协方差分析 ($\bar{x}\pm s, \text{g}/\text{cm}^2$)

Table 2 Comparison of BMD and covariance analysis of the two groups ($\bar{x}\pm s, \text{g}/\text{cm}^2$)

组别	例数	腰椎	股骨颈	大转子	Ward 区
无甲状腺疾病组	288	0.782±0.133 **	0.737±0.130 **	0.659±0.122 **	0.584±0.148 **
甲状腺疾病组	144	0.814±0.132	0.691±0.110	0.618±0.110	0.549±0.140
F 值		2.094	16.038	12.533	7.774
P 值		0.149	<0.001	<0.001	0.006

注:与甲状腺疾病组比较, ** $P<0.05$ 。

表 3 两组骨质疏松症和骨折率比较 [% (n)]

Table 3 Comparison of the incidence of osteoporosis and fracture between the two groups [% (n)]

组别	例数	骨质疏松发病率		骨折发病率	
		无骨质疏松症	骨质疏松症	无骨折	骨折
无甲状腺疾病组	288	60.76(175)	39.24(113)	83.33(240)	16.67(48)
甲状腺疾病组	144	50.69(73)	49.31(71)	78.47(113)	21.53(31)
χ^2 值		3.981		1.518	
P 值		0.046		0.218	

2.3 甲状腺疾病分组的年龄、BMI 和骨密度比较

①年龄:各组年龄差异无统计学意义,见表 4。②BMI:各组 BMI 差异无统计学意义,见表 4。③腰椎骨密度:甲状腺疾病类分组的腰椎骨密度无差异。④股骨颈骨密度:由高到低依次为甲状腺瘤、甲亢、甲状腺癌、甲状腺结节和甲减组。甲亢组和甲状腺结节组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$);甲状腺结节和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$)。⑤大转子骨密度:由高到低依次为甲状腺瘤、甲亢、甲状腺癌、甲减和甲状腺结节组。甲亢组和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$);甲减组和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$);甲状腺结节组和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.01$)。⑥Ward 区骨密度:由高到低依次为甲状腺

瘤、甲亢、甲状腺癌、甲状腺结节和甲减组。甲亢组和甲状腺结节组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$);甲减组和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.05$);甲状腺结节组和甲状腺瘤组之间差异有统计学意义 ($P<0.01$)。见表 5。

表 4 甲状腺疾病分组年龄和 BMI ($\bar{x}\pm s$)

Table 4 Age and BMI of thyroid disease groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	年龄/(岁)	BMI/(kg/m^2)
甲亢组	42	61.6±7.3	23.039±2.591
甲减组	20	62.9±8.0	23.025±3.070
甲状腺结节组	66	62.0±7.0	23.185±2.437
甲状腺瘤组	12	62.1±7.0	23.868±3.257
甲状腺癌组	4	57.8±5.2	22.637±0.452

表 5 甲状腺疾病分组的骨密度比较 ($\bar{x}\pm s, \text{g}/\text{cm}^2$)

Table 5 Comparison of bone mineral density in thyroid disease groups ($\bar{x}\pm s, \text{g}/\text{cm}^2$)

组别	例数	腰椎骨	股骨颈	大转子	Ward 区
甲亢组	42	0.836±0.143	0.716±0.100	0.633±0.115	0.577±0.129(0.568)
甲减组	20	0.796±0.116	0.670±0.113	0.606±0.122	0.519±0.125(0.486)
甲状腺结节组	66	0.802±0.117	0.673±0.109	0.596±0.085	0.524±0.140(0.499)
甲状腺瘤组	12	0.841±0.179	0.743±0.141	0.716±0.161	0.645±0.177(0.668)
甲状腺癌组	4	0.803±0.214	0.690±0.073	0.614±0.037	0.541±0.067(0.558)

3 讨论

随着我国人口老龄化进程的发展,骨质疏松症已经成为当今社会不可忽视的慢性病之一,由于骨质疏松症进展缓慢,初期无症状不易察觉,人们对其缺乏重视,但逐渐加重的骨质疏松会导致骨折等危

险情况,定期检测骨密度显得尤为重要,价格便宜的骨密度检测是发现是否骨质疏松的最有效方法。

研究表明,甲状腺疾病会影响骨代谢,甲状腺激素包括 T_3 、 T_4 、 FT_3 、 FT_4 、TSH。研究表明,接受雌激素、孕激素或二者联合检测的女性血清 TSH 水平与甲状腺正常对照组相似^[11], T_4 增高,而雌激素降低是

OP 的重要原因之一。TSH 能够抑制局部肿瘤坏死因子(TNF- α)的产生,降低骨形成速率,是骨代谢的关键调节剂之一^[12]。马兴坡等^[13]发现,甲亢患者的骨代谢指标与甲状腺激素指标之间存在相关性。研究发现甲状腺激素的敏感性受损与骨质疏松和骨折有关,独立于其他传统的危险因素^[14]。甲状腺素分泌过多或过少都会造成内分泌功能紊乱,研究表明,甲状腺激素可参与骨代谢,甲亢患者血清中 TSH 降低,抑制 FGF21,影响骨代谢,甲状腺素水平升高会促进破骨细胞活性,促进骨吸收的过程^[15]。詹先琴^[16]发现甲亢患者可能会降低中轴骨的骨密度。张雯雯^[17]发现,小鼠的 TSH 能够作用于 AMPK 通路,促进成骨细胞,抑制破骨细胞,形成骨保护。干异等^[18]发现围绝经期的甲减患者骨密度降低。研究发现,甲减会导致骨重塑几乎完全停止,甲减小鼠骨转换减少^[19]。

本研究对 432 例样本进行分析,发现甲状腺疾病组与无甲状腺疾病组的骨密度差异存在统计学意义($P < 0.05$),甲状腺疾病组股骨颈、大转子和 Ward's 区骨密度均显著低于无甲状腺疾病组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。腰椎和左侧髌部股骨颈是检测骨密度并诊断是否骨质疏松的最佳部位,诊断率达到 96.76%,大转子、Ward 区骨密度可能受其他因素影响结果存在误差^[20]。排除月经初潮、怀孕次数、哺乳次数 3 个影响因素后,甲状腺疾病组与无甲状腺疾病组的股骨颈、大转子和 Ward 区骨密度依然存在差异,患有甲状腺疾病的绝经后女性具有股骨颈低骨密度的风险。甲状腺疾病患者的 OP 发病率高,与无甲状腺疾病者的 OP 发病率差异存在统计学意义($P < 0.05$),且甲状腺疾病组的骨折发生率高于无甲状腺疾病组。

本研究将甲状腺疾病分为 5 组,各组间的年龄和 BMI 均不存在差异,各组的股骨颈、大转子和 Ward 区骨密度组间差异均存在统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),其中,甲状腺结节患者较甲亢和甲状腺瘤患者股骨颈低骨密度风险更大。傅媛等^[21]发现,甲亢、甲减和甲状腺结节的血清 25-羟基维生素 D 均低于对照组,且骨代谢的其他指标在甲状腺疾病和无甲状腺疾病组之间也有差异,故骨代谢指标可用于辅助诊断甲状腺疾病。米涌等^[22]发现,左旋甲状腺素(L-T₄)治疗甲状腺结节肿大,会导致骨量流失,与本分析结果一致。研究表明,TSH 抑制治疗会影响绝经后女性分化型甲状腺癌(DTC)患者的总髌部骨密度(TH-BMD)^[23];而 Wang 等^[24]发现术后 1 年 TSH 抑制治疗对绝经后 DTC 患者的 BMD 没有不利影响,术后 2

年 TSH 抑制治疗并未导致绝经后 DTC 患者额外的骨量丢失,甲状腺 TSH 指标对骨密度的影响有待进一步验证。王晨怡等^[25]发现,TSH 低于 4 ng/mL 时,对成骨细胞的增殖有促进作用,TSH 高于 4 ng/mL 时,则会降低成骨细胞的增殖。

综上所述,较无甲状腺疾病者,甲状腺疾病患者的除腰椎以外的骨密度均降低,且不同类型的甲状腺疾病的骨密度之间存在差异,通过本研究,再一次验证了甲状腺疾病与骨质疏松症的相关性,为甲状腺疾病患者需要更加重视骨质疏松症的患病风险提供了理论依据。本研究的不足之处在于甲状腺疾病分组所包含的样本量较少,甲状腺疾病分组没有包括所有的甲状腺疾病。

【参 考 文 献】

- [1] 项鑫,王乙.中国人口老龄化现状、特点、原因及对策[J].中国老年学杂志,2021,41(18):4149-4152.
- [2] 葛继荣,王和鸣,郑洪新,等.中医药防治原发性骨质疏松症专家共识(2020)[J].中国骨质疏松杂志,2020,26(12):1717-1725.
- [3] Cranney A, Jamal SA, Tsang JF, et al. Low bone mineral density and fracture burden in postmenopausal women[J]. CMAJ, 2017, 177(6):575-580.
- [4] 文碧,向茜.甲状腺功能亢进性骨质疏松症发病机制及临床特点的研究进展[J].中国当代医药,2022,29(32):28-32.
- [5] 李强,李晓娟.甲减患者血清促甲状腺激素水平与骨密度及骨代谢指标的相关性[J].甘肃医药,2022,41(1):37-38.
- [6] 刘俊茹,尹福在,吴广飞,等.代谢健康型肥胖青年男性骨代谢标志物及骨密度水平及其与代谢相关指标的相关性[J].广西医学,2019,41(15):215-219.
- [7] 杨慧颖,盛正妍,张燕,等.甲状腺癌与甲状腺瘤的超声表现特征及临床意义[J].中国肿瘤临床与康复,2020,27(6):672-675.
- [8] Jolanta Krajewska, Barbara Jarzab. Novel therapies for thyroid cancer[J]. Expert Opin Pharmacother, 2014, 15(18):2641-2652.
- [9] Rendina Ruedy Elizabeth, Rosen Clifford J. Parathyroid hormone (PTH) regulation of metabolic homeostasis: an old dog teaches us new tricks[J]. Mol Metab, 2022, 60:101480.
- [10] 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.
- [11] Junhaku Miyamoto. Sex steroids and thyroid function tests: the role of estrogen and progesterone[J]. Int J Gynecol Obstetr, 1978, 16(1):28-33.
- [12] Hase H, Ando T, Eldeiry L, et al. TNF alpha mediates the skeletal effects of thyroid-stimulating hormone[J]. Proc Natl Acad Sci, 2006, 103(34):12849-12854.
- [13] 马兴坡,牛敏,申金付,等.甲亢患者骨代谢指标与甲状腺激素的相关性及对甲亢性疏松的预测价值[J].河北医学,2021,

- 27(7):1085-1090.
- [14] Liu C, Hua L, Liu K, et al. Impaired sensitivity to thyroid hormone correlates to osteoporosis and fractures in euthyroid individuals[J]. J Endocrinol Invest, 2023 Feb 16.
- [15] Akhoundzadeh K, Vakili A, Sameni HR, et al. Effects of the combined treatment of bone marrow stromal cells with mild exercise and thyroid hormone on brain damage and apoptosis in a mouse focal cerebral ischemia model[J]. Metab Brain Dis, 2017, 32(4):1267-1277.
- [16] 詹先琴. 甲亢患者骨钙素和甲状旁腺激素相关蛋白及脂代谢指标相关性[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2019.
- [17] 张雯雯. 促甲状腺激素对骨代谢的影响及机制研究[D]. 济南: 山东大学, 2022.
- [18] 干昇, 杨成会, 游泽丽. 探究围绝经期亚临床甲状腺功能减退症患者的糖脂代谢、骨密度的变化[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(9):1298-1302.
- [19] Lademann Franziska, Rauner Martina, Bonnet Nicolas, et al. Low bone turnover due to hypothyroidism or anti-resorptive treatment does not affect whole-body glucose homeostasis in male mice[J]. J Personal Med, 2022, 12(9):1462.
- [20] 周厚地, 黎黎, 刘瑶, 等. 单个或多个不同部位骨密度检测对骨质疏松症的诊断效果评价[J]. 西部医学, 2022, 34(1):104-108.
- [21] 傅媛, 王金华, 方莉萍, 等. 骨代谢四项标志物在甲状腺疾病中的意义[J]. 浙江实用医学, 2020, 25(4):252-254.
- [22] 米涌, 李路, 钟紫茹. L-T4 治疗结节性甲状腺肿对骨代谢的影响[J]. 实用医学杂志, 2000, 16(8):649-650.
- [23] Zou Y, Li B, Wang XD, et al. The risk between thyrotropin suppression and bone mineral density in differentiated thyroid cancer[J]. Medicine, 2022, 101(48):e31991-e31991.
- [24] Wang Shiwei, Wang Yu, Zhu Li, et al. Effects of TSH suppressive therapy on bone mineral density (BMD) and bone turnover markers (BTMs) in patients with differentiated thyroid cancer in Northeast China: a prospective controlled cohort study. [J]. Endocrine, 2023, 79(1):113-124.
- [25] 王晨怡. 外源性左甲状腺素补充或抑制治疗对骨代谢的影响及其机制的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.

(收稿日期: 2023-03-09; 修回日期: 2023-03-31)

(上接第 1445 页)

- [2] 程晓光, 董剩勇, 王亮, 等. 应用双能 X 线骨密度仪调查中国人群骨密度水平和骨质疏松症患病率-多中心大样本体检人群调查[J]. 中华健康管理学杂志, 2019, 13(1):51-58.
- [3] Zeng Q, Li N, Wang Q, et al. The prevalence of osteoporosis in China, a nationwide, multicenter DXA survey[J]. J Bone Miner Res, 2019, 34(10):1789-1797.
- [4] 程晓光, 王亮, 曾强, 等. 中国定量 CT (QCT) 骨质疏松症诊断指南 (2018) [J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(6):733-737.
- [5] 中华医学会放射学分会骨关节学组, 中国医师协会放射医师分会肌骨学组, 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组. 骨质疏松的影像学及骨密度诊断专家共识[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(16):1039-1046.
- [6] 蒋新新, 钱伟军, 李立. 中老年人群中不同胸腰椎骨密度的定量 CT 分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(5):179-182.
- [7] Mao SS, Li D, Syed YS, et al. Thoracic quantitative computed tomography (QCT) can sensitively monitor bone mineral metabolism: comparison of thoracic QCT vs lumbar QCT and dual-energy X-ray absorptiometry in detection of age-related change in bone mineral density [J]. Acad Radiol, 2017, 24(12):1582-1587.
- [8] Clynes MA, Harvey NC, Curtis EM, et al. The epidemiology of osteoporosis[J]. Br Med Bull, 2020, 133(1):105-117.
- [9] Soliman HAG, Mac-Thiong JM, Levasseur A, et al. Assessment of Regional bone density in fractured vertebrae using quantitative computed tomography[J]. Asian Spine J, 2017, 11(1):57-62.
- [10] Boutin RD, Lenchik L. Value-added opportunistic CT: insights into osteoporosis and sarcopenia [J]. Am J Roentgenol, 2020, 215(3):582-594.
- [11] Fuggle NR, Curtis EM, Ward KA, et al. Fracture prediction, imaging and screening in osteoporosis[J]. Nat Rev Endocrinol, 2019, 15(9):535-547.
- [12] Löffler MT, Jacob A, Scharr A, et al. Automatic opportunistic osteoporosis screening in routine CT: improved prediction of patients with prevalent vertebral fractures compared to DXA[J]. Eur Radiol, 2021, 31(8):6069-6077.
- [13] 刘正华, 张玉婷, 孔江涛, 等. 年龄分层在女性腰椎骨密度与肥胖相关研究中的必要性[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(2):259-262.
- [14] 张勇, 程晓光, 田伟, 等. 健康国人颈椎和腰椎体积骨密度的定量 CT 研究[J]. 中华解剖与临床杂志, 2020, 25(1):1-7.
- [15] Budoff MJ, Hamirani YS, Gao YL, et al. Measurement of thoracic bone mineral density with quantitative CT [J]. Radiology, 2010, 257(2):434-440.
- [16] Wong M, Papa A, Lang T, et al. Validation of thoracic quantitative computed tomography as a method to measure bone mineral density[J]. Calcif Tissue Int, 2005, 76(1):7-10.
- [17] 端木羊羊, 王玲, 张勇, 等. 骨密度测量的准确度和精密的评价[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4):359-364.
- [18] Rühling S, Scharr A, Sollmann N, et al. Proposed diagnostic volumetric bone mineral density thresholds for osteoporosis and osteopenia at the cervicothoracic spine in correlation to the lumbar spine[J]. Eur Radiol, 2022, 32(9):6207-6214.
- [19] Van Der Klift M, De Laet CEDH, McCloskey EV, et al. The incidence of vertebral fractures in men and women: The Rotterdam study [J]. J Bone Miner Res, 2002, 17(6):1051-1056.
- [20] Bruno AG, Burkhart K, Allaire B, et al. Spinal loading patterns from biomechanical modeling explain the high incidence of vertebral fractures in the thoracolumbar region [J]. J Bone Miner Res, 2017, 32(6):1282-1290.

(收稿日期: 2023-02-27; 修回日期: 2023-08-01)