

# SPECT 设备固有均匀性性能测试结果分析

高泽宇<sup>1,2</sup>, 朱建国<sup>1</sup>, 杨淑慧<sup>1</sup>, 宋钢<sup>1</sup>

1. 山东省医学科学院放射医学研究所, 山东 济南 250062;

2. 济南大学 山东省医学科学院医学与生命科学学院

**摘要:** **目的** 通过对 13 台单光子发射计算机断层扫描装置(SPECT)设备 26 个探头固有均匀性性能进行测量并分析,探讨其在质量控制中的应用价值及意义。**方法** 根据 2007 版 NEMA(美国电器制造商协会)标准及各厂家标准,通过图像分析软件,对 SPECT 设备固有均匀性性能指标进行检测。**结果** 固有积分均匀性合格率为 61.5%,固有微分均匀性合格率为 92.3%。**结论** 固有均匀性是保证 SPECT 设备的图像质量的重要指标,必须按照规定对 SPECT 固有均匀性进行质量控制。

**关键词:** SPECT;固有均匀性;NEMA 标准

中图分类号:R817.4 文献标识码:B 文章编号:1004-714X(2017)04-0426-03

**Measurement and Analysis of Intrinsic Uniformity of SPECT Equipment.** GAO Ze-yu, ZHU Jian-guo, YANG Shu-hui, SONG Gang. 1. *Institute of Radiation Medicine, SDAMS, Jinan 250062 China*, 2. *School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan-Shandong Academy of Medical Sciences*.

**Abstract:** **Objective** To discuss the value and significance of application in quality control by measurement and analysis of intrinsic uniformity of 26 detectors of 13 SPECT Equipment. **Methods** According to the NEMA standard and the standard of each manufacturer, test the inherent uniformity performance of the SPECT equipment by using image analysis software. **Results**

The qualification rate of integral proper uniformity is 92.3%. The qualification rate of Inherent differential uniformity is 61.5%. **Conclusion** Inherent uniformity is an important index to ensure the image quality of SPECT equipment. The quality control must be carried out according to the rules.

**Key words:** SPECT; Intrinsic Uniformity; The NEMA Standard

随着经济水平的发展、医疗技术的进步,核医学设备在医疗机构中被广泛应用。其中应用最广泛的功能性显像设备为单光子发射计算机断层扫描装置(single photon emission computed tomography,以下简称 SPECT)<sup>[1]</sup>。SPECT 是集光、机、电、自动控制和计算机技术于一体的精密装置,是多种学科的综合体,其性能是获得高质量影像的重要保证。固有均匀性反映探头视野内各部位对均匀分布的放射源响应的差异,是影响 SPECT 性能的关键指标,也是 SPECT 质控的核心指标之一。本文通过采用 NEMA(美国电气制造商协会)标准<sup>[2]</sup>对不同厂家的 13 台 SPECT 设备 26 个探头固有均匀性性能进行测量并分析,探讨其在质量控制中的应用价值及意义。

## 1 材料与方法

**1.1 对象与测量工具** 本实验选取 13 台双探头的 SPECT 设备为测量对象,其中包括西门子公司 5 台,GE 公司 4 台,飞利浦公司 4 台。

**1.2 测量方法及数据处理** 本实验使用放射性药物—<sup>99m</sup>Tc 洗脱液对 SPECT 设备固有均匀性性能进行测量,测量时设置 SPECT 设备参数:能峰为 140 keV,能窗为 20%,且不携带准直器。固有均匀性分为积分均匀性和微分均匀性,积分均匀性根据视野内最大和最小计数点的差异进行计算,微分均匀性根据每 5 个相邻像素点中的最大和最小计数点的差异进行计算。

**1.2.1 固有积分均匀性的测量** 使用点源制作模体作一标准点源,置于距离探测器表面中心 5 倍视野(FOV)以外的位置处,调整点源活度使 SPECT 相应探测器计数率在 18 kcps ~ 22 kcps,设置探测器采集参数:采集矩阵 256 × 256,放大倍数(zoom)1.00,采集总

基金项目:山东省医学科学院医药卫生科技创新工程

作者简介:高泽宇(1990-),男,山西侯马人,从事放射防护检测与评价工作。

通讯作者:宋钢, Email: sdfanghu@126.com

计数 16000 K,静态采集。

积分均匀性(integral uniformity, IU)结果的处理:

①取图像的有效视野(useful field of view, UFOV);②根据积分均匀性计算公式进行计算(均匀性用百分数表示,式中 Nmax 和 Nmin 是采集图像的有效视野中的最大计数和最小计数)。

$$IU = (N_{max} - N_{min}) / (N_{max} + N_{min}) \times 100\%$$

式中:IU —— 积分均匀性;Nmax —— 野内计数最大值;Nmin —— 野内计数最小值。

1.2.2 固有微分均匀性的测量 直接使用 1.2.1 采集的图像即可。

微分均匀性(differential uniformity, DU)结果的处理:从采集的 DICOM 图像中分别从像素行和列的起始端开始,逐个像素向前推移,每相邻 5 个像素为一组,找最大计数和最小计数,并计算出差值。在视野内找出计数之差最大的像素,其对应的计数分别为 Nmax 和 Nmin。找最大计数和最小计数应在 X 和 Y 两个方向独立进行。微分均匀性按下列公式计算:  $DU = (N_{max} - N_{min}) / (N_{max} + N_{min}) \times 100\%$

式中:DU —— 微分均匀性;Nmax —— 组内计数最大值;Nmin —— 组内计数最小值。

2 结果

2.1 固有均匀性图像及其结果分析 所采集图像直接观察显示结果见图 1,分析软件图像显示结果级测量结果见图 2。

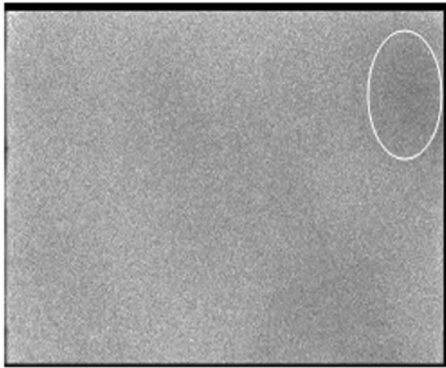


图 1 固有均匀性软件分析图像示例

图 1 中肉眼可见右上角椭圆形标注部分相较于其余部分颜色更深。

2.2 SPECT 设备固有均匀性结果分析 SPECT 设备固有均匀性性能各有差异,依托 NEMA 标准和各厂家出厂标准,并参考刘辉、卢峰等人所进行的检测<sup>[3-4]</sup>,对 SPECT 设备固有均匀性性能指标进行约束,即:固有积分均匀性的合格值为不大于 4.5%,固有微分线

性的合格值为不大于 3.5%。

SPECT 设备固有均匀性测量结果见表 1。表中给出的是 26 个探头的测量结果,每个探头单独评价。参考 NEMA 标准,固有积分均匀性(UFOV)的合格率为 61.5%,固有微分均匀性的合格率为 92.3%。

表 1 NEMA 标准下设备性能测量结果

测量项目	项目限值	测量结果		合格率
		均值	范围	
固有积分均匀性(UFOV)	≤4.5%	4.29%	1.89%~13.19%	61.5%
固有微分均匀性(UFOV)	≤3.5%	2.15%	1.46%~5.60%	92.3%

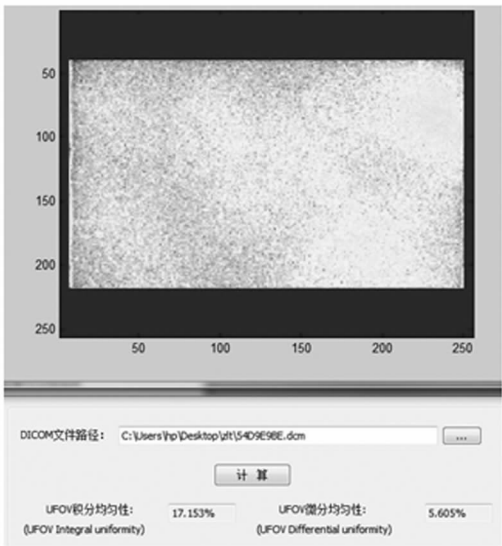


图 2 校准前固有均匀性测试图像及结果

SPECT 设备固有均匀性较差时,直接观察图像即可发现。在对某台 SPECT 设备进行检测时,图像显示不均匀。厂家技术人员使用 SPECT 设备自带的周质控(weekly QC)中的测量和校准程序,对该 SPECT 设备进行了校准,校准后按 NEMA 测试方法再次对该设备进行固有均匀性检测。表 2 中给出了该设备校准前后的检测结果。图 2 为校准前探测器所采集的图像和分析结果,图 3 为校准后探测器所采集的图像和分析结果。

表 2 某 SPECT 校准前后固有均匀性测量结果比较

测试项目	探头	测试结果	
		校准前	校准后
固有积分均匀性(UFOV)	1	17.153%	2.629%
固有微分均匀性(UFOV)	1	5.605%	1.707%

3 讨论

固有均匀性指标是 SPECT 最基本和最重要的性能参数,其好坏直接影响到图像采集的质量,是影响临床图像质量最重要的因素之一<sup>[5]</sup>,同时也是不合格率

相对较高的指标。但通过对 SPECT 设备进行测量与校准,有利于提高图像质量及性能指标合格率,如图 2、图 3 所示,该 SPECT 经过校准,图像质量良好,分析结果合格。

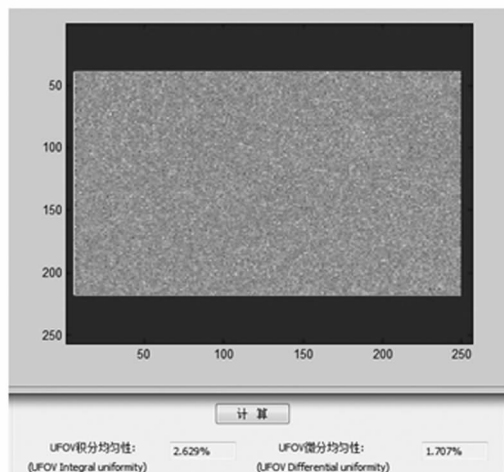


图 3 校准后固有均匀性测试图像及结果

影响固有均匀性的因素主要包括:①晶体和探测器的老化或损坏;②光电倍增管增益校正不良;③光电倍增管失效;④空间非线性的影像;⑤SPECT 使用过程中环境达不到要求<sup>[3]</sup>。因此,在 SPECT 设备使用过程中,要在允许的温湿度范围内按照操作流程进行操作,如室内温度在 22 ~ 24 ℃,湿度维持在 40% ~ 60% 且机房温度每日变化不超过 3℃,并按照 NEMA 标准或出厂规定进行周质控(weekly QC)。周质控分为测

量(test)与校准(calibration),周质控中,当测量结果不合格时,应按要求进行校准,即通过测量由计算机生成修正文件,对各光电倍增管进行削弱或补偿,并再次进行测量以达到探测结果符合要求。如果在校准过后依然无法达到要求,应及时寻找相关技术人员进行软硬件故障检测与排查。

尽管 SPECT 设备从数量和技术上都有了较大的发展,但由于多数医疗机构对于 SPECT 设备的质量控制工作重视不够,这对设备的图像质量、使用寿命、故障率都有不利的影响。因此,医疗机构应按照规定对 SPECT 设备进行质量控制,以保证其在临床中能发挥相应的作用。

#### 参考文献

- [1] 范向勇,周献锋,马加一. SPECT 质量控制检测探讨[J]. 中国医学装备,2014,3(11):8-9.
- [2] NEMA. Standards publication NU1-2007: performance measurements of gamma cameras[S]. NEMA,2007.
- [3] 刘辉,安晶刚,宋颖. SPECT 设备固有性能测试及结果分析[J]. 中国医学装备,2012,9(12):17-19.
- [4] 卢峰,宋钢,李全太,等. 9 台 SPECT 设备性能测试及结果分析[J]. 中国辐射卫生,2013,19(4):417.
- [5] 张书文,何义杰,邵明哲. 西门子 SPECT(E. CAM)仪“U-FLY”均匀性校正应用[J]. 医疗卫生装备,2006,27(9):70-73.

收稿日期:2017-06-01 修回日期:2017-06-30

## 统计结果的解释和表达

当  $P < 0.05$  (或  $P < 0.01$ ) 时,应说明对比组之间的差异具有统计学意义;并说明所用统计分析方法的具体名称,例如:成组设计资料的  $t$  检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的  $q$  检验等,给出统计量的具体值(如: $t = 3.445$ ,  $\chi^2 = 4.68$ ,  $F = 6.79$ );在用不等式表达  $P$  值的情况下,一般情况下选用  $P > 0.05$ ,  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ ,3 种表达方式即可满足需求,无须再细分为  $P < 0.001$  或  $P < 0.0001$ 。当涉及总体参数时(如总体均数和总体率)时,在给出显著性检验结果的同时,应给出 95% 可信区间。

本刊编辑部