

• 胸部影像学 •

双能 CT 对孤立性肺结节的诊断价值

章跃武, 吴渭贤, 余新春, 刘威, 朱希松, 张露钢, 徐铁铮, 田明庆, 陈晓萍

【摘要】 目的:探讨双能 CT 对孤立性肺结节(SPN)的诊断价值。**方法:**采用双能 CT(管电压为 80 和 140 kVp)对水模、体模、47 例平扫 CT 无明显钙化的 SPN(恶性 31 例, 良性 16 例)进行扫描, 测量其 CT 值变化, 计算病灶内钙质含量, 比较良恶性 SPN 的 CT 值变化及钙质含量。**结果:**良性 SPN 的 CT 值变化中位数为 5 HU, 恶性 SPN 为 4 HU; 良恶性 SPN 的 CT 值变化[良性(5.9±16.1) HU, 恶性(4.7±11.2) HU]及钙质含量[良性(12.1±11.7) mg/ml, 恶性(10.5±9.2) mg/ml]差异均无显著性意义($P>0.05$)。**结论:**对于常规平扫 CT 无明显钙化的 SPN, 双能 CT 并未能为其定性诊断提供更多帮助。

【关键词】 肺结节, 孤立性; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R563; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)02-0176-04

Value of dual-energy CT in diagnosis of solitary pulmonary nodule ZHANG Yue-wu, WU Wei-xian, YU Xin-chun, et al. Department of Radiology, Quzhou Women & Children Hospital, Zhejiang 324000, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of dual-energy CT in the diagnosis of solitary pulmonary nodule (SPN). **Methods:** Dual-energy CT (140kVp, 80kVp) was performed in water phantom, body phantom and 47 patients with SPN (malignant 31, benign 16) without obvious calcification on plain CT. The CT values were measured and calcium contents were calculated. The results were compared between benign and malignant SPN. **Results:** The median of CT values was 5HU in benign SPN, while 4HU in malignant SPN. Neither mean CT values [benign (5.9±16.1)HU versus malignant (4.7±11.2)HU] nor calcium content [benign (12.1±11.7)mg/ml versus malignant (10.5±9.2)mg/ml] was significantly different between benign and malignant SPN ($P>0.05$). **Conclusion:** Dual-energy CT does not appear to be helpful in characterization of SPN without obvious calcification on plain CT.

【Key words】 Pulmonary nodules, solitary; Tomography, X-ray computed

孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)在临床上相当常见, 其诊断与鉴别诊断问题一直是临床的难点和研究热点^[1,2]。CT 在 SPN 的诊断中扮演着最为重要的角色, 可以通过显示病变的形态、内部结构、血流灌注、与周围血管及支气管的关系等方面来反映病变的性质^[1-4]。SPN 有无钙化对于评价其良、恶性有非常重要的价值, 研究表明^[1,2] 肿块中所含钙质越多, 其良性的可能性越大。然而, 很多 SPN 在 CT 上并无肉眼可见的钙化灶, 其钙质散布于病灶内。笔者利用双能 CT, 半定量检测 SPN 的钙质含量, 对双能 CT 钙质含量测量技术在 SPN 的诊断中的价值进行评价。

材料与方法

1. 研究对象

47 例 SPN 患者选自 2004 年 12 月~2007 年 12 月本院的受检病例, 其中男 29 例, 女 18 例, 年龄 18~

82 岁, 平均年龄 51.2 岁。所有病灶在 CT 上均未见明确钙化或坏死, 病灶直径 10~30 mm。31 例恶性病变经手术病理或穿刺活检证实, 16 例良性病变中 11 例经手术病理或穿刺活检证实, 5 例经随访 2 年以上病变没有变化或缩小被诊断为良性结节。

2. CT 扫描技术

扫描所用设备均采用西门子 Somatom Plus 4 单层螺旋 CT 机。对水模、自制体膜及 SPN 病例进行 CT 扫描。

水模为设备标配, 定位扫描后选取中心层面进行轴面扫描(非螺旋扫描), 管电压 140 和 80 kVp, 管电流固定为 200 mA, 层厚 3 mm, 层间距 2 mm, 扫描 5 层。

体模是 6 支高纯度的聚乙烯薄壁试管, 壁厚 0.4 mm, 直径 12 mm, 含磷酸二氢钾水溶液, 浓度依次为每毫升含磷酸二氢钾 400、200、100、50、25、10 mg, 溶液被密封在试管内, 以模拟弥漫性钙化。6 支体模分散固定在一起, 进行双能 CT 扫描并测量 CT 值, 参数同水模。

47 个病例先行胸部常规螺旋扫描, 管电压 120 kVp, 管电流由设备自动设置, 层厚 8 mm, 螺距 1.5, 扫描后采用层厚 8 mm, 层间距 8 mm 重建。然后

作者单位: 324000 浙江, 衢州市妇幼保健院放射科(章跃武); 浙江, 衢州市人民医院放射科(吴渭贤、刘威、朱希松、张露钢), 病理科(余新春), 胸外科(徐铁铮), 呼吸内科(田明庆、陈晓萍)

作者简介: 章跃武(1967—), 男, 浙江永康人, 副主任医师, 主要从事 CT、MRI 诊断工作。

基金项目: 浙江省衢州市科技计划项目(20041095)

在 SPN 层面进行双能 CT 扫描,扫描层数要求覆盖整个病灶,其他参数同水模扫描。检查前训练患者的屏气,两次不同管电压的扫描尽量采用一致的屏气状态。

3. 图像分析

水模在 5 个层面进行测量,每个层面在水模中心及其周围 4 个对称点各放置 1 个大小约 100 像素的兴趣区(ROI),共 5 个 ROI,测量 CT 值,比较不同管电压下 CT 值的差异。

体模也在 5 个层面进行测量,每个层面上测量不同浓度液体的 CT 值,6 个 ROI 分别被放置于每根试管的中央区域,ROI 覆盖试管腔横截面积约 70% 的范围。比较两种管电压下 CT 值的变化,并计算出 80 kVp 或 140 kVp 时体模 CT 值随浓度变化的斜率。

47 例患者 SPN 的 CT 值测量选择病灶中心层面,两种管电压下扫描选用完全一致的层面,ROI 放置于病灶中央区域,ROI 覆盖病灶横截面积约 70% 的范围,为保证 ROI 的一致性,采用复制的方法进行放置。与 140 kVp 相比,当 80 kVp 时病灶 CT 值降低或没有变化,则考虑没有钙质沉积,钙质含量定为 0;如 CT 值增高则考虑病灶内有钙质沉积,利用以下公式^[2,3]半定量计算 SPN 的钙质含量 M:

$$M = \frac{(H80 - W80) - (H140 - W140)}{B80 - B140}$$

式中 M: SPN 的钙质含量 mg/cm³; H: SPN 的 CT 值; W: 水模的平均 CT 值; B: 校准体模的斜率; 80: 80 kVp; 140: 140 kVp。

4. 统计学分析

统计学分析采用 SPSS 11.5 软件。水模、体模与病灶在两种不同管电压下的 CT 值变化采用配对 *t* 检验;体模 CT 值变化与磷酸二氢钾浓度的相关性采用直线相关检验;肺部恶、良性 SPN 的钙质含量差别的检验采用 *t* 检验。*P* < 0.05 认为差异有统计学意义。

结 果

1. 水模在两种不同管电压的 CT 值变化

140 kVp 时,水模的 CT 值是 (0.91 ± 0.55) HU; 80 kVp 时,水模的 CT 值是 (1.32 ± 0.84) HU。两种不同的管电压下,水模的 CT

值无明显变化 (*t* = 0.92, *P* > 0.05)。说明设备测量 CT 值稳定可靠。

2. 体模的测量结果

同一浓度的体模在 80 kVp 时的 CT 值均较 140 kVp 时高;在同一管电压下 CT 随磷酸二氢钾浓度增高而增加,这种增高在 80 kVp 时更为明显,CT 值变化范围约 5.7 ~ 107.2 HU。对磷酸二氢钾含量和不同 X 线能量下的 CT 值分别进行直线相关检验,均呈强正线性相关(140 kVp 时, *r* = 0.787, *P* < 0.001)、(80 kVp 时, *r* = 0.897, *P* < 0.001)。说明双能 CT 扫描高原子序数物质的 CT 值变化符合物理学规律。经计算管电压 80 kVp 时的校准体模斜率 S80 是 2.250; 140 kVp 时的校准体模斜率 S140 是 1.335。

3. SPN 的测量结果

47 例 SPN 中,恶性病变 31 例,均为肺癌,全部病例经手术病理或穿刺活检证实。良性病变 16 例,其中病理证实为炎性假瘤 7 例,结核瘤 3 例,错构瘤 1 例,其余 5 例经 CT 随访 2 年以上病灶没有变化(4 例)或

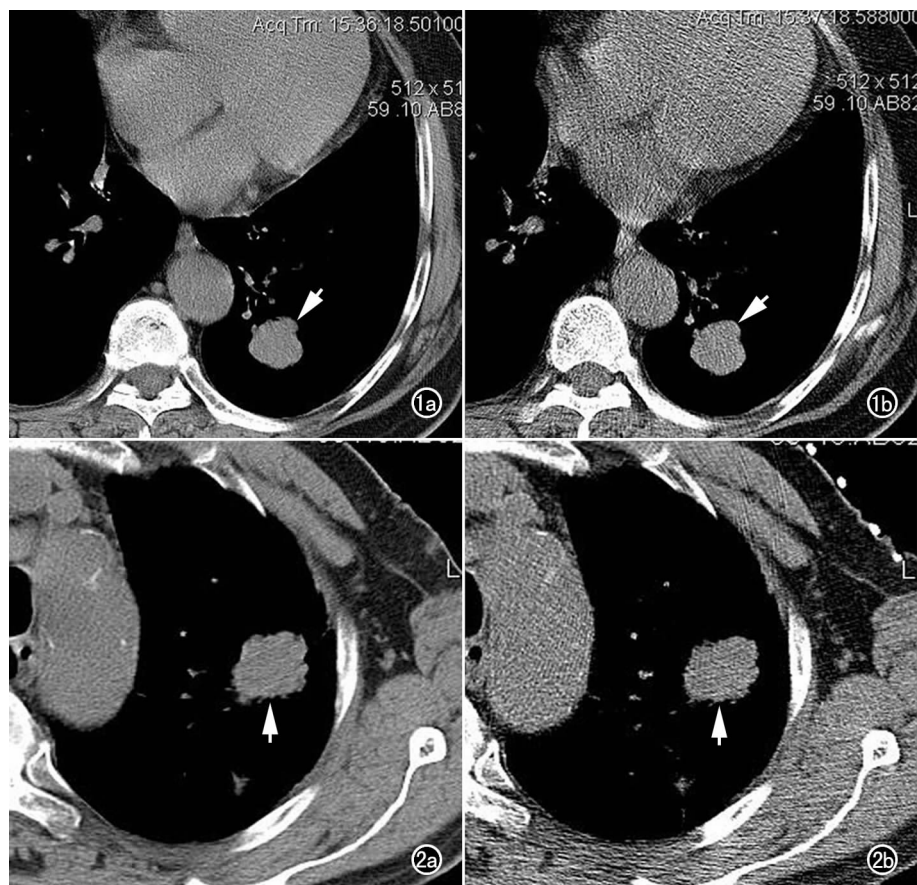


图 1 男,64 岁,左肺下叶后基底段 SPN(箭),直径 27 mm,浅分叶,术前诊断为肺癌,手术病理证实为错构瘤。a) 管电压为 140 kVp,CT 值为 44.1 HU; b) 管电压为 80 kVp,CT 值为 47.6 HU。计算得出病灶内钙质含量为 3.38 mg/ml。图 2 男,61 岁,左肺上叶尖后段 SPN(箭),直径 24 mm,浅分叶,术前诊断为肺癌,手术病理证实为肺腺癌。a) 管电压为 140 kVp,CT 值为 37.7 HU; b) 管电压为 80 kVp,CT 值为 41.6 HU。计算得出病灶内钙质含量为 3.81 mg/ml。

缩小(1 例)而诊断为良性 SPN。

31 例恶性 SPN 和 16 例良性 SPN 在两种不同的管电压下的 CT 值变化情况及钙质含量见表 1。良恶性 SPN 之间的 CT 值变化差异无明显统计学意义($t=1.07, P>0.05$),良恶性 SPN 之间的钙质含量差异亦不无明显统计学意义($t=1.13, P>0.05$)(图 1、2)。

表 1 良、恶性 SPN 在不同管电压下的 CT 值变化及钙质含量

良恶性 SPN (例)	CT 值变化(HU)		中位数 (HU)	钙质含量(mg/ml)	
	均值	范围		均值	范围
恶性(n=31)	4.7±11.2	-27~35	4	10.5±9.2	0~37.8
良性(n=16)	5.9±16.1	-22~49	5	12.1±11.7	0~53.1

注:CT 值变化=80 kVp 时病灶 CT 值-120 kVp 时病灶 CT 值。

讨 论

1. SPN 的 CT 诊断价值

SPN 在临床上相当常见,恶性 SPN 多为肺癌,其次为单发转移瘤,需要及时采取有效的治疗手段;良性 SPN 多为炎性肉芽肿病变或良性肿瘤,临床上一一般采用随访即可。因此 SPN 的良恶性鉴别诊断具有非常重要的临床意义^[1,2]。

CT 是临床检出和诊断 SPN 的最主要手段。CT 高分辨力扫描可以了解病变形态和内部结构的细节变化以及病灶与周围血管、支气管的关系,动态增强 CT 可以了解血液动力学变化,这些都有助于 SPN 的定性诊断^[1-4]。然而不少 SPN 形态学及血液动力学特征并不明显,良恶性 SPN 之间的 CT 表现亦存在很多重叠,鉴别诊断存在困难。

2. 双能 CT 检测高原子序数物质的物理学原理

CT 值反映的是组织对 X 线的衰减系数。目前医学影像中 X 射线的能量范围是 10~300 keV,在这个低能的范围内,X 线的衰减主要由光电效应和康普顿散射构成。光电效应的强度与物质的原子序数的四次方成正比,与 X 线能量的三次方成反比。而康普顿散射则与物质原子序数及入射 X 射线能量均无关,只与单位体积内的电子数成正比^[5,6]。而 X 射线的能量又与管电压的平方成正比,所以当 X 线管电压由 140 kVp 降至 80 kVp 时,X 射线的能量也随之明显减低。X 射线能量的降低将导致体内一些物质的光电效应的发生概率明显增加,最终导致 CT 值增加^[5,6],尤其对于钙质、骨骼、碘对比剂等高高原子序数物质更明显。

高原子序数物质的光电效应特性使得我们可以利用双能 CT 技术来检测钙盐成分,并可半定量分析钙质的含量。本项体模试验中,我们使用磷酸二氢钾来模拟弥漫性钙化。因为人体内的钙质大部分是碳酸钙和磷酸钙,而钾、钙元素原子序数非常相近,所以用磷

酸二氢钾可近似的模拟人体内的钙的衰减情况。试验表明,当 X 线管电压由 140 kVp 降至 80 kVp 时,CT 值出现了不同程度的增加,且溶液浓度越高则 CT 值增加越明显。同一能量扫描时,CT 值的变化也与浓度的变化呈强正线性相关。Bhalla 等^[7]对人体组织进行双能 CT 扫描,结果均表明低能时含有高原子序数物质(如氯化钠、氯化钙、碘)的 CT 值增加。这些研究结果与本项研究基本一致,均表明双能 CT 可以用于检测人体组织的钙质含量。

随着 CT 技术的进步,双能 CT 检查变得越来越容易实现,如西门子的双源 CT 和通用电气的宝石 CT 的推出,一次扫描即可获得双能量信息,使得双能 CT 在临床上得到越来越广泛的应用。但普通螺旋 CT 包括单层螺旋 CT,在固定其他参数的情况下,利用不同的管电压分 2 次进行扫描,同样可以获得双能量射线吸收信息。

3. 双能 CT 钙质含量检测对 SPN 的诊断价值

病灶内有无钙化,钙化的分布、形态和含量对于 SPN 良恶性的鉴别诊断具有非常重要的价值,研究表明^[1,2]肿块中所含钙质越多,其良性的可能性越大,比如有明显钙化的肺结核或肺错构瘤的爆米花样钙化。然而,不少 SPN 在 CT 上并无肉眼可见的钙化灶,其钙质散布于病灶内。

利用双能 CT 可以半定量检测 SPN 的钙质含量,理论上有助于 SPN 的良恶性鉴别诊断。国内外已有一些文献报道双能 CT 钙质含量测量有助于 SPN 的诊断^[7-9]。但 Swensen 等^[10]报道的多中心研究的结果与之相佐,他们对 250 例肺结节进行双能 CT 研究,发现良恶性 SPN 在不同管电压下的 CT 值变化并无明显差异。

本研究中我们对常规 CT 未见明确钙化的 47 例 SPN 利用双能 CT 技术进行研究,观察不同类型的病灶在不同管电压下的 CT 值变化,并半定量的检测病灶内的钙质含量。结果发现良性 SPN 的 CT 值变化中位数为 5 HU,而恶性 SPN 为 4 HU;良恶性 SPN 的 CT 值变化及钙质含量均无明显差别,与 Swensen 等^[10]的研究结果基本一致。这一结果也提示对于常规 CT 未见明确钙化的 SPN,通过双能 CT 技术分析病灶的 CT 值变化及钙质含量测量无助于其良恶性的鉴别诊断。这可能与良性 SPN 也可不含钙质或含有较少钙质,而恶性病变也可含有少量的钙质有关。

本研究也存在一些不足之处,首先所用的 CT 不是目前最为先进的双源 CT 或宝石 CT,而是单层螺旋 CT,另外我们的病例数相对较少,因此本研究得出的结论还需要利用更为先进的双能 CT 技术进行多中心大样本研究加以证实。

参考文献:

- [1] Winer-Muram HT. The solitary pulmonary nodule[J]. Radiology, 2006, 239(1):34-49.
- [2] 刘士远, 肖湘生. 孤立性肺结节的处理策略[J]. 中华放射学杂志, 2005, 39(1):6-8.
- [3] 白荣杰, 刘福全, 申宝忠, 等. 孤立性肺结节多层螺旋 CT 灌注成像与血管生成的相关性研究[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(4):383-388.
- [4] 周涛, 甘新莲, 周燕发. 孤立性肺结节与支气管关系的多层螺旋 CT 研究进展[J]. 放射学实践, 2006, 21(5):536-538.
- [5] Attix FH. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry[J]. New York, NY: Wiley, 1986. 138-146.
- [6] Michael GJ. Tissue analysis using dual energy CT[J]. Australas Phys Eng Sci Med, 1992, 15(1):25-37.
- [7] Bhalla M, Shepard JO, Nakamura K, et al. Dual kV CT to detect calcification in solitary pulmonary nodule[J]. J Comput Assist Tomogr, 1995, 19(1):44-47.
- [8] 李云卿, 祁吉, 杨子权, 等. 双能 CT 检测肺内孤立性结节钙化的价值[J]. 中华放射学杂志, 1999, 6(6):374-377.
- [9] Higashi Y, Nakamura H, Matsumoto T, et al. Dual-energy computed tomographic diagnosis of pulmonary nodules[J]. J Thorac Imaging, 1994, 9(1):31-34.
- [10] Swensen SJ, Yamashita K, McCollough CH, et al. Lung nodules: dual-kilovolt peak analysis with CT-multicenter study[J]. Radiology, 2000, 214(1):81-85.

(收稿日期:2010-04-20 修回日期:2010-07-21)

中华医学会放射学分会第十次全国儿科放射学年会会议通知(第二轮)

为推动儿科放射医学的发展,及时了解儿科放射学新技术、新进展,提高儿科放射医师的诊治水平,中华医学会放射学分会儿科学组定于 2011 年 3 月 16 日至 20 日在湖南长沙湖南宾馆召开中华医学会放射学分会儿科学组第十届全国年会(CSPR 2011)。会议主题为“交流、合作、发展”。大会将采取专家讲座和大会论文交流相结合的形式,邀请国内外儿科放射领域的著名专家作专题报告。欢迎同道踊跃投稿并报名参加会议。与会者将授予国家级继续医学教育 I 类学分 10 分。

一、专题讲座

会议已经邀请多名欧美儿科放射学专家及国内著名放射学专家参会并作专题讲座,课程将广泛覆盖儿科放射学的各个领域。来自亚大儿科放射学会的专家 Kim(前任主席,韩国首尔)、Albert Lam(副主席,澳大利亚悉尼)、Wendy Lam(秘书长,中国香港)将就儿童神经系统疾病、新生儿血管瘤、儿童磁共振等专题做演讲;来自美国 Rad-Aid 基金会的一组儿科放射专家将就儿科放射的基础与临床作专题讲座;来自加拿大的 Dr. Margraet Pui 将做儿科放射病例分析的讲座。国内著名的放射学专家如肖湘生、王维、陈丽英、梁长虹、杜湘珂、李坤成、吕飙、卢光明、张志勇等将作儿童呼吸系统疾病、分子影像学、产前影像诊断、复杂先心病 MR 评价、脊髓脊柱病变影像诊断、先心病多层螺旋 CT 应用等专题讲座;来自台湾的李瑶华教授、王超然教授将做儿科放射的专题讲座。来自中华放射学会儿科学组的专家朱铭、叶滨滨、曾津津、邵剑波、范国光、李昕、李玉华等将作胎儿、新生儿、儿童神经、颌面、胸部、腹部、骨骼肌肉等方面的讲座。

二、注册费

- 1、与会代表注册费 800 元/人(含资料费)
- 2、2 月 28 日前回执的会议代表注册费 700 元/人(以邮戳及网上提交日期为准)
- 3、在读研究生凭研究生学生证和学校证明交注册费 600 元/人

三、会议时间及地点

时间:2010 年 3 月 16 日全天报到,17~18 日大会,19 日撤离。

地点:湖南省长沙市开福区营盘东路 193 号 湖南宾馆

四、食宿

代表食宿由会议统一安排,房费按会议包租天数三天收取,费用回单位报销。会议将按您的要求并按回执先后安排。超过预定床位数由大会会务组另行安排。

五、回执

1、网络在线注册:即日起至 2 月 28 日 24 时前网上注册:中华医学会放射学分会网站:(<http://www.chinaradiology.org>) 第十次全国儿科放射学年会(<http://www.chinaradiology.org/csr/cprs2011/>),请随时登陆会议网站了解会议最新信息。

2、邮寄回执:410013 湖南省长沙市桐梓坡路 138 号中南大学湘雅三医院放射科 张声旺 收(请注明:放射会议回执)。

3、E-mail: hnradiology@yahoo.com.cn

六、温馨提示

根据长政发[2009]22 号《长沙市人民政府关于宾馆酒店等场所禁止免费提供一次性日用品的通知》,酒店已停止免费提供一次性洗漱用品,请您自备相关用品。七、会议联系及 E-mail 投稿方式

中南大学湘雅三医院放射科 张声旺 电话:13787318131 E-mail: hnradiology@yahoo.com.cn

湖南省儿童医院放射科 金科 电话:13973165066 E-mail: jinke001@sina.com

(中华医学会放射学分会儿科学组 湖南省放射学专业委员会 湖南省儿童医院)