

• 综 述 •

椎体松质骨 CT 值与动脉粥样硬化性心血管疾病的研究进展

葛子路¹, 刘少强²

(1. 赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州 341000; 2. 赣南医科大学第一附属医院医学影像科, 江西 赣州 341000)

[摘要] 长久以来,骨质疏松症与心血管疾病被视为互相独立存在,但流行病学研究揭示了它们之间存在许多确凿的关联证据。因此,患有骨质疏松症骨折病史或骨密度较低的患者,患冠状动脉疾病的风险通常高于非骨质疏松患者。另一方面,心血管疾病患者发生骨质流失和骨质疏松性骨折的风险也较高。与心血管疾病之间的关联,有部分原因是因为二者有共同的危险因素,如绝经后女性雌激素缺乏、吸烟、体育锻炼不足等。随着这些研究的不断进展,二者之间的相关性也被越来越明确,这对于药物的研发、降低二者并存患者的死亡率等有着重大意义。所以该文研究使用 CT 值进行骨质疏松症的机会性筛查,避开传统骨密度测量方式,扩大骨质疏松的筛查,旨在探讨椎体松质骨 CT 值与动脉粥样硬化性心血管疾病之间的关系,为根据早期骨质疏松检测结果筛选冠心病高风险人群提供科学依据。

[关键词] 心血管疾病; 骨质疏松; 椎体松质骨 CT 值; 冠心病; 心力衰竭; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2025.08.035 **中图法分类号:**R54

文章编号:1009-5519(2025)08-1950-04 **文献标识码:**A

Research progress of CT value of vertebral cancellous bone and atherosclerotic cardiovascular disease

GE Zilu¹, LIU Shaoqiang²

(1. The First Clinical Medical School of Gannan Medical University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China; 2. Department of Medical Imaging, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

[Abstract] For a long time, Osteoporosis and cardiovascular diseases have been considered independent conditions; however, epidemiological studies have revealed substantial evidence of their interconnections. Therefore, patients with a history of osteoporotic fractures or low bone density are generally at a higher risk of coronary artery disease compared to those without osteoporosis. On the other hand, patients with cardiovascular diseases are also at an increased risk of bone loss and osteoporotic fractures. The association between osteoporosis and cardiovascular diseases is partly attributed to shared risk factors, such as estrogen deficiency in postmenopausal women, smoking, and insufficient physical activity. As research on this topic progresses, the correlation between these two conditions has become increasingly evident, which holds significant implications for drug development and reducing the mortality rate among patients with both conditions. This study uses CT values for opportunistic osteoporosis screening, bypassing traditional bone density measurement methods, to expand osteoporosis screening. The aim is to explore the relationship between vertebral trabecular bone CT values and atherosclerotic cardiovascular diseases, providing scientific evidence for selecting high-risk coronary artery disease populations based on early osteoporosis detection results.

[Key words] Cardiovascular disease; Osteoporosis; CT value of vertebral cancellous bone; Coronary artery disease; Heart failure; Review

心血管疾病和骨质疏松症是老年人群中常见且发病率较高的疾病,二者严重影响老年人的生活质量和生存率。骨质疏松症在中老年人群中发病率最高,给该人群带来了重大负担^[1]。据报道,中国 60 岁以上成年人骨质疏松症患病率高达 32%^[2]。动脉粥样硬化性心血管疾病目前更是有高发病率和年轻化的趋势。在以往认知里,这 2 种疾病被认为是独立存在的,彼此间没有联系。但越来越多研究发现,二者

有相似的病理基础,而不仅仅是只有年龄相关性。有骨质疏松性骨折史或骨密度较低的患者,患冠状动脉疾病的风险较高,高于没有骨质疏松的患者。另一方面,动脉粥样硬化性心血管疾病患者患骨质疏松的风险更高^[3]。目前,已有越来越多研究用于探索骨矿物质密度(BMD)对心血管风险预测的预后价值。因此,老年人骨质疏松与心脑血管疾病关系的研究已成为医学研究的一个突出领域。本文针对动脉粥样硬化

心血管疾病与骨质疏松相关性研究的现状进行综述,为根据早期骨质疏松检测结果筛选冠心病高风险人群提供科学依据。

1 椎体松质骨 CT 值与骨质疏松症

骨质疏松症是一种代谢性骨病,主要特征是骨量减少及骨组织结构的改变,这些改变会增加脆性骨折的风险^[4]。其可分为原发性和继发性 2 种类型,原发性骨质疏松症为非疾病或药物引起,而继发性骨质疏松症则与特定疾病或药物有关。现在已成为严重影响老年人生活质量的公共卫生疾病^[5-6],并且骨质疏松性骨折是导致老年人死亡率升高的重要原因,从而造成社会成本增加。在临床实践中,骨密度检测仪的应用较为有限,在基层医院还未完全普及,从而导致骨质疏松症的诊断和治疗却不足,而螺旋 CT 设备则较为常见。所以利用薄层 CT 扫描检测骨质疏松症不易受到各种条件限制^[7]。

目前,双能 X 线骨密度仪(DXA)被世界卫生组织(WHO)推荐为测量 BMD 的标准技术。这种方法是最常用的骨量测定手段,主要用于评估骨强度和预测骨折风险^[8];定量计算机断层扫描(QCT)在诊断骨质疏松症方面相较于 DXA 具有优势。QCT 的一个重要特点是能够对腰椎进行真实的体积测量,而无需依赖于区分骨小梁与骨皮质的不同区域^[9],此外,已知 QCT 在诊断骨质疏松症方面较 DXA 更敏感,尤其在诊断风湿性疾病(如强直性脊柱炎)方面比 DXA 更有利。然而,尽管 QCT 在诊断中有效,其较高的成本和辐射剂量限制了其作为主要诊断工具的应用^[10-11]。同时,DXA 对腰椎的测量容易受到退行性变影响。此外,椎体压缩性骨折也可能导致较大的误差,从而影响测量结果的准确性^[12-13]。ZOU 等^[14]的研究显示,在严重腰椎退行性变的患者中,腰椎的 DXA 测量值往往出现假性升高的现象更为明显。

为了克服这些局限性,更准确地获得椎体的骨密度,近年来用 CT 测量的 CT 值(单位 HU)已经被广泛用来进行骨质疏松症的机会性筛查^[15-18],FANDINO^[19]、CHOI 等^[20]、LEE 等^[21]学者也使用椎体 CT 值表示骨密度。椎体松质骨的 CT 值虽然不是直接测量骨密度的方法,但作为 DXA 的补充手段,多项研究表明,椎体松质骨的 CT 值与 DXA 和 QCT 的骨密度测量值之间存在显著的正相关^[16,22-23]。CT 可用于反映松质骨的骨密度值,其原理与 QCT 类似^[18,24]。而椎体松质骨 CT 值对骨量丢失更为敏感,同时又可以避免腰椎退行性变的结构和骨皮质对测量结果的影响。此外,常规 CT 的适应症更为广泛,有助于扩大骨质疏松人群的筛查范围^[25]。此外,胸部 CT 通常是患者入院时的常规检查项目,因此通过 CT 扫描来诊断骨质疏松无需额外的设备,能够减轻患者的经济负担,以及避免更多的辐射暴露。并且,CT 值的测量操作更为简便快捷。更有多项研究指出,L1 椎体水平更方便测量,L1 椎体 CT 值 ≤ 110 HU 是诊断骨质疏松症特异性较高(约 90%)的阈值^[14,25-28]。

2 冠心病与骨质疏松

冠状动脉粥样硬化心脏病(冠心病)是一种缺血性心脏病,且属于隐匿性极高的心血管疾病之一^[29-31],尤其在老年人中更为常见。骨质疏松症和冠心病是全球常见的疾病,尤其是随着年龄的增长。当 BMD 下降而导致脆性骨折的可能性增加时,就会发生骨质疏松症。传统观念上,骨质疏松症只被认为是一种代谢性骨病。目前,越来越多的流行病学和临床研究证明,骨质疏松症和动脉粥样硬化之间存在关联^[32]。CHEN 等^[33]和 LEE 等^[34]证明,与一般人群相比,骨质减少和骨质疏松症患者患心血管疾病的风险更高。同时,BMD 低的个体在患冠状动脉疾病时具有较高的发病率和死亡率,与年龄或传统心血管危险因素的存在无关^[35]。汪弢等^[29]认为低骨密度与冠心病患者冠状动脉病变严重程度紧密相关,骨密度减低可以作为早期筛查冠心病患者的一项重要指标。有研究表明,与心血管疾病的其他传统危险因素^[36],如高血压、血脂异常和糖尿病等相比,骨质疏松可作为冠状动脉疾病的独立预测因素^[37-38],其价值高于这些传统危险因素。此外,许多抗骨质疏松药物也与心血管疾病有很大关系。这要求改变骨质疏松症作为一种代谢疾病、而是一种心脏代谢紊乱的观点,从而强调需要加强对该疾病的预防策略。

最初,衰老被认为是骨质疏松症和动脉粥样硬化之间的主要联系,但研究表明,无论人的年龄如何,动脉粥样硬化和骨质疏松性骨折的风险之间都呈正相关^[39]。并且二者有相似的危险因素,包括糖尿病、吸烟、过量饮酒、久坐的生活方式、衰老和血脂异常。这可能部分解释了骨质疏松症和冠心病之间的联系。同时有越来越多的证据表明,即使在控制其他因素后,骨质疏松症患者更容易患上冠状动脉疾病,反之,冠状动脉疾病患者也更容易出现骨质疏松症,结果表明这 2 种疾病可能有共同的致病机制,可能机制如下:(1)粥样斑块钙化过程与骨重塑过程相似,这 2 个过程还涉及类似的调节剂,例如骨保护素和骨基质,以及在动脉粥样斑块中发现的相关蛋白,例如骨连接蛋白、骨桥蛋白和 1 型胶原蛋白^[40]。(2)慢性炎症由于某些细胞因子、生长因子和其他体液因子的活性,是骨质疏松和动脉粥样硬化的共同特征^[41]。(3)维生素 D 的缺乏被认为是骨质疏松症和动脉粥样硬化中出现血管钙化的共同特征。(4)研究发现,沉积在动脉粥样硬化斑块中的矿物质在结构上与骨骼中的羟基磷灰石晶体相似。同时,动脉粥样硬化斑块中分离出了一些骨细胞外基质中的蛋白质,如 1 型胶原、骨桥蛋白、骨连接蛋白和骨唾液蛋白。这表明,导致骨形成和动脉粥样硬化的过程可能是相似的^[42]。一些参与动脉粥样硬化的平滑肌细胞能够分化为成骨的成骨细胞^[36]。(5)内皮功能障碍被认为可能与这 2 种疾病之间存在联系^[43]。内皮功能障碍是冠状动脉斑块形成不可或缺的一部分,并且据报道还会影响成骨细胞数量和骨形成率。

以上研究均表明,骨质疏松与冠心病具有相关性,那么二者的治疗相互间也会有所影响。所以,了解骨质疏松症治疗如何影响心血管风险也非常重要。补钙通常用于治疗骨质减少,但可能会导致动脉粥样硬化斑块中的钙沉积^[44],会增加冠状动脉钙化的风险^[45]。因此,额外的钙对 BMD 的微小好处被随之而来的心血管风险增加所抵消。尽管心血管疾病中维生素 D 缺乏症的患病率很高,但维生素 D 补充剂(作为低 BMD 的一种治疗方式)并不会带来任何显著的心血管益处^[46]。此外,过量的维生素 D 会引发高钙血症,从而诱发致命的心律失常^[47]。

3 心力衰竭(HF)与骨质疏松

人们对骨质疏松症和 BMD 降低的关注日益增加,这些疾病不仅影响绝经后的女性,对男性也产生影响,尤其是在伴随慢性疾病的情况下。HF 作为严重危害全球数百万患者健康的疾病,并且近年来 HF 的总体患病率正在增加。HF 和骨质疏松症都是与衰老密切相关的疾病,对社会的危害很大。这 2 种疾病常常导致功能和独立性的丧失,以及患者需要长期住院,从而对医疗保健系统造成沉重的负担。研究发现,HF 与骨质疏松之间有相互联系。HF 患者骨质疏松和骨折风险会大大增加,同时死亡风险也会增加,低骨密度会增加老年人群死亡率,特别是有心血管疾病患者。

虽然 HF 和骨质疏松症在以往看来,是 2 种独立的疾病,但近年来不少研究表明,骨质疏松与慢性 HF 之间存在相关性。BMD 降低是晚年死亡率增加的危险因素,尤其是心血管疾病。此外,低 BMD 可以预测健康个体会发生 HF^[48-49]。研究表明,髌部骨折对于患有骨质疏松的 HF 患者来说,是致命并发症,会导致致死率增加^[48,50]。Rochester 流行病学研究发现,与年龄和性别匹配的对照组相比,HF 患者骨质疏松性骨折更常见,这种风险增加几乎完全归因于髌关节骨质疏松^[51]。

HF 时骨量减少的病理生理学还有待进一步研究证实。其中衰老是骨质流失和 HF 发展中最突出的混杂因素。衰老是一个复杂的过程,最终导致心血管疾病发生和身体成分变化。二者之间机制有如下几个方面:(1)活动性降低和肌肉萎缩,HF 患者由于长期卧床,大多耐力降低,户外活动减少,这可能影响维生素 D 水平及骨代谢;运动能力能独立预测髌部和腰部骨密度;根据肌肉假说,HF 患者病情的恶化与骨骼肌组织的变化密切相关,骨骼肌功能的减退被认为是导致 HF 病情加重的核心因素^[52]。(2)在 HF 患者中,低维生素 D 水平和继发性甲状旁腺功能亢进尤为常见,这主要与长期使用利尿剂导致的尿钙排泄增加有关^[53]。此外,肝脏充血、肾功能不全及户外活动不足都会减少 1,25-二羟基维生素 D 的合成。高醛固酮水平也是导致继发性甲状旁腺功能亢进的因素,升高的醛固酮和甲状旁腺激素进一步促进尿钙和尿镁的排泄,从而影响骨密度^[53]。

综上所述,骨质疏松与冠心病、慢性 HF 均有相关性,而降低心血管疾病死亡率则需要与危险因素的管理相结合。同时骨质疏松症的多种治疗选择也与心血管疾病的发展密切相关。因此,强化对骨质疏松症的防治至关重要,这可能间接减少心血管疾病这一全球主要的健康威胁。

参考文献

[1] PENG Z Y,TAO S Q,LIU Y A,et al. Analysis on the correlation between the occurrence of vertebral artery ostium stenosis and the severity of osteoporosis in elderly patients with atherosclerosis[J]. Acta Orthop Belg,2022,88(4):685-690.

[2] 胡世莲,王静,程翠,等. 中国居民慢性病的流行病学趋势分析[J]. 中国临床保健杂志,2020,23(3):289-294.

[3] LAROCHE M,PECOURNEAU V,BLAIN H,et al. Osteoporosis and ischemic cardiovascular disease[J]. Joint Bone Spine,2017,84(4):427-432.

[4] Anon. Consensus development conference: prophylaxis and treatment of osteoporosis[J]. Br Med J,1987,295(6603):646-650.

[5] DOBBS M B,BUCKWALTER J,SALTZMAN C. Osteoporosis:the increasing role of the orthopaedist [J]. Iowa Orthop J,1999,19:43-52.

[6] GLASER D L,KAPLAN F S. Osteoporosis. definition and clinical presentation[J]. Spine,1997,22(1):12-16.

[7] 来卫忠,张红霞,秦晓峰,等. 椎体松质骨 CT 值测量在诊断骨质疏松中的应用价值分析[J]. 实用医技杂志,2021,28(6):772-774.

[8] SHEVROJA E,CAFARELLI F P,GUGLIELMI G,et al. DXA parameters,Trabecular Bone Score (TBS) and Bone Mineral Density (BMD),in fracture risk prediction in endocrine-mediated secondary osteoporosis[J]. Endocrine,2021,74(1):20-28.

[9] SILVA B C,LESLIE W D,RESCH H,et al. Trabecular bone score; a noninvasive analytical method based upon the DXA image[J]. J Bone Miner Res,2014,29(3):518-530.

[10] DAMILAKIS J,ADAMS J E,GUGLIELMI G,et al. Radiation exposure in X-ray-based imaging techniques used in osteoporosis[J]. Eur Radiol,2010,20(11):2707-2714.

[11] COSMAN F,DE BEUR S J,LEBOFF M S,et al. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis [J]. Osteoporos Int,2014,25(10):2359-2381.

[12] 凯依塞尔·阿布都克力木,麦麦提敏·阿卜力米提,李磊,等. 女性腰椎退行性病变患者腰椎 CT 值对骨质疏松症的诊断作用[J]. 中国组织工程研究,2024,28(6):945-949.

[13] BÜHLER D W,BERLEMANN U,OXLAND T R,et al. Moments and forces during pedicle screw insertion. In vitro and in vivo measurements[J]. Spine,1998,23(11):1220-1227.

[14] ZOU D,LI W S,DENG C,et al. The use of CT hounsfield unit values to identify the undiagnosed spinal osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases[J]. Eur

- Spine J, 2019, 28(8):1758-1766.
- [15] SCHREIBER J J, ANDERSON P A, HSU W K. Use of computed tomography for assessing bone mineral density [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 37(1):E4.
 - [16] ZHU Y Q, TRIPHURIDET N, YIP R, et al. Opportunistic CT screening of osteoporosis on thoracic and lumbar spine: a meta-analysis [J]. *Clin Imaging*, 2021, 80(2):382-390.
 - [17] ALACREU E, MORATAL D, ARANA E. Opportunistic screening for osteoporosis by routine CT in Southern Europe [J]. *Osteoporos Int*, 2017, 28(3):983-990.
 - [18] ZAIDI Q, DANISA O A, CHENG W. Measurement techniques and utility of hounsfield unit values for assessment of bone quality prior to spinal instrumentation: a review of current literature [J]. *Spine*, 2019, 44(4):239-244.
 - [19] FANDINO W. Strategies to prevent ischemic optic neuropathy following major spine surgery: a narrative review [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 43(1):50-58.
 - [20] CHOI M K, KIM S M, LIM J K. 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*, 2016, 158(7):1421-1427.
 - [21] LEE T H, JEONG M A, KIM T H. Feasibility of assessing maxillary and mandibular bone mineral density for dental implantation by using multidetector computed tomography [J]. *Implant Dent*, 2019, 28(4):367-371.
 - [22] 高海, 黄炎. 腰椎椎体 CT 值与腰椎 DEXA 数值的相关性研究 [J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42(6):900-902.
 - [23] ZOU D, MUHEREMU A, SUN Z R, et al. Computed tomography hounsfield unit-based prediction of pedicle screw loosening after surgery for degenerative lumbar spine disease [J]. *J Neurosurg Spine*, 2020, 32(5):716-721.
 - [24] SMITH A D. Screening of bone density at CT: an overlooked opportunity [J]. *Radiology*, 2019, 291(2):368-369.
 - [25] 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.
 - [26] HENDRICKSON N R, PICKHARDT P J, DEL RIO A M, et al. Bone mineral density T-Scores derived from CT attenuation numbers (hounsfield units): clinical utility and correlation with dual-energy x-ray absorptiometry [J]. *Iowa Orthop J*, 2018, 38(1):25-31.
 - [27] PICKHARDT P J, POOLER B D, LAUDER T, et al. Opportunistic screening for osteoporosis using abdominal computed tomography scans obtained for other indications [J]. *Ann Intern Med*, 2013, 158(8):588-595.
 - [28] LEE S J, BINKLEY N, LUBNER M G, et al. Opportunistic screening for osteoporosis using the sagittal Reconstruction from routine abdominal CT for combined assessment of vertebral fractures and density [J]. *Osteoporos Int*, 2016, 27(3):1131-1136.
 - [29] 汪弢, 卢辉和, 盛臻强, 等. 骨质疏松症与冠状动脉病变严重程度度的相关性分析 [J]. *中国现代医学杂志*, 2018, 28(6):118-121.
 - [30] 周淑徐, 徐莉, 梁爽, 等. 绝经后骨质疏松症不同中医证型与冠心病的相关性研究 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(10):1450-1453.
 - [31] 李子熙, 徐昊, 张克良. 武汉及周边地区老年骨质疏松性骨折现状及相关因素 [J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(22):5504-5506.
 - [32] STOJANOVIC O I, LAZOVIC M, LAZOVIC M, et al. Association between atherosclerosis and osteoporosis, the role of vitamin D [J]. *Arch Med Sci*, 2011, 7(2):179-188.
 - [33] CHEN S J, LIN C S, LIN C L, et al. Osteoporosis is associated with high risk for coronary heart disease: a population-based cohort study [J]. *Medicine*, 2015, 94(27):e1146.
 - [34] LEE S N, CHO J Y, EUN Y M, et al. Associations between osteoporosis and coronary artery disease in postmenopausal women [J]. *Climacteric*, 2016, 19(5):458-462.
 - [35] KHANDKAR C, VAIDYA K, KARIMI GALOUGAHI K, et al. Low bone mineral density and coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2021, 37(1):100891.
 - [36] FAN J L, WATANABE T. Atherosclerosis: known and unknown [J]. *Pathol Int*, 2022, 72(3):151-160.
 - [37] YE X L, LU C F. Association of polymorphisms in the leptin and leptin receptor genes with inflammatory mediators in patients with osteoporosis [J]. *Endocrine*, 2013, 44(2):481-488.
 - [38] MARCOVITZ P A, TRAN H H, FRANKLIN B A, et al. Usefulness of bone mineral density to predict significant coronary artery disease [J]. *Am J Cardiol*, 2005, 96(8):1059-1063.
 - [39] PICKERING M E. Cross-talks between the cardiovascular disease-sarcopenia-osteoporosis triad and magnesium in humans [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(16):9102.
 - [40] 魏婧, 刘武鹏. 冠心病合并老年骨质疏松危险因素分析 [J]. *中国现代医生*, 2022, 60(1):58-61.
 - [41] 徐绥宁, 李丽华, 杜睿, 等. Ghrelin 在糖尿病血管钙化中的作用 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2016, 24(9):929-933.
 - [42] 林添海, 倪晓俊. 心血管病与骨质疏松症的相关性 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2013, 19(9):1003-1005.
 - [43] PRASAD M, RERIANI M, KHOSLA S, et al. Coronary microvascular endothelial dysfunction is an independent predictor of development of osteoporosis in postmenopausal women [J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2014, 10(5):533-538.
 - [44] ANDERSON J J B, KRUSZKA B, DELANEY J A C, et al. Calcium intake from diet and supplements and the risk of coronary artery calcification and its progression among older adults: 10-year follow-up of the multi-ethnic study of atherosclerosis (mesa) [J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(10):e003815.
 - [45] WASILEWSKI G B, VERVLOET M G, SCHURGERS L J. The Bone-Vasculature axis: calcium supplementation and the role of vitamin K [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2019, 6(1):6-10.