



Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zu der Arbeit von Martin J. Gardner et al.:

"Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among
young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria",
Brit. Med. Journal 300 (1990) 423 - 429,

und zu der Ergänzungsarbeit von Martin J. Gardner et al.

"Methods and basic data of case-control study of leukaemia and lymphoma
among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria",
Brit. Med. Journal 300 (1990) 429 - 434.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Die Gardner-Studie und ihre Ergebnisse.....	4
	a) Risikofaktoren, die nicht mit der Wiederaufarbeitungsanlage in Verbindung stehen	5
	b) Anlagebezogene Risikofaktoren	5
3	Schlußfolgerungen der Strahlenschutzkommission.....	6
4	Literatur.....	8

1 Einleitung

In der Umgebung von zwei kerntechnischen Anlagen in Großbritannien, Dounreay und Sellafield, ist durch epidemiologische Untersuchungen, d.h. statistische Erhebungen an der Bevölkerung, ein vermehrtes Auftreten von Leukämiefällen bei Kindern und Jugendlichen festgestellt worden (Black 1984). Bei der Leukämie im Kindesalter handelt es sich um eine relativ seltene, schwere Krankheit, die im Mittel bei etwa 5 unter 10.000 Kindern auftritt. Ihre Ursachen sind nur zum Teil erforscht, und ihr Vorkommen weist starke örtliche und zeitliche Schwankungen auf. Aus anderen, mit Strahlung nicht zusammenhängenden Untersuchungen ist z.B. bekannt, daß das "relative Risiko", d.h. der Faktor, um den die Erkrankungswahrscheinlichkeit eines Kindes im Vergleich zum Durchschnitt erhöht oder erniedrigt ist, aus noch unbekannten Gründen u.a. vom sozio-ökonomischen Status der betreffenden Familie abhängt, und zwar in Richtung einer Häufigkeitszunahme mit höherem Einkommen (s.S. 4). Durch die langjährige medizinisch-statistische Erfassung der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki steht fest, daß Kinder, die selbst strahlenexponiert wurden, ein erhöhtes Leukämierisiko haben; beispielsweise kann bei Kindern unter 10 Jahren eine Ganzkörperexposition mit der Dosis 100 mSv die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, verdoppeln. Bei den Nachkommen der strahlenexponierten Überlebenden ist jedoch bisher kein Anzeichen für das Auftreten erblich bedingter Krankheiten aufgrund der Strahlenexposition der Eltern gefunden worden.

Die vorliegende epidemiologische Studie von M. J. Gardner und Mitarbeitern von der Universität Southampton geht auf die Empfehlung einer von Sir Douglas Black geleiteten unabhängigen Kommission des britischen Gesundheitsministeriums zurück, eine Untersuchung möglicher Risikofaktoren für die erhöhte Leukämierate bei Kindern in dem Bezirk West Cumbria durchzuführen, in dem die Anlage Sellafield liegt. Bei Untersuchungen dieser Art wird geprüft, ob statistische Korrelationen der Erkrankung mit vermuteten Risikofaktoren bestehen. Zum Beispiel gehörte hierzu die Aufgabe, eine möglicherweise vorhandene Korrelation der erhöhten kindlichen Leukämie mit einer Belastung der Kinder durch die in die Umwelt freigesetzten radioaktiven Stoffe aufzufinden.

Daß diese Korrelation besteht, wurde allerdings nicht erwartet, da in der Umgebung von Sellafield nur zusätzliche Strahlendosen in der Größenordnung der natürlichen Strahlenexposition empfangen wurden, die zu niedrig sind, um die vorliegende Erhöhung des Auftretens von Leukämie zu erklären (Black 1987). Grundlage für diese Aussage war eine sorgfältige Untersuchung aller denkbaren Belastungspfade in bezug auf die gesamte Anlage, zu der 7 Kernreaktoren (davon 4 noch in Betrieb befindliche), eine Brennelement-Wiederaufarbeitungsanlage sowie Brennelement-Lagerbecken und eine oberflächennahe Deponie für radioaktive Abfälle gehören. Auch die Strahlenexposition durch den Brand im ältesten der drei stillgelegten Reaktoren im Oktober 1957 (Anlage Windscale) wurde in diese Untersuchung einbezogen. So waren nach Stather (1988) für das 3 km entfernte Dorf Seascale (3000 Einwohner) unter den 1109 zwischen 1952 und 1983 Geborenen entsprechend der mittleren nationalen Leukämierate bis 1980 etwa 0,5 Todesfälle durch spontan auftretende Leukämie zu erwarten. Die Rekonstruktion der gesamten Strahlenexposition von Kindern und Jugendlichen ergab einen Schätzwert von 0,016 zusätzlichen Todesfällen, von denen etwa ein Neuntel auf den Windscale-Brand entfällt. Daß sich die in Seascale tatsächlich aufgetretenen 4 Leukämie-Todesfälle durch Radioaktivitätsfreisetzung aus der Sellafield-Anlage in die Umgebung erklä-

ren lassen, ist daher extrem unwahrscheinlich. Deshalb kam dem Auffinden anderer, noch unbekannter Risikofaktoren zentrale Bedeutung zu.

In anderen epidemiologischen Studien wird zum Beispiel geprüft, ob starke demographische Bewegungen, d.h. kurzfristige erhebliche Veränderungen der Bevölkerungszahl durch Zuzug an neuentstandene Industriestandorte oder Verkehrsknotenpunkte, als Risikofaktor für die Leukämie im Kindesalter identifiziert werden können. Kinlen (1988) fand eine erste Bestätigung dieser Hypothese in dem Anstieg des relativen Leukämierisikos in der schnell gewachsenen Siedlung Glenrothe an der Brücke über den Firth of Forth. In die gleiche Richtung wiesen Ergebnisse von Cook-Mozzafari et al. (1989), die bei der Erfassung der Ausgangssituation an geplanten Standorten von Kernenergieanlagen bereits in der Planungsphase eine erhöhte Leukämierate feststellten. Diese Untersuchungen über eventuelle demographische Einflüsse, zu deren biologischen Mechanismen bisher nur Vermutungen vorliegen, werden derzeit fortgesetzt.

2 Die Gardner-Studie und ihre Ergebnisse

Die vorliegende Studie beruht auf fünf Jahren sorgfältiger Arbeit, in denen von M. J. Gardner und Mitarbeitern 52 Leukämiefälle und 22 Fälle von Non-Hodgkin-Lymphom bei im Bezirk West-Cumbria geborenen Personen unter 25 Jahren erfaßt wurden, die zwischen dem 1.1.1950 und dem 31.12.1985 diagnostiziert worden waren. Um die mögliche Korrelation der Erkrankungen mit den einzeln zu prüfenden eventuellen Risikofaktoren festzustellen, wurden jedem Leukämie- oder Lymphomfall bis zu acht "Kontrollen", d.h. nach Geschlecht, Geburtsdatum und Sozialfaktoren sowie genauer Lokalisation des Wohnorts bei Geburt^{*)} angepaßte Vergleichspersonen zugeordnet. Dies ist das Instrumentarium einer "Fall-Kontroll-Studie", durch die untersucht wird, ob die an Leukämie oder Lymphom Erkrankten häufiger als die gesunden Kontrollen den aus der Literatur bereits bekannten Risikofaktoren für Leukämie, z.B. einer Strahlenexposition oder einer Virusinfektion während der vorgeburtlichen Entwicklung, ausgesetzt waren. Des weiteren war zu prüfen, ob die Erkrankten häufiger als die Gesunden bestimmten anlagespezifischen Faktoren, deren Eigenschaft als Risikofaktoren noch unbekannt war, ausgesetzt waren, z.B. Berufstätigkeit der Eltern in der Anlage oder Nähe des Wohnorts zu Sellafield. Der Vergleich wurde durch logistische Regression mit Bestimmung der Odds Ratio als Näherung für das relative Risiko (Breslow und Day 1980) durchgeführt; diese Approximation ist für seltene Erkrankungen gerechtfertigt.

Die Prüfung der möglichen Risikofaktoren hatte folgendes Ergebnis:

^{*)} Dementsprechend werden im folgenden die Ergebnisse für den Vergleich mit den "local controls" wiedergegeben. Kontrollen mit anderem Wohnort bei Geburt ("area controls") wurden aber aus methodischen Erfordernissen ebenfalls erfaßt und erbrachten ähnliche Auswertungsergebnisse. Sie werden in diese Stellungnahme bei dem Einflußfaktor "Wohnortabstand von Sellafield" mit einbezogen.

a) Risikofaktoren, die nicht mit der Wiederaufarbeitungsanlage in Verbindung stehen

Bei 7 von 74 Leukämie- und Lymphomfällen, jedoch nur bei 12 von 484 nichterkrankten Kontrollen war die Mutter bei der Geburt älter als 40 Jahre; mit diesem Alter der Mutter ist demnach ein relatives Risiko von 4,03 (95 %-Vertrauensbereich 1,41 - 11,52) verbunden. Bei 9 von 66 Leukämie- und Lymphomfällen gegenüber 34 von 389 nichterkrankten Kontrollen war der Vater bei der Geburt älter als 40 Jahre; das relative Risiko beträgt hier 1,58 (0,60 - 4,16). Bei 5 von 28 Leukämie- und Lymphomfällen gegenüber 20 von 153 nichterkrankten Kontrollen wurde der Unterbauch der Mutter nach medizinischen Angaben während der Schwangerschaft mit Röntgenstrahlen untersucht; die Auswertung ergibt für diesen Risikofaktor ein relatives Risiko von 1,34 (0,46 - 3,88). Nur 4 von 32 später an Leukämie oder Lymphom Erkrankten, jedoch 31 von 98 nichterkrankten Kontrollen hatten mehr als einmal im Monat im Hügeland gespielt; das rechnerische relative Risiko hat hier den Wert 0,36 (0,11 - 1,17). Bei 9 von 64 an Leukämie oder Lymphom Erkrankten gegenüber 25 von 383 Nichterkrankten war der Vater in der Eisen- und Stahlindustrie beschäftigt; hiermit war das relative Risiko 3,20 (1,23 - 8,28) verbunden. Für die Beschäftigung des Vaters in der Landwirtschaft (6 von 64 Erkrankten) oder in der chemischen Industrie (7 von 64 Erkrankten) ergaben sich die relativen Risiken 2,15 (0,71 - 6,51) bzw. 2,15 (0,80 - 5,77). Die Beschäftigung des Vaters im Kohlebergbau (5 von 64 Erkrankten) ergab das relative Risiko 0,46 (0,16 - 1,30). Der Einfluß des sozio-ökonomischen Status als Risikofaktor wird durch diese starken Schwankungen des relativen Risikos deutlich.

b) Anlagebezogene Risikofaktoren

Für einen Zusammenhang zwischen den Leukämie- und Lymphomfällen und der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt durch die Anlage Sellafield wurde in der Gardner-Studie kein Hinweis gefunden, denn weder bezüglich des Verzehrs von Seefisch noch des Spielens am Strand zeigten sich Unterschiede zwischen den Erkrankten und den Kontrollen. Das Wohnen in mehr als 5 km Entfernung von Sellafield ergab jedoch für jedes gewählte Entfernungsintervall Werte des relativen Risikos zwischen 0,06 und 0,21 im Vergleich zum engeren Umkreis von Sellafield, in dem 8 von 73 an Leukämie und Lymphom Erkrankten gegenüber 16 von 491 nichterkrankten Kontrollen wohnten. Schon früher war aufgefallen, daß in dem Ort Seascale, der in diesem Umkreis liegt, die 5 aufgetretenen Leukämiefälle^{*)} oberhalb der erwarteten Häufigkeit lagen. Von den Vätern dieser Kinder waren vier in einem Zeitraum von 6 bis über 13 Jahren in Sellafield beschäftigt gewesen und hatten im gesamten Beschäftigungszeitraum Personendosen zwischen 97 und 188 mSv (9,7 und 18,8 rem) erhalten. Als möglicher Risikofaktor wurde daher die Strahlenexposition des Vaters in die Studie einbezogen.

Bei 10 von 66 Leukämie- und Lymphomfällen gegenüber 46 von 389 nichterkrankten Kontrollen war der Vater bei der Konzeption des Kindes in Sellafield beschäftigt; hieraus ergibt sich ein relatives Risiko von 1,48 (0,59 - 3,75). Diese 10 Fälle enthalten 6 Fälle mit Personendosen des Vaters bis zu 99 mSv, die im Vergleich zu den auf diesen unteren Dosisbereich entfallenden Kontrollen keine Erhöhung des relativen Risikos erkennen lassen. Personendosen des Vaters oberhalb 100 mSv kommen unter den 66 Erkrankten 4mal, unter den 389 Kontrollen nur 3mal vor, so daß sich für diesen oberen Dosisbereich das relative Risiko 8,30 (1,36 - 50,56)

^{*)} 4 davon mit letalem Verlauf, s.S. 2

ergibt. Bei Aufschlüsselung der gleichen 10 Fälle entsprechend der im letzten Halbjahr vor der Konzeption des Kindes erhaltenen Personendosis des Vaters (mit Rücksicht auf den Zeitraum zur mehrstufigen Entwicklung der Spermien aus den Stamm-Keimzellen) ist das relative Risiko wiederum nur bei der höchstexponierten Gruppe der Väter mit mehr als 10 mSv erhöht; es hat hier aufgrund der gleichen 4 Fälle im Vergleich zu den auf diesen Dosisbereich entfallenden Kontrollen den Wert 5,01 (1,13 - 22,24). Bei einem dieser 4 Fälle, die somit im Zentrum der Ergebnisse stehen, war die Mutter bei der Geburt älter als 40 Jahre. Zwei der Väter waren Chemiarbeiter, einer war Analyse-Chemiker und der vierte Klempnergehilfe. Detaillierte Daten über ihre Strahlenexposition durch Inkorporation von Radionukliden waren zum Zeitpunkt der Studie noch nicht verfügbar.

Den Autoren ist selbstverständlich bekannt, und sie bringen dies auch zum Ausdruck, daß statistische Korrelationen keine Ursachenbeweise darstellen. Sie berechtigen jedoch zur Aufstellung von Hypothesen, die als Ausgangspunkt weitergehender Studien geeignet sind. An die Stelle der hier ausgeführten retrospektiven Fall-Kontroll-Studie würde z.B. eine prospektive Kohortenstudie treten. Die Autoren stellen in diesem Sinne die Hypothese auf, "daß die Strahlenexposition der Väter vor der Konzeption zum Auftreten von Leukämie bei ihren Nachkommen in Beziehung steht". Im Hinblick auf das nicht erhöhte Auftreten von Leukämie bei den Nachkommen von 7387 männlichen Atombombenüberlebenden in Japan, die eine mittlere geschätzte Dosis von 492 mSv erhalten haben (Ishimaru 1981), wenden sie ein, daß es sich bei den in Sellafield Beschäftigten nicht um eine kurzzeitige, sondern um eine protrahierte, d.h. zeitlich verteilte Bestrahlung mit niedriger Dosisleistung handelt. Sie weisen auch auf eine tierexperimentelle Studie an Mäusen hin (Nomura 1982), in der bei relativ hohen Dosen von 360 - 5040 mSv nach Röntgenbestrahlung der Eltern in der ersten und zweiten Nachkommengeneration erhöhte Tumorraten auftraten. Zwei ebenfalls von Gardner (1987, 1987) durchgeführte Kohortenstudien an Kindern in Seascale haben ergeben, daß nur bei den dort geborenen Kindern vermehrt Leukämie auftrat, nicht jedoch bei den später zugezogenen Kindern. Daß in der Anlage Sellafield an den strahlenexponierten Arbeitern selbst keine signifikante Vermehrung der Leukämie gefunden wurde (Smith 1986), wird ebenfalls mitgeteilt. Von ähnlichen epidemiologischen Studien in den Umgebungen der Wiederaufarbeitungsanlage in Dounreay und der Atomwaffenfabrik Aldermaston erwarten die Autoren weitere wichtige Ergebnisse.

Im Hinblick auf Konsequenzen für den praktischen Strahlenschutz äußert sich Gardner sehr vorsichtig. Eine Notwendigkeit zu verschärften Schutzmaßnahmen würde er erst bei weiterer Bestätigung der Hypothese einer Leukämieinduktion durch Strahlenexposition der Väter als gegeben ansehen.

3 Schlußfolgerungen der Strahlenschutzkommission

Die Strahlenschutzkommission hat die Publikationen von Gardner et al. sorgfältig analysiert, denn diese gehören zu den dringend notwendigen Forschungsarbeiten zur Aufklärung der Ursachen für die erhöhte Leukämiehäufigkeit im Umkreis von Sellafield. Die SSK unterstützt die Schlußfolgerung Gardners, daß die Ergebnisse trotz der geringen Zahl von nur 4 Erkrankungsfällen, auf denen die gefundene Korrelation zur väterlichen Strahlenexposition beruht, eine weitere Prüfung der Hypothese eines erhöhten Leukämierisikos bei den Nachkommen strahlenexponierter Väter erfordern, und weist auf die Bedeutung der von Gardner angekündigten weiteren Untersuchungsergebnisse hin.

Die SSK schließt sich aber auch der Kritik im einleitenden Aufsatz von V. Beral (1990) an, daß Daten über die innere Exposition der betreffenden Väter noch fehlen. Es erscheint zu früh, allein aufgrund der mitgeteilten Personendosen, die für die äußere Strahlenexposition kennzeichnend sind, Dosiswirkungsbeziehungen zu diskutieren. So reichen nach einer Schätzung von Abrahamson (1990), des Forschungsleiters der Radiation Effects Research Foundation in Hiroshima, die von den Vätern in Sellafield erhaltenen Dosen rechnerisch nicht aus, um auf dem Wege über strahleninduzierte Mutationen eine erbliche Anlage für Leukämie in der beobachteten Größenordnung hervorzurufen, – eine Erwägung, die erst bei Einbeziehung der inneren Exposition ganz schlüssig wäre. Die SSK folgt V. Beral sowie H.J. Evans (1990) auch darin, daß die bisher dokumentierte äußere Strahlenexposition der 4 Väter möglicherweise nur ein indirektes Anzeichen für Einflüsse durch andere ursächliche Stoffe oder Umstände ist.

Auch die neueste Auswertung der Daten von Hiroshima und Nagasaki an 31150 Kindern von Atombombenüberlebenden hat keinen Anhaltspunkt für eine vererbte Anlage zur Tumorbildung nach Strahlenexposition der Eltern mit einer mittleren Gonadendosis von 435 mSv ergeben (Yoshimoto 1990). Dies gilt speziell auch für die 250 Kinder, die im ersten Halbjahr nach Strahlenexposition der Eltern mit etwa 250 mGy geboren wurden. Die Vermutung Gardners, daß eine protrahierte Exposition eine stärkere erbliche Belastung hervorruft als eine akute Exposition mit gleicher Dosis, widerspricht den bisher bekannten Resultaten großangelegter Tierexperimente über strahleninduzierte Mutationen. Das Erhebungsergebnis von Yoshimoto an über 30000 Kindern von Atombombenüberlebenden muß daher als starkes Gegenargument gegen die Hypothese von Gardner gewertet werden.

Sollte Gardners Vermutung einer Übertragung über den Erbgang zutreffen, so müßten die beobachteten Leukämien auf dominante Mutationen zurückzuführen sein. Genetiker (Notani 1990, Evans 1990) weisen darauf hin, daß dann auch andere dominante Mutationen bei den Kindern um Sellafield auftreten müßten. Dieses ist bisher nicht gefunden worden.

In statistisch-methodischer Hinsicht weist die Strahlenschutzkommission darauf hin, daß unter den Leukämie- und Lymphomfällen nicht nur der Anteil der in Sellafield am höchsten strahlenexponierten Väter deutlich höher war als bei den nichterkrankten Kontrollen, sondern auch der Anteil derjenigen Väter, die in der Eisen- und Stahlindustrie, in der Landwirtschaft und in der chemischen Industrie tätig waren und für die keine zusätzliche Strahlenexposition in Frage kam. Eine von der SSK nach dem Chiquadrat-Test durchgeführte statistische Prüfung der Hypothese, daß das relative Risiko der Kinder mit in Sellafield beschäftigten Vätern von dem der Kinder der Eisen- und Stahlarbeiter nicht signifikant abweicht, hat ergeben, daß diese Hypothese in Anbetracht der Breite der Vertrauensintervalle der angegebenen Risikofaktoren mit den Daten im Einklang steht. Es könnte also eine gemeinsame, eventuell mit dem sozio-ökonomischen Status verbundene Ursache für die erhöhte Zahl von Leukämie- und Lymphomfällen bei den Kindern von Sellafield-Arbeitern und von Beschäftigten der Eisen- und Stahlindustrie vorliegen, die nicht mit Strahlung verbunden ist.

Bei allen Erklärungsversuchen ist zu berücksichtigen, daß die 4 Erkrankungsfälle, auf denen die Hypothese von Gardner et al. beruht, ausschließlich in dem Ort Seascale aufgetreten sind. Die sozio-ökonomische Struktur des einstigen Fischerdorfes ist durch die Industrieansiedlung von Sellafield grundlegend geändert worden (Kinlen 1988). Nimmt man bei den 1109 Kindern der Bevölkerung von Seascale entsprechend den Erhebungsdaten von Gardner für Familien von Eisen- und Stahlarbeitern oder Beschäftigten der chemischen Industrie (s.S. 4) überschlagsmäßig das relative Risiko 3 an, so werden, umgerechnet aus dem nationalen Durchschnittswert (s.S. 2), etwa 1,5 tödlich verlaufende Leukämiefälle erwartet. Bei 4 tatsächlich

aufgetretenen Leukämie-Todesfällen (Stather 1988) könnte es sich dann noch um eine zufallsbedingte Schwankung der Leukämierate handeln. Die SSK erwartet, daß die in Gang befindliche epidemiologische Untersuchung der Leukämiefälle in anderen Gebieten Englands und Schottlands auch zu diesem Erklärungsversuch weiteres Material erbringen wird.

Insgesamt hat die Arbeit Gardner aufgrund der vermuteten biologischen Bedeutung der Ergebnisse und trotz der niedrigen Fallzahl den Charakter eines zu großer Wachsamkeit verpflichtenden Hinweises, dem im Rahmen der dringenden Forschungsarbeiten zu den noch unbekannten Ursachen von Leukämiehäufungen weiter nachgegangen werden muß. Aus verschiedenen Gründen bestehen aber auch Zweifel, ob sich die von Gardner aufgestellte Hypothese einer Leukämieinduktion durch Strahlenexposition der Väter bestätigen wird. Dazu gehört in erster Linie das Fehlen entsprechender Befunde an den Nachkommen strahlenexponierter Väter in Hiroshima und Nagasaki, daneben aber auch das Bestehen anderer Erklärungsmöglichkeiten, z.B. durch demographische oder sozio-ökonomische Faktoren. Im Moment ist eine Sachlage, die sofort zu verschärften Schutzmaßnahmen verpflichten würde, nicht gegeben; die SSK verfolgt die weitere Entwicklung mit der gebotenen hohen Aufmerksamkeit und unterstützt die laufenden Forschungsarbeiten. Ein wichtiges Teilergebnis der Gardner-Studie ist der Befund, daß keine Korrelation des erhöhten Leukämierisikos in der Umgebung von Sellafield mit der Freisetzung von Radioaktivität aus dieser Anlage in die Umwelt besteht.

4 Literatur

- Abrahamson, S. (1990): Childhood leukaemia at Sellafield - a genetically transmitted mutational disease?
RERF Update, Spring 1990, 3 - 4.
- Beral, V. (1990): Leukaemia and nuclear installations.
Brit. Med. Journ. 300, 411 - 412.
- Black, D. (Ed.) (1984): Investigation of the possible increased incidence of cancer in West Cumbria.
HMSO, London.
- Black, D. (1987): New evidence on childhood leukaemia and nuclear establishment.
Nature 294, 591 - 592.
- Breslow, N.E., Day, N.E. (1980): Statistical Methods in Cancer Research, Vol. 1. The analysis of case-control studies. In: IARC Scientific Publications No. 32.
International Agency for Research on Cancer, Lyon.
- Cook-Mozaffari, P., Darby, S., Doll, R. (1989): Cancer near potential sites of nuclear installations. Lancet II, 1145 - 1147.
- Evans, H.J. (1990): Leukaemia and radiation.
Nature 345, 16 - 17.
- Gardner, M.J., Hall, A.J., Downes, S., Terrell, J.D. (1987): Follow up study of children born to mothers resident in Seascale, West Cumbria (birth cohort).
Brit. Med. Journ. 295, 822 - 827.

- Gardner, M.J., Hall, A.J., Downes, S., Terrell, J.D. (1987): Follow up study of children born elsewhere but attending schools in Seascale, West Cumbria (schools cohort).
Brit. Med. Journ. 295, 819 - 822.
- Ishimaru, T., Ichimaru, M., Mikami, M. (1981): Leukaemia incidence among individuals exposed in utero, children of atomic bomb survivors and their controls, Hiroshima and Nagasaki, 1945 - 79.
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima (RERF Technical Report 11 - 81).
- Kinlen, L. (1988): Evidence for an infective cause of childhood leukaemia: comparison of a scottish new town with nuclear reprocessing sites in Britain.
Lancet II, 1323 - 1327.
- Nomura, T. (1982): Parental exposure to X-rays and chemicals induces heritable tumours and anomalies in mice.
Nature 296, 575 - 577.
- Notani, N.K. (1990): Leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield.
Brit. Med. Journ. 300, 877 - 878.
- Smith, P.G., Douglas, A.J. (1986): Mortality of workers at the Sellafield plant of British Nuclear Fuels.
Brit. Med. Journ. 293, 845 - 854.
- Stather, J.W., Dionian, J., Brown, J., Fell, T.P., Muirhead, C.R. (1988): The risk of leukaemia in Seascale from radiation exposure.
Health Phys. 55, 471 - 481.
- Yoshimoto, Y., Neal, J.V., Schull, W.J., Kato, H., Soda, M., Eto, R., Mabuchi, Y. (1990): Frequency of malignant tumours during the first two decades of life in the offspring (F1) of atomic bomb survivors.
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, (RERF TR4-90).