

猪腹部脂肪的低剂量螺旋 CT 扫描

谢应朗, 杜晓瑜, 肖涌, 唐学荣, 何霞, 范洪毅

【摘要】 目的:利用猪腹部脂肪组织作模型,确定低剂量 CT 扫描检测脂肪组织的准确性。方法:采用不同剂量和不同层厚,对模型进行扫描。在 3 个模型上分别设置 4 条扫描线,每条线相距 1 cm。扫描分 9 组,每组分 10 mm, 5 mm, 2 mm 三种层厚,每种层厚分别采用 100 mA, 50 mA, 20 mA 剂量扫描。扫描时间 1 s。结果:模型扫描显示扫描层厚为 10 mm 时,剂量 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义($P>0.05$);扫描层厚为 5 mm 时,剂量 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义($P>0.05$);扫描层厚为 2 mm 时,剂量 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:低剂量扫描能准确测量脂肪 CT 值,可用于区域脂肪定量。

【关键词】 脂肪组织; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2010)05-0478-03

Experimental study of the abdominal adipose tissue of swine with low-dose CT XIE Ying-lang, DU Xiao-yu, XIAO Yong, et al. Department of Radiology, Ya'an People's Hospital, Sichuan 625000, P. R. China

【Abstract】 Objectives: This study is to use the abdominal adipose tissue of swine as phantom, to determine the feasibility of low-dose CT in the examination and measurement of fatty tissue in human being. **Methods:** Four scanning lines with the distance between each line as 1cm were set respectively on three swine phantoms. The experiment was divided into nine groups including scanning slice thickness of the phantom as 10mm, 5mm, 2mm and the exposure dosage of each slice thickness as 100mA, 50mA, 20mA respectively. The time of scanning was 1s. **Results:** No significant statistic differences were shown on the mean CT value of adipose tissue on the phantom scanning with the slice thickness as 10mm and the exposure dosage as 100mA, 50mA, 20mA respectively ($P>0.05$); as well as 5mm slice thickness with 100mA, 50mA, 20mA ($P>0.05$). and 2mm slice thickness with 100mA, 50mA, 20mA respectively ($P>0.05$). **Conclusion:** The CT value of adipose tissue could be accurately measured by low-dose CT scanning, which is helpful in the quantitative measurement of regional adipose tissue.

【Key words】 Adipose tissue; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage

腹部脂肪是心血管病及代谢综合征的风险因素,内脏脂肪量与代谢综合征有密切关系,体部脂肪分布与各种病症的联系也早已得到证实。因此,体部脂肪测量及腹部脂肪分布的划分越来越显示出重要意义^[1-3]。大量实验表明,CT 是脂肪测量的金标准,虽然 CT 测量脂肪准确,但不可避免的辐射剂量却限制了它的应用^[4]。低剂量螺旋 CT 可以准确测量模型脂肪容积,但在人体使用时由于噪声和部分容积效应的影响而使结果有所不同。当采用平滑技术对所有患者的脂肪与非脂肪分界区处理后,测量准确性明显改善^[5]。因此,采用低剂量螺旋 CT 对人体进行脂肪测量是可行的,但目前国内并无低剂量螺旋 CT 测量脂肪的文献报道。本文利用双螺旋 CT 测量猪腹部脂肪组织,旨在探讨在不同剂量下 CT 测量脂肪组织的可行性。

材料与方法

在气温 $<5^{\circ}\text{C}$ 情况下,取新鲜宰杀(2 h 内)的健康猪脐平面腹部皮下脂肪 3 块,体积分别为 $5\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ 、 $6\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ 、 $6\text{ cm} \times 7\text{ cm} \times 8\text{ cm}$,备用。CT 扫描采用 Hispeed NXi 双螺旋 CT 机,120 kV,矩阵 512×512 ,扫描时间 1 s。将上述猪脂肪组织并排置于 CT 检查台上,在每块脂肪组织扫描区预设 4 条扫描线,每条扫描线相距 1 cm。扫描分 9 组: a 组,管电流 100 mA,层厚 10 mm; b 组,管电流 50 mA,层厚 10 mm; c 组,管电流 20 mA,层厚 10 mm; d 组,管电流 100 mA,层厚 5 mm; e 组,管电流 100 mA,层厚 2 mm; f 组,管电流 50 mA,层厚 5 mm; g 组,管电流 50 mA,层厚 2 mm; h 组,管电流 20 mA,层厚 5 mm; i 组,管电流 20 mA,层厚 2 mm。3 块脂肪组织同时扫描,每次扫描一条预设扫描线,每组参数共扫 4 条扫描线,3 块脂肪组织扫描共得到 12 个扫描断面(A~L)。按每次脂肪组织的扫描断面直接画出脂肪测量兴趣区,测量 9 组所有图像的 CT 值,并相互两两

作者单位:625000 四川,雅安市人民医院放射科(谢应朗、范洪毅),检验科(杜晓瑜、何霞),内分泌科(肖涌、唐学荣)
作者简介:谢应朗(1954—),男,四川成都人,主任医师,主要从事医学影像诊断工作。
基金项目:四川省卫生厅科学研究立项项目(070015)

比较,采用 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

扫描层厚为 10 mm 时,管电流为 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义 (P 值均 > 0.05);扫描层厚为 5 mm 时,管电流为 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义 (P 值均 > 0.05);扫描层厚为 2 mm 时,管电流为 100 mA、50 mA、20 mA 之间,脂肪 CT 值均数比较,差异无统计学意义 (P 值均 > 0.05 ,表 1)。在各组扫描测量结果中,CT 值最低 -90.38 HU,最高 -77.91 HU。

表 1 CT 测量猪腹部脂肪组间比较

组别	样本均数比较(HU)	t 值	P 值
a/b	82.85±2.64/83.47±2.52	0.593	0.558
a/c	82.85±2.64/83.71±2.69	0.791	0.437
b/c	83.47±2.52/83.71±2.69	0.221	0.826
d/f	83.85±2.42/84.43±2.39	0.584	0.564
d/h	83.85±2.42/84.73±2.38	0.894	0.380
f/h	84.43±2.39/84.73±2.38	0.310	0.759
e/g	85.57±2.06/86.07±2.12	0.590	0.560
e/i	85.57±2.06/86.31±2.12	0.871	0.392
g/i	86.07±2.12/86.31±2.12	0.277	0.784

讨论

肥胖与胰岛素抵抗、II 型糖尿病、心血管病、睡眠呼吸异常、某些癌症有关^[5]。流行病学研究证明,肥胖是多种疾病独立危险因素^[6]。已有研究表明,内脏脂肪聚集比皮下脂肪聚集引起肥胖相关疾病的可能性更大。内脏脂肪组织功能上作为一种内分泌器官,分泌各种活性生物蛋白^[7]。这些称为脂肪细胞因子的物质在肥胖相关疾病患者体中增高,如 II 型糖尿病、代谢综合征、心血管疾病等^[7]。

Rogalla 等^[1]将内含 900 ml 脂肪的 2580 ml 液体密闭在直径 22 cm 的圆形容容器内,使脂肪浓度达 38%,以此模拟人体组织,将两只充满空气的试管放在模型中模拟肠管,模型放在扫描面与轴线成 10° 的位置,模拟最大化的部分容积效应。脂水界面位于两只

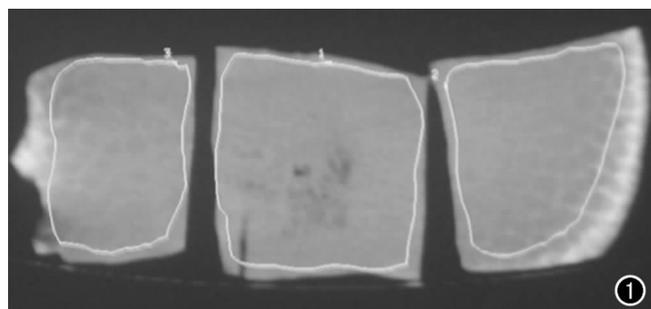


图 1 对每块脂肪组织分别按不同层厚、不同剂量扫描,在扫描断面上直接画出脂肪兴趣区,测量脂肪的 CT 值。

试管的中间。分组采用 10 mm 层厚、250 mAs 及 50 mAs,10 mm 及 5 mm 重建间隔,采用和不采用平滑算法,螺距 1:1 及 2:1,每种参数在不同位置扫描 5 次。结果发现,采用最低射线量(50 mAs、螺距 2:1、10 mm 层厚)时,所测得的脂肪含量比实际脂肪量多 0.2%。他们认为采用低剂量及双倍床速会因测得的总量偏低而导致高估脂肪含量,数据显示采用不同技术扫描的 CV 系数范围为 1.6%~5.0%,采用最高剂量与采用最低剂量加上平滑技术处理后测得的数据差异无统计学意义。

许多学者采用多种技术探索最佳脂肪总量及区域脂肪测量的方法,如生物电阻抗分析(BIA)、流体静力学称重、皮肤皱褶测量、人体测量比例等。影像形态学包括超声(ultrasound, US)、CT、双能 X 线吸收测量学(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)以及 MRI,被用来评估脂肪测量的准确性和预测值^[8]。评估体部脂肪分布的理想方法应满足以下要求:无辐射;非侵入性;有效而可靠;能用于全身;用途广泛;价廉省时;重复性好^[1]。US 和 MRI 虽无辐射,但因存在某些缺陷尚不能常规使用。US 因肠腔气体干扰难以测量腹内脂肪。早期 MRI 由于孔径狭小而限制了某些特别肥胖患者的检查。另外占患者人数 2%~5% 的受检者还有幽闭恐惧症,不能接受 MRI 检查。虽然随着开放式 MRI 的应用这些都已不成问题,但研究证明,较多的伪影仍然是一个突出的问题^[9]。大多设备保持患者纵轴视野磁场均质的长度仅 45~50 cm,这样要取得全腹脂肪的均质信号较困难^[1]。在比较了 CT 和 MRI 后,Seidell 等^[10]断定 MRI 测量结果与脂肪实际量因缺乏强有力的联系,而不能作为测量脂肪容积的准确方法。Abate 等^[11]认为 MRI 显示的腹腔脂肪分隔腔与扫描的腹部长度不一致,作全腹 MRI 扫描较困难。Matsuzawa 等^[7]认为,CT 与 MRI 比较,其优越性表现为:①CT 显示的绝对像素值与被测组织的性质直接相关;而 MRI 测得的像素值与组织性质无直接关系;②MRI 的信号强度在大视野上,其细节可能是不均值的;③CT 的空间分辨力更高。另外, MRI 较长的采集时间以及较高的检查费也使其应用受限。所以, MRI 研究通常用于小样本患者。DEXA 则不能用于脂肪分布的测量。鉴于上述,CT 逐渐成为体部结构测量的金标准^[4,8]。由于脂肪和其他组织密度差很明显,组织水分变化并不影响 CT 测量脂肪。研究表明,脐平面单次 CT 扫描可评价全腹脂肪分布^[8]。CT 的最大缺点是存在辐射,这不仅与扫描的层数有关,也与扫描的能量有关。通常推荐的脐平面扫描也因靠近女性生殖器官而受到限制,依据健康个体假设的脂肪分布公式可能误导营养不良患者^[1]。总

之,采用任何技术判定活体组织脂肪量及脂肪分布都是困难的,所以使用模型实验是不可缺少的。

CT 的脂肪面积定量方法有 2 种:①直接画出脂肪兴趣区(ROI),测出面积,适用于四肢、纵隔、面颊等处成片分布的脂肪面积定量;②使用代表脂肪的衰减范围,由计算机完成身体某一区域内该衰减范围内全部像素面积的定量,既适用于腹内肌肉等散在分布的或不规则形的脂肪面积定量,也适用于成片分布的脂肪面积定量^[8]。

本研究表明,扫描层厚 10 mm、5 mm、2 mm,剂量 100 mA、50 mA、20 mA 之间均数比较,结果无统计学差异($P>0.05$)。鉴于 CT 扫描中,脂肪的衰减范围一般选择在 $-250\sim-30$ HU^[8],只要扫描后脂肪组织的衰减在此范围内,就不会影响脂肪定量的准确性。在本项研究各组扫描中,CT 值最低 -90.38 HU,最高 -77.91 HU,均位于脂肪衰减范围内,完全符合脂肪定量要求,即不同 X 线剂量、不同扫描层厚扫描得出的脂肪组织的衰减均不会影响脂肪面积的定量,完全满足上述第二种脂肪面积定量方法。Kirchhof 等利用 MSCT 模拟血栓的体模扫描时发现,低电流所测得的 CT 值最大差异为 4.3HU,准确性足以满足临床要求。

使用低剂量 CT 扫描的一个明显缺点就是噪声增加,这可能广泛影响到解剖细节的显示,主要是空间分辨力依赖于辐射剂量^[12]。Rogalla 等^[1]对模型扫描时采用平滑算法减少噪声,证明是有效的。他们发现,腹内与皮下脂肪密度值不同,此点与 Jensen 等^[13]测量的结果不同。他们认为由于 CT 技术连续不断的改进,不仅改善了空间分辨力,也改善了灰阶等级分辨力。Rogall 等^[1]探测到的腹内与皮下脂肪密度值不同,是由于腹内脂肪中血管的部分容积效应的影响,导致脂肪的密度平均值增高。

采用低剂量 CT 扫描有利于监控营养过剩的患者,解释与脂肪分布异常有关的疾病。研究表明,采用此技术还能观察患者治疗前后的营养状况或者评估外科程序适当与否,这有利于理解脂肪分布类型与病理状况的关系^[1]。

参考文献:

- [1] Rogalla P, Meiri N, Hokschi B, et al. Low-dose spiral computed tomography for measuring abdominal fat volume and distribution in a clinical setting[J]. *Eur J Clinical Nutrition*, 1998, 52(8):597-602.
- [2] Carr DB, Utzschneider KM, Hull RL, et al. Intraabdominal fat is a major determinant of the national cholesterol education program adult treatment panel III criteria for the metabolic syndrome[J]. *Diabetes*, 2004, 53(8):2087-2094.
- [3] Goodpaster BH, Krishnaswami S, Harris, TB et al. Obesity, regional body fat distribution, and the metabolic syndrome in older men and women[J]. *Arch Intern Med*, 2005, 165(7):777-783.
- [4] van der Kooy K, Seidell JC. Technique for the measurement of visceral fat: a practical guide[J]. *Int J Obes*, 1993, 17(4):187-196.
- [5] Maurovich HP, Massaro J, Foxe CS, et al. Comparison of anthropometric, area- and volume-based assessment of abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue volumes using multi-detector computed tomography[J]. *Int J Obesi*, 2007, 31(3):500-506.
- [6] Jonsson S, Hedblad B, Engstrom G, et al. Influence of obesity on cardiovascular risk. twenty-three-year follow-up of 22025 men from an urban swedish population[J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2002, 26(8):1046-1053.
- [7] Matsuzawa Y. Adipocytokines and metabolic syndrome[J]. *Semin Vasc Med*, 2005, 5(1):34-39.
- [8] 谢应朗,陈发容,杨敏,等. CT 定量测量脂肪面积的研究[J]. *实用放射学杂志*, 2000, 16(1):43-45.
- [9] Fowler PA, Fuller MF, Glasbey CA, et al. Total and subcutaneous adipose tissue in women: the measurement of distribution and accurate prediction of quantity by using magnetic resonance imaging[J]. *Am J Clin Nutr*, 1991, 54(1):18-25.
- [10] Seidell JC, Bakker CJG, van der Kooy K. Imaging techniques for measuring adipose tissue distribution—a comparison between computed tomography and 1.5T magnetic resonance[J]. *Am J Clin Nutr*, 1990, 51(6):953-957.
- [11] Abate N, Garg A, Coleman R, et al. Prediction of total subcutaneous abdominal, intraperitoneal, and retro-peritoneal adipose tissue masses in men by a single axial magnetic resonance imaging slice[J]. *Am J Clin Nutr*, 1997, 65(2):403-408.
- [12] 杨敏洁,夏黎明. 薄层厚、低电流 MSCT 测量 CT 值的准确性实验研究[J]. *放射学实践*, 2008, 23(3):340.
- [13] Jensen MD, Kanaley JA, Reed JE, et al. Measurement of abdominal and visceral fat with computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry[J]. *Am J Clin Nutr*, 1995, 61(2):268-274.

(收稿日期:2009-03-09 修回日期:2009-04-07)