

体质成分的研究现状和影像学评估

闫东, 程晓光

【关键词】 体质; 细胞结构; 骨密度; 肥胖症; 肌肉减少症; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R33; R329.24; R336; R589.25; R685; R814.4 【文献标志码】 D

【文章编号】 1000-0313(2022)10-1197-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



中国是世界上老年人口绝对数最多的国家。截至 2015 年底,我国 60 岁以上人口已超过 2.1 亿,约占总人口的 15.5%;65 岁以上人口近 1.4 亿,约占总人口的 10.1%^[1]。随着年龄的增长,作为人体体质主要成分的骨骼、肌肉、脂肪也会发生相应的变化^[2],继而引发骨质疏松症(osteoporosis, OP)、肌肉减少症(sarcopenia)、肥胖症等严重影响人们健康和生活方式的疾病,已成为世界各国面临的严重公共健康问题。

本期专题“体质成分的影像学评估”应用 DXA、QCT 和 MRI 等多种影像学方法评估骨密度、肌肉以及脂肪含量,反应了临床和影像医生对体质成分的高度关注。

体质成分的研究现状

1. 骨骼、肌肉和脂肪间的相互联系

体质成分主要有 3 部分组成,即骨骼、肌肉和脂肪,都是重要的内分泌器官^[3]。它们之间存在复杂的交互作用,形成骨-肌肉-脂肪的轴链反应。①肌肉与骨密度:多项研究证明肌肉质量与不同部位的骨密度正相关^[4-6]。足够的肌肉质量产生的机械负荷可以增加成骨细胞相关基因的合成和表达,刺激成骨细胞增殖、分化和矿化,从而调节骨量和骨结构,增加骨密度,降低骨折风险。肌肉退化和功能减低会导致骨组织微结构变化,最终导致骨质疏松。骨肌减少症概念的提出进一步提示骨骼、肌肉作为运动系统两大组成部分间的密切关系。②脂肪与骨密度:脂肪和肌肉类似,也可以通过骨骼施加机械应力,从而改善骨的生物力学,使骨骼质量得到提高。此外,脂肪还可以通过分泌产生的脂联素、瘦素和雌激素来调节骨密度。但是脂肪质量对骨密度的作用存在争议。一些研究认为脂肪

质量与骨密度呈正相关,前者越高,骨质疏松的程度越低,骨骼的健康程度就越好^[4,7-8]。而另一些研究则认为脂肪质量与骨密度呈负相关:肥胖导致促炎细胞因子水平的增加,从而促进骨吸收^[9];肌肉的脂肪浸润也增加了骨折风险^[10]。还有研究指出高脂肪质量只有在肌肉质量足够时才起保护作用。③脂肪与肌肉:研究表明脂肪增加会造成肌肉再生的代谢紊乱;同时,脂肪组织对肌肉的浸润也增加了发生肌肉减少症的风险^[11]。

2. 骨质疏松症、肥胖症与肌肉减少症

骨质疏松症作为最常见的骨骼疾病,是一种以骨量低,骨组织微结构损坏,导致骨脆性增加,易发生骨折为特征的全身性骨病^[12]。研究表明 2016 年我国 60 岁以上的老年人骨质疏松症患病率为 36%^[13]。预测至 2050 年因骨质疏松性骨折所致的医疗支出将高达 1745 亿元^[14],说明 OP 已成为我国重要的公共卫生问题。肥胖被 WHO 定义为与健康有明显风险相关的身体内过量脂肪积累,常伴发糖尿病、脂肪肝、高血压、冠心病等多种慢性疾病,成为威胁人类健康的主要“杀手”。肌肉减少症是指与增龄相关的进行性、广泛性肌肉含量减少、肌力下降和肌肉功能减退的综合征^[15],可导致严重的健康问题,如心肺功能受损、增加中老年人跌倒、骨折的风险和致残、致死率。

OP、肥胖症和肌肉减少症的重要临床和社会意义已不言而喻。作为诊断和评价指标的骨密度、肌肉和脂肪含量等体质成分测量就自然成为研究的焦点;而且由于其相互间存在密切关联和协同作用,也增加了研究难度。

体质成分的影像学评估

1. 双能 X 线骨密度仪(DXA)

双能 X 线骨密度仪(dual x-ray absorptiometry, DXA)最早于 20 世纪 60 年代由 Jacobson 开始使用;其原理是利用两种不同能量 X 线穿过组织时发生不同程度衰减实现对组织成分的分离和评估。DXA 可

作者单位:100035 北京,北京积水潭医院放射科

作者简介:闫东(1980—),男,吉林洮南人,博士,副主任医师,主要从事骨骼肌肉系统影像诊断和研究工作。

通讯作者:程晓光, E-mail: xiao65@263.net

基金项目:国家重点研发计划(2021YFC2501703);北京市医院管理中心临床医学发展专项(ZYLX202107);北京市优秀人才培养资助-青年骨干个人项目(2015000021467G177)

较准确地对人体骨骼、脂肪和肌肉成分进行评估^[16],是目前测量体质成分较为常用的检测方法;同时因其具有操作简便、快速、辐射低、测量结果相对准确的特点,在临床上得到了广泛应用。但 DXA 是二维扫描,所测的是面积骨密度,受骨骼大小的影响,且无法区分皮质骨和松质骨,可因骨质增生、椎小关节和间盘退变以及动脉钙化、体位等影响,使测量值产生误差^[17]。此外,DXA 无法单独对某块肌肉内部的脂肪进行精准量化测量。

2. 定量 CT (QCT)

定量 CT (quantitative computed tomography, QCT) 技术是由美国加州大学旧金山分校 (UCSF) 放射科的 Cann 和 Genant 教授于 1980 年提出^[18]。它是利用临床上常规使用的 CT 机,将校准体模置于检查部位和 CT 床之间与患者同步扫描,再经过专业软件分析从而测得骨密度。最新的非同步 QCT 无需将体模置于患者身下,只要每月扫描体模质控 1 次,就可得到与此前同步 QCT 高度一致的结果^[19],同时增加了患者的舒适度。①骨密度测量:QCT 作为一种三维成像测量技术,所测得的结果是真正意义上的体积骨密度,单位是 mg/cm^3 ,不受检测骨体积、形态的影响,能更好地反映骨质疏松时骨密度的变化;而且,其诊断骨质疏松只需做一个部位,可据临床需要选择脊柱或髌部^[20]。目前,测量腰椎松质骨骨密度是最常使用的方法;通常取 2 个腰椎,即 L_1 和 L_2 ^[21]。骨密度绝对值 $> 120\text{mg}/\text{cm}^3$ 为骨密度正常; $80 \sim 120\text{mg}/\text{cm}^3$ 为低骨量; $< 80\text{mg}/\text{cm}^3$ 为骨质疏松。②脂肪测量:QCT 作为一种无创、快速的影像检查手段,除骨密度测量的优势外,在分析内脏脂肪含量、肌肉脂肪浸润等方面也有较高的准确性和可重复性,已被广泛用于肥胖、脂肪肝、肌肉减少症等疾病的诊断与评估。①内脏脂肪测量:因为脂肪与骨骼肌肉的 CT 值有明显差异,所以 QCT 采用阈值的方法区分图像内的脂肪与非脂肪组织,并通过软件半自动勾画出腹内和皮下脂肪边界,可以测量腹部总脂肪、腹内和皮下脂肪面积,为研究肥胖提供了检测手段,已广泛用于肥胖相关的疾病风险预测和疗效评估。②肝脏脂肪测量:QCT 通过软件自动输出 QCT 骨密度、斜率和区域一致性校正值,据相关计算公式可以得到肝脏脂肪体积百分比。动物实验表明 QCT 所测得的肝脏脂肪含量与化学萃取法得到的结果高度相关^[22-23]。人体研究也证实 QCT 测量的肝脏脂肪百分数与 MR mDixon 所得结果之间有较好的一致性^[24,25]。QCT 肝脏脂肪含量测量为临床诊断肝脏脂肪变性、监测疾病进展和疗效评价提供了重要参考。③肌肉脂肪测量:肌肉脂肪浸润是肌肉力量降低、反映肌肉退变程度关键指标之一,也与肌肉减少症的

诊断、骨质疏松性骨折等密切相关。因此,肌肉脂肪测量近来成为新的研究热点^[26-29]。目前,QCT 肌肉脂肪测量主要应用在颈椎和腰椎的椎旁肌肉,通过软件得到肌肉和脂肪面积并计算出肌肉脂肪浸润程度。需要注意的是 QCT 不能直接测量肌细胞内的脂肪含量。

QCT 与 DXA 类似,具有较高辐射量;但可与常规临床 CT 检查(如胸腹部 CT、健康体检低剂量胸部 CT 等)相结合,能在不增加受试者辐射剂量的基础上,只需 1 次扫描即可在满足临床影像诊断的基础上同时进行 QCT 分析,完成骨密度、脂肪面积、肝脏和肌肉脂肪含量等测量,做到多病共检,满足临床与科研的双需求,势必在骨质疏松诊断、肥胖、脂肪肝和肌肉减少症等评价中具有越来越广泛的应用前景^[30-31]。

3. 磁共振成像

MRI 越来越显示出在体质分析方面的巨大潜力。MR 的常规 T_1 WI 和 T_2 WI 序列可以对脂肪浸润程度进行定性评估,而无法实现定量测量。磁共振波谱 (magnetic resonance spectroscopy, MRS) 成像和基于化学位移编码的水脂分离 (chemical shift encoded water-fat separation, CSE-WFS) 成像技术可以对脂肪进行定量研究,被用于评价肝脏、骨髓以及骨骼肌中脂肪含量;所测得的质子密度脂肪分数 (proton density fat fraction, PDFF) 可以实现对细胞内脂肪含量的定量测量,是目前公认的一种可以精确量化人体组织脂肪含量的影像学标志物^[32-33]。

MRS 通常采用氢质子 (^1H) 波谱技术在 1997 即被证实可以测量肌细胞内和肌细胞间脂质;随后的动物实验也进一步证实所测的脂肪含量与病理结果高度相关^[34]。但 ^1H -MRS 扫描时间长,后处理复杂,且水脂峰存在重叠,使其应用受限。Dixon 是利用 CSE-WFS 成像的技术,将不对称采集的回波与迭代算法相结合,从而提高了水脂分离的准确性和稳定性^[35];其衍生序列由于厂家不同而名称各异,如 GE 公司的 IDEAL/IDEAL-IQ、Siemens 公司的 LiverLab 和 Philips 公司的 mDixon 和 mDixon Quant。研究显示多回波 mDixon 技术能够快速、准确地完成肝脏脂肪定量测量^[36]。mDixon Quant 技术可一次屏气采集 6 个回波,同时结合 7 峰值脂肪模型和 T_2^* 校正,提供精确的脂肪定量结果^[37]。但是,由于 MRI 检查预约周期长、费用高和扫描时间较长等多方面原因,限制了其在临床的脂肪测量中的应用。

参考文献:

- [1] 马远征,王以朋,刘强,等.中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(12):1541-1567.
- [2] St-Onge MP, Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macro-

- nutrient oxidation? [J]. *Nutrition*, 2010, 26(2):152-155.
- [3] 骨骼与骨质疏松学科组中国老年学和老年医学学会骨质疏松分会肌肉、肌肉、骨骼与骨质疏松[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(10):1221-1229.
 - [4] Siddique N, Fallon N, Casey MC, et al. Statistical analysis of fat and muscle mass in osteoporosis in elderly population using total body DXA scans[J]. *Ir J Med Sci*, 2020, 189(3):1105-1113.
 - [5] Ma HT, Griffith JF, Xu L, et al. The functional muscle-bone unit in subjects of varying BMD[J]. *Osteoporos Int*, 2014, 25(3):999-1004.
 - [6] Taniguchi Y, Makizako H, Kiyama R, et al. The association between osteoporosis and grip strength and skeletal muscle mass in community-dwelling older women[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(7):1228-1235.
 - [7] Gjesdal CG, Halse JI, Eide GE, et al. Impact of lean mass and fat mass on bone mineral density: the hordaland health study[J]. *Maturitas*, 2008, 59(2):191-200.
 - [8] 袁嘉尧, 林燕平, 林贤灿, 等. 绝经后女性体质量指数、体成分与骨密度的变化特征及关系[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2022, 28(6):830-835.
 - [9] Reid IR. Relationships between fat and bone[J]. *Osteoporos Int*, 2008, 19(5):595-606.
 - [10] Sheu Y, Marshall LM, Holton KF, et al. Abdominal body composition measured by quantitative computed tomography and risk of non-spine fractures: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study[J]. *Osteoporos Int*, 2013, 24(8):2231-2241.
 - [11] Zhang P, Peterson M, Su GL, et al. Visceral adiposity is negatively associated with bone density and muscle attenuation[J]. *Am J Clin Nutr*, 2015, 101(2):337-343.
 - [12] Bijlsma AY, Meskers CG, Westendorp RG, et al. Chronology of age-related disease definitions: osteoporosis and sarcopenia[J]. *Ageing Res Rev*, 2012, 11(2):320-324.
 - [13] 贺丽英, 孙蕴, 要文娟, 等. 2010-2016 年中国老年人骨质疏松症患者患病率 Meta 分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(12):1590-1596.
 - [14] Si L, Winzenberg TM, Jiang Q, et al. Projection of osteoporosis-related fractures and costs in China: 2010-2050[J]. *Osteoporos Int*, 2015, 26(7):1929-1937.
 - [15] Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition; prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2011, 12(4):249-256.
 - [16] Kendler DL, Borges JL, Fielding RA, et al. The official positions of the international society for clinical densitometry: indications of use and reporting of DXA for body composition[J]. *J Clin Densitom*, 2013, 16(4):496-507.
 - [17] Jain RK, Vokes T. Dual-energy X-ray absorptiometry[J]. *J Clin Densitom*, 2017, 20(3):291-303.
 - [18] Cann CE, Genant HK. Precise measurement of vertebral mineral content using computed tomography[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 1980, 4(4):493-500.
 - [19] Wang L, Su Y, Wang Q, et al. Validation of asynchronous quantitative bone densitometry of the spine: Accuracy, short-term reproducibility, and a comparison with conventional quantitative computed tomography[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):6284-6290.
 - [20] 邓德茂, 何欣, 李家言, 等. 绝经妇女腰椎及髋关节定量 CT 骨密度测量诊断骨质疏松的初步研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2012, 18(11):1008-1010.
 - [21] 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.
 - [22] 徐黎, 端木羊羊, 张勇, 等. 定量 CT 测量动物肝脏脂肪含量的实验研究[J]. *放射学实践*, 2017, 32(5):466-470.
 - [23] 张雪萍, 程晓光, 程敬亮, 等. 定量 CT 评估鹅肝脏脂肪变性的实验研究[J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55(4):431-435.
 - [24] 徐黎, Glen Mblake, 过哲, 等. 定量 CT 与 MR mDixon-quant 测量肝脏脂肪含量的相关性研究[J]. *放射学实践*, 2017, 32(5):456-461.
 - [25] Guo Z, Blake GM, Li K, et al. Liver fat content measurement with quantitative CT validated against MRI proton density fat fraction: a prospective study of 400 healthy volunteers[J]. *Radiology*, 2020, 294(1):89-97.
 - [26] Wang L, Yin L, Zhao Y, et al. Muscle density, but not size, correlates well with muscle strength and physical performance[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2021, 22(4):751-759.
 - [27] Peng X, Li X, Xu Z, et al. Age-related fatty infiltration of lumbar paraspinal muscles: a normative reference database study in 516 Chinese females[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2020, 10(8):1590-1601.
 - [28] Zhao Y, Huang M, Serrano SM, et al. Fatty infiltration of paraspinal muscles is associated with bone mineral density of the lumbar spine[J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1):99-107.
 - [29] Addison O, Marcus RL, Lastayo PC, et al. Intermuscular fat: a review of the consequences and causes[J]. *Int J Endocrinol*, 2014, 2014:309570.
 - [30] 王玲, 袁慧书, 程晓光. 积极推进定量 CT 的临床应用[J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55(4):337-339.
 - [31] Cheng X, Zhao K, Zha X, et al. Opportunistic screening using low-dose CT and the prevalence of osteoporosis in China: a nationwide, multicenter study[J]. *J Bone Miner Res*, 2021, 36(3):427-435.
 - [32] Starekova J, Hernando D, Pickhardt PJ, et al. Quantification of liver fat content with CT and MRI: state of the art[J]. *Radiology*, 2021, 301(2):250-262.
 - [33] Hu HH, Yokoo T, Bashir MR, et al. Linearity and bias of proton density fat fraction as a quantitative imaging biomarker: a multicenter, multiplatform, multivendor phantom study[J]. *Radiology*, 2021, 298(3):640-651.
 - [34] 刘再毅, 梁长虹, 刘于宝, 等. 大鼠骨骼肌脂肪含量的¹H-MRS定量分析和病理对照研究[J]. *中国医学影像技术*, 2007(11):1585-1588.
 - [35] Grimm A, Meyer H, Nickel MD, et al. Evaluation of 2-point, 3-point, and 6-point Dixon magnetic resonance imaging with flexible echo timing for muscle fat quantification[J]. *Eur J Radiol*, 2018, 103(1):57-64.
 - [36] Yu H, Shimakawa A, McKenzie CA, et al. Multiecho water-fat separation and simultaneous R2* estimation with multifrequency fat spectrum modeling[J]. *Magn Reson Med*, 2008, 60(5):1122-1134.
 - [37] Baum T, Cordes C, Dieckmeyer M, et al. MR-based assessment of body fat distribution and characteristics[J]. *Eur J Radiol*, 2016, 85(8):1512-1518.

• 体质成分影像学专题 •

腹部脂肪和肝脏脂肪含量与骨密度相关性的定量 CT 分析

朱传明, 李燕, 杨淑贞, 王坤, 张灿, 郑晓风

【摘要】 目的:探讨定量 CT(QCT)测量不同性别和不同年龄组人群的腹部脂肪、肝脏脂肪含量及骨密度(BMD)之间的相关性。**方法:**选取 1448 例行低剂量胸部 CT 联合 QCT 检查的健康体检者,其中男 532 例,女 916 例,据年龄、性别、骨质疏松程度、脂肪肝程度分组,分别比较腹部脂肪、肝脏脂肪与 BMD 的相关性。**结果:**年龄与 BMD 之间呈显著负相关性($r = -0.642, P < 0.001$)。男脂肪肝患病率较女高($P < 0.001$),肝脏脂肪含量与 BMD 之间呈正相关($r = 0.061, P = 0.020$),与腹部总脂肪(TAT)、内脏脂肪(VAT)、皮下脂肪(SAT)亦呈正相关,其中与 TAT 关系最紧密($r = 0.768, P < 0.001$)。BMD 与女 VAT($r = -0.260, P < 0.001$)、TAT($r = -0.128, P < 0.001$)之间呈负相关,与男 VAT 之间亦存在负相关($r = -0.109, P = 0.012$)。**结论:**BMD 随年龄增加而逐渐减低,而与肝脏脂肪含量之间可能存在一定的正相关。肝脏脂肪含量可能是 BMD 的保护因素,而 VAT 可能是 BMD 的负性影响因素。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 骨密度; 腹内脂肪; 脂肪肝

【中图分类号】 R814.4; R336; R329.55; R575.5 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)10-1200-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The study of correlation of abdominal adipose distribution, lipid content of liver and bone mineral density by quantitative CT ZHU Chuan-ming, LI Yan, YANG Shu-zhen, et al. Department of Radiology, Beijing Aerospace General Hospital, Beijing 100076, China

【Abstract】 Objective: To explore the correlation of abdominal adipose distribution, lipid content of liver and bone mineral density (BMD) by quantitative CT (QCT). **Methods:** 1448 healthy individuals who underwent low-dose chest CT and QCT were enrolled, including 532 males and 916 females. They were divided according to age, sex, degree of osteoporosis and fatty liver. The correlation between abdominal adipose distribution, lipid content of liver and BMD was determined respectively. **Results:** There was a negative correlation between age and BMD ($R = -0.642, P < 0.001$). The mean value of liver lipid content in male was significantly higher than that in female ($P < 0.001$). There was a positive correlation between liver lipid content and BMD ($R = 0.061, P = 0.020$), and between liver lipid content and total adipose tissue (TAT), and between liver lipid content and visceral adipose tissue (VAT), and between liver lipid content and subcutaneous adipose tissue (SAT), among which the significant correlation was with TAT ($R = 0.768, P < 0.001$). For females, VAT ($r = -0.260, P < 0.001$) and TAT ($r = -0.128, P < 0.001$) were negatively correlated with BMD; for males, VAT was negatively correlated with BMD ($r = -0.109, P = 0.012$). **Conclusion:** BMD decreased with age. BMD might be positively correlated with lipid content of liver. Lipid content of liver may be a protective factor for BMD, while VAT may be a negative factor.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Bone density; Intra-abdominal fat; Fatty liver

腹部脂肪包括内脏脂肪及皮下脂肪,其与肝脏脂肪含量及骨密度之间的关系较为复杂。研究表明脂肪

组织能增加骨量,对骨质疏松有保护作用^[1],而近年来一些流行病学研究却对此提出异议^[2,3]。本文对低剂量肺 CT 体检的健康人群同时采用定量 CT(QCT)分析软件测量腹部脂肪、肝脏脂肪含量及腰椎的骨密度,探讨不同年龄段男女之间腹部脂肪、肝脏脂肪含量及骨密度的相关性。

作者单位:100076 北京,北京航天总医院影像科

作者简介:朱传明(1974—),男,安徽寿县人,硕士研究生,副主任医师,主要从事影像核医学及内分泌影像学诊断工作。

通讯作者:郑晓风, E-mail: yixzx@163.com

基金项目:中华医学会影像技术分会“低剂量肺 CT 和 QCT 影像”多中心研究项目(js20200303)

材料与方法

1. 研究对象

体检中心 2019 年 10 月至 2021 年 12 月行低剂量肺 CT 联合 QCT 检查的健康人群, 1448 例受检者同时测量了腹部脂肪、肝脏脂肪和腰椎骨密度含量。排除标准: 未完成全部测量的受检者; 患甲状腺功能亢进或减退、恶性肿瘤等消耗性疾病及影响骨代谢的疾病受检者。女 916 人, 年龄 27~94 岁, 平均年龄 64.31 ± 12.79 , 男 532 人, 年龄 20~99 岁, 平均年龄 63.03 ± 15.87 。所有患者均签署了知情同意书。根据年龄将男和女各分为 5 组: ≤ 40 岁组, 男 44 人, 女 18 人; 40~50 岁组, 男 68 人, 女 89 人; 50~60 岁组, 男 120 人, 女 238 人; 60~70 岁组, 男 118 人, 女 244 人; >70 岁组, 男 182 人, 女 327 人。

2. 方法

扫描方案: 采用美国 GE16 排 CT (Bright Speed) 及 Mindways 公司的 Model4QCT 骨密度测量系统。参数: 电压 120 kV, 采用自动毫安秒技术, SFOV 为 500 mm, 扫描床高 162.5 cm, 层厚 1.25 mm。扫描范围为肺尖至第二腰椎下缘。

骨密度测量方法: 通过 Mindways 公司的 QCT 软件测量胸 12、腰 1、腰 2 椎体的骨密度均值, 若椎体骨折, 则另选相邻椎体替代。ROI 范围及高度尽量保持固定值, 避开骨皮质和椎体后部中央静脉沟。腹部脂肪运用“tissue composition”模块测量 L₂ 中心层面腹部脂肪, 软件自动输出腹部总脂肪 (TAT) 和腹内脂肪 (VAT), 两者相减得皮下脂肪 (SAT)。肝脏脂肪取右前叶、右后叶以及左叶中心区域选取横截面积为 $290 \sim 310 \text{ mm}^2$, 层厚为 9 mm 的感兴趣区 (ROI) 进行测量,

测量时尽量避开肝内血管和胆管, 测量得到 3 个 ROI 的值, 据 Mindways 提供的校正后换算公式测得肝脏脂肪百分比, 记为 Fat%QCT, 最后取 3 个 ROI 测量值的平均值为最终 QCT 测量结果 (等同于磁共振测量的脂肪含量)。

3. 诊断标准

采用国际临床骨密度学会 (ISCD) 和美国放射学院 (ACR) 骨质疏松 QCT 诊断标准, $>120 \text{ mg/cm}^3$ 骨密度正常, $80 \sim 120 \text{ mg/cm}^3$ 为低骨量, $<80 \text{ mg/cm}^3$ 为骨质疏松 (OP)。

据 Mindways 提供的校正后换算公式测得肝脏脂肪百分比 (Fat%QCT), 分为轻度脂肪肝 (肝脏脂肪含量为 5%~10%), 中度脂肪肝 (肝脏脂肪含量为 10%~25%)、重度脂肪肝 (肝脏脂肪含量 $>25\%$)^[4-6]。

4. 统计学方法

使用 IBM SPSS23.0 软件进行数据统计分析, 计量资料采用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。多组间比较用单因素方差分析。计量资料双变量相关性分析采用 Pearson 相关分析。采用多元回归分析年龄、TAT、VAT、SAT、肝脏脂肪含量与 BMD 的相关性。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

1. 年龄与 BMD、腹部脂肪、肝脏脂肪含量的影响

年龄与骨密度含量之间呈显著负相关, $r = -0.642, P < 0.001$; 女 VAT 与年龄之间正相关 ($r = 0.308, P < 0.001$), 关系程度一般; 70 岁以上组 SAT 明显较其他年龄组低, $P < 0.001$; 60 岁以上组 TAT、VAT 较 60 岁以下组高, $P < 0.05$ (图 1、表 1)。

BMD 与腹部脂肪含量之间关系较为复杂, 其中

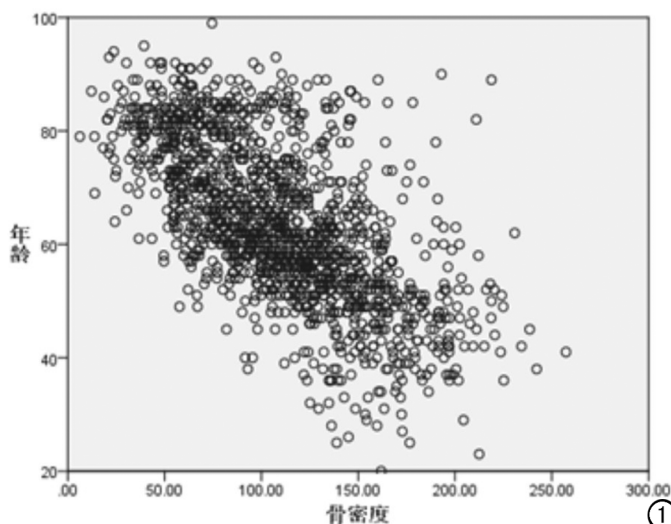


图 1 年龄与 BMD 之间分布散点图, 二者之间存在线性负相关。

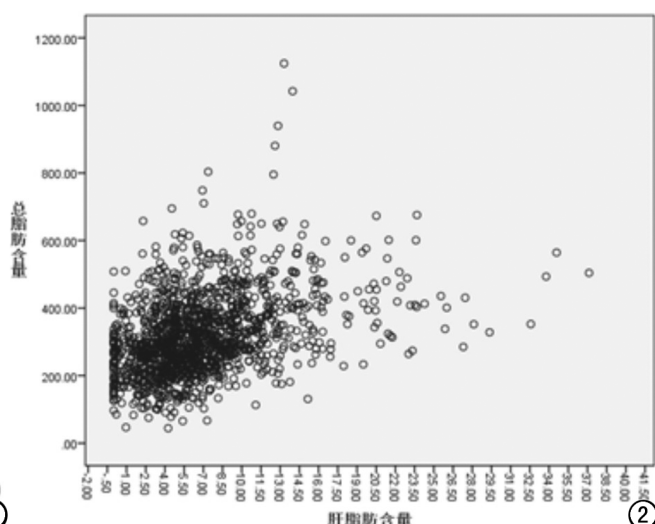


图 2 肝脂肪含量与 TAT 分布散点图, 二者之间呈线性正相关。

BMD 与女 VAT($r=-0.260, P<0.001$)、TAT($r=-0.128, P<0.001$)以及男 VAT($r=-0.109, P=0.012$)之间亦存在一定的负相关。男 SAT 与 BMD 之间存在较弱的正相关($r=0.118, P=0.006$),而男 TAT、女性 SAT 与 BMD 之间无明显相关性($P>0.05$)。对 BMD 与腹部脂肪 TAT、SAT 和 VAT 之间进行多元逐步回归分析,以 BMD 为因变量,年龄、TAT、SAT、VAT 及肝脏脂肪为自变量,结果显示年龄是 BMD 的独立影响因素($P<0.001$),校正年龄因

素后, VAT 是 BMD 的独立负性影响因素($\beta=-0.003, P=0.044$)。

2. 肝脏脂肪含量与 BMD 及腹部脂肪含量之间的关系

1448 例受检者中脂肪肝的患病率 59.3%(859/1448),其中男(69.5)较女(53.4)高。男肝脏脂肪含量均值较女显著高($P<0.001$)。肝脏脂肪含量与 BMD 之间呈正相关($r=0.061, P=0.020$),与 TAT、VAT、SAT 亦呈正相关,其中与 TAT 相关性最紧密($r=$

表 1 不同年龄组男和女 TAT、VAT、SAT 及肝脏脂肪含量均值

年龄组	女		男	
	例数	均值	例数	均值
TAT(cm ²)				
40 以下	18	264.96±162.15	44	366.45±114.46
40~49	89	276.65±125.96	68	335.29±118.00
50~59	238	290.15±109.28	120	326.15±94.83
60~69	244	319.06±123.18	118	361.70±110.24
70 以上	327	319.90±114.42	182	342.10±127.92
VAT(cm ²)				
40 以下	18	102.52±70.71	44	209.44±73.15
40~49	89	122.22±54.89	68	205.54±77.82
50~59	238	134.30±53.10	120	212.91±69.53
60~69	244	160.68±65.49	118	236.96±82.25
70 以上	327	179.80±71.41	182	227.30±97.20
SAT(cm ²)				
40 以下	18	162.43±99.94	44	157.01±63.40
40~49	89	154.46±85.25	68	129.74±50.41
50~59	238	155.87±70.52	120	113.24±42.34
60~69	244	158.38±71.60	118	124.74±50.14
70 以上	327	140.09±58.39	182	114.80±43.80
肝脂肪含量				
40 以下	18	7.34±8.16	44	10.05±6.89
40~49	89	6.68±7.61	68	8.19±5.21
50~59	238	6.84±6.04	120	7.82±4.06
60~69	244	6.43±4.32	118	8.05±4.48
70 以上	327	6.09±4.10	182	6.42±3.51

表 2 不同程度脂肪肝组别之间 TAT、VAT、SAT 与 BMD 均值

脂肪肝分组	女		男	
	例数	均值	例数	均值
TAT(cm ²)				
正常	427	271.41±100.71	162	299.30±100.03
轻度	334	310.34±100.33	246	339.54±110.89
中度	146	396.14±152.16	121	411.62±113.16
重度	9	391.98±111.81	3	396.40±42.08
VAT(cm ²)				
正常	427	132.68±60.12	162	188.71±73.23
轻度	334	163.11±62.67	246	220.82±82.76
中度	146	202.75±67.90	121	268.24±81.50
重度	9	126.40±33.33	3	240.92±29.90
SAT(cm ²)				
正常	427	138.73±57.35	162	110.59±40.10
轻度	334	147.22±56.82	246	118.72±45.60
中度	146	193.39±104.10	121	143.37±59.39
重度	9	174.62±53.27	3	155.48±28.66
骨密度(mg/cm ³)				
正常	427	108.72±49.06	162	112.65±38.88
轻度	334	98.47±42.57	246	113.40±37.90
中度	146	111.11±41.78	121	122.37±40.82
重度	9	126.40±33.33	3	149.83±26.96

0.768, $P < 0.001$, 图 2、表 2)。

讨 论

QCT 可以利用胸、腹部常规 CT 检查的同时测定骨密度、腹部脂肪和肝脏脂肪含量,与常规影像学检查相比具有独有的优势^[7,8]。程晓光等^[9]研究认为 L1/2~L3/4 区域脂肪含量能够较好地反映全腹脂肪含量,其中 L2/L3 是评估全腹脂肪含量的最佳层面。本研究重点分析了腹部脂肪、肝脏脂肪与腰椎骨密度之间的相互关系,并且纳入了性别和年龄等因素的影响。

BMD 约在人类 20~40 岁时达峰值,其后随年龄增长而逐渐减低,女性绝经期后雌激素水平下降,会导致 BMD 急剧减低,国内外对此有过较多研究,本文的研究结果与既往的研究结论也是一致的,两者之间呈显著负相关($r = -0.642$, $P < 0.001$)^[10-12]。而年龄与腹部脂肪之间的关系,本次研究结果发现女性 VAT 随年龄增长而增长,特别是 50 岁以后,增长幅度显著增高,可能与女性卵巢功能减退有关^[13]。本次研究还发现 VAT 可能是腰椎 BMD 的独立负性影响因素,这与潘亚玲等^[3]的研究结果一致,而苏丽叶、苏里堂江等^[14]则认为脂肪组织可能通过增加骨机械负荷和改变骨代谢从而影响 BMD,国内对腹部脂肪与 BMD 之间有过多个小样本的不同方式的研究,结论争议较大,可能还需要多中心大样本量的临床研究来进一步验证。

近年来,定量 CT 也被用于肝脏脂肪含量的测定,QCT 经校正后的计算公式准所测量的肝脏脂肪含量与 MR mDixon-quant 的测量结果高度一致,目前已被广泛应用于中国健康人群的肝脏脂肪含量测定^[5,6]。本文研究结果表明肝脏脂肪含量与腰椎 BMD、腹部脂肪含量均呈正相关,特别是腹部总脂肪含量呈显著正相关,这可能是因为腹部脂肪是人体脂肪较为集中的部位,而肥胖可致脂肪(主要是甘油三酯)在肝细胞内蓄积过多导致脂肪肝的形成^[15]。关于肝脏脂肪含量与 BMD 之间相关性的研究目前报道较少,本文研究结果提示肝脏脂肪含量与腰椎 BMD 之间呈弱的正相关($r = 0.061$, $P = 0.020$)。彭亚娟等^[16]的一项纳入了 288 例患者的研究结果发现在绝经后女性 T2DM 患者中股骨颈及左髌 BMD 值随着肝脏脂肪含量的增加而增加,因此认为肝脏脂肪含量可能是女性绝经期后 T2DM 患者骨密度的保护因素,而杨鸿兵等^[17]在一项 1014 例体检人群 B 超检查脂肪肝和双能 X 线(DXA)检查前臂桡骨远端骨密度的研究中发现脂肪肝组和肥胖组骨量减低发病率明显低于非脂肪肝组和非肥胖组,这可能是因为 BMD 的保护作用与体内激素相关,

绝经后女性因卵巢功能衰退,体内雌激素明显减少,此时血中的雌激素主要由少量前体物质(雄烯二酮及雄烯二醇)在脂肪等组织中经芳香化酶的作用衍生而成,所以体内脂肪含量对于绝经后女性骨量有一定的保护作用^[18]。另一方面,脂肪肝的形成与腹部脂肪含量增高显著相关,脂肪含量较高可促使肾上腺雄性激素在脂肪细胞内转化为雌激素,抑制骨吸收,加速骨形成,增加骨密度^[19]。Lee 等^[20]对韩国成年人非酒精性脂肪肝与骨密度的一项研究结果发现男性髌部骨密度与脂肪肝呈负相关,而绝经期女性腰椎骨密度则与脂肪肝呈正相关。这些研究结果的差异可能与地域、饮食以及研究所采用的检查方法、骨密度的检查部位不同有关,关于 QCT 在肝脏脂肪含量与骨密度相关性的临床应用,可能也需要多中心的进一步临床研究来分析。

综上所述,年龄与骨量的减少,骨质疏松的发生存在显著负相关。腹部脂肪与 BMD 的关系较为复杂,VAT 可能是影响 BMD 的独立负性相关因素,而肝脏脂肪含量随腹部脂肪含量增加而增加,肝脏脂肪含量的增加有可能是 BMD 的保护因素。

参考文献:

- [1] Sharma S, Tandon VR, Mahajan S, et al. Obesity: friend or foe for osteoporosis[J]. J Midlife Health, 2014, 5(1): 6-9.
- [2] 聂义珍, 燕巍, 闫朝岐. 不同类型肥胖与骨质疏松症的研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(5): 580-584.
- [3] 潘亚玲, 陈彤彤, 王哈琦, 等. 定量 CT 分析年龄、腹部脂肪与骨密度的关系[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(4): 276-280.
- [4] 王家祥, 刘英棣. 脂肪肝的影像学诊断[J]. 肝脏, 2001, 6(3): 194-195.
- [5] 张勇, 于爱红, 闫东, 等. MR mDIXON-Quant 技术精确测量 2 型糖尿病合并非酒精性脂肪肝患者的肝脏脂肪含量[J]. 放射学实践, 2017, 32(5): 451-455.
- [6] 徐黎, Glen MB, 过哲, 等. 定量 CT 与 MR mDixon-quant 测量肝脏脂肪含量的相关性研究[J]. 放射学实践, 2017, 32(5): 456-461.
- [7] 《中国定量 CT 骨质疏松症诊断指南(2018)》工作组. 中国定量 CT 骨质疏松症诊断指南(2018)[J]. 中华健康管理学杂志, 2019, 13(3): 195-200.
- [8] Sheu Y, Marshall LM, Holton KF, et al. Abdominal body composition measured by quantitative computed tomography and risk of non-spine fracture: the osteoporotic fractures in men (MrOS) study[J]. Osteoporos Int, 2013, 24(8): 2231-2241.
- [9] Cheng X, Zhang Y, Wang C, et al. The optimal anatomic site for a single slice to estimate the total volume of visceral adipose tissue by using the quantitative computed tomography (QCT) in Chinese population[J]. Eur J Clin Nutr, 2018, 72(11): 1567-1575.
- [10] 翟建, 吴雅琳, 胡琴, 等. 基于定量 CT 对不同性别、年龄人群血尿酸与腰椎骨密度的相关性分析[J]. 放射学实践, 2020, 35(3): 385-388.
- [11] 李楠, 曾静, 张培, 等. 定量 CT 骨密度测定在中老年男性中的应用研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 27(1): 40-43.

- [12] 王平, 和建伟, 黄刚, 等. 应用双能 CT 与定量 CT 对椎体骨密度测量的对照研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(2): 159-162.
- [13] Arabi A, Garnero P, Porcher R, et al. Changes in body composition during post-menopausal hormone therapy: a 2 year prospective study[J]. Hum Reprod, 2003, 18(8): 1747-1752.
- [14] 苏丽叶, 苏里堂江, 刘文亚, 等. 绝经后女性腹部脂肪, 椎旁肌肉和骨密度的相关性分析[J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(5): 612-615.
- [15] Hayashi T, Boyko EJ, Leonetti DL, et al. Visceral adiposity is an independent predictor of incident hypertension in Japanese Americans[J]. Ann Intern Med, 2004, 140(12): 992-1000.
- [16] 彭亚娟. 不同糖代谢人群肝脏脂肪含量及 2 型糖尿病患者肝脏脂肪含量与骨密度的关系[D]. 广西医科大学, 2017: 1-74.
- [17] 杨鸿兵, 周淑芹, 曹宝卿, 等. 体检人群脂肪性肝病前臂桡骨远端双能 X 线骨密度分析研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21(7): 840-845.
- [18] 钟俊敏, 杨冬梓. 肥胖对女性生殖和代谢的影响[J]. 国际妇产科学杂志, 2008, 35(1): 67-68, 76.
- [19] Rajamanohara R, Robinson J, Rymer J, et al. The effect of weight and weight change on long-term precision of spine and hip DXA measurements[J]. Osteoporos Int, 2011, 22(5): 1503-1512.
- [20] Lee SH, Yun JM, Kim SH, et al. Association between bone mineral density and nonalcoholic fatty liver disease in Korean adults[J]. J Endocrinol Invest, 2016, 39(11): 1329-1336.

(收稿日期: 2022-02-20 修回日期: 2022-05-20)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则, 国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序, 《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息, 致力于关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台, 以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动, 分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文, 投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信, 通过“添加朋友”, 在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号, 点击“关注”, 添加到通讯录。
3. 打开微信, 点击“扫一扫”, 手机镜头对准下面的二维码, 扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!

• 体质成分影像学专题 •

胸椎定量 CT 和腰椎双能 X 线吸收检测仪对绝经后女性骨质疏松症的诊断差异

张羽, 张宗军, 刘许慧, 滕剑, 李清瑶, 彭飞, 傅迎霞, 徐徐

【摘要】 目的:研究胸椎定量 CT(QCT)和双能 X 线吸收检测仪(DXA)对绝经后女性骨质疏松症的诊断差异,以及胸椎 QCT 在绝经后女性骨质疏松筛查中的价值。**方法:**选取 2020 年 8 月~2021 年 8 月同时行胸部 CT 与腰椎及髋关节 DXA 检测的绝经后女性 192 例,获取胸 7-9 椎体 QCT 及腰 1-4 椎体和左髋关节 DXA 的 BMD 和 T 值,结合文献以胸 7-9 椎体 QCT 的平均 BMD 90 mg/cm^3 和 136 mg/cm^3 作为判定骨质疏松和骨量减少的阈值,比较胸椎 QCT 和双能 DXA 对绝经后女性骨质疏松症的检出率的差异并评估 BMI 对腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值和胸椎 QCT 的 BMD 的影响。**结果:**192 例绝经期女性的平均年龄为 64.79 岁,胸椎 QCT 对绝经后女性骨量减少以及骨质疏松症的检出率同腰椎 DXA 对其检出率有统计学差异($P < 0.05$),QCT 和 DXA 完全符合者 100 例(52.08%),不符合者 92 例(47.92%),其中 80 例(41.67%)在 DXA 被低估;不同 BMI 对腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值有统计学差异($P < 0.05$),而对胸椎 QCT 的 BMD 无统计学差异($P > 0.05$)。**结论:**胸椎 QCT 对绝经后女性骨质疏松的检出率优于双能 DXA,胸部 CT 检查联合胸椎 QCT 获得胸椎 BMD 可指导绝经后女性进行骨质疏松的筛查,在绝经后女性人群中对骨质疏松症的诊断具有重要价值。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机;双能 X 线骨密度仪扫描;骨质疏松

【中图分类号】 R814.4;R681;R817 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)10-1205-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Diagnosis difference of thoracic spine quantitative CT and lumbar spine DXA for osteoporosis in postmenopausal women ZHANG Yu,ZHANG Zong-jun,LIU Xu-hui,et al.Department of Imaging,Affiliated Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Nanjing University of Chinese Medicine,Nanjing 210028,China

【Abstract】 Objective: To study the difference between quantitative computed tomography (QCT) and dual energy X-ray absorptiometry (DXA) in the diagnosis of postmenopausal women's osteoporosis,and the value of thoracic QCT in the screening of postmenopausal women's osteoporosis.**Methods:** From August 2020 to August 2021,192 postmenopausal women who underwent chest CT and DXA of lumbar spine and hip joint in our hospital were selected,to obtain the BMD and T values of the thoracic 7-9 vertebrae QCT,the lumbar 1-4 vertebrae and the left hip joint in DXA,combined with the literature,the average BMD of thoracic 7-9 vertebral body QCT was 90 mg/cm^3 and 136 mg/cm^3 as the threshold for judging osteoporosis and bone loss,to compare the difference in the detection rate of osteoporosis in postmenopausal women between thoracic QCT and dual energy DXA and to evaluate the effect of BMI on BMD and T value of lumbar DXA and BMD of thoracic QCT.**Results:** The average age of 192 menopausal women was 64.79 years old.The detection rate of thoracic spine QCT for postmenopausal women's bone loss and osteoporosis was statistically different from that of lumbar spine DXA ($P < 0.05$),100 cases (52.08%) were completely consistent with QCT and DXA,92 cases (47.92%) were not consistent,of which 80 cases (41.67%) were underestimated in DXA;There were significant differences in BMD and T values of lumbar DXA with different BMI ($P < 0.05$),but there was no significant difference in BMD of thoracic QCT ($P > 0.05$).**Conclusion:** The detection rate of

作者单位:210028 江苏,南京中医药大学附属中西医结合医院放射科

作者简介:张羽(1990-),女,江苏丰县人,主治医师,主要从事影像诊断工作。

通讯作者:徐徐,E-mail:1361943416@qq.com

基金项目:江苏省卫健委老年健康科研课题资助(LK2021013)

thoracic QCT in postmenopausal women with osteoporosis is better than dual energy DXA. Thoracic BMD obtained by chest CT combined with thoracic QCT can guide postmenopausal women to screen for osteoporosis, and has important value in the diagnosis of osteoporosis in postmenopausal women.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Dual energy X-ray absorptiometry scan; Osteoporosis

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是一种以骨量减低、骨小梁减少、骨质脆弱、骨折风险增加为主要表现的全身性骨骼疾病,其致残率高,严重影响人们生活质量,因此对它进行早筛查早诊断早干预显得尤其重要。我国 60 岁以上人群中骨质疏松症患病率为 36%,其中女性为 49%,这主要与绝经后女性雌激素缺乏相关^[1-2]。双能 X 射线吸收法(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)是目前诊断骨质疏松症的金标准,但其结果容易受脊柱退变、主动脉壁钙化、腹部脂肪等因素的影响,且这些因素会导致 T 评分增高,导致假阴性诊断^[3]。定量计算机断层扫描(quantitative computed tomography, QCT)基于高分辨率三维 CT 图像获得的骨矿物质密度(bone mineral density, BMD),能够准确区分骨皮质和骨松质,不受椎体退变、侧弯、主动脉壁钙化及肥胖等因素影响^[4],目前也成为国内外公认的更精准的骨质疏松诊断方法。骨质疏松 QCT 诊断标准是以腰 1-3 椎体的 BMD 为依据,而胸椎和腰椎 BMD 测量值之间存在线性相关性^[5-6],因此可据胸椎 BMD 进行骨质疏松的筛查。而国内有关胸椎 QCT 在骨质疏松筛查中应用研究较少,本文对 QCT 胸 7-9 椎体 BMD 在绝经后女性骨质疏松症的诊断价值进行研究,并与双能 DXA 进行比较,比较两种方法对绝经后女性骨量减少和骨质疏松症的检出率的差异,并评估 BMI 对胸椎 QCT 和腰椎 DXA 的 BMD 的影响。

材料与方法

1. 临床资料

选取 2020 年 8 月~2021 年 8 月同时行胸部 CT 与腰椎 DXA 检测的绝经后女性患者 192 例,年龄 49~84 岁(64.79 ± 8.36 岁),29 例同时行腹部 CT 检查。纳入标准:同一受试者行胸部 CT 与腰椎 DXA 检查间隔不超过半年;无影响骨代谢类系统疾病,未服用类固醇类等影响骨代谢的药物。

2. 仪器与方法

CT 扫描:采用 64 排 64 层(GE Lightspeed VCT, 美国 GE 公司)和 64 排 128 层(NeuViz 12 精睿 CT, 东软医疗)CT 扫描仪,所有患者行胸部 CT 扫描。参数:管电压 120 kVp,自动毫安秒技术管电流,准直 64×0.625 mm,螺距 0.9~1,旋转时间 0.5 s,床高

135 cm,视野 50 cm。以标准算法重建,重建层厚 1 mm (NeuViz 128 CT)和 1.25 mm(GE VCT),显示视野 38 cm。

QCT-BMD 测量使用 Mindways 公司 Model 4 QCT pro v6.1 软件,将所有重建层厚为 1~1.25 mm 图像上传至 QCT 软件工作站,由 2 名医师负责在同一时间段内完成胸 7-9 椎体的骨松质密度的测定,感兴趣区的勾画由软件自动完成,人工适当修正以避免皮质骨、骨岛及椎体后方静脉沟,感兴趣区深度为 9 mm(图 1)。

DXA 检查:采用美国 GE 公司的双能 X 线骨密度仪(Lunar Prodigy),采用仰卧正位检测绝经后女性腰部和左侧髋部的骨密度,共选择第 1-4 腰椎椎体、髋部的股骨颈和全髋 3 个感兴趣区(region of interest, ROI)以 3 个 ROI 中最低的 T 值进行判断。

3. 诊断标准

QCT 诊断骨质疏松依据美国放射学院的诊断标准^[4]:腰椎 BMD < 80 mg/cm³ 为骨质疏松, 80 mg/cm³ $\leq$ BMD ≤ 120 mg/cm³ 为骨量减少, BMD > 120 mg/cm³ 为正常。而正常胸椎椎体的 BMD 比腰椎高 10%~20%,本文据 Budoff 与 Lenchik 等^[7]研究结果将判定骨质疏松、骨量减少的 QCT 胸 7-9 椎体平均 BMD 的阈值分别设置为 90 mg/cm³ 和 136 mg/cm³。

DXA:采用 1994 年世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的标准:以正常人群中 BMD 峰值为标准, T 值 ≤ -2.5 SD 诊断为骨质疏松, T 值 ≥ -1 SD 为正常, -2.5 SD $<$ T 值 < -1.0 SD 为低骨量^[8];以腰椎和/或股骨颈二者间的最低 T 值判定。

根据体重指数(BMI)将腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值和胸椎 QCT 的 BMD 分 3 组: BMI < 24 kg/m², $24 \leq$ BMI < 28 kg/m², BMI ≥ 28 kg/m²^[9]。

4. 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析,计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示。计数资料和率的比较采用卡方检验,两组间比较采用独立样本 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异代表有统计学意义,采用 Pearson 相关分析 BMI 与腰椎 DXA 的 BMD 和 QCT 胸椎 BMD 的相关性。

结 果

1. 体重指数及 QCT 胸腰椎骨密度

192 例绝经期女性的 BMI 为 (24.36 ± 3.73) kg/m²,

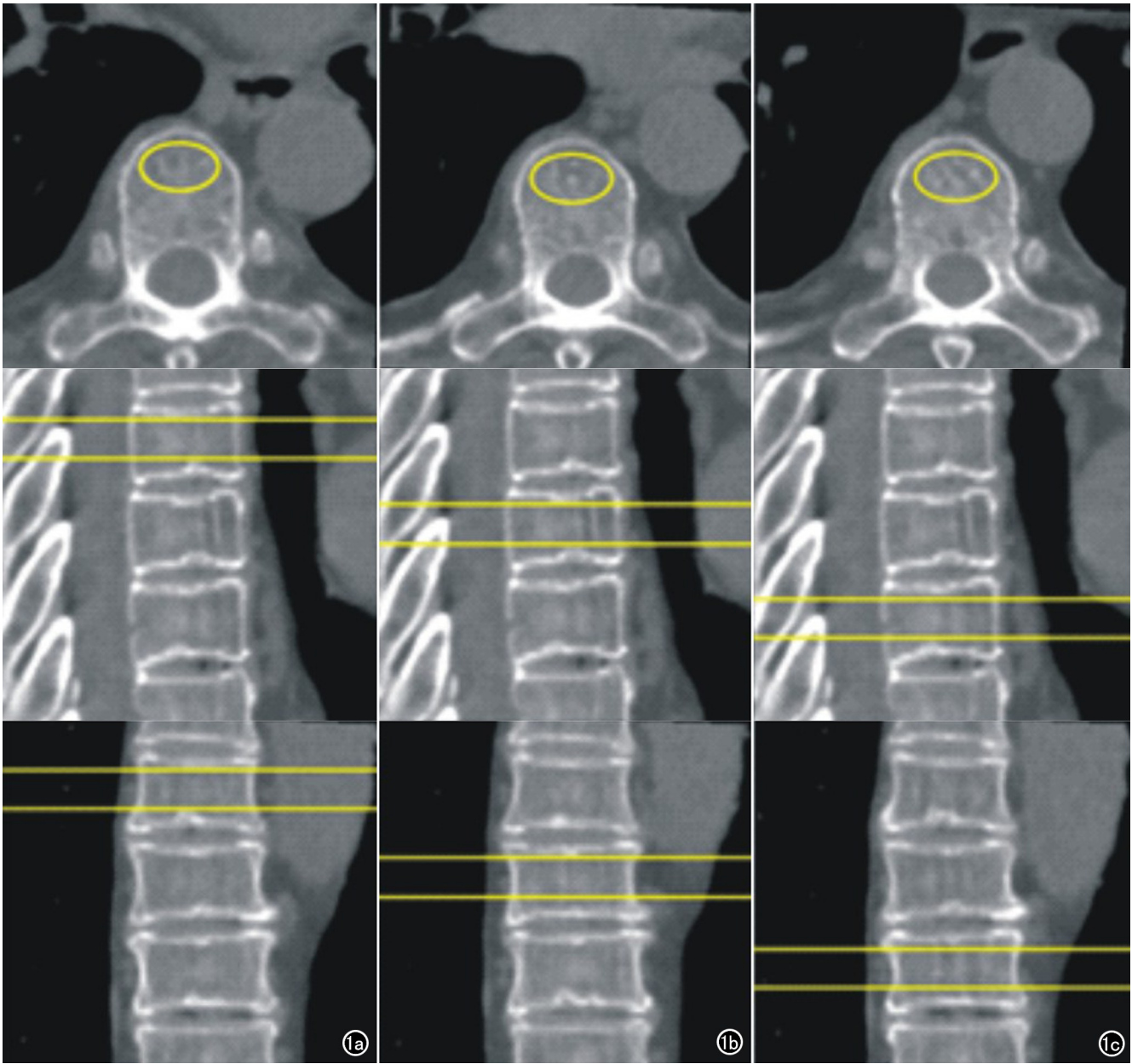


图 1 采用 QCT 测量 a) T₇、b) T₈、c) T₉ 椎体 BMD 示意图。分别为 T₇、T₈、T₉ 椎体轴面、矢状面、冠状面图像,黄色椭圆为 ROI 横断面,ROI 位于椎体中心,不能包括皮质,避免骨岛及椎体后静脉丛区。

其中 90 例 BMI<24 kg/m²,71 例 24≤BMI<28 kg/m²,31 例 BMI≥28 kg/m²。因 BMI≥28 kg/m² 组人数较少,故将其和 24≤BMI<28 kg/m² 组合并分析。QCT 测量的胸 7-9 椎体 BMD 为 (101.47±34.51) mg/cm³。DXA 上腰 1-4 椎体 BMD 为 (1005.60±161.22) mg/cm²,T 值分别为 (-0.91±1.34);股骨颈的骨密度为 (803.54±125.20) mg/cm²,T 值为 (-1.04±1.05);全髋的骨密度为 (870.95±135.22) mg/cm²,T 值为 (-0.80±1.04)。

29 例同时行腰椎扫描患者,QCT 胸椎 BMD 低于 90 mg/cm³ 和介于 90~136 mg/cm³ 之间分别为 15 和 8 例,腰椎 BMD 低于 80 mg/cm³ 和介于 80~

120 mg/cm³ 之间分别为 17 和 6 例。

2. QCT 胸 7-9 椎体 BMD 和双能 DXA 诊断骨质疏松的比较

以胸 7-9 椎体平均 BMD<90 mg/cm³ 为骨质疏松,90 mg/cm³≤BMD≤136 mg/cm³ 为骨量减少,>136 mg/cm³ 为正常作为标准,胸椎 QCT 对绝经后女性骨质疏松症的检出率明显高于腰椎 DXA,二者之间的差异具有统计学意义(P<0.05)(表 1)。

表 1 绝经后女性骨量减少及骨质疏松症的检出率的比较

检测方法	骨量正常	骨量减少	骨质疏松
胸椎 QCT	30(15.63)	86(44.79)	76(39.58)
双能 DXA	63(32.81)	96(50.00)	33(17.19)

注:χ²=29.222,P<0.001

3. 胸椎 QCT 与双能 DXA 对绝经后女性骨量情况检出结果的一致性 & 差异性比较

QCT 和 DXA 完全符合者 100 例(52.08%),严重不符合者(QCT 骨质疏松而 DXA 骨量正常或 QCT 骨量正常而 DXA 为骨质疏松者)6 例(6.25%,图 2),次严重不符合(QCT 诊断为骨质疏松或骨量正常而 DXA 诊断为骨量减少者或 QCT 诊断为骨量减少而 DXA 为骨质疏松或骨量正常者)84 例(43.75%,图 3),其中 80 例(41.67%)在 DXA 被低估(表 2)。

表 2 绝经后女性骨量情况检出结果的一致性 & 差异性比较

检出结果	骨质疏松 (DXA)	骨量减少 (DXA)	骨量正常 (DXA)	合计
骨质疏松 (QCT)	27	41	8	76
骨量减少 (QCT)	6	49	31	86
骨量正常 (QCT)	0	6	24	30
合计	33	96	63	192

4. 不同 BMI 对腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值和对

胸椎 QCT 的 BMD 的影响

不同 BMI 对腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值有统计学差异($P<0.05$),而对胸椎 QCT 的 BMD 无统计学差异($P>0.05$),且 BMI 与腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值有弱相关性($r=0.17, P<0.05$),而与胸椎 QCT 的 BMD 无相关性($P>0.05$,表 3)。

表 3 腰椎 DXA 对 BMD 及 T 值和对胸椎 QCT 的 BMD 的影响

项目	<24(n=90)	≥24(n=102)	T	P
DXA(BMD)	971.31±159.61	1035.86±157.27	-2.818	0.005
DXA(T 值)	-1.19±1.33	-0.66±1.31	-2.799	0.006
QCT(BMD)	101.49±36.67	101.46±32.67	0.006	0.995

讨 论

随着人口老龄化的加剧,骨质疏松已经成为影响我国老年人健康重要问题,新基于多中心的研究表明我国年龄大于 50 岁以上人群中,女性和男性骨质疏松的患病率为 29%和 13.5%^[10],而 65 岁以上女性患病

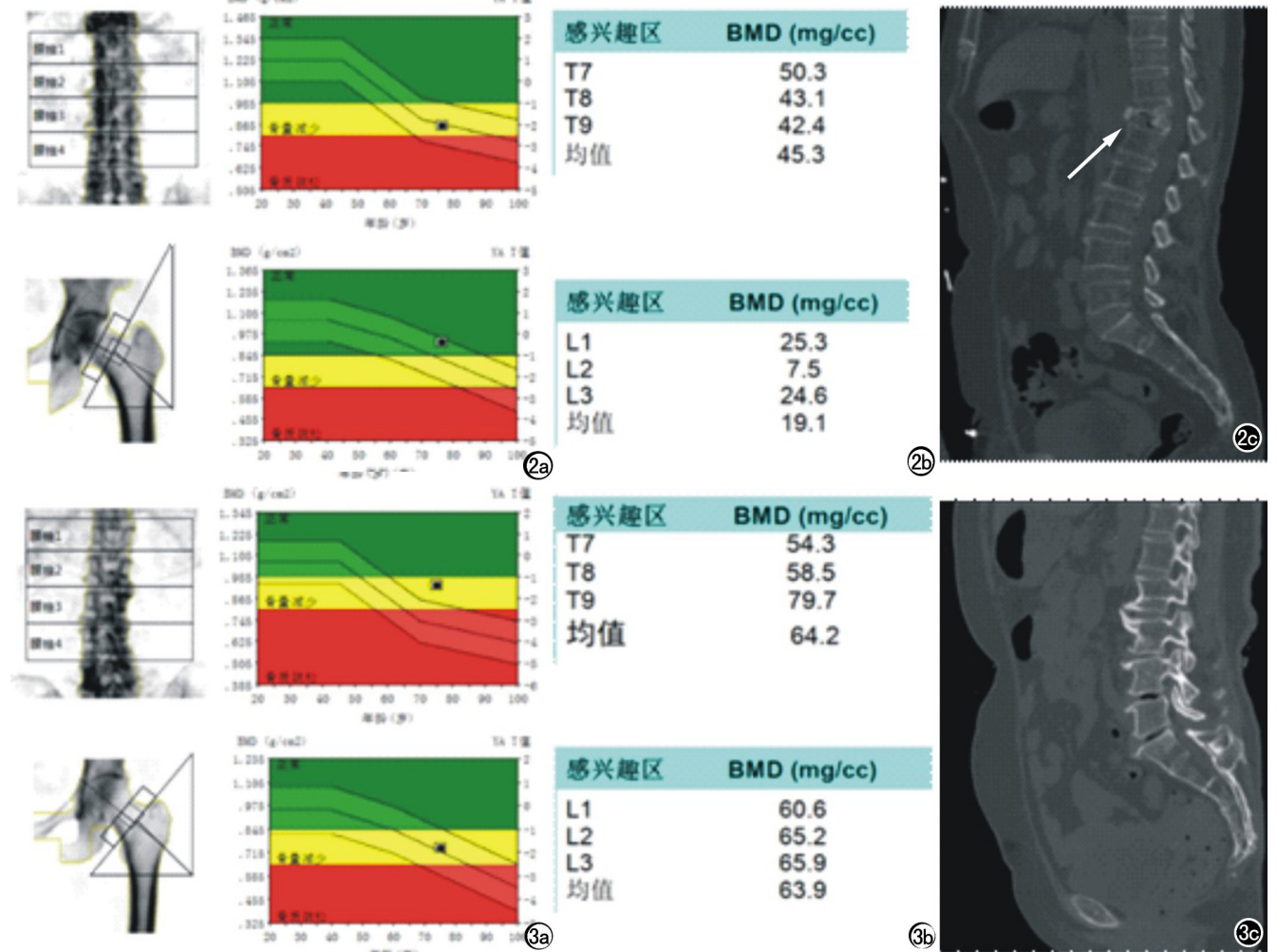


图 2 女,76 岁,BMI 30kg/m²。a)DXA 检测腰椎和髋部 BMD 的 T 值分别为-0.7 和-0.4,诊断骨量正常;b) QCT 上胸 7-9 椎体和腰 1-3 椎体的平均 BMD 分别为 45.3 和 19.1mg/cm³,诊断骨质疏松;c) CT 矢状面示胸 12 椎体压缩性骨折(箭),腰椎无明显骨质增生。图 3 女,75 岁,BMI 22.9kg/m²。a)DXA 示腰椎和髋部 BMD 的 T 值分别为-0.7 和-1.8,诊断骨量减少;b) QCT 上胸 7-9 椎体和腰 1-3 椎体的平均 BMD 分别为 64.2 和 63.9mg/cm³,诊断骨质疏松;c) CT 矢状面示腰椎骨质增生明显。

率为 51.6%，而人们对骨质疏松的认知明显不足，20 岁以上人群骨质疏松症相关知识知晓率仅为 11.7%，且骨质疏松的检测率明显偏低，50 岁以上人群中仅有 3.7% 的接受过骨密度检测^[11]，这与我国的 DXA 设备使用率明显低有关。相比 DXA，我国的 CT 应用更加普遍，接受 CT 检查的人数远超过 DXA，QCT 的应用可以明显提高骨质疏松的检出率。Therkildsen 等^[12]研究也发现在冠状动脉 CT 检查的患者中 87% 的胸椎 BMD < 80 mg/cm³，明显骨密度减低者在这之前未诊断为骨质疏松，因此利用常规 CT 所提供的骨密度信息进行机会性筛查将会明显提高骨质疏松的检出。

目前 QCT 诊断骨质疏松依据美国放射学院的诊断标准^[4]，测量的是腰 1-3 或腰 1-2 椎体平均骨密度。但在临床的常规胸部 CT 检查和冠状动脉 CTA 检查中，多数病例的扫描范围并不包括腰 2 以下椎体，因此对于胸部 CT 检查的患者要评估有无骨质疏松需要扩大扫描范围。既往研究表明 QCT 胸椎和腰椎 BMD 测量值之间存在线性相关性，同时 QCT 胸椎的骨矿物质密度变化和腰椎的变化比较一致^[5]，因此可据 QCT 胸椎的骨密度判定全身骨密度情况。结合文献并考虑临床实用性和可操作性，本文采用测量胸 7-9 三个椎体骨密度的方法。利用 QCT 胸椎 BMD 判定骨质疏松和骨量减少的阈值目前尚无一个确切标准，Therkildsen 等^[12]对 1487 例冠状动脉 CT 检查患者的胸 6-9 椎体中的连续 3 个椎体的进行 QCT 定量分析，并采用 ACR 的腰椎 QCT 阈值将患者分为骨密度非常低(<80 mg/cm³)、低(80~120 mg/cm³)，和正常(>120 mg/cm³) 3 组。但由于胸椎 BMD 比腰椎高 10%~20%，因此采用腰椎 QCT 标准会低估患者骨质疏松情况。本研究根据 Budoff 与 Lenchik 等的研究结果将判定骨质疏松和骨量减少的胸 7-9 椎体 QCT BMD 阈值设为 90 mg/cm³ 和 136 mg/cm³，以尽可能避免对骨质疏松的低估和高估。

虽然 DXA 目前仍是诊断骨质疏松的标准方法和金标准，然而 DXA 在骨质疏松症诊断中的作用值得怀疑的；DXA 为二维影像，其检查结果易受骨质增生(包括终板炎、韧带炎和小关节炎)、主动脉粥样硬化及体质指数的影响，在老年人这一影响更加明显。在一项基于人口的大规模研究中只有不到一半的女性(44%)和更少的男性(21%)被 DXA 正确诊断为骨质疏松症^[13]。国内 Xu 等^[14]对 313 例年龄大于 60 岁老年男性进行的腰椎 QCT 和 DXA 对照研究中，QCT 和 DXA 检测的骨质疏松率分别为 45.1% 和 10.9%。Li 等^[15]140 例绝经期女性的研究中 QCT 和 DXA 检测的骨质疏松率分别为 46.4% 和 20%，29.3% 的病例 QCT 有骨质疏松而 DXA 无骨质疏松。本研究人群与

Li 等研究相似，均为绝经后的汉族女性，结果也比较接近，本组中胸 7-9 椎体 QCT 检出骨质疏松率为 39.58%，DXA 为 17.19%；49 例(25.52%)的胸椎 QCT 有骨质疏松而 DXA 表现为骨量减少或正常。同时 QCT 测量椎体 BMD 与预测发生的椎体骨折有良好的相关性，而 DXA 的 T 值则与之无明显相关。本研究显示不同 BMI 对腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值有统计学差异($P < 0.05$)，而对胸椎 QCT 的 BMD 无统计学差异($P > 0.05$)，且 BMI 与腰椎 DXA 的 BMD 及 T 值有弱相关性($r = 0.17, P < 0.05$)，而与胸椎 QCT 的 BMD 无相关性($P > 0.05$)，这说明与 QCT 相比，超重肥胖会影响腰椎 DXA 的 T 评分，应谨慎对待 DXA 骨密度结果，避免绝经后超重肥胖女性骨质疏松症的漏诊，这与 Milisic 等^[16]的研究结果一致。

本研究的不足之处在于研究样本量相对较少，而且为单中心研究；国际临床骨密度学会和美国放射学院均提出腰椎 QCT 诊断骨质疏松的标准，并证明适用于中国人群，本研究没有完全搜集到腰椎 QCT 的数据，仅补充搜集到 67 例，尽管这部分数据胸椎 QCT 和腰椎 QCT 对骨量减少和骨质疏松的检出率无统计学差异($P > 0.05$)，但是在研究中判定骨量减少和骨质疏松的 QCT 胸椎 BMD 阈值为根据文献推导出的估算值，该值可能存在一定的偏差，还需要多中心大数据的进一步验证。但即使采用美国放射学院的骨质疏松诊断标准，本组中 QCT 胸椎 BMD 诊断骨质疏松和骨量减少的分别为 53 例(27.6%)和 85 例(44.27%)，也明显高于 DXA，具有统计学意义。

综上所述，胸椎 QCT 对绝经后女性骨质疏松的检出率优于双能 DXA，胸部 CT 检查联合胸椎 QCT 获得胸椎 BMD 可指导绝经后女性进行骨质疏松的筛查，在绝经后女性人群中对骨质疏松症的诊断具有重要价值。

参考文献：

- [1] 马远征,王以朋,刘强,等.中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(12):1541-1567.
- [2] 玄淑兴,张振国,贾守强.基于定量 CT 分析不同年龄、生理时期女性腰椎骨密度与腹部脂肪的相关性[J].放射学实践,2021,36(5):642-647.
- [3] Wong CP, Gani LU, Chong LR. Dual-energy X-ray absorptiometry bone densitometry and pitfalls in the assessment of osteoporosis: a primer for the practicing clinician[J]. Arch Osteoporos, 2020, 15(1):135.
- [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] 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-relative change in bone

- mineral density[J]. Acad Radiol, 2017, 24(12): 1582-1587.
- [6] 王勇朋, 阳琰, 何生生, 等. 低剂量胸部 CT 与 QCT 椎体骨密度测量一站式扫描可行性研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(11): 1194-1197.
- [7] Budoff MJ, Hamirani YS, Gao YL, et al. Measurement of thoracic bone mineral density with quantitative CT[J]. Radiology, 2010, 257(2): 434-440.
- [8] Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, et al. The diagnosis of osteoporosis[J]. J Bone Miner Res, 1994, 9(8): 1137-1141.
- [9] 中国超重/肥胖医学营养治疗专家共识(2016 年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2016, 8(9): 525-540.
- [10] Cheng X, Zhao K, Zha X, et al. Opportunistic screening using low-dose CT and the prevalence of osteoporosis in China: a nationwide, multicenter study[J]. J Bone Miner Res, 2021, 36(3): 427-435.
- [11] 中国骨质疏松症流行病学调查及“健康骨骼”专项行动结果发布[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2019, 12(4): 317-318.
- [12] Therkildsen J, Winther S, Nissen L, et al. Feasibility of opportunistic screening for low thoracic bone mineral density in patients referred for routine cardiac CT[J]. J Clin Densitom, 2020, 23(1): 117-127.
- [13] Schuit SC, van der Klift M, Weel AE, et al. Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: the rotterdam study[J]. Bone, 2004, 34(1): 195-202.
- [14] Xu XM, Li N, Li K, et al. Discordance in diagnosis of osteoporosis by quantitative computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry in Chinese elderly men[J]. J Orthop Translat, 2019, 18(3): 59-64.
- [15] Li N, Li XM, Xu L, et al. Comparison of QCT and DXA: osteoporosis detection rates in postmenopausal women[J]. Int J Endocrinol, 2013, 3: 1-5.
- [16] Milisic L, Vegar-Zubovic S, Valjevac A, et al. Bone mineral density assessment by DXA vs. QCT in postmenopausal females with central obesity[J]. Curr Aging Sci, 2020, 13(2): 153-161.

(收稿日期: 2022-01-18 修回日期: 2022-03-28)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页 → 点击“作者投稿” → 按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度) → 用新注册的用户名和密码登录 → 点击“作者投稿”进入稿件管理页面 → 点击“我要投稿” → 浏览文件 → 上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中) → 录入稿件标题、关键词等 → 最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录 → 点击“作者查稿”进入稿件管理页面 → 点击左侧导航栏“我的稿件库” → “稿件状态”显示稿件处理进度 → 点击“查看” → 选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035

· 体质成分影像学专题 ·

骨密度和肝脏脂肪含量与内脏脂肪含量相关性定量 CT 研究

祝凤玲, 王植, 孟祥虹, 徐华, 仲玉乔, 樊红星

【摘要】 目的:探讨骨量正常和骨量减低以及骨质疏松患者的骨密度(BMD)、肝脏脂肪含量和内脏脂肪组织(VAT)含量的相关性。**方法:**本研究共纳入男受试者 398 人,年龄 20~85 岁,平均 50.0 ± 16.3 岁。骨量正常组 230 人,骨量减低组 118 人,骨质疏松组 50 人。女受试者 468 人,年龄 21~91 岁,平均 53.5 ± 16.0 岁,骨量正常组 219 人,骨量减低组 127 人,骨质疏松组 122 人。应用 QCT 测量受试者 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT。采用单因素方差分析比较男女性 3 组间肝脏脂肪含量和 VAT 有无差别。对测量数据进行正态分布检验,采用 Pearson 相关评价 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT 的相关性。**结果:**男肝脏脂肪含量($F=1.248, P=0.288$)3 组无统计学差异;VAT($F=19.486, P<0.001$)差异有统计学意义。女肝脏脂肪含量($F=6.686, P=0.001$)、VAT($F=85.228, P<0.001$)3 组差异有统计学意义。男 BMD 与肝脏脂肪含量($P=0.258$)不相关,BMD 与 VAT($R=-0.309, P<0.001$)呈负相关;肝脏脂肪含量与 VAT($R=0.450, P<0.001$)呈正相关。女 BMD 与肝脏脂肪含量($R=-0.139, P<0.001$)、BMD 与 VAT($R=-0.514, P<0.001$)均呈负相关;肝脏脂肪含量与 VAT($R=0.446, P<0.001$)呈正相关。**结论:**男 BMD 与 VAT 呈负相关,肝脏脂肪含量和 VAT 呈正相关,而女 BMD 与肝脏脂肪含量和 VAT 均呈负相关,肝脏脂肪含量和 VAT 呈正相关。

【关键词】 脂肪肝;腹内脂肪;体层摄影术,X 线计算机;骨密度

【中图分类号】 R814.4;R336;R575.5;R329.55 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)10-1211-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The QCT study of correlation among bone mineral density, liver fat content and visceral adipose tissue content ZHU Feng-ling, WANG Zhi, MENG Xiang-hong, et al. Department of radiology, Tianjin Hospital of Tianjin, Tianjin 300211, China

【Abstract】 Objective: To investigate the correlation among bone mineral density (BMD), liver fat content and visceral adipose tissue (VAT) content in patients with normal bone mass, low BMD and osteoporosis. **Methods:** 398 males aged 20~85 years, with an average of 50.0 ± 16.3 , were included in this study. There were 230 normal bone mass cases, 118 low BMD cases, and 50 osteoporosis cases. 468 females aged 21~91 years were enrolled, with an average of 53.5 ± 16.0 . 219 subjects were in the normal bone mass group, and 127 in the low BMD group, and 122 in the osteoporosis group. BMD, liver fat content and VAT were measured by QCT. One-way ANOVA was used to determine the differences of liver fat content and VAT among groups. The normal distribution of the data was tested, and the Pearson correlation was used for the correlation among BMD, liver fat content and VAT. **Results:** In the three groups of males, no statistical differences was observed in liver fat content ($F=1.248, P=0.288$); however, VAT was significant different among the three groups ($F=19.486, P<0.001$). In the three groups of females, significant difference was observed in liver fat content ($F=6.686, P=0.001$) and VAT ($F=85.228, P<0.001$). In the male group, BMD was not correlated with liver fat content ($P=0.258$), but negatively correlated with VAT ($R=-0.309, P<0.001$), and there was positive correlation between liver fat content and VAT ($R=0.450, P<0.001$). In the female group, BMD was neg-

作者单位: 300211 天津,天津市天津医院放射科(祝凤玲、王植、孟祥虹、徐华、仲玉乔);300211 天津医科大学医学影像学院医学技术(樊红星)

作者简介: 祝凤玲(1993-),女,黑龙江人,初级技师,主要从事骨肌系统影像技术应用。

通讯作者: 王植, E-mail: wz13820256789@163.com

基金项目: 资助医疗卫生专家学者科技创新小微项目课题基金资助项目(20002);天津市天津医院科技基金资助项目(Tjyy2012)

atively correlated with liver fat content ($R = -0.139, P < 0.001$) and VAT ($R = -0.514, P < 0.001$), and liver fat content was positively correlated with VAT ($R = 0.446, P < 0.001$). **Conclusion:** There is a negative correlation between BMD and VAT, a positive correlation between liver fat content and VAT in the male group. There is a negative correlation between BMD and liver fat content and VAT, and a positive correlation between liver fat content and VAT in the female group.

【Key words】 Fatty liver; Intra-abdominal fat; Tomography, X-ray computed; Bone density

骨质疏松症(Osteoporosis, OP)是以骨量减少、骨质量受损及骨强度降低导致骨脆性增加、易发生骨折为特征的全身性骨病^[1]。人口老龄化日益加重, OP 已越来越多地引起广泛关注。非酒精性脂肪肝病(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)在西方国家已成为慢性肝病的主要病因, 代谢综合征(metabolic syndrome, MS)是以腹型肥胖、糖耐量减退、高血压和血脂异常等病变为主的全身疾病, 对于腹型肥胖者而言, 内脏脂肪组织含量增多(visceral adipose tissue, VAT)为心血管疾病的重要危险因素。研究指出^[2-5] OP、NAFLD 和 MS 发病机制相似, 如均受到胰岛素抵抗、慢性炎症和体力活动不足等因素的影响, 三者密切相关、互相影响、互相作用。

定量 CT (quantitative computed tomography, QCT)是利用临床 CT 扫描的数据, 结合 QCT 的质控体模和软件分析系统测量骨密度的方法。QCT 和临床常规 CT 扫描同步进行, 无额外增加的辐射剂量, 患者依从性好。目前的 QCT 设备可一次扫描完成腰椎骨密度、肝脏脂肪含量和腹部内脏脂肪含量的定量测量^[6-7]。

但对于 OP、NAFLD 和 MS 的大部分研究集中在绝经后女性 BMD 与 VAT 的相关性上, 而在不同性别间 OP、NAFLD 和 MS 之间相关性研究较少。本研究拟应用 QCT 定量测量、分析不同性别间正常受试者和骨量减低、骨质疏松患者的骨密度、肝脏脂肪含量和内脏脂肪含量相关性。

材料与方法

1. 入排标准

回顾性搜集 2020 年 4 月—2021 年 8 月因拟入院而行胸部 CT 平扫及因退变、外伤等原因行胸腰段 CT 平扫的患者。排除胸、腰椎骨折、手术、感染、肿瘤等疾病者; 排除既往患有病毒性肝炎、自身免疫性肝病、酒精性肝病、药物或毒素诱导性肝损害和肝细胞癌患者。

2. 影像学检查

胸部 CT 平扫采用美国 GE 公司 64 排螺旋 CT (CT660, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) 进行数据采集, 视野 50 cm, 重建视野 38 cm, 管电压

120 kV, 管电流 200~300 mA, 据患者体重自动调节。扫描范围从第 1 肋骨上方 2 cm 至第 3 腰椎下缘水平, 应用标准算法进行扫描, 层厚 1.25 mm。胸腰段 CT 平扫视野 50 cm, 重建视野 38 cm, 管电压 120 kV, 管电流 300 mA, 扫描范围自胸 11 椎体上缘至腰 3 椎体下缘, 应用标准算法进行扫描, 层厚 1.25 mm。扫描完成后, 将数据上传至美国 Mindways QCT PRO V6.1 工作站。

3. 数据测量

由两名经过培训的高年资放射科医师(MXH, 从事骨肌系统影像诊断 12 年; WZ, 从事骨肌系统影像诊断 33 年)完成以下测量, 测量结果取二者平均值:

选定要测量的腰 1—3 椎体, 手动选择 ROI, ROI 中不包含骨岛、椎静脉、病损区域等(图 1)。所有受试者据 QCT 测量得到的腰椎骨密度平均值分为 3 组。①骨量正常组: 骨密度 $> 120 \text{ mg/mm}^3$; ②骨量减低组: 骨密度 $80 \sim 120 \text{ mg/mm}^3$; ③骨质疏松组: 骨密度 $< 80 \text{ mg/mm}^3$ ^[8]。在肝脏显示最大层面, 共测量 4 个 ROI, 3 个放在肝右叶, 1 个放在肝左叶。在肝右叶, ROI 放置在肝右叶的中间位置, 需避开胆囊窝以及肝脏边缘空气干扰, ROI 面积不宜过大或过小。测量过程中如发现轻微改变 ROI 的位置或大小, 肝脏脂肪测量结果即发生明显变化时, 更换层面重新测量(图 2)。腰 3 椎体中部层面进行 VAT 数据测量^[9](图 3)。

4. 统计学方法

本研究应用 SPSS 26.0 (IBM 公司, 美国) 软件进行统计学分析。采用单因素方差分析及 LSD 检验分别观察男、女性受试者骨量正常、骨量减低、骨质疏松 3 组肝脏脂肪含量和内脏脂肪含量有无区别; 检验测量数据是否符合正态分布, 若符合正态分布, 采用 Pearson 相关分析骨密度、肝脏脂肪含量、内脏脂肪含量在男、女性受试者中是否有相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料

本研究共纳入男受试者 398 人, 年龄 20~85 岁, 平均 50.0 ± 16.3 岁。骨量正常组 230 人, 年龄 20~85 岁, 平均 41.7 ± 13.5 岁; 骨量减低组 118 人, 年龄 27~

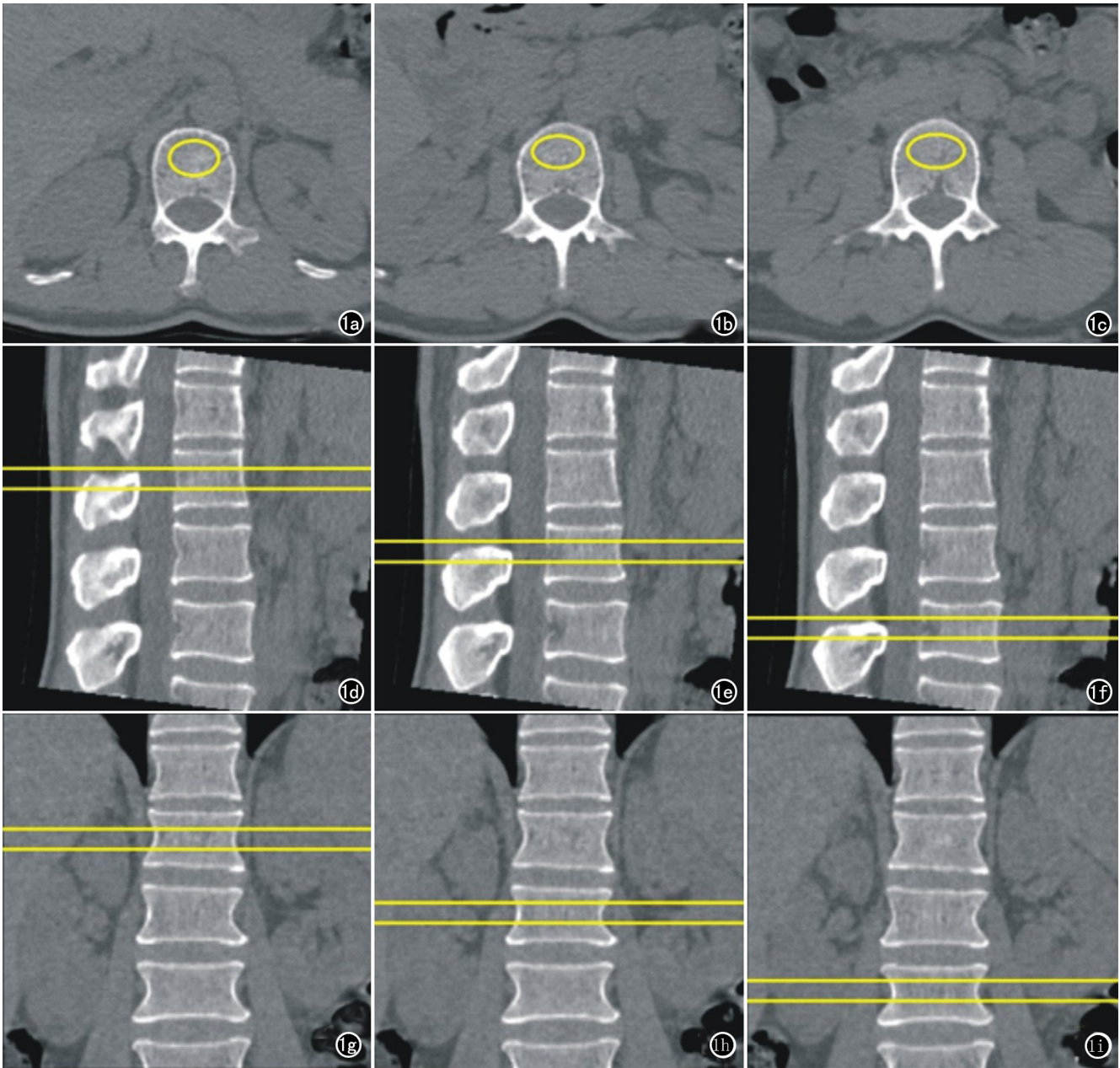


图 1 应用 QCT 进行腰 1-3 椎体骨密度测量。a) 腰 1 横断面 ROI 选择; b) 腰 2 横断面 ROI 选择; c) 腰 3 横断面 ROI 选择; d) 腰 1 矢状面 ROI 选择; e) 腰 2 矢状面 ROI 选择; f) 腰 3 矢状面 ROI 选择; g) 腰 1 冠状面 ROI 选择; h) 腰 2 冠状面 ROI 选择; i) 腰 3 冠状面 ROI 选择。

80 岁,平均 58.0 ± 12.6 岁;骨质疏松组 50 人,年龄 49~85 岁,平均 69.3 ± 8.5 岁。

女受试者 468 人,年龄 21~91 岁,平均 53.5 ± 16.0 岁。骨量正常组 219 人,年龄 21~71 岁,平均 39.0 ± 10.5 岁;骨量减低组 127 人,年龄 30~84 岁,平均 61 ± 7.9 岁;骨质疏松组 122 人,年龄 48~91 岁,平均 69.9 ± 7.3 岁。

2. 男骨量正常、骨量减低、骨质疏松组间肝脏脂肪含量及 VAT 含量的差异

肝脏脂肪含量在 3 组间差异无统计学意义($F = 1.248, P = 0.288$)。VAT 含量 3 组之间差异有统计学

意义($F = 19.486, P < 0.001$),骨量正常与骨量减低组($P < 0.001$),骨量正常与骨质疏松组($P < 0.001$)差异有统计学意义,骨量减低及骨质疏松组的 VAT 含量明显高于骨量正常组(表 1)。

3. 女骨量正常、骨量减低、骨质疏松组间肝脏脂肪含量及 VAT 含量的差异

肝脏脂肪含量 3 组之间差异有统计学意义($F = 6.686, P = 0.001$),骨量正常与骨量减低组($P = 0.001$)及骨量正常与骨质疏松组($P = 0.015$)间差异均有统计学意义,骨量减低、骨质疏松组肝脏脂肪含量高于骨量正常组。VAT 含量 3 组之间差异有统计学意义

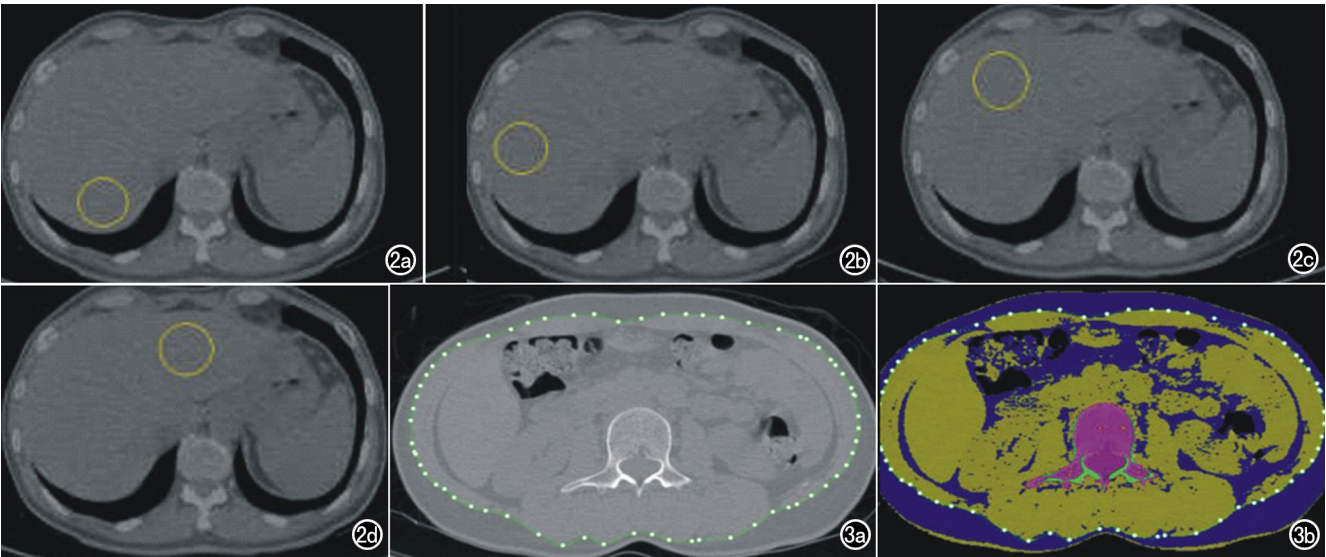


图 2 肝脏脂肪含量 QCT 测量。共测量 4 个 ROI,3 个放在肝右叶,1 个放在肝左叶。a)肝右叶选择第一个 ROI;b) 肝右叶选择第二个 ROI;c) 肝右叶选择第三个 ROI;d)肝左叶选择一个 ROI。 图 3 应用 QCT 在腰 3 椎体中部层面进行内脏脂肪组织含量测量。a) 选择内脏脂肪含量进行测量的影像图;b) 选择内脏脂肪含量进行测量伪彩图。

($F=85.228, P<0.001$),骨量正常与骨量减低组($P<0.001$),骨量正常与骨质疏松组($P<0.001$)差异均有统计学意义,骨量减低及骨质疏松组的 VAT 含量明显高于骨量正常组(表 2)。

4. 男 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT 含量的相关性分析

男 BMD 与肝脏脂肪含量($R=-0.057, P=0.258$)无相关;BMD 与 VAT 含量($R=-0.309, P<0.001$)呈负相关;肝脏脂肪含量与 VAT 含量($R=0.450, P<0.001$)呈正相关(图 4)。

5. 女 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT 含量的相关性分析

女 BMD 与肝脏脂肪含量($R=-0.139, P=0.03$)、BMD 与 VAT 含量($R=-0.514, P<0.001$)均呈负相关;肝脏脂肪含量与 VAT 含量($R=0.446, P<0.001$)呈正相关(图 5)。

讨 论

QCT^[10-11]是利用临床 CT 扫描的数据,结合 QCT 的质控体模和软件分析系统测量骨密度的方法,QCT 可以测量多个部位的骨密度,目前应用比较多的是脊柱和髋部,单独测量胸腰段椎体骨密度即可反应全身骨密度情况。腰椎 QCT 诊断 OP 的标准由国际临床骨密度学会^[12]于 2007 年提出,并在中国人群中得到验证,证明该标准适用于中国人群。椎体 QCT 测量的是椎体中央松质骨的体积骨密度,单位是 mg/cm^3 。QCT 测量的是真正的体积骨密度,测量结果不受脊柱退变、侧弯和体重等因素的影响,可以减少漏诊。DXA^[13]只能测量二维的骨密度(mg/cm^2),因此很容易受到骨大小、脊柱退变、椎体变形、腹主动脉钙化等因素的影响,这些因素往往会导致测量结果的不准确,尤其是对老年人。以骨小梁数作为骨质疏松症的测量指标,QCT 可分别测量骨小梁和皮质骨密度,它可以提供早期骨量的变化的程度,较 DXA 能更早、更准确

表 1 男受试者骨量正常、骨量减低、骨质疏松组间肝脏脂肪含量及 VAT 含量的差异

组别	骨量正常组 (n=230)	骨量减低组 (n=118)	骨质疏松组 (n=50)	F	P
肝脏脂肪含量(%)	10.15±5.34	10.97±5.50	9.84±3.82	1.248	0.288
内脏脂肪组织含量(cm^2)	150.55±65.06	192.92±67.95	191.97±69.08	19.486	<0.001

表 2 女受试者骨量正常、骨量减低、骨质疏松组间肝脏脂肪含量及 VAT 含量的差异

组别	骨量正常组 (n=219)	骨量减低组 (n=127)	骨质疏松组 (n=122)	F	P
肝脏脂肪含量(%)	8.17±4.95	10.06±5.06	9.54±4.93	6.686	0.001
内脏脂肪含量(cm^2)	99.15±47.79	153.62±51.53	166.11±54.61	85.228	<0.001

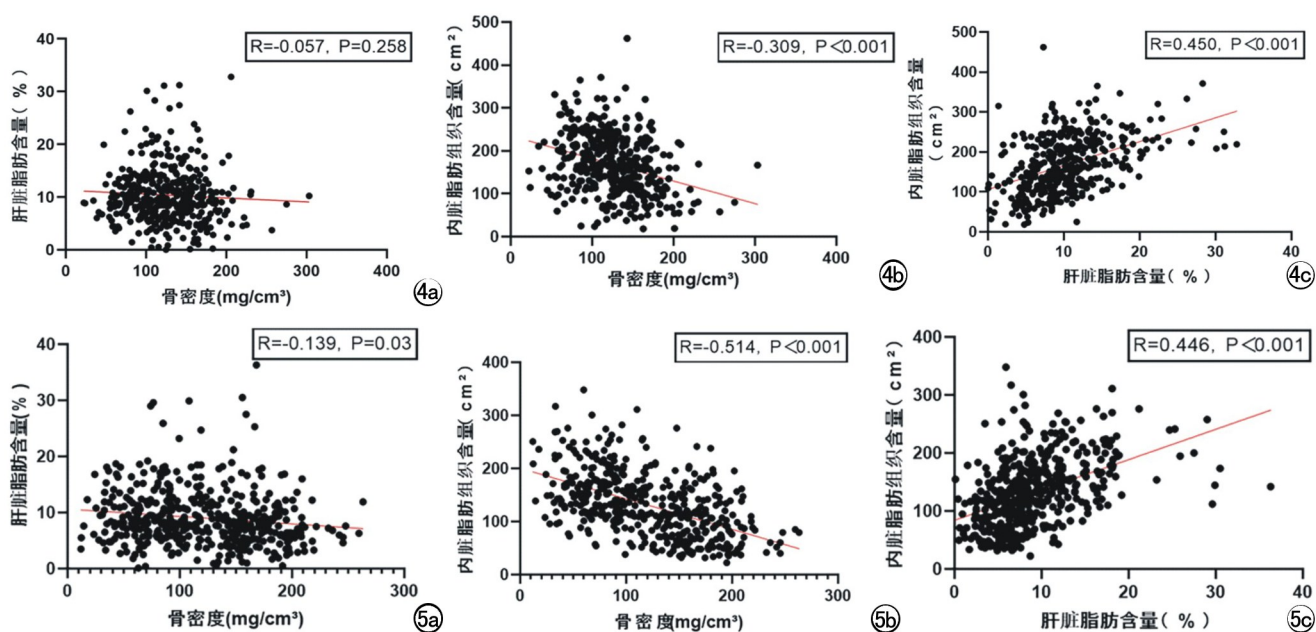


图 4 男 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT 含量的相关性分析。a) 男骨密度与肝脏脂肪含量的相关性分析散点图；b) 男骨密度与内脏脂肪组织含量相关性分析散点图；c) 男肝脏脂肪含量与内脏脂肪组织含量相关性分析散点图。图 5 女 BMD、肝脏脂肪含量和 VAT 含量的相关性分析。a) 女骨密度与肝脏脂肪含量的相关性分析散点图；b) 女骨密度与内脏脂肪组织含量相关性分析散点图；c) 女肝脏脂肪含量与内脏脂肪组织含量相关性分析散点图。

地反应 BMD 的变化。随着设备的发展,目前的 QCT 设备可在不增加辐射剂量和费用的基础上,在进行骨密度测量的同时准确、定量测量肝脏脂肪含量和 VAT 含量。同时有研究指出脊柱 QCT 的骨质疏松检出率高于 DXA^[14]。

本研究发现男受试者骨量减低、骨质疏松组 VAT 含量明显高于骨量正常组,骨密度越低,VAT 含量越高,而肝脏脂肪含量在 3 组间无统计学差异。而对于女受试者,骨量减低、骨质疏松组肝脏脂肪及 VAT 含量明显高于骨量正常组,骨密度越低,肝脏脂肪和 VAT 含量越高。

目前,国内外学者对 BMD、肝脏脂肪含量及 VAT 含量之间的关联进行研究。Sung 等^[15]认为 NAFLD 和 BMD 之间没有相关,但调整了混杂因素后,NAFLD 与女性 BMD 有较低的相关,与本研究有所不同。本研究男 BMD 与肝脏脂肪含量无相关,女 BMD 与肝脏脂肪呈负相关。原因可能与 BMD 和肝脏脂肪含量的测量方法不同有关,本研究采用的是 QCT 测量,而 Sung 等的研究是用超声诊断脂肪肝,用 DXA 测量骨密度。洪玉芹等^[16]通过 CT 定量探讨腹部脂肪分布与 NAFLD 严重程度的关系,发现 VAT 与 NAFLD 密切相关,VAT 能较好地反应 NAFLD 的严重程度,与本研究结果一致。陈佳等^[17]认为成年男腰椎 BMD 与 VAT 呈负弱相关($R = -0.129$),Zhang

等^[18]认为女 BMD 与 VAT 呈负相关,与本研究一致。杨沛等^[19]认为男 VAT 在 60 岁以上与 BMD 正相关,女 VAT 在 60 岁以上与 BMD 呈负相关。张晓东等^[20]应用 QCT 分析测量 L3 的 BMD 及相应层面的皮下脂肪、VAT 含量并进行相关性分析,结果显示男 BMD 与皮下脂肪含量、VAT 含量均无明显相关,但女 BMD 与 VAT 呈负相关。以上两位笔者与本研究结果有所不同。本研究男与女的 VAT 与 BMD 均呈负相关,但男 VAT 与 BMD 的相关性弱于女 VAT 与 BMD 的相关性。原因可能是研究选取样本量的大小以及年龄组成不一致导致的。另外男与女结果的不同可能与女性内分泌因素特别是绝经后的中老年女性的雌激素分泌减少有关。

OP、NAFLD、MS 在发病机制、调节因子等方面密切相关、互相影响、互相作用^[21-22]。近年来的研究表明胰岛素抵抗、生长激素和胰岛素样生长因子-1 缺乏、骨钙素降低、骨桥蛋白增加、骨保护素降低、瘦素增加、脂联素降低、维生素 D 缺乏、慢性炎症和氧化应激(TNF- α 和 IL-6 升高等)、体育运动减少等因素会导致骨密度减低、肝脏脂肪变性甚至肝炎、肝硬化以及代谢综合征等的发生发展。

本研究尚有不足。第一,本课题为单中心研究,未去除 BMI 等因素对脂肪肝、VAT 含量的影响,可能造成测量偏倚;第二,本课题未按年龄对受试者进行分

组,年轻受试者较少,样本量不足,今后需进一步纳入年轻人的 QCT 数据。

骨量减低、骨质疏松的男 VAT 含量明显高于骨量正常者,骨密度越低,VAT 含量越高。而对于女性而言,骨量减低、骨质疏松者肝脏脂肪及 VAT 含量明显高于骨量正常者,骨密度越低,肝脏脂肪和 VAT 含量越高。QCT 可无创、定量、准确、一体化评价 BMD 与肝脏脂肪和内脏脂肪含量的相关性。

参考文献:

- [1] 中华医学会,中华医学杂志社,中华医学会全科医学分会,等.原发性骨质疏松症基层诊疗指南(2019 年)[J].中华全科医师杂志,2020,19(4):304-315.
- [2] 陈景娴,梁晓军,陈劲松,等.非酒精性脂肪肝与骨密度关联研究的相关进展[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(10):1396-1400.
- [3] 张鑫涛,陈倩敏,陈佳玲,等.基于 mDIXON-quant 的腰椎骨髓脂肪含量与性别、年龄、体重指数、腰围及内脏脂肪的相关性[J].临床放射学杂志,2019,38(7):1292-1295.
- [4] 周爽,陆靖,陆俊功,等.定量 CT 测量腹部脂肪分布和肝脏脂肪含量与非酒精性脂肪肝相关性[J].医学影像学杂志,2021,31(8):1350-1353.
- [5] 玄淑兴,张振国,贾守强,等.基于定量 CT 分析不同年龄、生理时期女性腰椎骨密度与腹部脂肪的相关性[J].放射学实践,2021,36(5):642-647.
- [6] Simon Cataño Jimenez, Sebastian Saldarriaga, Christopher D. Chaput, et al. Dual-energy estimates of volumetric bone mineral densities in the lumbar spine using quantitative computed tomography better correlate with fracture properties when compared to single-energy BMD outcomes[J]. Bone, 2020, 130:115100.
- [7] 王勇朋,陈琰,何生生,等.低剂量胸部 CT 与 QCT 椎体骨密度测量一站式扫描可行性研究[J].放射学实践,2018,33(11):1194-1197.
- [8] 李凯,陈捷,赵林芬,等.中国人群定量 CT(QCT)脊柱骨密度正常参考值的建立和骨质疏松症 QCT 诊断标准的验证[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(9):1257-1262,1272.
- [9] 王玲,袁慧书,程晓光,等.积极推进定量 CT 的临床应用[J].中华放射学杂志,2021,55(4):337-339.
- [10] Orwoll ES, Oviatt SK, Mann T, et al. The impact of osteophytic and vascular calcifications on vertebral mineral density measurements in men [J]. J Clinical Endocrinology and Metabolism, 1990, 70(4):1202-1207.
- [11] Maria Mylona, Michalis Leotsinides, Theodoros Alexandrides, et al. Comparison of DXA, QCT and trabecular structure in b-thalassaemia[J]. Eur J Haematology, 2005, 74(5):430-437.
- [12] 程晓光,李勉文,李娜,等.定量 CT 骨密度测量(QCT)在骨质疏松症诊治中的临床应用 2007 国际临床骨密度学会(ISCN)共识摘录[J].中国骨质疏松杂志,2012,18(11):969-974.
- [13] 刘雪峰,伦晓名,郁万江,等.QCT 与 DXA 对老年类风湿关节炎患者骨质疏松症诊断价值的对比研究[J].中国骨质疏松杂志,2021,27(4):475-480.
- [14] Lang TF, Guglielmi G, van Kuijk C, et al. Measurement of bone mineral density at the spine and proximal femur by volumetric quantitative computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry in elderly women with and without vertebral fractures[J]. Bone, 2002, 30(1):247-250.
- [15] Jisun Sung, Seungho Ryu, Yun-Mi Song, et al. Relationship between non-alcoholic fatty liver disease and decreased bone mineral density: a retrospective cohort study in Korea[J]. J Prev Med Public Health, 2020, 53(5):342-352.
- [16] 洪玉芹,曾燕,杨剑,等.腹部脂肪 CT 定量评估与非酒精性脂肪肝严重程度的相关性[J].中国医学影像学杂志,2020,28(10):779-783.
- [17] 陈佳,宋玲玲,蹇新梅,等.成年男性腰椎骨密度与腹部脂肪组织相关性的定量 CT 研究[J].中华放射学杂志,2020,54(12):1197-1200.
- [18] Luping Zhang, Xiangyan Ruan, Rui Ju, et al. Lumbar bone mineral density measured by quantitative computed tomography (QCT): association with abdominal adipose tissue in different menopausal periods of Chinese women[J]. Gynecological Endocrinology: the Official J International Society of Gynecological Endocrinology, 2021, 37(3):264-268.
- [19] 杨沛,唐静,舒意,等.定量 CT 研究体质成分与骨密度的相关性[J].四川医学,2021,42(11):1143-1149.
- [20] 张晓东,赵文吉,陈叙君,等.腰椎骨质密度与年龄、性别、体质参数及腹部脂肪的相关性[J].中国医学影像技术,2015,31(5):762-765.
- [21] Sikarin Upala, Veeravich Jaruvongvanich, Karn Wijarnpreecha, et al. Nonalcoholic fatty liver disease and osteoporosis: a systematic review and meta-analysis[J]. J Bone and Mineral Metabolism, 2017, 35(6):685-693.
- [22] Sampaio Leticia Guadanhim, Marques Janaina, Petterle Ricardo Rasmussen, et al. Association between fractures and traditional risk factors for osteoporosis and low bone mineral density in patients with obesity[J]. Archives of Endocrinology and Metabolism, 2021, 65(2):152-163.

(收稿日期:2022-02-17 修回日期:2022-04-13)

· 体质成分影像学专题 ·

基于不同管电压下腰椎定量 CT 骨密度测量临床研究

刘艳莹, 胡昊, 李万忠, 陈国栋, 王玲, 王岩

【摘要】 目的:探讨不同管电压下定量 CT(QCT)测量腰椎骨密度(BMD)结果的差异及校正方法。**方法:**招募 2021 年 10 月至 2022 年 1 月于我院进行低剂量肺 CT 联合腰椎 QCT 健康体检人群中检出疑似肺部炎性病变,进而需进一步 CT 复查者为志愿者,两次扫描时间间隔 1~4 周,共入组 122 例,根据两次检查管电压的不同记为 100 kV 组和 120 kV 组,其余扫描参数相同,分别进行骨密度测量,采用配对 *t* 检验对两次测量结果的差异进行比较,计算组内相关系数(ICC)评价两组间相关性,应用 Bland-Altman 分析两次测量结果之间的一致性,运用 Pearson 相关性分析、线性回归分析得出相关系数及回归方程。**结果:**保持其他扫描条件一致,采取不同管电压扫描,定量 CT 所测得的腰椎骨密度不同,100 kV 管电压下测得的骨密度大于 120 kV 管电压下的骨密度,差异具有统计学意义($P=0.000$),两组间测量结果一致性好、相关性好($ICC=0.996, P=0.000$);不同管电压下骨密度测量结果相关性强,且二者呈正相关($r=0.9961, P=0.000$),得出回归方程 $Y=0.9932X-2.160, R^2=0.9923$ 。**结论:**100 kV 和 120 kV 管电压条件下,定量 CT 骨密度测量结果存在差异,结果呈高度正性相关。当管电压为 100 kV 时,可通过回归方程进行校正,获得 120 kV 条件下的真实骨密度值。

【关键词】 管电压; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量; 骨密度; 骨质疏松

【中图分类号】 R814.4; R144; R336; R681 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)10-1217-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Clinical study of bone mineral density of lumbar vertebrae with QCT based on different tube voltages

LIU Yan-ying, HU Hao, LI Wan-zhong, et al. Department of Radiology, Graduate Training Base of Jinzhou Medical University, Panjin Liao Oil Gem Flower Hospital, Liaoning 124010, China

【Abstract】 Objective: To explore the correlation between the bone mineral density (BMD) results of lumbar measured by quantitative CT (QCT) under different tube voltages. **Methods:** From October 2021 to January 2022, a total of 122 subjects with two low-dose lung CT scans for detection of suspicious lung inflammation were enrolled, and the interval between two scans was 1 to 4 weeks. The tube voltage was set as 100kV and 120kV respectively for the two scans. Except for the different tube voltages, the scanning parameters were consistent in the two groups. Paired *t* test was used to determine the differences between the two measurement, and the ICC value was calculated to evaluate the inter-test agreement between the two groups. The consistency of the two measurement results is analyzed by Bland-Altman, and the correlation coefficient and regression equation are obtained by using Pearson correlation analysis and linear regression analysis. **Results:** The main results are as follows: the two tube voltage groups differed in BMD of lumbar vertebrae. The BMD in 100kV group was significantly higher than that in 120kV group ($P=0.000$). The measurement results of BMD under different tube voltage are consistent. The inter-test agreement was excellent, and there was a positive correlation between two test results ($ICC=0.996, P=0.000; r=0.996, P=0.000$). The correlation regression equation of BMD was obtained: $Y=0.9932X-2.160, R^2=0.9923$. **Conclusion:** BMD results were different under the condition of 100kV and 120kV tube voltage, but were highly correlated. The true value of BMD under the condition of 120kV can be calculated by using the regression equation and BMD results

作者单位: 124010 辽宁, 锦州医科大学盘锦辽油宝石花医院研究生培养基地放射线科(刘艳莹)、放射线科(胡昊, 李万忠, 陈国栋, 王岩); 100035 北京, 北京积水潭医院放射科(王玲)

作者简介: 刘艳莹(1996-), 女, 黑龙江省哈尔滨人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事骨质疏松影像学研究。

通讯作者: 王岩, E-mail: 80927@163.com

under 100kV.

【Key words】 Tube voltage; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage; Bone density; Osteoporosis

骨质疏松症是好发于中老年人的常见慢性疾病,导致中老年人的生活质量下降,同时也加重了医疗负担^[1,2]。定期对老年人群骨密度进行测量能及时监测骨量的变化、明确骨质疏松诊断,进而指导临床,达到预防、治疗的目的。定量 CT(quantitative CT, QCT)和双能 X 线骨密度仪(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)是目前国际社会广泛应用的骨密度测量方法,二者相较, QCT 测得的骨密度结果更精准、操作更便捷^[3,4]。然而 CT 检查的辐射剂量一向是大众广泛关注的问题。目前临床工作中肺 CT 检查时管电压设置范围为 100~140 kV,而 QCT 测量腰椎 BMD 诊断标准则规定以 120 kV 管电压进行腰椎扫描能获得腰椎 BMD 真值。管电压、管电流、图像噪声等作为 CT 检查的重要参数,一旦改变将会对患者的辐射剂量、图像质量及 CT 值测量结果产生影响^[5,6]。降低管电压是常用的低剂量扫描方法,学者研究发现肺 CT 联合椎体 QCT 一站式扫描有助于降低辐射剂量且降低医疗成本^[7]。本研究分别采用低管电压 100kV 和标准管电压 120 kV 两种扫描条件下对腰椎进行 QCT 骨密度测量,比较两种管电压条件下测量结果的差异,并探讨其校正方法,力求在减低患者辐射剂量的同时提供真实的腰椎骨密度值,为低剂量 QCT 扫描技术在临床骨密度测量提供参考依据。

材料与方法

1. 研究对象及分组

本研究为全国 QCT 疾病大数据多中心研究项目,并经盘锦辽油宝石花医院伦理委员会批准,招募 2021 年 10 月至 2022 年 1 月于本院进行低剂量肺 CT 联合腰椎 QCT 体检人群中检出疑似肺部炎性病变,进而需进一步 CT 复查的人群为志愿者,两次扫描时间间隔 1~4 周,签署知情同意书。志愿者排除标准:曾发生骨折或进行腰椎手术、患有恶性肿瘤、严重的代谢性疾病,近期使用过影响骨代谢的产品或药物,测量前 1 周内使用过碘对比剂、进行 CT 检查的患者。本研究共入组 122 例,其中男 67 例,女 55 例,年龄 23~58 岁,平均年龄(41.86 ± 7.57)岁。根据两次检查管电压不同分为 100 kV 组和 120 kV 组。

2. 检查方法

使用联影 128 层螺旋 CT 扫描机(uCT760)、美国 Mindways 公司的 QCT(model3)校准体模对研究对象进行先后两次扫描。两次扫描管电压分别设置为

100 kV 和 120 kV,其余扫描条件相同。管电流 60 mA,螺距 1.0875:1,床高 145 cm,层厚 1 mm,旋转时间 0.5 s,FOV 500 mm×500 mm,采用体部重建。将校正体模平行于脊柱长轴放置于扫描床上,固定于胸、腰椎的位置,被检者仰卧于 CT 扫描床,双手上举并抱头,腰骶部与体模尽量贴紧,同时进行体模与人体的扫描,扫描范围自胸廓入口至腰 2 椎体下缘水平。

3. 骨密度测量方法

将容积数据传至 QCT PRO 工作站,使用 Mindways 公司的 5.0.3 Version QCT PRO 的 3D spine exam analysis 进行椎体松质骨的骨密度测量,半自动设置 ROI,层厚为 9 mm,尽量避免增生、硬化、骨岛、骨皮质、各椎小关节以及椎后静脉入口处骨小梁缺少区的测量,由两位高年资主治医师采取双盲法分别测量每个患者的 L₁、L₂ 椎体骨密度,取两椎体骨密度的平均值作为腰椎的骨密度值。

4. 骨质疏松的诊断标准

根据中国定量 CT(QCT)骨质疏松症诊断指南(2018):骨量正常者骨密度的绝对值应 $>120 \text{ mg/cm}^3$,骨密度绝对值处于 $80 \sim 120 \text{ mg/cm}^3$ 之间则为低骨量,骨密度绝对值 $<80 \text{ mg/cm}^3$ 即可判定为骨质疏松^[8]。

5. 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。计算组内相关系数(intraclass correlation co-efficient, ICC),评价两位医师测量结果的一致性、两组间测量结果的相关性及一致性。不同管电压下测得的骨密度值差异的比较采用配对样本 *t* 检验。运用 Bland-Altman 分析再次检验两次测量结果间是否具有的一致性。通过 Pearson 相关性分析得出两组间腰椎骨密度测量结果的相关系数。经一元线性回归分析得出回归方程。 $P < 0.05$ 有统计学意义。

结 果

1. 不同管电压下腰椎骨密度均值的比较(图 1)

100 kV 组与 120 kV 组 BMD 均值分别为(166.69 ± 33.63) mg/cm^3 、(163.39 ± 33.53) mg/cm^3 , 100 kV 组 BMD 均值高于 120 kV 组,经配对 *t* 检验, $t = 12.330, P = 0.000$,两组间骨密度值差异具有统计学意义,即随着管电压的增高,腰椎骨密度值减低。两组不同管电压下 BMD 测量结果比较, $\text{ICC} = 0.996$,

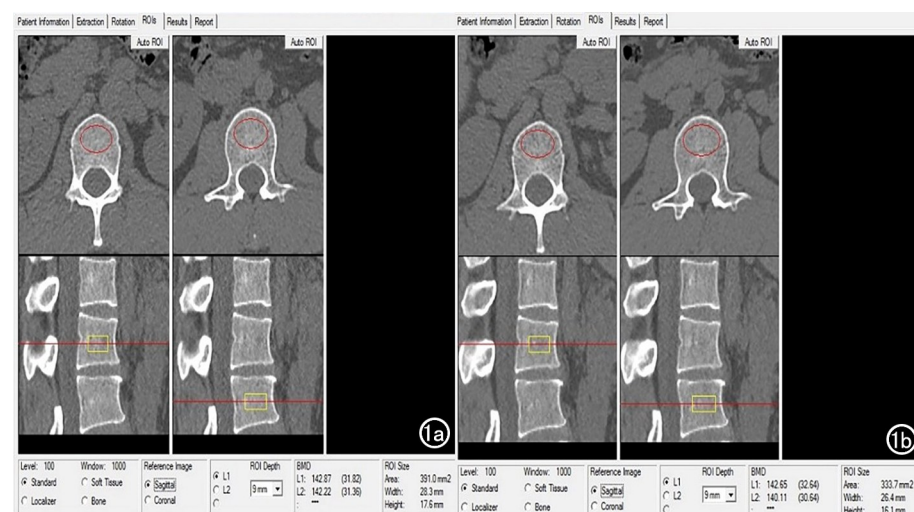


图1 体检人员间隔 20d 扫描测得的 L_1 、 L_2 骨密度值。a) 100kV 管电压；b) 120kV 管电压。

$P=0.000$,即两组间 BMD 相关性较好,一致性高。

2. 不同管电压下骨密度测量结果一致性分析

不同管电压下骨密度测量结果 Bland-Altman 一致性分析(图 2)。在一致性界限范围以内,100 kV 组与 120 kV 组腰椎 BMD 差值的绝对值最大值 12.51,差值平均值 3.298,95%一致性界限(LoA) $\bar{x} \pm 1.96s$ 为(-2.493,9.089),96.7%(118/122)的点位于 95% LoA 之内,两次测量结果一致性较高。

3. 不同管电压下骨密度测量结果回归分析

100 kV 与 120 kV 扫描条件下测得的 BMD 值呈高度正相关, $r=0.9961$,95%CI=(0.9945,0.9973), $P<0.0001$ 。两组结果线性回归分析(图 3),将 120 kV 下测得的腰椎 BMD 值设为因变量(Y),100 kV 下的腰椎 BMD 值设为自变量(X),根据 $Y=aX+b$, R^2 ,得出回归方程,即 $BMD_{120kV}=0.9932 \times BMD_{100kV}-2.160$, $R^2=0.9923$ 。

讨论

骨质疏松症是一种以骨微结构改变导致的单位体积骨量较少、骨组织进行性破坏的一种全身代谢性疾病,我国尤以中老年人多见。骨质疏松严重者最终可演变为脆性骨折,甚至有致残风险,严重影响了中老年患者的生活质量^[9]。定期检测骨密度能够及时反映骨量的变化,指导临床预防、治疗骨质疏松,提高患者的生活质量。研究表明腰椎 BMD 可用于评估总体骨骼健康的指标^[10],本研究选取肺 CT 联合腰椎 QCT 健康体检患者中需进一步检查的人群,在不额外

增加患者辐射剂量的同时进行不同管电压下的 QCT 腰椎 BMD 测定,以评价不同管电压下的腰椎骨密度值间的相关关系,进而实现体检人群低管电压下的腰椎骨密度精准测量,降低患者的辐射风险。

CT 已成目前临床检查中辐射占比较高的部分,关于放射线检查的辐射剂量及防护问题愈发受到人们的重视^[11]。临床建议肺部及其他检查部位尽可能应用低剂量 CT 检查,在保证图像质量及诊断需求的同时尽可能减轻患者检查过程中所受的辐射剂量^[5,12]。既往研究表明^[13-15]通过降低管电压、管电流、缩短曝光时间和使用

迭代算法等可有效减低辐射剂量。Kubo T 等^[11]研究发现管电压与患者的辐射剂量密切相关,降低受检者辐射剂量,核心在于降低管电流和管电压。本研究中通过将不同管电压下的腰椎 BMD 值对比发现,管电压与 BMD 值呈反比,与既往学者研究结果相一致。

不同管电压下 BMD 值改变,推测其作用机理如下:管电压与 X 线的穿透力呈正比,即随着管电压的增加,X 线穿透力增加,图像的空间分辨率随之增加,另外,因 X 线的辐射剂量与管电压的平方呈正比,故而增加管电压的同时,辐射剂量显著增加^[16,17];改变管电压的同时,X 线通过人体组织产生的衰减程度不同,进而导致局部组织 CT 值发生变化^[18]。当管电压减低时,X 线穿透力减弱,光电效应增加而康普顿效应减小^[19],图像质量减低,同时探测器对 X 线光子的吸收也有所减低,导致局部组织 CT 值增加,因 QCT 腰椎 BMD 测量时是椎体与体模同时进行扫描,利用 BMD 与 CT 值的换算公式: $BMD=[(Hb-Hw)/(Hk-Hw)] \times Ck$,Ck 为体模材料中骨矿替代物质浓度,Hb、Hk、Hw 分别为骨、体模、水的 CT 值^[20]。故而低

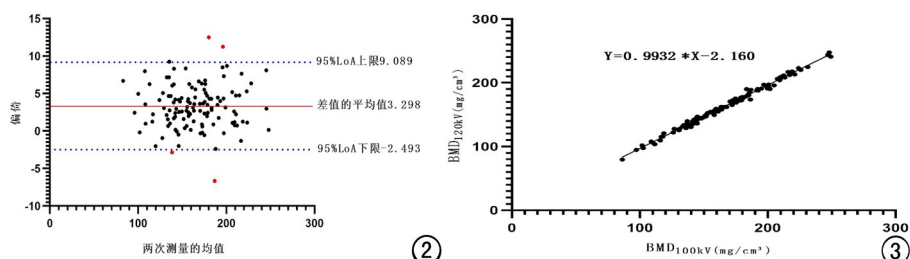


图2 不同管电压下骨密度测量结果一致性分析。图3 不同管电压下骨密度测量结果回归分析。注:BMD_{100kV},100kV 管电压下测得的腰椎骨密度;BMD_{120kV},120kV 管电压下测得的腰椎骨密度。

管电压 QCT 测得的腰椎 BMD 值略高于常规测量值^[21,22]。

相较王予生等^[22]对不同管电压下欧洲体模的 BMD 差异研究,本研究中两组管电压间 BMD 均值差异较小,仅 3 mg/cm³。这可能是因为本研究选取体检人群进行扫描,且志愿者多为中、青年,受 X 线能量的改变产生衰减变化较小,故而不同管电压下的 BMD 差异小。而体模受空气伪影和线束硬化等 CT 扫描条件影响较大,因而在管电压变化时可能相对测量结果差异较大。不同管电压下的 BMD 差值虽有统计学意义,但从临床角度上来说 3 mg/cm³ 的 BMD 差异对临床诊疗意义不大。在低剂量肺 CT 联合腰椎 QCT 体检中,100 kV 管电压下测得的腰椎 BMD 近似于常规 120 kV 管电压下的测量的腰椎 BMD 值,也可利用校正公式计算出真实的腰椎 BMD 值,进而按照国际骨质疏松诊断标准进行骨量分类,为体检人群定期骨量评估提供参考依据。

本研究不足之处:(1)本研究是基于既往学者进行的大量腰椎 BMD 与管电压间关系而展开的前瞻性研究,旨在探索不同电压下的腰椎骨密度值的差异、相关关系并得出回归方程,就本中心研究而言不同扫描条件下,采集的图像质量基本相同,对腰椎骨密度值的评估有参考价值,但目前国内外相关研究甚少,故而本研究可循参照较少;(2)本中心研究样本量相对较小、年龄组构成以青、中年为主,研究结果的准确性可能与全国多中心研究结果产生差异。故而,该项研究还需相关领域学者进行大样本、多中心研究,探讨适宜中国人群的不同管电压下的骨密度换算公式,得出更为科学、严谨的结论。

综上所述,据本研究结果表明 100 kV 与 120 kV 管电压下腰椎骨密度测量结果相近,且呈显著正相关,利用回归方程可实现 100 kV 低管电压下的腰椎 BMD 值测算,得出人体腰椎 BMD 真值。便于广泛应用到健康体检人群当中,在降低受检者辐射风险的同时实现骨密度的精确监测、评估,为骨质疏松的预防、也为今后多中心相关研究提供参考依据。

参考文献:

- [1] 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组.骨质疏松性骨折诊疗指南[J].中华骨科杂志,2017,37(1):1-10.
- [2] 李楠,曾静,张培,等.定量 CT 骨密度测定在中老年男性中的应用研究[J].中国骨质疏松杂志,2021,27(1):40-43.
- [3] 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,等.骨质疏松的影像学及骨密度诊断专家共识[J].中华放射学杂志,2020,54(8):745-752.
- [4] 翟建,吴雅琳,胡琴,等.基于定量 CT 对不同性别、年龄人群血尿酸与腰椎骨密度的相关性分析[J].放射学实践,2020,35(3):385-388.

- [5] 孙羽.低管电压多时相头颈 CTA 的应用研究:图像质量及辐射剂量[J].继续医学教育,2021,35(4):129-130.
- [6] 曹国全,蔡志敏,陈勇春,等.低管电压联合迭代重建算法对胸部 CT 血管造影图像质量及辐射剂量的影响[J].中华放射医学与防护杂志,2015,35(5):393-396.
- [7] 王勇朋,阳琰,何生生,等.低剂量胸部 CT 与 QCT 椎体骨密度测量一站式扫描可行性研究[J].放射学实践,2018,33(11):1194-1197.
- [8] 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.
- [9] Coughlan T, Dockery F. Osteoporosis and fracture risk in older people[J]. Clin Med (Lond), 2014, 14(2): 187-191.
- [10] Salzmann SN, Shirahata T, Yang J, et al. Regional bone mineral density differences measured by quantitative computed tomography: does the standard clinically used L₁-L₂ average correlate with the entire lumbosacral spine? [J]. Spine J, 2019, 19(4): 695-702.
- [11] Kubo T, Ohno Y, Kauczor HU, et al. Radiation dose reduction in chest CT-Review of available options[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(10):1953-1961.
- [12] 唐坤,曹国全,李瑞,等.低管电压腹部 CT 扫描对图像质量及辐射剂量影响的体模实验[J].中国医学影像技术,2012,28(4):800-804.
- [13] Goo HW. Is it better to enter a volume CT dose index value before or after scan range adjustment for radiation dose optimization of pediatric cardiothoracic CT with tube current modulation? [J]. Korean J Radiol, 2018, 19(4): 692-703.
- [14] Buls N, Gompel GV, Cauteren TV, et al. Contrast agent and radiation dose reduction in abdominal CT by a combination of low tube voltage and advanced image reconstruction algorithms[J]. Eur Radiol, 2015, 25(4): 1023-1031.
- [15] Schmidt BT, Hupfer M, Saltybaeva N, et al. Dose optimization for computed tomography localizer radiographs for low-dose lung computed tomography examinations[J]. Invest Radiol, 2017, 52(2): 81-86.
- [16] Costello JE, Cecava ND, Tucker JE, et al. CT radiation dose: current controversies and dose reduction strategies[J]. Am J Roentgenol, 2013, 201(6): 1283-1290.
- [17] Goo HW. CT radiation dose optimization and estimation: an update for radiologists[J]. Korean J Radiol, 2012, 13(1): 1-11.
- [18] 叶飞,徐彪,羊章哲,等.低管电压和低浓度对比剂对下肢动脉 CTA 检查的图像质量和辐射剂量的影响[J].医学理论与实践, 2020, 33(19): 3262-3263.
- [19] 孙继全,陈文新,吴志强,等.低管电压在降低肺动脉 CT 成像对比剂量及辐射剂量的研究[J].实用放射学杂志,2016,32(3): 437-440.
- [20] 刘瑞,汪方,张洁,等.定量 CT 测定骨矿物质密度研究进展[J].国际骨科学杂志,2012,33(4):234-236. 239.
- [21] Genant HK, Cann CE, Ettinger B, et al. Quantitative computed tomography of vertebral spongiosa: a sensitive method for detecting early bone loss after oophorectomy[J]. Ann Intern Med, 1982, 97(5): 699-705.
- [22] 王予生,过哲,赵海竹,等.不同管电压对定量 CT 骨密度测量结果的影响[J].中国医学影像技术,2015,31(10):1475-1478.

• 体质成分影像学专题 •

定量 CT 身体组分分析预测乳腺癌手术联合辅助治疗预后研究

付宝月, 王传彬, 王昕, 蒋雪艳, 董江宁

【摘要】 目的:探讨手术联合辅助治疗前后的定量 CT(QCT)身体组分参数的变化在评估乳腺癌患者预后中的价值。**方法:**回顾性分析 91 例平均年龄(49.69 ± 9.72)岁患者经术后病理证实为乳腺癌的临床病理资料。对所有患者术前和辅助治疗后分别进行 QCT 扫描,并测量治疗前后两次的 QCT 参数,包括 L_1 、 L_2 椎体水平骨密度(BMD)和 L_3 椎体水平总肌肉面积(TMA)、皮下脂肪面积(SFA)、内脏脂肪面积(VFA)、总脂肪面积(TFA)。将 QCT 扫描时间间隔标准化为 365 天,计算所有参数治疗前后的变化率。用受试者工作特征曲线(ROC)评估各参数预测效能并计算最佳截断点。用独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验及单因素方差分析进行单因素分析,对单因素分析有意义的参数进行多因素 logistics 回归分析筛选出影响乳腺癌预后的独立危险因素。**结果:**治疗前后 Δ BMD、 Δ SFA、 Δ VFA、 Δ TFA、 Δ TMA 分别为 -20.47% 、 9.26% 、 22.17% 、 18.51% 和 -2.81% ;单因素分析显示, Δ SFA、 Δ VFA 及 Δ TFA 是乳腺癌预后的影响因素($P < 0.05$);多因素 logistics 回归分析显示, Δ VFA 是乳腺癌患者预后的独立危险因素($P < 0.05$)。**结论:** Δ VFA 与接受手术联合辅助治疗的乳腺癌患者的预后有关,QCT 身体组分分析在乳腺癌的预后评估中具有重要的价值。

【关键词】 乳腺肿瘤; 体层摄影术, X 线计算机; 预后

【中图分类号】 R737.9; R814.4; R449 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)10-1221-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.10.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of quantitative CT body composition analysis to predict the prognosis of breast cancer patients treated by surgery and adjuvant therapy FU Bao-yue, WANG Chuan-bin, WANG Xin, et al. Department of Bengbu Medical College, Anhui 233030, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of quantitative CT (QCT) body component parameters in predicting the prognosis of breast cancer patients treated with surgery and adjuvant therapy. **Methods:** A retrospective analysis was performed for 91 cases with breast cancer confirmed by surgical pathology. The average age was 49.69 ± 9.72 years. All patients underwent QCT scans before and after treatment. L_1 , L_2 bone mineral density (BMD), L_3 -level parabertebral total muscle area (TMA), subcutaneous fat area (SFA), visceral fat area (VFA) and total fat area (TFA) were measured, and the change of QCT parameters were calculated, with QCT scan interval standardized as 365 days. The diagnostic accuracy of parameters and best cut-off values were determined by drawing receiver operating characteristic (ROC) curve. The statistical comparison was conducted by using independent sample t test, Mann-Whitney U test or one-way ANOVA test. For the factors with significant differences, multivariate logistics regression was conducted to determine the independent factors in predicting the prognosis of breast cancer. **Results:** Δ BMD, Δ SFA, Δ VFA, Δ TFA, Δ TMA were -20.47% , 9.26% , 22.17% , 18.51% and -2.81% , respectively. Univariate analysis showed that the Δ SFA, Δ VFA and Δ TFA were the influencing factors for the prognosis of breast cancer ($P < 0.05$). Multivariate logistics regression analysis showed that Δ VFA was an independent risk factor for the prognosis of breast cancer patients ($P < 0.05$). **Conclusion:** Δ VFA is related to the prognosis of breast cancer patients receiving surgery combined with adjuvant therapy. QCT body composition analysis is valuable in the prognosis assessment of breast cancer.

作者单位: 233030 安徽, 蚌埠医学院(付宝月、王昕、蒋雪艳、董江宁); 230031 合肥, 中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院) 西区影像科(王传彬、董江宁)

作者简介: 付宝月(1998—), 女, 安徽省寿县人, 研究生在读, 主要从事妇科肿瘤影像诊断工作。

通讯作者: 董江宁, E-mail: dongjn@163.com

基金项目: 安徽省卫生健康委科研项目(AHWJ2021b153); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(YD2150002001); 安徽省临床医学重点专科建设资助项目(2019sjlczdzk)

【Key words】 Breast neoplasms; Tomography, X-ray computed; Prognosis

乳腺癌是全球女性最常见的恶性肿瘤,发病率逐年上升并趋于年轻化^[1]。大量研究发现乳腺癌发病年龄越小,肿瘤级别越高,侵袭性越强,预后越差^[2]。目前乳腺癌主要依靠临床分期来拟定治疗方案和评估远期预后。但是临床分期主要依据于肿瘤的解剖信息,不能反映肿瘤的生物学异质性和侵袭性,此外即使在同一分期下,不同患者的治疗预后也存在很大的差异。因此,亟需一种针对乳腺癌预后更为精确的评估方法以提高乳腺癌患者的生存质量。既往研究发现肿瘤在治疗期间总是伴随着肌肉、骨量、脂肪等身体组分的变化,而这些身体组分也被证实与患者的预后密切相关^[3-4]。定量 CT(quantitative computed tomography, QCT)作为一种无创、可重复性高的三维影像测量技术能够识别肌肉、脂肪及骨密度等身体组分(body composition)的细微变化,并将它们量化,深入研究它们与癌症预后之间的关系。因此,本研究旨在探讨定量 CT 身体组分分析在评估乳腺癌患者手术联合辅助治疗预后中的价值。

材料与方法

1. 研究对象

回顾性分析 2015 年 1 月至 2018 年 8 月经中国科学技术大学第一附属医院西区术后病理证实为乳腺癌的 91 例患者的临床病理资料,所有患者均做胸部及上腹部 CT 平扫与增强。纳入标准:①经术后病理证实为乳腺癌,并一直行治疗的乳腺癌患者;②患者同意进行各项检查和治疗,并自愿签署知情同意书;③均分别于术前 1 周及辅助治疗后 1 个月进行 QCT 扫描。排除标准:①排除术前做新辅助化疗患者;②QCT 扫描前及治疗期间使用其他治疗方法;③腰椎椎体有硬化、骨折、囊变或手术史等;④同时合并有其他肿瘤。

2. 扫描方法

所有患者采用 GE Discovery 750 HD 64 排 CT 扫

描仪,美国 Mindways 定量 CT(QCT Pro 5.0 v)系统、欧洲脊柱质控体模;扫描范围包括 L₁—L₃ 椎体。设置带有 QCT Pro 标识的扫描序列,CT 扫描参数:球管电压固定为 120 kVp,球管电流(auto mAs 技术),球管旋转时间 0.8 s,螺距 1.375, DFOV 50 cm,矩阵 512×512,层厚及层间隔 5 mm,重建层厚及间隔 1.25 mm。扫描结束后手动选取 QCT Pro 单个序列传输至 Mindways QCT 工作站进行存储及处理。

3. 测量方法

将图像导入 QCT Pro 工作站,由两名放射科医生独立完成所有数据的测量。①骨密度:在 L₁、L₂ 椎体中心手动绘制感兴趣区域(region of interest, ROI),并用“3D spine exam analysis”功能得到两个椎体的骨密度值(bone mineral density, BMD),并计算平均值(图 1、2)。测量时尽量包含更多的松质骨,避开皮质骨和椎静脉沟。②脂肪、肌肉面积:选取 L₃ 椎体所在层面,用“tissue composition”功能里的“auto snake”功能自动生成总肌肉面积(total muscle area, TMA)、皮下脂肪面积(subcutaneous fat area, SFA)、内脏脂肪面积(visceral fat area, VFA)和总脂肪面积(total fat area, TFA)(图 3)。

4. 手术联合辅助治疗期间身体组分变化率标准

因不同患者在治疗前后两次的 QCT 扫描时间间隔存在一定的差异,参照既往研究标准^[5-6]需要将变化率标准化进行计算。而本研究中两次 QCT 扫描的平均时间间隔为 354 天,接近 1 年时间,因此将变化率标准化为年变化率进行计算,即标准 QCT 扫描时间间隔天数为 365 天,以此方法计算所有参数的变化率,并分别用 Δ BMD, Δ SFA, Δ VFA, Δ TFA, Δ TMA 表示。以 Δ SFA 为例, Δ SFA = (治疗后 SFA - 治疗前 SFA) × 标准 QCT 扫描时间间隔天数 / (实际 QCT 扫描时间间隔天数 × 治疗前 SFA) × 100%。

5. 乳腺癌患者手术联合辅助治疗的方案及分组

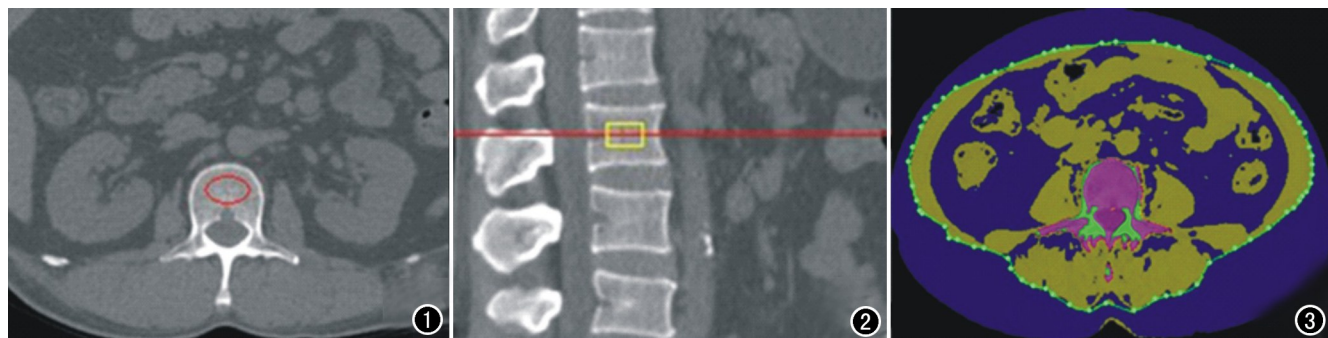


图 1 椎体骨密度测量横断面示意图。 图 2 椎体骨密度测量矢状面示意图。 图 3 测量 L₃ 椎体层面皮下脂肪面积、内脏脂肪面积和总脂肪面积。

所有治疗方案均依患者的病情个性化制定。手术治疗包括乳房改良根治术以及保乳术。辅助治疗方案包括化疗、放疗、内分泌治疗及免疫靶向治疗等。其中,对于Ⅰ~Ⅲ期患者,目标应是治愈乳腺癌。对于Ⅳ期患者,治疗目标为尽可能长时间控制病情发展。

乳腺癌远处转移及预后分组:既往研究表明无转移性乳腺癌患者与转移性乳腺癌患者的中位无进展生存时间(progression free survival,PFS)存在差异^[7],因此本研究依据有无远处转移和复发作为预后评估的标准。

6. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 和 Medcalc 15.2.2 对所有数据进行统计。采用类间相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)分析两位医生数据测量的一致性(0.61~0.80 表示一致性良好,>0.80 表示好)。对所有参数进行正态性检验,并用 $\bar{x} \pm s$, M(P25, P75)分别对正态分布资料和非正态分布资料进行描述。绘制 ROC 曲线计算所有参数的曲线下面积(area under curve, AUC)及最佳截断点。用独立样本 *t* 检验、Mann-Whitney *U* 检验及单因素方差分析对所有参数进行单因素分析,再用多因素 Logistics 回归分析得出影响乳腺癌预后的独立危险因素。以 *P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 临床资料

本研究共纳入乳腺癌的患者 91 例,平均年龄为(49.69±9.72)岁。其中,无远处转移复发组 42 例,远处转移复发组 49 例;浸润性导管癌 62 例,非浸润性导管癌 3 例;≥5 cm 16 例,<5 cm 49 例;Ⅰ期 3 例,Ⅱ期 37 例,Ⅲ期 24 例,Ⅳ期 1 例。

2. 乳腺癌患者手术联合辅助治疗前后 QCT 参数的变化

两位医生在术前和辅助治疗后的两次测量的 5 个参数的 ICC 范围为 0.831~0.932,其中,TFA 的 ICC 最大,为 0.932(95%置信区间:0.896~0.955),说明研究具有良好的信效度。乳腺癌患者在联合治疗后 BMD 和 TMA 降低,变化率分别为 -20.47%、-2.81%;SFA、VFA 和 TFA 升高,变化率分别为 9.26%、22.17%及 18.51%(表 1)。

3. 乳腺癌患者手术联合辅助治疗预后的单因素

分析

单因素分析结果显示,ΔSFA、ΔVFA 及 ΔTFA 是乳腺癌手术联合辅助治疗预后的影响因素(*P* < 0.05)。当 ΔSFA ≥ 9.02%,ΔVFA ≥ 36.99%,ΔTFA ≥ 34.93%时,患者发生远处转移风险越高(表 2)。

表 2 乳腺癌患者联合治疗预后的单因素分析结果

类型	例数	<i>t</i> / <i>Z</i> / <i>F</i>	<i>P</i>
年龄		-1.459	0.148
≥50 岁	54		
<50 岁	37		
肿瘤类型		0.646	0.520
浸润性导管内癌	85		
非浸润性导管内癌	6		
最大瘤径		-1.365	0.176
≥5cm	23		
<5cm	68		
Ki-67		0.719	0.474
≥20%	66		
<20%	25		
ER		-0.184	0.854
+	68		
-	23		
PR		0.066	0.948
+	56		
-	35		
HER2		-0.215	0.830
+	66		
-	25		
ΔBMD		-0.927 ^a	0.354
≥-21.65%	47		
<-21.65%	44		
ΔSFA		-3.451 ^a	0.001
≥9.02%	47		
<9.02%	44		
ΔVFA		-2.731 ^a	0.006
≥36.99%	37		
<36.99%	54		
ΔTFA		-3.567 ^a	<0.001
≥34.93%	29		
<34.93%	62		
ΔTMA		1.298 ^a	0.194
≥-8.43%	60		
<-8.43%	31		
分期		0.129 [*]	0.720
Ⅰ期	6		
Ⅱ期	55		
Ⅲ期	29		
Ⅳ期	1		

注: * 经单因素方差分析得出的 *F* 值; ^a 经 Mann-Whitney *U* 检验得出的 *Z* 值; 其余参数均为独立样本 *t* 检验所对应的 *t* 值; ΔBMD 骨密度变化率; ΔSFA 皮下脂肪面积变化率; ΔVFA 内脏脂肪面积变化率; ΔTFA 总脂肪面积变化率; ΔTMA 总肌肉面积变化率

4. 乳腺癌患者手术联合辅助治疗预后的多因素

表 1 乳腺癌患者联合治疗前后 QCT 参数及相应的变化率结果

项目	BMD(mg/cm ³)	SFA(cm ²)	VFA(cm ²)	TFA(cm ²)	TMA(cm ²)
治疗前	131.90±44.12	152.40(111.50,194.20)	119.58±55.77	269.40(207.70,334.10)	206.70(176.30,238.60)
治疗后	95.19±49.50	167.30(128.60,211.70)	144.75±53.77	306.70(233.90,398.40)	189.50(173.20,224.60)
变化率(%)	-20.47(-44.58,-8.78)	9.26(-2.71,37.38)	22.17(0.81,86.18)	18.51(0.17,46.24)	-2.81(-16.94,13.29)

注: BMD 骨密度; SFA 皮下脂肪面积; VFA 内脏脂肪面积; TFA 总脂肪面积; TMA 总肌肉面积; 正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 非正态分布的计量资料用 M(P25, P75)表示

Logistics 回归分析

将单因素分析有统计学意义的 Δ SFA、 Δ VFA、 Δ TFA 3 个参数进行多因素 logistics 回归分析。结果显示 Δ VFA 是乳腺癌患者手术联合辅助治疗预后的独立危险因素($P=0.021$,表 3)。

表 3 乳腺癌患者联合治疗预后的多因素 Logistics 回归分析结果

因素	回归系数	Wald 2	P	OR(95%CIa)
Δ SFA	-0.040	3.514	0.061	0.960(0.921~1.002)
Δ VFA	-0.036	5.326	0.021	0.965(0.936~0.995)
Δ TFA	0.068	3.503	0.061	1.071(0.997~1.150)

注:a CI 为置信区间; Δ SFA 皮下脂肪面积变化率; Δ VFA 内脏脂肪面积变化率; Δ TFA 总脂肪面积变化率

5. 乳腺癌患者手术联合辅助治疗前后 QCT 参数变化率的 ROC 曲线分析

将单因素分析有意义的 QCT 参数进行 ROC 曲线分析,结果显示 Δ TFA 的 AUC 最大,为 0.718,其最佳截断点为 34.93%。并且当 Δ SFA>9.02%、 Δ VFA>36.99%、 Δ TFA>34.93%时,乳腺癌患者的不良预后的风险随之增加(表 4)。QCT 各参数的 ROC 曲线如图 4。

表 4 联合治疗前后 QCT 参数变化率的 ROC 曲线分析结果

参数	AUC(95%CIa)	截断值(%)	P
Δ SFA	0.711(0.606~0.801)	9.02	0.001
Δ VFA	0.667(0.560~0.762)	36.99	0.006
Δ TFA	0.718(0.614~0.807)	34.93	<0.001

注:a CI 为置信区间; Δ SFA 皮下脂肪面积变化率; Δ VFA 内脏脂肪面积变化率; Δ TFA 总脂肪面积变化率

讨 论

大多数癌症患者在治疗期间总是伴随着身体组分的变化,更严重时会导致恶病质的发生^[8],而肌肉质量的持续减少是恶病质的主要特征^[9]。大量研究指出 L₃ 的总肌肉横截面积和脂肪面积和全身肌肉质量、内脏脂肪组织之间存在高度的相关性,因此本研究通过选用 L3 椎体进行 QCT 测量来观察骨骼肌和脂肪组织在联合治疗前后的变化^[10]。本研究结果发现 TMA 虽然不是乳腺癌手术联合辅助治疗预后的影响因素,但是在手术联合辅助治疗期间 TMA 值较治疗前明显降低。Gigic 等及 Hagens 等^[11-12] 分别在研究结直肠癌和食管癌时指出肌肉质量的下降会引起机体的疲劳加重,治疗的毒性加剧,最终会缩短患者的总生存期。Rier 等^[13] 在研究乳腺癌时发现与未接受紫杉醇化疗的患者相比,接受紫杉醇化疗的患者的 TMA 平均损失 2.57 HU。本研究结果与上述研究结果基本一致,表明了辅助治疗期间,化疗药物等的使用会造成肌肉质量和功能的持续下降,最终会引起患者发生远处转移的风险增加。

在癌症的发生发展过程中,异位堆积的内脏脂肪

组织会分泌大量的促炎细胞因子,与癌症的激素样机制协同作用,促进蛋白质的消耗和胰岛素抵抗的增加^[14-15],进而导致患者的预后不良。郑小敏等^[6] 研究肝癌经导管动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization,TACE)治疗时指出当 Δ VFA $\geq 5.70\%$ 时,患者的生存期会随之缩短。Goulart 等^[16] 研究指出内脏脂肪组织与接受贝伐单抗或手术的结直肠癌患者的不良预后有关。蓝巧清等^[17] 研究指出 TFA 越低,胃癌术后并发症的发生率越高。本研究结果发现 Δ SFA、 Δ VFA、 Δ TFA 均与乳腺癌手术联合术后辅助治疗后远处转移有关,当 Δ SFA $\geq 9.02\%$, Δ VFA $\geq 36.99\%$, Δ TFA $\geq 34.93\%$ 时,乳腺癌患者远处转移的风险会随之增加。另外,本研究发现 Δ VFA 是乳腺癌手术联合辅助治疗后远处转移的独立危险因素。 Δ VFA 越高,乳腺癌发生远处转移的风险越大。造成这一结果的原因可能是内脏脂肪的堆积使全身炎症反应和胰岛素抵抗增多,进而损害了手术的应激免疫反应,导致手术部位感染的风险增加,伤口愈合延迟;也可能是化疗抑制了雌激素水平,使神经激素代谢水平失调,造成内脏脂肪的异位堆积,从而导致患者的远处转移及预后不良。

研究证实性腺相关的肿瘤在放化疗期间,由于性腺激素的水平低下,导致骨内环境的平衡被破坏,造成骨质的吸收增加、骨量的丢失增多^[18]。尽早地识别这种骨微结构的变化有利于提高患者的生存质量。而 QCT 作为国内外骨质疏松指南推荐的可准确测量三维骨密度的方法,能够更早地发现松质骨的变化,因此本研究选用 L₁ 和 L₂ 椎体的松质骨来评估骨密度在治疗期间的变化。Hopson 等^[19] 研究乳腺癌 BMD 时发

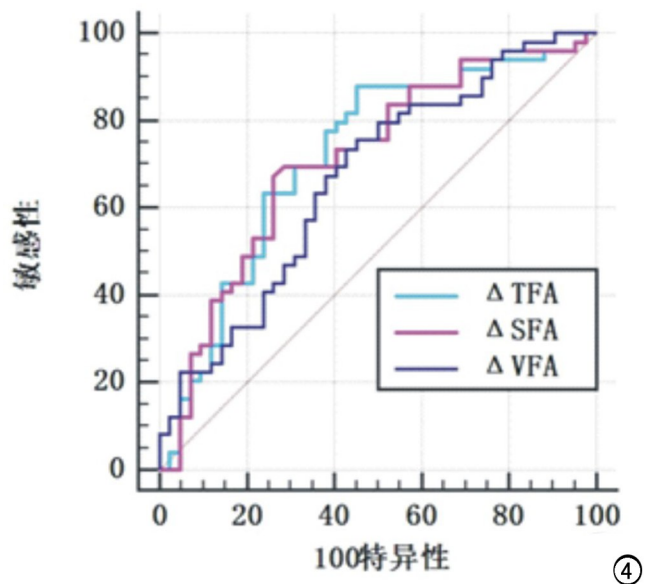


图 4 QCT 相关参数的 ROC 曲线。 Δ TFA 的 AUC 最大,为 0.718; Δ VFA 的 AUC 最小,为 0.667。

现早期乳腺癌患者在接受芳香化酶化疗时会出现骨质流失,以股骨颈、腰椎和全髋关节骨密度下降最显著。Wang 等^[20]在研究晚期卵巢癌的初始肿瘤细胞减瘤术联合化疗时发现,当 $\Delta\text{BMD} < -21.65\%$ 时,患者的预后较差。本研究结果发现 ΔBMD 虽然不是影响乳腺癌预后的因素,但是在手术联合辅助治疗期间 BMD 值较治疗前显著降低。

本研究的局限性:①本研究为回顾性研究且样本量较少,今后会增加病例数进一步研究身体组分与乳腺癌预后以及总体生存之间的关系。②本研究未在治疗期间多次重复行 QCT 扫描,没有纵向对比,可能会影响到研究结果的客观性。

综上所述, ΔVFA 是乳腺癌手术联合辅助治疗预后的独立危险因素。身体组分分析对乳腺癌治疗预后的评估有重要的作用,有望为临床实践中乳腺癌患者个性化治疗的优化和生存质量的改善提供更多的帮助。

参考文献:

- [1] Cao W, Chen HD, Yu YW, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020[J]. Chin Med J (Engl), 2021, 134(7): 783-791. DOI: 10.1007/s10549-016-4059-6.
- [2] Li X, Yang J, Peng L, et al. Triple-negative breast cancer has worse overall survival and cause-specific survival than non-triple-negative breast cancer[J]. Breast Cancer Res Treat, 2017, 161(2): 279-287. DOI: 10.1007/s10549-016-4059-6.
- [3] Choi MH, Kim KA, Hwang SS, et al. CT-quantified muscle and fat change in patients after surgery or endoscopic resection for early gastric cancer and its impact on long-term outcomes[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(52): e13878. DOI: 10.1097/MD.00000000000013878.
- [4] Salinas-Miranda E, Deniffel D, Dong X, et al. Prognostic value of early changes in CT-measured body composition in patients receiving chemotherapy for unresectable pancreatic cancer[J]. Eur Radiol, 2021, 31(11): 8662-8670. DOI: 10.1007/s00330-021-07899-6.
- [5] Lee J, Lin JB, Wu MH, et al. Muscle radiodensity loss during cancer therapy is predictive for poor survival in advanced endometrial cancer[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2019, 10(4): 814-826. DOI: 10.1002/jcsm.12440. Epub 2019 May 15.
- [6] 郑小敏, 曹锋, 钱立庭, 等. 定量 CT 身体组分分析预测肝细胞癌经导管动脉化疗栓塞术治疗预后的研究[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4): 371-376.
- [7] 母予馨, 张频, 马飞, 等. 乳腺癌原发灶和转移灶受体表达的异质性及其临床意义[J]. 中华肿瘤杂志, 2018, 40(7): 506-511.
- [8] Baracos VE, Arribas L. Sarcopenic obesity: hidden muscle wasting and its impact for survival and complications of cancer therapy[J].

- Ann Oncol, 2018, 29(suppl 2): ii1-ii9. DOI: 10.1093/annonc/mdx810.
- [9] Siddiqui JA, Pothuraju R, Jain M, et al. Advances in cancer cachexia: intersection between affected organs, mediators, and pharmacological interventions[J]. Biochim Biophys Acta Rev Cancer, 2020, 1873(2): 188359. DOI: 10.1016/j.bbcan.2020.188359. Epub 2020 Mar 25.
- [10] Troschel AS, Troschel FM, Best TD, et al. Computed tomography-based body composition analysis and its role in lung cancer care[J]. J Thorac Imaging, 2020, 35(2): 91-100. DOI: 10.1097/RTI.0000000000000428.
- [11] Gigic B, Nattenmüller J, Schneider M, et al. The role of CT-quantified body composition on longitudinal health-related quality of life in colorectal cancer patients: the colocare study[J]. Nutrients, 2020, 12(5): 1247. DOI: 10.3390/nu12051247.
- [12] Hagens ERC, Feenstra ML, van Egmond MA, et al. Influence of body composition and muscle strength on outcomes after multimodal oesophageal cancer treatment[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2020, 11(3): 756-767. DOI: 10.1002/jcsm.12540. Epub 2020 Feb 25.
- [13] Rier HN, Jager A, Sleijfer S, et al. Changes in body composition and muscle attenuation during taxane-based chemotherapy in patients with metastatic breast cancer[J]. Breast Cancer Res Treat, 2018, 68(1): 95-105. DOI: 10.1007/s10549-017-4574-0. Epub 2017 Nov 17.
- [14] Sandini M, Patino M, Ferrone CR, et al. Association between changes in body composition and neoadjuvant treatment for pancreatic cancer[J]. JAMA Surg, 2018, 153(9): 809-815. DOI: 10.1001/jamasurg.2018.0979.
- [15] Cohen CW, Fontaine KR, Arend RC, et al. A ketogenic diet reduces central obesity and serum insulin in women with ovarian or endometrial cancer[J]. J Nutr, 2018, 148(8): 1253-1260. DOI: 10.1093/jn/nxy119.
- [16] Goulart A, Malheiro N, Rios H, et al. Influence of visceral fat in the outcomes of colorectal cancer[J]. Dig Surg, 2019, 36(1): 33-40. DOI: 10.1159/000486143. Epub 2018 Mar 22.
- [17] 蓝巧清, 龙莉玲, 史波, 等. CT 脂肪定量与胃癌术后相关并发症的关系[J]. 放射学实践, 2018, 33(3): 270-274.
- [18] 王昕, 王传彬, 王震寰, 等. QCT 定量评估癌症病人身体组分的应用进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(1): 95-98. 103.
- [19] Hopson MB, Onishi M, Awad D, et al. Prospective study evaluating changes in bone quality in premenopausal women with breast cancer undergoing adjuvant chemotherapy[J]. Clin Breast Cancer, 2020, 20(3): e327-e333. DOI: 10.1016/j.clbc.2019.12.001. Epub 2019 Dec 5.
- [20] Wang X, Zhang C, Cao F, et al. Nomogram of combining CT-based body composition analyses and prognostic inflammation score: prediction of survival in advanced epithelial ovarian cancer patients[J]. Acad Radiol, 2021, 29(9): 1394-1403. DOI: 10.1016/j.acra.2021.11.011

(收稿日期: 2022-02-23 修回日期: 2022-04-21)