

100毫雷姆就需进入1升这种溶液。氚从含有氚水蒸汽的大气进入人体时,经由呼吸道和皮肤两种途径进入的速度大致相等。在呼吸率为每小时 10^3 升、注氚作业持续2小时的条件下,操作人员受到100毫雷姆,就应处于每升空气含氚水蒸汽达0.25毫升的大气之中。但是,在20度时空气的绝对湿度大大低于此值而为0.018毫升/升。因此,在正常工作条件下操作人员一次吸收入体内的氚的受照剂量每周不会超过8毫雷姆,而事实上还要低得多。况且注氚作业不是每天都进行,而一般很少做。显然,即使在事故情况下,受照剂量每周也不会超过100毫雷姆。

示踪水在土壤中即使经过很短时间的过滤也可导致指示剂浓度的降低,因而可以确信,当示踪水进入水体时的氚浓度不会超过

10^{-4} 居里/升,而且这样的水量不会超过1立方米。若要使居民受到每年0.5雷姆,就要饮用这种水不少于50升,即大约相当于一个人一个月的需水量,而在这期间由于天然稀释过程水体中的氚浓度将降低许多倍。

对上述注氚作业各阶段都应进行辐射监测。建议采用液体闪烁计数器测定尿中氚的办法来估算人体内氚含量。从事注氚水的操作人员适宜于在每次操作后的次日取尿样进行分析。注氚水用过的设备可取残存的清洗水样(注入结束后立即取样)进行测定以确定其清洁度。

(Хозяинов М С等; Гигиена и
Санитария (5) 105, 1977
(俄文) 章仲侯摘译 阎效珊校)

关于小于三百万电子伏的百万电子伏数量级的 光子束从照射量到吸收剂量的转换

一、前言

对最大能量小于3百万电子伏的百万电子伏数量级的光子束在一个较大的介质 m 的深度 dp 处(dp 是深部剂量曲线的最大值或峰值位置)从照射量 X_{dp} 转换为吸收剂量 $D_m(dp)$,常常使用下述公式:

$$D_m(dp) = A_{eq} B f_m X(dp)$$

这里的函数符号表明:在空气中的照射量和在介质中的吸收剂量都是指距源同一距离处。式中 A_{eq} 是穿过电子建立层(或称为电子平衡层)的那部分光子的透射份数; f_m 是对介质 m 从伦琴转换为拉德的因数; B 为,反散射因数。

在这个公式中的主要困难集中围绕着对

A_{eq} 的估算。对兆电子伏的光子束在 dp 处产生吸收剂量的次级电子发生在表面和 dp 之间的某些地方。而通常采用约等于康普顿电子最大射程一半的厚度处的 A_{eq} 值。对 ^{60}Co 钴束, A_{eq} 推荐为0.985。从圆柱形空腔电离室得到的对壁吸收的修正来看,这个值是合理的。尽管如此,它还不能从一个精确的计算公式得到。而且对于减少厚度应用了减弱因数,说明照射量应该在距放射源同样减少的距离上进行测量。

虽然上述对 A_{eq} 估算的困难,实际上仅仅产生一个很小的误差,但希望研究出一个精确的转换公式,以消除在概念上的模糊,并对以前所推荐的系数值进行一下验证。

二、进一步的分析:

图1给出入射在一个体模上的兆电子伏

的辐射束的比释动能 K 和吸收剂量 D 之间的关系, 其中比释动能和吸收剂量都用拉德表示。在电子建立区域内, 这个曲线的一般形状以前已经讨论过了。在表面, 比释动能最

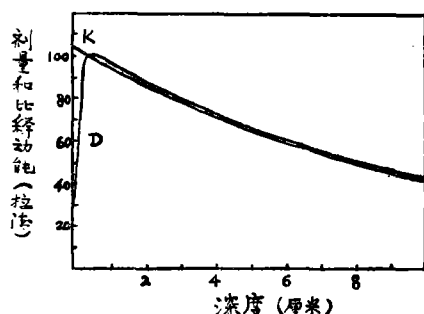


图1 ^{60}Co 束初级辐射的吸收剂量和比释动能随深度的变化。(剂量曲线资料取自BJR增刊11, 源皮距80厘米和场尺寸为 0×0 范围)

大, 随着深度的增加逐渐减少。而在表面, 吸收剂量较小, 随着深度的增加在 d_p 处增加到一个具有宽范围的最大值, 而在更大的深度又逐渐减少。在表面和吸收剂量最大值的深度之间的某一深度 d_e 处, 比释动能将等于吸收剂量, 即:

$$K_m(d_e) = D_m(d_e)$$

当两者延伸到无穷大时, 因为在比释动能曲线下的面积必须等于在吸收剂量曲线下的面积, 所以在某一深度必定存在上述等式。下述讨论可以帮助我们理解这一点。假定在介质中取一体积, 具有很小的横截面, 其中心位于束中心轴上, 并且被延伸到很大的深度。在这个体积中被光子释放的大部分电子将在这个体积中耗尽它们的动能。对这些电子, 吸收剂量和比释动能的积分将是相等的。但是有一些电子将侧向地移出这个体积。而对有实际大小的场和平行束(靠近中心轴处)来讲, 在体积外产生的等量电子群将侧向地移进这个体积。简而言之, 在这些条件下将存在电子侧向运动的平衡状态。因此比释动能和吸收剂量的总体积分将是相

等的。因为中心轴线体积的横截面积已被限定, 所以比释动能对整个深度的一维积分将等于吸收剂量对整个深度的一维积分。

从这点出发可导出下述表示式:

$$\begin{aligned} D_m(d_e) &= K_m(d_e) \\ &= \exp\{-\mu_m d_e\} \\ &\quad \times B(d_e) \frac{(\mu_{tr}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_m} \\ &\quad \times f_m X_a(d_e) \end{aligned}$$

式中 $B(d_e)$ 为 d_e 处的反散射因数; $(\mu_{tr}/\rho)_m$ 是能量为 $h\nu$ 的光子的能量转换系数;

$X_a(d_e)$ 是在空气中的照射量, μ_m 是能量为 $h\nu$ 的光子对介质的线性减弱系数。照射是函数的自变量表明: 对照射量和吸收剂量来说距源总的距离要相同。

上面直接给出的表示式是精确的, 能够应用于非单色束的各种 $h\nu$ 的成分。但有限的要求是深度 d_e 必须能够被计算出来。

三、 ^{60}Co 辐射深度的计算:

图1只是给出源到表面距离为80厘米的 ^{60}Co 束初级束的深度—吸收剂量曲线。对深度大于0.5厘米的剂量取自发表了表(BJR 1972)。在电子建立区域内的吸收剂量取自Richardson, Kerman和Brucer (1954) 对一个2厘米直径的场所得的结果。

做为一个近似的计算, 可以用具有有效系数为 0.089厘米^{-1} 的一个指数式, 给出图1上当 $d \geq 0.5$ 厘米时的吸收剂量值。用这个数学式得到的值与图表的值比较, 从0.5到20.0厘米的深度, 相对误差最多仅差2%。在这个吸收剂量曲线以下以拉德·厘米表示的面积 A_D 为:

$$\begin{aligned} A_D &= \int_0^{0.5} D(x) dx \\ &\quad + \frac{100}{\exp\{-0.089(0.5)\}} \int_{0.5}^{\infty} \exp \\ &\quad \times [-0.089x] dx \end{aligned}$$

注意:这个指数式在 $d=0.5$ 厘米处已被归一化为100拉德。上式中第一项积分近似等于一个梯形的面积(宽0.3厘米,平均高度65拉德)加上一个矩形的面积(宽0.2厘米高度100拉德)。而第二项积分值为1124拉德·厘米,那么在吸收剂量曲线下的总面积大约是1163拉德·厘米。

比释动能曲线也在图1表示,假定比释动能像吸收剂量一样具有相同的指数式,则:

$$A_k = \frac{100}{\exp(-0.089d_e)} \int_0^{\infty} \exp \times [-0.089x] dx$$

$$= 1124 \exp [0.089 d_e]$$

这里以拉德为单位的比释动能在深度 d_e 处被归一化为100拉德。只有当吸收剂量曲线在0.5厘米深度附近是平滑的,这种归一化才是可取的。这样吸收剂量和比释动能在 d_e 处都等于100拉德。事实上,所测量的剂量曲线,从0.3厘米到超过0.5厘米的深度是很平滑的。

由于当深度延伸到无穷大时,在比释动能曲线下的面积必然等于在吸收剂量曲线下的面积,所以

$$A_k = A_D = 1163 = 1124 \exp \times [0.089 d_e] d_e = \frac{1163}{0.089}$$

$$= 0.38 \text{ 厘米}$$

当然,上述的计算方法是近似的,所以对 ^{60}Co 初级辐射所得值也只能是近似的。

为了进一步得到更准确数值,扩大制作了 10×10 厘米场的吸收剂量曲线(BJR1972)和几个比释动能曲线。Velkey, Manson, Purdy和Oliver(1975)的资料被用于 10×10 厘米场的曲线的电子建立区。在所作图中,初级束的衰减系数对所有曲线都是相同的。而初级束的流量密度随距离的几何上减

少(反平方)对所有曲线也是相同的。在每个深度上对比释动能和吸收剂量的散射贡献份额是相同的。

对不同深度的值归一化为100拉德到几个比释动能曲线。当 $d_e = 0.4 \pm 0.05$ 厘米时,细致地计算了直到50厘米深的面积,证明了比释动能曲线下的面积等于吸收剂量曲线下的面积。因此,从 10×10 厘米的曲线得到的 d_e 值于仅用 ^{60}Co 束的初级成分计算所得的值没有明显差别。

四、 ^{60}Co 吸收剂量的计算:

因为肌肉组织十分类似于水, $d_e = 0.4 \pm 0.05$ 厘米可应用于肌肉组织。可以证明:从 $d = 0.5$ 厘米到 $d = 0.4$ 厘米,反散射因数的变化小于0.1%,因此可以忽略不计。而

$$D_m(0.4) = \exp[-\mu_m(0.4)] \times \frac{(\mu_{tr}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_m} B f_m X(0.4)$$

$$\text{和 } D_m(0.5) = \exp[-\mu_m(0.4)] \times \frac{(\mu_{tr}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_m} \frac{100.0}{p(0.4)} B f_m X(0.4)$$

在上一表示中,用 $p(0.4)$ 表示百分深度剂量。在若干资料中指出:对一般的场, $p(0.4)$ 的值是100.0因此无需用这个因数修正结果。

为了评价上述的表示式,对肌肉组织的各种系数在 ^{60}Co 平均能量1.25兆电子伏条件下得到:

$$D_m(0.5) = 0.975 (1.007) \times 1.000 B f_m X(0.4) = 0.982 \times B f_m X(0.4)$$

五、结论

如果知道了比释动能等于吸收剂量的那个深度,从空气中的照射量到肌肉组织中的吸收剂量的数值转换,可从一个精确的表示式得到。对 ^{60}Co 束,用这种方法得到的最大吸收剂量值与使用以前所推荐的系数得到的最大吸收剂量值相差小于1%。在建立层

中, 由于初级束的衰减所产生的那个系数, 在目前的处理方法中, 发现是两个量值的乘积。第一个量值是衰减因数, 而第二个量值是韧致射修正因数 (被定义为质量能量转移系数与质量能量吸收系数之比)。这个乘积发现是 0.982 ± 0.003 , 完全符合被推荐的 0.985 的因数。为了技术上的校准, 当 ^{60}Co 钴机器在空气中一定的源皮距 (SSD) 的工作

条件下被校准时, 这个照射量应在大于源到表面距离仅仅 4 毫米的距离给出, 而不是通常推荐的 5 毫米。这在学术上讲是正确的, 然而实际上, 在照射量的测量中这个差别可以忽略不计。

(Anderson DW; Phys Med Biol

21 (4); 524~529, 1976 (英文)

贾德林译 尉可道 高凤鸣校)

失血和输血后照射小鼠造血干细胞从屏蔽骨髓的迁移

许多工作都证明了, 给动物过多地输入红细胞, 可导致红细胞生成的抑制, 而失血则能刺激红细胞生成。众所周知, 用致死剂量照射动物时, 由于注入红细胞生成素或由于出血刺激了红细胞的生成, 都能增加屏蔽骨髓的防护作用, 表现出动物的活存率增加。同样也证明了, 失血可使受致死量照射小鼠的脾脏形成内源性造血灶数目增加。而过多地输注同种红细胞, 可引起脾脏内源性造血灶数目降低。现在很清楚地可以证明, 失血及过多输注红细胞, 对红细胞生成的机理和对多能造血干细胞的增殖和分化过程, 远远不是一样的。干细胞迁移改变的效应, 很可能也不是最终的现象。

本文介绍了出血及输注同样红细胞对多能造血干细胞从骨髓迁移过程的影响。

材料及方法

实验用CBA系小白鼠。用Перов(1972)的方法研究造血干细胞由骨髓向脾脏迁移。为此, 将小鼠后肢屏蔽, 然后照射以致死剂量(850伦)。照射源是PYH150/300-10-1 X线机, 剂量率50伦/分, 管电压180千伏, 电流10毫安, 滤板 3 毫米铝。在照前1.4及7天, 从小鼠眼眶静脉窦放血 $0.5 \sim 0.75$ 毫

升, 或从静脉注入同种红细胞 10^{10} 。照射后8天将动物活杀, 取出脾脏, 固定在冰醋酸及乙醇混合液(1:3)后, 计数脾脏造血灶数。按照Стбюдент的标准评价所得结果的准确性。

结果及讨论

未经处理的小鼠, 屏蔽后肢到小腿的 $\frac{1}{2}$ 再用致死剂量照射, 从屏蔽的骨髓向脾脏迁移 6.5 ± 1.5 个造血灶形成单位(KOE)。失血以后经过1天, 可以见到KOE从骨髓向脾脏迁移迅速增加(KOE数 >30)。在失血以后第4天和第7天, KOE迁移强度低于第一天, 但仍然比未处理动物为高(迁移的KOE数分别为 17.0 ± 2.6 及 10.1 ± 2.4)。可以看出, 注入 10^{10} 个同种红细胞, 在输注以后所有检查期间, KOE的迁移都表现强烈的抑制, 在第1、4、7天, KOE迁移数分别为 0.5 ± 0.22 、 0.3 ± 0.23 及 0.25 ± 0.16 。

所得材料明显指出, 失血可以刺激多能造血干细胞从骨髓向脾脏迁移, 而输注同种红细胞则产生抑制作用(在不均匀照射条件下)。有根据认为, 所发现的失血及输注红细胞对干细胞迁移过程的影响是通过红细胞生成素的。它是红细胞生成的体液调节因