

## 职业性外照射个人剂量监测中本底扣除方法探讨

田崇彬, 楚彩芳, 杨均芳

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2008)04-0422-02

**【摘要】** 目的 探讨职业性外照射个人剂量监测中天然本底的扣除方法, 减少结果误差。方法 分别对跟随、实验室本底和现场辐射水平进行测量和统计比较。结果 2005~2007年 12个单位跟随本底最大为  $0.617\text{mSv}$  最小为  $0.220\text{mSv}$  4种类型的探测器实验室本底测量结果逐月呈线性增加, 3个月(1个周期)平均累积本底剂量为  $0.309\text{mSv}$ 。对 10个单位现场本底辐射水平进行测量, 90天(1个周期)本底剂量在  $0.151\sim 0.341$  范围内。结论 本底扣除应采用跟随本底结果, 当不能获得跟随本底结果时宜采用实验室本底结果, 且采用现场本底辐射水平作为参考进行修正。

**【关键词】** 职业性外照射; 个人监测; 本底扣除

职业性外照射个人监测, 一般采用热释光剂量方法, 监测时, 应使用能提供本底资料的对照剂量计<sup>[1]</sup>, 佩戴剂量计的测量值扣除对照剂量计的测量值, 才能反映出职业人员真实受照水平。全国放射工作人员年平均剂量在  $1.10\sim 2.50\text{mSv}^{[2]}$ , 人类受天然辐射源照射的年平均有效剂量为  $2.4\text{mSv}^{[3]}$ , 由此可见, 天然本底剂量对测量结果的影响很大。准确掌握本底剂量, 是保证监测数据可靠的前提。为此我们探讨了三种天然本底扣除方法, 并在实际工作中配合运用, 最大限度地减少测量误差。

## 1 材料与方 法

## 1.1 仪器设备

1.1.1 热释光剂量仪 RGD-3B型(北京防化院)。热释光精密退火炉 HW-V型(中国辐射防护研究院)。探测器 LF(MgC<sub>2</sub>P)(圆片、玻璃管)。

1.1.2 镭-226标准放射源  $8.88\times 10^8\text{Bq}$  照射点剂量(在距标准源  $100\text{cm}$ 处)经中国计量科学院钴-60标准源校准。平板注水体模(自制); 普通有机玻璃支架。

1.1.3 晶体管小型闪烁辐射仪 HD-71A型(国营 263厂)

作者单位: 河南省职业病防治研究所, 河南 郑州 450052  
作者简介: 田崇彬(1959~), 女, 四川大邑人, 主任技师, 主要研究方向: 放射卫生防护管理。

对比呈假性增厚<sup>[6]</sup>; 血肿呈薄薄的新月形或弧形, 内缘与脑表面分界欠清, 无典型占位效应; 血肿引起同侧脑室的扩大, CT可见血肿同侧脑室较对侧增大。小脑幕急性硬膜下血肿 CT表现为一侧或双侧小脑幕增宽, 可呈片状或新月状影; 大脑镰急性硬膜下血肿其 CT表现为内缘平直、外缘平直或弧形的宽带状高密度影; 小脑天幕、大脑镰硬膜下血肿需与小脑天幕、大脑镰旁的蛛网膜下腔出血、脑膜钙化鉴别, 蛛网膜下腔出血的边缘不规则, CT复查吸收较快(一般在 7天内), 钙化的密度较高, CT值大于  $100\text{HU}$  CT复查无变化。

3.3 不典型急性硬膜下血肿的误诊、漏诊分析 扫描技师、年轻医师临床经验不足, 采用固定窗宽、窗位观察图像, 小的不典型血肿易被漏诊, 笔者认为在对颅脑外伤患者扫描时, 采用 5层厚, 5层距扫描, 同时调节窗宽窗位, 双侧对比, 一般不会漏诊; 另一方面, 患者临床症状不明显, 扫描检查时不够重视, 也是漏诊的重要原因。小脑幕硬膜下血肿为双侧时易误为小脑幕增宽, 小脑幕正常厚度不大于  $2\text{cm}$  大脑镰密度增高、钙化易误为出血, 密度增高可行 CT复查对比, 钙化的 CT值较高, 大

## 1.2 提供本底剂量的方法

1.2.1 跟随本底剂量计 跟随本底剂量计放置在被监测单位无职业照射的环境中, 同职业人员非工作时间佩戴剂量计存放处一致, 如办公室等。并与佩戴剂量计同时退火、收发, 同时测量。有效剂量<sub>本底</sub>( $\text{mSv}$ ) = (跟随本底读数均值 - 空盘本底计数)  $\times$  相应探测器的刻度因子 ( $\text{mSv}$ 计数)

1.2.2 实验室存放本底剂量计 ①与佩戴剂量计同时退火后, 留在实验室, 一个周期结束后与收回的佩戴剂量计同时测量。②将不同类型探测器退火后放入实验室每个月平行测量 9次。③计算读数均值  $\bar{X}$  实验室本底剂量 = ( $\bar{X}$  - 空盘本底)  $\times$  相应探测器的刻度因子。

1.2.3 现场本底辐射水平 使用 FD-71A测量非工作时间剂量计放置处(一般为工作服存放处)的本底剂量, 采用公式  $X_Y = \frac{1}{2} X_{FD} - 0.5$  进行修正后<sup>[4]</sup> 换算为周期本底剂量。

## 2 结果

2.1 跟随本底剂量 从 2002年起在河南省各直管单位中每周发放跟随本底剂量计, 平均每年发放 60个单位。截至 2007年共发放跟随本底剂量计 1424个, 回收 1362个, 回收率为 95.6%。表 1列出 2005~2007年部分单位由跟随本底剂量计得到的天然辐射对人体产生的有效剂量结果。

脑镰密度增高及钙化不会引起大脑镰增宽, 而血肿均会导致大脑镰增宽。

## 参考文献:

- [1] 李果珍. 临床 CT诊断学 [M]. 北京: 中国科学出版社, 1994: 1, 70
- [2] 王家平, 尚兴明, 普成学, 等. 不典型硬膜下血肿的 CT诊断 [J]. 实用医学影像, 2003 4(1): 43
- [3] Scotti Q. Evaluation of the age of Subdural hematomas by CT [J]. Neurosurgery 1997 47(2): 311-312
- [4] 罗云辉, 彭秀斌. 不典型少量急性硬膜下血肿的 CT诊断 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2004 15(5): 241
- [5] 李钢, 柯以铨, 徐如祥. 大脑间裂血肿 [J]. 国外医学神经病学神经外科学分册, 2004 28(5): 124
- [6] 吴家意. 不典型硬膜下小血肿的 CT诊断 18例 [J]. 福建医学, 2005 27(4): 183

(收稿日期: 2008-04-28)

表 1 近 3 年职业性外照射个人监测跟随本底测量结果 (mSv)

单位 编号	2005 年				2006 年				2007 年				平均
	第 1 周期	第 2 周期	第 3 周期	第 4 周期	第 1 周期	第 2 周期	第 3 周期	第 4 周期	第 1 周期	第 2 周期	第 3 周期	第 4 周期	
1	0.338	0.353	0.340	0.418	0.438	0.263	0.267	0.297	0.300	0.263	0.291	0.293	0.322
2	0.255	0.290	0.284	0.396	0.486	0.376	0.328	0.284	0.304	0.290	0.285	丢失	0.325
3	0.258	0.359	0.285	0.488	0.522	0.358	0.357	0.318	0.362	0.363	0.339	未交	0.364
4	0.256	丢失	0.287	0.468	0.617	0.371	0.338	0.333	0.312	0.291	0.279	0.300	0.350
5	0.256	0.333	0.258	0.400	0.485	0.335	未交	0.325	0.275	0.520	0.301	0.366	0.350
6	0.293	0.387	0.268	0.465	0.539	0.329	0.375	0.353	0.432	0.370	0.351	0.476	0.386
7	0.385	0.365	0.276	0.398	0.487	0.269	0.227	0.270	0.355	0.250	0.237	0.290	0.317
8	0.257	0.342	0.287	0.406	0.530	0.296	0.223	0.321	0.368	0.338	0.268	0.358	0.333
9	0.289	0.348	0.288	0.386	0.435	0.220	0.231	0.319	0.308	0.325	0.229	0.295	0.306
10	0.258	0.360	0.336	0.403	0.557	0.307	0.318	0.269	0.328	0.367	0.350	0.296	0.346
11	0.246	0.331	0.295	0.361	0.426	0.257	0.343	0.300	0.312	0.309	0.297	0.301	0.315
12	0.263	0.360	0.316	0.410	0.513	0.368	0.305	0.265	0.300	0.336	0.303	0.340	0.340
平均	0.280	0.348	0.293	0.417	0.503	0.312	0.301	0.304	0.330	0.335	0.294	0.332	

注：“未交”原因是跟随本底剂量计被新上岗的放射工作人员或进修人员佩戴。

2.2 实验室本底剂量 表 2 列出了由实验室存放本底探测器得到的天然辐射对人体产生的有效剂量结果。由于在实际工作中，放射工作人员佩戴剂量计交回时间往往不一致，超期佩戴时有发生，有些人员因调离等原因提前交回剂量计，因此我们除按周期与佩戴剂量计同时测量外，还对退火后实验室存放剂量计按月测量，每个类型的探测器每年测量 12 组数据，根据这些结果，对未在规定时间内交回剂量计的人员作相同时间本底扣除。

表 2 不同类型探测器实验室本底测量结果 (mSv)

探测器 类型 <sup>1)</sup>	存放时间 (月)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GR-1	0.102	0.198	0.302	0.383	0.489	0.582	0.683	0.795	0.899	0.998	1.08	1.16
GR-2	0.104	0.208	0.296	0.379	0.475	0.574	0.682	0.782	0.880	0.975	1.06	1.14
II-6	0.113	0.212	0.325	0.404	0.501	0.605	0.712	0.809	0.910	1.05	1.10	1.22
II-7	0.110	0.200	0.312	0.418	0.519	0.615	0.717	0.816	0.906	1.09	1.12	1.25
平均	0.107	0.208	0.309	0.396	0.496	0.594	0.701	0.800	0.899	1.03	1.09	1.17

注：1) GR-1, GR-2 为 圆片 L.F.(Mg,Cu,P); II-6 II-7 为 玻璃管 L.F.(Mg,Cu,P)。

2.3 现场本底辐射水平 使用 HD-71A 闪烁辐射仪对各委托单位剂量计存放处测量天然辐射水平，表 3 列出部分放射诊疗单位的测量结果。

表 3 现场本底辐射水平测量结果 (mSv)

单 位 编 号	测量位置								
	放疗科办公室			保健科 (医教科) 办公室			放射科办公室		
	显示 均值 <sup>1)</sup> ( $\mu$ R/h)	修正后 均值 <sup>2)</sup> ( $\mu$ R/h)	90d 本底 所致有效 剂量 <sup>3)</sup> (mSv)	显示 均值 <sup>1)</sup> ( $\mu$ R/h)	修正后 均值 <sup>2)</sup> ( $\mu$ R/h)	90d 本底 所致有效 剂量 <sup>3)</sup> (mSv)	显示 均值 <sup>1)</sup> ( $\mu$ R/h)	修正后 均值 <sup>2)</sup> ( $\mu$ R/h)	90d 本底 所致有效 剂量 <sup>3)</sup> (mSv)
1	28.0	13.5	0.292	22.5	10.8	0.233	25.0	12.0	0.259
2	18.5	8.75	0.189	20.5	9.75	0.211	22.5	10.8	0.233
3	25.0	12.0	0.259	24.0	11.0	0.238	26.0	12.5	0.270
4	24.5	11.8	0.255	29.5	14.2	0.307	25.5	12.2	0.264
5	22.0	10.5	0.227	18.0	8.50	0.184	21.0	10.0	0.216
6	16.5	7.75	0.167	17.5	8.25	0.178	15.0	7.00	0.151
7	20.5	9.75	0.211	15.5	7.25	0.157	18.5	8.75	0.189
8	26.0	12.5	0.270	22.0	10.5	0.227	24.5	11.8	0.255
9	27.5	13.2	0.285	24.5	11.8	0.255	26.5	12.8	0.276
10	32.5	15.8	0.341	30.0	14.5	0.313	29.5	14.2	0.307
平均	24.1	11.6	0.250	22.4	10.7	0.230	23.4	11.2	0.242

注：1) D-71A 表头读数，室内 5 个点均值；2) 1.2.2 公式修正；3) 1mR=0.01mSv 估算出 90d 所致有效剂量。

3 讨论

3.1 跟随本底扣除法较为准确 由表 1 可见：周期本底结果变化较大，其中最大为 0.617mSv 最小为 0.220 mSv 相差 2.8 倍；3<sup>a</sup>内不同单位相同周期平均结果在 0.280~0.503mSv 范围内，相差 1.8 倍；相同单位不同周期平均结果在 0.306~0.386 mSv 范围内。其主要原因在于各周期发放和回收剂量计的时间不完全相同，各委托单位本底辐射水平有一定的差别。由于跟随本底剂量计一直随着佩戴剂量计退火、发放、回收、测量，且存放位置最接近工作现场，由时间和位置带来的误差较小，测量结果比较真实地代表职业人员受照剂量中本底辐射的贡献，因此本底扣除应采用跟随本底的结果。但跟随本底存在以下不足之处：① 成本高。我们每周向每个委托单位发放一枚跟随本底剂量计，尽管每年要发放 300 多枚，但是仍然不能满足要求。比如规模较大的单位，相关科室较多，而各科室本底剂量各不相同 (从表 3 结果能反映出来)，仍然存在位置误差；如果工作人员因出差、调休等原因分批送待测剂量计，又会存在时间误差；若能做到每位职业人员佩戴剂量计存放处都有跟随本底剂量计，与每个佩戴剂量计同时测量，便能降低这些误差，但成本将会更大。② 易丢失。跟随本底剂量计，一般存放在放射防护管理员或放射科主任等办公室，由于不是佩戴剂量计，无需每天使用，往往容易忘记交回，甚至丢失。有的单位新增人员时作为佩戴剂量计，故而不能获得相应的跟随本底剂量结果。

3.2 实验室本底扣除法简便易行 由表 2 结果可见：4 种类型的探测器实验室本底测量结果逐月呈线性增加，3 个月 (1 个周期) 平均累积本底剂量为 0.309mSv 6 个月为 0.594mSv 9 个月为 0.899mSv，12 个月为 1.17mSv。本底随时间变化较大，采用实验室本底能减少由于佩戴的时间变化引起的误差。实验室作为本底存放的探测器比跟随本底剂量计少，且也不易丢失，节省成本。但是由于存放位置与佩戴剂量计相差较大，由位置不同引起天然本底辐射剂量的误差难以克服。

3.3 现场本底辐射水平测量法能用于定性分析 由表 3 可见，对 10 个单位各 3 个办公室现场本底辐射水平进行测量，FD-71A 表头读数在 13.2~27.5  $\mu$ R/h 范围内，90d (1 个周期) 本底剂量在 0.151~0.341 范围内。FD-71A 晶体管闪烁仪使用方便，较为稳定，对佩戴剂量计下班时存放位置进行测量，用于扣除佩戴剂量计测量中本底剂量与上述 2 种扣除方法相比，其位置误差最小，成本低。但人力投入较大，且常常因装修等环境变化使得天然本底结果发生改变，由剂量率估算 90d 周期剂量误差较大，用于定性分析较为实用。

3.4 三种方法的配合运用 笔者探讨的 3 种本底扣除方法各具特点。我们在职业性外照射个人监测本底扣除中首先采用跟随本底剂量计，当因丢失等原因不能获得跟随本底结果时，采用实验室本底剂量计，并以现场测得的结果判定位置误差的程度作出适当的修正，有效地减少了职业性外照射个人监测中由天然本底剂量带来的误差。

参考文献：

[1] GBZ128-2002 职业性外照射个人监测规范 [S].  
 [2] 胡爱英. 我国个人剂量监测工作现状和展望 [J]. 放射医学与防护杂志, 2004, 24(4): 377-379.  
 [3] 姜德智主编. 放射卫生学 [M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2004, 21.  
 [4] 王其亮, 何苗挺, 舒奇, 等. 用 FD-71 闪烁辐射仪测量环境本底辐射的研究 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 1984, 4(4): 43-46.

(收稿日期: 2008-04-14)