

# 医学成像系统显示器性能的对比研究

唐峰 谢晋东 赵雷 张桂芳 马芳芳

**【摘要】** 目的 通过对不同医学成像系统显示器性能的研究, 定量分析显示器性能在显示临床图像时对图像解读的影响。方法 使用亮度及照度测量器 L100 和美国医学物理师协会 (AAPM) 所提供的显示器性能测试图对 3 种类型显示器 (球面、纯平、液晶显示器) 的亮度响应进行测试, 并与 AAPM 所提供的评价标准比较。管电流为 100 mA, 管电压为 80 kVp, 曝光时间分别为 6、10、12、16 ms 的条件下使用数字 X 线摄影系统 (DR) 对 CDRAD 2.0 对比度细节体模进行模拟胸部的曝光, 记录体模表面入射剂量, 计算其图像质量因子, 应用 ANOVA 检验方法进行统计学分析。结果 球面显示器亮度最大值为  $170 \text{ cd/m}^2$ , 亮度比为 257。纯平显示器亮度最大值为  $59.305 \text{ cd/m}^2$ , 亮度比为 99。液晶显示器亮度最大值为  $231.73 \text{ cd/m}^2$ , 亮度比为 350。3 种显示器的亮度响应和亮度对比均超出 AAPM 所设定的允许偏差范围。液晶显示器上显示图像所获得的图像质量因子 (IQF) 值与其他 2 种显示器上获得的 IQF 值之间差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结论 测试性能好的液晶显示器所显示的图像质量相对好些。

**【关键词】** 视听设备; 诊断显像; 评价研究

The comparative study of the performance of display devices in medical imaging system TANG Feng\*, XIE Jin-dong, ZHAO Lei, ZHANG Gui-fang, MA Fang-fang. \* Department of Radiology, Taishan Medical University, Tai an 271000, China

**【Abstract】** Objective To analyze the effects of three different display devices on the interpretation of imaging data in medical imaging system. Methods The luminance-meter L100 and the test patterns provided by the American Association of Physicists in Medicine (AAPM) were used to assess the performance of three display devices (the spherical, flat panel and liquid crystal display devices). The corresponding luminance response was compared with the reference criteria provided by AAPM Task Group 18 (AAPM TG18). DR chest photography was taken on CDRAD2.0 contrast-detail phantom using the following experimental parameters: 100 mA, 80 kVp, and the exposure times for 6, 10, 12, and 16 ms. After each exposure, the surface dose of phantom was recorded and the image quality factor (IQF) was calculated. Statistical analysis of IQF was performed using ANOVA. Results The maximum luminance values in the spherical, flat panel and liquid crystal display devices were 170, 59 and  $231 \text{ cd/m}^2$  and the luminance ratio was 257, 99 and 350 respectively. There was a significant difference in the IQF between the liquid crystal display device and other two display devices. Conclusion The liquid crystal display device has the better image quality.

**【Key words】** Audiovisual aids; Diagnostic imaging; Evaluation studies

数字探测器技术的进展及图像存储与传输系统 (PACS) 的应用为医疗卫生机构提供了一个有效存取医学图像的手段, 医学图像可以在能够改变图像外观的视频显示器上进行观察。这虽然为医学诊断工作提供了一定的便利, 但也相应地带来了图像显示的一致性问题<sup>[1-4]</sup>。医学图像的显示是医学成像链中的最后一个环节, 考虑到它对整个诊断图像应用的重要性, 应确保电子显示器不会损害所显示的

图像质量<sup>[5]</sup>。因此, 对当前医学成像系统显示器性能进行适当的评价, 使其所显示的图像能够真实反映患者身体的实际情况是当前医院质量控制和保证面临的重要课题。本研究的目的是对医学成像系统显示器的某些能够影响图像临床诊断的显示性能进行研究, 提出对医学成像系统显示标准的建议。

## 资料与方法

### 一、实验材料

美国 Hologic EPEX 直接转换数字 X 线摄影 (DR) 系统, 像素矩阵:  $2560 \times 3072$ ; 像素尺寸:  $139 \mu\text{m}$ 。瑞典 RTI 辐射测量公司 Solidose 400 型剂

作者单位: 271000 泰安, 泰山医学院放射学院 (唐峰、谢晋东、马芳芳); 泰山医学院附属医院 (赵雷); 山东省济南肿瘤医院 (张桂芳)

量仪, 剂量测量范围为  $1 \times 10^{-9} \sim 200$  Gy。光探测器 L100 具有与人眼相同的光谱响应, 使得它可以不依赖于光源而进行各种不同类型的测量。其亮度测量量程:  $0.03 \sim 60\,000$   $\text{cd}/\text{m}^2$ ; 照度测量量程:  $0.01 \sim 20\,000$  Lx。3 台实验用显示器, Fimi 公司型号为 MD0709BRM 的 17 in (1 in = 2.54 cm) 黑白球面显示器, 显示区域像素为  $1024 \times 768$ ; Sony 公司型号为 CPD-G420 的 17 in 彩色纯平显示器, 显示区域像素为  $1600 \times 1200$ ; IZO 公司型号为 RadiForce R11 的 18.1 in 彩色液晶显示器, 显示区域像素为  $1280 \times 1024$ 。美国医学物理师协会 (American Association of Physicists in Medicine, AAPM) 提供的测量显示器亮度响应和亮度均匀性的测试图 (AAPM TG18-LN 系列测试图)。仿造美国核协会质量控制工具 Model 76-211 制做的胸部体模。其上半部分为  $30.0 \text{ cm} \times 30.0 \text{ cm} \times 5.0 \text{ cm}$  的有机玻璃板, 中间嵌入  $30.0 \text{ cm} \times 30.0 \text{ cm} \times 0.1 \text{ cm}$  的铝板; 下半部分为  $30.0 \text{ cm} \times 30.0 \text{ cm} \times 5.0 \text{ cm}$  的有机玻璃板中嵌入  $30.0 \text{ cm} \times 30.0 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm}$  的铝板; 中间不锈钢支架间隙为  $5.0 \text{ cm}$ 。

对比度细节体模, CDRAD 2.0 体模, 由 1 个  $265 \text{ mm} \times 265 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  的丙烯酸树脂平板构成, 板上共有 225 个小方格, 是按  $15 \times 15$  的矩阵格式排列。在每一行和列的洞孔直径按指数规律变化, 从  $8.0 \text{ mm}$  到  $0.3 \text{ mm}$ , 除了最上面的 3 行方格只在中心有 1 个洞孔外, 其他行列上的方格中都有 2 个洞孔, 1 个洞孔位于中心处, 另 1 个则是不确定的, 随机排列在某一个角落上。

## 二、实验方法

1. 显示器亮度测试: 首先在 3 种不同的显示器上显示 AAPM TG18-LN 系列测试图。再使用 L100 测试仪把测试区域的亮度值记录下来。记录数据时, 使用不透光材料的罩布覆盖在所测量的显示器上, 将周围光照的影响减少到可以忽略的水平。当所有的亮度水平都已记录时, 显示器应处于休眠状态 (或关机)。同时应注意将室内的光线设定在显示器正常使用时的亮度水平。

使用 L100 和 TG18-LN 测试图, 根据 18 个数字驱动电平, 把测试区域的亮度记录下来。再根据显示器所测得的亮度值得出显示器的亮度比。因为实验是用不透光的罩布覆盖在显示器上完成的, 所以其周围光照近似为  $0 \text{ Lx}$ 。这样, 便可以根据亮度比 (luminance ratio, LR) 的公式  $L_{\max} / L_{\min}$  得出显示器的 LR (纯平显示器为 99, 液晶显示器为 350)。同

时, 根据这 3 组显示器的亮度值范围, 计算出其标准的亮度响应曲线。在每一个亮度水平下观测的亮度对比 ( $L_m / L_n$ ) 可以由所测量的亮度值根据下列公式计算出来:

$$L_m / L_n = 2 \times (L_{m(n+1)} - L_{m(n)}) / (L_{m(n+1)} + L_{m(n)}) \quad (1)$$

而每个极限可分辨差别 (just noticeable difference, JND) 值所对应的观测对比值 ( $L/L$ ), 是根据实际测量的对比值与医学数字图像通讯标准 (DICOM) 3.14 标准的亮度对比响应由下面的公式计算出来的, 亮度对比:

$$L_m / L_n = (L_m / L_n) / (J_{L_{\max}} - J_{L_{\min}}) / (N - 1) \quad (2)$$

其中  $J_{L_{\max}}$  和  $J_{L_{\min}}$  是参照 DICOM 灰度标准显示函数 (grayscale display standard function, GSDF) 中对应于测量的  $L_{\max}$  和  $L_{\min}$  值的 JND 指数,  $N$  等于 18, 即所使用的测试图的灰度水平数。

根据 DICOM GSDF 可以计算出标准的亮度对比值,  $L_s / L_s$ :

$$L_s / L_s = 2 \times (L_{s(n+1)} - L_{s(n)}) / (L_{s(n+1)} + L_{s(n)}) \quad (3)$$

同样也可以得出每个 JND 所对应的标准对比值:

$$L_s / L_s = (L_s / L_s) / (J_{L_{\max}} - J_{L_{\min}}) / (N - 1) \quad (4)$$

2. 选择不同曝光条件曝光测量表面入射剂量: 采用 DR 系统对模拟胸部体模进行普通 X 线摄影。摄影条件设置为管电压  $80 \text{ kVp}$ , 管电流  $100 \text{ mA}$ , 曝光时间分别为  $6, 10, 12, 16 \text{ ms}$ 。在曝光之前将 CDRAD 2.0 对比度细节体模嵌入到胸部体模中, 即起到模拟人体对射线的散射和衰减条件。然后, 再将 Solidose 400 型剂量仪的 R100 探头置于 DR 系统的摄影床上, 对准平板探测器 (flat-panel detector, FPD) 的中心。在控制台上进行曝光操作, 同时记录下相应的表面剂量 (entrance surface dose, ESD) 数值。

将应用 CDRAD 2.0 体模所拍摄的 X 线影像分别请 4 名不同资历的医师在这 3 种不同的显示器上进行观察。X 线影像的分配是采取随机抽取的方法, 符合古典概型。周围的亮度也尽可能调到最低, 以使观察者不需要进行暗适应。由观察者指出排列在某一行或某一列上所能看到最小洞孔的确切位置, 并记录下来。

3. 根据图像质量因子 (image quality factor, IQF) 的定义计算出不同摄影条件下 3 种显示器在显示图像时的差异。

$$IQF = \sum_{i=1}^{15} C_i \cdot D_{i,th} \quad (5)$$

式中  $C_i$  和  $D_{i,th}$  分别为第  $i$  列体模影像可分辨的最小洞孔直径及最小洞孔深度。

将4名医师观察所得的数据代入上式, 计算出3种显示器在不同摄影条件下的 IQF 值。然后使用多样本方差分析(ANOVA)的统计学方法对其进行比较分析,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

根据所得数据画出各个显示器的测试和标准亮度对比响应曲线(图1~6), 图1、3、5显示的是3种显示器的亮度响应与 DICOM 3.14 标准值之间的差别, 从图中可以看出它们所能显示的最大亮度值及亮度比。图2、4、6则显示的是3种显示器的亮度对比响应与其标准值之间的对比关系, 说明的是测量的显示器亮度响应斜率是否与标准的亮度响应的斜率一致, 即介于每个测量值之间的亮度差别是否与所期望的差别一致(DICOM 3.14 标准亮度响应)。所测试液晶显示器的亮度最大值和亮度比达到了美国放射学会(ACR)和 AAPM 的诊断标准; 纯平显示器和球面显示器的最大亮度偏低并未达到 ACR 的标准; 纯平显示器的亮度比接近 AAPM TG18 建议的临床浏览用显示器标准; 而球面显示器亮度比满足上述诊断标准, 但是所测试的3种显示器亮度响应却不能让人满意。其亮度响应和亮度对比度响应都与标准曲线差别太大, 大部分所测量的值并没有落在标准范围内。

3种显示器在显示不同剂量对比度细节体模影像时所获得的 IQF 值见图7, IQF 数值越低说明影像

质量就越好。从图7中可以看出两种显示器所显示图像的 IQF 值均随着表面剂量的增加而逐渐下降。同时, 2种不同显示器在显示同一表面剂量的图像时, 其 IQF 值也是不一样的, 即能够看出液晶显示器所显示的4种不同表面剂量图像的 IQF 值均明显低于另外2种显示器的值。根据 ANOVA 的统计学方法, 对3种显示器所得 IQF 值进行比较分析, 所测纯平显示器与液晶显示器比较差异有统计学意义( $F = 8.241, P = 0.028$ )。所测液晶显示器与球面显示器比较差异有统计学意义( $F = 7.747, P = 0.032$ )。所测纯平显示器与球面显示器比较差异没有统计学意义( $F = 0.132, P = 0.729$ )。说明在显示相同辐射剂量所拍摄的图像时, 液晶显示器所显示的图像质量要优于纯平和球面显示器。

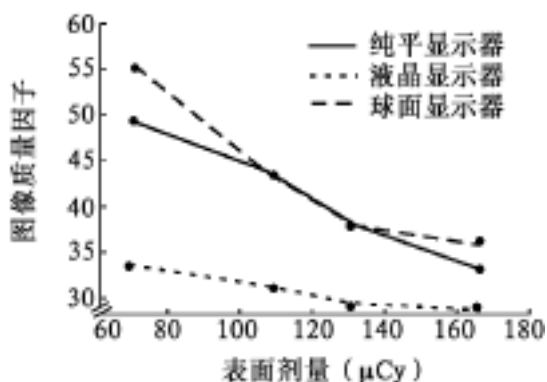


图7 3种不同的显示器图像质量因子(IQF)值与表面入射剂量的关系

### 讨 论

ACR 建议, 所有的显示器在工作时应具有至少

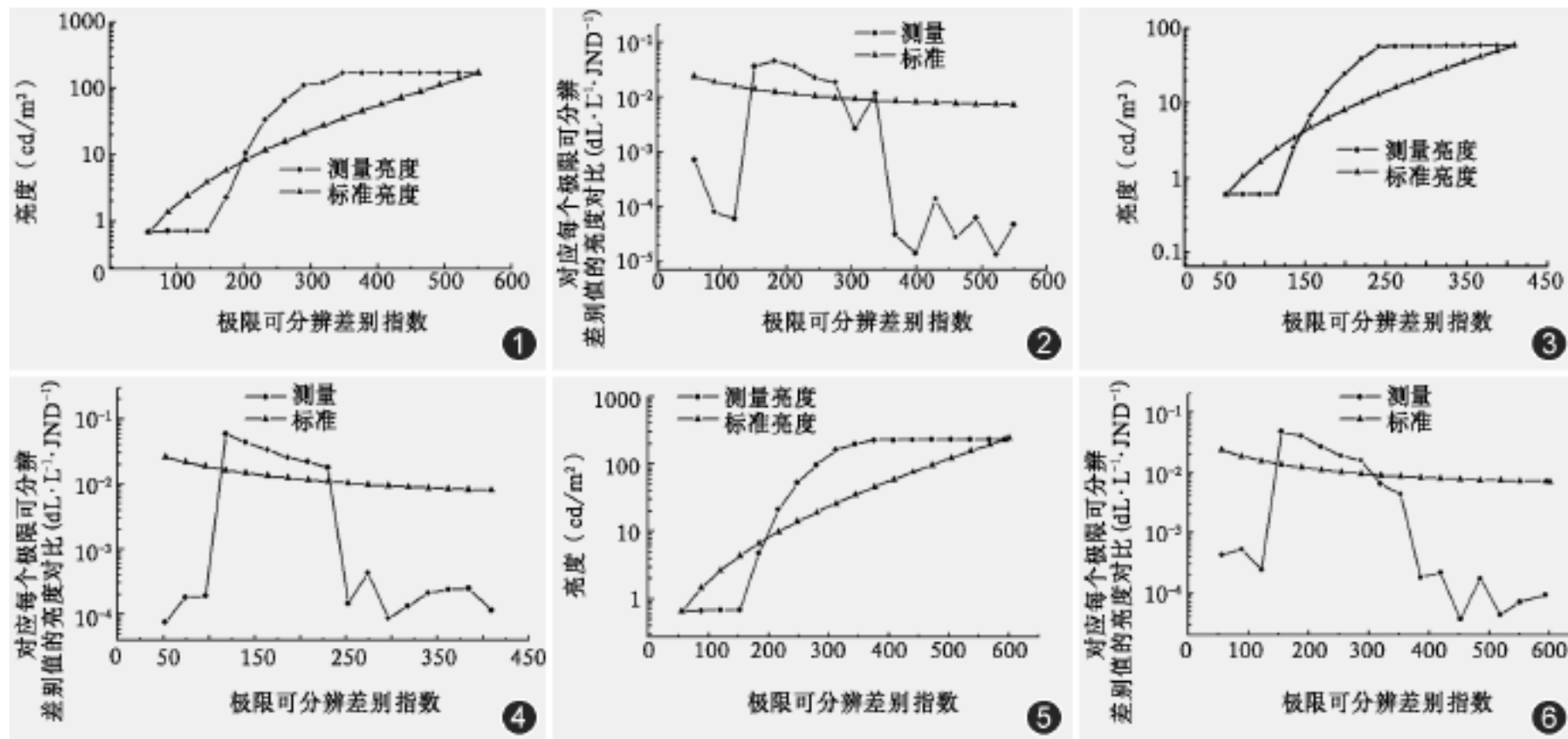


图1 球面显示器亮度响应与标准对照 图2 球面显示器亮度对比响应与标准对照 图3 纯平显示器亮度响应与标准对照 图4 纯平显示器亮度对比响应与标准对照 图5 液晶显示器亮度响应与标准对照 图6 液晶显示器亮度对比响应与标准对照

171 cd/m<sup>2</sup> 的最大亮度。按照 AAPM TG18 的建议, 对于所有临床诊断用显示器, 其显示的 LR 应不低于 250。对于临床浏览用显示器, LR 不应小于 100。同时 AAPM TG18 指出, 量化测量的亮度期待响应根据亮度对比响应而不仅仅是亮度响应来进行评价, 即测量的响应斜率应与标准响应的斜率一致。对于诊断用显示器在任意给定点上所测量的对比度响应应落在标准的 ±10% 范围内。而作为临床浏览用显示器则应与标准响应的 ±20% 相一致即可。

这主要是由于显示器并不是标准的医用显示器, 其设置上并不具有 DICOM 显示函数的校正功能。而只有满足这种标准显示函数的显示器才能在显示图像时提供某种程度的相似性, 才能保证同一图像所显示的亮度、灰度、对比度等完全相同。

经过对这 3 种显示器亮度响应的研究发现, 虽然显示器的性能并不都能够满足临床诊断的要求,

但是通过 AAPM TG18 测试性能好的显示器在显示图像质量的分析中明显表现得比测试性能略差的显示器要好。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Jung H, Kim HJ, Kang WS, et al. Assessment of flat panel LCD primary class display performance based on AAPM TG 18 acceptance protocol. Med Phys, 2004, 31: 2155-2164.
- [ 2 ] Compton K. Factors affecting cathode ray tube display performance. J Digit Imaging, 2001, 114: 92-106.
- [ 3 ] Thompson SK, Willis CE, Krugh KT, et al. Implementing the DICOM Grayscale Standard Display Function for mixed hard- and soft-copy operations. J Digit Imaging, 2002, 15 ( Suppl 1 ): 27-32.
- [ 4 ] 王先运, 孙勇, 刘惠琴, 等. 显示器亮度对诊断质量的影响. 中华放射学杂志, 2003, 37: 556-560.
- [ 5 ] 袁聿德, 谢晋东, 王昌元. 加强对显示器诊断影像评价的研究. 中华放射学杂志, 2004, 38: 343-344.

( 收稿日期: 2007-11-05 )

( 本文编辑: 任晓黎 )

## 《中华放射学杂志》第八届编委会名单

顾 问	张雪哲	许达生	沈天真									
名誉总编辑	戴建平											
资深编委	刘玉清	高玉洁	戴汝平	王承缘	曹厚德	卢 延	陈星荣	闵鹏秋	吴振华	张国桢	李麟荪	
	陈金城	欧阳墉	潘纪戌	李 铁	谢敬霞	周康荣	燕树林	徐爱德	蔡祖龙	吴恩惠		
总 编 辑	祁 吉											
副 总 编 辑	高培毅	冯敢生	冯晓源	郭启勇	马大庆	孟俊非	秦维昌	肖湘生				
常务编委	祁 吉	高培毅	冯敢生	冯晓源	郭启勇	马大庆	孟俊非	秦维昌	肖湘生	金征宇	李坤成	
	滕皋军	徐 克	章士正	周 诚	周翔平							

以下按姓氏汉语拼音排序

编 委	白人驹	陈克敏	程敬亮	崔进国	单 鸿	杜湘珂	冯敢生	冯晓源	高 宏	高剑波	高培毅	
	耿道颖	龚洪翰	郭 志	郭启勇	郭佑民	韩 萍	滑炎卿	宦 怡	黄仲奎	蒋世良	蒋学祥	
	金征宇	李 选	李建军	李健丁	李坤成	李明华	李彦豪	李子平	梁碧玲	梁长虹	刘怀军	
	刘士远	卢光明	罗鹏飞	马 林	马大庆	孟俊非	牛广明	祁 吉	漆剑频	秦明伟	秦维昌	
	屈 辉	申宝忠	石明国	孙 钢	孙立军	唐光健	滕皋军	田 伟	田建明	王 维	王 武	
	王德杭	王建华	王鸣鹏	王绍武	王学建	王振常	吴 宁	吴仁华	武乐斌	鲜军舫	肖恩华	
	肖湘生	徐 克	徐坚民	徐文坚	许建荣	杨海山	杨建勇	杨仁杰	余 卫	余建明	余永强	
	鱼博浪	曾蒙苏	翟仁友	张金山	张敏鸣	张云亭	章士正	赵 斌	赵荣国	周 诚	周纯武	
	周翔平	周义成	邹英华	祖茂衡	Ching Shing Zee(外籍编委)							
特邀编委	程晓光	范国光	顾雅佳	贾文霄	江 波	李 澄	李恒国	陆建平	马绪臣	倪红艳	彭明晨	
	宋 彬	唐桂波	陶晓峰	涂 荣	王霄英	吴沛宏	伍建林	叶慧义	张兆琪	赵建农	赵世华	