

X-CT 设备低对比度分辨力检测方法研究与分析

康立丽 余晓镔 冯晓刚 卢广文

【摘要】 目的: 检测 X-CT 设备低对比度分辨力, 评价 X-CT 系统在低对比度条件下区分目标物的能力。方法: 利用 Catphan 体模的 CTP515 模块进行测试, 同样扫描条件重复三次, 得到 CT 设备在低对比度条件下可分辨目标物的最小直径。结果: 1%、0.5% 和 0.3% 对比度条件下, A 设备三次重复扫描得到的结果分别为 (2、4 和 5mm)、(2、3 和 3mm)、(2、3 和 5mm), 螺旋扫描结果为 (2、5 和 6mm); B 设备三次重复扫描得到的结果分别为 (3、5 和 7mm)、(2、6 和 8mm)、(2、4 和 6mm)。针对多种对比度检测结果, 利用 Excel 绘制低对比度分辨力变化曲线。结论: 利用多种对比度条件评价低对比度分辨力使评价更客观全面。利用低对比度分辨力变化曲线图可对体模不能提供的其他对比度条件下的低对比度分辨力进行估计, 而且简单易行。

【关键词】 低对比度分辨力; 体层摄影术, X 线计算机; 低对比度分辨力变化曲线

【中图分类号】 R814.42; R811.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2003)05-0366-03

Study and analysis of the test method of CT low contrast resolution KANG Lily, YU Xiaó'e, FENG Xiaogang, et al. Department of Biomedical Engineering, the First Military Medical University, Guangzhou 510515

【Abstract】 Objective: To test and evaluate low contrast resolution of CT scanner. **Methods:** Using the module CTP515 of Catphan phantom, the differentiable minimal diameter (mm) subjects were measured and repeated three times for each test. **Results:** In Device A, three repeated scan results were (2, 4, 5mm), (2, 3, 3mm) and (2, 3, 5mm) respectively, according to 1%, 0.5% and 0.3% contrast scale. Spiral scan result was (2, 5, 6mm) according to 1%, 0.5% and 0.3% contrast scale. In Device B three repeated scan results were (3, 5, 7mm), (2, 6, 8mm) and (2, 4, 6mm). Excel was used to plot low-contrast resolution change curves. **Conclusion:** The evaluation is more impersonal and comprehensive if many contrast scale's results were used. The low-contrast resolution change curve can estimate other contrast scale's low-contrast resolution that can not be provided by the phantom. And this method is very easy.

【Key words】 Low-contrast resolution; Tomography, X-ray computed; Low-contrast resolution change curve

对于 X-CT 设备, 低对比度分辨力又称组织分辨力或密度分辨力, 它表示系统区分信号差异较小的组织的能力。例如一些病变, 组织线性衰减系数差异较小, 如果在 CT 图像上能够反映出组织的差异, 则说明该设备的低对比度分辨力好。临床上例如肝癌患者 CT 平扫绝大多数肝癌表现为低密度, 也可等为密度或混密度, 当肝癌与正常组织的密度差别较小时, 要调整窗宽、窗位进行观察。如果 CT 设备的低对比度分辨力好, 则能够较清晰地显示出它们的差异; 如果低对比度分辨力差, 则病变组织与正常组织混在一起难以区分。因此低对比度分辨力是 CT 设备的一个非常重要的性能参数, 对 CT 设备在低对比度分辨力进行评价对临床应用具有重要价值。

通过对 CT 设备低对比度分辨力的测试和评价, 并针对测试结果采取相应措施提高设备性能, 可使设备最大限度地发挥社会效益和经济效益, 也体现了对大型医疗设备实施质量保证工作的重要性。

材料与方法

检测设备: 利用美国体模实验室 CatphanTM 体模的低对比

度分辨力检测模块 CTP515 进行实验。该体模是模块化设计, 由固体等效材料制成。

CTP515 模块直径 15cm, 模块结构见图 1。外围有三组低对比度目标物, 对比度分别为 1%、0.5% 和 0.3% (左上角起顺时针)。每组圆洞直径分别为 12、9、8、7、6、5、4、3、2 和 1mm。外围对比度目标物用于常规大层厚扫描。内部有三组目标物, 纵向长度分别为 7、5 和 3mm, 对比度均为 1%。每组直径分别为 9、7、5 和 3mm。内部低对比度目标物用于薄层螺旋扫描。

受检设备: A 设备 (CT Aura, 螺旋 CT) 和 B 设备 (CT MAX 640, 非螺旋 CT)。两台 CT 均在头部扫描条件下进行常规扫描 (非螺旋)。A 设备在腹部扫描条件下进行螺旋扫描。

A 设备扫描条件: ①常规头部扫描, 130kV, 60mA, 扫描时间 2s, 层厚 10mm, 扫描野 225cm, 标准算法; ②螺旋扫描, 120kV、140mA, 扫描时间 2s, 螺距 1, 扫描层厚 10mm, 重建层厚 5mm。

B 设备扫描条件: 120kV、65mA, 扫描时间 5s, 层厚 100mm, 扫描野 FOV 选择 small, 标准算法。两台设备射线剂量均小于 50mGy。

检测方法: 对于同一扫描条件, 重复扫描三次。在 CT 图像上测量目标物兴趣区 (ROI) 和背景区域的 CT 值和标准偏差 (s)。利用公式①、②计算观察窗宽、窗位。

$$\text{窗宽} = \text{CT}_{\text{目标}} - \text{CT}_{\text{背景}} + 5s_{\text{max(目标, 背景)}} \quad (1)$$

$$\text{窗位} = (\text{CT}_{\text{目标}} + \text{CT}_{\text{背景}}) / 2 \quad (2)$$

作者单位: 510515 广州, 第一军医大学生物医学工程系
作者简介: 康立丽 (1971~), 女, 河北玉田人, 讲师, 硕士, 主要从事大型医疗设备应用质量保证研究工作及影像设备的教学工作。

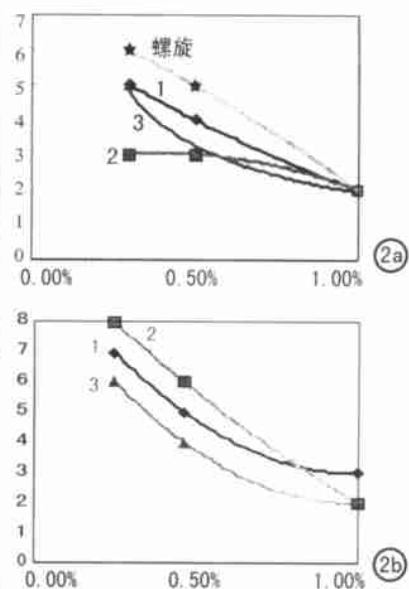
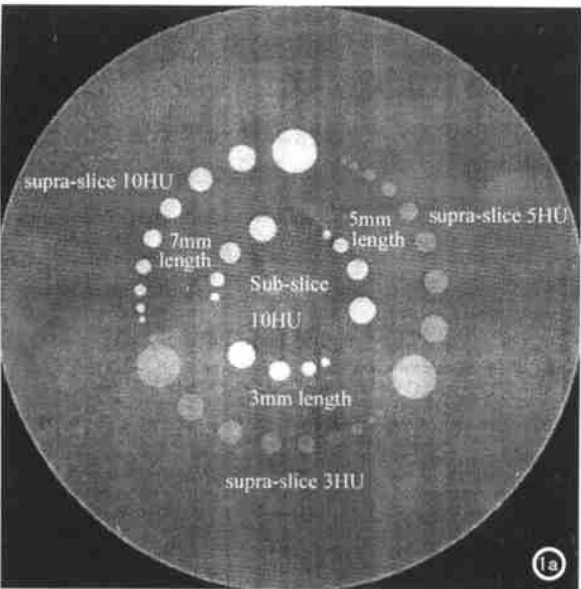


图 1 Catphan 体模 CTP515 模块。 图 2 低对比度分辨率变化曲线。a) A 设备; b) B 设备。

把 CT 图像调节到计算出的窗宽、窗位值进行观察,判断每种对比度下能够分辨最小直径的目标物。

结 果

A、B 设备检测结果见表 1。目前 X-CT 低对比度分辨率的评价标准是要求在 0.5% 对比度下能够观察 ≤4mm 直径的目标物。由表 1 可知,A 设备在 0.5% 对比度下可观测 ≤4mm 目标物,低对比度分辨率参数合格;B 设备在 0.5% 对比度下只有一次扫描可观察到 4mm 目标物,其它两次扫描观察的目标物 > 4mm,低对比度分辨率不合格。

表 1 A、B 设备低对比度分辨率检测结果

扫描次序	可分辨目标物直径(mm)		
	1%	0.5%	0.3%
A 设备			
1	2	4	5
2	2	3	3
3	2	3	5
螺旋扫描	2	5	6
B 设备			
1	3	5	7
2	2	6	8
3	2	4	6

讨 论

1. 利用多种低对比度使评价更全面客观

利用多种对比度检测结果进行评价可对设备低对比度分辨率的评价更加全面。国家现行的低对比度分辨率检测与评价方法只针对 0.5% 对比度,而没有考虑其它对比度条件。本文采用体模提供的三种对比度进行检测,可获取更多的检测信息。利用此方法检测与评价可更全面客观反映设备性能,而且可以对 CT 设备低对比度分辨率随对比度的变化趋势进行描

述。因此本文利用多种对比度目标物进行检测和评价是对现行规范的补充,尤其在对新安装 CT 设备进行验收检测时,可更好地评价设备质量。

图 2 是针对表 1 的检测结果利用 Excel 工具绘制的低对比度分辨率变化曲线图,横坐标是对比度标度,纵坐标是可分辨最小直径。此曲线与国外一些文献给出的对比度细节图表 (contrast-detail diagram, CDD)^[1] 的横纵坐标颠倒,CDD 横坐标是可分辨最小直径,纵坐标是对比度标度。用 Excel 工具绘制 CDD 图困难较大,绘制低对比度分辨率变化曲线图简单易行,而且可以反映同样的问题。对于一些检测和研究

CT 低对比度的工作人员利用比较普及的 Excel 软件绘制低对比度分辨率变化曲线方便实用,不需要复杂编程或专业软件。

由图 2 可知,低对比度分辨率变化曲线越逼近横纵坐标轴,CT 设备的低对比度分辨率越好;反之 CT 设备低对比度分辨率越差。A 设备在 0.3% 对比度下对组织的显示能力差异较大;在 0.5% 对比度下,显示差异减小;在 1% 对比度下,显示结果一致,均为 2mm 直径目标物。A 设备螺旋扫描得到的低对比度分辨率变化曲线位于常规头部非螺旋扫描对比度变化曲线的外围,说明螺旋扫描导致 CT 图像的低对比度分辨率下降,噪声增加。B 设备三次重复扫描低对比度分辨率变化曲线差异较大,第二次扫描得到的低对比度分辨率变化曲线最靠近外围,说明此时得到的图像不能较好地显示密度差异小的组织。第三次扫描得到的曲线最靠近横纵坐标轴,说明此次扫描得到的图像较好地显示低密度差异的组织。

利用低对比度分辨率变化曲线图可对体模没有提供的对比度条件下的低对比度分辨率进行评价,例如 Catphan 体模提供的对比度只有 0.3%、0.5% 和 1%,但人体组织的对比度差异多种多样。利用低对比度分辨率变化曲线可对 0.4%、0.6% 等其它对比度条件下的低对比度分辨率进行估计。利用低对比度分辨率变化曲线还可对不同设备或相同设备不同扫描条件下的低对比度分辨率进行评价,找出优劣。

2. 低对比度分辨率的重复性

判定 CT 设备低对比度分辨率,要求多次重复扫描,判断特定对比度下可分辨的最小直径目标物。由两台设备的检测结果可知,三次重复扫描的检测结果不完全一致,说明设备存在一定的不稳定性。由于设备稳定性较差,利用国家给出的判定标准对低对比度分辨率进行评价时,应以可分辨最小直径中数值较大的为准。A 设备三次重复扫描结果存在一些差异,最差的一次检测结果是 4mm,符合国家标准。B 设备三次扫描,三

次低对比度分辨力检测结果均不一样,说明该设备稳定性不好。这主要是由于 B 设备使用年限较长,许多部件老化,而且半年前经历一次搬迁,导致该设备低对比度分辨力参数不合格。

3. 低对比度分辨力影响因素

影响 CT 低对比度分辨力的因素有噪声、光通量、层厚、患者位置、探测器灵敏度、重建算法等多种因素^[1,2]。主要影响因素是噪声,噪声越大,低对比度分辨力越差。因此使噪声增加的因素即是使低对比度分辨力降低的因素。噪声的影响因素有剂量、算法、层厚、像素等,因此这些因素也会影响低对比度分辨力。管电压 kVp 和 mAs 或增加对 X 线的滤过可提高图像

的低对比度分辨力。如果在重建算法中选用高分算法可提高图像的空间分辨力,低对比度分辨力下降;如果使用平滑算法,低对比度分辨力会有所提高。

参考文献

- 1 Seeram E. Computed tomography-physical principles clinical applications and quality control[M]. London: W. B. Saunders Company, 1994. 51-54.
- 2 Goodenough DJ, Weaver KE. Factors related to low contrast resolution in CT scanners[J]. Comput Radiol, 1984, 8(5): 297-308.

(2002-06-21 收稿 2002-09-05 修回)

• 病例报道 •

椎弓单发性骨软骨瘤一例

杨其根 余强

【中图分类号】R738.3; R738.1 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2003)05-0368-01

病例资料 患者,男,50岁。无诱因下出现胸背部疼痛伴下肢麻木、无力3年,加重1年,行走不稳易跌倒。曾在多家医院诊断为椎管内占位性病变。体检:胸背部压痛,骶尾部、下肢前后内外及足底感觉减退。影像学检查:X线胸椎正侧位片示T₆~T₇椎体后缘一不规则高密度影。CT扫描示T₆椎弓板内缘有一带蒂的菜花状高密度影突向椎管内(图1),表面密度与骨皮质相似,内有不规则斑点状钙化影,其基底与椎弓板相连。相应部位脊髓受压,硬膜囊前脂肪间隙消失。MRI示T₆~T₇椎体平面脊髓后方一低信号肿块影突向椎管内,局部脊髓受压,椎管狭窄。手术所见:肿瘤位于T₆椎体正中后方呈菜花状,基底与椎弓板皮质相连,质硬如骨性,表面光滑呈灰白色,行肿瘤及部分椎弓板切除。标本大小约1.0cm×1.5cm×1.0cm,剖开肿瘤组织内见软骨及其骨化改变。病理诊断:T₆椎弓板骨软骨瘤。

讨论 骨软骨瘤亦称外生骨疣是最常见的骨良性肿瘤,占良性骨肿瘤的38.5%,占全部骨肿瘤的12%。本病好发于青少年,男多于女,约1.5:1。以四肢长骨的干骺端为好发部位,发生于脊椎骨少见,如Dahlin报道414例骨软骨瘤中位于脊椎骨者仅8例(约占1.92%)^[1]。骨软骨瘤可分单发性及多发性。单发性1.3%~4.1%发生于脊柱,多发性约9%发生于脊柱。脊柱中约50%发生于颈椎,其次为胸椎及腰椎^[2],且多见脊椎的椎板及棘突。椎弓单发性骨软骨瘤的影像学表现:①平片为椎体后缘一不规则高密度影或无异常。②CT见椎弓上一突向椎管内的高密度影,内可有斑点状钙化,其形态可呈球状、结节状、菜花状或息肉状等^[3]。其基底与椎弓骨皮质相连,脊髓受压。③MRI示脊髓后方呈低信号或无信号的肿块影突

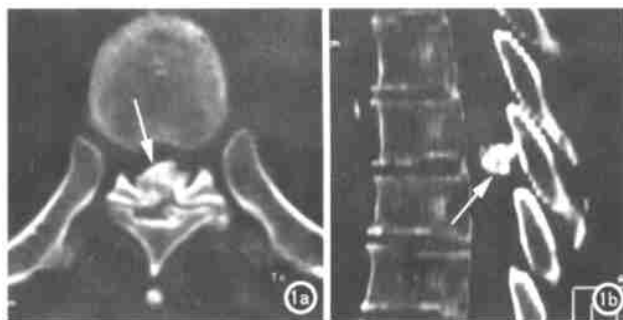


图1 T₆椎弓骨软骨瘤。椎管内一带蒂的菜花状骨性肿块影(箭),基底与椎板相连。a)横断面;b)矢状面重建图。

向椎管内,局部脊髓受压,椎管狭窄。本例病变为单发性骨软骨瘤,病变位于椎弓板向椎管内生长则较为罕见。椎弓骨软骨瘤的术前诊断主要靠影像学检查,平片可显示骨软骨瘤的高密度影,但对肿瘤范围及来源等的诊断价值有限,有的患者可无明显异常;MRI可显示神经结构的受压情况,但显示骨性肿瘤的形态结构欠佳;CT能显示肿瘤的部位、大小、形态结构等。CT横断面扫描可清晰显示病变的形态结构,冠状面、矢状面及多平面重建则可观察到病变的全貌,所以CT是椎弓骨软骨瘤术前诊断最佳的检查方法。本病约1%可恶变成软骨肉瘤,少数可远处转移,如发现本病应及时手术治疗。

参考文献

- 1 刘润田. 脊柱外科学[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1981. 560-561.
- 2 卢光明, 陈君坤. CT诊断与鉴别诊断[M]. 南京: 东南大学出版社, 1999. 515-516.
- 3 苏金亮, 徐兆龙, 吕桂坚. CT诊断椎管内骨软骨瘤一例[J]. 中华放射学杂志, 1996, 30(1): 60.

(2002-10-28 收稿 2002-11-28 修回)

作者单位: 314000 浙江, 嘉兴市第一医院放射科
作者简介: 杨其根(1958~), 男, 浙江平湖, 主治医师, 主要从事放射诊断工作。