

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.16.022

文章编号: 1005-8982(2018)16-0108-05

## 多排螺旋CT图像半自动分割技术对北方健康人群腹部脂肪分布的综合分析

张梦知, 徐志华, 蔡晓楠, 段阳

(中国人民解放军沈阳军区总医院 放射科, 辽宁 沈阳 110000)

**摘要 目的** 应用多排螺旋CT(MSCT)评价健康北方人腹部脂肪分布情况,并分析其与年龄和腰围(WC)的相关性。**方法** 应用MSCT图像半自动分割技术测量287例健康北方人脐平面的腹腔内脂肪面积(VA)、腹壁皮下脂肪面积(SA)、VA/(VA+SA)、腰围(WC),将所有人按不同年龄和性别分组,并进行统计分析。**结果** 男性VA高于女性( $P < 0.05$ ),女性SA高于男性( $P < 0.05$ )。男性VA、女性VA、女性VA/VA+SA随年龄增长而增长( $P < 0.05$ ),男性VA/VA+SA在60岁前随年龄增长而增长( $P < 0.05$ ),但主要是20~40岁组,与其他各组差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。男性和女性VA与WC、年龄均呈正相关( $P < 0.05$ );男性和女性SA与WC均呈正相关( $P < 0.05$ ),与年龄均不相关( $P > 0.05$ )。**结论** MSCT图像半自动分割技术测量腹部脂肪含量可行;北方人群腹部脂肪分布在不同年龄、性别组中存在差异,腹部脂肪含量与年龄和WC存在一定相关。

**关键词:** 腹部脂肪;多排螺旋CT;半自动分割技术

**中图分类号:** R445

**文献标识码:** A

## Comprehensive analysis of abdominal fat distribution in healthy northerners by semi-automatic segmentation of multi-slice CT images

Meng-zhi Zhang, Zhi-hua Xu, Xiao-nan Cai, Yang Duan

(Department of Radiology, General Hospital of Shenyang Military Region of PLA, Shenyang, Liaoning 110000, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the abdominal fat distribution characteristics of healthy northerners and its correlations with age and waist circumference using multi-slice CT. **Methods** Two hundreds and eighty-seven healthy northerners were enrolled in this study, and their CT images were obtained by multi-slice CT. The visceral adipose area (VA) and subcutaneous adipose area (SA), VA/(SA+VA), waist circumference (WC) in the navel plane were calculated by semi-automatic segmentation technology. All subjects were grouped according to their age and gender, then analyzed statistically. **Results** VA of male was higher than that of female ( $P < 0.05$ ), while SA of male was lower than that of female ( $P < 0.05$ ). VA and VA/(VA+SA) of female increased with age ( $P < 0.05$ ); and VA/(VA+SA) of male increased with age before the age of 60 years ( $P < 0.05$ ). VA/(VA+SA) between the group of 20-40 years old and other groups was statistically different ( $P < 0.05$ ). VA was positively correlated with WC and age ( $P < 0.05$ ). SA was positively correlated with WC ( $P < 0.05$ ). However, SA was not related to age ( $P > 0.05$ ). **Conclusions** The semi-automatic segmentation technology on multi-slice CT images is a reliable tool in assessing abdominal fat content. There are significant differences in abdominal fat distribution among the northerners of

收稿日期: 2017-09-11

[通信作者] 段阳, E-mail: duanyang100@126.com

different age and genders, and abdominal fat distribution has certain correlations with age and WC.

**Keywords:** abdominal fat; multi-slice CT; semi-automatic segmentation technology

随着人们生活水平和生活方式的变化, 肥胖已成为一种流行病。它是许多疾病的主要危险因素之一, 例如糖尿病、心血管疾病、胰岛素抵抗、中风、胆囊疾病、骨关节病、代谢综合征等<sup>[1-6]</sup>。人体脂肪分布是评估肥胖的重要方式。目前评价人体脂肪分布的简易方法有测量腰围 (waist circumference, WC)、体重指数、腰腿比、腰臀比等, 这些指标虽然简单易行, 在一定程度上反映人体脂肪含量, 但均不能准确区分腹腔内脂肪和腹壁皮下脂肪。CT 扫描可根据 CT 值的差异来判定组织的性质, 并能对腹腔内脂肪面积 (visceral adipose area, VA) 和腹壁皮下脂肪面积 (subcutaneous adipose area, SA) 进行准确定量。国内关于多排螺旋 CT (multi-slice CT, MSCT) 测量人体腹部脂肪含量的文献较少, 本研究采用 MSCT 图像半自动分割技术测量 287 例患者的 VA、SA, 旨在探讨人体腹部脂肪含量在不同年龄组及性别组的分布情况, 并分析腹部脂肪含量与年龄和 WC 的相关性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

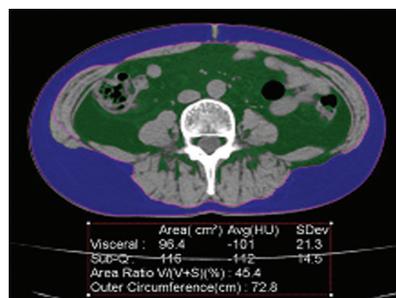
收集 2015 年 1 月 -2016 年 10 月来中国人民解放军沈阳军区总医院体检的健康北方人 287 例。其中, 男性 153 例, 女性 134 例; 年龄 20 ~ 86 岁, 平均 (50.6 ± 14.6) 岁。入选标准: 所有人均进行腹部 MSCT 检查, 且扫描层面包含脐平面。排除标准: 伴有糖尿病、甲状腺功能亢进、肾病、胆囊疾病、肿瘤疾病等影响腹部脂肪分布的情况。分组: 所有人按不同年龄和性别进行分组, 分为 20 ~ 40 岁 ( $n=67$ )、41 ~ 50 岁 ( $n=83$ )、51 ~ 60 岁 ( $n=81$ )、61 ~ 86 岁 ( $n=77$ ) 年龄组, 各年龄组根据性别再分为男女 2 个亚组。

### 1.2 研究方法

采用西门子 64 层螺旋 CT, 测量前先行常规校准, CT 值以 -1 000 HU 为空气、0 为水。研究对象取仰卧位, 所有人均进行腹部 MSCT 检查, 采取吸气末单次屏气扫描, 扫描参数为层厚 1 mm, 层间距 0.8 mm、螺距 0.8 mm, 管电压 120 kV, 电流 250 mA。

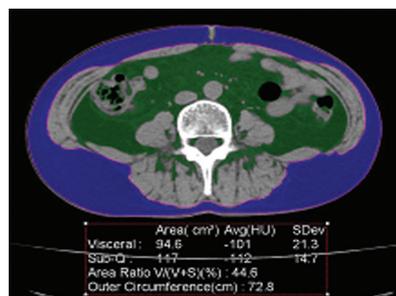
图像采集完成后, 利用 CT 后处理工作站相应软件 (Aquarius iNtuition Edition) 进行半自动分割技术

后处理, 脂肪组织的衰减范围取 -150 ~ -50 HU。沿脐平面 ( $L_4 \sim L_5$  椎间隙水平) 腹壁皮肤轮廓 (外缘) 及腹壁肌肉轮廓 (内缘) 画线, 计算机自动对 2 个区域衰减范围内全部像素的面积 (ROI) 进行定量测量, 得到腹腔内脂肪面积 (VA,  $\text{cm}^2$ )、腹壁皮下脂肪面积 (SA,  $\text{cm}^2$ )、腹腔内脂肪面积与腹部脂肪面积的比值 (the ratio between visceral adipose area and abdominal fat area, VA/VA+SA) 及腰围 (WC) 值。若出现 VA 和 SA 的 ROI 不匹配情况, 由 2 位经过培训的医师达成共识, 然后手动修正 ROI (见图 1、2)。



右侧部分肌肉误认为 SA, 左侧部分肌肉误认为 VA

图 1 修正前腹部脂肪面积测量示意图



绿色代表腹腔内脂肪, 蓝色代表腹壁皮下脂肪, 沿腹壁轮廓的外划线代表腰围, 由计算机自动画出 ROI 框, 不匹配时手动修正, 并计算出 VA、SA、VA/SA+VA、WC

图 2 修正后腹部脂肪面积测量示意图

### 1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件, 计量资料以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 应用独立样本  $t$  检验比较男女总体性别间的差异性, 应用单因素方差分析和 LSD- $t$  检验比较同性别各年龄组间 VA 和 VA/VA+SA 的差异性。应用 Pearson 相关分析 VA、SA 与年龄、WC 相关性。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 性别差异性比较

男性 VA 高于女性 ( $t=5.581, P=0.000$ ), 女性 SA 高于男性 ( $t=4.835, P=0.000$ )。男女总体腹部脂肪含量参数及 WC 的情况见表 1。

### 2.2 同性别各年龄组间比较

男性 VA、女性 VA、女性 VA/VA+SA 随年龄增长而增长 ( $F=10.064、8.559$  和  $14.982$ , 均  $P=0.000$ ), 男性 VA/VA+SA 在 60 岁前随年龄增长而增长 ( $F=21.441, P=0.000$ )。男性 VA、男性 VA/VA+SA、女性 VA、女性 VA/VA+SA 20 ~ 40 岁组与其他各组比较差异有统计学意义 (女性 VA 20 ~ 40 岁组与 41 ~ 50 组比较,  $P>0.05$ ), 另外女性 VA/VA+SA 41 ~ 50 岁组与 61 ~ 86 岁组比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 2、3。

### 2.3 腹部脂肪含量参数 (VA、SA) 与年龄和 WC 的相关性

Pearson 相关分析表明, 男性和女性 VA 与 WC、年龄呈正相关 (男性,  $r=0.812$  和  $0.426$ ; 女性,  $r=0.748$  和  $0.477$ ; 均  $P=0.000$ ); 男性和女性 SA 与

WC 呈正相关 (男性,  $r=0.685$ , 女性,  $r=0.841$ , 均  $P=0.000$ ), 与年龄均不相关 ( $P>0.05$ )。见表 4。

表 3 134 例女性不同年龄段 VA、SA、VA/VA+SA、WC 测量结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

年龄	VA/cm <sup>2</sup>	SA/cm <sup>2</sup>	VA/VA+SA/%	WC/cm
20 ~ 40 岁 (n=22)	61.4 ± 38.8	155.3 ± 80.2	28.2 ± 8.6	76.2 ± 10.8
41 ~ 50 岁 (n=23)	98.3 ± 36.4	158.8 ± 52.5	38.2 ± 10.4	80.3 ± 6.0
51 ~ 60 岁 (n=44)	109.8 ± 43.3	157.5 ± 55.1	40.8 ± 7.6	80.3 ± 7.7
61 ~ 86 岁 (n=45)	118.8 ± 52.5	149.8 ± 57.1	43.0 ± 8.9	81.4 ± 9.1

表 4 VA、SA、VA+SA 与 WC 的直线方程

参数	男性 WC	女性 WC
VA	$Y=5.973X-370.164$	$Y=4.221X-234.812$
SA	$Y=3.696X-189.583$	$Y=5.804X-309.635$
VA+SA	$Y=9.669X-559.746$	$Y=10.025X-544.447$

表 1 287 例总体 VA、SA、VA/VA+SA、WC 测量结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	VA/cm <sup>2</sup>	SA/cm <sup>2</sup>	VA/VA+SA/%	WC/cm
男性 (n=153)	138.8 ± 58.9	125.3 ± 43.2	51.0 ± 11.4	85.2 ± 8.0
女性 (n=134)	102.9 ± 48.6	154.7 ± 59.5	39.0 ± 10.0	80.0 ± 8.6
总体 (n=287)	122.1 ± 57.1	139.1 ± 53.5	45.4 ± 12.3	82.8 ± 8.7

表 2 153 例男性不同年龄段 VA、SA、VA/VA+SA、WC 测量结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	VA/cm <sup>2</sup>	SA/cm <sup>2</sup>	VA/VA+SA/%	WC/cm
20 ~ 40 岁 (n=45)	101.8 ± 57.8	130.0 ± 54.2	41.5 ± 12.0	82.0 ± 9.7
41 ~ 50 岁 (n=39)	150.1 ± 46.0	128.5 ± 35.1	53.3 ± 8.1	87.6 ± 7.0
51 ~ 60 岁 (n=37)	154.5 ± 56.9	115.1 ± 34.6	56.3 ± 8.8	85.9 ± 6.7
61 ~ 86 岁 (n=32)	159.0 ± 55.1	126.6 ± 43.6	55.6 ± 8.3	86.0 ± 6.7

## 3 讨论

腹腔脂肪定量测量对于研究脂肪的分布规律和病理状态下脂肪的再分布、肥胖与代谢内分泌紊乱以及心血管系统并发症间的联系意义重大, 它是认识肥胖的重要组成部分。研究已经表明肥胖并发症 (糖尿病) 等并不是简单的与体重和身高的比值有联系, 而主要是与腹腔内脂肪量密切相关<sup>[7]</sup>, 腹内脂肪的增加与胰岛素抵抗的加重有很好的相关性<sup>[8]</sup>, VA/SA 对判断及预测脑卒中、高血压、脂肪肝、脑白质稀疏症、糖尿病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、高脂血症类疾病也有重要作用<sup>[9]</sup>。但是, 地域差异、种族及饮食不同, 正常健康人群的腹部脂肪分布会有差异, 目前关于健康人腹部脂肪分布的研究较少, 本研究聚焦健康人的腹部脂肪分布, 为进一步研究腹部脂肪相关疾病打下基础。

CT 在临床上具有密度分辨率高、定位定量准确、可重复性高、安全方便等特点<sup>[10]</sup>, 是一种更直接的测量体内脂肪的方式, 它能对全身脂肪的体积进行测量, 尤其是区域脂肪等进行准确的定量。MRI 在脂肪定量测量方面也具有越来越高的精确度, 也证实具有临床

意义<sup>[11]</sup>。相关研究应用 MRI 对腹部脂肪含量进行测定,但是价格较为昂贵,不利于推广和普及。

关于脂肪衰减范围的选择,目前尚无统一的标准,鉴于肠道气体和体内肌肉组织所致的部分容积效应的影响以及骨骼所致的线束硬化的影响,不同研究者将衰减范围定在 -250 ~ -50 HU、-190 ~ -30 HU、-200 ~ -50 HU、-150 ~ -50 HU<sup>[12]</sup>,国外学者认为腹部脂肪的衰减范围为 -190 ~ -30 HU<sup>[13]</sup>,本研究采用的衰减范围为 -150 ~ -50 HU。

脂肪首先在腹部堆积,腹型肥胖相比于全身肥胖对人体的危害更大,腹型肥胖的人患并发症的危险比全身肥胖的人大很多,这在糖尿病和中风的研究中已经得到了足够的证实。RÖSSNER 等<sup>[14]</sup>用人尸研究证实,CT 测出的横断面腹部脂肪面积与相应层面上肉眼直观形态学测量结果高度相关,证明了面积测量可准确反映腹部脂肪含量。BORKAN 等<sup>[15]</sup>的研究认为,腹部由于脂肪组织最丰富,与肥胖的并发症关系最密切,是研究比较集中的体段,而且使用 7 次 CT 扫描对腹部总脂肪、腹腔内脂肪和腹壁皮下脂肪的分布进行了测量,证明了行脐水平单层扫描评估腹部脂肪分布的可行性。而且有研究证实腹部脂肪面积与腹部脂肪体积的关系密切,脐平面的腹部脂肪面积能够很好地代表整个腹部脂肪<sup>[16]</sup>,故本文重点研究腹部脂肪,并且采用脐平面进行腹部脂肪测量。另外,自动分割技术因为局部识别或其他类似密度组织干扰会影响分割效果,而本研究采用的半自动分割技术可以克服这一缺点。

本研究结果表明,腹部脂肪分布性别间存在差异,男性 VA 多于女性,女性 SA 多于男性。分析原因可能是雌激素在腹部脂肪分布中有一定作用。相同性别的人相比较,男性 VA、女性 VA、女性 VA/VA+SA 随年龄增长而增长,男性 VA/VA+SA 在 60 岁前随年龄增长而增长,但主要是 20 ~ 40 岁组,这在一定程度上说明在年龄大的群体中,VA 占腹部脂肪含量的比重相对更大;此外,本研究还发现,各年龄组女性 VA 均小于男性,这与艾雪儒<sup>[17]</sup>等的研究相符合。腹部脂肪含量与 WC、年龄的相关性情况为:VA、SA、VA+SA 均与 WC 呈正相关,VA 还与年龄呈正相关,SA 与年龄无相关。这表明腹部脂肪含量大体与 WC 相符,WC 越高无论 VA 还是 SA 均有一定的升高,这也说明 VA、SA、VA+SA 大致可以用 WC 来粗略估计。根据直线方程 VA 和 WC 的关系,男性、女性腹围为

80 cm 时,所得 VA 分别为 107.6 和 102.9 cm<sup>2</sup>,这与国内邹诚实<sup>[18]</sup>的研究结果相比,VA 偏高,这可能与北方纬度较南方高,天气寒冷,人体的代谢会比处于温暖地带的南方人慢,脂肪易堆积有关。

本研究的不足之处:本研究样本量有限,每组样本量偏少。本研究的研究对象均为北方人群,可能受到区域的气候、饮食和生活习惯等因素的影响。由于医学伦理原因,本研究也没有进行相应的激素等指标研究。

综上所述,本研究表明应用多排螺旋 CT 图像半自动分割技术测量腹部脂肪含量简单可行,本研究分析了人体腹部脂肪分布在不同年龄、性别组中的差异,并分析了腹部脂肪含量与年龄、WC 的相关性,为腹部脂肪与相关疾病关系进一步研究打下基础。

#### 参 考 文 献:

- [1] KEARNS K, DEE A, FITZGERALD A P, et al. Chronic disease burden associated with overweight and obesity in Ireland: The effects of a small BMI reduction at population level[J]. BMC Public Health, 2014, 14(1): 143.
- [2] ZAMMIT A R, KATZ M J, DERBY C, et al. Abdominal obesity is a risk factor for dysexecutive function in chronic kidney disease[J]. Preventive Medicine Reports, 2016, 4: 128-133.
- [3] BORCH D, JUUL-HINDSGAUL N, VELLER M, et al. Potatoes and risk of obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease in apparently healthy adults: A systematic review of clinical intervention and observational studies[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2016: ajcn132332.
- [4] ZHANG P, WANG R, GAO C, et al. Types of obesity and its association with the clustering of cardiovascular disease risk factors in jilin province of china[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016, 13(7): 685.
- [5] BURTON B T, FOSTER W R, HIRSCH J, et al. Health implications of obesity: An NIH consensus development conference[J]. International Journal of Obesity, 1984, 9(3): 155-170.
- [6] FOX C S, MASSARO J M, HOFFMANN U, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments[J]. Circulation, 2007, 116(1): 39-48.
- [7] MAKSIMOVIĆ M, VLAJINAC H, RADAK Đ, et al. Relationship between abdominal obesity and other cardiovascular risk factors: cross sectional study of patients with symptomatic carotid disease[J]. Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo, 2013, 141(7/8): 460-465.
- [8] ANDERSON P J, CHAN J C N, CHAN Y L, et al. Visceral fat and cardiovascular risk factors in Chinese NIDDM patients[J]. Diabetes Care, 1997, 20(12): 1854-1858.
- [9] 谢应朗,陈发荣. CT 定量测量腹部脂肪面积的研究[J]. 实用放射学杂志, 2000, 16(1): 43-45.

- [10] BERKER D, KOPARAL S, ISIK S, et al. Compatibility of different methods for the measurement of visceral fat in different body mass index strata[J]. Diagnostic And Interventional Radiology, 2010, 16(2): 99.
- [11] NEELAND I J, GRUNDY S M, LI X, et al. Comparison of visceral fat mass measurement by dual-X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in a multiethnic cohort: The Dallas Heart Study[J]. Nutrition & Diabetes, 2016, 6(7): e221.
- [12] 于铁链. 人体脂肪组织(AT)的CT测量[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 1991, 14(5): 257-260.
- [13] YOSHIKUMI T, NAKAMURA T, YAMANE M, et al. Abdominal fat: Standardized technique for measurement at CT[J]. Radiology, 1999, 211(1): 283-286.
- [14] RÖSSNER S, BO W J, HILTBRANDT E, et al. Adipose tissue determinations in cadavers-A comparison between cross-sectional planimetry and computed tomography[J]. International Journal of Obesity, 1990, 14(10): 893-902.
- [15] BORKAN G A, GERZOF S G, ROBBINS A H, et al. Assessment of abdominal fat content by computed tomography[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1982, 36(1): 172-177.
- [16] FURUKAWA K, KATABAMI T, NAKAJIMA Y, et al. Evaluation of whole-abdominal fat volume by 700-slice CT scanning and comparison with the umbilical fat area anthropometric indices[J]. Obesity Research & Clinical Practice, 2010, 4(2): e111-e117.
- [17] 艾雪儒, 苏汉新, 刘培成, 等. 人体腹部脂肪组织CT定量测量及应用价值的研究[J]. 实用放射学杂志, 2010, 26(9): 1290-1294.
- [18] 邹诚实. 利用CT图像脂肪自动识别程序进行内脏脂肪测量和肥胖分型[J]. 上海医学, 2015, 1: 010.

(张西倩 编辑)