

文章编号 1006-8147(2018)05-0457-04

论著

CT 定量腹部内脏脂肪组织技术优化

苏大同, 王敏, 于铁链

(天津医科大学总医院放射科, 天津 300052)

摘要 目的: 评估 CT 测量腹部内脏脂肪(VAT)与血脂的相关性, 优化 CT 定量 VAT 技术。方法: 使用 CT 阈值分割法测量 61 例受检者胸 12/腰 1、腰 1/2、腰 2/3、腰 3/4、腰 4/5、腰 5/骶 1 共 6 个椎间隙水平的单层面腹部 VAT 体积, 并计算内脏脂肪组织指数(VATI, VAT/身高²)。对 VAT、VATI 与血脂各项指标进行 Pearson 线性相关分析, 运用 ROC 曲线分析 VAT、VATI 预测高脂血症的诊断效能, 确定 CT 定量 VAT 的最佳技术。结果: 61 例受检者中高脂血症占比 55.7%, VAT、VATI 与高脂血症存在明显相关性, 腰 3/4 椎间隙水平相关性最高(P 均 <0.05)。ROC 曲线分析显示 VATI 较 VAT 诊断效能稍高(AUC: 0.83 vs 0.826), 二者的临界值分别为 64.80 cm³/m² 及 184.78 cm³。结论: 腰 3/4 水平是 CT 定量 VAT 的最佳单层面。VATI 比 VAT 对预测高脂血症具有稍高的诊断效能。

关键词 内脏脂肪组织; 高脂血症; 计算机断层摄影; 最佳层面; 临界值

中图分类号 R445

文献标志码 A

Optimization of quantifying visceral adipose tissue with CT

SU Da-tong, WANG Min, YU Tie-lian

(Department of Radiology, General Hospital, Tianjin Medical University, Tianjin 300052, China)

Abstract Objective: To optimize quantifying visceral adipose tissue (VAT) and to evaluate the correlation between VATs and hyperlipidemia. **Methods:** Sixty-one cases with blood lipids undergoing abdominal CT scan were selected in this study. VAT was quantified on CT image using threshold-based analysis with GE workstation on the levels of interspaces between thoracic vertebrae 12/lumbar 1, lumbar 1/2, 2/3, 3/4, 4/5 and lumbar 5/sacral 1, respectively. VAT index (VATI) was transformed by VAT divided by the square of the stature. The Pearson correlation analysis was performed to evaluate the correlation between the VAT/VATs and hyperlipidemia. The diagnostic value and the cut-off value of VAT/VATs on predicting hyperlipidemia were assessed using ROC curve analysis. **Results:** Of 61 cases, 55.7% suffered from hyperlipidemia. Significant correlations were detected between VAT / VATI and hyperlipidemia. The best correlation was found on the level of lumbar 3/4 (all P values <0.05). The ROC curve analysis showed the VATs had a slightly better performance compared with VAT (AUC: 0.83 vs 0.826), and the cut-off value was 64.80 cm³/m² for VATs and 184.78 cm³ for VAT. **Conclusion:** The VAT measured on the level of lumbar 3/4 is recommended for the best slice owing to its significant correlation with hyperlipidemia. The VATI has a slightly better predictive performance than VAT.

Key words visceral adipose tissue; hyperlipidemia; CT; best slice; cut-off value

大量研究证实内脏脂肪组织 (visceral adipose tissue, VAT) 蓄积与多种疾病及预后相关^[1-4]。CT 因具有良好的密度分辨率及较高的测量准确性和可重复性可应用于 VAT 测量。目前, CT 测量 VAT 采用的方法尚未标准化且均未考虑体型因素对 VAT 的影响^[5-6], 因此本研究拟探讨高脂血症患者 VAT 测量位置以及体型对 VAT 测量的影响, 优化 CT 定量 VAT 技术, 以期临床预测高脂血症提供帮助。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2014 年 7 月-2015 年 2 月间于天津医科大学总医院行全腹 CT 平扫且临床资料完整者, 排除存在以下情况入组: (1) 妊娠、腹部手术史

或腹腔内占位性病变; (2) 使用过激素、降血脂、减肥药等影响血脂指标的药物; (3) 肝、肾功能不全、腹膜炎或腹腔积液等影响腹部脂肪识别者; (4) 恶性肿瘤或其他消耗性疾病; (5) 代谢及内分泌疾病如 Cushing 综合征、艾迪生病、甲状腺功能亢进或功能减低等。最终入组 61 例, 其中男性 30 例, 女性 31 例, 受检者平均年龄(59±13)岁。

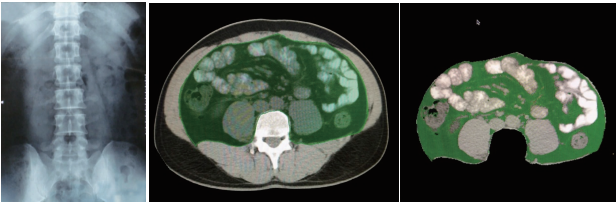
1.2 研究方法

1.2.1 图像采集与脂肪测量 受检者仰卧位, 双手抱头, 双膝垫高, 使大腿与床面成 45°角, 静息状态屏气行 CT 扫描 (GE discovery 750HDCT 或 GE LIGHT SPEED 16)。扫描范围自膈顶至耻骨联合。扫描条件: 管电压 120 kV, 管电流 280 mA, 层厚 5 mm, 层间距 5 mm, 螺距 0.984, 矩阵 512×512, 扫描视野

作者简介 苏大同(1971-), 男, 主治医师, 硕士, 研究方向: 医学影像学; 通信作者: 于铁链, E-mail: TJZYTYTL@163.com。

(FOV)50 cm,标准算法重建。

所获图像于 GE AW4.6 workstation 行后处理:以腹壁肌内缘为界,截取 VAT 区域,以-190HU 至-32HU 为脂肪组织阈值^[7-8]。既往研究揭示单层图像 VAT 容积与心血管代谢危险因素的相关性较全腹总体 VAT 容积高^[9],本研究分别测量胸 12/腰 1(T12/L1)、腰 1/2(L1/2)、腰 2/3(L2/3)、腰 3/4(L3/4)、腰 4/5(L4/5)、腰 5/骶 1(L5/S1)共 6 个椎间隙水平的单层面腹部 VAT 体积(即面积×层厚),每个层面层厚 10 mm。测量位置及方法见图 1。



A. 黄线标记为胸 12/腰 1 至腰 5/骶 1 6 个椎间隙测量位置;B. 以腹壁肌内缘为界划分 VAT 存在区域;C. 染色区域代表腹部 VAT
图 1 CT 定量 VAT 的测量位置及方法

Fig 1 The location and methods used for CT VAT quantification

1.2.2 脂肪测量指标及生化指标 为减少体型个体差异对腹部 VAT 定量的影响,本研究参考体质指数(BMI)(BMI=体质量/身高²),提出内脏脂肪组织指数(VATI),计算公式为 VATI=VAT/身高²。

参照《中国成人血脂异常防治指南(2007)》定义生化指标异常:(1)总胆固醇(TC)>5.17 mmol/L 为升高;(2)总甘油三酯(TG)>1.71 mmol/L 为升高;(3)高密度脂蛋白(HDL)<0.80 mmol/L 为降低;(4)低密度脂蛋白(LDL)>3.36 mmol/L 为升高。

1.3 统计学分析 使用 SPSS13.0 软件包进行统计学分析。血脂检验(TC、TG、HDL、LDL)数值为非正态分布,进行对数转换后使其符合正态分布。采用 Pearson 线性相关分析评估 VAT 与血脂关系;运用 ROC 曲线分析 VAT 在预测高脂血症及单项血脂异常中的诊断效能,以约登指数(Youden index)最大位置处的 VAT、VATI 为临界值。 $P<0.05$ 时认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况 61 例受检者中,高脂血症患者 34 例,占 55.7%,其中 TC 升高者 21 例,TG 升高者 21 例,HDL 降低者 9 例,LDL 升高者 17 例。

2.2 VAT 与血脂化验各项指标相关性分析 受检者不同测量水平腹部内脏脂肪体积与血脂各项指标之间具有显著相关性,其中腰 3/4 水平与各项血脂检验指标相关性最好(表 1)。

表 1 VAT 与血脂检验各项指标的相关性($n=61$)

Tab 1 The correlation between VATs and hyperlipidemia($n=61$)

层面	TC		TG		HDL		LDL	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
T12/L1	0.175	0.177	0.417	0.001	-0.325	0.011	0.257	0.046
L1/2	0.240*	0.063	0.571	<0.001	-0.388	0.002	0.278	0.030
L2/3	0.264	0.040	0.610	<0.001	-0.402	0.001	0.278	0.030
L3/4	0.272	0.034	0.644	<0.001	-0.441	0.001	0.292	0.022
L4/5	0.260	0.043	0.596	<0.001	-0.412	0.001	0.266	0.038
L5/S1	0.271	0.035	0.525	<0.001	-0.391	0.002	0.290	0.024

2.3 VATI 与血脂检验各项指标相关性分析 受检者不同测量水平 VATI 与血脂各项指标 Pearson 相关性分析结果显示除 LDL 与腰 1/2 水平 VATI 的相关性略高于腰 3/4 水平外,其余各项血脂检验指标相关性仍显示腰 3/4 水平相关性最好(表 2)。

表 2 VATI 与血脂检验各项指标的相关性 ($n=61$)

Tab 2 The correlation between VATIs and hyperlipidemia($n=61$)

层面	TC		TG		HDL		LDL	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
T12/L1	0.226	0.080	0.415	0.001	-0.307	0.016	0.307	0.016
L1/2	0.290	0.023	0.566	<0.001	-0.371	0.003	0.327	0.010
L2/3	0.301	0.018	0.596	<0.001	-0.389	0.002	0.317	0.013
L3/4	0.307	0.016	0.629	<0.001	-0.430	0.001	0.326	0.010
L4/5	0.284	0.027	0.564	<0.001	-0.391	0.002	0.290	0.023
L5/S1	0.284	0.027	0.564	<0.001	-0.391	0.002	0.290	0.023

2.4 VATI、VAT 预测高脂血症的诊断效能 所有受检者中不论 VATI 还是 VAT,与血脂各项指标相关性最佳的层面均为腰 3/4 水平,因此本研究仅对腰 3/4 水平 VATI、VAT 预测高脂血症及单项血脂异常进行探讨与比较。ROC 曲线分析显示腰 3/4 水平 VATI 的曲线下面积(AUC)较 VAT 稍大,提示其预测效能稍高。二者的临界值分别为 64.80 cm³/m² 及 184.78 cm³(表 3)。相对于高脂血症的各个亚型,包括高胆固醇血症、高甘油三酯血症、低高密度脂蛋白血症及混合型高脂血症。VATI 的 AUC 均大于或与 VAT 相当(表 4)。

表 3 腰 3/4 水平 VATI、VAT 预测高脂血症的临界值及其诊断效能

Tab 3 The cut-off value and diagnostic efficiency of VATI and VAT measured on L3/4 level on prediction of hyperlipidemia

项目	AUC	<i>P</i>	临界值	约登指数	敏感度 I/%	特异度 I/%	准确度 I/%
VATI	0.830	<0.001	64.80cm ³ /m ²	0.581	61.8	96.3	77.0
VAT	0.826	<0.001	186.78cm ³	0.551	58.8	96.3	75.4

表 4 VATI、VAT 预测高脂血症不同亚型的临界值及其诊断效能

Tab 4 The cut-off value and diagnostic efficiency of VATI and VAT on prediction of hyperlipidemia subtypes

项目		AUC	P	临界值	约登指数	敏感度	特异度	准确度
TC ↑	VATI	0.721	0.005	64.08 cm ³ /m ²	0.417	0.667	0.750	0.721
	VAT	0.702	0.010	156.84 cm ³	0.387	0.762	0.625	0.672
TG ↑	VATI	0.845	<0.001	67.79 cm ³ /m ²	0.589	0.714	0.875	0.820
	VAT	0.838	<0.001	186.78 cm ³	0.564	0.714	0.850	0.803
HDL ↓	VATI	0.705	0.007	68.92 cm ³ /m ²	0.417	0.667	0.750	0.738
	VAT	0.731	0.006	203.34 cm ³	0.417	0.667	0.750	0.770
LDL ↑	VATI	0.727	0.007	64.08 cm ³ /m ²	0.438	0.824	0.614	0.721
	VAT	0.726	0.006	156.84 cm ³	0.433	0.706	0.727	0.672

3 讨论

本研究发现 VATI 和 VAT 均与 TC、LDL 相关,腰 3/4 水平为最佳测量层面,VATI 预测血脂异常的诊断效能较 VAT 稍高。

3.1 CT 脂肪组织定量的脂肪阈值 受部分容积效应、线束硬化效应伪影等因素影响,个体脂肪组织的 CT 阈值虽然大致相似但并不完全一致。为方便脂肪测量时取值,综合国内外既往研究,于铁链等^[7-8]学者进行人体脂肪组织 CT 测量研究后得出,脂肪组织上限值-32HU、下限值-190HU 作为脂肪组织阈值比较合适,因此本研究将-190HU 至-32HU 定为本组研究的脂肪阈值。

3.2 CT 预测高脂血症的最佳扫描层面 本研究评估了胸 12/腰 1、腰 1/2、腰 2/3、腰 3/4、腰 4/5、腰 5/骶 1 各椎间隙水平单层 VAT 及 VATI 与血脂各项指标的相关性,结果显示 6 个层面中相关性最好的层面均为腰 3/4 水平(表 2、3),与近期部分学者的研究结果相仿^[10-11]。由于 VAT 具有高生物学活性的特性,使其易于分解,可以产生自由脂肪酸直接释放入门静脉系统从而进入肝脏,合成大量的载脂蛋白 B,参与肝内低密度脂蛋白胆固醇和极低密度脂蛋白胆固醇的合成,当内脏脂肪产生过多自由脂肪酸时,会造成血脂的升高,而蓄积在大网膜和肠系膜周围的 VAT 因邻近门静脉系统而具有更强的代谢活性,因此水平位置相对靠上的 VAT 比相对靠下的 VAT 与代谢综合征具有更强的相关性,这也提示单层 VAT 与代谢综合征的相关性可能强于全腹 VAT,因此筛选 VAT 测量的最佳层面不仅可以减少辐射剂量,缩短扫描时间,节约卫生资源,同时也更具有明显的临床意义。

3.3 内脏脂肪组织与血脂相关性 内脏脂肪与代谢综合征之间存在明显的相关性,目前已经为大多数学者所接受^[5,12]。内脏脂肪与脂蛋白代谢异常密切相关。由于 VAT 位于门静脉循环独特的位置,使其

具有高生物学活性,易于分解,产生的自由脂肪酸(FFA)直接释放入门静脉进入肝脏,合成大量的载脂蛋白 B,参与肝内低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和极低密度脂蛋白胆固醇的合成。正是内脏脂肪的这种高生物活性、易转换的特征,使人体内过多摄入的能量首先转换为内脏脂肪作为短期能量储备,当摄入脂质过多,内脏脂肪产生过多 FFA 时,会造成血脂的升高^[13]。本研究中,自胸 12/腰 1 至腰 5/骶 1 六个位置测量的单层面 VAT 与 TG、LDL 呈明显正相关;与 HDL 呈显著负相关;与 TC 在部分测量位置也存在相关性,与既往研究结果大致符合^[5,12-13],均表明通过 CT 扫描测量 VAT 可以较好地评估高脂血症的风险。

3.4 VATI 概念的提出及其价值 既往研究多单纯以全腹 VAT 或单层 VAT 体积(或面积)的绝对值来评估与高脂血症的关系,忽略了体型的影响。这样做可能会降低 VAT 评估身材较高个体高脂血症风险的特异度,高估相应个体的高脂血症风险;降低 VAT 评估身材较低个体高脂血症风险的敏感度,低估相应个体的高脂血症风险,从而减弱诊断效能。

BMI 是目前国际上常用的衡量人体胖瘦程度的一个标准。本研究参考了 BMI 的算法,提出了 VATI 的概念: $VATI = VAT / \text{身高}^2$ 。本研究显示 VATI 和 VAT 与 TC、LDL 的相关系数相近(表 2、3),但 ROC 曲线显示腰 3/4 水平 VATI 评估高脂血症除评估 HDL 与 VAT 相当外,评估其余血脂检验指标均具有稍高的诊断效能(表 4),提示该指标对预测高脂血症可能具有更好的应用潜力。

总之,本研究优化了 CT 内脏脂肪组织测量的技术方法,确定腰 3/4 水平为最佳测量层面,并首次提出内脏脂肪组织指数的概念。本文存在的不足之处在于纳入研究的样本数目相对较少,尚有待后续的大样本验证 VAT 与高脂血症相关性。

参考文献:

- [1] Kuipers A L, Zmuda J M, Carr J J, et al. Association of ectopic fat with abdominal aorto-iliac and coronary artery calcification in African ancestry men[J]. *Atherosclerosis*, 2017, 263: 198
- [2] Ding L, Peng K, Lin L, et al. The impact of fat distribution on subclinical coronary atherosclerosis in middle-aged Chinese adults[J]. *Int J Cardiol*, 2017, 15(235): 118
- [3] Martin M, Almeras N, Despres J, et al. Ectopic fat accumulation in patients with COPD: an ECLIPSE substudy[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2017, 12(12): 451
- [4] Yamada A, Niikura R, Kobayashi Y, et al. Risk factors for small bowel angiectasia: The impact of visceral fat accumulation[J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(23): 7242
- [5] Sekine K, Nagata N, Sakamoto K, et al. Abdominal visceral fat accumulation measured by computed tomography associated with an increased risk of gallstone disease[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2015, 30(8): 1325
- [6] Nagata N, Sakamoto K A. Visceral abdominal obesity measured by computed tomography is associated with increased risk of colonic diverticulosis[J]. *J Clin Gastroenterol*, 2015, 49(10): 816
- [7] 于铁链, 祁吉, 吴恩惠. 人体脂肪组织(AT)的 CT 测量[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 1991, 5: 257
- [8] 于铁链. 分布的 CT 测量[D]. 天津: 天津医科大学, 1994
- [9] Kuk JL, Church TS, Blair SN, et al. Measurement site and the association between visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with metabolic risk in women[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2010, 18(7): 1336
- [10] So R, Matsuo T, Sasai H, et al. Best single-slice measurement site for estimating visceral adipose tissue volume after weight loss in obese, Japanese men[J]. *Nutr Metab (Lond)*, 2012, 9(56): 7075
- [11] Tong Y B, Udupa J K, Torigian D A. Optimization of abdominal fat quantification on CT imaging through use of standardized anatomic space: A novel approach[J]. *Med Phys*, 2014, 41(6): 063501
- [12] Neeland I J, Ayers C R, Rohatgi A K, et al. Associations of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with markers of cardiac and metabolic risk in obese adults [J]. *Obesity*, 2013, 21(9): E439
- [13] Mazaheri S, Sadeghi M, Sarrafzadegan N, et al. Correlation between body fat distribution, plasma lipids and apolipoproteins with the severity of coronary involvement in patients with stable angina[J]. *ARYA Atheroscler*, 2011, 6(4): 45

(2018-01-17 收稿)

(上接第 456 页)

- [4] 王祖承. 内观疗法[J]. 国外医学. 精神病学分册, 1988, 3(3): 138
- [5] 毛富强. 内观认知疗法理论与操作[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2016, 25(7): 650
- [6] 周永安. 焦虑自评量表在我国高校大学生中应用的评价研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2012: 5
- [7] 刘佩佩. 医学生社交焦虑内观认知疗法干预研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2012: 9
- [8] 范佳丽. 班级团体辅导在大学生心理健康教育课程中应用的实证研究[J]. 中国健康心理学杂志, 2016, 24(1): 93
- [9] 李红岩, 段莹, 卢烨, 等. 智能手环的应用评价[J]. 世界睡眠医学杂志, 2014, 1(6): 341
- [10] 匡晓, 许燕. 智能手环的临床有效性评估[J]. 世界睡眠医学杂志, 2015, 2(6): 330
- [11] 王婷, 马寅生. 近 5 年来大学生心理问题研究综述[J]. 中国健康心理学杂志, 2007, 15(3): 267
- [12] Jiang X L, Zheng X Y, Yang J, et al. A systematic review of studies on the prevalence of insomnia in university students[J]. *Public Health*, 2015, 129(12): 1579
- [13] 杜辉, 李桂侠, 吕学玉, 等. 失眠的心理生理发病机制探讨[J]. 世界中医药, 2013, 8(5): 507
- [14] 王筱君, 阎红, 李俊. 失眠与焦虑、抑郁相关性的临床研究[J]. 中国误诊学杂志, 2009, 9(22): 5325
- [15] 卢海霞, 李霞, 韩樱, 等. 认知行为疗法对中国失眠患者睡眠质量影响的 Meta 分析[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(3): 685
- [16] 王纯, Pigeon R W, 张宁. 失眠的认知行为治疗: 标准方案及其变式[J]. 临床精神医学杂志, 2017, 27(6): 428
- [17] Metlaine A, Sauvet F, Gomez-Merino D, et al. Association between insomnia symptoms, job strain and burnout syndrome: a cross-sectional survey of 1300 financial workers[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(1): e012816
- [18] Wang W, Wang P, Zhou X, et al. Correlation analysis between fatigue and job stressors of nurses [J]. *Wei Sheng Yan Jiu*, 2010, 39(1): 76
- [19] 鲍振宙, 张卫, 赖雪芬, 等. 家庭收入与青少年睡眠质量的关系: 歧视知觉、自尊的链式中介作用[J]. 心理科学, 2016, 39(2): 350
- [20] 王登峰. 自我和谐量表的编制[J]. 中国临床心理学杂志, 1994, 2(1): 19
- [21] 王德强. 900 名高中生睡眠状况及其相关因素分析[J]. 中国校医, 2007, 21(6): 621
- [22] Beiter R, Nash R, McCrady M, et al. The prevalence and correlates of depression, anxiety, and stress in a sample of college students [J]. *J affect dis*, 2015, 173: 90
- [23] 陆峥, 陈发展. 焦虑性失眠的药物治疗[J]. 世界临床药物, 2011, 32(4): 205
- [24] S engoku M, Murata H, Kawahara T, et al. Does daily Naikan therapy maintain the efficacy of intensive Naikan therapy against depression[J]. *Psychiatry clin neur*, 2010, 64(1): 44

(2018-02-21 收稿)