

电离辐射的生物效应

王继先

中图分类号: R818 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2006)04-0512-01

1 电离辐射的生物效应的定义、概况与分类

1.1 定义 电离辐射作用于生物机体后, 将其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官所引起的形态和功能的变化和产生的后果, 称为电离辐射生物效应。

1.2 概况 1895 年伦琴发现了 X 射线, 第二年就有 96 例 X 射线机研制和操作人员手部皮肤烧伤的文献报道。随后有人报道了 X 射线引起慢性皮肤溃疡并继而诱发皮肤癌症。1911 年出现了电离辐射引起的白血病的报道。报道描述这些人员, 徒手操作 X 射线机, 没有相应的防护措施。天然放射性核素—镭的发现者居里夫人由于长期从事镭和其他放射性物质的研究工作, 受到了过量电离辐射照射, 双眼几乎失明, 晚年死于恶性贫血。本世纪初, 放射性核素镭被用于夜光表发光涂料, 描绘表盘的女工习惯用唇舌舔细笔尖, 故将镭摄入体内, 十余年后她们中不少人患上贫血和骨肉瘤。在铀矿和一些有色金属矿井下作业的矿工由于吸入较高浓度的氡和氡子体, 其肺癌的发病率明显增高。前苏联 Mayak 联合企业(核武器用铀分离厂)早期由于技术上的缺陷和放射性废物污染河流等问题, 致使大量工人和居民受到长期的内、外照射, 约有上千人被诊断为慢性放射病。我国早期医用诊断 X 射线工作者也因当时的防护条件差, 受照剂量较高而有慢性放射病和恶性肿瘤发生。1945 年美国在日本广岛和长崎投放了两枚原子弹, 除因复合伤、急性放射病死亡者外, 所有原子弹爆炸幸存者受到严密的医学观察。原爆后 2 年在这些幸存者中出现白血病, 原爆后第 3 年白

血病发病率开始增高。原爆后第 6 年, 即 1951 年, 广岛和长崎原子弹爆炸幸存者白血病发病率达高峰期, 比预期值高 11 倍。此后, 胃癌、肝癌、肺癌等各种实体瘤的发病率在日本原子弹爆炸幸存者中也明显增高。近来 Shimizu (1992), Preston (2003), 还发现原子弹爆炸幸存者非肿瘤疾病, 特别是心脑血管疾病死亡率和发病率明显增高, 并与照射剂量线性相关。可见从发现和利用放射性起人们就开始对辐射效应的观察和研究, 并逐步认识到电离辐射的生物效应是多方面的, 对健康的危害是严重的。1955 年联合国大会还专门成立了联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR), 每年召集世界前沿专家对辐射照射的生物效应研究成果进行综述和评估, 这些研究涉及到分子、亚细胞、细胞、组织器官、整体和群体水平, 并定期向联合国大会提交详细报告。大大地推进了人们对电离辐射生物效应和健康危害的认识。可以说人们对电离辐射生物效应的了解比对其它有害健康的化学和物理因素的生物效应的了解更为深刻。为国际放射防护委员会(ICRP)推荐辐射防护建议书和国际原子能机构(IAEA)制订辐射防护基本标准提供了理论依据, 为指导辐射防护实践和保障人员健康, 促进核能利用和发展, 造福人类方面发挥了重要作用。

1.3 分类 根据辐射生物效应性质和程度国际放射防护委员会(ICRP)将效应分为: 变化(Change): 指在照射后出现的形态和功能的变化它们可能是有害的也可能是无害的; 损伤(Damage)表示有一定程度的有害变化, 如对细胞, 但对整体不一定有害; 伤害(Harm)表示有临床可查的有害效应, 表现于受照本人的称躯体效应, 如白内障、癌症, 表现于受照者后裔的称遗传效应, 如先天愚; 危害(Detriment)这是个复合概念, 包括发生概率、严重程度和出现时间, 是受照者及其后代 (续见附页)

作者单位: 中国医学科学院中国协和医科大学放射医学研究所, 天津 300192
作者简介: 王继先, 男, 山东省人, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 辐射效应。

源容易防护, 半衰期长, 都比 γ 源突出。 β 源粒子辐射范围一般只有 5~8 mm, 因此用活性低于 3 700Bq 的 HDR 给予血管壁 2~3 mm 距/离 8~20 Gy 时只需几分钟, 在冠状动脉成形术(PT-CA)时放疗只用较短的时间非常重要。且在 3~4 mm 以外剂量迅速下降, 保护了周围的正常组织。但至今使用 β 源最适宜的剂量还不清楚, 直到现在临床研究的都是抑制再狭窄时动脉壁所需的最低剂量。 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{32}P 最大的 β 线能量是 1.7~2.3 MeV, 可以充分治疗到中膜, 如果还需要在靶体积中包括外膜, 这些放射源就不是适宜的选择。现在已经研究的一个液体 β 源最大能量是 3.5~4 MeV。现在 β 源都不能用于治疗周围血管或动静脉吻合瘘, 这些血管管腔是 4~12 mm。如果管腔直径 6 mm, 用 ^{192}Ir 源时进入管壁 1 mm 深处和管表面要求剂量分别为 18Gy 和 24Gy; 而用 ^{90}Sr 的 β 源, 则分别是 30 Gy 和 65 Gy。 β 源的剂量测定和剂量计算公式还没有形成规范和标准。美国国家标准和技术研究所(NIST)正在制定液体放射性核素的吸收剂量标准, 以便用于充液球囊。

γ 源则有较好的进展, 源强、剂量率等均较规范。但 γ 源可能给予靶体积以外正常组织较高的剂量, 而且对工作人员的安全形成威胁。用后装 ^{192}Ir 源活度 $[1.85 \times 10^{10} \sim 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} (0.5 \sim 1.0 \text{ Ci})]$, 治疗时间需 10~20 min.。这些治疗方式可能更适合治疗外周血管及动静脉吻合口狭窄。

总之, 在临床实验中至今无法得出 γ 源与 β 源谁更好的结论, 对不同的治疗情况可能需不同的放射源。

2 研究的前景

据美国近距离治疗协会(ABS)的意见, 放射治疗专家与心血管介入治疗专家都有这样的看法, 即理想的施用系统尚未发明, 而且理想的放射性核素也不是目前使用的。ABS 推荐进一步研究较高能量的 β 放射线铑—106(rhodium), 它的 β 射线能量为 3.5MeV; 或者用较低能量的 γ 源, 具有高特殊活性的铈—169(ytterbium)。同时还要研制新的移动后装机, 使用新的放射性核素源, 这些源应当体积小, 不需特殊防护, 而且不需经常换源。后装机小型化, 易移动而且可以手动。另外一个可能是研制小型天然 X 射线发生器, 使之能在血管造影导管中运行。这项研究成果肯定会减少某些防护需要及环境中人员受到辐射的危险。导管内放疗的施用系统还有待发展, 特别是用于大血管内近距离治疗, 需精心设计保持中心位置。

需进一步实验计算剂量的精确性以及组织中的剂量分布。注意纠正不同大小血管中的内在不均匀因素, 如偏位、钙化斑块、施用系统的可变性等。用 IVUS 可以使 3-D 剂量重建, 这是血管内近距离治疗成功的基础。

参考文献:

- [1] 曾逊闻, 刘明运, 周觉初, 等. 现代良性疾病放射治疗学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2003. 1, 271—318.
- [2] 胡新珉. 医学物理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004. 328—350.
- [3] 杨子彬. 生物医学工程学[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2003. 1, 125—203.

(收稿日期: 2006-02-07)