

核设施附近居民中的癌症

以美国国家癌症研究所的一项调查为基础编写的报告

Seymour Jablon、
Zdenek Hrubec
和 John D.
Boice, Jr.

尽管美国迄今没有发生从切尔诺贝利¹那样的核设施中大量释放放射性的事故,但是人们仍然不断提出一些问题,即三里岛²和汉福德³那样的放射性释放事件,甚至核设施的正常运行,会不会引起不利的健康效应。

据报道,英国塞拉菲尔德燃料后处理厂周围地区、^{4,5} 苏格兰敦雷后处理厂附近,^{6,7} 以及住在英国奥尔德马斯顿或伯菲尔德军用武器厂几公里范围内⁸的儿童中,白血病的发病率比较高。Forman 等人⁹和 Cook-Mozaffari 等人^{10,11}在他们所写的详尽的调查报告中都说到,在 14 座核设施(其中有 8 座核电厂)的附近地区,发现青年人中白血病和何杰金病(淋巴肉芽肿)的死亡率偏高。然而,Crump 等人¹²在洛基弗拉茨武器厂邻近地区并没有发现癌症发病率的异常变化;Dousset、¹³ Viel 和 Richardson,¹⁴ 以及 Hill 和 Laplanche¹⁵ 等人在法国进行的调研中发现,住在 6 座核设施(包括两座后处理厂)附近的居民中白血病或其他癌症的死亡率并不偏高。

对核电厂附近居民进行的调查,其结果是五花八门的。在联合王国,Ewings 等人¹⁶发现,在欣克利角核电厂附近地区的年青人中,白血病和淋巴瘤病的发病率有所增加。Clapp 等人¹⁷报道,在美国马萨诸塞州

流浪者核电厂附近 5 个城镇的男性居民中,白血病发病率偏高;但 Enstrom¹⁸发现,在加利福尼亚州圣奥诺弗莱核电厂附近地区的居民中,白血病死亡率并不偏高,Clarke 等人¹⁹也报道,住在几座核设施(包括一些钚精制工厂)附近的 5 岁以下的加拿大儿童中,患白血病者没有增加。

英国的一些研究人员报道,核设施附近地区居民中癌症发病率之所以增加,不可能是由核设施的放射性排放物引起的,因为这些排放物所能造成的剂量远低于从天然本底辐射接受的剂量。^{11,20} 此外,在离开核设施的距离、开始运行以来的时间,甚至是被调查的年龄组和疾病种类等方面,所见到的一些报告之间几乎都不一致。

为了在美国系统地研究这些问题,逐县评价了癌症死亡数据和癌症患者记录数据(后者限于可查到高质量数据的县)。²¹

• 方法

癌症种类。研究人员主要研究了下列 15 种癌症:白血病和白血球缺乏症,除白血病外的全部恶性肿瘤,何杰金病,其他淋巴瘤,多发性骨髓瘤,胃癌,结肠和直肠癌,原发性肝癌,各类消化器官癌,气管、支气管和肺癌,女性乳腺癌,甲状腺癌,骨和关节癌,膀胱癌,以及脑和中枢神经系统其他部位的癌。此外,还研究了若干种良性瘤和非指定的肿瘤。白血病是人体在高剂量率条件下受到大剂量照射后最早出现的一种放射性癌症,但在低剂量率条件下受到小剂量照射时会有多大风险,却是一个科学上尚无定论的问题。²²

癌症死亡率和发病率数据。县是能在全国各地找到人口估计数字和历年死于各

Jablon、Hrubec 和 Boice 三位博士任职于美国卫生与公众服务部设在马里兰州贝塞斯达的国家癌症研究所辐射流行病学部。本文以他们在《美国医学会杂志》(*Journal of the American Medical Association (JAMA)*), 20 March 1991, Vol. 265, No. 11, Copyright 1991, American Medical Association, 535 Dearborn St., Chicago, Illinois 60610 USA)上发表的文章为基础。

种特定病因的统计数字的最小区域。研究人员查到了各县历年(1950年至1984年)按病因、性别、种族和年龄组(每五岁为一组)分列的死亡统计数。但是,关于发病人数的记录数据,只有从拥有4座核设施的康涅狄格州和衣阿华州查到的是高质量的。因此,分析工作的主要依据就是死亡率数据。至于各县按性别、种族和年龄组分列的历年人口估计数,1950年至1969年是利用普查数字内插得到的,²³而以后各年则是由人口普查局根据每十年一次的人口普查和其他数据源编制的。

调查县。放射性白血病的最短潜伏期至少为2年²²,因此这些数据中不会包含1982年或其后的照射可以引起的白血病患者死亡数据。因此,被研究的设施仅限于1982年以前投入运行的62座,其中包括商用核电厂52座,替美国能源部(DOE)经营的设施9座,以及前商用乏燃料后处理厂1座。这62座设施分别位于64个县(爱达荷国家工程实验室和橡树岭国家实验室在两个县中都有单独的工厂)。虽然1982年以前美国运行中的商用动力堆有80多座,但有些核电厂有两座以上的反应堆,因此被研究的场址数比反应堆数少。有些设施位于或靠近两县交界处,当以设施为圆心、半径为16 km的一个区域中至少有20%的面积位于邻县时,后者也被列入研究范围。但是,有几个县从符合这个选择标准的邻县中删掉了,因为这些县在离该设施较远处有大城市,后者的癌症死亡统计数字能起支配作用。因此,被调查的县共107个。其中位于相邻县的尖角滩和基沃尼(均在威斯康星州内)核电厂靠得很近,被当作一个设施处理。因此这里提供的是61个调查地区的数据。

对照县。为每个调查县挑选了3个对照县。但并不总能为每个调查县选到不同的对照组,因而选出了292个不同的对照县。为调查县选配对照县时考虑的因素有:白人、黑人、美洲印第安人、拉丁美洲人、城里人、乡下人、制造业雇员和中学毕业生各在25岁以上人口中所占百分数;平均家庭

调查涉及的核设施

设 施	县	州	投入运行年份*
能源部设施			
费尔纳尔德	汉密尔顿	俄亥俄	1951
汉福德	本顿	华盛顿	1943
爱达荷国家工程实验室	宾厄姆,比尤特	爱达荷	1949
蒙德	蒙哥马利	俄亥俄	1947
核燃料公司	卡特罗格斯	纽约	1966
橡树岭	安德森,罗阿诺	田纳西	1943
帕杜卡气体扩散	巴拉德	肯塔基	1950
朴茨茅斯气体扩散	派克	俄亥俄	1952
洛基弗拉茨	杰斐逊	科罗拉多	1953
萨凡纳河	巴恩韦尔	南卡罗来纳	1950
电力公司			
阿肯色	波普	阿肯色	1974
大岩角	沙勒沃伊	密歇根	1962
布朗兹费里	利默斯通	亚拉巴马	1973
布伦斯威克	布伦斯威克	南卡罗来纳	1975
卡尔浮脱悬岩	卡尔浮脱	马里兰	1974
科克	伯里恩	密执安	1975
库珀站	尼马哈	内布拉斯加	1974
克里斯塔尔河	锡特鲁斯	佛罗里达	1977
戴维斯·贝西	渥太华	俄亥俄	1977
德累斯顿	格兰迪	伊利诺伊	1960
杜尼·阿诺德	林恩	衣阿华	1974
法雷	休斯敦	亚拉巴马	1977
费米	门罗	密执安	1963
卡尔洪堡	华盛顿	内布拉斯加	1973
圣符仑堡	韦尔德	科罗拉多	1976
京纳	韦恩	纽约	1969
哈达姆海峡	米德尔塞克斯	康涅狄格	1967
哈勒姆	兰开斯特	内布拉斯加	1962
赫奇	阿普林	佐治亚	1974
亨博尔特湾	亨博尔特	加利福尼亚	1963
印第安角	韦斯切斯特	纽约	1962
基沃尼	基沃尼	威斯康星	1973
拉克罗斯(热那亚)	弗农	威斯康星	1967
麦克圭尔	梅克伦堡	南卡罗来纳	1981
缅因扬基	林肯	缅因	1972
磨石	新伦敦	康涅狄格	1970
蒙蒂塞洛	赖特	明尼苏达	1971
九里角	奥斯威戈	纽约	1969
北安纳	路易莎	弗吉尼亚	1978
奥康尼	奥康尼	南卡罗来纳	1973
奥伊斯特湾	欧欣	新泽西	1969
帕利塞兹	范比伦	密执安	1971
帕斯芬德	明尼哈哈	南达科他	1964
桃花谷	约克	宾夕法尼亚	1974
流浪者	普利茅斯	马萨诸塞	1972
尖角滩	马尼特沃克	威斯康星	1970
普雷里岛	古德休	明尼苏达	1973
方城	罗克艾兰	伊利诺伊	1972
兰乔·赛可	萨克拉门托	加利福尼亚	1974
鲁宾逊	达林顿	南卡罗来纳	1970
圣露西	圣露西	佛罗里达	1976
塞勒姆	塞勒姆	新泽西	1976
圣奥诺弗莱	圣迭戈	加利福尼亚	1967
塞科亚	汉密尔顿	田纳西	1980
西平港/比弗谷	比弗	宾夕法尼亚	1957
塞瑞	塞瑞	弗吉尼亚	1972
三里岛	多芬	宾夕法尼亚	1974
勇士	哥伦比亚	俄勒冈	1975
土耳其角	达德	佛罗里达	1972
佛·扬基	温德姆	佛蒙特	1972
扬基罗	富兰克林	马萨诸塞	1960
郇山	莱克	伊利诺伊	1972

* 在这次调查中,分析了62座核设施,计能源部的10座,其中包括前商用乏燃料后处理厂1座(核燃料公司);电力公司52座,其中1957年至1969年投入运行的15座,1970年至1974年的25座,1975年至1981年的12座。

调查中涉及的核设施和县的有关数据

	调查县	对照县
县数	107	292
人口 (1980 年)		
总数	18 720 000	32 980 000
中等	62 900	41 600
面积, km ²		
最大	10 951	52 156
中等	1 503	1 498
最小	218	234
死亡人数 (1950—1984 年)		
白血病	37 200	78 500
其他癌症	838 000	1 794 000

收入;净迁移率;婴儿死亡率;以及人口规模。人口数据是 1980 年的,其余数据均是 1979 年的。

不同地区的癌症死亡率差别很大,当然不可能全都从平常可查到的人口统计数字中找到解释。例如,有关饮食和种族背景的数据就没有。鉴于这些因素(例如美国西南地区的种族构成)在广阔的地理区域内往往变化很大,因此只能在调查县所在地区挑选对照县。

分析形式

单座设施。按照美国当时的一般做法,算出被调查的 35 年间(1950 年至 1984 年),每年每种癌症和每个县的“预计”死亡人数。将美国每年的各种死亡率分别乘以与各五岁年龄组、性别和种族(白种人和非白种人)相对应的人口估计数。然后分别按调查地区的所有县(如果不止一个县)和相应的所有对照县,将两个种族与两种性别之值相加,再将从 1950 年到该设施投入运行之间所有各年,及其运行后到 1984 年之间所有各年的数值相加,这样便得出该设施投入运行前和运行后的预计死亡人数。

实际死亡人数同按美国死亡率预测的死亡人数之比,称为标准化死亡比(SMR)。同样,记录到的癌症发病人数与按全州的相应发病率预测的发病人数之比,称为标准化记录比(SRR)。调查县的 SMR 或 SRR 与对照县相应值之比称为“相对风险”(RR),当然这个含义与相对风险一词的传统含义不同。如果调查地区或对照地区的

死亡人数少于 3,或合计少于 10,就不计算上述这些比值了。曾评价了每一 RR 与 1 之差,具体做法是计算被观察值的差值(或较大的被观察值)源于偶然原因的概率。

设施组合。还采用对适用于成片数据的 Mantel-Haenszel 方法²⁴修改后的方法研究了设施组合的死亡率数据。每个调查地区及相关的对照地区被作为一片考虑。对发电堆的数据和 DOE 设施的数据,除了逐个地作过研究外,还把它们作为一个整体进行研究。

结果

死亡率。数据表明,就每组设施(不管是电力公司还是 DOE 设施)的儿童白血病死亡率来说,调查县同对照县相比的 RR,设施运行后比运行前小。(应当指出,某些 DOE 设施是 40 年代开始运行的,由于这次调查的时期是从 1950 年开始的,所以大多数 DOE 设施的数据仅限于运行后的。)对所有设施来说,儿童白血病的 RR 均未显著升高。至于非白血病癌症儿童死亡人数,将调查地区与对照地区相比的这种 RR,没有一座设施或一组设施于运行后显著增加。

按全部年龄加起来的白血病死亡率的数据也表明,设施运行后的 RR 小于运行前。设施运行后,RR 均小于 1.00;对于加起来的 DOE 工厂以及全部设施的总和来说,亏额(概率 P 小于 0.05)都是显著的。

有关全部年龄除白血病外各类癌症的数据表明,设施运行后的 RR 均接近 1.00,并只在 0.98 和 1.04 之间变化。DOE 工厂的 RR 虽然显著地高于 1(1.04),但小于运行前的相应 RR。表格中的死亡人数在 200 万人以上,所以即使是 RR 同 1.00 之间的这样一些小差异,有时也是统计显著的。

发病率。只有康涅狄格州和衣阿华州诸县的发病率数据可以使用。由于只找到了一部分对照县的发病率数据,所以评价工作是根据工厂运行前和运行后的 SRR 进行的。对于这 4 座设施合计的儿童白血病来说,运行前的 SRR 为 1.13(不显著),但运行后的此数增加到 1.36(P 小于 0.01)。

调查结果

按设施类型分列的 10 岁以下儿童白血病死亡率

设施类型	投 入 运 行 前					投 入 运 行 后				
	调 查 县		对 照 县		RR	调 查 县		对 照 县		RR
	观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR		观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR	
能源部	39	1.18	48	0.84	1.45	601	1.01	1009	0.96	1.06
电力公司										
1957—1969 年	593	1.09	1035	1.05	1.03	534	1.03	993	1.00	1.00
1970—1974 年	996	1.06	2383	0.98	1.09*	227	1.00	482	0.94	1.06
1975—1981 年	392	1.07	785	0.95	1.11	28	0.70	88	0.93	0.82
合计	1981	1.07	4203	0.99	1.08*	789	1.01	1563	0.98	1.01
全部设施	2020	1.07	4251	0.99	1.08*	1390	1.01	2572	0.97	1.03

按设施类型分列的全部年龄白血病死亡率

设施类型	投 入 运 行 前					投 入 运 行 后				
	调 查 县		对 照 县		RR	调 查 县		对 照 县		RR
	观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR		观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR	
能源部	258	1.01	401	0.92	1.07	6 077	1.00	11 657	1.03	0.96*
电力公司										
1957—1969 年	4 088	1.02	7 235	0.99	1.05*	8 478	1.00	15 474	1.01	0.99
1970—1974 年	8 354	0.97	21 172	0.97	1.00	5 615	0.97	12 823	1.00	0.98
1975—1981 年	3 307	0.99	7 163	0.94	1.04	1 006	0.92	2 620	0.95	0.98
合计	15 749	0.99	35 570	0.97	1.02	15 099	0.98	30 917	1.00	0.99
全部设施	16 007	0.99	35 971	0.97	1.02	21 176	0.98	42 574	1.01	0.98*

按设施类型分列的全部年龄除白血病外各类癌症死亡率

设施类型	投 入 运 行 前					投 入 运 行 后				
	调 查 县		对 照 县		RR	调 查 县		对 照 县		RR
	观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR		观察到的 死亡人数	SMR	观察到的 死亡人数	SMR	
能源部	5 780	1.04	8 991	0.96	1.06*	141 635	1.06	247 308	0.99	1.04*
电力公司										
1957—1969 年	79 902	1.00	157 745	1.06	1.00	197 158	1.02	364 675	1.05	1.01
1970—1974 年	179 208	0.99	471 890	1.02	0.98*	139 175	0.99	317 206	1.02	0.98*
1975—1981 年	69 310	0.96	157 884	0.96	1.02*	26 325	0.98	68 785	1.01	0.99*
合计	328 420	0.98	787 519	1.01	0.99	362 658	1.01	750 666	1.04	0.99
全部设施	334 200	0.99	796 510	1.01	1.00	504 293	1.02	997 974	1.02	1.01

核电厂投入运行前后康涅狄格州和衣阿华州调查县的白血病发病率

	投入运行前		投入运行后	
	观察到的 死亡人数	SRR	观察到的 死亡人数	SRR
就诊时 10 岁以下儿童				
哈达姆海峡核电厂(1967 年), 康涅狄格州米德尔塞克斯县	15	0.96	16	0.97
磨石核电厂(1970 年), 康涅狄格州新伦敦县	49	1.19	44	1.55**
卡尔洪堡核电厂(1973 年), 内布拉斯加州华盛顿县和衣阿华州哈里森县	1	1.91	4	3.13
杜尼·阿诺德核电厂(1974 年), 衣阿华州林恩县和本顿县	9	1.04	17	1.26
合计	74	1.13	81	1.36**
全部年龄, 设施组合	577	0.92*	850	1.01

注: SRR 指标准化记录比, 是记录到的病例数与按全州同期的记录发病率预测的病例数之比。

SMR 指标准化死亡比, 是观察到的死亡人数与按美国同期全国死亡率预测的死亡人数之比。

RR 指相对风险, 是调查县和对照县相应风险值之比。设施组合的 RR 采用修改过的 Mantel-Haenszel 方法求得, 有时不同于两个 SMR 的简单比。

* 概率 $P \leq 0.05$ 。 ** $P \leq 0.01$ 。

只有康涅狄格州新伦敦县的磨石核电厂,其运行后的 SRR 为 1.55, 增加显著(P 小于 0.01)。根据对该厂总共 44 例的分析, 1971—1975 年的 SRR 为 1.46, 1976—1980 年为 1.34, 1981—1984 年为 2.02。不过, 在运行前的 10 年(1961—1970 年)内, 有 30 例儿童白血病(SRR 为 1.34)。如果按全部年龄加起来考虑, 对于任何单座设施或全部设施的组合来说, 运行后白血病的 SRR 没有显著增加。

在儿童中, 非白血病癌症的 SRR 与 1.00 的差别不大。同样, 在设施运行后, 乳腺癌或甲状腺癌(全部年龄)的 SRR 与 1.00 的差别也不大。

说明

英国人口普查和调查局报道的一份研究报告促成了这次调查。^{9,10} 这项美国调查的时间跨度要长得多(35 年), 使我们能进行更加详细的分析, 包括比较工厂运行前后的情况, 和与对照地区及整个美国进行比较。此外, 美国的核设施比英国的多得多。虽然英国当时有癌记录(发病率)数据可供人口普查和调查局的此项研究使用, 但由于对不同地区病例确诊标准的可比性有所担心, 作者们还是决定只根据死亡率数据进行分析。这项美国调查在评价发病率时, 我们只考虑为数不多的可查到高质量记录数据的设施和县。

在美国拥有或邻近核电厂的各个县, 并没有发现癌症死亡率普遍增加。与英国报道的某些研究报告⁴⁻⁸ 不同, 在后处理工厂和武器工厂附近的儿童中没有发现白血病发病率偏高的事例。

此处报道的癌症数据取自调查, 而非实验研究。没有个人辐射照射量的数据。虽然在为调查县选配对照县的过程中, 使用了可得到的有关种族组成、城乡人口比例、家庭收入等因素的数据, 但不可能挑选出与调查县完全可比的对照县。各县在工业、职业类型、教育水平以及生活方式等方面都有差异。况且, 这种选配所依据的是 1979 年和 1980 年的数据。由于各县 50 年代和

60 年代的特点与 1979 年的特点无疑是不同的, 因而在有些事例中, 调查县和对照县的这种选配方式对早年的情况或许并不合适。每个县的癌症死亡人数还与根据美国同期的死亡率预测的死亡人数作了比较。只要可能, 还将发病病例数与根据全州的发病率预测的病例数作了比较。不过, 对那些在吸烟和其它致癌因素方面具有自己特点的特定县来说, 全国或全州的患病率不一定是合适的比较依据。

这项分析将每个由一个调查县(或几个调查县)和相关的对照县组成的组视为一片, 片内各项数据偏离全美数据的情况被看作是相同的。当然, 这不会是完全正确的, 因而有关数据受到了外加因素引起的变化的影响。统计显著的这一技术术语, 涉及的仅是差值很可能只是由偶然性引起的概率, 它有数学意义, 但与生物学意义毫无关系。尽管有许多 RR 值显著地不同于 1.00, 但是象 0.98 或 1.03 这样的值几乎是没有什么意义的, 或者说它们与生物学无关。在评价具有统计显著性的那些 RR 值的意义时, 必须考虑这样一个事实, 即已计算了数千个 RR 值, 并已作过显著性检验。

这项调查还有其它一些局限性, 其中包括:

- 可供使用的只是与县有关的资料。某些有核设施的县还有一些距核电厂较远的大城市。利用全县的死亡率数据或许不可能查出与核电厂有关的局部效应, 因为城市人口起到了稀释作用。不过, Roman 等人²⁵ 在对哈威尔、奥尔德马斯顿和伯菲尔特的研究中使用的联合王国保健区域、以及 Cook-Mozaffari 等人^{11,26} 后来在对英格兰和威尔士的所有核设施(以及未来可能建造的设施)周围地区的癌症死亡率的调查中使用的保健区域中也有同样的问题。

- 这项调查主要依据死亡率数据。可查到发病率数据的只有与 4 座设施有关的县。但是, 对甲状腺癌、乳腺癌或儿童白血病的监测来说, 死亡率数据并非是最适宜的, 因为近几年来, 先进的治疗方法明显地降低了死亡率, 但并不影响发病率。另

一方面,对这一项调查起推动作用的英国调查确曾发现儿童白血病死亡率显著偏高。

●造成死亡的癌症类型取自医生签注在死亡证书上的意见。然而,要在一不作尸体解剖的情况下确定肺癌或肝癌是原发性的还是转移性的,那是比较困难的。县与县之间的医疗条件无疑是不同的,这或许会影响死因证书的准确性及各县数据的可比性。

●尽管 DOE 设施已经运行了 30 年以上,但大多数商用核电厂仅是 1970 年或更晚一些投入运行的。由于大多数放射性癌潜伏期长,因而只有最初几年运行期间的电厂排放物,才可能诱发出可于 1985 年前的几年中检测出的非白血病癌。

●这是一项“生态”调查,其中的个人照射量是未知数。死亡时住在某县的人不一定是那里的长住居民。有些居民会搬迁到别处,死在该县的另一个地方。拥有核设施的县的某些居民或许住在距该设施很远的地方,没有任何风险,他们的数据会稀释较近居民的数据。

结论

尽管在一些有和没有核设施的县进行这样癌症死亡率生态调查时不可避免地会有许多局限性,但是所用的方法过去一直有效地用于确定环境致癌物。例如,人们从国家癌症研究所根据县死亡率统计数据标绘的“癌地图”上发现,拥有造船工业的县,特别是在男性居民中,肺癌死亡率较高。后来对高风险地区进行的病例对照调查查明,肺癌死亡人数偏高与接触石棉有关。²⁷

如果可归因于辐射的癌风险常规估计值是可以接受的,则来自监测到的美国核设施排放物的个人最大照射量(一般小于 3 毫雷姆/年)²⁸也实在太小,不会导致可察觉的伤害。实际上,这种照射量比人们所受到的天然本底辐射的照射量约 100 毫雷姆/年(不包括肺部所受到的氡剂量)要小得多。联合王国的情况也类似。但在塞拉菲尔德和敦雷后处理厂以及奥尔德马斯顿和伯

菲尔德武器工厂周围的地区,人们曾发现过儿童白血病病例数偏高。^{20,25}不过至今尚未证明,这些过多的白血病是这些工厂的放射性排放物所引起的。最近有人对塞拉菲尔德工厂附近的白血病病例进行过病例对照调查,并且得出结论说,一个可能的致病因素或许是妊娠前父辈所受的职业性辐射照射。²⁹还不断有人提出这样的假设,即联合王国的这些白血病病例群或许是感染性的,即可能是病毒引起的。³⁰

我们在调查中发现,有些地方在设施投入运行前的时期内就存在着显著的差异。这一事实说明,不可轻易地把设施投入运行后的所有差异说成不利的健康效应可归因于设施运行的证据。过去 50 年特别是近 15 年积累的辐射致癌知识,也有助于解释这方面的问题。²²尽管辐射诱发的白血病可以在受照射 2 年后出现,但是其他癌症如乳腺癌和肺癌则发展速度较慢,因而不大可能出现在受辐射照射后 10 年或更长时间的死亡率数据中。可以预料,只有在某设施第一次投入运行若干年后,设施周围地区的居民才可能积累起足够的电离辐射照射量,或足够的其他潜在有害排出物的剂量,以致恶性肿瘤死亡率的增加达到可觉察的程度。

儿童白血病死亡人数,没有统计显著的增加。在可查到的发病率数据中,只有与康涅狄格州磨石核电厂有关的数据能看出儿童白血病发病率似乎明显增加。不过,这种增加发生在磨石核电厂投入运行之前。1972 年,疾病防治中心对磨石核电厂所在地沃特福德镇的一个儿童白血病和淋巴瘤病例群进行了调查。然而 11 例中有 6 例是 1970 年 10 月前发病的,那时磨石厂 1 号堆刚开始运行。这次调查发现,在磨石厂投入运行前和运行后(从 1961 年到 1984 年),儿童白血病的 SRR 都偏高。因此,那里的白血病同磨石厂的运行之间有联系的可能性看来极小。

这次调查表明,62 座核设施中没有一座因它们的运行而使其邻近地区出现过多的儿童白血病患者。Cook-Mozaffari 等人²⁶

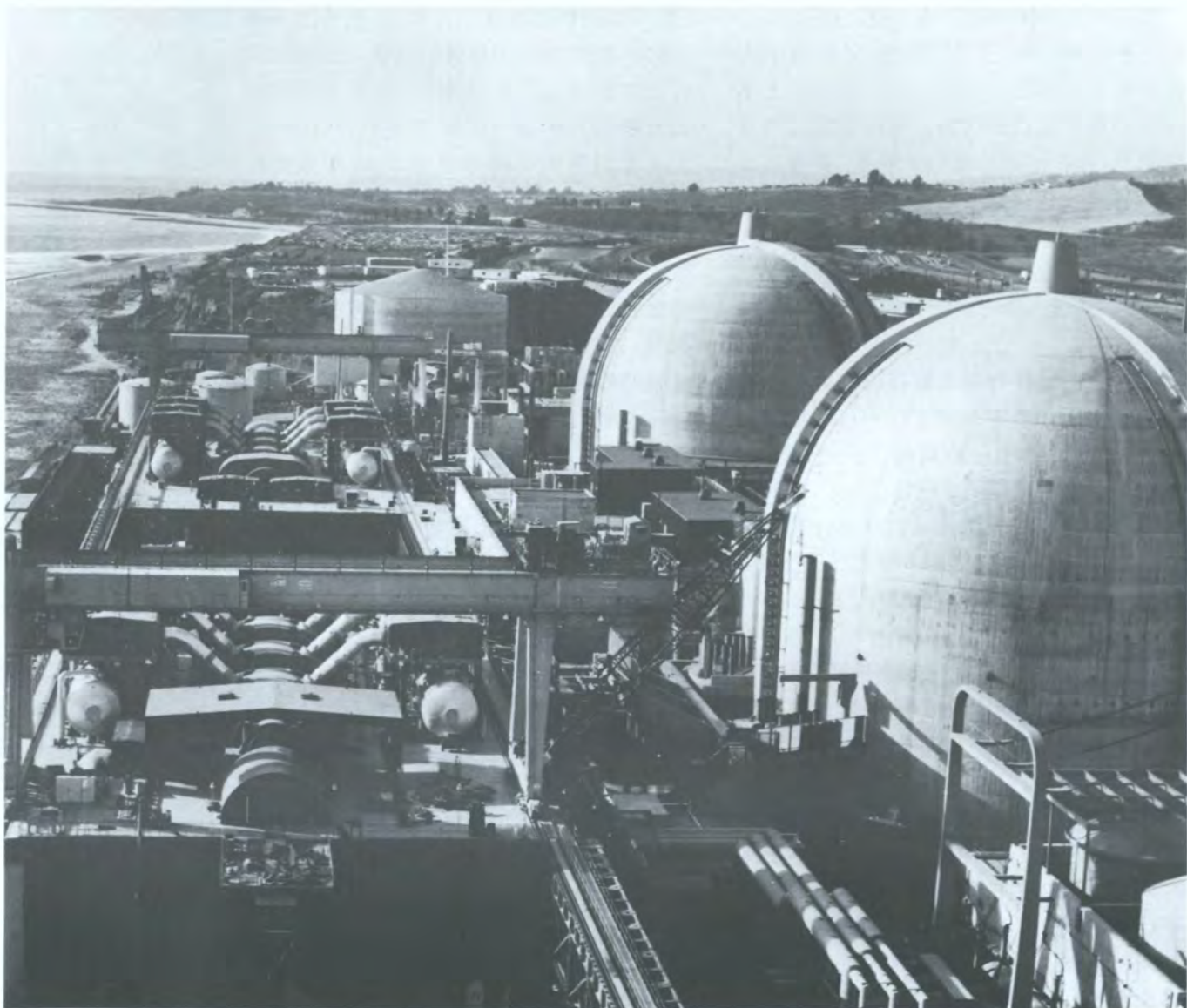
发现,在英格兰和威尔士,在原本拟建实际未建或后来才建核设施的一些地区,出现过过多的儿童白血病和何杰金病患者。这意味着,这些地区有时存在着一些未被认识的危险因素,但肯定不是与核设施本身直接相关的因素。尽管公众对费尔南德、洛基弗拉茨、汉福德、三里岛及其它一些设施的关切一直在增加,但这次调查并未观察到白血病或其它癌症所导致的死亡率因存在着 DOE 设施或商用核电厂的放射性排放物而额外增加。

在有关全部设施的汇总数据中,设施运行后的儿童白血病死亡率的 RR 值为

1.03,而运行前为 1.08,高于前者。至于全部年龄的白血病死亡率,运行后的 RR 值为 0.98,运行前则为 1.02。因此,这次调查发现,住在核设施所在县与死于白血病(或事实上可说成任何其他癌症)之间普遍没有任何关联。不过,如前所述,有些县在远离核设施处有大城市,这可能会稀释核设施周围小范围内也许存在的任何效应。

我们无法得出核设施并未在其附近居民中引起任何癌症死亡的结论。不过可以得出这样的结论:即使核设施给附近居民带来了某种危险,这种危险也是小得连这样的调查都察觉不出来。

美国加利福尼亚州南部的圣奥诺弗莱核电厂,是这次被调查的 62 座核设施之一。(来源: Southern California Edison Co.)



参考文献

1. "The global impact of the Chernobyl reactor accident", L. R. Anspaugh, R. J. Catlin, and M. Goldman, *Science* 242 : 1513-1519 (1988).
2. *Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island*, J. G. Kemeny, Chairman, Washington DC (1979).
3. *Phase I of the Hanford Environmental Dose Reconstruction Project*, Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington, Document PNL-7410 HEDR (1990).
4. *Investigation of the Possible Increased Incidence of Cancer in West Cumbria; Report of the Independent Advisory Group*, London (1984).
5. *First Report: The Implications of the New Data on the Releases from Sellafield in the 1950s for the Conclusions of the Report on the Investigation of the Possible Increased Incidence of Cancer in West Cumbria*, Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE), London (1986).
6. "Childhood leukaemia in northern Scotland", M. A. Heasman, I. W. Kemp, J. D. Urquhart, and R. Black, *Lancet*, 1 : 266 (1986).
7. *Second Report: Investigation of the Possible Increased Incidence of Leukaemia in Young People Near the Dounreay Nuclear Establishment, Caithness, Scotland*, Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE), London (1988).
8. *Third Report: Report on the Incidence of Childhood Cancer in the West Berkshire and North Hampshire Area, in Which are Situated the Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston and the Royal Ordnance Factory, Burghfield*, Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE), London (1989).
9. "Cancer near nuclear installations", D. Forman, P. Cook-Mozaffari, and S. Darby et al., *Nature* 329 : 499-505 (1987).
10. *Cancer Incidence and Mortality in the Vicinity of Nuclear Installations in England and Wales, 1959-1980*, P. J. Cook-Mozaffari, F. L. Ashwood, T. Vincent, D. Forman, and M. Alderson, Office of Population Censuses and Surveys, London (1987).
11. "Geographical variation in mortality from leukaemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations, 1969-78", P. J. Cook-Mozaffari, S. C. Darby, R. Doll et al., *Br J Cancer* 59 : 476-485 (1989).
12. "Cancer incidence patterns in the Denver metropolitan area in relation to the Rocky Flats plant", K. S. Crump, T-H Ng, and R. G. Cuddihy, *Am J Epidemiol* 126 : 127-135 (1987).
13. "Cancer mortality around La Hague nuclear facilities", M. Dousset, *Health Physics* 56 : 875-884 (1989).
14. "Childhood leukaemia around the La Hague nuclear waste reprocessing plant", J. F. Viel and S. T. Richardson, *BMJ* 300 : 580-581 (1990).
15. "Overall mortality and cancer mortality around French nuclear sites", C. Hill and A. Laplanche, *Nature* 347 : 755-757 (1990).
16. "Incidence of leukaemia in young people in the vicinity of Hinkley Point nuclear power station, 1959-86", P. D. Ewings, C. Bowie, M. J. Philipps, and S. A. N. Johnson, *BMJ* 299 : 289-293 (1989).
17. "Leukaemia near Massachusetts nuclear power plant", R. W. Clapp, S. Cobb, C. K. Chan, and B. Walker Jr., *Lancet* 2 : 1324-1325 (1987).
18. "Cancer mortality patterns around the San Onofre nuclear power plant, 1960-1978", J. E. Enstrom, *Am J Public Health* 73 : 83-92 (1983).
19. *Childhood Leukaemia around Canadian Nuclear Facilities : Phase 1, Final Report*, E. A. Clarke, J. McLaughlin, and T. W. Anderson, Atomic Energy Control Board, Ottawa, Ontario (1989).
20. "Fallout, radiation doses near Dounreay, and childhood leukaemia", S. C. Darby and R. Doll, *BMJ* 294 : 603-607 (1987).
21. *Cancer in Populations Living near Nuclear Facilities*, S. Jablon, Z. Hrubec, J. D. Boice Jr., and B. J. Stone, Public Health Service, US Dept. of Health and Human Services, NIH Publication 90-874, Bethesda, Maryland (1990).
22. *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V), National Research Council, National Academy of Sciences, Washington DC, National Academy Press (1990).
23. *US Cancer Mortality Rates and Trends, 1950-1979*, W. B. Riggan, J. van Bruen, J. F. Acquavella, J. Beaubier, and T. J. Mason, NCI/EPA Interagency Agreement on Environmental Carcinogens, Washington DC (1983).
24. *Statistical Methods in Cancer Research*, N. E. Breslow and N. E. Day, International Agency for Research on Cancer, Lyons, France, IARC Scientific Publication 82 (1987).
25. "Childhood leukaemia in the West Berkshire and Basingstoke and North Hampshire District Health Authorities in relation to nuclear establishments in the vicinity", E. Roman, V. Beral, L. Carpenter et al., *BMJ* 294 : 597-602 (1987).
26. "Cancer near potential sites of nuclear installations", P. Cook-Mozaffari, S. Darby, and R. Doll, *Lancet* 2 : 1145-1147 (1989).
27. "Lung cancer after employment in shipyards during World War I", W. J. Blot, J. M. Harrington, A. Toledo, R. Hoover, C. W. Heath Jr., and J. F. Fraumeni, *N Engl J Med* 299 : 620-624 (1978).
28. *Public Radiation Exposure from Nuclear Power Generation in the United States*, National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report 92, Bethesda, Maryland (1987).
29. "Results of case control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria", M. J. Gardner, M. P. Snee, A. J. Hall, C. A. Powell, S. Downes, and J. D. Terrell, *BMJ* 300 : 423-429 (1990).
30. "Evidence for an infective cause of childhood leukaemia; Comparison of a Scottish new town with nuclear reprocessing sites in Britain", L. Kinlen, *Lancet* 2 : 1323-1327 (1988).