

131I治疗甲状腺癌患者的滞留量与剂量估算

龚怀宇 赵 强 蒋德松  
(成都市卫生防疫站,成都 610021)

接受 131I治疗的甲状腺癌患者,由于施用放射性制剂的剂量较大,因而回家后其体内滞留的 131I会对居住环境造成一定的放射性污染[1],给家庭成员或密切接触者造成不必要的照射。因此,科学地估算患者出院时体内 131I的滞留量与可能给出的吸收剂量,并以此提出相应的防护措施,有利于保护公众的健康和环境的安全。

1 患者体内 131I的滞留量

患者口服 131I后,滞留于体内 131I的数量可用下式来估算[2]:

q(t) = q0γ(t)

式中 q(t)为 t时刻患者体内 131I的滞留量 (Bq), q0为进入体内 131I的初始量 (Bq);γ(t)为有效滞留分数,它可以表示为一个表征放射性衰变因子 e-λt和一个表征生物代谢函数 R(t)的乘积,即:

γ(t) = e-λt R(t)

式中 R(t)为某元素的滞留分数。对 131I而言,它进入患者体内后一部分进入对碘具有亲和力的甲状腺中,其余部分分布在体液内并且很快排出体外。因此,患者体内的 131I的滞留情况可由下列滞留分数方程来表征:

R(t) = K1e-λb1t + K2e-λb2t

上式中第一项表示 131I在病灶以外组织中的滞留分数,第二项表示 131I在病灶中的滞留分数,由于第一项中的生物半衰期 Tb1很短,通常约为 0.3~0.5天,因而该项数值较小[3],上述滞留分数方程可视为:

R(t) = K2e-λb2t = K2e-0.693t/Tb2

上式中 K2为癌病灶对 131I的吸收分数。通常 K2取 5~25%; Tb2为 131I在病灶内的生物半排期,由测得的有效半衰期算出,文中取 Tb2= 80天。t为 131I进入患者体内后的时间(天)。故 t时刻患者体内 131I的滞留量为:

q(t) = q0γ(t) = q0e-0.693t/T1/2 K2e-0.693t/Tb2

A B C三例患者对 131I的吸收分数 K2分别为 0.25 0.20和 0.20,其住院时间分别为 15 20 20天。根据上式估算出三例患者出院时体内 131I的滞

留量分别为 0.2227 0.1994 0.2216GBq

2 患者可能给出的吸收剂量

在估算可能给出的吸收剂量时,应考虑到三个方面:一是患者体内 131I的γ射线可能给出的外照射剂量;二是患者呼出的含 131I气体污染空气而形成的内照射剂量;三是患者唾液、汗水、尿及粪便中排出的 131I对家庭环境的β表面污染而形成的剂量。

2.1 患者可能给出的外照射吸收剂量

甲状腺癌病灶多数均有较集中地分布于组织的某一部分而形成“结节”的特点。故可把滞留于病灶中的 131I近似视为点状辐射源。根据患者出院时的滞留量,可估算出从回家到 131I完全衰变时,距患者一米处可能给出的γ外照射吸收剂量。估算结果列于表 1

表 1 患者给出的外照射剂量

患者	滞留量 (GBq)	1m处外照射吸收剂量 (mGy)
A	0.2227	2.94
B	0.1994	2.63
C	0.2216	2.90

2.2 患者可能给出的内照射吸收剂量

患者回家后可能给出的内照射吸收剂量,主要系呼出含 131I气体污染室内空气所致。人体吸入含 131I气体后,以甲状腺所受内照射剂量为最大,故可将其代表内照射剂量。本文采用国内测定的患者呼出气体中 131I排出率 (1.6×10-6/小时,滞留量)[3]来估算患者家庭空气中 131I含量。据调查 A B C各家住房面积分别为 50 30及 40m2,层高均为 2.8m,若不考虑居留因子和室内换气率,据文献[4]中给出的吸入单位 131I所致剂量因子,可估算出患者回家后到 131I完全衰变时可能给出的吸收剂量,见表 2

表 2 患者给出的内照射剂量

患者	室内 131I浓度 (Bq·m-3)	内照射吸收剂量 (mGy)
A	2.55	0.21
B	3.80	0.34
C	3.14	0.27

2.3 表面污染形成的剂量

表面污染形成的剂量,包括β射线产生的外照

射和由于吸入、吸入产生的内照射剂量。污染表面上的放射性物质(特别是松散表面),可以通过再悬浮或接触而转移到其它表面而形成新的污染。对人体而言危害较大的是皮肤受污染后产生的外照射。由于 $\beta$ 射线穿透能力较弱,外照射时只能对人体浅层组织产生危害,通常取表层基底层 $7\text{mg}/\text{cm}^2$ 厚度为代表。监测结果发现,患者家庭成员中皮肤表面污染主要在手部,其平均活度分别为 $0.04$ 、 $0.02$ 和 $0.02\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。从偏严重角度考虑,设他们家庭中某成员手部严重污染,污染面积为 $300\text{cm}^2$ 且近似为圆形,则由下式可算出表面污染形成的外照射剂量<sup>[2]</sup>。

$$\dot{D}(r) = 2.88 \times 10^{-7} E^{\circ} V^{\circ} \alpha \times \sigma (\text{Gy/h}) \quad (1)$$

(1)式中 $E$ 为 $^{131}\text{I}$ 平均能量( $\text{MeV}$ ), $\alpha$ 为受污染面积半径( $\text{cm}$ ), $\sigma$ 为表面污染活度( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ), $V$ 为组织的质量衰减系数,对于软组织。

$$V = \frac{1.82}{(E_0 - 0.036)^{1.37}} \left( \alpha \frac{\bar{E}}{E} \right) (\text{cm}^2/\text{q}) \quad (2)$$

$$X = C \left[ \ln \frac{C}{v_r} - e^{-\frac{X}{v_r}} \right] e^{-\frac{X}{v_r}} \quad (3)$$

(2)式中 $E_0$ 为 $\beta$ 射线最大能量( $\text{MeV}$ ), $E/E^{\circ} = 1$ , (3)式中 $C = 1.5$ ,  $\gamma = 0.007\text{g}/\text{cm}^2$ 。

根据上述各式计算出患者回家到 $^{131}\text{I}$ 完全衰变时,表面污染形成的外照射剂量分别为 $A$ :  $0.56\text{mGy}$ ;  $B$ :  $0.28\text{mGy}$ ;  $C$ :  $0.28\text{mGy}$ 。表面污染通过吸入和吸入形成的内照射吸收剂量分别为 $5.7 \sim 7.0\text{Gy}$ 和 $0.6 \sim 1.2\text{Gy}$ ,仅为表面污染形成的外照射剂量的万分之几,故不考虑这方面的剂量贡献。上述 $\gamma$ 外照射、内照射及表面污染形成的剂量,即患者可能给出的吸收剂量列于表3。

表3 患者可能给出的吸收剂量( $\text{mGy}$ )

患者	外照射剂量	内照射剂量	表面污染剂量
A	2.94	0.21	0.56
B	2.63	0.34	0.28
C	2.90	0.27	0.28

由表3可知,患者回家后可能给出的吸收剂量中,以 $\gamma$ 射线形成的外照射所占比例最大,内照射和表面污染形成的剂量,仅分别占相应 $\gamma$ 外照射剂量的 $7.2 \sim 12.9\%$ 和 $9.7 \sim 19.0\%$ 。若考虑到室内换气率及居留因子的修正,则内照射剂量所占比例还要下降。而在估算 $\beta$ 表面污染形成的外照射剂量时,污染活度虽系实测,但污染面积却从偏严重角度考虑,实际污染面积可能要小得多。因此,在目前的治疗条件下,考虑患者回家后可能给出的吸收剂量时,可以认为主要考虑 $\gamma$ 射线给出的外照射吸收剂量即可。

### 3 讨论

3.1 接受 $^{131}\text{I}$ 治疗的三例甲状腺癌患者,回家后其所滞留的放射性使家庭成员或其它密切接触者可能

受到一定程度照射。到 $^{131}\text{I}$ 完全衰变时,患者可能给出的 $\gamma$ 外照射吸收剂量为 $2.63 \sim 2.94\text{mGy}$ ;内照射吸收剂量为 $0.21 \sim 0.34\text{mGy}$ ; $\beta$ 表面污染形成的外照射吸收剂量为 $0.28 \sim 0.56\text{mGy}$ 。上述剂量均小于ICRP52号出版物提出的 $5\text{mGy}$ 的建议值。实际生活中患者家庭里的任何成员均不可能完全处于估算时假设的条件下生活,所以他们实际接受的剂量要远远低于估算值。因此,用 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺转移癌时,在我市现有施行的治疗条件下(给药量与住院隔离时间),患者可能给出的剂量对成年人是可以接受的。对于儿童,摄入单位活度的 $^{131}\text{I}$ 后,在甲状腺中形成的待积有效剂量当量要比成年人高十倍,因此,不能忽视患者家庭中儿童的防护工作。

3.2 在我市接受 $^{131}\text{I}$ 治疗的甲状腺癌患者,仅少数家住本市,绝大多数分布于全省各地,尚有少数外省病员。他们一般返程均乘公共交通工具,时间长者达10小时以上,患者周围乘客有可能因此受到不必要的照射。如距患者 $0.3\text{米}$ 处与其同车1小时,则所受 $\gamma$ 外照射吸收剂量为 $43.3 \sim 52.2\text{uGy}$ ,若同乘10小进,则所受吸收剂量为公众年剂量限值的 $40 \sim 50\%$ ,这个问题值得关注。若患者家距医院不太远,返家时以乘坐专用交通工具为宜。

3.3 用 $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺癌,其目的在于使靶器官中产生非随机效应,但同时也可能对其他组织和器官给出超阈值的吸收剂量。由于患者从治疗中得到的健康上的改善,从医学角度判断应当比辐射诱发可能的随机或非随机效应的危险更为重要。故在选择治疗剂量时,根治、缓解或控制其症状应是首要考虑的问题,如果由于物质和人员方面的资源限制而不能完全满足有关防护要求时,不应因此而拒绝患者受惠于必要的治疗。治疗中 $^{131}\text{I}$ 的用量,我市目前采用标准固定剂量法,即根据患者不同情况,分别一次性给予 $^{131}\text{I}$   $3.7 \sim 7.4\text{GBq}$ 进行治疗,其疗效令人满意,且具有操作简便、经济省时和严重并发症少的特点。据本次估算结果,从防护角度考虑,在我国目前尚无有关治疗标准或规范的情况下,这种治疗办法的可行性应予以肯定。

### 参考文献

- 1 蒋德松,等.  $^{131}\text{I}$ 治疗甲状腺癌患者的居室放射性污染监测. 中国辐射卫生, 1996, 5(1): 39.
- 2 李士骏编著. 电离辐射剂量学. 北京: 原子能出版社, 1981, 204~ 223.
- 3 潘自强编著. 放射性碘的污染和防护. 北京: 原子能出版社, 1979, 17~ 18, 112~ 114.
- 4 姚素华,等.  $^{131}\text{I}$ 治疗患者污染的监测. 中华放射医学与防护杂志, 1983, 3(3): 41.

(1997年 1月 20日收稿)