

健康国人颈椎和腰椎体积骨密度的定量 CT 研究

张勇¹ 程晓光² 田伟³ 吴成爱⁴ 李惠¹ 王剑锋¹ 周传国¹ 高堃¹

¹首都医科大学附属北京朝阳医院介入医学科,北京 100020; ²北京积水潭医院放射科,北京 100035; ³北京积水潭医院脊柱外科,北京 100035; ⁴北京创伤骨科研究所,北京 100035

通信作者:高堃,Email:gaokun2000cn@aliyun.com

【摘要】 目的 探讨国人健康成人颈椎和腰椎体积骨密度值(vBMD)分布情况。方法 采用横断面研究方法。2014 年 12 月—2016 年 1 月北京积水潭医院招募 770 名健康志愿者,其中男 329 名,女 441 名,年龄 21 ~ 59 岁。志愿者按年龄分为 4 组:A 组(21 ~ 30 岁)142 人,B 组(31 ~ 40 岁)262 人,C 组(41 ~ 50 岁)263 人,D 组(51 ~ 60 岁)103 人。采用日本 TOSHIBA 128 排 CT 机对志愿者行颈椎和腰椎定量 CT 扫描,并使用 Mindways 骨密度测量软件测量 C₂ ~ C₇、L₂ ~ L₄ 椎体的 vBMD 值。采用单因素方差分析分别比较颈、腰椎中 vBMD 在不同性别、年龄组、节段的分布情况,男性、女性颈椎腰椎间各椎体 vBMD 的相关性采用 Pearson 相关分析。结果 男性志愿者 C₂ ~ C₇ 和 L₂ ~ L₄ 椎体 vBMD 分别为(288.40 ± 60.63)、(275.71 ± 56.33)、(283.91 ± 59.62)、(278.95 ± 53.76)、(253.38 ± 49.99)、(217.94 ± 44.96)和(151.64 ± 31.74)、(145.22 ± 31.77)、(147.16 ± 35.81) mg/cm³,女性志愿者分别为(329.24 ± 74.34)、(313.88 ± 67.86)、(328.54 ± 73.40)、(323.22 ± 72.53)、(286.44 ± 66.36)、(251.53 ± 58.63)和(168.50 ± 37.10)、(160.78 ± 37.00)、(162.81 ± 37.10) mg/cm³。无论男性还是女性,颈椎及腰椎的体积骨密度值均随着年龄增长而逐渐下降,差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05)。男性志愿者同一年龄组内比较:C₂ ~ C₇ 不同椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05);而 L₂ ~ L₄ 不同椎体的 vBMD 差异均无统计学意义(*P* 值均 > 0.05)。女性志愿者同一年龄组内比较:C₂ ~ C₇ 不同椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05);D 组 L₂ ~ L₄ 各椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异有统计学意义(*P* < 0.05),其他年龄组 vBMD 差异均无统计学意义(*P* 值均 > 0.05)。无论是男性或女性志愿者,在任何年龄组,颈椎 vBMD 均 > 200 mg/cm³,腰椎 vBMD 值均 < 200 mg/cm³,颈椎 vBMD 值均高于腰椎(*P* 值均 < 0.01)。男性、女性颈椎腰椎不同椎体间 vBMD 值均具有显著的相关性(*r*_{男性} = 0.509 ~ 0.968, *r*_{女性} = 0.658 ~ 0.976, *P* 值均 < 0.01);男性中,*r*_{颈椎间} = 0.667 ~ 0.928, *r*_{腰椎间} = 0.850 ~ 0.968, *r*_{颈椎与腰椎间} = 0.509 ~ 0.675;女性中,*r*_{颈椎间} = 0.754 ~ 0.933, *r*_{腰椎间} = 0.956 ~ 0.973, *r*_{颈椎与腰椎间} = 0.658 ~ 0.752;颈椎间或腰椎间 vBMD 相关系数均高于颈腰椎之间相关系数。结论 颈椎和腰椎 vBMD 在不同性别、年龄、节段分布存在差异,但各椎体 vBMD 均存在中-强相关性。本研究结果可为临床监测骨质疏松、评估骨折风险提供参考数据。

【关键词】 骨密度; 体积骨密度; 体层摄影术,螺旋计算机; 定量 CT; 颈椎; 腰椎

基金项目:北京市卫生健康委员会“215”高层次卫生技术人才培养计划

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2020.01.001

Quantitative CT study of volumetric bone mineral density of cervical vertebrae and lumbar vertebrae in healthy Chinese

Zhang Yong¹, Cheng Xiaoguang², Tian Wei³, Wu Cheng'ai⁴, Li Hui¹, Wang Jianfeng¹, Zhou Chuanguo¹, Gao Kun¹

¹Department of Interventional Radiology, Beijing Chao-Yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China; ²Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; ³Department of Spine Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; ⁴Beijing Institute of Traumatology and Orthopedics, Beijing 100035, China

Corresponding author: Gao Kun, Email: gaokun2000cn@aliyun.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the distribution of volumetric bone density (vBMD) of

cervical vertebrae and lumbar vertebrae in adult healthy Chinese. **Methods** A cross-sectional study method was used. From December 2014 to January 2016, 770 healthy volunteers were recruited in Beijing Jishuitan Hospital, including 329 males and 441 females, aged 21 – 59 years. Volunteers were divided into 4 groups according to age: 142 people in group A (21 – 30 years old); 262 people in group B (31 – 40 years old); 263 people in group C (41 – 50 years old); 103 people in group D (51 – 60 years old). Quantitative CT scans of cervical and lumbar spine were performed on volunteers using a Japanese TOSHIBA 128-row CT machine, and the vBMD of C₂-C₇, L₂-L₄ were measured using Mindways bone density measurement software. In males and females, one-way analysis of variance was used to compare the differences of vBMD of the same vertebrae between different age groups, and between different vertebrae in the same age group, and to observe the distribution of vBMD in cervical and lumbar vertebrae in different genders, different age groups and different segments. Correlation analysis was conducted between the vBMD of different vertebrae in males and females, and the correlation degree of vBMD of each vertebrae was observed. **Results** In all male volunteers, the average vBMD values of the C₂-C₇ and L₂-L₄ vertebrae were (288.40 ± 60.63), (275.71 ± 56.33), (283.91 ± 59.62), (278.95 ± 53.76), (253.38 ± 49.99), (217.94 ± 44.96), (151.64 ± 31.74), (145.22 ± 31.77) and (147.16 ± 35.81) mg/cm³, respectively. In all female volunteers, the average vBMD values of the C₂-C₇, L₂-L₄ vertebrae were (329.24 ± 74.34), (313.88 ± 67.86), (328.54 ± 73.40), (323.22 ± 72.53), (286.44 ± 66.36), (251.53 ± 58.63), (168.50 ± 37.10), (160.78 ± 37.00) and (162.81 ± 37.10) mg/cm³, respectively. Both males and females, the vBMD values of the cervical and lumbar vertebrae decreased with age, the differences were statistically significant (all *P* values < 0.05). Among male volunteers, vBMD of C₂-C₇ vertebrae in the same age group showed a decreasing trend, and the difference was statistically significant (all *P* values < 0.05). There was no significant difference in vBMD of the L₂ – L₄ vertebrae (all *P* values > 0.05). Among female volunteers, vBMD of C₂-C₇ vertebrae in the same age group showed a decreasing trend, and the difference was statistically significant (all *P* values < 0.05). The vBMD of the L₂-L₄ vertebral showed a decreasing trend only in D group (*P* < 0.05), while no significant difference in vBMD of other age groups (all *P* values > 0.05). In both male and female volunteers, the vBMD values of cervical spine were more than 200 mg/cm³, lumbar spine was less than 200 mg/cm³, and cervical spine was higher than lumbar spine in any age group (all *P* values < 0.01). There was significant correlation between vBMD values of different vertebrae in male and female ($r_{\text{male}} = 0.509 - 0.968$, $r_{\text{female}} = 0.658 - 0.976$, all *P* values < 0.01). In males, $r_{\text{intercervical}} = 0.667 - 0.928$, $r_{\text{interlumbar}} = 0.850 - 0.968$, $r_{\text{cervical and lumbar}} = 0.509 - 0.675$. In females, $r_{\text{intercervical}} = 0.754 - 0.933$, $r_{\text{interlumbar}} = 0.956 - 0.973$, $r_{\text{cervical and lumbar}} = 0.658 - 0.752$. The correlation coefficients of vBMD of intercervical and interlumbar were higher than those between cervical vertebra and lumbar vertebra. **Conclusions** The vBMD values of cervical and lumbar vertebrae are different in different genders, different age groups and different segments, but there are moderate to strong correlations between vBMD values of vertebrae. The results can provide reference data for clinical monitoring of osteoporosis and risk assessment of fracture.

【Key words】 Bone density; Volumetric bone mineral density; Tomography, spiral computer; Quantitative CT; Cervical vertebrae; Lumbar vertebrae

Fund program: Grants From of “215” Program of Beijing Municipal Health Commission

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2020.01.001

骨质疏松症是最常见的骨代谢疾病,中国人群的患病率高达 27.96%^[1]。骨质疏松症会导致骨强度降低、骨折风险增加,女性骨质疏松性骨折的终生风险为 40% ~ 50%,男性为 13% ~ 22%^[2]。骨密度 (bone mineral density, BMD) 测量可用于诊断和监测人类骨质疏松症,是骨质疏松性骨折的有效预测因子^[3]。在骨质疏松症的诊断中,常用的方法有双能 X 射线吸收法 (dual energy x-ray absorptiometry, DXA) 和定量 CT 检测。DXA 是一种二维成像方法,其准确度受到骨骼大小和周围组织 (如主动脉钙化、椎体退行性变) 影响^[4]。而定量 CT 测量的是体积骨密度值 (volumetric bone mineral density, vBMD),其检测结果不受骨骼大小影响,且能分别测量皮质骨和松质骨的 vBMD,被认为是一种好于且可取代 DXA 的测量方法。椎骨承受上身的重量

并承受相当大的体压,由骨质疏松症引起的骨折通常发生在椎骨中^[5]。因此,研究脊柱椎体不同节段、不同年龄段的 vBMD 分布,不仅有利于监测骨质疏松、评估骨折风险,还可为外科医生施行脊柱手术、研究人员开发医疗器械提供有益的信息。在本研究中,采用定量 CT 测量健康成年国人颈椎和腰椎 vBMD,探讨颈、腰椎中 vBMD 在不同性别、年龄及脊柱不同节段的分布情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准:(1)经过问卷调查、体格检查及血液生化、胸部 X 线片、心电图、腹部 CT 等检查,筛选无冠心病、糖尿病、肝病、肾病及其他系统疾病的志愿者。(2)年龄 20 ~ 60 岁;(3)颈椎及腰椎定量 CT 检

查脊柱正常、无畸形。排除标准:(1)既往有脊柱外伤史、手术史及骨代谢疾病。(2)服用影响骨代谢药物者;(3)长期卧床达 1 个月以上;(4)长期饮酒者。

采用横断面研究方法。收集 2014 年 12 月—2016 年 1 月在北京积水潭医院开展的“骨科退行性疾病防控研究”项目中健康志愿者的定量 CT 资料,共纳入符合条件的 770 名志愿者为研究对象,其中男 329 名,女 441 名;年龄 21 ~ 59 岁。按年龄分为 4 组:A 组(21 ~ 30 岁)142 人,男 50 人,女 92 人;B 组(31 ~ 40 岁)262 人,男 131 人,女 131 人;C 组(41 ~ 50 岁)263 人,男 109 人,女 154 人;D 组(51 ~ 60 岁)103 人,男 39 人,女 64 人。

本研究经北京积水潭医院伦理委员会批准(伦科审字第 201210-08 号),研究对象均已签署知情同意书。

1.2 颈椎及腰椎的定量 CT 检查及 vBMD 测量

采用日本 TOSHIBA Aquilion 128 排螺旋 CT 行颈椎、腰椎定量 CT 扫描。志愿者仰卧位,行颈椎扫描时将美国 Mindways 校准体模放置于检查者颈部下方,双手放置于身体两侧;行腰椎扫描时则将校准体模置于检查者腰部下方,双手举高抱头。CT 床高经美国 Mindways 质控体模校准。扫描范围:C₁ 椎体上缘至 C₇ 椎体下缘,L₁ 椎体上缘至 L₅ 椎体下缘。扫描参数:电压 120 kV、电流 250 mA,层厚 5 mm,视野 500 mm。扫描完毕,容积重建:层厚 1 mm,窗宽 400,窗位 40,标准算法,视野 500 mm。

将 CT 扫描数据传至定量 CT PRO 工作站,测量 C₂ ~ C₇、L₂ ~ L₄ 各椎体的 vBMD:采用美国 Mindways 定量 CT PRO 5.0.3 软件,进入“New 3D spine exam anylasis”模块,读取志愿者的影像图像。在横断面图像中,选定要测量椎体松质骨中央椭圆形区域的中心为测量区域,避开皮质骨、椎静脉丛及骨岛,确定 ROI(图 1A);在矢状位图像中,将椎体方向调整至与水平参考线平行,由软件自动得到该区域的 vBMD(图 1B)。由 2 名有 3 年以上放射科工作经验并经过骨密度测量培训的医师分别独立完成各志愿者颈椎及腰椎 vBMD 测量,测量结果取平均值。

1.3 观察项目

观察颈、腰椎中 vBMD 在不同性别、不同年龄组、不同节段的分布情况,并分别分析男性、女性颈腰椎间各椎体 vBMD 的相关程度。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 25.0 统计学软件对数据进行分析。服从或近似服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用 SNK-*q* 检验。男性、女性颈腰椎间各椎体 vBMD 相

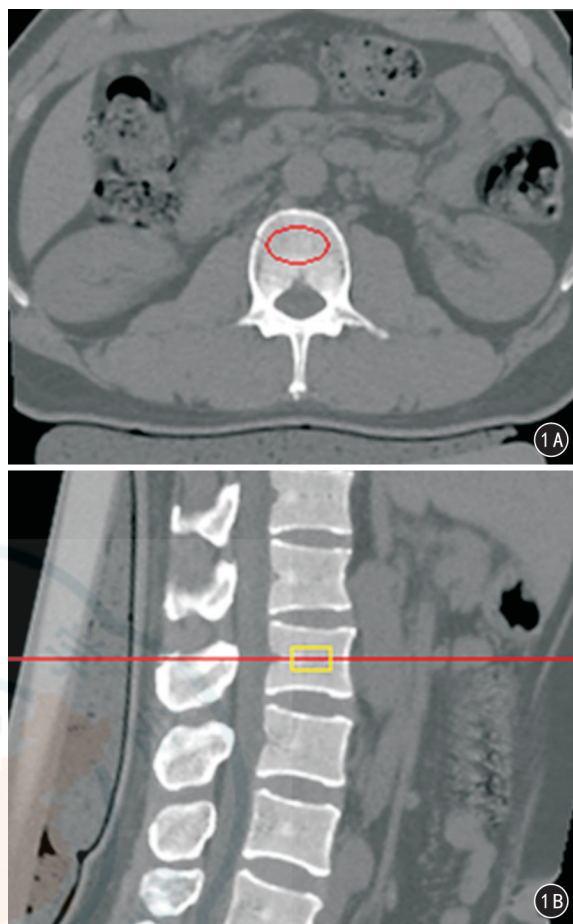


图 1 志愿者男,46 岁,定量 CT 测量 L₂ 椎体体积骨密度(vBMD) 1A CT 横断面图像中选定椎体的几何中心为测量区域,确定感兴趣区(红圈) 1B CT 矢状面图像中将 L₂ 椎体方向调整至与水平参考线(红线)平行,应用 Mindways 定量 CT PRO 5.0.3 软件测得 vBMD

关性采用 Pearson 相关分析: $r < 0.3$ 为弱相关,0.3 ~ 0.8 为中等相关, > 0.8 为强相关。应用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价 2 名观察者之间测量结果的一致性:ICC > 0.90 为可靠性优,0.75 ~ 0.90 为可靠性一般,ICC < 0.75 为可靠性差。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一致性评价

2 名医师测量结果的一致性 ICC 0.93 ~ 0.99,提示测量结果可靠性优。

2.2 不同性别、年龄椎体 vBMD 分布情况

770 名志愿者基线资料见表 1。男性志愿者中,C₂ ~ C₇、L₂ ~ L₄ 椎体 vBMD 分别为(288.40 ± 60.63)、(275.71 ± 56.33)、(283.91 ± 59.62)、(278.95 ± 53.76)、(253.38 ± 49.99)、(217.94 ± 44.96)、(151.64 ± 31.74)、(145.22 ± 31.77)、(147.16 ± 35.81) mg/cm³,女性志愿者分别为(329.24 ± 74.34)、(313.88 ± 67.86)、(328.54 ±

73.40)、(323.22 ± 72.53)、(286.44 ± 66.36)、(251.53 ± 58.63)、(168.50 ± 37.10)、(160.78 ± 37.00)、(162.81 ± 37.10) mg/cm³。

表 1 770 名志愿者的基线资料($\bar{x} \pm s$)

性别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体质量(kg)	BMI(kg/m ²)
男性	329	39.4 ± 8.5	172.2 ± 5.9	78.0 ± 11.9	26.3 ± 3.6
女性	441	39.8 ± 9.2	160.3 ± 7.2	61.6 ± 10.0	24.3 ± 8.1

注: BMI 为体质量指数

男性志愿者中,同一年龄组内比较,C₂ ~ C₇ 不同椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(P 值均 < 0.05); 而 L₂ ~ L₄ 不同椎体的 vBMD 差

异均无统计学意义(P 值均 > 0.05)。不同年龄组相同椎体间比较,C₂ ~ C₇、L₂ ~ L₄ 椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(P 值均 < 0.05)。见表 2。

女性志愿者中,同一年龄组内比较,C₂ ~ C₇ 不同椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(P 值均 < 0.05); L₂ ~ L₄ 不同椎体的 vBMD, 仅 41 ~ 50 岁年龄组 vBMD 均呈下降趋势,差异有统计学意义(P < 0.05), 其他年龄组 vBMD 差异均无统计学意义(P 值均 > 0.05)。不同年龄组相同椎体间比较,C₂ ~ C₇、L₂ ~ L₄ 椎体的 vBMD 均呈下降趋势,差异均有统计学意义(P 值均 < 0.05)。见表 3。

表 2 329 名男性志愿者颈椎、腰椎不同年龄组不同椎体间 vBMD 的比较(mg/cm³, $\bar{x} \pm s$)

年龄组(岁)	例数	颈椎						F 值	P 值
		C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇		
A 组	50	304.56 ± 54.76	291.00 ± 45.92	299.95 ± 45.65	295.11 ± 43.61	265.58 ± 44.68 ^{cd}	226.6 ± 38.60 ^{cd}	20.996	< 0.01
B 组	131	295.31 ± 61.52	287.49 ± 61.00	296.59 ± 64.57	286.69 ± 56.57	261.59 ± 51.36 ^{cd}	227.4 ± 43.76 ^{cd}	29.217	< 0.01
C 组	109	278.82 ± 62.50 ^{ab}	262.94 ± 52.95 ^{abc}	271.50 ± 55.82 ^{ab}	270.12 ± 53.47 ^{ab}	245.70 ± 49.51 ^{abc}	208.5 ± 45.67 ^{abc}	25.550	< 0.01
D 组	39	271.24 ± 52.36 ^{ab}	252.24 ± 46.44 ^{ab}	255.41 ± 51.97 ^{ab}	256.94 ± 46.36 ^{ab}	231.58 ± 43.74 ^{abc}	201.1 ± 45.82 ^{abc}	10.522	< 0.01
F 值		3.793	7.708	8.240	5.815	5.740	6.242		
P 值		< 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01		

年龄组(岁)	例数	腰椎			F 值	P 值
		L ₂	L ₃	L ₄		
A 组	50	169.77 ± 24.50	161.76 ± 24.70	162.50 ± 24.48	1.624	> 0.05
B 组	131	162.10 ± 29.13	155.72 ± 27.67	157.67 ± 29.20	1.702	> 0.05
C 组	109	141.43 ± 27.62 ^{hi}	135.08 ± 29.86 ^{hi}	138.73 ± 39.89 ^{hi}	1.023	> 0.05
D 组	39	121.81 ± 28.79 ^{hij}	117.06 ± 30.34 ^{hij}	115.80 ± 30.88 ^{hij}	0.435	> 0.05
F 值		32.829	29.210	22.488		
P 值		< 0.01	< 0.01	< 0.01		

注: vBMD 为体积骨密度; A 组年龄 21 ~ 30 岁; B 组年龄 31 ~ 40 岁; C 组年龄 41 ~ 50 岁; D 组年龄 51 ~ 60 岁; 不同年龄组间比较, ^a 为与 A 组比较, ^b 为与 B 组比较, P 值均 < 0.05; 颈椎: 同一年龄组内比较, ^c 为与 C₂ 比较, ^d 为与 C₃ 比较, ^e 为与 C₄ 比较, ^f 为与 C₅ 比较, ^g 为与 C₆ 比较, P 值均 < 0.05; 腰椎: 不同年龄组间比较, ^h 为与 A 组比较, ⁱ 为与 B 组比较, ^j 为与 C 组比较, P 值均 < 0.05

表 3 441 名女性志愿者颈椎、腰椎不同年龄组不同椎体间 vBMD 的比较(mg/cm³, $\bar{x} \pm s$)

年龄组(岁)	例数	颈椎						F 值	P 值
		C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇		
A 组	92	323.88 ± 56.10	315.38 ± 53.71	334.77 ± 61.32 ^d	329.33 ± 64.72	292.76 ± 58.27 ^{cd}	254.1 ± 48.21 ^{cd}	25.840	< 0.01
B 组	131	352.41 ± 71.12 ^a	334.78 ± 66.83 ^{ac}	352.85 ± 71.86 ^d	345.29 ± 72.61	306.90 ± 65.75 ^{ac}	270.22 ± 58.03 ^{ac}	30.343	< 0.01
C 组	154	336.41 ± 78.00	319.65 ± 67.79 ^{bc}	332.16 ± 69.63 ^b	327.00 ± 66.03 ^b	291.30 ± 60.91 ^{bc}	254.32 ± 57.13 ^{bc}	34.526	< 0.01
D 组	64	272.29 ± 65.27 ^{ab}	255.03 ± 55.74 ^{ab}	261.11 ± 61.90 ^{ab}	260.26 ± 64.00 ^{ab}	223.77 ± 54.24 ^{abc}	202.83 ± 51.11 ^{abc}	13.122	< 0.01
F 值		19.604	23.768	27.288	23.631	28.123	22.115		
P 值		< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

年龄组(岁)	例数	腰椎			F 值	P 值
		L ₂	L ₃	L ₄		
A 组	92	184.17 ± 33.92	177.50 ± 32.84	179.23 ± 32.50	1.007	> 0.05
B 组	131	181.33 ± 30.92	174.65 ± 30.01	177.57 ± 30.91	1.566	> 0.05
C 组	154	165.51 ± 32.45 ^{hi}	156.74 ± 31.74 ^{hik}	158.31 ± 31.43 ^{hik}	3.314	< 0.05
D 组	64	126.91 ± 30.60 ^{hij}	118.07 ± 31.37 ^{hij}	119.80 ± 30.70 ^{hij}	1.474	> 0.05
F 值		50.674	57.474	59.122		
P 值		< 0.01	< 0.01	< 0.01		

注: vBMD 为体积骨密度; A 组年龄 21 ~ 30 岁; B 组年龄 31 ~ 40 岁; C 组年龄 41 ~ 50 岁; D 组年龄 51 ~ 60 岁; 不同年龄组间比较, ^a 为与 A 组比较, ^b 为与 B 组比较, P 值均 < 0.05; 颈椎: 同一年龄组内比较, ^c 为与 C₂ 比较, ^d 为与 C₃ 比较, ^e 为与 C₄ 比较, ^f 为与 C₅ 比较, ^g 为与 C₆ 比较, P 值均 < 0.05; 腰椎: 不同年龄组间比较, ^h 为与 A 组比较, ⁱ 为与 B 组比较, ^j 为与 C 组比较, P 值均 < 0.05; 同一年龄组内比较, ^k 为与 L₂ 比较, P 值均 < 0.05

2.3 男性、女性不同年龄组、颈腰椎不同节段椎体 vBMD 分布情况

在任何年龄组的男性或女性志愿者, 颈椎 vBMD 平均值均 > 200 mg/cm³, 腰椎 vBMD 平均值均 < 200 mg/cm³, 颈椎 vBMD 平均值均高于腰椎。男性、女性间同一年龄组、同一椎体间比较, 除了 D 组中 C₆ 椎体, 女性各椎体 vBMD 值均大于男性。

2.4 男性、女性颈腰椎不同椎体间 vBMD 值相关关系

男性、女性颈腰椎不同椎体间 vBMD 值均具有显著的相关性($r_{\text{男性}} = 0.509 \sim 0.968, r_{\text{女性}} = 0.658 \sim 0.976, P$ 值均 < 0.01); 男性中, $r_{\text{颈椎间}} = 0.667 \sim 0.928, r_{\text{腰椎间}} = 0.850 \sim 0.968, r_{\text{颈椎与腰椎间}} = 0.509 \sim 0.675$; 女性中, $r_{\text{颈椎间}} = 0.754 \sim 0.933, r_{\text{腰椎间}} = 0.956 \sim 0.976, r_{\text{颈椎与腰椎间}} = 0.658 \sim 0.752$ 。结果显示, 颈椎间或腰椎间 vBMD 相关系数均高于颈椎、腰椎之间相关系数, 提示颈椎间或腰椎间 vBMD 相关程度更高。见表 4、5 和图 2、3。

表 4 329 例男性志愿者颈腰椎不同椎体间 vBMD 值相关关系 r 值

	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	L ₂	L ₃
C ₃	0.841							
C ₄	0.791	0.928						
C ₅	0.763	0.894	0.916					
C ₆	0.727	0.838	0.878	0.920				
C ₇	0.667	0.765	0.795	0.822	0.875			
L ₂	0.571	0.632	0.630	0.648	0.675	0.673		
L ₃	0.563	0.621	0.613	0.637	0.667	0.664	0.968	
L ₄	0.509	0.597	0.578	0.596	0.637	0.618	0.850	0.865

注: vBMD 为体积骨密度; P 值均 < 0.01

表 5 441 例女性志愿者颈腰椎不同椎体间 vBMD 值相关关系 r 值

	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	L ₂	L ₃
C ₃	0.875							
C ₄	0.845	0.933						
C ₅	0.805	0.891	0.918					
C ₆	0.761	0.855	0.886	0.928				
C ₇	0.754	0.843	0.866	0.886	0.923			
L ₂	0.682	0.719	0.741	0.748	0.752	0.751		
L ₃	0.670	0.713	0.734	0.740	0.742	0.744	0.976	
L ₄	0.658	0.710	0.736	0.747	0.748	0.752	0.956	0.973

注: vBMD 为体积骨密度; P 值均 < 0.01

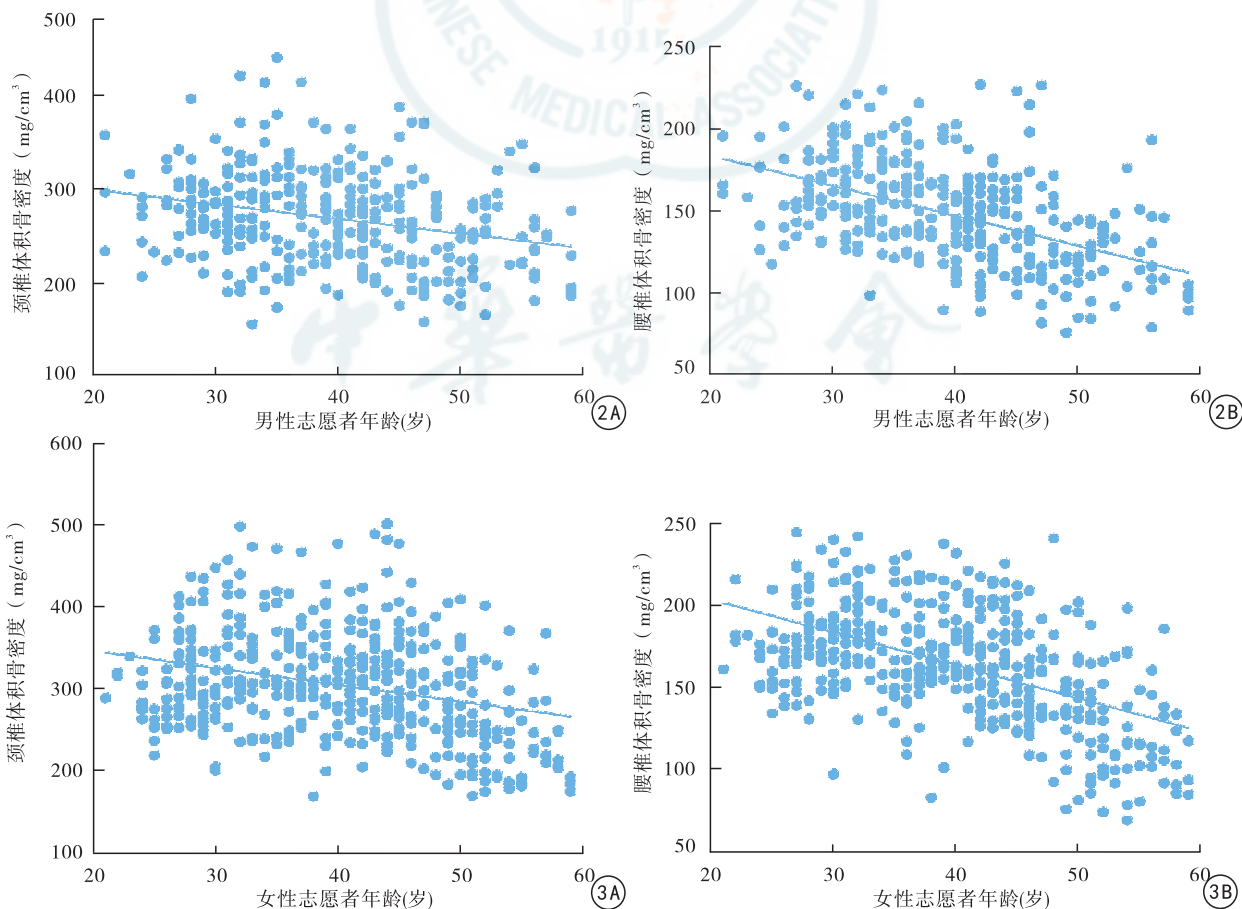


图 2 329 例男性志愿者颈椎、腰椎体积骨密度与年龄相关关系散点图 2A 颈椎 2B 腰椎 图 3 441 例女性志愿者颈椎、腰椎体积骨密度与年龄相关关系散点图 3A 颈椎 3B 腰椎

3 讨论

3.1 定量 CT 的优势

骨质疏松症是最常见的代谢性骨疾病,随着人口预期寿命的延长,骨质疏松症愈发成为一个日益严重的问题^[4]。对于脊柱来说,椎体 BMD 降低可能伴随椎体骨折、退行性椎体滑脱、椎管狭窄等疾病。因此,适用于骨质疏松诊断、易骨折个体识别、药物治疗效果监测的影像学成像方法的研究至关重要。目前广泛应用于临床的成像方式主要有 DXA 及定量 CT。DXA 脊椎成像是二维图像,其包括椎体、后部附件、皮质骨和松质骨的叠加,并受到软组织体积及 BMI 大小的影响^[6]。而定量 CT 测量的原理则克服了 DXA 上述缺点,提供更准确的 3D vBMD,避免了影响 DXA 测量结果的混杂因素^[7]。与 DXA 相比,定量 CT 对年龄、疾病和治疗相关 BMD 值变化更敏感,同时能更好地辨别脊柱骨折。另外,CT 检查是临床实践中使用最广泛的诊断成像模式,基于颈部、腹部或骨盆 CT 图像的定量 CT 来量化 BMD 具有成本效应并能减少辐射暴露,拓宽了定量 CT 的使用范围,具有机会性筛查的巨大潜力^[3]。

3.2 定量 CT 的临床应用

Yu 等^[8]采用定量 CT 测量 189 例男性和 254 例女性 L₁~L₄ 的 BMD 值,结果显示男性、女性的腰椎 BMD 在 10~19 岁年龄段最高,随着年龄增长 BMD 逐渐下降,70~79 岁年龄段达最低;不同性别同年龄段 BMD 比较,10~49 岁各年龄段均为女性 BMD 值大于男性,但在 50~79 岁年龄段则是男性大于女性,这可能与绝经后女性激素水平下降有关。陈文清等^[9]在定量 CT 检测国人 L₁~L₄ 椎体 vBMD 的研究中,共纳入 450 例男性,630 例女性,结果显示:随着年龄增长男性、女性 vBMD 均逐渐下降,男性各年龄段(30~39 岁至 70~79 岁)的 L₁~L₄ 椎体 vBMD 由(164.49±27.12)mg/cm³ 逐渐降为(99.98±29.65)mg/cm³;女性各年龄段 vBMD 由(175.41±36.82)mg/cm³ 逐渐降为(75.58±23.79)mg/cm³。贾鹏等^[10]采用定量 CT 测量了南京地区 960 例健康志愿者 L₂、L₃ 椎体 vBMD,结果显示:随着年龄增长男性、女性 vBMD 也逐渐下降,男性各年龄段(21~30 岁至 71~80 岁)的 vBMD 由(181.63±21.40)mg/cm³ 逐渐降为(108.50±21.30)mg/cm³;女性各年龄段 vBMD 由(187.50±22.66)mg/cm³ 逐渐降为(78.77±29.56)mg/cm³。在既往研究中,国内相关研究主要观察腰椎 vBMD 的分布情况,而颈椎 vBMD 的测量国内未见报道。在本研究中,笔者

采用定量 CT 测量了颈椎和腰椎的 vBMD,弥补了健康国人颈椎 vBMD 研究的空白。本研究结果显示,男性、女性 vBMD 均随着年龄增长而降低、同年龄段女性 vBMD 大于男性,与既往研究结果相似;在 51~60 岁年龄段,男性、女性同一椎体间 BMD 差值已明显减小,女性在该年龄段 BMD 下降更为显著,其原因是否与女性绝经后激素水平下降有关,需进一步研究观察。

3.3 颈椎、腰椎 vBMD 分布的特点

2007 年国际临床密度测量学会建议^[11]:采用定量 CT 测量脊柱松质骨 BMD, BMD > 120 mg/cm³ (相当于 DXA T 评分 -1.0 SD), 表示骨质正常; BMD 80~120 mg/cm³ 表示骨质减少; BMD < 80 mg/cm³ (相当于 DXA T 评分为 -2.5 SD) 表示骨质疏松。本研究结果显示,男女性任何年龄段颈椎 vBMD 值总是远高于腰椎 vBMD 值。笔者认为,该标准可能不适用于颈椎,颈椎或许需要有新的标准,临床医生在实施颈椎手术和设计治疗方案时应注意这一点。

本研究结果显示,在同一年龄组,除 B 组男性和 A 组女性外,男女性颈椎均以 C₂ 椎体 vBMD 为最高,C₄~C₇ 椎体 vBMD 值依次下降。Yoganandan 等^[12-13]采用定量 CT 测量椎体 BMD 研究也报道了 C₂ 椎体是颈椎中 BMD 最高者。而在 Anderst 等^[14]和 Weishaupt 等^[15]的研究中,颈椎中以 C₅ 为 BMD 最高者。Anderst 等^[16]的研究则发现 C₁ 的 BMD 最高,C₇ 最低。Bogduk 等^[17]研究显示,颈椎不同节段椎体 BMD 差异较腰椎显著,C₁ 及 C₂ 承担着颈部约 60% 的旋转和 40% 的屈曲-伸展运动,这可能是 C₂ 椎体 BMD 高的原因。

本研究结果显示,与颈椎不同的是,虽然男性及女性 L₂ vBMD 值均为最高,但同一年龄组内 L₂₋₄ 椎体间 vBMD 值差异均无统计学意义。2015 年国际临床密度测定学会官方指南推荐,如果应用单层定量 CT,扫描椎体应为 L₁₋₃,而应用 3D 定量 CT,扫描椎体则为 L₁₋₂^[18]。既往研究证实,临床中常用的 L₁₋₂ 平均 vBMD 值与其他腰骶椎骨的 vBMD 值之间存在高度相关性,能成为整体腰骶椎 vBMD 值的代表^[19]。本研究结果显示,腰椎中男性为 L₃ 椎体(r=0.968)、女性为 L₂ 椎体(r=0.976)相关系数最高。因此,笔者认为,监测 L₂ 椎体的 vBMD 值变化,更能提示腰椎整体 vBMD 的变化情况。

3.4 本研究的局限性

据目前已发表的文献,本研究是国内最大规模的使用定量 CT 测量健康人群颈腰椎 vBMD 年龄分层及性别分层分布的研究。但本研究也存在不足之

处:(1)缺少 60 岁以后人群的颈腰椎 vBMD 分布资料;(2)研究没有进一步调查志愿者的饮食习惯、生活习惯、运动情况、吸烟史、饮酒史等可能影响骨密度的因素。在今后的研究中,需进一步增加 60 岁后人群的数据,并进行多地区多中心研究,同时详细调查可能影响志愿者骨密度的信息。

综上所述,颈椎和腰椎 vBMD 值在不同性别、年龄段、不同节段分布存在差异,颈椎 vBMD 明显高于腰椎,女性颈椎和腰椎 vBMD 高于男性;无论男性还是女性,颈椎及腰椎的 vBMD 均随着年龄增长而逐渐下降;各椎体 vBMD 值均存在中-强相关性。该研究结果可为临床监测骨质疏松、评估骨折风险提供参考数据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Chen P, Li Z, Hu Y. Prevalence of osteoporosis in China: a meta-analysis and systematic review[J]. BMC Public Health, 2016, 16(1): 1039. DOI:10.1186/s12889-016-3712-7.
- [2] Kling JM, Clarke BL, Sandhu NP. Osteoporosis prevention, screening, and treatment: a review [J]. J Womens Health (Larchmt), 2014, 23(7): 563-572. DOI:10.1089/jwh.2013.4611.
- [3] Löffler MT, Jacob A, Valentinitich A, et al. Improved prediction of incident vertebral fractures using opportunistic QCT compared to DXA[J]. Eur Radiol, 2019, 29(9): 4980-4989. DOI:10.1007/s00330-019-06018-w.
- [4] Link TM. Osteoporosis imaging: state of the art and advanced imaging[J]. Radiology, 2012, 263(1): 3-17. DOI:10.1148/radiol.2633201203.
- [5] Chen H, Zhou X, Fujita H, et al. Age-related changes in trabecular and cortical bone microstructure [J]. Int J Endocrinol, 2013, 2013: 213234. DOI:10.1155/2013/213234.
- [6] Langsetmo L, Vo TN, Ensrud KE, et al. The association between trabecular bone score and lumbar spine volumetric BMD is attenuated among older men with high body mass index [J]. J Bone Miner Res, 2016, 31(10): 1820-1826. DOI:10.1002/jbmr.2867.
- [7] Adams JE. Advances in bone imaging for osteoporosis[J]. Nat Rev Endocrinol, 2013, 9(1): 28-42. DOI:10.1038/nrendo.2012.217.
- [8] Yu W, Qin M, Xu L, et al. Normal changes in spinal bone mineral density in a Chinese population: assessment by quantitative computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry[J]. Osteoporos Int, 1999, 9(2): 179-187. DOI:10.1007/s001980050133.
- [9] 陈文清, 李建军, 陈峰, 等. 海南地区汉族健康成年人骨密度 CT 定量研究[J]. 海南医学, 2017, 28(20): 3342-3345. DOI:10.3969/j.issn.1003-6350.2017.20.025.

mineral density for Han nationalities healthy adults in Hainan province[J]. Hainan Med J, 2017, 28(20): 3342-3345. DOI:10.3969/j.issn.1003-6350.2017.20.025.

- [10] 贾鹏, 李娜, 程晓光, 等. 南京和北京地区健康人群 QCT 测量腰椎骨密度丢失率的对比分析[J]. 放射学实践, 2018, 33(11): 1198-1201. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.018.
- Jia P, Li N, Cheng XG, et al. The comparison of the bone loss in the lumbar spine by QCT in the healthy population of Nanjing and Beijing areas [J]. Radiol Practice, 2018, 33(11): 1198-1201. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.018.
- [11] Engelke K, Adams JE, Armbrecht G, et al. Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults; the 2007 ISCD Official Positions[J]. J Clin Densitom, 2008, 11(1): 123-162. DOI:10.1016/j.jocd.2007.12.010.
- [12] Yoganandan N, Pintar FA, Stemper BD, et al. Bone mineral density of human female cervical and lumbar spines from quantitative computed tomography [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(1): 73-76. DOI:10.1097/01.brs.0000192684.12046.93.
- [13] Yoganandan N, Pintar FA, Stemper BD, et al. Trabecular bone density of male human cervical and lumbar vertebrae [J]. Bone, 2006, 39(2): 336-344. DOI:10.1016/j.bone.2006.01.160.
- [14] Anderst WJ, Thorhauer ED, Lee JY, et al. Cervical spine bone mineral density as a function of vertebral level and anatomic location [J]. Spine J, 2011, 11(7): 659-667. DOI:10.1016/j.spinee.2011.05.007.
- [15] Weishaupt D, Schweitzer ME, DiCuccio MN, et al. Relationships of cervical, thoracic, and lumbar bone mineral density by quantitative CT [J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 25(1): 146-150. DOI:10.1097/00004728-200101000-00027.
- [16] Anderst WJ, West T, Donaldson WF 3rd, et al. Cervical spine bone density in young healthy adults as a function of sex, vertebral level and anatomic location [J]. Eur Spine J, 2017, 26(9): 2281-2289. DOI:10.1007/s00586-017-5119-2.
- [17] Bogduk N, Mercer S. Biomechanics of the cervical spine. I: normal kinematics [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2000, 15(9): 633-648. DOI:10.1016/s0268-0033(00)00034-6.
- [18] Shepherd JA, Schousboe JT, Broy SB, et al. Executive summary of the 2015 ISCD position development conference on advanced measures from DXA and QCT: fracture prediction beyond BMD [J]. J Clin Densitom, 2015, 18(3): 274-286. DOI:10.1016/j.jocd.2015.06.013.
- [19] 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. DOI:10.1016/j.spinee.2018.10.007.

(收稿日期:2019-04-10)

(本文编辑:刘宏莉)

Chen WQ, Li JJ, Chen F, et al. Quantitative CT study of bone