

低水平辐射的放射生物学效应和致癌风险

与某些认识相反，辐射与致癌风险并无特有关系

R. Mukherjee
和 J. Mircheva

接触低水平电离辐射的健康风险，特别是与癌有关的风险，总是受到人们的极大关注。最近发表的有关住宅和建筑物中氡水平、1986年切尔诺贝利核电厂事故所造成的大量放射性落下灰，以及核设施周围地区可疑癌病例群的许多报道，但使某些人更加忧心忡忡。

这样一些见诸通俗传播媒介的报道，能使人产生不必要的恐惧和莫名其妙地误认为辐射是我们环境中唯一的或主要的致癌因素。事实绝非如此。

遗憾的是，这类误解不易纠正。虽然关于低水平辐射及各种健康效应的科学资料浩如烟海，但大多发表在一般公众不易接触到的专业文献中。

此类科学背景知识包括许多基本概念，和可以帮助人们更清楚地认识辐射和致癌风险问题的研究成果。本文扼要评述某些要点。

环境和其它因素

上世纪末本世纪初发现了电离辐射和

Mukherjee 先生是 IAEA 生命科学处应用辐射生物学和放射治疗科科长；Mircheva 女士是该科职员。本文表达的是作者本人的观点，不一定反映 IAEA 的观点。

放射性。那时，从事辐射工作的先驱者们并不知道辐射会影响健康。许多人深受辐射诱发肿瘤，主要是表皮癌之害。

早期的这些不幸事件，说明当时的辐射生物学和辐射遗传学处于“无知时代”，后来才是“逐渐启蒙时代”。随着时间的推移，建立起了辐射剂量—效应相互关系的基本原理。这些原理有助于表征和定量预测动物及人类潜在的癌发病率。自那以后，人们一直通过流行病学研究这个渠道逐渐获得数据。40年代后期，又有了—个可用来直接研究人体高剂量电离辐射照射问题的重要对象，即日本的那些原子弹轰炸幸存者。

早期的一些辐射诱发人类肿瘤事例，这些年来发生的其他事例，似乎影响了一部人的思想，使他们觉得电离辐射与人类致癌风险之间存在着—种“特有关系”。这种误解恰恰是当辐射在医学上的有益应用获得进展、国际放射防护委员会（ICRP）和联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）等国际团体在放射防护领域内拟定了一批定量准则和标准之时产生的。

对天然本底辐射的准确评估，这些年来也已成为可能。不管是技术先进国家的人还是发展中国家中的人，都不可避免地要受到低水平的辐射照射。此类天然辐射源包括氡气、宇宙射线、岩石和土壤，以及食盐中的钾—40等。在人类受到的辐射照

射量中, 来自这些天然辐射源的照射量占据的份额最大, 个人的平均年剂量约为 2.4 毫希沃特 (mSv)。

其他的辐射照射来源包括各种医疗诊断和核燃料循环。后者在正常运行情况下, 给人类带来的辐射照射量是很小的, 造成的个人平均年剂量还不到天然辐射源剂量 2.4 mSv 的 1%。

除辐射外, 人类还接触诸多的其他环境物质。它们包括化学污染物和有害的遗传毒剂, 其中有些是已知的致癌物质, 并被怀疑是环境质量下降的主要原因。此类物质种类繁多, 包括多环芳香族碳氢化合物或苯并芘之类的化石能源污染物; 有毒重金属; 同香烟烟雾中致癌物相同的焦油和其他有机产物; 以及与“温室效应”和全球变暖现象有联系的二氧化硫和氧化亚氮之类的有害气体; 其他的工业污染物, 诸如石棉、塑料工业中的氯乙烯以及二恶烷, 也是人们所关心的。

这些化学品, 无论单独地还是与环境辐射交织在一起, 都可以协同地增加人类的致癌风险。始终如一的观察结果是城市居民的癌发病率高于农村对照居民。这似乎证实了癌是一种生态病的看法。

流行病学研究和风险模型

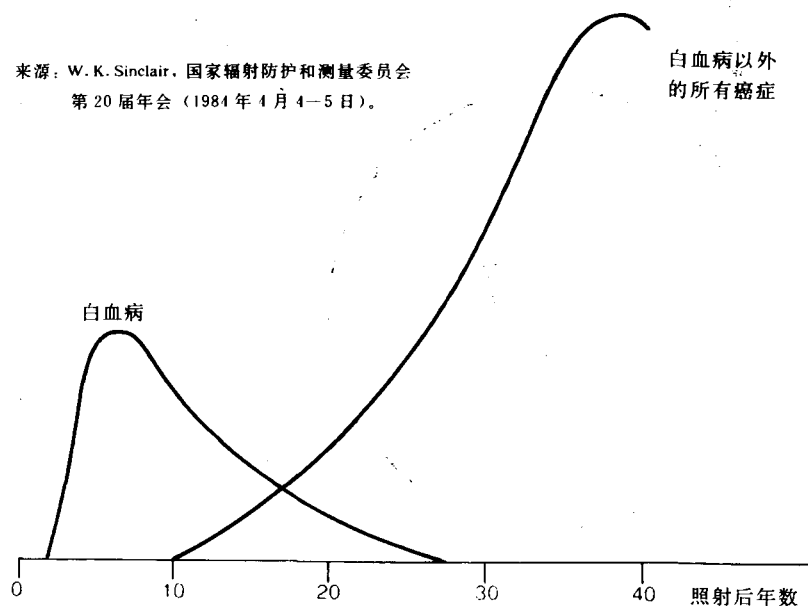
高水平辐射诱发癌症的资料相当丰富, 主要是因为对日本广岛和长崎 1945 年原子弹轰炸后的幸存者进行过全面的调查。另外, 还一直在对受过放射治疗的关节强硬性脊椎炎、宫颈癌和其他疾病患者, 以及受职业性照射的人群进行流行病学研究。这些研究结果均汇集在辐射效应研究基金会 (RERF) 的日美联合专业报告中。这些报告是以对原子弹轰炸幸存者及其后代的终生研究为基础的。UNSCEAR、美国国家研究理事会电离辐射生物效应 (BEIR) 委员会及其他与辐射防护有关机构的研究报告, 也报道了一批研究结果。

总的来讲, 迄今对原子弹轰炸幸存者

的研究业已证明, 使这部分居民的死亡率增加的癌有多种形式。从受辐射照射后的时间角度看, 恶性肿瘤的出现遵循特定的型式 (见下图)。白血病在经过 2—3 年的较短潜伏期之后首先出现, 在 6—8 年前后达到峰值, 然后逐渐下降, 并在照射后约 25 年趋向完全消失。然而, 白血病以外的癌症呈现出不同的变化规律。尽管不同类型的癌症细看起来有某些差异, 但一般地说, 都是在照射后经过大约 10 年的潜伏期才开始出现的。这些癌在居民中的出现频率在一定时间范围内不断增加, 但增加的情形与所受的辐射剂量及一些与年龄有关的参数有关。

癌与时间的关系

来源: W. K. Sinclair, 国家辐射防护和测量委员会
第 20 届年会 (1984 年 4 月 4—5 日)。



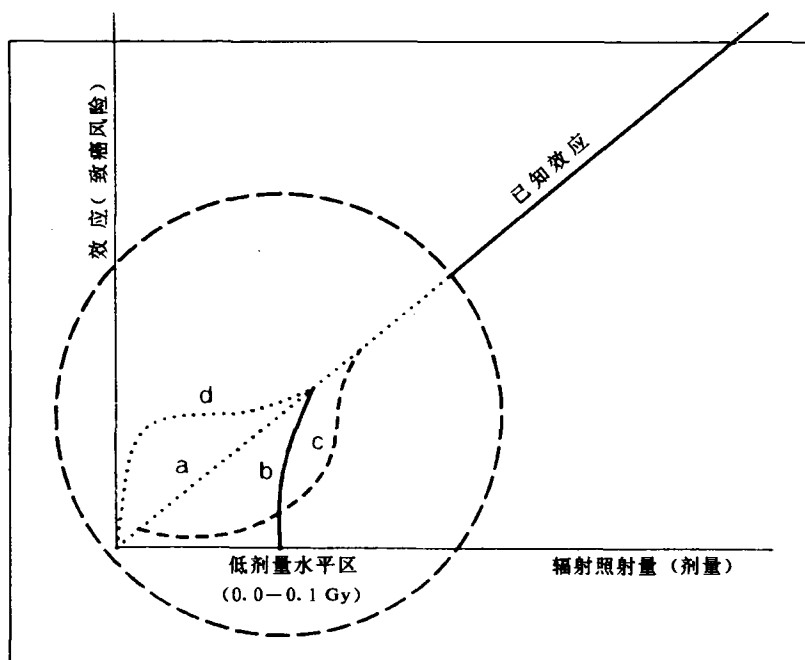
据 ICRP 和 UNSCEAR 的估算, 对普通居民中受到高剂量和高剂量率照射的普通成员来说, 每单位吸收剂量带来的癌风险介于 (4.5—7.1)%/Sv 之间, 具体数值取决于所用的预测模型。

然而, 对低水平辐射 (一般将低于 0.2 戈瑞 (Gy) 算作低水平辐射) 来说, 现有的数据并不能明确地证明低水平辐射照射有致癌风险。尽管如此, 放射生物学中使用着一条偏保守的假设, 这个假设以剂量—响应之间存在着线性关系为基础。意思是说

任何辐射照射, 不管其剂量多小, 原则上都可能产生一些健康效应, 其程度与吸收的总辐射剂量成正比。这条假设是辐射防护领域内的一些国家标准和国际标准的出发点。

大多数辐射生物学家认为, 在较低的剂量和低剂量率范围内, 潜在的健康风险相对而言比较小, 符合线性模型。但一些研究人员认为存在着一个阈值, 低于它时健康风险实际上为零; 另有一些人则坚信, 健康风险不成比例地低于或高于线性模型预测的值。(见下图。)

已提出的几种有关辐射效应在低水平区如何随剂量的值而变的模型



放射生物学方面的考虑

在缺乏结论性数据的情况下, 只能靠这种理论基础评价低水平电离辐射照射所引起的健康效应。这里讨论的低剂量率, 仅为已被明确证明具有健康效应 (包括致癌风险) 的最低剂量率的许多分之一。

一些常见的癌, 如女性乳腺癌、肺癌、肠胃系统癌和白血病, 可以由多种因素诱发。由化学品诱发的癌与由电离辐射诱发的癌, 在临床上是难以恰当地区分开的。这一事实已在细胞生物学和遗传学研究中,

特别是在细胞功能和脱氧核糖核酸 (DNA) 研究中显露出来。DNA 是遗传的化学和分子学基础。(见下页附图。) 由辐射引起的和 (或) 由化学品引起的 DNA 分子损伤 (损害), 两者是相似的。在这两种情况下, 受影响的细胞都有能力全部或部分地修复其损伤, 但也可可能死掉, 这取决于受照射水平和损伤程度。带着损伤活下来的细胞, 能够起“增殖性刺激物”的作用和引发癌变。这个过程有可能被诸如食物中某些物质, 或称作致癌基因的病毒基因等外部因素和 (或) 遗传因素进一步加速。在给定细胞株中发生的这种多阶段癌变过程的统计概率, 是所有这些因素和事件的函数。对于辐射的低剂量和低剂量率来说, 引发癌变的风险被认为是很小的, 因为细胞固有的修复本领是相当有效的。分子放射生物学方面正在进行的研究, 预期能使人们从更加定量的角度进一步了解剂量—响应关系, 从而增强致癌风险评价的分析基础。

展望

在普通居民中, 相对而言癌发病率较高。要在这种背景下辨别出低水平辐射的额外效应, 事实证明是困难的和有争议的。辐射的健康效应往往被各种常见病所掩盖, 而这些常见病可能是也可能不是辐射照射所引起的。由于不可能把不受辐射照射的对照群体隔离开, 因而使任何分析工作变得更加复杂。

剂量水平低于 0.05—0.1 Gy 的情况, 是辐射防护领域常常碰到的。试图估计这种水平的低水平辐射照射诱发的任何附加癌病例数, 必然要受到许多不确定因素和假设的支配。但有一点是大家都同意的, 即一大群人受低水平辐射照射的可能影响, 也许是在遭受照射后几年甚至几十年, 往天然发生的几千例癌症上添加很少几例癌症。

人类一直在并将继续不可避免地受到天然电离辐射的小剂量照射。在印度、中

国、巴西和其他国家的一些地区，人们生活在天然辐射水平确实比正常平均值高 2—3 倍的区域。迄今为止，并没有明确地观察到这些居民中的癌发病率偏高。

1986 年的切尔诺贝利事故之后，某些报道提到，在受到影响的约 1000 万居民中，今后 70 年间预计额外增加 10 000—20 000 例癌症。即使真的发生这种情况，能否用统计方法从这个大群体的自发癌症中分辨出这些癌症，也仍是问题。从绝对值来看，情况也许是这样的：对某一种癌来说，能归因于与切尔诺贝利事故有关辐射的附加病例不会多于一二例。谁也没有把握可以证明这样的预测值是高了还是低了。

最近有人还声称，在塞拉菲尔德后处理厂一些男性工作人员的后代中，儿童白血病病例明显偏多。有人则把白血病风险的这种增大，归结为所研究的这些白血病患者父亲生殖细胞中存在某种“隐蔽”的遗传变异。然而，根据极小的抽样范围作出的这种推论，明显地同日本的研究的推论相悖，并且似乎违反生殖生物学和遗传传递的一切看来可取的生物学机理。在广岛，10 903 名其父亲受过原子弹爆炸落下灰照射（平均剂量为 466 mSv）的青少年（20 岁以下）中，只发现 13 例癌症，其中 5 例为白血病。在对 41 066 名青少年平行进行的病例对照研究中，发现 49 例癌症，其中 7 例为白血病。这些研究证明，父亲受过辐射照射对儿童白血病发病率没有可觉察的影响。

对于低水平辐射照射的风险不加理睬是不对的，近一个世纪来人们也一直在竭力注视着这种风险。在此期间，人们愈来愈认识到，其他的许多非辐射有害因素所产生的健康风险常常要大得多。还有很多有害因素仍然不清楚。

低水平辐射的效应仍然不确定这一事实，对这方面的争论和宣传战一直起着加油的作用。不过，这一事实也表明，即使有效应也是很小的，并且极难得出十分肯定的结论。

在这种情况下，偏保守地建立起来的一整套辐射防护标准，看来是有坚实科学基础的。今后在分子放射生物学方面的进展，或许能提供更多的定量数据的，有助于深入认识致癌机理和剂量—响应关系。

癌症诱发机制示意图

