

正电子药物生产及使用中的防护实践

梁秀艳, 于丽娟, 胡玉民

中图分类号: TL75⁺2 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2006)04-0438-01

【摘要】 目的 减低受照人员的辐射剂量。方法 通过对实践工作中设备及方法的改进来达到目的。结果 接触正电子药物的一系列操作、防护用具使用上的改进有助于减低接触人员的受照剂量。结论 辐射防护以防护最优化为原则, 可通过对防护用具及操作的规范化达到最好的防护效果。

【关键词】 正电子药物; FDG; 防护

随着近几年国内 PET(正电子发射断层扫描系统)、PET/CT(PET 与 CT 的同机融合)及符合线路的应用越来越多, 正电子放射性药物的生产及使用中的辐射问题也备受关注。正电子放射性核素发射的是高能(511keV)的 γ 射线, 其照射率常数分别是常用的 ^{131}I 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的 3 倍和 9 倍^[1], 虽然已经有多个监测数据显示以 ^{18}F -FDG 为例的环境周围及工作人员剂量的辐射水平是在可接受的范围(即低于 ICCU 规定的剂量限值)内^[2,3], 但生产及使用的日常工作中可通过选择有效的防护措施及采取简便有效的操作来降低照射剂量。

1 生产过程中防护

1.1 回旋加速器 带有自屏蔽系统的回旋加速器和放置回旋加速器室的墙壁防护能力达标, 可有效解决核素生产时的辐射问题。我院所采用的带有自屏蔽系统回旋加速器, 在核素生产时加速器室内的辐射水平接近本底。其次对回旋加速器的防护措施就是放置回旋加速器室门的设计应达到防护标准, 为了减少散射效应, 回旋加速器室的门应采用防护门, 密封效果要好。生产核素时避免开启加速器室。

1.2 合成室 不论采用哪种正电子放射性药物的合成器, 均是放置在带有铅屏蔽的合成热室中, 一般合成热室的壁相当于 60mm 左右的铅当量。造成合成室内辐射水平高的问题主要来自此热室的门, 热室门应采多档迷路设计, 且尽量不要采用较厚的密封圈来防尘, 因密封圈过厚降低了门封口处的铅当量。设计越合理的热室在合成过程中就会起到越有效的防辐射作用, 可使合成室内的辐射水平在 $1\sim 3\text{Sv/h}$ 以内。对带有工作站(计算机操作系统)的合成器, 其工作站首选应放置在合成室走廊对侧室内(合成室及工作站室之间有一条走廊), 也可放在合成室隔壁, 这可以因厂地条件而设计。合成的终产品要从热室传出以供质量检测及使用, 在这一过程中除了有条件采用全

自动分装系统外, 可通过热室设计, 直接在热室附近外接管线将药物直接传到防护罐(最好为翻转罐, 可直接放到翻转架上取药)的接收瓶内。防护罐最好选择相当于 50~60mm 铅当量左右的防护标准。我院采用的这种方式使药物传出后合成室内的辐射水平低于合成时的辐射水平。由于对于正电子放射性药物的质量检测是极微量的, 可按规定操作, 并不涉及过多的辐射防护。分装药物及注射是对工作人员辐射较高的环节, 同样可采取一些有效措施来直接减少辐射。

2 分装和注射时的防护

2.1 药物分装防护 对于传出的药物要进行放射性活度、浓度(或放射性浓度)的测定来确定给药的剂量抽取。有的厂地采取人工取出收集瓶来测量全部药物的活度及质量差值计算比活度等方式, 但这种方式所造成的辐射剂量较高, 可通过以下操作来减少辐射。这一方法是笔者对这一系列操作的经验总结, 对减低照射量非常有效。以常用的 ^{18}F -FDG 为例来讲, 因其合成过程国内采用的方式较为统一: K_{222} 催化下的亲核取代反应。可通过准确记录对合成过程中所加入的试剂体积来估计最终产物的体积, 再通过计算机操作系统的活度监测器估计大致总活度, 因而可估计出其放射性浓度。给受检者的药物剂量一般在一定范围内, 因此可根据估计值进行药物抽取给药, 抽取后进行准确测量并记录抽取体积, 从而可对估计值来进一步修正。该办法可行原因是药物的体积基本确定, 根据经验对合成器上的活度监测值的判断基本准确, 而且还有第一支药物抽取后对放射性浓度的修正, 所以可得出准确度相对较高的放射性浓度, 有经验的药师完全可以将误差控制在 3% 以内。第二种方法: 总活度值估计误差大的情况下, 也可采取特定体积下特定活度来确定放射性浓度, 比如抽取 0.1ml 的 ^{18}F -FDG 测定其准确活度从而得到其放射性浓度。以上的操作在日常工作中避免了一次大放射源的照射。有效地减低了工作人员的辐射剂量。分药室和注射室如不是同一房间, 可采取防护罐运输(分装室与注射室较远)或防护窗(分药室与注射室紧邻)来防护。

(下转第 440 页)

作者单位: 哈尔滨大学附属第三医院, 黑龙江 哈尔滨 150040

作者简介: 梁秀艳, 女, (1973~), 主管药师, 药学硕士, 主要正电子药物的生产及临床使用研究

贡献者, 大大提升了整个高频设备的辐射量, 使得电、磁场均值(除用于热的设备外)都不同程度的超过相应的标准。现场布局方面: 设备布局不合理, 造成向周围辐射强度过大, 范围过宽。工作场所空间狭小, 高频设备之间的距离过近, 馈线安装过低, 相互感应大。作业现场空间被其它金属物件占用, 而金属物件的存在又影响了整个作业场所的电、磁场强度分布与电、磁场强度, 从而使高频电、磁场在其周围空间形成二次辐射。针对上述问题建议: 加强职业卫生监督执法, 积极开展职业卫生有关法律法规宣传, 提高企业对高频电、磁场强度危害的认识, 促使其采取切实有效的防护措施, 对输出变压器、输出馈线等辐射源体采取单元屏蔽或全机大屏蔽, 同时加强设备的维修和保养, 保证有良好的电气接触, 改进或设置高频接地, 保

证设备的感应电流能迅速导入地下以防止电磁场泄漏; 逐步更新老式陈旧设备; 加强作业现场的管理, 及时清理作业现场, 减少各类金属物件地存放, 防止二次辐射; 加强作业工人职业卫生知识培训, 提高其自我保护意识, 积极开展职业健康监护工作, 严把职业危害防治关。

参考文献:

- [1] 王篠兰, 刚葆琪. 现代劳动卫生学(M). 北京: 人民卫生出版社, 1994. 442.
- [2] 刘文魁, 蔡荣泰. 物理因素职业卫生(M). 北京: 科学出版社, 1995. 33
- [3] GBZ 1-2002 工业企业设计卫生标准[S].

(收稿日期: 2006-01-18)

的 93.7%。人均年受照剂量当量为 15 mSv 的人数占总监测人数的 0.13%。而连续 4 年的人均年剂量当量平均水平在 (1.63 mSv·a⁻¹ ~ 2.58 mSv·a⁻¹), 高于全国同期的平均水平 (1.31 mSv·a⁻¹ ~ 1.94 mSv·a⁻¹)。随着监测年份的推进, 放射工作人员年剂量当量是呈下降趋势, 由此表明我区放射工作场所的防护条件得到了较大的改善, 同时放射工作人员也普遍重视个人防护。从表 2 可以看出, 不同的放射工种, 人均受照年剂量也不同, 其中以医用 X 射线诊断最高, 达到 2.14 mSv·a⁻¹, 工业 X 射线探伤人均受照年剂量仅为 1.21 mSv·a⁻¹。在人均年剂量超过 50 mSv·a⁻¹ 的 4 名放射工作人员, 其中 3 人为医用 X 射线诊断, 1 人为从事密封源工作的, 因此, 医用 X 射线诊断仍是放射防护工作的重点, 也是放射防护的主要群体。

从表 1、表 2 看出四年的剂量监测人数中, 医用 X 射线诊断工作人员数占放射工作人员总人数的比例为 77.3%, 而年剂量当量超过 15 mSv 和 50 mSv 的工作人员中有 84% 都来源于这个工种, 这说明在不同工种中, 属医用 X 射线诊断接受的剂量份额最大,^[1,2] 而介入放射工作人员尤为突出, 经调查剂量较高者有以下几中原因: ① 对外照射剂量监测的重要性认识不足, 而人为的把个人剂量计放在球管下进行曝光照射; ② 把带有个人剂量计的工作服经常挂在机房内进行照射; ③ 有时误入曝光机房; ④ 不重视个人防护, 在曝光时, 经常忘记关闭机房与控制室的门; ⑤ 个人防护用品配置缺乏, 特别是从事介入放射工作人员, 目前国内外还没有比较完备的防护用品; ⑥ 部份放射工作人员操作技术不熟练及操作时间过长; ⑦ 设备老化、人为的提高管电压和管电流增大了受照剂量。国家自 1985 年制定了《放射工作人员个人剂量方法》多年来虽然我们一直坚持放射工作人员个人剂量监测工作, 但是目前我区的放射工作人员个人剂

量监测率最高只有 42%; 和国家要求的监测率达 90% 的目标相差甚远, 主要的因素: 有些部门的领导对个人剂量监测工作不重视; 卫生监督工作滞后; 内蒙古自治区幅源辽阔, 但交通不方便。

如何做好个人剂量监测工作, 同时又能提高监测率, 我们认为, 一要加强放射工作单位的有关领导和放射工作人员的放射卫生法律法规的宣传和放射防护知识的培训, 提高放射工作人员的法制观念和防护意识, 使有关领导和广大放射工作人员充分认识到此项工作的重要性, 同时, 还要强化工作人员的职业素质教育, 提高他们的安全文化素养和自我保护意识, 使他们从思想上自觉地配合搞好个人剂量监测工作。二是要提高法制观念, 强化监督执法力度, 推动个人剂量监测工作的发展, 要教育与处罚相结合, 对于不能正确接受个人剂量监测的单位或者弄虚作假的个人, 要通报批评, 教育, 使受检单位的领导引起足够的重视, 增强放射工作人员接受监测的自觉性, 对教育不改的单位则要进行行政处罚。三要认真做好剂量监测的质量控制, 以保证剂量监测数据的准确性和可靠性。只有把个人剂量监测工作纳入科学化、法制化的管理轨道上, 才能使个人剂量监测工作迈上一个新台阶。

参考文献:

- [1] 庄士丽, 辛旺堂, 张乃虎. 山西省 1995 ~ 1997 年放射工作人员个人剂量监测[J]. 中国辐射卫生, 2001, 3(10): 35 ~ 36.
- [2] 孙建, 王士然, 吴京华. 某大型石化企业放射工作人员剂量监测结果与分析[J]. 中国辐射卫生, 2004, 3(13): 44.

(收稿日期: 2006-02-16)

(上接第 438 页)

2.2 注射防护 放射性药物的注射应选择在防护屏下进行, 而对正电子放射性药物的防护屏应特殊一些, 防护屏的防护标准应不低于 50mm 铅当量。注射放射性药物操作时大多采用三通的方式, 我院由原来的三通改用了静脉套管针的方式进行注射, 其优点如下: ① 来接受此项检查的受检人员大部分是患病人员, 有的年老体弱, 有的经过治疗后血管不明显, 且血管壁很脆, 给一次性注射造成很大困难; ② 体现了时间和距离防护的原则: 注射时对于手部无法采取屏蔽的方式, 只能通过时间和距离来减少辐射剂量。对受检人员留置静脉套管针可在远离放射源的另一间室内进行, 而对于在接近放射源处只进行注射放射性药物和 2ml 左右生理盐水的冲洗工作, 有经验的人员完全可在半分钟左右完成; ③ 避免了因注射问题而导致药物外漏而造成的显像质量很差。拿取注射器时应尽量手持注射器远端, 最好避免手部紧贴药液外壁。

3 其他防护措施

3.1 减少扫描床旁逗留时间 除了采取在扫描床旁加放屏蔽系统外, 对于依从性较好而且无特殊情况的病人, 技师在扫描时不必全程陪在受检者身边。也可通过开始检查(注射药物)前让受检者熟悉环境及要求来达到受检者配合体位的摆放等来节约时间。

3.2 沾污物的处置 沾污物包括使用过的注射器, 止血棉签等, 都应当按正电子放射性废物的相关规定进行处理。

3.3 受检人员周围防护 应对受检人员及其家属做好健康教育工作。对候诊人员注射¹⁸F-FDG 后无特殊情况不允许陪护, 这既符合注射¹⁸F-FDG 后要静静休息的检查原则, 也是对陪护人员的一种防辐射保护, 对于扫描完的受检人员等待是否延迟

通知时的候诊区应与陪护人员的休息区相隔, 以防多个受检人员(已经注射了放射性药物)对陪护人员的辐射损伤。而对于单个的受检人员的离开及对家属的防护可不必特殊限制其日常活动及接触^[3]。

防护要从根本上如放射源的控制入手, 如以预约的受检人数等情况来决定生产药物的量; 尽量以最低的(最恰当)的剂量来达到检查效果, 如根据经验我院由开始厂家推荐的按 $3.7 \times 10^6 \sim 5.55 \times 10^6$ Bq/kg (0.1 ~ 0.15 mCi/kg) 体重剂量给药到现在我们以 0.07 ~ 0.1 mCi/kg 体重剂量药效不受影响。对于防护还要注意 PPE (personal protective equipment, 个人防护用品) 的配戴, 如手套, 铅眼镜, 铅衣等要配戴整齐, 但应注意铅衣的防护效果不足^[3]。手套对于防手部污染造成的外照射更为重要^[4]。还应对于频繁近距离接触源的工作人员配备带有报警装置的剂量监测仪, 以防对源的意外污染不知情而受到照射。还应进行环境监测, 改进, 总结经验等来取得更有效的防护效果。

参考文献:

- [1] Chiesa C, De Sanctis V, Crippa F, et al. Radiation dose in per nuclear medicin procedure, Comparision between ^{99m}Tc, ⁶⁷Ga and ¹³¹I radiotracers and fluorodenxyglucose[J]. Eur J Nud Med, 1997, 24: 1380 ~ 1389.
- [2] 李桂云. 北京临床核医学使用¹⁸F 核素场所的辐射水平调查[J]. 中国辐射卫生, 2004, 13(4): 299.
- [3] 卢宁, 汪静, 乔宏庆, 等. ¹⁸F-FDG PET 显像中受检者周围人员的辐射剂量监测[J]. 中华核医学杂志, 2004, 24(3): 186 ~ 188.
- [4] 王荣鑫, 罗芙蓉, 徐泉凤. 放射性核素注射操作防护实践[J]. 中国辐射卫生, 2004, 13(1): 48.

(收稿日期: 2006-04-21)