

## 论 著

## 基于QCT的腹部脂肪与心血管代谢指标的相关性研究

张苗苗 潘志立 吕维富\*

中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)影像科(安徽合肥 230001)

**【摘要】目的** 探讨腹部脂肪QCT参数与性别、年龄和心血管代谢指标的相关性。**方法** 本研究选取行QCT腰椎骨密度检查的450名体检者,测量肝脂肪含量(L-Fat%QI)、腹部皮下脂肪面积(SAT)、腹部内脏脂肪面积(VAT),并计算腹部总脂肪面积(TAT)和VAT与TAT之比(V/T),分析L-Fat%QI与腹部脂肪参数的相关性。根据年龄、性别、代谢指标和血压值进行分组,并分析各组间腹部脂肪参数的统计学差异。**结果** L-Fat%QI与VAT、TAT呈显著相关性( $P<0.05$ )。不同年龄组间的VAT、TAT及V/T均有统计学差异( $P<0.05$ )。男女组间SAT、VAT及V/T有明显的统计学差异( $P<0.05$ )。不同血压组间的TAT及V/T均有统计学差异( $P<0.05$ )。TG偏高组的TAT、V/T明显高于TG正常组( $P<0.05$ )。FBG偏高组的V/T明显高于FBG正常组( $P<0.05$ )。**结论** 腹部脂肪QCT相关参数与性别、年龄及心血管代谢指标具有一定相关性,其在预测代谢相关疾病方面具有一定价值。

**【关键词】** QCT; 腹部内脏脂肪; 非酒精性脂肪肝; 高血压; 高血脂; 高血糖

**【中图分类号】** R544.1

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.036

## Study of the Correlation between Abdominal Fat Based on Quantitative CT and Cardiovascular Metabolic Indicators

ZHANG Miao-miao, PAN Zhi-li, LV Wei-fu\*

Department of Imaging, the First Affiliated Hospital of USTC, Division of Life Sciences and Medicine, University of Science and Technology of China, Hefei 230001, Anhui Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the correlation between abdominal fat distribution and gender, age and cardiovascular metabolic indicators in physical examination population measured by quantitative CT. **Methods** This study selected 450 physical examination subjects who underwent QCT lumbar bone density examination. QCT parameters were measured, including liver fat content (L-Fat%QI), abdominal subcutaneous fat area (SAT) and abdominal visceral fat area (VAT). Total abdominal fat area (TAT) and ratio VAT to TAT (V/T) were calculated, and the correlation between L-Fat%QI and abdominal fat parameters were analyzed. Groups were divided according to age, sex, metabolic parameters (FBG, TC, TG and LDL) and blood pressure, and statistical differences in abdominal fat parameters were analyzed between groups. **Results** L-Fat%QI was significantly correlated with VAT and TAT ( $P<0.05$ ). There were significant differences in VAT, TAT and V/T among three age groups ( $P<0.05$ ). There were significant differences in SAT, VAT and V/T between males and females groups ( $P<0.05$ ). TAT and V/T were significantly different among three blood pressure groups ( $P<0.05$ ). TAT and V/T in high TG group were significantly higher than those in normal TG group ( $P<0.05$ ). The V/T of high FBG group was significantly higher than that of normal FBG group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The parameters related to abdominal fat measured by QCT lumbar bone mineral density were correlated with gender, age and cardiovascular metabolic indexes. These parameters were of certain value in predicting non-alcoholic fatty liver disease, hypertension, hyperlipidemia and hyperglycemia.

**Keywords:** QCT; Abdominal Visceral Fat; Nonalcoholic Fatty Liver Disease; Hypertension; Hyperlipidemia; Hyperglycemia.

一直以来,非酒精性脂肪肝和其他心血管代谢相关疾病都是备受关注的慢性疾病,既往研究证实,腹部内脏脂肪(腹内脂肪)是评价肥胖相关的心血管疾病发生风险的最佳指标<sup>[1-2]</sup>。目前,临床仍常用BMI来评价肥胖程度<sup>[3-4]</sup>,用B超来评价脂肪肝程度<sup>[5]</sup>,这两种方法存在明显的缺陷与不足。已有较多研究证实CT是评价肥胖症及非酒精性脂肪肝的最佳方法之一<sup>[6-9]</sup>。基于胸部低剂量CT的QCT扫描已应用于体检人群骨密度的测量中,这种方法在不增加辐射剂量的前提下获得腰椎骨密度的数值,可避免其他骨密度检查方法带来的辐射影响<sup>[10-11]</sup>,但QCT在腹部脂肪面积及肝脂肪含量中的应用仍处于研究阶段。本研究利用测量骨密度的QCT图像同时获得腹部脂肪分布相关参数及肝脏脂肪含量,分析前后两者相关性,分析腹部脂肪参数在体检人群的不同年龄、性别、血压、BMI及代谢指标分组间的统计学差异。本研究可为行QCT腰椎骨密度的健康体检人群提供是否有必要同时进行腹部脂肪面积的测量提供参考依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2021年8月18日至2021年11月10日期间在我院健康管理中心进行QCT腰椎骨密度的450名体检者。

排除标准:图像受呼吸运动等伪影影响较大;具有明显的肝炎、肝硬化及其他肝脏良恶性肿瘤;合并有甲状腺功能异常、慢性营养不良等代谢性疾病;有其他影响测量的腹部疾病;心血管代谢指标等临床资料不完整。

**1.2 设备与扫描** 采用GE MEDICAL SYSTEMS Optima CT660 64排扫描机,按常规低剂量进行胸部CT扫描,扫描范围下界包含第2腰椎椎体下缘,检查时嘱受检者双手抱头,吸气末屏气。扫描参数:管电压120kV,管电流70mA, SFOV500;采用混合迭代重建方法,重建层厚1.25mm,重建间隔1.25mm;定期应用质控体模对测量软件进行校准。

**1.3 数据测量** 将获得的薄层图像传至 Mindways公司的QCT测量分析软件(QCT PRO),进行腹部脂肪分布及肝脏脂肪含量的测量。运用QCT PRO软件中的“tissue composition”功能自动勾画并分割被检者的L2椎体中心层面的皮下脂肪面积(subcutaneous adipose tissue, SAT)和内脏脂肪面积(visceral adipose tissue, VAT),见图1,并计算SAT与VAT之和,即腹部总脂肪面积(total adipose tissue, TAT),最后获得VAT与TAT的比值(V/T)。运用QCT分析软件中的“Measure Liver Fat”模块测量门静脉右支最大层面的肝脏脂肪含量,分别于肝左叶、右前叶及右后叶手动勾画并调整合适大小的感兴趣(ROI),见图2,获得ROI内的肝脏脂肪含量(liver fat content)并取其均值记作L-Fat%QI。测量时注意避开血管、胆管、囊肿、钙化。以上所

【第一作者】张苗苗,女,住院医师,主要研究方向:腹部疾病影像诊断。E-mail: zmm110408@126.com

【通讯作者】吕维富,男,主任医师,主要研究方向:影像诊断及介入治疗。E-mail: lvf99@126.com

有数据测量均由同一位放射诊断经验5年以上的医师完成。

**1.4 分组标准** 根据年龄分为3组：青年组(18岁-40岁)、中年组(41岁-65岁)和老年组(≥66岁)；根据性别分为2组：男性组和女性组；根据血压值分为3组：低血压组(高压值<90mmHg或低压值<60mmHg)、正常组和高血压组(高压值≥140mmHg或低压值≥90mmHg)；根据空腹血糖值(FBG)共分为2组：FBG偏高组(FBG≥6.1mmol/L)和正常组(3.9mmol/L≤FBG<6.1mmol/L)；根据总胆固醇值(TC)分为2组：TC偏高组(≥5.18mmol/L)和正常组；根据甘油三酯值(TG)分为2组：TG偏高组(TG≥1.7mmol/L)和正常组；根据低密度脂蛋白(LDL)分为2组：LDL偏高组(LDL≥3.37mmol/L)和正常组。

**1.5 统计学分析** 应用SPSS 23.0软件学软件进行数据分析。采用P-P图对QCT数据(L-Fat%QI、SAT、VAT、TAT、V/T)进行正态性检验。计量资料用均值±标准差( $\bar{x} \pm s$ )方式表示。QCT数据间的两两相关性分析采用Pearson相关性分析，不同年龄和血压组间QCT数据的比较采用单因素方差分析(ANOVA)分析，不同性别、TC、TG、LDL和FBG组间QCT数据的比较采用独立样本T检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 L-Fat%QI值与SAT、VAT、TAT和V/T值的相关性分析** L-Fat%QI与VAT、TAT呈显著相关性(P<0.05)，与SAT、V/T呈弱相关性(P<0.05)，见表1。

**2.2 不同年龄组间SAT、VAT、TAT和V/T值比较** VAT、TAT和

V/T在不同年龄组的组间比较及其任意两两比较均有统计学差异(P<0.05)，SAT在不同年龄组的组间比较及其任意两两比较均无统计学差异(P>0.05)，见表2。

**2.3 不同性别组间SAT、VAT、TAT和V/T值比较** 男性组的VAT和V/T值均大于女性组(P>0.05)，男性组的SAT值小于女性组(P<0.05)，TAT值在男女性别组间无统计学差异(P>0.05)，见表2。

**2.4 不同血压组间SAT、VAT、TAT和V/T值比较** VAT和TAT在不同血压组的组间比较及其任意两两比较均有统计学差异(P<0.05)，见表2。V/T在不同血压组的组间比较、高压组与低压组及正常组间两两比较均有统计学差异(P<0.05)，但在低压组与正常组间无统计学差异(P>0.05)。SAT在不同血压组的组间比较及其任意两两比较均无统计学差异(P>0.05)，见表2。

**2.5 不同TC、TG、LDL和FBG组间SAT、VAT、TAT和V/T值比较** TG偏高组的TAT、V/T值均高于TG正常组(P<0.05)，SAT、VAT在两组间无统计学差异(P>0.05)，见表3。TC和LDL偏高组与正常组间的SAT、VAT、TAT、V/T均无统计学差异(P>0.05)，见表3。FBG偏高组的V/T值均高于FBG正常组(P<0.05)，SAT、VAT、TAT在两组间无统计学差异(P>0.05)，见表3。

表1 L-Fat%QI值与SAT、VAT、TAT和V/T值的相关性分析

		SAT	VAT	TAT	V/T
L-Fat%QI	r	0.244	0.537	0.530	0.275
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表2 不同年龄、性别、血压组间SAT、VAT、TAT和V/T值的均值比较结果

	年龄			P值	F值
	青年组(61例)	中年组(355例)	老年组(34例)		
SAT(cm <sup>2</sup> )	109.75±55.41	112.47±48.06	111.41±52.58	0.922	0.082
VAT(cm <sup>2</sup> )	114.23±66.60	148.64±70.30	183.78±71.79	<0.001	11.466
TAT(cm <sup>2</sup> )	224.05±106.19	261.11±91.55	295.19±96.48	0.001	6.821
V/T	0.50±0.11	0.56±0.14	0.62±0.13	<0.001	9.319

续表2

	性别		P值	t值
	男性组(225例)	女性组(225例)		
SAT(cm <sup>2</sup> )	92.80±40.23	131.24±50.22	<0.001	-8.960
VAT(cm <sup>2</sup> )	183.68±71.27	109.59±49.20	<0.001	12.833
TAT(cm <sup>2</sup> )	276.49±98.51	240.83±88.51	0.225	4.039
V/T	0.66±0.83	0.45±0.91	<0.001	25.600

续表2

	血压			P值	F值
	低血压组(26例)	正常组(287例)	高血压组(137例)		
SAT(cm <sup>2</sup> )	100.18±49.32	111.49±48.13	115.39±51.79	0.339	1.084
VAT(cm <sup>2</sup> )	107.30±80.82	137.43±69.11	173.40±66.75	<0.001	17.030
TAT(cm <sup>2</sup> )	207.48±107.09	248.92±95.51	288.78±86.20	<0.001	12.745
V/T	0.50±0.14	0.54±0.13	0.60±0.13	<0.001	11.324

3 讨论

随着我国人口老龄化进程推进，心血管代谢相关疾病已带来愈加沉重的医疗负担，同时胸部低剂量CT(LDCT)扫描在各级体检机构中的应用越来越普及，将LDCT与QCT技术结合起来，以此来获得肝脏脂肪含量和腹部脂肪面积等数据，在不增加辐射剂量的前提下实现多病共检，这将为我国的慢性病影像评价起到积极的促进作用。

本研究相关性分析结果显示健康体检人群的L-Fat%QI与VAT及TAT呈显著相关性，但与SAT呈弱相关性，此研究结果与既往研究

结果相一致<sup>[6,12,13]</sup>。既往文献认为，新的小脂肪细胞可以吸收更多的游离脂肪酸(FFA)和TG，逐渐转化为大脂肪细胞，其吸收功能亦逐渐丧失<sup>[14]</sup>，腹内脂肪具有更多的大脂肪细胞，而且血管更为丰富，其代谢产物可直接灌入门静脉而沉积于肝脏<sup>[15]</sup>，这可以解释为什么VAT较SAT与L-Fat%QI具有更显著的相关性。

本研究结果显示老年组较青年组更易发生腹部内脏脂肪积累，这与既往研究结果相一致<sup>[16]</sup>；笔者认为可能的原因是随着年龄的增长，机体运动量逐渐减少，基础代谢率逐渐减低，因此脂肪积累逐渐增多。本研究结果显示男性较女性更易发生内脏脂肪

**表3 不同TC、TG、LDL和FBG组间SAT、VAT、TAT和V/T值的均值比较结果**

	TC			
	偏高组(298例)	正常组(152例)	P值	t值
SAT(cm <sup>2</sup> )	110.36±50.111	115.29±47.82	0.469	-1.002
VAT(cm <sup>2</sup> )	142.20±72.45	155.34±69.11	0.356	-1.847
TAT(cm <sup>2</sup> )	252.56±97.15	270.62±90.46	0.173	-1.909
V/T	0.55±0.14	0.56±0.13	0.173	-0.911

续表3

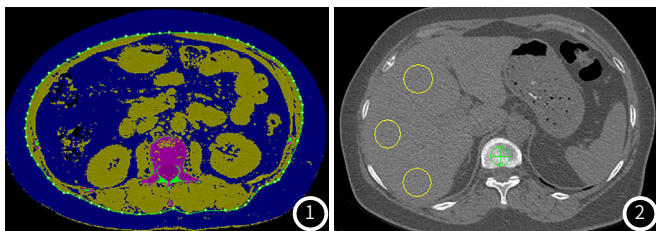
	TG			
	偏高组(138例)	正常组(312例)	P值	t值
SAT(cm <sup>2</sup> )	110.05±51.51	116.47±43.92	0.107	-1.272
VAT(cm <sup>2</sup> )	126.34±65.62	192.53±62.75	0.720	-0.999
TAT(cm <sup>2</sup> )	236.39±94.22	309.00±76.73	<0.001	-8.609
V/T	0.54±0.14	0.61±0.12	<0.001	-4.571

续表3

	LDL			
	偏高组(352例)	正常组(98例)	P值	t值
SAT(cm <sup>2</sup> )	109.11±48.06	122.47±52.66	0.408	-2.382
VAT(cm <sup>2</sup> )	142.34±72.05	162.09±67.77	0.419	-2.430
TAT(cm <sup>2</sup> )	251.45±94.92	284.56±92.23	0.407	-3.073
V/T	0.53±0.13	0.62±0.12	<0.001	-7.310

续表3

	FBG			
	偏高组(76例)	正常组(374例)	P值	t值
SAT(cm <sup>2</sup> )	110.72±48.48	118.44±53.31	0.093	-1.169
VAT(cm <sup>2</sup> )	138.39±69.08	187.22±69.98	0.777	-5.605
TAT(cm <sup>2</sup> )	249.11±92.38	305.66±95.67	0.734	-4.836
V/T	0.55±0.14	0.56±0.13	0.078	0.578

**图1** 采用QCT软件自动勾画并分割L2椎体中心层面腹部脂肪,绿色光圈外蓝色部分表示SAT,绿色光圈内蓝色部分表示VAT。**图2** 选取门静脉右支最大层面,分别于肝左叶、右前叶及右后叶手动勾画并调整合适大小的ROI。

累积,女性较男性更易发生皮下脂肪累积,然而绝经后女性更易发生内脏脂肪累积<sup>[1]</sup>。本研究进一步印证了性别和年龄作为影响心血管疾病的重要因素这一结论<sup>[17,18]</sup>。

本研究中高血压组的VAT、TAT和V/T明显高于低血压组和血压正常组,腹型肥胖症作为高血压的一项诱发因素<sup>[2]</sup>,Gino等的文章详细解释了该一结果的发生机制,过多的腹部内脏脂肪组织积累通过增加胰岛素抵抗,刺激肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)和交感神经系统,引起内皮功能障碍和纳潴留增加,最终导致血压水平的升高和心血管疾病风险的增加<sup>[19]</sup>。

既往研究证实,肥胖者常伴有血脂异常<sup>[20]</sup>,内脏脂肪含量与血脂指标有更加明显的相关性<sup>[21,22]</sup>。本研究中TG偏高组的TAT、V/T高于TG正常组,但VAT在TG正常组与偏高组间无统计学差

异,笔者认为可能的原因是与内脏脂肪累积机制复杂有关,后者包括脂肪组织储存功能障碍和甘油三酯异位于肝脏等部位<sup>[23]</sup>,其复杂机制还需进一步研究。

本研究中,FBG偏高组的V/T值明显高于FBG正常及偏低组。笔者认为可能原因脂肪组织可以分解甘油三酯转化为FFA,FFA继而转化为葡萄糖供给机体能量,而大脂肪细胞具有拮抗胰岛素的作用,机体对胰岛素的不敏感导致葡萄糖利用障碍<sup>[14,15,24]</sup>,因此腹内脂肪比例增高或可引起FBG的升高。但本研究中不同FBG组间的VAT、TAT无统计学差异,其原因还需进一步探究。

本研究局限性:(1)本研究采用单中心数据,未分析不同地区人群的腹部脂肪分布差异;(2)本研究未对男女性各年龄段间的腹部脂肪分布差异做进一步研究;(3)本研究未对肝脏脂肪含量与年龄、性别及其他心血管代谢指标的相关性做进行分析。

综上所述,本文认为在接受低剂量CT扫描筛查肺癌的健康体检人群中可考虑同时进行腹部脂肪分布测量,这有助于控制和管理中心型肥胖、预测非酒精性脂肪肝、高血压、高血脂及糖尿病等慢性心血管代谢疾病。

## 参考文献

- [1] Frank A P, de Souza S R, Palmer B F, et al. Determinants of body fat distribution in humans may provide insight about obesity-related health risks[J]. J Lipid Res, 2019, 60(10): 1710-1719.
- [2] Landsberg L, Aronne L J, Beilin L J, et al. Obesity-related hypertension: pathogenesis, cardiovascular risk, and treatment: a position paper of The Obesity Society and the American Society of Hypertension[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2013, 15(1): 14-33.
- [3] 杨青峰, 蒋宜伟, 马晨光, 等. 肥胖症与骨质疏松症的相关性研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2021, 8: 1245-1248.
- [4] Mayoral L P, Andrade G M, Mayoral E P, et al. Obesity subtypes, related biomarkers & heterogeneity[J]. Indian J Med Res, 2020, 151(1): 11-21.
- [5] 闵香, 杨燕, 王凯, 等. 健康体检人群中脂肪肝发病率与年龄的相关性分析[J]. 中外医疗, 2019, 18: 67-69, 195.
- [6] Choi M H, Choi J I, Park M Y, et al. Validation of intimate correlation between visceral fat and hepatic steatosis: Quantitative measurement techniques using CT for area of fat and MR for hepatic steatosis[J]. Clin Nutr, 2018, 37(1): 214-222.
- [7] 陈白如, 郭鸣周, 屈敏, 等. 感兴趣区位置和大小选择对QCT测量肝脏脂肪含量的影响[J]. 中华健康管理学杂志, 2021, 3: 248-251.
- [8] 王玲, 汪伟, 邓微, 等. 定量CT测量腹部脂肪面积及分布的重复性研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2012, 11: 999-1003.
- [9] 欧玲, 邵平, 李令力, 等. 宝石能谱CT多参数成像对脂肪肝定量测定的临床价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 10: 90-92.
- [10] 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, 11: 1194-1197.
- [11] Cheng X, Zhao K, Zha X, et al. Opportunistic screening using lowdose CT and the prevalence of osteoporosis in China: a nationwide, multicenter study[J]. J Bone Miner Res, 2021, 36(3): 427-435.
- [12] 周爽, 陆靖, 赵俊功, 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, 8: 1350-1353.
- [13] 董利勇, 袁晓娟, 冉利梅, 等. 定量CT测量的腹部内脏脂肪与心血管代谢风险的相关性[J]. 中华健康管理学杂志, 2021, 5: 425-431.
- [14] Karpe F, Pinnick K E. Biology of upper-body and lower-body adipose tissue—link to whole-body phenotypes[J]. Nat Rev Endocrinol, 2015, 11(2): 90-100.
- [15] Viljanen A P, Iozzo P, Borra R, et al. Effect of weight loss on liver free fatty acid uptake and hepatic insulin resistance[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2009, 94(1): 50-55.
- [16] 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, 5: 642-647.
- [17] 李顺昌. 内脏和皮下脂肪组织的异质性探讨[J]. 中国糖尿病杂志, 2015, 9: 862-864.
- [18] Porter J W, Barnas J L, Welly R, et al. Age, sex, and depot-specific differences in adipose-tissue estrogen receptors in individuals with obesity[J]. Obesity (silver spring), 2020, 28(9): 1698-1707.
- [19] Seravalle G, Grassi G. Obesity and hypertension[J]. Pharmacol Res, 2017, 122: 1-7.
- [20] 赵斐, 张勇. 肥胖与脂代谢紊乱及运动对其的影响[J]. 天津体育学院学报, 1999, 1: 19-21.
- [21] 马宝玲, 王向东, 王颖. 腹部脂肪分布对青年女性糖脂代谢的影响[J]. 河北科技师范学院学报[J]. 2015, 3: 80-83.
- [22] Daniels S R, Morrison J A, Sprecher D L, et al. Association of body fat distribution and cardiovascular risk factors in children and adolescents[J]. Circulation, 1999, 99(4): 541-545.
- [23] Tchernof A, Despres J P. Pathophysiology of human visceral obesity: an update[J]. Physiol Rev, 2013, 93(1): 359-404.
- [24] 王姝梅. 高血压、高血脂症与糖尿病、糖耐量异常的关系[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2003, 2: 258-260.

(收稿日期: 2022-03-15)

(校对编辑: 何镇喜)