

γ 相机准直器的质量指标对比研究

欧阳习 李小华 高汝桢

(广州军区广州总医院 广州 510010)

摘要 对比研究 γ 相机准直器的 3 个主要质量指标对评价和检测准直器质量的价值。用同型号低能通用及低能高分辨平行孔准直器各 4 只,参照 NEMA 标准(1994),分别测试各准直器的系统均匀性,同时测试系统空间分辨率及灵敏度,对测试结果进行比较和分析。结果表明,同型号准直器的系统空间分辨率与灵敏度两项指标基本接近,而均匀性指标存在较大差异(当部分准直器存在质量问题时)。其中,系统积分和微分均匀性分别超过 6% 和 3% 的 3 只准直器被证实存在质量问题。说明系统均匀性能定量和定性地反映准直器的性能,是反映准直器质量问题的最基本和最有效指标。

关键词 γ 相机,准直器,系统均匀性,系统空间分辨率,系统灵敏度

中图分类号 R812

准直器的性能指标有系统空间分辨率、系统灵敏度、视野和能量范围,而平面系统均匀性和线性亦是间接反映准直器制造质量的非常灵敏的指标^[1]。目前公认的单晶体闪烁 γ 相机测试 NEMA 标准^[2]中涉及准直器的性能测试指标有系统空间分辨率和系统灵敏度,尚没有将系统均匀性列入。在对 SPECT 的质量控制和验收测试过程中我们发现前两项指标并不足以全面反映准直器的性能,尤其不能敏感反映准直器存在的质量问题。我们参照 NEMA 标准,分别测试各准直器的系统均匀性,同时测试系统空间分辨率及灵敏度,对测试结果进行比较和分析。评价平面系统均匀性指标对检测准直器质量的意义。

1 材料与方法

1.1 材料

8 只平行孔准直器。其中,低能通用(型号 VPC-35)和低能高分辨(VPC-45)各 4 只。仪器:VariCam 双探头 SPECT 系统。

1.2 测试项目

1.2.1 系统均匀性 ^{99m}Tc 灌注面源,活度约 $18.5 \times 10^7 \text{ Bq}$,计数率不超过 $2 \times 10^4 \text{ counts/s}$ 。使用仪器提供的均匀性测试程序,20% 窗宽,256 × 256 矩阵,开启仪器提供的固有均匀性、线性及能量校正,采集 1.6×10^7 计数。

1.2.2 系统空间分辨率 内径 < 1mm、长度 40cm 的 ^{99m}Tc 线源两条,源活度约 $5.55 \times 10^7 \text{ Bq}$ 。装上准直器,两线源平行且相距 10cm,置于探头表面与 X 轴方向平行,距离准直器表面 10cm,20% 窗宽,放大倍数 2.0,以 512 × 512 矩阵采集线源图像(总计数约 5×10^6)。先计算像素的平均尺寸(mm/pixel),再作线源图像 30mm 剖面段,连续截取作出多条剖面线并计算 FWHM。再将线源转动 90°,沿 Y 轴放置,重复上述测试和计算。取所有 FWHM 的平均值,得到系统空间

分辨率。

1.2.3 系统灵敏度 直径为 10cm 的圆盘,内装^{99m}Tc 液体,液体厚度约 3mm,源活度以计数不超过 2×10^4 counts/s 为限。测试注射器内剩余放射性活度,准确确定圆盘内的放射性活度。将圆盘放置于探头视野中心处,高度离准直器表面 10cm。设置 20% 窗宽,关闭均匀性校正功能,采集 1min 计数,计算每分钟每 37kBq 的计数 λ Counts/min $\cdot$ 37kBq。

2 结果

8 只准直器的系统均匀性、系统空间分辨率及系统灵敏度测试结果如表 1。表 1 中编号 1—4 为同型号低能通用型准直器,7—8 为同型号低能高分辨准直器。以两两一组进行测试(即 1 和 2,3 和 4,5 和 6,7 和 8)分别对应于探头 a、探头 b。

表 1 系统均匀性、空间分辨率及灵敏度测试结果

Table 1 Results of system uniformity, system spatial resolution and system planar sensitivity

准直器编号 Collimators No.	积分均匀性		微分均匀性		系统空间分辨率	系统灵敏度
	Integral uniformity/%		Differential uniformity/%		System spatial resolution/mm	System planar sensitivity
	CFOV	UFOV	CFOV	UFOV	FWHM	/Counts $\cdot$ (min $\cdot$ 37kBq) ⁻¹
1	7.73	8.72	2.68	3.97	9.61	375
2	8.91	9.09	3.77	4.26	9.61	378
3	3.89	4.77	1.70	2.28	9.63	364
4	3.33	3.75	2.52	2.52	9.63	369
5	3.98	4.33	2.21	2.21	7.97	173
6	6.30	6.62	3.97	4.42	7.97	179
7	4.20	4.99	1.90	2.62	7.92	176
8	3.50	5.50	2.09	2.49	7.92	178

3 讨论

分析表 1 的数据可以看出,对同一型号的准直器进行比较,编号为 1—4 的准直器的系统空间分辨率和系统灵敏度的值基本相同,编号为 5—8 的准直器的此两项指标亦接近(偏差都小于 10%),与其它型号 SPECT 的准直器基本一致(通用准直器分辨率约 9.49mm,高分辨约为 7.80mm)^[3],而它们的均匀性指标却存在较大差异。编号为 3、4、5、7、8 的均匀性较好,而 1、2、6 号准直器的有效视野和中心视野均匀性均较差,积分均匀性和微分均匀性分别超过 6% 和 3%,表明 1、2、6 号准直器可能存在质量问题。

为进一步明确以上判断,8 只准直器均被卸下或移去表面覆盖层面,直接进行内部构成观察。编号为 1、2、6 的 3 只准直器被发现有许多没有贯穿的准直孔,看起来呈斑片状或带状,且分布不均匀。没有完全贯通的准直孔对通过的光子造成衰减,从而导致其均匀性下降(这 3 只准直器经厂家工程人员鉴定后承认是质量问题并给予了更换)而 3、4、5、7、8 号准直器只有少许准直孔未贯穿,且呈分散分布,对均匀性影响小。结果表明,系统空间分辨率和灵敏度两项指标不足以反映准直器的质量问题。当准直器存在质量问题时,此两项指标可以相同或接近,而进行系统均匀性测试则可以判断出它们的差异。可见在衡量准直器的性能过程中进行系统均匀性测试是必要的。当一个准直器的系统均匀性测试结果较同类型准直器增大时,就提示该准直器可能存在质量问题。

准直器的质量问题多是由于局部碰撞变形,局部准直孔堵塞,也有准直器在生产过程中部分准直孔未完全贯穿的因素(类似于本实验所测试的几个准直器),这些问题往往不会影响准直器的总体分辨和灵敏度,这与系统空间分辨率和灵敏度所采用的测试方法有关。两者所用的放射源前者是线源,后者是直径 10cm 的圆盘,测试时只占据准直器的某局部,而均匀性测试使用的是覆盖准直器全部视野的平面泛源模型,计算机将整个探头视野分成 64×64 个区域逐个进行响应测试,这样就可以发现准直器局部故障造成的局部性能下降。

系统均匀性是由探头固有泛源均匀性、准直器均匀性和泛源模型的均匀性组成。本实验所用的是同一个泛源,故可以不考虑泛源模型均匀性的影响。扣除探头的固有泛源均匀性,即得到准直器本身的均匀性。1、3、5、7 号 4 只准直器对应于探头 a,2、4、6、8 号 4 只准直器对应于探头 b。两探头固有泛源均匀性为:探头 a 的 UFOV(积分 2.39,微分 1.65)、CFOV(积分 2.23,微分 1.54);探头 b 的 UFOV(积分 2.36,微分 1.58)、CFOV(积分 2.34,微分 1.41)。可以看出,两探头的固有均匀性指标很接近,故本实验亦可忽略探头的固有均匀性。同时系统均匀性测试条件中开启的是探头的固有均匀性校正(准直器的校正被关闭)。在探头的固有均匀性和泛源模型的均匀性被忽略后,以上系统均匀性数据实际已间接地反映出准直器本身的均匀性^[4]。

为了使所测结果具有可比较价值,在测试前要注意调校好探头的固有均匀性及其它固有性能指标,测试所用泛源尽可能均匀,并保证测试条件的一致,要注意关闭对该准直器的均匀性校正,而开启探头的固有均匀性校正。根据测试的积分均匀性和微分均匀性结果,可以判断准直器是否存在质量问题。不足的是探头固有的不均匀和准直器的不均匀成分有可能会相互抵消,而不能在系统均匀性中反映出来。

4 结论

系统均匀性测试是检测准直器质量最基本和最有效的方法,系统均匀性的测试图像和计算结果对于评价准直器性能同样具有重要的意义。

参 考 文 献

- 1 贺小红. 国外医学—放射医学核医学分册, 1997, 21(4): 165—168
HE Xiaohong. Foreign Med Sci—Radiol Nucl Med, 1997, 21(4): 165—168
- 2 NEMA. Performance measurements of scintillation cameras. In: National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Washington DC: Standards Publication, No. NU 1—1994. 37
- 3 李小华, 吴克宁, 苏敏, 等. 中华核医学杂志, 1997, 17: 127
LI Xiaohua, WU Kening, SU Min, *et al.* Chin J Nucl Med, 1997, 17: 127
- 4 李小华, 吴克宁, 欧阳习, 等. 中华核医学杂志, 1998, 18: 202
LI Xiaohua, WU Kening, OUYANG Xi, *et al.* Chin J Nucl Med, 1998, 18: 202

Comparing investigation of quality performance on γ camera collimators

OUYANG Xi LI Xiaohua GAO Ruzhen

(General Hospital of Guangzhou Army, Guangzhou 510010)

Abstract

The aim of this work is to measure the collimator's quality with system uniformity parameter. According to the NEMA standards publication (No. NU 1 – 1994), four low energy general purpose parallel hole collimators and four low energy high resolution parallel hole collimators had been measured for the system flood field uniformity, the system spatial resolution and system planar sensitivity, and then all of the results were analysed. Results showed that the system spatial resolution and system planar sensitivity parameters of the same type collimators were almost close to each other, but the uniformity parameters were greatly different (when the collimators have quality defect), three of the eight collimators with which the system integral uniformity and differential uniformity exceed by 6% and 3% were proved to be defective in quality. This indicated that the performance of collimator can be reflected quantitatively and qualitatively by the uniformity measurement, and the quality of collimator can be found through it effectively.

Key words Gamma camera, Collimators, System uniformity, System spatial resolution, System planar sensitivity

CLC R812