

## 基于乳腺锥形束 CT 三维影像的女性乳房特征初步调查

薛珂<sup>1</sup>, 徐辉<sup>1</sup>, 岳保荣<sup>1</sup>, 林琳<sup>2</sup>, 杨云福<sup>3</sup>, 丁艳秋<sup>1</sup>, 叶兆祥<sup>4</sup>

1. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室, 北京 100088; 2. 重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆 400016; 3. 重庆市疾病预防控制中心, 重庆 400042; 4. 天津医科大学肿瘤医院放射科, 国家肿瘤临床医学研究中心, 天津市肿瘤防治重点实验室, 天津市恶性肿瘤临床医学研究中心, 乳腺癌防治教育部重点实验室, 天津 300060

**摘要:** **目的** 本研究旨在建立基于三维影像的女性乳房尺寸和密度特征的分析方法, 描述我国某地区妇女乳房相关特征, 探讨其在乳腺锥形束 CT(CBCT)受检者剂量学评估方面的价值。 **方法** 回顾性调查了我国西南某市一家三级甲等医院 2021 年 1 月—2023 年 3 月间的 203 例乳腺 CBCT 图像。利用科宁 Imaging Viewer 阅片系统的专用工具辅助测量乳房的胸壁有效直径( $D_{\text{eff}}$ )、半高胸径( $D_{\text{h}/2}$ )、胸壁-乳头距离(CNL)、乳房体积(BV)、腺体体积(GV)及乳腺体积密度(VBD)。组间差异采用 Kruskal-Wallis  $H$  检验来评估, 不同变量间的相关性由 Spearman 相关系数进行分析。 **结果** 被调查群体中  $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{\text{h}/2}$ 、CNL、BV、GV 和 VBD 的中位数分别为 11.9 cm、8.3 cm、6.5 cm、327.7 cm<sup>3</sup>、47.0 cm<sup>3</sup> 和 15.4%。其中, GV 和 VBD 与年龄存在显著负相关。 $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{\text{h}/2}$ 、CNL 和 BV 均与 VBD 存在显著负相关。 **结论** 本研究建立了基于乳腺 CBCT 的三维影像定量分析女性乳房的尺寸及密度特征的方法, 并对我国某地区女性乳房的相关特征进行了定量分析和描述, 可为将来在我国多地区调查女性乳腺体积密度特征提供方法支持。

**关键词:** 乳房特征; 乳房尺寸; 乳房密度; 乳腺体积密度; 乳腺锥形束 CT

中图分类号: R816 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2023)06-0618-08

## A preliminary survey of female breast characteristics based on three-dimensional images of breast cone-beam computed tomography

XUE Ke<sup>1</sup>, XU Hui<sup>1</sup>, YUE Baorong<sup>1</sup>, LIN Lin<sup>2</sup>, YANG Yunfu<sup>3</sup>, DING Yanqiu<sup>1</sup>, YE Zhaoxiang<sup>4</sup>

1. Key Laboratory of Radiological Protection and Nuclear Emergency, China CDC, National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088 China; 2. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016 China; 3. Chongqing Center for Disease Control and Prevention, Chongqing 400042 China; 4. Department of Radiology, Tianjin Medical University Cancer Institute and Hospital, National Clinical Research Center of Cancer, Tianjin Key Laboratory of Cancer Prevention and Therapy, Tianjin's Clinical Research Center for Cancer, Key Laboratory of Breast Cancer Prevention and Therapy, Tianjin 300060 China

**Abstract:** **Objective** To establish a method to characterize the size and density of the female breast based on three-dimensional images of breast cone-beam computed tomography (CBCT), and describe the breast characteristics of women in a region of China, and to explore its value in dosimetric assessment for breast CBCT examinees. **Methods** We retrospectively surveyed the breast CBCT images of 203 women in a grade A tertiary hospital in a southwestern city of China from January 2021 to March 2023. The effective diameter of the breast at the chest-wall ( $D_{\text{eff}}$ ), chest wall-to-nipple length (CNL), the effective diameter of the breast at half of CNL ( $D_{\text{h}/2}$ ), breast volume (BV), glandular volume (GV), and volumetric breast density (VBD) were measured using the specific tools of the Koning Imaging Viewer system. The differences between groups were assessed using the Kruskal-Wallis  $H$  test. The correlation between variables was assessed using the Spearman's correlation coefficient. **Results** The median values of  $D_{\text{eff}}$ ,  $D_{\text{h}/2}$ , CNL, BV, GV, and VBD of the surveyed population were 11.9 cm, 8.3 cm, 6.5 cm, 327.7 cm<sup>3</sup>, 47.0 cm<sup>3</sup>, and 15.4%, respectively. GV and VBD had significant negative correlations with age.  $D_{\text{eff}}$ ,  $D_{\text{h}/2}$ , CNL, and BV were significantly negatively correlated with VBD. **Conclusion** We established a quantitative method to analyze female breast characteristics based on three-dimensional breast CBCT images, and preliminarily characterized the female breast in a region of China, which can provide methodological support for the investigation of fe-

male breast characteristics in various regions of China in the future.

**Keywords:** Breast characteristics; Breast size; Breast density; Volumetric breast density; Breast cone-beam computed tomography

**Corresponding author:** XU Hui, E-mail: xuhui@nirp.chinacdc.cn

据国际癌症研究机构最新统计,2020 年乳腺癌发病率首次超过肺癌,成为全球第一大癌,也是我国女性群体中发病率最高的癌症<sup>[1]</sup>。乳腺 X 射线摄影(mammography, MG)作为重要诊断和筛查工具在乳腺癌的防治过程中发挥了重要作用<sup>[2]</sup>,截止 2019 年底,国内共统计上报了 4 137 台乳腺 X 射线摄影设备<sup>[3]</sup>。乳房中的腺体组织是辐射敏感组织, MG 在提高乳腺癌检出率的同时也会增加其发病风险<sup>[4]</sup>。因此,对受检者进行受照剂量控制至关重要<sup>[5]</sup>。而准确估计乳房特征是建立适宜的乳房模型、开展受检者剂量评估研究的前提<sup>[6]</sup>。目前国内对于女性群体乳腺密度及相关乳房特征的研究多基于二维 MG 图像展开<sup>[7-9]</sup>,随着乳腺锥形束 CT(cone-beam computed tomography, CBCT)的临床应用,利用乳腺 CBCT 三维影像分析乳房特征成为可能。本文通过调查乳腺 CBCT 图像,建立利用三维影像分析女性乳房尺寸和密度特征的方法,描述并分析我国某地区女性乳房特征的分布情况,探讨其在乳腺 CBCT 受检者剂量学评估方面的价值。

## 1 材料与方法

**1.1 受检者资料** 回顾性调查了 2021 年 1 月—2023 年 3 月西南地区某市一家三级甲等医院既往接受乳腺 CBCT 检查的 203 位受检者的乳腺图像资料(左侧 107 例、右侧 96 例)。每位受检者仅调查健康侧乳房的平扫图像,若两侧都没病变则随机选择一侧进行测量。入组标准:①既往接受过乳腺 CBCT 检查。②乳腺 CBCT 图像信息完整,能涵盖整个乳房。排除标准:①乳腺相关癌症史。②乳房手术史。③假体植入史。

**1.2 影像设备参数及图像获取** 采用科宁医疗设备有限公司生产的 KBCT-1000 乳腺 CBCT 成像系统,管电压为 49 kV 的固定值,管电流会根据受检乳房对 X 射线的衰减程度在 12~200 mA 内自动调整,其靶/滤过材料分别为钼基铈钨合金和铝,有效能量约为 33 keV。该设备已通过中国国家食品药品监督管理局(cFDA)、美国食品药品监督管理局(FDA)及欧盟 CE 认证。

检查时受检者卧位俯身将单侧乳房置于检查孔

径中心,受检乳房呈自然悬垂状态,检查过程中 X 射线球管和平板探测器围绕乳房旋转一周扫描,每次扫描历时 10 s,共拍摄 300 幅不同角度的二维投影图像,然后经计算机重建生成乳房横断面、矢状面、冠状面及 3D 动态图像。

### 1.3 图像分析

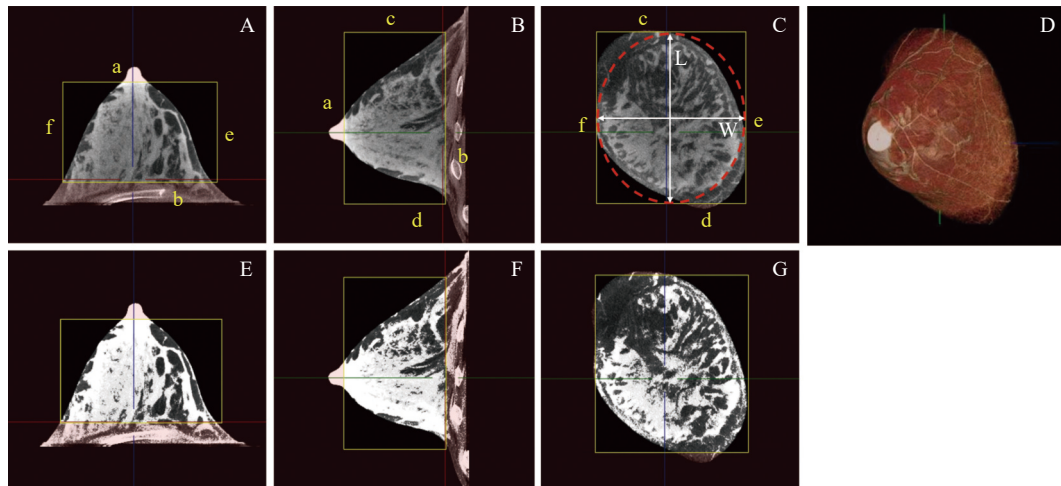
**1.3.1 测量指标利用科宁乳腺 CBCT 阅片系统 Imaging Viewer (版本号:1.6.0.6.6.8),对受检者乳房三维影像进行查看和分析,调查内容包括:**①胸径,以图像胸壁处冠状截面的胸壁有效直径(effective diameter of the breast at chest-wall,  $D_{\text{eff}}$ )来表示。②胸壁-乳头距离(chest-wall to nipple length, CNL),定义为胸壁(胸大肌前缘)到乳头的垂直距离,在图像上表示为乳房在矢状轴方向上的高度。③半高胸径,指乳房二分之一 CNL 处冠状截面的有效直径,用  $D_{h/2}$  来表示。④乳房体积(breast volume, BV),指去皮模式下乳房的总体积(不包含乳头)。⑤腺体体积(glandular volume, GV)。⑥乳腺体积密度(volumetric breast density, VBD),定义为全乳区域中纤维腺体的体积百分比。

**1.3.2 测量方法** 采用半自动化计算机辅助测量法。本研究参考了 Huang 等<sup>[10]</sup>的研究,在刘爱迪等<sup>[11]</sup>研究的基础上进行了调整。首先在感兴趣区(region of interest, ROI)的选择上进行了改进,同时增加了胸径和胸壁-乳头距离的测量。由于 MG 的相关剂量学研究更关注于乳房内部腺体组织和脂肪组织的相对含量,因此该部分乳房特征的参数调查均不包含乳房皮肤及乳头。利用 Imaging Viewer 中的测量工具来进行辅助测量。

测量步骤如下:步骤一:在去皮重建模式下,结合 3D 视图选定 ROI,如图 1(A、B、C)所示。前侧边框(a)定位在乳头后缘的切线上;后侧边框(b)定位在胸大肌前缘的切线上;头尾及内外两侧边框(c、d、e、f)定位在乳房四周边缘的切线上。所选定的 ROI 区域被视为是整个乳房(不包含皮肤和乳头),如图 1(D)。步骤二:利用测距工具测量乳房胸壁冠状截面处的高 L 和宽 W,由于受检者胸壁截面形状不规则,本研究将其看作如图 1(C)所示的以 L 为长轴、

W 为短轴的椭圆。根据椭圆形的面积公式  $S = \pi \cdot L/2 \cdot W/2$  和圆形的面积公式  $S = \pi \cdot (D/2)^2$ , 计算胸壁截面的面积等效直径  $D_{\text{eff}} = \sqrt{L \cdot W}$ 。步骤三: 利用基于阈值分割的腺体标定工具, 通过手动选择合适的分割精度, 对腺体组织进行标定, 图 1(E、F、G)显

示了腺体组织的标定情况, 白色高亮区域为被纳入腺体的像素点, 要求高亮区域应在各个视图上与腺体组织重合。步骤四: 软件中的测量工具会根据所调整的参数, 自动统计出 ROI 区域内乳房各部分的像素体积, 得到 CNL、BV、GV 和 VBD 的数值。



注: A: 横断位; B: 矢状位; C: 冠状位; D: 3D 视图; E~G: 腺体组织的标定情况。

图 1 选定的 ROI 范围在乳腺 CBCT 图像上的显示

Figure 1 The regions of interest on breast CBCT images

1.4 统计分析 采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析, 采用 OriginPro 2021 软件进行绘图。经 Shapiro Wilk 检验, 各项计量资料均不服从正态分布, 以中位数  $M$  和第 25、75 百分位数 ( $P_{25}, P_{75}$ ) 描述; 各年龄段乳房特征参数的组间差异通过 Kruskal-Wallis H 检验来比较, 后续两两比较使用 Bonferroni 校正法进行; Spearman 相关系数用于分析不同乳房特征与年龄的相关性, 乳房尺寸特征参数与腺体体积密度的相关性。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 基本情况 本次研究共调查了 203 位受检者的健康侧乳房的乳腺 CBCT 平扫图像 (左侧 107 例、右侧 96 例), 受检者年龄范围为 19~80 岁, 中位数为

51 岁。其胸壁有效直径 ( $D_{\text{eff}}$ )、半高胸径 ( $D_{h/2}$ )、和胸壁-乳头距离 (CNL) 的  $M(P_{25}, P_{75})$  分别为 11.9(10.9, 13.2)cm、8.3(7.4, 9.2)cm 和 6.5(5.1, 8.3)cm。乳房体积 (BV)、腺体体积 (GV) 和乳腺体积密度 (VBD) 的  $M(P_{25}, P_{75})$  分别为 327.7(233.2, 495.3) $\text{cm}^3$ 、47.0(28.6, 80.5) $\text{cm}^3$  和 15.4(7.2, 27.2)%。受检者乳房特征调查结果和分布情况见表 1 和图 2。

2.2 不同年龄段女性乳房特征的分布情况 将调查对象按其年龄分布情况分为 40 岁以下 ( $n = 30$ )、40~49 岁 ( $n = 63$ )、50~59 岁 ( $n = 78$ )、60 岁及以上 ( $n = 32$ ), 共 4 组。图 3 显示了乳房特征在各年龄组的分布情况,  $D_{\text{eff}}$  和  $D_{h/2}$  在各年龄段分布相似, CNL 和 BV 在 60 岁及以上年龄组偏高, GV 和 VBD 随年龄段的增加而降低, 在 4 个年龄段的差异较明显。

表 1 受检者乳房特征调查结果

Table 1 Breast characteristics of the examinees

	$D_{\text{eff}}/\text{cm}$	$D_{h/2}/\text{cm}$	CNL/cm	BV/ $\text{cm}^3$	GV/ $\text{cm}^3$	VBD(%)
$\bar{x} \pm s$	12.1±1.7	8.3±1.8	6.6±2.1	378.9±206.3	62.8±55.6	19.5±15.2
95%CI	11.9~12.4	8.1~8.5	6.3~6.9	350.4~407.5	55.1~70.5	17.4~21.6
$M$	11.9	8.3	6.5	327.7	47.0	15.4
$P_{25}, P_{75}$	10.9, 13.2	7.4, 9.2	5.1, 8.3	233.2, 495.3	28.6, 80.5	7.2, 27.2
$R$	7.8~17.4	5.0~12.4	2.5~12.8	60.3~1175.8	7.0~376.4	1.3~77.3

注:  $D_{\text{eff}}$ : 胸壁有效胸径;  $D_{h/2}$ : 半高胸径; CNL: 胸壁-乳头距离; BV: 乳房体积; GV: 腺体体积; VBD: 乳腺体积密度。

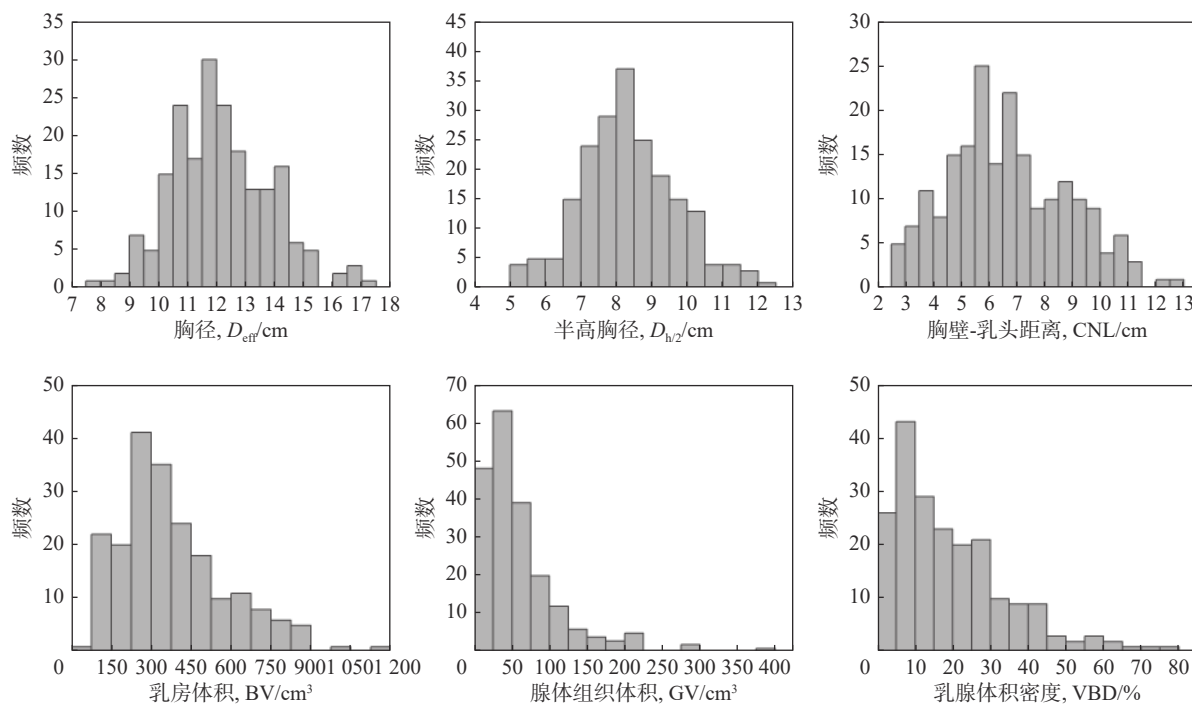


图 2 受检者乳房特征总体分布情况

Figure 2 Overall distributions of breast characteristics of the examinees

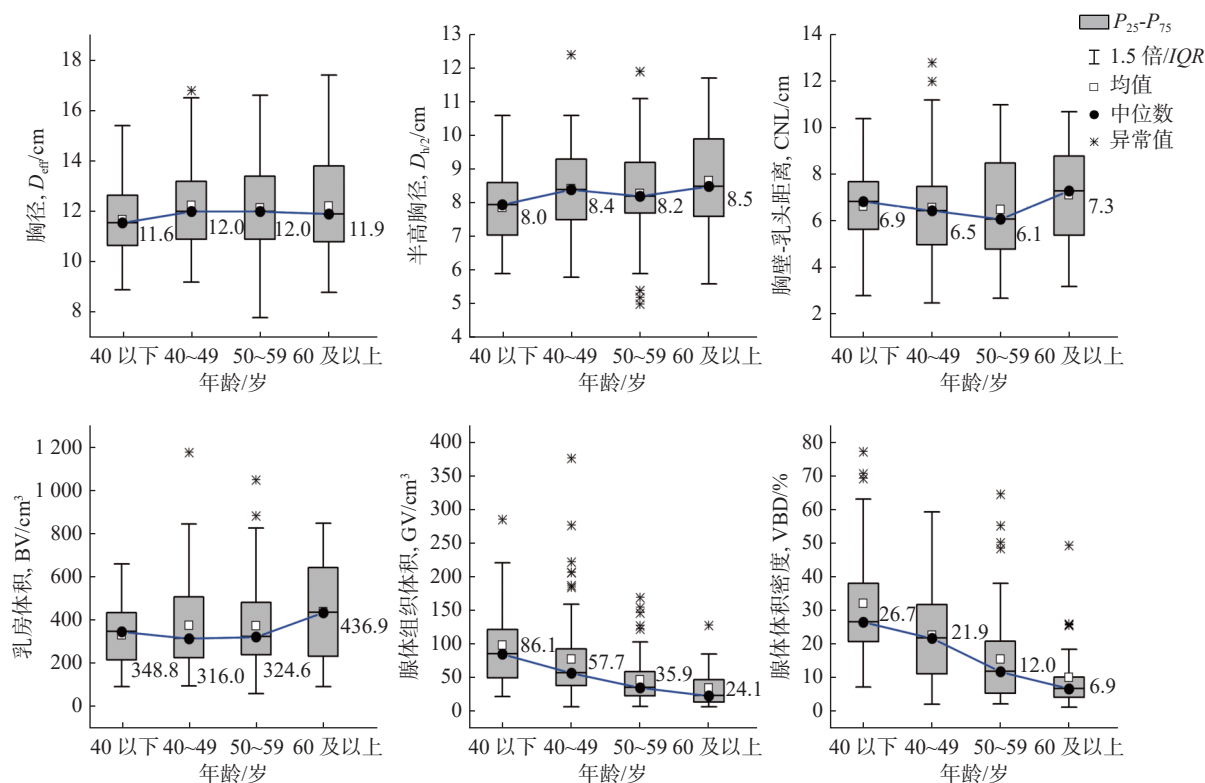


图 3 不同年龄段女性乳房特征分布情况

Figure 3 Distributions of breast characteristics in women of different ages

经 Kruskal-Wallis H 检验,  $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{h/2}$  和 CNL 在各年龄组间差异无统计学意义。BV 在 4 个年龄段的分布差异有统计学意义( $H = 11.364$ ,  $P < 0.05$ ), 经 Bonferroni 法两两比较发现, 其差异主要表现在 60 岁以上年龄组与其他 3 组的差异( $H = -44.978$ 、 $-37.514$ 、

$-34.925$ ,  $P < 0.05$ )。GV 和 VBD 在不同年龄组分布的差异有统计学意义( $H = 38.508$ 、 $45.015$ ,  $P < 0.001$ ), 两两比较发现, GV 和 VBD 在 40 岁以下和 40~49 岁年龄组之间、50~59 岁和 60 岁及以上年龄组之间无统计学差异, 此外在任意两组之间的分布差异有统



计学意义 (GV:  $H = 56.528, 79.138, 33.625, 56.234$ ; 年龄均呈负相关 ( $r = -0.465, -0.514, P < 0.001$ ), VBD:  $H = 60.716, 88.323, 33.516, 61.123, P < 0.01$ )。GV 和 VBD 在各年龄段的调查结果见表 2。进一步进行 Spearman 相关分析可得 GV 和 VBD 与

表 2 不同年龄段受检者 GV 和 VBD 调查结果

Table 2 GV and VBD of the examinees of different ages

	年龄	$\bar{x} \pm s$	95%CI	$M(P_{25}, P_{75})$	$R$	n
GV/cm <sup>3</sup>	40岁以下	98.7±65.4	73.3~124.1	86.1(50.0, 122.8)	22.5~285.6	30
	40~49岁	77.9±66.0	62.2~93.6	57.7(37.8, 93.2)	7.0~376.4	63
	50~59岁	46.7±34.8	38.6~54.7	35.9(23.1, 59.4)	7.8~169.6	78
	60岁及以上	35.0±28.5	24.5~45.4	24.1(14.3, 47.6)	7.2~128.5	32
VBD/cm <sup>3</sup>	40岁以下	32.1±18.9	24.7~39.4	26.7(20.7, 39.6)	7.3~77.3	30
	40~49岁	22.6±13.7	19.4~26.0	21.9(11.0, 31.8)	2.2~59.3	63
	50~59岁	15.6±13.0	12.6~18.6	12.0(5.4, 21.3)	2.3~64.7	78
	60岁及以上	10.2±10.1	6.5~13.9	6.9(4.2, 10.2)	1.3~49.4	32

注:GV. 腺体体积; VBD. 乳腺体积密度。

2.3 乳房尺寸与乳腺体积密度的关联 Spearman 相关分析可得,反映乳房尺寸特征的  $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{\text{h/2}}$  和 BV 与乳腺体积密度 VBD 均存在负相关 ( $r = -0.511, -0.462, -0.386, P < 0.001$ ), CNL 与 VBD 也存在负相

关但相关性较弱 ( $r = -0.179, P < 0.001$ )。图 4 拟合了 VBD 与  $D_{\text{eff}}$ 、CNL、BV 的线性关系, VBD 有随乳房尺寸增加而降低的趋势,与 Spearman 相关分析结果较一致。

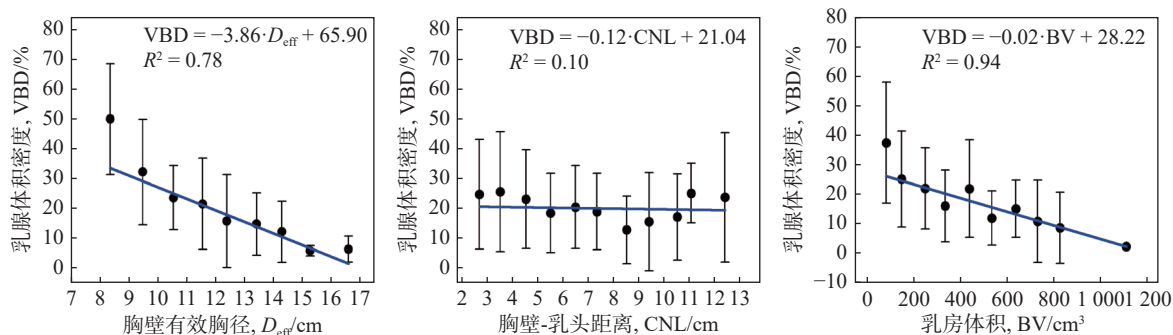


图 4 VBD 与  $D_{\text{eff}}$ 、CNL、BV 的线性关系

Figure 4 Linear relationships between VBD and  $D_{\text{eff}}$ , CNL, and BV

### 3 讨论

乳腺密度不仅可以用于乳腺剂量学模型的开发,还能用于乳腺癌的风险评估及筛查方案的优化<sup>[12]</sup>,在国际上备受关注。乳腺密度研究主要包括定性和定量两种<sup>[13]</sup>。现临床上最常使用的是美国放射医学学会 (American college of radiology, ACR) 第五版乳腺影像报告与数据系统 (breast imaging reporting and data system, BI-RADS) 中提出的乳腺分型,是一种定性研究的方法<sup>[14]</sup>,将乳腺密度分为 4 类,分别为 a 类(乳腺几乎全是脂肪组织)、b 类(乳腺内纤维腺体密度区散在分布)、c 类(乳腺组织密度不均匀,可能遮挡微小

肿块)和 d 类(乳腺组织非常致密,导致乳腺 X 射线检查敏感性降低)。但定性研究是一种以 X 射线摄影图像为基础的人工视觉评估方法,依赖于放射医师的经验,不同医师对同一幅影响可能会得出不同的分型结果<sup>[15]</sup>。

乳腺密度的定量测量则表现出了比定性研究较好的稳定性<sup>[16]</sup>。之前国际上对于乳腺密度的定量研究局限于腺体组织在二维乳腺 X 射线摄影图像中所表现出的面积百分比,受限于需要压迫乳房的检查模式,乳腺纤维腺体呈现在图像上的分布会相对扩大<sup>[17]</sup>,且基于面积的测量方法未能考虑乳腺组织的空间分布<sup>[18]</sup>。近年来,Volpara 和 Quantra 等全自动测量软件

的开发实现了基于二维 MG 图像的女性乳腺体积密度测量<sup>[7-9]</sup>。但这些软件所测得的乳房及腺体组织体积都是基于乳房模型以及图像上 X 射线的衰减情况而得到的一个估算值,其测量结果可能存在偏差<sup>[19]</sup>。此外,国内对于女性乳房尺寸的研究多在于整形外科领域,主要用于辅助医生制定手术方案或进行客观的术后评价<sup>[20]</sup>,缺少基于人群的一般特征调查。而本研究是基于非受迫三维乳腺 CBCT 图像进行的,能更加真实地反映全乳及乳房内部组织的分布特征<sup>[21]</sup>。调查所使用的基于阈值分割的辅助测量方法在 Liu 等<sup>[11,22]</sup>的前期研究中被证实具有较高的可靠性。

本次调查中,  $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{h/2}$ 、CNL、BV、GV 和 VBD 在调查群体中的中位数分别为 11.9 cm、8.3 cm、6.5 cm、327.7 cm<sup>3</sup>、47.0 cm<sup>3</sup> 和 15.4%。 $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{h/2}$  和 CNL 的分布近似正态,而 BV、GV 和 VBD 则呈明显的正偏态分布。各乳房特征分布直方图与国外 Huang 等<sup>[10]</sup> 和 Vedantham 等<sup>[23]</sup> 的研究相似。 $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{h/2}$  在各年龄段的分布无明显差异;CNL 在 60 岁以上年龄组偏高,但不具有统计学差异;BV 在 60 岁及以上显著高于其他年龄组。GV 和 VBD 随着受检者年龄的增加而降低的趋势,以 50 岁为界差异尤为明显。一方面可能是因为机体的新陈代谢能力会随年龄增加而下降,因此高年龄女性脂肪更容易囤积,进而使主要由脂肪和腺体构成的乳房变大;另一方面,绝经后女性的卵巢会逐渐萎缩,导致体内激素水平显著下降,乳腺腺体组织逐渐由萎缩性上皮细胞和脂肪组织替代,从而表现出高年龄女性乳房体积较大,密度较低的特点。

在美国 Vedantham 等<sup>[23]</sup> 基于 137 名女性乳腺 CT 图像的调查中,其  $D_{\text{eff}}$ 、PNL (pectoralis to nipple length) 和 BV 的中位数分别为 13.3 cm、7.5 cm 和 375.9 cm<sup>3</sup>,略高于本次研究,考虑与人群差异有关。Vedantham 等<sup>[23]</sup> 的研究对于乳房厚度的测量调查了 CNL 和 PNL 两个参数,其 PNL 的定义与本文中的 CNL 更吻合,因此在讨论其胸壁-乳头距离时,均参考的是 PNL 值。Vedantham 等<sup>[23]</sup> 在测量胸径时所选取胸壁截面有 78.1% 的病例包含了少量胸肌,而本研究则选取的是胸大肌前缘的截面,几乎不包含胸肌,在胸壁截面选择上的差异,也会造成其结果偏高。同时其对胸径和胸壁-乳头距离的测量包含了皮肤的厚度,而本研究在去皮模式下进行,但以往有研究指出乳房皮肤的平均厚度仅为 (0.145±0.03) mm<sup>[10]</sup>,因此认为乳房皮肤厚度不足以影响胸径大小。国内刘爱迪等<sup>[11]</sup> 基于乳腺 CBCT 图像的研究中 ( $n = 64$ ), BV 的中位

数为 490 cm<sup>3</sup> 左右,王佳豪等<sup>[7]</sup> 基于 MG 图像的研究中 ( $n = 1140$ ), BV 呈正态分布,其平均水平为 (491.77±256.96) cm<sup>3</sup>,均高于本研究中 327.7 的中位数(平均水平)以及 378.9 cm<sup>3</sup> 的均数,其原因可能在于南北方人群群体间的差,本研究在西南地区开展,而上述两项研究均在华北地区开展。此外,根据本次研究所得  $D_{\text{eff}}$  和 CNL 的中位数,计算出相应的半椭球形体积为 493.1 cm<sup>3</sup>,高于调查所得 BV 的中位数 327.7 cm<sup>3</sup>,说明以往对于乳腺 CT 的剂量学研究所使用的半椭球形乳房模型<sup>[24]</sup> 可能高估了乳房体积。笔者认为悬垂乳房应该是介于圆锥形和半椭球形之间的一种形状,本文中所调查的  $D_{h/2}$  可为优化乳腺 CBCT 的剂量学模型提供依据。

在 Vedantham 等<sup>[23]</sup> 的研究中,其 VBD 的中位数和平均数分别为 13.6% 和 17.2%,略低于本研究中 15.4% 的中位数和 19.5% 的平均值。虽然目前关于乳腺密度和种族或民族的数据有限,但有研究表明亚洲女性乳房的致密程度较高<sup>[25]</sup>。刘爱迪等<sup>[11]</sup> 研究中 VBD 的中位数为 15.25%~16.79%,与本次调查结果相近。王佳豪等<sup>[7]</sup> 的调查中, VBD 呈正态分布,其平均水平为 14.57%±7.24%,略低于本研究中 15.4% 的中位数,提示南北方女性群体之间的乳房特征可能存在差异,饮食、环境暴露因素等可能会对乳房腺体密度产生影响。此外,本研究发现 VBD 与  $D_{\text{eff}}$ 、 $D_{h/2}$  和 BV 均存在负相关,与 Vedantham 等<sup>[23]</sup> 的研究结果较一致,提示乳房体积越小,其所表现出的腺体密度越高。但这并不能说明乳腺密度与乳腺尺寸直接相关,不同尺寸乳房的密度差异可能受到年龄、体内激素水平、身体质量指数等因素共同影响<sup>[26]</sup>。

本研究仍存在一定的局限性,一是本研究采用了较为新颖的基于乳腺 CBCT 图像的半自动化计算机辅助测量法,在划定感兴趣区域和确定腺体分割精度时需要人为设定,在一定程度上会受到阅片者自身经验的影响。二是本次调查为单中心研究,数据局限于一家位于我国西南地区的三级医院,在外推到全国人群时受到一定的地域限制,未来可对位于全国不同地区多家医院进行调查以更加准确的了解我国女性乳房的一般特征。了解乳房的真实特征是开发适宜的乳房模型和开展剂量学研究的前提,本研究首次利用了三维影像对我国西南地区女性乳房的尺寸和腺体密度进行了详细的调查和表征,并进一步分析了不同年龄段乳房特征参数的分布情况,为将来在我国多地区调查女性乳腺体积密度特征提供方法支持。这些

数据可以指导更接近于我国女性乳房特征的剂量学模型及国人体素模型的开发,为进一步开展乳腺 X 射线摄影相关的辐射剂量研究提供参考。

**志谢** 感谢科宁(天津)医疗设备有限公司提供的支持和帮助

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

**作者贡献声明** 薛珂负责现场测量,数据整理、分析和论文撰写及修改;徐辉负责研究设计,指导论文撰写与审核;岳保荣参与指导论文修改;林琳、杨云福参与数据收集和现场测量;丁艳秋、叶兆祥参与论文修改

## 参考文献

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA A Cancer J Clin*, 2021, 71 (3): 209-249. DOI: [10.3322/caac.21660](https://doi.org/10.3322/caac.21660).
- [2] 赫捷, 陈万青, 李霓, 等. 中国女性乳腺癌筛查与早诊早治指南(2021, 北京)[J]. *中华肿瘤杂志*, 2021, 43 (4): 357-382. DOI: [10.3760/cma.j.cn112152-20210119-00061](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112152-20210119-00061).  
He J, Chen WQ, Li N, et al. China guideline for the screening and early detection of female breast cancer (2021, Beijing)[J]. *Chin J Oncol*, 2021, 43 (4): 357-382. DOI: [10.3760/cma.j.cn112152-20210119-00061](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112152-20210119-00061).
- [3] 安晶刚, 徐辉, 范胜男, 等. 全国医疗机构放射诊断资源基本情况分析[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2021, 41 (6): 450-455. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.06.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.06.009).  
An JG, Xu H, Fan SN, et al. Analysis of basic situation of diagnostic radiology resources of the nationwide medical institutions[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2021, 41 (6): 450-455. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.06.009](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.06.009).
- [4] Miglioretti DL, Lange J, Van Den Broek JJ, et al. Radiation-induced breast cancer incidence and mortality from digital mammography screening: a modeling study[J]. *Ann Intern Med*, 2016, 164 (4): 205-214. DOI: [10.7326/M15-1241](https://doi.org/10.7326/M15-1241).
- [5] 徐辉, 岳保荣, 尉可道, 等. 我国乳腺X射线摄影受检者乳腺剂量水平调查研究[J]. *中国辐射卫生*, 2016, 25 (6): 641-644. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.06.001](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.06.001).  
Xu H, Yue BR, Wei KD, et al. Research on glandular dose level of mammography in China[J]. *Chin J Radiol Health*, 2016, 25 (6): 641-644. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.06.001](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.06.001).
- [6] 薛珂, 徐辉, 岳保荣, 等. 乳腺X射线摄影中受检者辐射剂量评估研究进展[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2023, 43 (8): 663-668. DOI: [10.3760/cma.j.cn112271-20230301-00057](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112271-20230301-00057).  
Xue K, Xu H, Yue BR, et al. Research progress in the average glandular dose during mammography[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2023, 43 (8): 663-668. DOI: [10.3760/cma.j.cn112271-20230301-00057](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112271-20230301-00057).
- [7] 王佳豪, 邱睿, 胡安康, 等. 女性乳腺体积密度及分布的影像学初步研究[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2022, 42 (10): 806-811. DOI: [10.3760/cma.j.cn112271-20220527-00229](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112271-20220527-00229).  
Wang JH, Qiu R, Hu AK, et al. Preliminary imaging study on the distribution of female volumetric breast density[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2022, 42 (10): 806-811. DOI: [10.3760/cma.j.cn112271-20220527-00229](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112271-20220527-00229).
- [8] 胡从依, 马文娟, 柳杰, 等. 乳腺密度、年龄与乳腺癌发病风险的关系分析[J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41 (11): 2037-2040. DOI: [10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.013](https://doi.org/10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.013).  
Hu CY, Ma WJ, Liu J, et al. Relationship between breast density, age and the risk of breast cancer[J]. *J Clin Radiol*, 2022, 41 (11): 2037-2040. DOI: [10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.013](https://doi.org/10.13437/j.cnki.jcr.2022.11.013).
- [9] 王建明, 张晓飞, 刘慧. Quantra体积密度软件与乳腺影像报告和数据系统分型评估乳腺X线密度一致性分析[J]. *实用医技杂志*, 2022, 29 (7): 677-680. DOI: [10.19522/j.cnki.1671-5098.2022.07.001](https://doi.org/10.19522/j.cnki.1671-5098.2022.07.001).  
Wang JM, Zhang XF, Liu J. Consistency in breast density on mammography as assessed by Quantra breast volumetric density software vs breast imaging reporting and data system classification[J]. *J Pract Med Tech*, 2022, 29 (7): 677-680. DOI: [10.19522/j.cnki.1671-5098.2022.07.001](https://doi.org/10.19522/j.cnki.1671-5098.2022.07.001).
- [10] Huang SY, Boone JM, Yang K, et al. The characterization of breast anatomical metrics using dedicated breast CT[J]. *Med Phys*, 2011, 38 (4): 2180-2191. DOI: [10.1118/1.3567147](https://doi.org/10.1118/1.3567147).
- [11] 刘爱迪, 叶兆祥, 马悦, 等. 基于锥光束乳腺CT测量乳腺密度的可靠性研究[J]. *中国肿瘤临床*, 2018, 45 (5): 246-250. DOI: [10.3969/j.issn.1000-8179.2018.05.167](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8179.2018.05.167).  
Liu AD, Ye ZX, Ma Y, et al. Reliability of breast density estimation based on cone beam breast CT[J]. *Chin J Clin Oncol*, 2018, 45 (5): 246-250. DOI: [10.3969/j.issn.1000-8179.2018.05.167](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8179.2018.05.167).
- [12] Kataoka M. Mammographic density for personalized breast cancer risk[J]. *Radiology*, 2023, 306 (2): e222129. DOI: [10.1148/radiol.222129](https://doi.org/10.1148/radiol.222129).
- [13] Edmonds CE, O'Brien SR, Conant EF. Mammographic breast density: current assessment methods, clinical implications, and future directions[J]. *Semin Ultrasound CT MR*, 2023, 44 (1): 35-45. DOI: [10.1053/j.sult.2022.11.001](https://doi.org/10.1053/j.sult.2022.11.001).
- [14] D'Orsi CJ, Sickles EA, Mendelson EB, et al. Breast imaging reporting and data system[M]. Reston: American College of Radiology, 2013.
- [15] Melnikow J, Fenton JJ, Whitlock EP, et al. Supplemental screening for breast cancer in women with dense breasts: a systematic review for the U. S. Preventive services task force[J]. *Ann Intern Med*, 2016, 164 (4): 268-278. DOI: [10.7326/M15-1789](https://doi.org/10.7326/M15-1789).
- [16] Ekpo EU, McEntee MF. Measurement of breast density with digital breast tomosynthesis-a systematic review[J]. *Br J Radiol*, 2014,

- 87 ( 1043 ) : 20140460. DOI: [10.1259/bjr.20140460](https://doi.org/10.1259/bjr.20140460).
- [17] Yaffe MJ, Boone JM, Packard N, et al. The myth of the 50-50 breast[J]. *Med Phys*, 2009, 36 ( 12 ) : 5437-5443. DOI: [10.1118/1.3250863](https://doi.org/10.1118/1.3250863).
- [18] Acciavatti RJ, Lee SH, Reig B, et al. Beyond breast density: risk measures for breast cancer in multiple imaging modalities[J]. *Radiology*, 2023, 306 ( 3 ) : e222575. DOI: [10.1148/radiol.222575](https://doi.org/10.1148/radiol.222575).
- [19] Alonzo-Proulx O, Mawdsley GE, Patrie JT, et al. Reliability of automated breast density measurements[J]. *Radiology*, 2015, 275 ( 2 ) : 366-376. DOI: [10.1148/radiol.15141686](https://doi.org/10.1148/radiol.15141686).
- [20] 李浩然, 穆大力. 乳房体积测量方法研究进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2022, 38 ( 5 ) : 583-587. DOI: [10.3760/cma.j.cn114453-20200509-00277](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn114453-20200509-00277).
- Li HR, Mu DL. Research progress of breast volume measurement[J]. *Chin J Plast Surg*, 2022, 38 ( 5 ) : 583-587. DOI: [10.3760/cma.j.cn114453-20200509-00277](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn114453-20200509-00277).
- [21] Zhu YQ, O'Connell AM, Ma Y, et al. Dedicated breast CT: state of the art-Part I. Historical evolution and technical aspects[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32 ( 3 ) : 1579-1589. DOI: [10.1007/s00330-021-08179-z](https://doi.org/10.1007/s00330-021-08179-z).
- [22] Liu AD, Yin L, Ma Y, et al. Quantitative breast density measurement based on three-dimensional images: a study on cone-beam breast computed tomography[J]. *Acta Radiol*, 2022, 63 ( 8 ) : 1023-1031. DOI: [10.1177/02841851211027386](https://doi.org/10.1177/02841851211027386).
- [23] Vedantham S, Shi LX, Karellas A, et al. Dedicated breast CT: fibroglandular volume measurements in a diagnostic population[J]. *Med Phys*, 2012, 39 ( 12 ) : 7317-7328. DOI: [10.1118/1.4765050](https://doi.org/10.1118/1.4765050).
- [24] Yi Y, Lai CJ, Han T, et al. Radiation doses in cone-beam breast computed tomography: a Monte Carlo simulation study[J]. *Med Phys*, 2011, 38 ( 2 ) : 589-597. DOI: [10.1118/1.3521469](https://doi.org/10.1118/1.3521469).
- [25] Del Carmen MG, Halpern EF, Kopans DB, et al. Mammographic breast density and race[J]. *Am J Roentgenol*, 2007, 188 ( 4 ) : 1147-1150. DOI: [10.2214/AJR.06.0619](https://doi.org/10.2214/AJR.06.0619).
- [26] 闫晔. 中国女性乳腺腺体密度分布及其影响因素的研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2014.
- Yan Y. Distribution of mammographic density and its influential factors among Chinese women[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2014.

(收稿日期:2023-06-29)

## • 公告 •

## 《中国辐射卫生》出版伦理声明

《中国辐射卫生》遵循出版道德委员会 (Committee on Publication Ethics, COPE) 的指导方针调查和处理不当行为的指控或怀疑。

**对于作者:**

①所投稿件必须是作者的原创作品, 之前不得以印刷或在线形式发表, 或同时投给其他出版物。如文中使用先前发表的资料(如图、表格)需要提供相关的归属权和许可证明。

②作者应保证所投稿件不存在任何学术不端行为。学术不端行为定义见 CY/T 174—2019《学术出版规范—期刊学术不端行为界定》。

③所有作者在投稿时需签署“利益冲突声明”, 声明是否存在实际或潜在的利益冲突。

④每位作者都对其工作有实质性的贡献。所有作者也必须对自己的贡献负责, 且对其作为合著者的贡献确认无疑。通信作者负责确保作者贡献的描述准确且所有作者均无异议。为了提高研究贡献的透明性和可发现性, 建议采用贡献者角色分类法 (Contributor Role Taxonomy, CRediT) 准确、详细描述每个作者的具体贡献。更多 CRediT 分类法信息, 详见 <http://credit.niso.org/>。

**对于编辑与审稿人:**

编辑和审稿人必须公开任何实际或潜在的竞争性利益, 包括所有被合理视为与审稿有关的经济利益或非经济利益。有关竞争性利益和其他道德问题的更详细信息, 请参阅 COPE 指导方针。

《中国辐射卫生》编辑部

2023 年 11 月 25 日