

## 放射性同位素碘的卫生学评价

Василенко ИЯ

放射性同位素碘的主要来源是核爆炸和核能企业。碘的放射性同位素中,最有卫生学意义的是 $^{131}\text{I}$ ~ $^{135}\text{I}$ 和 $^{129}\text{I}$ 核素。碘是甲状腺素的组成成份,属于重要的生物元素。

放射性碘是 $\gamma$ 、 $\beta$ 外照射源和核素进入机体时的内照射源,核素由于口服或吸入进入人体是主要危险。碘的亲器官性表现在高水平地浓集于甲状腺,迅速并牢固地与促甲状腺激素结合,相当缓慢地从甲状腺和整个人体中排出,当核素进入人体时,甲状腺中形成比其它器官高得多的吸收剂量,特别是儿童。

植物性和动物性来源的食品是核素进入人体的主要来源,其主要环节有:植物——人、植物——动物——乳——人、植物——动物——肉——人、植物——鸟——卵——人、水——水生生物——人,这些环节中可能包括其他中间环节。

食品的污染可具有表面和结构的特点,污染的水平取决于放射性状态、核素沉降的强度和它们的生物学有效利用率、土壤和气候条件及其它因素。核能企业排出的碘,核爆炸低分散度粉尘的对流层沉降都具有高生物学有效利用率的特点。

牛奶是放射性碘进入人体的主要来源之一,当 $^{131}\text{I}$ 随饲料一次进入牛体内时,每升牛奶中可转移入(0.4~1.3)%的放射性;当 $^{131}\text{I}$ 随饲料多次进入牛体内时,每昼夜核素进入量的(0.4~1)%转移入牛奶中。得到高生物学有效利用率的“早期”核裂变产物(ПЯД)的牛,12天中有12.8%进入的碘核素转移到牛奶中,当牛奶中含有0.82%的碘时,放射性的主要部分在最初几天就可排

出。得到低生物有效利用率的 ПЯД 的牛,从牛奶中排出的放射性低50倍,最初几天牛奶中放射性核素的量仅为进入量的0.001%。 $^{131}\text{I}$ 从牛奶中排出的总量介于(2~28)%左右。牛奶加工时,可使食物中放射性碘含量明显降低,(1~3)%的放射性转移到油中,乳脂、凝乳、乳油中碘含量分别比原牛奶含量低6、4、8倍。

肉和肉制品可能是各种核素(包括碘)进入人体的来源。在高生物学有效利用率的 ПЯД 进入动物体内时,核素在肉中的含量比低生物学有效利用率放射性产物进入时高25~50倍。得到“早期” ПЯД 的动物(牛、猪、羊),肌肉组织中的放射性主要由I、Te、Mo等形成。经过9、12昼夜, $^{131}\text{I}$ 在牛奶中含量分别为进入量的0.0004%和0.00004%。转移入卵中的 $^{131}\text{I}$ 为0.1%。水生生物具有大量蓄积碘的能力,特别是在它的生长期。 $^{131}\text{I}$ 在鱼肉组织、藻类、软体动物中的蓄积系数相应为10、200~500和10~70。

当人口服 $^{131}\text{I}$ 的量分别为185、55、18 MBq/kg时,可预料出现重、中、轻度急性放射损伤,吸入时毒性约增高二倍。当甲状腺照射量达数戈瑞时,开始时可引起腺体机能活动增高,个别病例可伴有以后缓慢发生甲状腺机能降低,少数情况下,最初几年就可发生甲状腺功能降低。当腺体照射量为数十戈瑞时,可迅速引起腺体机能降低,在剂量接近30Gy时,可观察到稳定性甲状腺功能降低,剂量为100Gy时可有腺体破坏。

儿童摄入放射性碘时,其危害是较大的,形成的剂量较成人高2~10倍。摄入碘

核素也具有较大的危害性,碘从妊娠母体经胎盘转移至胎儿,随妊娠时间的增长,转移水平增高,至妊娠末期可增长百倍。在妊娠早期进入胎儿的碘分散到全身,随甲状腺机能的形成则选择性蓄积在甲状腺中,约为全身碘含量的(50~60)%,使胎儿甲状腺形成的剂量约10倍于妊娠妇女甲状腺的剂量。

甲状腺受照射的特殊危害是致癌效应,肿瘤的发生与受照剂量呈线性关系。照射剂量为0.5Gy时,肿瘤发生率的增高即有明显的统计学意义。马绍尔群岛蒙难者中诱发肿瘤的危险度为每百万受照者中每1cGy1.6~9.3例,妇女和婴儿肿瘤发生率高2~2.5倍,25年肿瘤总发生率为 $(50\sim150)\cdot10^{-6}/1\text{cGy}$ ,潜伏期达40年,儿童潜伏期缩短(10~15年)。甲状腺肿瘤具有相对良性性质,生长缓慢,很少转移,死亡危险度估计为 $(5\sim15)\cdot10^{-6}/1\text{cGy}$ 。

碘的短寿命同位素 $^{132\sim135}\text{I}$ 为“早期”ПЯД放射性的主要部分,1、10和100小时龄的ПЯД中它们所占份额为碘放射性的95%、

68%和38%。动物实验表明, $^{132\sim135}\text{I}$ 所致腺体的渐进性坏死和致癌效应为 $^{131}\text{I}$ 的10~20倍,这可能与剂量率和能量在腺体结构中分布上差异有关。碘的短寿命同位素仅在放射性产生后的最初几天有实际意义。

人对放射性碘的防护应着眼于清除或限制皮肤表面和衣服的污染,以防止核素进入体内,加速核素从体内的排除和减少其在甲状腺中的蓄积。防护措施的效率取决于时间因素。及时给予碘制剂(KI)可获得高度的防护效果。当放射性碘在甲状腺达最大蓄积时应用碘制剂,是很少有效的,因为延迟用药时,对短寿命的 $^{132\sim135}\text{I}$ 比 $^{131}\text{I}$ 的效能低。因此,应用碘制剂的策略,决定于甲状腺内蓄积的核素状态。过量而长期应用稳定性碘制剂可导致不良的后果。因此,所有措施应当在专家监督下进行,对儿童、孕妇、哺乳妇女应特别注意。

(Гиг и Сан 1987, 5:64~7 (俄文)刘学成节译 李章校)

文

摘

001 核电站排出物中 $^{14}\text{C}$ 进入外环境和人体的标准  
[俄]/Рублевский ВП//Гиг и Сан.—1987, 8.—35~7

天然 $^{14}\text{C}$ 在人体脂肪组织中建立了最大的吸收剂量( $40\mu\text{Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ ),当前把它作为 $^{14}\text{C}$ 的险要组织,红骨髓中的吸收剂量虽为 $26\mu\text{Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ ,比脂肪组织低0.5倍,但红骨髓的放射敏感性却比脂肪组织高2倍,因此, $^{14}\text{C}$ 的险要器官应当是红骨髓, $^{14}\text{C}$ 的年摄入量限值(ПГП)应进行修订。

核电站周围居民(Б组) $^{14}\text{C}$ 主要随食物进入人体,在局部源所处地区的空气、食物、人体中, $^{14}\text{C}$ 存在着浓度平衡。这样,

$$\text{ПГП} = \text{П}_{\text{天然}} \cdot \text{ПД} / \text{Д}_{\text{天然}}$$

式中,ПГП为按某器官剂量计算的 $^{14}\text{C}$ 年摄入量

限值( $\text{Bq}\cdot\text{a}^{-1}$ ), $\text{П}_{\text{天然}}$ 为天然 $^{14}\text{C}$ 年进入机体的量(约为 $2.5 \times 10^4 \text{Bq}\cdot\text{a}^{-1}$ ),ПД为上述器官的年剂量限值( $\mu\text{Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ ), $\text{Д}_{\text{天然}}$ 为天然 $^{14}\text{C}$ 在上述同一器官中建立的年剂量( $\mu\text{Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ )。按红骨髓ПД值计算 $^{14}\text{C}$ 的ПГП为最小值( $4.81 \text{MBq}\cdot\text{a}^{-1}$ ),而辐射安全标准НРБ-76中列出的 $^{14}\text{C}$ 的ПГП值为 $24.42 \text{MBq}\cdot\text{a}^{-1}$ ,高于前者4倍。

在考虑到 $^{14}\text{C}$ 从所在地区食品的进入量和这个源以气体形式向大气的最大容许排放量(ПДВ)的情况下,Б组人员险要器官和 $^{14}\text{C}$ ПГП值的确定可决定这个核素的导出空气浓度( $\overline{\text{ДРБ}}$ )。

$$\text{ДК}_{\text{Б}} = \text{К}_{\text{天然}} \cdot \text{ПД}_{\text{К}\cdot\text{М}} / 2 \text{Д}_{\text{К}\cdot\text{М}}$$

$\text{К}_{\text{天然}}$ 为大气中天然 $^{14}\text{C}$ 浓度( $3.7 \times 10^{-5} \text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ ), $\text{ПД}_{\text{К}\cdot\text{М}}$ 为红骨髓照射剂量限值( $5 \text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ), $\text{Д}_{\text{К}\cdot\text{М}}$ 为天然 $^{14}\text{C}$ 所致红骨髓剂量( $2.6 \cdot 10^{-5} \text{Gy}\cdot\text{a}^{-1}$ ),2为摄入碳的本地区来源占1/2的计算系数(另1/2为外地集中烘烤的面包所供给),代入上式,可导出空气浓度为 $3.7 \times 10^{-3} \text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ ,此值低