

文章编号:1673-0062(2014)04-0014-05

注射^{99m}Tc 患者出院后公众受照有效剂量的估算

赵 萌,肖德涛*,黄海潮,何正忠

(南华大学 核科学技术学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:SPECT 骨扫描需要患者注射含^{99m}Tc 的放射性药物,患者在注射后 3 h 内采取设立单独 SPECT 候诊室的隔离的方式来保护公众的安全,但患者在出院后会对未采取防护措施的周围公众一定的辐射影响,这样有必要对患者出院后公众受照有效剂量进行估算.对公众受照有效剂量的估算使用 451P 型辐射剂量仪测量患者出院时的空气吸收剂量率,再根据 Mountford 法对公众受照有效剂量进行估算,其估算结果要满足国家相应辐射安全标准.经 Mountford 法估算,与注射^{99m}Tc 患者接触的公众受照有效剂量均符合国家限值要求.

关键词:^{99m}Tc;有效剂量;Mountford

中图分类号:R144.1 **文献标识码:**B

To Estimate the Radiation Effective Dose of Public from Patients with Injection of ^{99m}Tc after Discharge

ZHAO Meng, XIAO De-tao*, HUANG Hai-chao, HE Zheng-zhong

(School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: SPECT bone scanning requires patients with injection of ^{99m}Tc radioactive drug. Patients stayed in SPECT drawing room for three hours after injection to protect the public safety. But discharged patients could bring radiation impact to public if there was no protection measures. So it's necessary to estimate the radiation effective dose of public. 451P radiation dosimeter was used to measure external air absorption dose rate for discharged patients. Then Mountford method to estimate the radiation effective dose of public. The estimation result must meet the national radiation safety standards. Through estimating radiation effective dose of public by discharged patients with injection of ^{99m}Tc, the result meet national standard limit value.

收稿日期:2014-05-09

基金项目:环保部公益基金资助项目(JG201113)

作者简介:赵 萌(1988-),女,辽宁沈阳人,南华大学核科学技术学院硕士研究生.主要研究方向:辐射防护.

* 通讯作者.

key words: ^{99m}Tc; effective dose; Mountford

使用放射性药物^{99m}Tc骨扫描的患者要注射放射性药物^{99m}Tc-MDP来达到显像的目的,患者在注射^{99m}Tc后3h内医院会对患者采取隔离措施,以免医院的医护人员和院内其他周围公众受到辐射。SPECT骨扫描后患者无需留院可以立即出院,患者检查结束后其体内仍然存在一定活度的放射性药物,这样患者体内放射性核素发出的放射性射线会穿透患者体表对周围人群产生辐射影响。目前,较少有资料研究^{99m}Tc这一放射性药物对公众的辐射影响,在这种情况下有必要对注射^{99m}Tc骨扫描的患者在出院后对所接触到的周围公众的有效剂量进行估算。

1 注射^{99m}Tc放射性药物受检患者体外辐射剂量水平

医院一般不会对给药后的患者的体外辐射剂量进行测量或估算,这样就不能确定接触患者的周围人群是否处于安全环境中。为此,首先要估算与给药后患者接触人群在不同时间、不同距离所受到的辐射水平。

1.1 估算方法

对注射^{99m}Tc的患者周围辐射水平的估算方法选用线源估算模型,对患者在注射^{99m}Tc后不同时间、距离的辐射水平进行估算,并使用相应的修正因子对估算结果进行修正。

1.2 估算对象

对进行SPECT骨显像注射^{99m}Tc的患者在注射后1h、2h、3h与4h四个时间点与患者不同距离的体外辐射剂量进行估算,在注射后距患者0.3m与1m处不同时间点的估算。

1.3 估算公式

1.3.1 药物活度的计算公式

随时间变化的药物活度计算公式与患者体外辐射剂量水平的估算公式为:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693t}{T_{1/2}}} \quad (1)$$

其中 A_0 为放射性药物原有活度(mCi)

因为^{99m}Tc为短寿命放射性核素,本章估算方法中忽略^{99m}Tc的生物半排期的作用,估算时有效半衰期采用其物理半衰期进行估算。

1.3.2 患者体外外照射剂量率的计算公式

计算患者外照射剂量率的方法采用线源模型计算方法。

$$\dot{H}_p = \frac{2AG}{La} \arctan \frac{L}{2a} \quad (2)$$

其中: L 为线源长度(m); a 为测量点距患者的距离(m); A 为药物某个时刻的活度(mCi)。

1.4 估算结果

由公式2得出的估算结果与患者体外外照射剂量率实际测量值进行比较,得出估算患者体外外照射剂量率线源模型的修正因子,再利用不同距离的修正因子对患者用药后的辐射水平进行估算。

1.4.1 注射^{99m}Tc的患者体外辐射水平估算结果

注射^{99m}Tc的患者体外辐射水平估算结果如图1、图2所示。

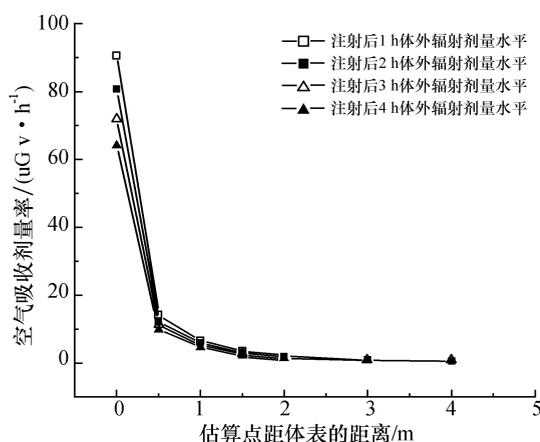


图1 患者注射药物1~4h后不同距离的体外辐射剂量水平曲线图

Fig. 1 Patients' ex vivo radiation dose with different distance 1~4 h after drug injection

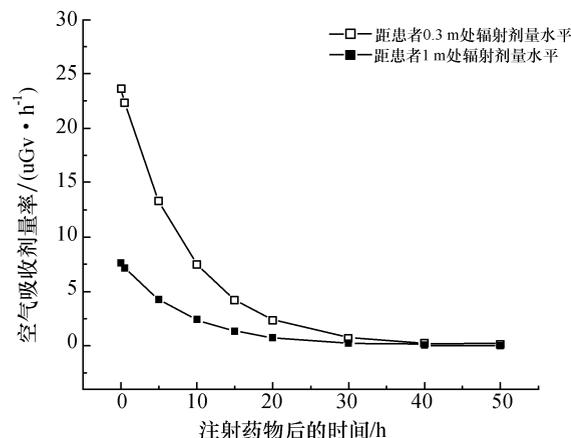


图2 注射药物后距患者体表0.3m和1m处不同时间的体外辐射剂量水平曲线图

Fig. 2 Patients' ex vivo radiation dose at different time with 0.3 m and 1m after drug injection

1.4.2 注射^{99m}Tc 患者体外辐射水估算结果的分析

由图1可以看出患者注射含^{99m}Tc的放射性药物之后1h~4h内空气吸收剂量率都随着距离的增大而减小,在距体表1m之内吸收剂量明显大于1m之外的剂量,根据估算结果可以初步得到一个结论:在患者注射过放射性药物之后要保证离患者1m之外,这不仅对医院的病人候诊室座位、床铺的设立给与建议,还提供给患者的陪护家属一个相对安全的陪护距离。

一般情况下核医学科严格要求注射过放射性药物的患者停留在候诊室里待诊,但是有时会出现患者因病情需要有家属陪护.这种情况下,根据上面的计算结果,在家属必须要陪护患者的情况下,最好与患者保持至少0.5m的距离。

医院可以根据以上计算结果选择SPECT候诊室辐射防护措施,为确保注射过放射性药物的患者进入候诊室休息时不产生相互的辐射影响,候诊室的休息床位应该保持至少0.5m的距离.但实验测量所在医院核医学科每天进行SPECT检查的患者在15~20人左右,每天只有上午7:00至11:00进行药物注射,护士一般把病人分成二至三批注射药物,患者在注射药物3h后才能进行SPECT扫描,这样就会有二个批次注射过药物的患者集中在候诊室内,这样大量的患者集中在一个室内要达到一定距离的床位摆设十分困难,最好的解决办法就是在床位之间增加防护措施,保证患者与患者不相互照射。

测量室内的本底水平为0.5 μSv/h,在距离患者4m的距离处,外照射剂量已经接近本底,这说明距离患者4m处的公众没有受到辐射影响。

由图2可以看出在患者注射药物40h之后,体外0.3m和1m处的辐射水平基本与测量环境的本底值相近,但在这之前患者与周围人群人仍需注意辐射防护,尤其是与患者近距离接触的家属(如患者配偶)在患者注射药物40h之内最好采取患者独自睡觉,家中老人与小孩减少与患者近距离接触的时间。

2 注射^{99m}Tc 的患者出院后公众受照有效剂量估算

2.1 估算方法与估算公式

对注射^{99m}Tc的患者出院后公众受照有效剂量的估算方法采用Mountford法^[2],Mountford法

的基本公式为:剂量当量=空气剂量当量率×接触时间.其具体估算方法为:首先要了解某次接触的距离和在这种距离下的接触时间,并测量在这种距离下的空气剂量当量率,然后用空气剂量当量率乘接触时间的结果就是在这种距离下公众接受的个人受照剂量.根据Mountford法推导出患者周围公众所受的累计剂量当量计算公式如下^[3]:

$$H = \int_0^t H_0 \cdot e^{-\lambda t} dt = \left[\frac{H_0(1 - e^{-\lambda t})}{\lambda} \right]_0^t \quad (3)$$

其中, H_0 为患者出院时剂量当量率(Sv/h);

t 为与患者接触的不同人群受照时间(h);

λ 为放射性核素的衰变常数。

2.2 估算对象

估算对象为患者出院所接触的没有采用任何防护措施的公众.不同接触模式的公众与患者的接触时间、接触距离和频率不同,首先根据与患者接触的不同性质的人群分类,主要分为患者家属、同事和同车乘客.对患者家属的分类仍要细分为患者的配偶、患者家中的成人家属.在计算不同人群受照有效剂量时,为了估算方便我们视公众与患者每次的接触时间、接触距离是保持不变的,且每次接触之间的时间间隔相同。

2.3 假设接触模式

根据以上不同人群的分类,得到不同人群与患者接触的时间、距离和频率。

患者配偶:患者配偶与患者睡觉的距离为0.3m,接触时间为10h。

患者家里的成人家属:与患者的接触距离为1m,接触时间为10h。

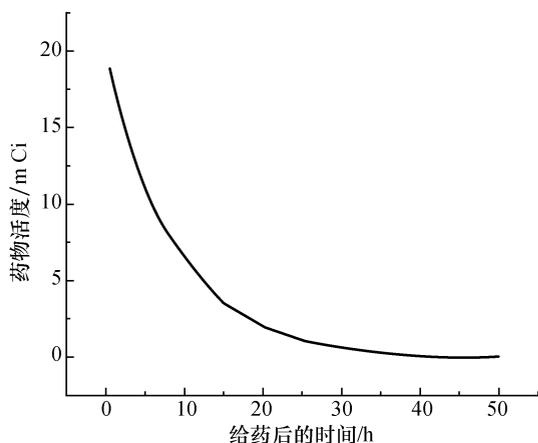
单位工作同事:估算时选用与患者工作是距离最近的同事,其接触距离为0.8m,接触时间为上班时间8h。

与患者同车的乘客:这类人群与患者的接触是一次性的,其与患者接触距离为0.3m,其接触时间要依据实际情况确定,根据本次实验所在医院的实际情况,调研得出患者在出院后乘车最长时间为2h。

2.4 估算结果

2.4.1 ^{99m}Tc 药物活度衰变与公众受照有效剂量的关系

首先利用药物活度衰变公式计算出药物活度衰变曲线图,根据计算得出患者与家属、周围公众可近距离接触的时间。

图3 ^{99m}Tc 药物活度衰变图Fig. 3 Activity decay of ^{99m}Tc

有^{99m}Tc 药物衰变图可以看出,在患者注射药物 40 h 后药物基本衰变完成,即在患者注射药物 40 h 后患者家属可以与患者接触,患者配偶可以与患者同寝,单位同事、同车乘客也可以达到安全工作、乘车的条件。

经式(3)计算可以得出患者出院后距患者 1 m 处随时间变化的公众累计受照有效剂量曲线图。

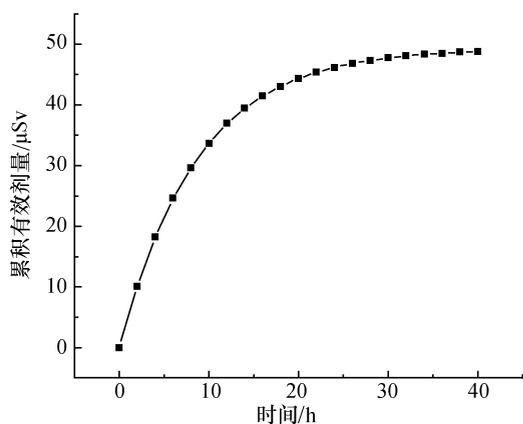


图4 患者出院后公众累计受照有效剂量曲线图

Fig. 4 The accumulation effective dose of ^{99m}Tc

根据图 4 得出在注射^{99m}Tc 药物后 40 h 时患者的所接受的累计有效剂量达到极大值,这与药物衰变完成的时间相符,在放射性药物衰变完成之后公众所受累计有效剂量不再增加。

2.4.2 注射^{99m}Tc 患者出院后对公众受照有效剂量的估算方法与结果

在患者注射药物后使用 451P 型辐射剂量仪对患者体外外照射剂量率测量,确定患者出院时

的照射水平,测量方法及结果如下:

测量仪器:451P 型辐射剂量仪(仪器的修正因子为 1.05),仪器的探测下限为 0.01 μSv/h,检定证书编号为 1076-3-17-2009,年检单位为 Global Calibration Laboratory.

测量方法:患者扫描结束后单独进入测量室,被测患者采取站立姿势,测量点为患者胸部.测量总体样本男性 10 人,女性 10 人,测量距患者不同距离的体外外照射剂量率,每一个点位测量 10 组数据.

测量结果:距患者不同距离的空气吸收剂量率测量结果为:体表 67.93 μSv/h, 15 cm 为 23.83 μSv/h, 30 cm 为 15.82 μSv/h, 50 cm 为 10.52 μSv/h, 1 m 为 5.05 μSv/h. 每个距离的测量结果为该距离测量 20 组数据的均值,注射^{99m}Tc 药物活度为 20 mCi.

根据实际测量结果利用公式(3)计算出患者出院后公众受照有效剂量.计算结果为:患者配偶有效剂量为 0.094 mSv,成人家属为 0.030 mSv,工作同事为 0.037 mSv,同车乘客为 0.028 mSv.

2.4.3 估算结果分析

国内外法律法规对公众人群年有效剂量当量的规定:

中国 2003 年 4 月 1 日颁布实施的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871&2002)^[4]中新的标准附录 B 中规定:公众照射剂量限值实践使公众有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过:(a)年有效剂量为 1 mSv;(b)特殊情况下,如果连续五年中年平均剂量不超过 1 mSv,则某一单一年份的与有效剂量可能提高到 5 mSv.

国际放射防护委员会(ICRP)第 60 号出版物^[5]建议公众个人的年剂量当量限值应小于 1 mSv.

公众受照有效剂量估算结果表明在注射放射性药物的患者出院后与周围不同接触类型的公众接触(公众没有采取任何防护措施),他们的年有效剂量当量均未超过 1 mSv 的国家、国际限值.为确保安全,患者家属在患者注射^{99m}Tc 放射性药物 40 h 之内尽可能的减少与患者近距离接触、患者配偶最好与患者分房睡觉.

3 总结

本文针对注射^{99m}Tc 患者出院后接触公众所受有效剂量的研究, (下转第 50 页)

5 结 论

本文所讨论的任意数量信道同步方法,能够有效解决 E1 设备多信道的同步需求,该方法同步精度高,对于任意数量 E1 通道的同步具有极佳的适应性,能够在 n 个通道工作时, m 个通道 ($m < n$) 发生故障的情况下,不对其他通道产生影响,可有效避免故障链路对非故障链路的影响。目前,该技术已成功应用于某型 E1 传输设备上。

参考文献:

- [1] The ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T). G. 704 Synchronous frame structures used at 1544,6312,2048,8448 and 44736 kbit/s hierarchical levels[S]. Geneva: The International Telecommunication Union (ITU),1998.
- [2] The ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T). G. 706 Frame alignment and cyclic redundancy check (CRC) procedures relating to basic frame structures defined in Recommendation G. 704[S]. Geneva: The International Telecommunication Union

(ITU),1991.

- [3] William Allen Simpson. RFC 1661 The Point-to-Point Protocol (PPP) [S]. California: The Internet Engineering Task Force (IETF),1994.
- [4] 陈劲松,郭见兵,刘永飘. E1 数据时隙插入与同步提取的实现研究[J]. 光通信技术,2012,36(1):1-3.
- [5] 闫辉,胡永辉,侯雷. 基于 E1 接口的时间同步系统关键模块设计与仿真[J]. 时间频率学报,2012,35(4):212-217.
- [6] 符世龙,陈松岩. 基于 FPGA 的以太网与 E1 网中的同步动态随机存储控制器设计[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2013,52(3):360-365.
- [7] 耿立华,李占勇,王硕,等. 一种基于 FPGA 的 E1 数字传输分析仪成解帧实现方法[J]. 微计算机信息,2012,28(9):212-213,223.
- [8] 孙洪武,马涛,葛红舞,等. SDH 光通信系统 E1 通道时间传递特性测试分析[J]. 电力系统通信,2012,33(4):36-41.
- [9] 于天泽,程华,于佳亮. 关于再定时对于 E1 时钟传送性能影响的测试及分析[J]. 电信工程技术与标准化,2013,26(9):64-67.

(上接第 17 页)

首先对患者出院后体外辐射剂量水平进行研究,确定了出院患者的安全距离. 然后根据 Mountford 法对公众所受有效剂量进行估算,经估算除患者配偶需要注意与患者的接触距离之外,患者接触的其他周围公众处于安全的接触范围,但为进一步降低公众所受照射量,建议与患者接触的公众均尽可能的与患者保持一定距离和减少接触时间,对于患者配偶应采取分房间就寝的原则减少受照量。

参考文献:

- [1] 颜新宇,颜玉班. 新型放射性核素骨显像剂的应用和

进展[J]. 医学综述,2011,17(8):1232-1235.

- [2] Mountford P J, O'Doherty M J, Forge N I, et al. Estimation of close contact doses to young infants from surface dose rates on radioactive adults [J]. Nuclear Medicine Communication,1987,8(11):857-863.
- [3] 黄海潮. 注射 18F 核素的患者体内外照射防护研究[D]. 衡阳:南华大学,2008.
- [4] GB18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [5] ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection[R]. ICRP Publication 103,2007.