

تقرير
لجنة الأمم المتحدة العلمية
المعنية بآثار الإشعاع الذري

الجمعية العامة

الوثائق الرسمية : الدورة الثالثة والأربعون
الملحق رقم ٤٥ (A/43/45)



الأمم المتحدة

تقرير
لجنة الأمم المتحدة العلمية
المعنية بآثار الإشعاع الذري

الجمعية العامة

الوثائق الرسمية : الدورة الثالثة والأربعون
الملحق رقم ٤٥ (A/43/45)



الأمم المتحدة

نيويورك ، ١٩٨٨

ملاحظة

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام .
ويعني إيراد أحد هذه الرموز الاحالة الى إحدى وثائق
الأمم المتحدة

[الأصل : بالانكليزية]

المحتويات

<u>المفحة</u>	<u>الفقرات</u>	
١	٧-١	أولا - مقدمة
٣	١٣٥-٨	ثانيا - استعراض تاريخي
٣	١٠-٨	ألف - اعتبارات عامة
٤	٤١-١١	باء - المفاهيم والكميات والوحدات
٤	١٤-١٢	١- النشاط
٥	٢٤-١٥	٢- جرعة الإشعاع
٨	٤١-٢٥	٣- تطور مفاهيم قياس الجرعات
٨	٢٦	(أ) الجرعة الكبيرة من الناحية الوراثة ..
٨	٢٧	(ب) متوسط الجرعة النخاعية
٩	٢٠-٢٨	(ج) النصيب من الجرعة
		(د) الجرعات الجماعية والأنصبه من الجرعات
١٠	٢٣-٣١	الجماعية
١٠	٢٤-٣٣	(هـ) معاملات التحويل
١١	٢٦-٣٥	(و) الأعضاء المعنية
١١	٤١-٣٧	(ز) مكافئ الجرعة الفعالة
١٣	٨٥-٤٢	جيم - تقدير الجرعات
١٣	٤٤-٤٢	١- مصادر الإشعاع الطبيعية
١٤	٥٦-٤٥	٢- التفجيرات النووية
١٧	٦٣-٥٧	٣- انتاج الطاقة النووية
٢٠	٧٠-٦٣	٤- حالات التعرض الطبي
٢٣	٧٦-٧١	٥- حالات التعرض المهني
٢٤	٨٠-٧٧	٦- حالات التعرض المتفرقة
٢٦	٨٥-٨١	٧- الحوادث والوقائع

المحتويات (تابع)

الصفحة	الفقرات	
٢٨	١٣٥-٨٦	دال - تقدير احتمال الخطر
٢٨	٩٥-٨٦	١- الضرر الوراثي
٣٤	١١٦-٩٦	٢- السرطان
٤١	١٢٧-١١٧	٣- الاثار غير العشوائية
٤١	١٣١-١١٧	(أ) تعرض البالغين للاشعاع
٤٢	١٢٧-١٢٣	(ب) التعرض للاشعاع قبل الولادة
٤٤	١٣٥-١٢٨	٤- أنواع أخرى من الضرر
٤٧	٣٧٠-١٣٦	ثالثا - الحالة الراهنة
٤٧	١٨٥-١٣٧	ألف - مستويات وجرعات الاشعاع
٤٧	١٤١-١٣٧	١- المصادر الطبيعية للاشعاع
٤٩	١٤٥-١٤٢	٢- التفجيرات النووية
٥١	١٥٩-١٤٦	٣- إنتاج الطاقة الكهرونووية
٥٧	١٦٦-١٦٠	٤- حالات التعرض الطبي
٥٩	١٦٩-١٦٧	٥- حالات التعرض المهني
٦٠	١٧٠	٦- حالات التعرض للاشعاعات من مصادر متنوعة
٦٠	١٧٣-١٧١	٧- الحوادث
٦٣	١٨٥-١٧٤	٨- حادث شيرنوبيل
٦٧	٢٣٣-١٨٦	باء - الاثار الاشعاعية
٦٧	١٩١-١٨٦	١- الاضرار الوراثية
٧٠	٢١٠-١٩٣	٢- التسرطن الاشعاعي عند الانسان
		٣- الاثار المبكرة الناجمة عن الجرعات الكبيرة
٧٧	٢٣٩-٢١١	من الاشعاع في الانسان
٨٣	٢٣٣-٢٣٠	٤- آثار التعريض للاشعاع قبل الولادة

المحتويات (تابع)

<u>الصفحة</u>	<u>الفقرات</u>
٨٤	جيم - استخلاص مُعامل الخطر ٢٣٣-٢٥٢
٨٥	١- الاضرار الوراثية ٢٣٧-٢٤٣
٨٧	٢- السرطان ٢٤٤-٢٥٢
٨٧	(٤) المخاطر الفردية المرتبطة بموقع معين . ٢٤٦-٢٥٠
٩٠	(ب) الضرر الجماعي ٢٥١-٢٥٢
٩١	دال - مقارنة حالات التعرض ٢٥٣-٢٧٠
	١- المقارنات السابقة التي أجرتها لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الاشعاع الذري ٢٥٣-٢٥٦
٩٢	٢- الغرض من المقارنات ٢٥٧
٩٢	٣- مقارنة الجرعات الجماعية ٢٥٨-٢٥٩
٩٣	٤- مقارنة الجرعات الفردية ٢٦٠-٢٦١
٩٤	٥- موجز مقارنات الجرعات ٢٦٢-٢٦٤
٩٦	٦- مقارنة مباشرة للأضرار ٢٦٥-٢٧٠

التذييلات

١٠٠	الاول - قائمة بأعضاء الوفود الوطنية
	الثاني - قائمة بأسماء الموظفين والخبراء الاستشاريين العلميين الذين تعاونوا مع اللجنة في إعداد التقرير
١٠٤	الثالث - قائمة بالتقارير التي تلقتها اللجنة

أولا - مقدمة

١ - هذا هو التقرير العاشر في سلسلة التقارير الفنية المقدمة من لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري^(١) إلى الجمعية العامة^(٢) . وقد استغرق إعداد هذا التقرير ومرفقاته العلمية الفترة من الدورة الحادية والثلاثين وحتى الدورة السابعة والثلاثين للجنة . وتطورت مادة التقرير في الدورات السنوية للجنة على أساس ورقات العمل التي أعدتها أمانة اللجنة والتي كانت تعدل وتنقح من دورة إلى الدورة التي تليها وفقا لطلبات اللجنة . وخلال فترة إعداد هذا التقرير الذي يحتوي على سبعة مرفقات علمية ، تم الانتهاء من تقرير آخر في الدورة الخامسة والثلاثين للجنة يشتمل على ثلاثة مرفقات علمية . ويشكل هذان التقريران ، المشار اليهما بوصفهما تقريرين عام ١٩٨٦ وعام ١٩٨٨ ، أحدث تقييم شامل أجرته اللجنة لمصادر الإشعاع المؤين وآثاره ومخاطره .

٢ - وشغل أعضاء اللجنة التالية أسماؤهم مناصب الرئيس ونائب الرئيس والمقرر على الترتيب في الدورات التالية : الدورة الحادية والثلاثون : ز . جافوروفسكي (بولندا) ، و د . بننسون (الارجنتين) ، و ت . كوماتوري (اليابان) ؛ والدورتان الثانية والثلاثون والثالثة والثلاثون : د . بننسون (الارجنتين) ، و ت . كوماتوري (اليابان) ، و أ . هداية الله (السودان) ، والدورتان الرابعة والثلاثون والخامسة والثلاثون : ت . كوماتوري (اليابان) ، و أ . كول (جمهورية ألمانيا الاتحادية) ، و أ . هداية الله (السودان) ؛ والدورتان السادسة والثلاثون والسابعة والثلاثون : ب . ليندل (السويد) ، و ك . ه . لوكان (استراليا) ، ج . ميسين (بلجيكا) . وترد في التذييل الأول أسماء الخبراء الذين حضروا دورات اللجنة من الحادية والثلاثين إلى السابعة والثلاثين بصفة رسمية كممثلين أو أعضاء في الوفود الوطنية .

٣ - وتود اللجنة ، وهي تعتمد هذا التقرير وتحمل بالتالي كامل المسؤولية عن مضمونه ، أن تعرب عن تقديرها للمساعدة والمشورة اللتين قدمهما فريق صغير من المستشارين الذين ساعدوا في إعداد النص والمرفقات العلمية بعد تعيين الأمين العام لهم . وترد أسماؤهم في التذييل الثاني . وقد كانوا مسؤولين عن الاستعراض والتقييم المبدئيين للمعلومات التقنية التي تلقتها اللجنة أو التي أتيحت في الكتابات العلمية المباحة واللذين تقوم عليها المداولات النهائية للجنة . وقدمت شتى المؤسسات الدولية والوطنية إلى اللجنة مساعدات إضافية ودعمًا ماليًا لإعداد بعض المرفقات العلمية . وتود اللجنة أن تعرب عن امتنانها لهذه المؤسسات المدرجة أسماؤها في المرفقات ذات الصلة .

٤ - وحضر دورات اللجنة المعقودة خلال المدة قيد الاستعراض ممثلون عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، ومنظمة الصحة العالمية ، ومنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة ، والوكالة الدولية للطاقة الذرية ، واللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع ، واللجنة الدولية المعنية بوحدة ومقاييس الإشعاع . وتود اللجنة أن تعرب عن تقديرها لمساهماتهم في المناقشات .

٥ - وترد في التذييل الثالث التقارير التي تلقتها اللجنة في الفترة من ١٩ نيسان/أبريل ١٩٨٦ إلى ١٧ حزيران/يونيه ١٩٨٨ ، من الدول الاعضاء في الأمم المتحدة ، وأعضاء الوكالات المتخصصة والوكالة الدولية للطاقة الذرية ، فضلا عن التقارير الواردة من الوكالات نفسها . أما التقارير الواردة قبل ١٩ نيسان/أبريل فتتضمنها التقارير السابقة التي قدمتها اللجنة إلى الجمعية العامة . وقد جرى استكمال وتفسير هذه المعلومات التي تلقتها اللجنة رسميا ، في ضوء البيانات الأخرى المتوفرة في الكتابات العلمية الحالية أو في بعض الحالات النادرة ، في ضوء معلومات غير منشورة أسهم بها علماء بصفتهم الفردية .

٦ - وتوجز اللجنة في الفروع التالية الاستنتاجات الرئيسية التي خلصت إليها الدراسات المتخصصة التي أجريت والتي تمت كذلك في ضوء المعلومات الغنية المنشورة سابقا . وتقدم المادة على أعم مستوى ممكن بالنظر إلى صعوبة المفاهيم والرموز التي تميز هذا الميدان . وبعد فصل يلخص التطورات والاتجاهات التي أصبحت واضحة على مر السنين ، تقدم النقاط الرئيسية والاستنتاجات التي تستخلص من أحدث الدراسات في ميادين فيزياء وبيولوجيا الإشعاع ويلي هذا النص الأساسي المرفقات العلمية الداعمة له والمكتوبة بشكل ولغة يستهدفان المتخصصين أساسا .

٧ - وتمشيا مع الممارسة السابقة ، يقدم إلى الجمعية العامة النص الرئيسي للتقرير وحده ، بينما سيصدر التقرير الكامل المتضمن للمرفقات العلمية بوصفه أحد منشورات الأمم المتحدة التي تباع . والقصد من هذه الممارسة هو نشر هذه النتائج على نطاق أوسع لصالح المجتمع العلمي الدولي . وتود اللجنة أن تلفت انتباه الجمعية العامة إلى أن فصل النص الرئيسي للتقرير عن مرافقاته العلمية قد تم لمجرد التيسير . وينبغي تذكر أن البيانات العلمية الواردة في المرفقات هي بيانات هامة للغاية لأنها تشكل الأساس لنتائج التقرير .

ثانيا - استعراض تاريخي

ألف - اعتبارات عامة

٨ - مافتئت اللجنة تحاول باصرار على مدى أعوام وجودها الثلاثة والثلاثين ، توفير أفضل التقديرات الممكنة لما يلي :

(١) الجرعات التي تلقاها سكان العالم في الماضي ، ويتوقع تلقيها في المستقبل ، من شتى مصادر الاشعاع الطبيعية والتي هي من صنع الانسان ؛

(ب) مخاطر تأثير مختلف أنواع الضرر الناتج عن الاشعاع في الاجل القصير والاجل الطويل على السواء على الافراد المتلقين لمثل هذه الجرعات مباشرة أو على سلالته على مدى أجيال كثيرة .

٩ - ومع مرور الوقت ، والزيادة في عدد وتعقيد التقارير الصادرة عن اللجنة ، أخذ يصبح من الصعب بصورة متزايدة ، حتى بالنسبة للمتخصصين ، الرجوع إلى المنشورات السابقة للعشور على تطور الافكار الرئيسية الكامنة وراء تقديرات اللجنة وكيفية تغير هذه التقديرات مع مرور الوقت ونتيجة لتزايد المعرفة العلمية . وهكذا فإنه قد يبدو من المفيد توفير النتائج الرئيسية التي تم التوصل إليها في الميادين المذكورة أعلاه في شكل موجز مركز . فهي ، أولا ، سوف تحيط الجمعية العامة علما بأعمال اللجنة وبما تتوصل إليه من نتائج . وثانيا ، فإنها ستشكل ، بالنسبة لعضوية اللجنة التي ظلت تتغير بالتدريج على مر السنين ، سجلا بكيفية تطور تفكير اللجنة . كما أنها ، في النهاية ، ستوضع تحت تصرف المجتمع العلمي الدولي الذي أصبحت تقارير لجنة الامم المتحدة العلمية المعنية بأثار الاشعاع الذري ومرفقاتها العلمية مرجعا أساسيا له .

١٠ - وهكذا فإن ما يلي في هذا الفصل عبارة عن موجز لتقديرات اللجنة في ميدان تقدير الجرعة (الذي يتصل اتصالا وثيقا بمواضيع الفيزياء) وتقدير المخاطر (الذي ينطوي على اعتبارات فيزيائية وكذلك اعتبارات بيولوجية وطبية اشعاعية) . ويرمي هذا الموجز إلى أن يقدم في آن واحد سردا للمبادئ العامة التي تتركز عليها التقديرات وللنتائج التي تم التوصل إليها . بلغة سهلة بالقدر الذي يسمح به تعقيد هذه المواضيع ، ولكن بدون قدر كبير من المناقشات المؤيدة للاختيارات المتخذة في أي وقت

معين . ويشار ، بالنسبة لهذا وكذلك بالنسبة لغيره من التفاصيل التقنية والمنهجية ، إلى التقارير المقدمة إلى الجمعية العامة والصادرة في الفترة من عام ١٩٥٨ إلى عام ١٩٨٦ . وتظهر في الحاشية (٢) للفقرة ١ من هذا التقرير قائمة كاملة بتلك المنشورات التي أصدرتها اللجنة وتدرس التقديرات الحالية بمزيد من التفصيل في الفصل شالسا .

باء - المفاهيم والكميات والوحدات

١١ - الاشعاع هو انتقال للطاقة عبر الفضاء . وتُمتص الطاقة المشعة عند اجتياز المادة . وفي حالة الاشعاع المؤيّن الذي هو نوع الاشعاع الذي يهتم اللجنة ، تتمثل عملية الامتصاص في ازالة الالكترونات من الذرات منتجة للأيونات . ويمكن انتاج الاشعاع المؤيّن في أجهزة من صنع الانسان مثل أنابيب الاشعة السينية أو قد تأتي من انحلال النويدات المشعة . وهي الظاهرة المسماة بالنشاط الإشعاعي . وفي حين تحدث النويدات من هذا القبيل بصورة طبيعية فإنه يمكن أيضا انتاجها بصورة اصطناعية كما هو الحال في المفاعلات النووية . والكميتان الرئيستان في تقدير مستويات الاشعاع وآثاره هما نشاط المادة المشعة وجرعة الاشعاع . وتستخدم اللجنة نظام كميات ووحدات الاشعاع الذي اعتمدته في عام ١٩٨٠ اللجنة الدولية المعنية بوحدات ومقاييس الاشعاع .

١ - النشاط

١٢ - نشاط المادة المشعة هو عدد الانحلالات النووية في وحدة الزمن . والوحدة التي استخدمتها اللجنة حتى تقريرها لعام ١٩٧٧ بما فيه ذلك التقرير هي كوري (Ci) وهي ٣٧ بليون (٣,٧ × ١٠^{١٠}) انحلال في الثانية ، وهو عدد أدخل أصلا أنه النشاط التقريبي لـ ١ جرام راديوم - ٢٢٦ .

١٣ - وأطلق على الوحدة الحالية للنشاط الاسم الخاص بيكريل (B_q) . والبيكريل الواحد عبارة عن انحلال واحد في الثانية .

١٤ - وتدل عبارة النشاط الإشعاعي على ظاهرة الانحلال الإشعاعي . وهي ليست مرادفة للفظ "النشاط" ، كما لا ينبغي استخدامها بمعنى "المادة المشعة" .

٢ - جرعة الاشعاع

١٥ - من الممكن أن يعني مصطلح جرعة الاشعاع عدة أشياء (على سبيل المثال ، الجرعة الممتصة أو مكافئ الجرعة أو مكافئ الجرعة الفعالة) . وجرعة الاشعاع الممتصة هي الطاقة المنقولة لكل وحدة كتلة من المادة المعرضة للاشعاع . وكانت اللجنة ، حتى تقرير عام ١٩٧٧ بما في ذلك التقرير المذكور ، تستخدم الراد باعتباره وحدة الجرعة الممتصة (راد واحد = ٠,٠١ جول/كج) . أما الوحدة الحالية للجرعة الممتصة فهي جول/كج ويستخدم لها اسم خاص هو غراي (Gy) . وعلى ذلك فإن ١ راد = ٠,٠١ جول/كج = ٠,٠١ غراي .

١٦ - ولأنواع الاشعاع المختلفة فعالية بيولوجية نسبية مختلفة فالفعالية البيولوجية النسبية لنوع من الاشعاع بالنسبة لنوع مقارن من الاشعاع (عادة السيني أو الغامي) هي النسبة العكسية للجرعات الممتصة للاشعاعين اللازمين لاحداث نفس الدرجة من التأثير البيولوجي المعنية لها فعالية بيولوجية نسبية .

١٧ - وعندما أعدت التقارير الاولى للجنة الامم المتحدة العلمية المعنية بأثار الاشعاع الذري ، أوصت اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الاشعاع بقيم معينة للفعالية البيولوجية النسبية لأغراض الحماية من الاشعاع . وضربت الجرعات الممتصة من مختلف الاشعاعات في هذه القيم للوصول إلى جرعات ذات وزن ترجيحي لأغراض الحماية من الاشعاع (على سبيل المثال ، للمقارنة بحدود الجرعات) . وسميت وحدة هذه الجرعة الممتصة المرجحة رم .

١٨ - وكان استخدام مصطلح الفعالية البيولوجية النسبية في سياقين هما الحماية من الاشعاع (حيث قصد به القيم القياسية الموصى بها من اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الاشعاع) والبيولوجيا الاشعاعية (حيث قصد به القيمة الأكثر ترجيحاً في حالة تعرض معينة بالنسبة لتأثير بيولوجي محدد) قد تسبب في بعض المشاكل . وبناءً على ذلك قررت اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الاشعاع واللجنة الدولية المعنية بوحدة ومقاييس الاشعاع إنشاء كمية جديدة هي مكافئ الجرعة . وتكون هذه عبارة عن محملة الجرعة الممتصة وما سمي بعامل النوعية (المشار إليه في أول الامر QF وبعد ذلك Q) وتكون وحدته هي الرم . وقد قدمت اللجنة الدولية المعنية بالحماية من الاشعاع عامل النوعية باعتباره دالة قدرة كل اشعاع على إحداث التأين معبرا عنه بوصفه الانتقال الخطي للطاقة (LET) . واقترحت لجنة الحماية انه يكفي ، لأغراض

التطبيقات العملية ، استخدام أرقام تقريبية للقيم المتوسطة ، مثل قيمة فريدة واحدة لعامل النوعية لكل نوع من أنواع الاشعاع . واقتُرحت القيم $Q = 1$ للأشعة السينية وأشعة غاما وجزيئات بيتا و $Q = 10$ للنيوترونات السريعة (عدلت إلى $Q = 20$ في عام ١٩٨٥) و $Q = 10$ لجزيئات الفا (عدلت إلى $Q = 20$ في عام ١٩٧٧) ، و $Q = 20$ للجزيئات الثقيلة . كما استخدمت لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بأثار الاشعاع الذري هذه العوامل ولكنها واصلت استخدام $Q = 10$ للنيوترونات السريعة .

١٩ - وفي تقارير لجنة الأمم المتحدة العلمية ، عندما يعبر عن الجرعات بالرم ، تستخدم في معظم الحالات قيم لجنة الحماية بالنسبة للفعالية البيولوجية النسبية "(الحماية)" وهي Q_F أو Q ، ولكن عندما يعبر المؤلفون عن الجرعات بالرم فإنهم قد يكونوا قد استخدموا التعريف المبني المتمثل بالانتقال الخطي للطاقة لعامل النوعية (Q) .

٢٠ - وعندما بدأت اللجنة العلمية ، في عام ١٩٨٢ ، تطبيق نظام الوحدة الدولي الجديد وحددت الجرعة الممتصة بالغراي بدلا من الراد سميت الوحدة الجديدة لمكافئ الجرعة السيغريت (Sv) .

٢١ - وبالإضافة إلى الجرعة الممتصة ومكافئ الجرعة ، توجد كمية ثالثة قد تكون محل إشارة عندما يتحدث المؤلف عن الجرعة الإشعاعية ، وهي التعرض . والتعرض هو اجمالي الشحنة الكهربائية للايونات التي تتسم بعلامة معينة ، والتي تنتجها في الهواء الالكترونات المنبعثة من أشعة غاما أو الأشعة السينية بالنسبة لوحدة الكتلة من الهواء المعرض للاشعاع . وحيث ان التعرض يمثل مقياسا للتأين الذي ينتجه الاشعاع السيني أو إشعاع غاما في الهواء ، فإنه لا ينطبق بالتالي إلا على هذين النوعين من الاشعاع . ووحدة التعرض هي كولوم/كج . ولكن الوحدة القديمة ، وهي الرونتغن (R) ما زالت مستعملة . والرونتغن الواحد يساوي 2.58×10^{-4} Coulomb/kg . وكلمة "التعرض" مستخدمة أيضا في هذا التقرير بمعناها العام وهو التعرض لشع ما ، مثل المصدر الإشعاعي .

٢٢ - وفي ضوء هذا المعنى الأخير ، يمكن التعبير عن التعرض لنواتج انحلال الرادون بطريقتين مختلفتين : باعتباره الكمية المستنشقة من نواتج الانحلال ، مع مراعاة قدرتها على بث الطاقة الإشعاعية ، أو باعتباره حصيلة الوقت الذي استنشقت فيه نواتج الانحلال وتركيزها في الهواء المستنشق . والطاقة الالغية المحتملة لنواتج الانحلال

المستنشقة يمكن التعبير عنها ببساطة بالجول (J) . وتركيز الطاقة الالفية المحتملة في الهواء بالجول لكل متر مكعب (J/m^3) أو بالوحدة القديمة ، وهي مستوى العمل (working level (WL)) ، حيث ($J/M^3 = 2.08 \cdot 10^{-5}$ WL = 1 . وبالنسبة للرادون المتكافئ مع ناتجه الانحلال ، فإن هذا يساوي تركيزا يبلغ ٢٧٠٠ بيكيريل/متر مكعب (Bq/m^3) . والتعرض لمنتجات الانحلال يعبر عنه عادة على أساس شهر مستوى العمل (working level month (WLM)) أو ، حسب التعبير المنتشر الآن وهو $Bq \cdot h/m^3$.

٢٣ - وفي تقرير اللجنة في عام ١٩٥٨ ، استخدمت كلمة "الجرعة" بشكل فضفاض ، بحيث كان يتعين استنتاج الكمية المقصورة من الوحدات المستخدمة (الروننتغن أو الراد ، أو الرم) أما في تقرير اللجنة لعام ١٩٦٢ ، فقد أعرب عن الجرعات بالراد أحيانا وبالرم أحيانا أخرى . ومع هذا ، فقد اتبع نهج أكثر تشددا في التقارير الخمسة التالية حتى تقرير عام ١٩٧٧ بما فيها تقرير عام ١٩٧٧ هذا . فالجرعة الممتمة كانت موضع استخدام مستمر ، بينما كان هناك تجنب متعمد لمكافئ الجرعة . والسبب الرئيسي في هذا هو أن المعلومات الفيزيائية والبيولوجية كانت تستهدف ، من بين ما استهدفته ، توفير أساس لتقديرات الفعالية البيولوجية النسبية والقيام أيضا بالتالي بتقدير مدى ملاءمة القيم الموصى بها فيما يتعلق بعامل النوعية (Q) . وذكر الجرعات باعتبارها مكافئات للجرعات كان من شأنه تجنب هذه القضية . ومع هذا ، فقد تعين أحيانا أن نعبر عن التعرض بالروننتغن لأن البيانات الأصلية كانت مقدمة على هذا النحو .

٢٤ - ومع تقديم تقرير اللجنة في عام ١٩٨٢ ، تغيرت هذه الممارسة . فقد زاد اهتمام اللجنة تدريجيا بتقديرات المخاطرة ، حيث لم تعد تكتفي بمجرد الإبلاغ عن مستويات الجرعة الممتمة . ومن أسباب هذا تزايد اتضاح أن مشتقات الرادون تسبب سرطان الرئة ، وأن هذه المشتقات موجودة بتركيزات عالية في المساكن . ومساهمات الجرعة من نوعيات الاشعاع ذات الفعاليات البيولوجية النسبية غير الوحدة ، لم تكن ، في الماضي ، تعتبر ذات بال حيث ساد اعتقاد بأن عرض الجرعات الممتمة فيه الكفاية . وقد اختلف الوضع الآن . وفي الوقت الذي اعتبر فيه أن مكافئ الجرعة يمثل كمية معدة للحماية من الاشعاع وأن قيم عامل النوعية (Q) الموصى بها من قبل اللجنة الدولية للحماية من الاشعاعات قد تختلف عن القيم الحقيقية للفعاليات البيولوجية النسبية ، فإن مكافئ الجرعة كان ما زال يعتبر ذا دلالة أفضل من الجرعة الممتمة فيما يتعلق بالمخاطرة .

٣ - تطور مفاهيم قياس الجرعات

٢٥ - الفقرات ٢٥ - ٤١ تستعرض التطور التاريخي لساثر المفاهيم والكميات المستخدمة من قبل اللجنة . فعند صدور تقرير اللجنة لعام ١٩٥٨ ، كان هناك اشران بيولوجيان واضحا هما اللوكيميا والغدر الوراثي . ولهذا السبب ، أعطيت الاولوية لحساب الجرعة في نخاع العظام وفي الغدد التناسلية . وفي حالة الجرعة الموجودة بالغدد التناسلية كان من الواضح أن الجرعة ليست لها أهمية بالنسبة لتقييم المخاطرة إلا إذا حسبت فيما يتعلق بالأفراد الذين يسمح لهم صغر سنهم بتوقع الأطفال . وفي حالة الجرعة في نخاع العظام ، برز سؤال بشأن ما إذا كان الأمر متصلا بمتوسط الجرعة أم بالجرعة القصوى ؛ وقد أدت المناقشة المترتبة على ذلك إلى الأخذ بمفهوم متوسط جرعة النخاع .

(١) الجرعة الكبيرة من الناحية الوراثية

٢٦ - تبين منذ وقت مبكر أن الاستخدامات الطبية للأشعة السينية هي المصدر الرئيسي للتعرض بسبب الانسان ، بالنسبة لغالبية المجموعات السكانية . ومع هذا ، فتوزيع الجرعة داخل جسم المريض يتسم بشدة التفاوت ، ومن ثم فإن تقييم الجرعة ليس بالأمر السهل . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن التوزيع العمري في المجموعات المعرضة من المرضى يختلف عنها في السكان عامة . ولحل هذه المشاكل ، استنبطت اللجنة مفهوم الجرعة الهامة وراثيا ، وعرفت بها بأنها "الجرعة التي لو تناولها كل فرد من السكان ، فإنه يتوقع منها أن تحدث بالسكان نفس الإصابة الوراثية الاجمالية التي كانت ستترتب على الجرعات الفعلية التي تناولها مختلف الأفراد" . واستنادا إلى هذا التعريف ، وصفت اللجنة صيغة ما وطريقة للتقييم لتقدير الجرعة الهامة وراثيا من مختلف أنواع الفحوص بالأشعة السينية . وهذا وارد وصفه بالتفصيل في تقارير الاعوام ١٩٥٨ و ١٩٦٢ و ١٩٧٢ .

(ب) متوسط الجرعة النخاعية

٢٧ - مع افتراض أن متوسط الجرعة في نخاع العظام النشط (الاحمر) هو الكمية المتمثلة بتقييم مخاطرة اللوكيميا واستخدام المعلومات المتعلقة بتوزيع النخاع النشط في الهيكل العظمي ، ثم تقييم هذه الكمية بالنسبة لمختلف أنواع الفحوص بالأشعة السينية . وفي الوقت الذي أقر فيه بأن هذه الكمية ليست هي المطلوبة إذا كانت علاقة الجرعة - الاستجابة ليست علاقة خطية أو إذا تضمنت هذه العلاقة مستوى حديا من الجرعة ، فقد كان من الواضح أيضا أن هذه العلاقة إذا كانت خطية وغير متضمنة

لمستوى حتى ما ، فإن ثمة كمية أخرى مع هذا هي التي ستحظى بالأهمية ، وهي متوسط الجرعة النخاعية الفردية في مجموعة ما من المجموعات السكانية ، وقد تم تقييم هذه الكمية في تقرير اللجنة في عام ١٩٥٨ .

(ج) النصيب من الجرعة

٢٨ - أدت تفجيرات التجارب النووية في الجو إلى ادخال عناصر توقيتية ، مما جعل مصدر الاشعاع مختلفا ، على سبيل المثال ، عن عمليات التعرض الطبي ، وذلك في ضوء اختلاف فترة الممارسة وفترة التعرض . فعقب كل تفجير من التفجيرات النووية ، تنبعث بعض النويدات المشعة طويلة العمر وتبقى في المحيط الحيوي سنوات عديدة ، حيث تسبب تعرضات اشعاعية . وتقديم الجرعات السنوية الناجمة عن التجارب التي تمت إلى حين وضع تقرير اللجنة في عام ١٩٥٨ لم يكن من شأنه توفير صورة مكتملة ، فهو لم يكن ليبين أن التلوث ينتظر له أن يستمر فترة طويلة ، مما يجعل الانسانية بالتالي معرضة له في السنوات القادمة . وقد ورد وصف لهذه الحالة بالرسوم البيانية في تقرير عام ١٩٥٨ . وهذه الرسوم تبين الجرعات المتوقعة في إطار الافتراضات المختلفة بشأن فترة إجراء الاختبارات في المستقبل .

٢٩ - وقد قدمت اللجنة ، في تقريرها لعام ١٩٦٢ ، مفهوم النصيب من الجرعة . وهذا النصيب الذي يتم الحصول عليه من سنة واحدة من الممارسة هو مجموع الجرعات السنوية الفردية التي لا بد وأن تحدث من جراء التلوث البيئي الناجم خلال السنوات المقبلة . ويمكن بيان أن النصيب من الجرعة المترتب على سنة واحدة من الممارسة يساوي أعلى جرعة سنوية فردية في المستقبل ، اذا استمرت الممارسة بمعدل ثابت لفترة غير محدودة . وقد أتاحت هذه العلاقة إمكانية تقييم العواقب المستقبلية للاستمرار في الممارسات المختلفة .

٣٠ - وفي تقرير اللجنة لعام ١٩٦٤ ، عرف النصيب من الجرعة بأنه "اجمالي متوسطات معدلات الجرعات في وقت بعينه بالنسبة لسكان العالم ، خلال وقت غير محدود ، من جراء ممارسة محددة ، مثل سلسلة ما من التفجيرات النووية . والتعرضات الفعلية قد تحدث خلال سنوات كثيرة بعد الممارسة ، وقد يتلقاها أفراد لم يكونوا مولودين في فترة الممارسة" . وقد تكرر هذا التعريف في التقارير التالية ، كما قدم عرض حسابي يتسم بالمزيد من الدقة في عامي ١٩٦٩ و ١٩٧٧ . ومن الجدير بالذكر أن ادماج متوسطات معدلات الجرعات اذا تم ، لا إلى ما لا نهاية ، بل إلى وقت محدد فقط ، فإن الامر سيكون متعلقا بآنصبه مبتورة من الجرعات .

(د) الجرعات الجماعية والانصب من الجرعات الجماعية

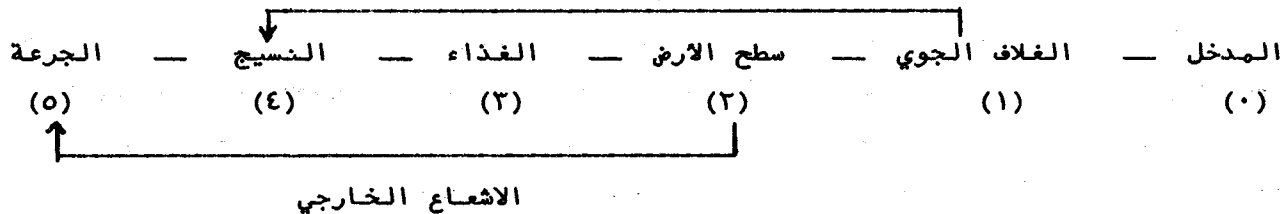
٣١ - إن استخدام مفهوم النصيب من الجرعة لم يشتمل على أي افتراضات ضمنية بشأن علاقة الجرعة - الاستجابة في مستوى الجرعات الاشعاعية المنخفضة التي تم تقييمها في مجال التلوث البيئي ؛ فهو لم يكن إلا نميطة رياضية لاضافة المساهمات الحتمية للجرعات .

٣٢ - وثمة مفهوم آخر هو الجرعة الجماعية . فمع افتراض وجود تناسب بين زيادات الجرعات والزيادة المترتبة على ذلك في المخاطرة بالتعرض للضرر ؛ يكون العدد المتوقع لافراد المتأثرين بشكل ضار متناسبا مع الجرعة الجماعية ، حيث أن هذه الجرعة الجماعية معرفة بأنها عدد الافراد المعرضين ومتوسط جرعتهم الاشعاعية . وقبل عام ١٩٧٧ ، كانت اللجنة مترددة في تقييم الجرعات الجماعية ، لان قيامها بهذا كان من شأنه أن يتضمن علاقة غير مثبتة وهي علاقة الجرعة - الاستجابة . بيد أن اللجنة قد قيمت ، في تقريرها لعام ١٩٧٧ ، الجرعات الجماعية الممتصة من مختلف المصادر والممارسات . وقد قيم النصيب من الجرعة الجماعية حيثما كان هناك توقع بأن ممارسة ما سوف تسبب تعرضات في السنوات المقبلة . وهو ببساطة مجموع الجرعة الجماعية المتوقع من ممارسة ما خلال الوقت المستقبلي بكامله .

(هـ) معاملات التحويل

٣٣ - يوجد تناسب بين الانصب من الجرعات المترتبة على الممارسات التي تسبب تلوث البيئة وبين كمية النويدات المشعة ذات الصلة التي تنطلق في البيئة . ومن ثم ، فإن التقييم يتضمن دراسة سلسلة من الاحداث منذ الادخال الاولى للمادة المشعة في الهواء الجوي ، على سبيل المثال ، وحتى تعريض أنسجة الجسم للاشعاع في النهاية . وهذه السلسلة من الاحداث يمكن بيانها بشكل تخطيطي كما يلي :

الاستنشاق



٣٤ - وابتداء من تقرير عام ١٩٦٩ ، قامت اللجنة بتقييم معاملات التحويل ، أي قيم خارج قسمة الكمية المتداخلة مع الوقت (مثل تركيز النشاط) في كل خطوة والكمية

المقابلة في خطوة سابقة . وعلى سبيل المثال ، فإن عامل التحويل P_{34} يمثل تركيز النشاط المتداخل مع الوقت في نسيج ما مقسوم على التركيز المتداخل مع الوقت لنفس النوييدة في الغذاء . وحاصل معاملات التحويل بكاملها يربط مباشرة كمية المادة المشعة التي تدخل في الهواء الجوي بالجرعة الناشئة . والصفة الرياضية وطريقة التقييم قد ورد وصفهما بالتفصيل في تقرير عام ١٩٦٩ .

(و) الاعضاء المعنية

٣٥ - قامت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٥٨ ، كما سبق القول ، بحساب الجرعات المتمثلة بعضوين فقط : الغدد التناسلية ونخاع العظام النشط . فقد كانا هما العضوين الوحيدين اللذين أجريت لهما بعض تقديرات المخاطرة في ذلك الوقت . وفي تقرير عام ١٩٦٩ ، أضافت اللجنة تقييمات للجرعات بشأن نسيج آخر جديد ، وهو الخلايا المغطية لسطح العظام . وحتى عام ١٩٧٢ ، كانت قد أجريت بالتالي تقييمات للجرعات لـ ٣ أعضاء (الغدد التناسلية ، ونخاع العظام النشط ، وخلايا سطح العظام) ، رغم أن اللجنة كانت قد قامت في الواقع بتقييمات للمخاطرة تتعلق بأعضاء أخرى ، مثل الغدة الدرقية (١٩٦٤ و ١٩٧٢) والثدي والرئة (١٩٧٢) . وثمة سبب للحد من عدد الاعضاء يتمثل في أن تقييمات الجرعات كانت ستصبح أكثر تعقيدا كلما زاد عدد الاعضاء التي تدخلها اللجنة ، كما أن المقارنات بين مختلف المصادر كانت ستصبح بالغة الصعوبة .

٣٦ - ومع هذا ، فقد أضافت اللجنة ، في تقريرها لعام ١٩٧٧ ، عضوا جديدا آخر كذلك ، وهو الرئة ، مما يرجع إلى ما اتضح بشكل متزايد من أن مشتقات الرادون التي تخرج أشعة ألفا ، في المساكن ، لها أهمية بيولوجية ، وأن الرادون الذي يتسرب من نفايات ممانع اليورانيوم يولد أنصبة طويلة المدى بالغة الارتفاع .

(ز) مكافئ الجرعة الفعالة

٣٧ - في عام ١٩٧٧ ، نشرت اللجنة تنقيحا لتوصياتها العامة (منشور اللجنة رقم ١٦) ، حيث اقترحت مجموعا مرجحا من مكافئات الجرعات الاشعاعية في أكثر الاعضاء والانسجة حساسية للاشعاع ليكون أساسا لتقييمات الوقاية من الاشعاع . وقد سمي هذا المجموع المرجح مكافئ الجرعة الفعالة . وقد أعطي نفس الوحدة المستعملة مع مكافئ الجرعة وهي السيفرت . ويتحدد مكافئ الجرعة الفعالة بمجرد استخدام عوامل ترجيح العضو التي اوصت بها اللجنة استنادا إلى تقييمات المخاطرة . اما الانواع الاخرى من مجاميع جرعات الاعضاء المرجحة ، والتي لها عوامل ترجيح مختلفة ، فلا يجوز تسميتها بمكافئات جرعات فعالة .

٣٨ - وقد كان المقصود ، في البداية ، من مكافئ الجرعة الفعّالة بيان الأخطار التي يتعرض لها العضو ذو الصلة فيما يتصل بعدد متوسط من السكان العاملين . وقد أعطى هذا المعادل وزنا ما لعيب وراشي شديد في الجيلين الأولين من ذرية الشخص المعرض للإشعاع يكافئ الوزن المعطى لحدوث سرطان مهلك بالنسبة لهذا الشخص . كما أعطى وزنا مغريا للسرطان القابل للشفاء . وكان هذا المفهوم مناسباً في ظل الاستخدام المزمع للكمية . وقد حظيت نفس الكمية ، منذ ذلك الوقت ، باستعمال واسع النطاق في مجال تقييم الجرعات الجماعية بالنسبة لأفراد الجمهور . وفي هذا المقام ، قد يتعرض استخدام مكافئ الجرعة الفعّالة للتشككات حيث أن من المعروف أن به نقيصتين هما عدم تعليله للفرق بين التوزيع العمري للعمال والتوزيع العمري للسكان عموماً وعدم إدراجه للسرطان القابل للشفاء والضرر الوراثي في الأجيال التالية للجيل الثاني . وقد اقترحت تصويبات مختلفة للتعويض عن هذين القصورين ، وباستثناء ما يتعلق بأغراض الوقاية من الإشعاع ، وفي ظل جميع التشككات الأخرى ، فإن من الغالب قبول التوسعات في استخدام مكافئ الجرعة الفعّالة .

٣٩ - وفي مجال البحث عن طرق لتقديم الجرعات الإشعاعية من مختلف المصادر والممارسات ، واجهت اللجنة مشاكل مماثلة لما واجهته اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات . وفي حالات التعرض الطبي والتعرض لمشتقات الرادون في الرئتين ، بصفة خاصة ، لوحظ أن الأعضاء المختلفة تتلقى جرعات شديدة التباين ، كما أن فكرة الجرعة المرجحة للجسم كله كانت فكرة جذابة . واللجنة تدرك تماماً أن مكافئ الجرعة الفعّالة لم يوضع لأغراضها الخاصة بها ، ولكنها لم تستطع التوصل لطريق بديل للأغراب عن التعرضات الإشعاعية من قبل عدد أحادي .

٤٠ - وفي تعريف مكافئ الجرعة الفعّالة ، توجد إضافة لمخاطرة السرطان ومخاطرة الضرر الوراثي . ومعاملات المخاطرة في حالتي السرطان والضرر الوراثي ، بالصيغة المطبقة بها على مكافئ الجرعة الفعّالة ، لا يمكن تحديدها بوضوح إلا إذا تلقت جميع الأعضاء جرعة واحدة لها نفس المقدار . وفي حالات اختلافها في الجرعات المتلقاة ، فإن مكافئ الجرعة الفعّالة يعطي أساساً لتقدير المخاطرة الجماعية ، ولكنه لا يتضمن أي دلالة عن النسب ذات الصلة للمخاطرة السرطانية والمخاطرة الوراثية (انظر الفصل الثالث ، القسم جيم) .

٤١ - واستخدم مكافئ الجرعة الفعّالة في تقرير عام ١٩٨٢ وأجريت مقارنات على أساس مكافئ الجرعة الفعّالة الجماعية . ومن أجل تبسيط عرض الجرعات ومقارنتها كان لا بد للجنة من أن تلجأ على عبارات أكثر تعقيدا ؛ ويبدو أنه لا يوجد مخرج سهل من هذه الورطة للأسف .

جيم - تقدير الجرعات

١ - مصادر الإشعاع الطبيعية

٤٢ - خلصت اللجنة لدى اعداد التقرير الاول (١٩٥٨) الى أن العوامل الرئيسية الثلاثة التي تسهم في جرعات الاشعاع المستمدة من الاشعاع الطبيعي في الانسجة الرقيقة بجسم الانسان هي الاشعة الكونية ، وإشعاع غاما الارضي ، والبوتاسيوم - ٤٠ الموجود داخل الجسم ذاته . ولدى اجراء تقدير لاسهام الجرعة المشتركة من هذه المصادر الثلاثة في تقارير اللجنة عن الفترة ١٩٥٨ - ١٩٧٧ ، تفاوت ذلك الاسهام من ٩٣ الى ٩٨ في المائة من مجموع الجرعة الممتصة من جميع المصادر الطبيعية ، وبلغ حسب التقديرات حوالي ١٠٠ مليار سنويا . وكان اسهام المصادر الثلاثة كما يلي : ٣٠ مليار تقريبا من الاشعة الكونية ، ٣٠ - ٥٠ مليار من إشعاع غاما الارضي و ٢٠ مليار من البوتاسيوم - ٤٠ الموجود في الجسم .

٤٣ - وفي جميع تقارير اللجنة التي أعدت حتى عام ١٩٧٢ ، بما فيها تقرير عام ١٩٧٢ ، قدرت الجرعات لثلاثة أنسجة : الغدد التناسلية ، وخلايا العظم ، ونخاع العظم . واستخدمت الجرعات الفردية في هذه الانسجة لمقارنة الجرعات في متن التقارير . ولم تتباين القيم المقدرة إلا قليلا من تقرير الى آخر ، باستثناء واحد هو المبالغة في تقدير جرعة المكون النيوتروني للأشعة الكونية في عام ١٩٦٢ .

٤٤ - وورد ذكر جرعة الرئة المستمدة من منتجات نظائر الرادون المستنشقة داخل المباني في الجداول الموجزة لتقرير عام ١٩٧٧ ، ولكن هذه الجرعة لم تكن ملفتة للنظر لأنها قدمت في شكل جرعة ممتصة . بيد أنه تم حساب مكافئ الجرعة الفعّالة لأول مرة في عام ١٩٨٢ واتضح أهمية هذا الإسهام لأنه بلغ حوالي نصف المجموع كمتوسط عالمي . وتبعاً لذلك ، رفعت القيمة المقدرة لمكافئ الجرعة الفعّالة السنوية المستمدة من مصادر الإشعاع الطبيعي الى حوالي ٢ رجل سيفرت ، أي حوالي ضعف القيمة الواردة ضمناً في التقارير السابقة للجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بأثار الاشعاع الذري التي لم تأخذ جرعة الرئة في الاعتبار .

٢ - التفجيرات النووية

٤٥ - جرت معظم التفجيرات النووية في الغلاف الجوي قبل عام ١٩٦٣ ، وقدر مجموع قوتها بما يقابلها من كميات مادة TNT في تقرير اللجنة لعام ١٩٦٤ على النحو التالي :

<u>الفترة</u>	<u>القوة (بالميفاتون)</u>
١٩٤٥ - ١٩٥١	٠,٨
١٩٥٢ - ١٩٥٤	٦٠,٠
١٩٥٥ - ١٩٥٦	٢٨,٠
١٩٥٧ - ١٩٥٨	٨٥,٠
١٩٥٩ - ١٩٦٠	٠,٠
١٩٦١ - ١٩٦٢	٣٣٧,٠

وقد نقت هذه الارقام فيما بعد قليلا في ضوء المعلومات الجديدة (انظر الفقرة ١٤٣ والجدول ٥) .

٤٦ - وكانت التجارب في الغلاف الجوي بعد عام ١٩٦٣ صغيرة اذا قورنت بالتفجيرات السابقة ، وتوقفت هذه التجارب تماما بعد عام ١٩٨٠ . ولم تثر على التفجيرات الجوية الكثيرة التي أجريت في السنوات اللاحقة إلا آثار بيئية طفيفة . وهذه الصورة الزمنية تعطي فكرة عن الحالة البيئية التي كانت سائدة عندما أعدت اللجنة تقاريرها المختلفة .

٤٧ - وتنقل التفجيرات الكبيرة في الغلاف الجوي معظم المواد المشعة السامة الاستراتيجية : وتبقى هذه المواد هناك بعض الوقت ، وقد قدر متوسط وقت البقاء بما يتراوح بين مدة تقل عن سنة ومدة خمس سنوات تقريبا حسب الارتفاع وخط العرض . وعلى ذلك فقد تحدث السقطة بعد مضي سنوات على انطلاق المواد في الجو نتيجة للانفجار . ولا تتجاوز المادة المشعة التي تحملها التفجيرات الصغرى التروبوسفير ، وتحدث السقطة في غضون أيام أو أسابيع .

٤٨ - وعندما أعدت اللجنة تقريرها لعام ١٩٥٨ ، لم تكن لديها معلومات كافية عن الموجودات العالمية من المواد المشعة التي تعيش وقتا طويلا لكي تتمكن من استحداث نماذج التقدير المستخدمة في التقارير اللاحقة . بيد أن اللجنة ربطت بين معدلات السقطة والرواسب التي تم قياسها وبين مستويات التلوث الإشعاعي التي تمت ملاحظتها في النباتات والأغذية . وكما تم توضيحه في الفرع باء من الفصل الثاني ، كانت الكميات التي تم تقديرها في البداية هي الجرعة ذات الأهمية الوراثية ومتوسط جرعة نخاع العظم للفرد ، لأنه كان بوسع اللجنة أن تضع تقديرات لاحتمال الخطر بالنسبة لهاتين الجرعتين .

٤٩ - وفي التقارير الأربعة الأولى للجنة (١٩٥٨ - ١٩٦٦) ، وصفت اللجنة بإسهاب عمليات الأرماد الجوية التي تستنفذ موجودات المخلفات المشعة في الاستراتيجيات . وبالنسبة للإنسان ، عزيت أعلى مستويات التعرض إلى المواد المشعة طويلة العمر التي تتسبب في التعرض للإشعاع طوال عدد من السنوات . وكانت النويدات المشعة المسيطرة هي السترونشيوم - ٩٠ (منتصف العمر : ٢٨ سنة) ، والسيزيوم - ١٣٧ (٣٠ سنة) ، الكربون - ١٤ (٥٧٠٠ سنة) : وكذلك يمكن أن تسهم بعض النويدات المشعة لأشعة غاما ، من سقطة انتروبوسفير ، مثل الزركونيوم - ٩٥ والروتينيوم - ١٠٦ ، أسهاما كبيرا من خلال التعرض للترسيب الأرضي .

٥٠ - ولما كانت اللجنة مهتمة بالجرعة الإشعاعية في نخاع العظم والنشط وخلايا العظم فقد قامت في بادئ الأمر بإجراء أدق حساب في تاريخها لجرعة السترونشيوم - ٩٠ ، لكن تبين في نهاية الأمر أن السيزيوم - ١٣٧ يسبب جرعات أعلى نظرا لازدواج التعرض له بواسطة إشعاع غاما الخارجي الآتي من الترسب الأرضي وبواسطة التعرض الداخلي الناجم عن تناوله مع الطعام . ويمكن التحقق من التعرض الناتج عن السيزيوم - ١٣٧ باستخدام مقاييس مباشرة للمحتوى الجسماني ؛ ولكن هذا الأسلوب كان أصعب بالنسبة للسترونشيوم - ٩٠ .

٥١ - وطبقت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٦٢ مفهوم ال dose commitment الذي أتاح تقدير آثار التجارب التي تم إجراؤها في سنة معينة أو جميع التجارب التي تم إجراؤها حتى وقت إعداد التقرير . بيد أنه تبين في هذه التقديرات أن أسهام الكربون - ١٤ كان عاليا نظرا لطول مدة منتصف عمره . وفي تقرير ١٩٦٣ و ١٩٦٤ استحدثت نماذج لتقدير الجرعة من الكربون - ١٤ .

٥٢ - وفي عام ١٩٦٤ ، وجهت العناية الى الجرعات الفردية العالية الناجمة عن التركيزات المعززة من السيزيوم - ١٣٧ في بعض سلاسل الاغذية خاصة سلسلة خزان والرنه . وقد ورد بحث مسهب لهذه الجرعات في تقرير عام ١٩٦٦ حيث ذكر أن مستويات السيزيوم - ١٣٧ في لحم الرنه بلغت في بعض الاحيان ١٠٠ نانوكوري/كغم (٣ ٧٠٠ Bq/Kg) وفي أسماك المياه العذبة ١٠ نانوكوري/كغم .

٥٣ - وفي تقرير عام ١٩٦٩ ، استعرضت الاشكال الرياضية لجميع الحسابات واستحدث مفهومًا سلسلات التحول ومعاملات التحول . وعند اعداد تقرير عام ١٩٧٢ ، انخفض معدل السقاطة كثيرا بعد وقف معظم التجارب في عام ١٩٦٢ ، ومن ثم أمكن وضع تقديرات أدق لبعض معاملات التحول ، مما أسفر عن تخفيض تقديرات الجرعة قليلا .

٥٤ - وفي عام ١٩٧٧ ، ولاول مرة ، قدرت الجرعة الجماعية لمعظم أنسجة الجسم الرقيقة من تفجيرات التجارب النووية التي جرت قبل عام ١٩٧٦ وتبين أنها تتراوح من ٤٠٠ مليون الى ٨٠٠ مليون رجل راد اذا لم يسهم الكربون - ١٤ إسهاما كاملا ، أما اذا أسهم الكربون - ١٤ إسهاما كاملا فتكون الجرعة ضعف ذلك تقريبا . ولاغراض المقارنة ، كان تقدير الجرعة الجماعية السنوية لسكان العالم من مصادر الاشعاع الطبيعي حوالي ٣٠٠ مليون رجل راد في تقرير عام ١٩٧٧ .

٥٥ - وفي تقرير عام ١٩٨٢ ، تم بوجه عام استعراض نفس المعلومات الاساسية . وبعد ذلك تم وصف نماذج تقدير الجرعة في مرفق خاص ، حيث أدرجت كذلك معاملات التحول والرموز والوحدات . وفي هذه المرة تم حساب مكافئ الجرعة الفعالة . ووفقا لتقدير عام ١٩٨٢ ، كانت إسهامات الجرعة الجماعية من النويدات المشعة الرئيسية على النحو التالي :

مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية (١٠ رجل سيفرت)		النوييدة المشعة
من الداخل	من الخارج	
٠,٥	-	السترونشيوم - ٩٠
-	٠,٦	الزركونيوم - ٩٥
٠,١	٠,٢	الروثينيوم - ١٠٦
٠,٧	١,٥	السيزيوم - ١٣٧
		مواد أخرى ،
٠,٧	٠,٢	ماعداء الكربون - ١٤
٢,٠	٢,٥	المجموع الفرعي
	٤,٥	المجموع

٥٦ - ومن المشاكل الرئيسية التي تواجه تقدير الجرعات الجماعية مستقبلا ضرورة وضع افتراضات بشأن حجم السكان . ولدى وضع التقديرات في تقرير عام ١٩٨٢ ، افترضت اللجنة أن عدد سكان العالم ، بلغ ٤ ١٠ نسمة عند حساب الجرعات الجماعية من النويدات المشعة التي يبلغ منتصف عمرها ١٠ - ٣٠ سنة . وقدر نصيب الجرعة من هذه النويدات المشعة ومن النويدات المشعة الاقصر عمرا بحوالي رجل سيفرت . ولدى حساب الجرعة الجماعية من الكربون - ١٤ ، افترضت اللجنة أن عدد سكان العالم بلغ ٤ ١٠ نسمة في تقديرها لعام ١٩٧٧ ، واستعملت تقديرا مسقطا للسكان بلغ ١٠ ١٠ نسمة في التقدير الذي وضعته عام ١٩٨٢ . ورفع الافتراض الاخير مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية من الكربون - ١٤ الى ٢٦ مليون رجل سيفرت .

٣ - انتاج الطاقة النووية

٥٧ - في عام ١٩٧٠ ، كان مجموع القدرة القائمة على الصعيد العالمي لتوليد الطاقة الكهربائية في المفاعلات النووية حوالي ٢٠ جيجاوات . وعلى مدى السنوات العشر

التالية ، زاد التوليد النووي للكهرباء بما يفوق ١٠ جيغاوات ، ومن القدرة القائمة سنويا حتى بلغ ١٤٤ جيغاوات في عام ١٩٨١ . وكان هذا الاستحداث السريع للطاقة النووية على نطاق واسع مبررا لقيام اللجنة بوضع تقديرات اعتبارا من تقريرها لعام ١٩٧٢ . ولما كانت اللجنة تواجه حالة مماثلة للحالة التي واجهتها بسبب التفجيرات النووية ، فقد أدركت أن تقديرها للجرعات مستقبلا سوف يعتمد على الافتراضات التي تضعها بالنسبة لاستمرار ممارسة توليد الطاقة النووية والتوسع فيه . وجدير بالملاحظة أن اسقاطات التوسع التي استخدمتها اللجنة في ذلك الوقت كانت أعلى مما تحقق فعلا .

٥٨ - وهكذا فإنه بالإضافة الى تقدير الجرعات والجرعات الجماعية لكل سنة من الممارسة على أساس المعدل الحالي ، قدرت اللجنة هذه الكميات كذلك لكل وحدة من الطاقة الكهربائية المنتجة ، أي لكل ميغاوات سنة . وكان المعتقد أن المساهمات الرئيسية في الجرعة الجماعية تأتي من التلوث العالمي الناجم عن الترتيوم والكريببتون - ٨٥ المطلق أثناء إعادة تجهيز الوقود المستهلك وعن التعرض المحلي بالقرب من محطات الطاقة . وقدر المجموع بحوالي ٠,٤ رجل راد/ميغاوات سنة . بيد أن هذه القيمة لم تستخدم في الجداول الموجزة أو في متن التقرير . وبدلا من ذلك ، قدرت الجرعة السنوية للفرد بالنسبة لسكان العالم على افتراض بقاء انتاج الطاقة النووية عند المستوى المتوقع لعام ٢٠٠٠ (قدرة قائمة قدرها ٣٠٠ ٤ جيغاوات من الطاقة الكهربائية) . وقدرت هذه الجرعة السنوية بحوالي ٠,٢ في المائة من الجرعة المستمدة من مصادر الاشعاع الطبيعية .

٥٩ - وفي تقرير عام ١٩٧٧ ، اتبع أسلوب أكثر منهجية في تقدير الجرعة الجماعية لكل وحدة من الطاقة الكهربائية المولدة لكل خطوة من دورة الوقود النووي (التعدين ، والتغريض ، وتركيب الوقود ، وتشغيل المفاعلات ، وإعادة تجهيز الوقود) ، بما في ذلك حالات التعرض أثناء العمل . وكانت التقديرات التي أدرجت في تقرير عام ١٩٧٧ أعلى بكثير من التقديرات المدرجة في تقرير عام ١٩٧٢ ، بعد أن أتيح الحصول على المزيد من البيانات والتعمق في معالجة الموضوع . وقدر إسهام التعرض أثناء العمل بما يقرب من ٤ رجل راد لكل ميغاوات سنة وتعرض الجمهور بما يتراوح بين ١,٥ و ٣,٨ رجل راد لكل ميغاوات سنة للأنسجة المختلفة . وتبين أن مصدر أعلى إسهام مفرد كان التوزيع العالمي الناجم عن إعادة التجهيز . ومن رأي اللجنة أن هذه القيم قد تكون متشائمة الى حد ما لأن الخبرة السابقة المكتسبة من إعادة التجهيز والبحث والتطوير وهما مساهمان يسببان حسب التقديرات ما يتراوح بين ٤ و ٦ رجل راد لكل ميغاوات سنة - قد لا تنير السبيل للخبرة المقبلة . وواجهت اللجنة مشكلة خاصة عندما

تناولت التعرض للرادون المطلق من نفايات تغريز اليورانيوم . ويسبب هذا المصدر جرعات رثوية لن تكون عالية بالنسبة لأي فرد ، ولكن طول فترة انبعاث الرادون من النفايات (التي يحددها منتصف العمر المادي لتوريوم - ٢٣٠) قد يجعل الجرعة الجماعية عالية جدا .

٦٠ - واعترف تقرير عام ١٩٨٢ بصورة أوضح بالمشكلة التي يسببها الرادون ، حيث حسب مكافئ الجرعة الفعالة . وقدر أن مختلف خطوات دورة الوقود تسبب مجتمعة ٥,٧ رجل سيفرت لكل جيفاووات سنة (٠,٥٧ ريم للفرد لكل ميفاووات لكل سنة) ، مع استبعاد التوزيع العالمي . كذلك قدر أن نحو ٢ رجل سيفرت لكل جيفاووات سنة يسببها التوزيع العالمي من التريتيوم والكريببتون - ٠,٨٥ . وقدر اسهام التعرض المهني بما يقل قليلا عن ٣٠ رجل سيفرت لكل جيفاووات سنة . وعلى ذلك كان التقدير الكلي حوالي ٢٥ رجل سيفرت لكل جيفاووات سنة (٣,٥ رجل رم لكل ميفاووات سنة) أي أقل قليلا من تقدير عام ١٩٧٧ .

٦١ - فضلا عن ذلك ، كانت اللجنة تتوقع اسهاما من النويدات المشعة الطويلة العمر لكربون - ١٤ (منتصف العمر ٥٧٠٠ سنة) واليود - ١٢٩ (١٠,٦ ٧ سنة) ، ومن انبعاث الرادون الخاضع في المقام الاول لسيطرة الثوريوم - ٢٣٠ (١٠ ٨ ٤ سنة) ، ومن الاكتينيدات الطويلة العمر التي تتسرب من مخازن النفايات الشديدة الاشعاع . وباستثناء الكربون - ١٤ لا يتوقع أن تسبب هذه النويدات أي جرعة جماعية تراكمية كبيرة خلال أي فترة تتألف من ١٠٠٠ سنة . (بيد أن الكربون - ١٤ سوف يعطي ١٠ رجل سيفرت لكل جيفاووات سنة خلال المائة سنة الاولى) . وعلى افتراض زيادة عدد السكان الى ١٠^{١٠} نسمة بعد مليون سنة ، قدرت الجرعة الجماعية من النويدات المشعة الطويلة العمر بحوالي ٣ ٤٠٠ رجل سيفرت لكل جيفاووات/سنة :

٢ ٨٠٠	الرادون من نفايات المصانع
٤٦٠	اليورانيوم من نفايات المصانع
١١٠	الكربون - ١٤
٣٠	النفايات العالية الإشعاع
٢٨	اليود - ١٢٩

وعلى ذلك تكون الجرعات المقابلة للفرد الواحد خلال عمره طفيفة . اذا ما قورنت مثلا بجرعات اشعاع الخلفية الطبيعية ؛ وتعزى الأرقام العالية الى طول الفترات الزمنية فقط . وليس سؤالا علميا السؤال عن مدى أهمية التعرض خلال فترات كهذه بالنسبة لانتاج القرارات .

٦٢- وباستخدام مفهوم الامتصاص غير الكامل (المختزل) للجرعة وبافتراض أن الطاقة النووية السنوية التي ستُولد في المستقبل ستبلغ ١٠ ٠٠٠ جيغواط في السنة ، توصلت اللجنة ، أخيرا الى إسقاط نصيب الفرد من مكافئ الجرعة الفعالة السنوية وهو ٢٥ ميكروسيغرت أي ما يعادل ١ في المائة تقريبا من الجرعة السنوية المتأتية من الإشعاع الناجم عن مصادر طبيعية .

٤ - حالات التعرض الطبي

٦٣- في سنة ١٩٥٧ ، عندما كانت اللجنة تعد تقرير سنة ١٩٥٨ ، أصدرت بيانا هامما جاء فيه : "يبدو أنه من الهام للغاية ... ، أن يقتصر التعرض الى الإشعاع بجميع أنواعه على الحالات الجوهرية والهامة سواء في مجال التحقق أو العلاج وذلك لكي يكون مستوى تعرض السكان الى الإشعاع في أدنى حدوده الممكنة دون أن ينال ذلك بشكل ممن الاشكال من فعالية الاستعمال الطبي للإشعاع" . وكذلك سعى البيان الى الحصول على معلومات إضافية عن حالات التعرض الطبي التي ثبت أنها تشكل نسبة هامة من إجمالي الإشعاع الذي يتعرض له البشر .

٦٤- وفي تقرير سنة ١٩٥٨ ، أعطت اللجنة الاولوية لتقييم الجرعات الهامة وراثيا . وتم التحقق من أن أكثر الجرعات أهمية وراثية هي تلك التي تتأتى عن التعرض للأشعة السينية المستخدمة للتشخيص والتي كانت في ذاك الوقت تستعمل التصوير بالفلوروسكوب أكثر من استعمالها للتصوير بالراديو سكوب . وتم تصنيف ممارسات التشخيص في ٢٣ نوعا ، وتم تقديم بيانات التعرض الى الإشعاع المتصلة بها بالنسبة الى عدد قليل من البلدان مما سمح بمقارنة الجرعات في الممارسات المختلفة . ووضعت بالإضافة الى ذلك تقديرات إجمالية لنصيب الفرد من متوسط جرعة نخاع العظام من تلك الممارسات . وتبين أن أكثر من ٨٠ في المائة من الجرعات الهامة وراثيا تصدر عن ست أو سبع من الممارسات فقط وهي تشكل في مجموعها ١٠ في المائة تقريبا من جميع الممارسات . وأشارت البيانات الى أنه قد يكون من الممكن خفض الجرعات بشكل ملحوظ وذلك بإيلاء انتباه أكبر الى التقنيات . وكانت الجرعة الهامة وراثيا المتأتية عن ممارسات الأشعة السينية ، تتراوح في مجموعها بين ١٧ و ١٥٠ ميليهرم في السنة في مختلف التقديرات الوطنية .

٦٥- في تقرير سنة ١٩٦٦ واصلت اللجنة استعراض البيانات الوطنية المقدمة اليها . وقد توفرت بيانات مفصلة عن ١٢ بلدا . وكانت النتائج شبيهة بالنتائج التي وردت في تقرير سنة ١٩٥٨ . وكانت الجرعات الهامة وراثيا المقيّمة تتراوح بين ٧ و ٥٨ ميليـرم في السنة . وتمت مناقشة سبل تخفيض الجرعات التي يأخذها المريض ، فوضعت قائمة بأكثر التدابير الحمائية فعالية ، على نحو استعمال أصغر رقعة ممكنة من المساحة المعرضة للإشعاع ، وتقليل مدة التعرض الى الفلورسكوب . وفي الواقع كانت تلك توصية حمائية قدمت قبل أن تُصدّر اللجنة الدولية للحماية من الاشعاعات أية توصيات بشأن حماية المرضى .

٦٦- وبعد ذلك تم استعراض حالات التعرض الطبي في تقرير سنة ١٩٧٢ . وظل التركيز منصبا على الجرعة الهامة وراثيا وتراوحت القيم التي تم تقديرها بين ٥ و ٧٥ ميليراد وذلك بالرغم من الازدياد المبلغ عنه بمعدل ٢ الى ٦ في المائة سنويا في عدد الفحوص بالاشعة السينية . ورأت اللجنة أن لديها أخيرا القدر الكافي من المعلومات عن البلدان الصناعية لوضع أسس محاولة التخلص من حالات التعرض غير الضروري للإشعاع . ولاحظت أن نسبة كبيرة من السكان في العالم ليس لديها إمكانية الانتفاع من مرافق الاشعة السينية الحديثة والفوائد الصحية التي توفرها .

٦٧- في تقرير سنة ١٩٧٧ ، ناقشت اللجنة المشاكل الناجمة عن مقارنة الجرعات في حالات التعرض لمصادر مختلفة كالإشعاعات الطبيعية ، والانفجارات النووية ولدى إنتاج الطاقة النووية ، وفي حالات التعرض الطبي . أما فيما يتعلق بالمصدر الأخير فإن الجرعات التي تمتصها الاعضاء لدى التشخيص بواسطة الاشعة ، تتراوح بين بضعة ميليرادات وبضع عشرات الراد وتوزع عادة بمعدلات مرتفعة من الجرعات . أما توزيع الجرعات فهو غير متكافئ سواء في الجسم أو بين السكان . فضلا عن أن التركيز الذي وضع حتى الآن على الجرعة الهامة وراثيا ربما أبعد الانظار عن إمكانية تعرض أعضاء أخرى تعرضا هاما للإشعاعات ، لذا وسعت اللجنة مجال تقييمها لتشمل فيه أعضاء أخرى غير الغدد التناسلية والنخاع العظمى .

٦٨- وفي محاولة إيجاد أسس لمقارنة الجرعات ، بحثت اللجنة عن طريقة مرضية للجمع بين الجرعات الموزعة على مختلف الاعضاء في جرعة واحدة موزعة على الجسم بالتساوي فتكون ذات أهمية في تقييم مدى التعرض الى خطر الإصابة بالسرطان ، غير أن اللجنة أخفقت في محاولتها تلك ، وفي تقرير سنة ١٩٨٢ ، قررت اللجنة ، كحل وسط ، تقييم الجرعة الفعالة المكافئة وهو أمر يتناسب أكثر مع أغراضها رغم مواطن الضعف فيه .

٦٩- وأكد تقييم سنة ١٩٨٢ أن حالات التعرض الطبي تشكل الإسهام الأكبر من صنع الإنسان في جرعات الإشعاع التي تنساب السكان ، وأن هذا الإسهام يقارب في بعض البلدان الصناعية الجرعات المأخوذة عن مصادر طبيعية . إلا أن اللجنة ذكّرت القارئ أن حالات التعرض الطبي تختلف عن حالات التعرض الأخرى التي هي من صنع الإنسان في أن الشخص المتعرض لهذه الممارسة يستفيد مباشرة من تعرضه . وتبين الآن أن عدد الفحوص السنوية للتشخيص بواسطة الأشعة السينية يتراوح بين ٣٠٠ و ٩٠٠ فحص سنوي في السنة لكل ١٠٠٠ من السكان في البلدان الصناعية وذلك باستثناء الاستقصاءات الجماعية وفحص الأسنان . ويشكل الفحص بواسطة الأشعة السينية الجزء الأساسي مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية الناجمة عن الممارسات الطبية ، أما العلاج باستخدام الإشعاع والطب النووي فهما لا يشكلان سوى جزء صغير للغاية .

٧٠- أعربت اللجنة عن أسفها لعدم توفر معلومات وافية عن ثلثي سكان العالم الذين يعيشون في بلدان هي أقل استعمالاً للفحوص الراديولوجية من البلدان الأكثر تقدماً . وفيما يتعلق بالبلدان المتقدمة النمو ، قدرت اللجنة الجرعة الجماعية السنوية الفعالة المكافئة من الممارسات الطبية بما يقارب ١٠٠٠ رجل سيفرت لكل مليون نسمة ، أي ما يعادل ٥٠ في المائة تقريباً من حالات التعرض إلى إشعاعات من مصادر طبيعية .

٥ - حالات التعرض المهني

٧١- ناقشت اللجنة حالات التعرض المهني في تقاريرها لسنة ١٩٥٨ و ١٩٧٢ و ١٩٧٧ و ١٩٨٢ ، وأشارت مراراً إلى أنه يصعب تحليل البيانات المقدمة لأسباب متعددة . ذلك أن الجرعات المُبلغ عنها كانت تقاس بواسطة مقياس فردي للجرعات ، وكانت الكميات المقاسة تختلف باختلاف نوع المقياس الفردي وقياساته ، وهذه القياسات تعتمد على موضع مقياس الجرعات من الجسم ، ويجب الافتراض أنها تقارب جرعة موزعة على كل الجسم بالتساوي . أما عدد الأفراد المعرضين للإشعاع بحكم مهنتهم فلا يماثل عدد الأشخاص الموضوعين تحت المراقبة ، ويتوقف هذا الاختلاف على الشروط المفروضة على المصنفين الوطني لرصد الإشعاعات . فالهدف الذي تسعى إليه غالبية برامج الرصد ليس توفير البيانات لأغراض مماثلة لأغراض اللجنة بل هو التأكد من عدم تجاوز كمية الجرعات المسموح بها . ويتم ذلك ، عادة ، بتطبيق ما يسمى بمستويات التحقق وهي مستويات يتم إهمال الجرعات التي تقع دونها أو تحسب على أنها صفر . لذا فإن المعلومات المتوفرة في مجال الجرعة المنخفضة قليلة جداً .

٧٢- ولقد عولج هذا الموضوع باختصار في تقرير سنة ١٩٥٨ . وكان عدد العاملين في المجال الطبي في البلدان التي قدمت بيانات يقدر بها يتراوح بين ٠,٢ و ٠,٧ لكل ١٠٠٠ نسمة من مجموع السكان . وكذلك تناول تقرير سنة ١٩٦٢ حالات التعرض المهني بإيجاز . وتبين أن عدد العاملين في مجال طب الأسنان يقارب ضعف عدد العاملين في المجال الطبي ، أما عدد الافراد المعرضين للإشعاع بحكم مهنتهم في المصانع أو في مجال البحوث فهو أقل بكثير . وتقدر حصة حالات التعرض بسبب المهنة من الجرعة السنوية الهامة وراثيا ب ٠,٢ الى ٠,٥ ميليرم .

٧٣- وعند صدور تقرير سنة ١٩٧٢ ، كانت البيانات المنشورة عن حالات التعرض المهني مازالت قليلة جدا . وأمكن حصر عدد العاملين في المجال الطبي بين ٠,٢ و ٠,٥ عامل لكل ١٠٠٠ نسمة في البلدان التي كانت تتوفر عنها البيانات . وتبين أن إجمالي عدد الافراد الذين أبلغ عن تعرضهم مهنيًا كان فردا واحدا أو اثنين لكل ١٠٠٠ من عدد السكان الكلي . كما ظهر أن متوسط الجرعة المدونة لأغلبية العاملين الذين تعرضوا للإشعاعات كان يتراوح بين ٠,٢ و ٠,٦ راد لكل سنة ، ولكنه أبلغ أيضا عن جرعات بلغت في المتوسط ما يعادل ٢,٧ راد وذلك لدى بعض العاملين في مجال التصوير الإشعاعي الصناعي . وقيمت الجرعة السنوية التي يتلقاها طاقم الطائرات النفاثة التي تتجاوز سرعتها سرعة الصوت بما يقارب اليرم الواحد . وبحسب مستوى التعرض المهني في صناعة الطاقة النووية بوحدة الطاقة الكهربائية المنتجة وقد تبين أنه بلغ ٢,٢ راد/ميفواط سنة (١,٦ راد من إعادة معالجة الوقود و ٠,٧ من تشغيل المفاعلات) .

٧٤- كرس أحد مرفقات تقرير سنة ١٩٧٧ لحالات التعرض المهني . ولأول مرة ، قامت اللجنة بصورة منتظمة باستعراض أغراض التقييم وأساليبه . فتبين أن توزيع الجرعات في حالات التعرض للمجموعات المهنية كانت في أغلب الأحيان من الشكل اللوغارتمي المعتدل بالاستناد الى ذلك تحديد توزيع جرعة مرجعية . ولتفادي المشاكل الناجمة عن تحديد العدد الفعلي للعاملين المعرضين وبالتالي تحديد معدل الجرعات أيضا ، ركزت اللجنة على الجرعات الجماعية التي تكون قيمتها مستقلة الى حد كبير عن المتطلبات الإدارية المتعلقة بمستوى الرصد . وكذلك حسب اللجنة جزء الجرعة الجماعية المبنية في الجرعات الفردية السنوية التي تتجاوز مقدار ١,٥ راد . وتم تحليل البيانات المقدمة بالاستناد الى ذلك . وفي معظم المهن كان متوسط الجرعة المأخوذة يتراوح بين ١,٠ و ١ راد في السنة . وقُدِّم وصف رياضي مفصل للشكل اللوغارتمي المعتدل للتوزيع وللتوزيع المرجعي . وحُسبت الجرعة الجماعية المتأتية عن كل مرحلة من مراحل دورة الوقود النووي فكان مجموع الجرعات المتراكمة عن كل المراحل ٤ راد/ميفواط سنة

تقريباً (انظر الفصل الثاني ، الجزء جيم - ٣) . وتم تقدير الجرعة الجماعية الممتصة في رثات عمال مناجم اليورانيوم بما يعادل ٠,١ رجل راد/ميغاواط سنة كما تم الإبلاغ عن حالات وجود مستويات مرتفعة من الرادون في مناجم غير مناجم اليورانيوم .

٧٥- وفي تقرير سنة ١٩٨٢ ، واصلت اللجنة تحليلها بالاستناد الى بيانات إضافية . ولاحظت مع الارتياح أن منظمات عديدة اعتمدت الاقتراح الذي قدمته في سنة ١٩٧٧ بشأن أساليب التحليل وأن ترتيب البيانات المقدمة جاء وفقاً لهذا الاقتراح وسهل بالتالي تحليل البيانات . ولكنها وجدت أيضاً أن الاقتراح الذي قدمته بشأن توزيع الجرعة المرجعية للتعرض للإشعاع قد أسيء تفسيره في بعض الأحيان ، لذا قصرت عرضها على الجرعة العادية ، والجرعة الجماعية ، وجزء الجرعة الجماعية الذي يتجاوز ١٥ ميليسيفرت (وهو يقابل قيمة ١,٥ راد المذكور سابقاً) .

٧٦- وفيما يتعلق بالبلدان التي يتوافر فيها مستوى عال من الرعاية الطبية ، تبين أن العاملين في المجال الطبي يتعرضون لجرعة جماعية مكافئة تبلغ ما يقارب ١ فرد سيفرت لكل مليون نسمة من السكان . وازداد عدد العاملين في مجال الصناعة النووية بصورة ملموسة منذ سنة ١٩٧٧ . وتم تقييم حالات التعرض المهني في كل مرحلة من مراحل دورة الوقود النووية بشكل أكمل ، مما دلّ على أن إجمالي مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة قد يقارب ٣٠ رجل سيفرت/جيجاواط سنة (٣ رجل/ميغاواط سنة) . إلا أن نصف هذه الكمية تولدت عن إعادة معالجة الوقود وعن البحوث النووية ولا يُعرف بالتأكد ما إذا كان يتوقع استمرار تلك النسب العالية في المستقبل . أما في مجال تشغيل المفاعلات ، فإن عمال الصيانة والعاملين في مجال الوقاية من الإشعاع خلال عمليات الصيانة الخاصة يتلقون أعلى مستويات التعرض .

٦ - حالات التعرض المتفرقة

٧٧- بالإضافة الى مصادر الإشعاع الرئيسية التي تمت مناقشتها حتى الآن ، حددت اللجنة بعض المصادر الأخرى التي يرجع ذكرها الى تقرير سنة ١٩٥٨ . وقد أثير اليها يومها ، كما يشار اليها الآن بوصفها مصادر التعرض المتفرقة . وتم في تقرير سنة ١٩٥٨ ذكر الساعات ذات الطلاء المشع ، وأجهزة التلفزيون التي قد تصدر أشعة سينية لينة ، وأجهزة قلبية الاحذية التي تُستخدم فيها الأشعة السينية بالفلوروسكوب . ولم يكن متوقعاً أن تسبب تلك المصادر جرعة هامة وراثياً تتعدى ١ ميليريم في السنة ، ولو أن أجهزة قلبية الاحذية قد تعطي جرعات موضعية عالية . وورد في تقرير سنة ١٩٦٢ أن

الإشعاع الفضائي ازداد بالنسبة للمسافرين على متن الطائرات ، ولكن التقرير اعتبر هذه الجرعة ضئيلة جدا . ولم يكن يتوقع أن يتجاوز إجمالي الجرعة الهامة وراثيا المتأتية من كافة المصادر المتفرقة ٢ ميليرم في السنة وتعتبر الساعات المشعة أهم تلك المصادر .

٧٨- وفي تقرير سنة ١٩٧٢ ، كُرس مرفق كامل لمعالجة المصادر المتفرقة . وذكُرت الحوادث العرضية ، وحوادث النقل ، وفقدان المواد المشعة من ضمن المصادر الإضافية للتعرض العام . وتم وصف عدد من السلع الاستهلاكية المشعة على نحو الساعات المتألقة المشعة ، والادوات المتألقة ، وصناعات الخزف المصقول التي تحتوي اليورانيوم ، والقُطْب المعالجة بالثوريوم في قضبان اللحام . وكذلك تم ذكر المواد المشعة في المرضى الخارجين من المستشفيات وفي أجهزة تنظيم سرعة النبضات العاملة على البطاريات النووية ، وأجهزة البيان العملي في المدارس . وتمت مرة أخرى مناقشة أجهزة التلفزيون ، لاسيما التلفزيون الملون الذي يحتاج أنبوب الأشعة الكاثودية فيه الى جهد كهربائي أكبر ليعمل . وأخيرا تم الاعتراف بأن مستويات معززة من الإشعاع الطبيعي قد تُسبب مشاكل ، كما هو الحال مثلا في المواد المشعة المستخدمة في البناء . وسيكون هذا الموضوع من المواضيع الهامة المتناولة في تقارير لاحقة ، ولن يعتبر بعد الآن على أنه من المصادر المتفرقة .

٧٩ - في تقرير عام ١٩٧٧ ، تمت مناقشة المصادر المتنوعة في مرفق يتناول مستويات الاشعاع الزائدة نتيجة للتكنولوجيا . وكان من المنتجات الاستهلاكية العديدة المضافة الى القائمة مكاشيف دخان غرف التباين . إلا أن المناقشة ركزت على حالات زيادة التعرض للاشعاع الطبيعي . فقد نوقشت بالتفصيل حالات زيادة التعرض للأشعة الكونية في الطائرات ، بما في ذلك عمليات النقل بسرعة فوق صوتية ، وفي السفن الفضائية . وكان من المواضيع الاخرى موضوع تعرض الجمهور للإشعاع بسبب النويدات المشعة الطبيعية الصادرة عن محطات الطاقة التي تستخدم الفحم . وتمثل موضوع ثالث في حالات التعرض التي تعزى الى الاستخدام الصناعي لمنتجات الفوسفات التي تحتوي على اليورانيوم - ٢٣٨ والراديوم ، وفي هذه الحالة كان التعرض يتم عن طريق الاسمدة الفوسفاتية واستخدام نفايات الجبس كمادة للبناء . وفي إطار المناقشة المتعلقة بالمصادر الطبيعية ، تم التطرق الى حالات التعرض الطبيعي بسبب مواد البناء الاشعاعية ، سواء بصورة مباشرة (عن طريق الاشعاع بأشعة غاما) أو بصورة غير مباشرة (عن طريق منتجات الرادون الوليدة) .

٨٠ - وفي تقرير عام ١٩٨٢ ، تم النظر من جديد في المصادر المتنوعة بالإضافة إلى حالات التعرض للإشعاع الطبيعي المعدلة تكنولوجياً . وتمت أساساً مناقشة نفس المنتجات الاستهلاكية التي جرت مناقشتها في التقارير السابقة . ولوحظ أنه تمت الاستعاضة بصورة شبه تامة بالترتيوم عن الراديوم في ساعات اليد ، مما أدى إلى القضاء على حالات التعرض الخارجي وتخفيض مكافئ الجرعة الفعالة السنوية بالنسبة لحامل الساعة من جراء الترتيوم المتسرب إلى أقل من ميكروسيغرت واحد . أما متوسط مكافئ الجرعة الفعالة السنوية بالنسبة لركاب الطائرة الذين يعبرون أجهزة المسح الفلوروسكوبي بالأشعة السينية فقد قدر بأقل من ذلك ، أي بما يقارب ٧ أجزاء من بليون سيغرت لكل عملية مسح . وأعيد تقييم حالات التعرض من جراء محطات الطاقة التي تستخدم الفحم وقدر النصيب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية بمعدل ٢ رجل سيغرت لكل جيفساوات سنة (وهذا يمثل ٥٠ في المائة من الجرعة الجماعية المحلية والاقليمية الناشئة عن نفس إنتاج الطاقة في محطات الطاقة النووية ، انظر الجدول ٦) . وقدر أن إنتاج الصخور الفوسفاتية في عام ١٩٧٧ قد نجم عنه نصيب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية بلغ ٣٠٠ ٠٠٠ رجل سيغرت ، وذلك بصورة أساسية من استخدام الجبس في المنازل ؛ وقدر مجموع المساهمة من أوجه الاستخدام الأخرى بقيمة ٦ ٠٠٠ رجل سيغرت فقط .

٧ - الحوادث والوقائع

٨١ - ناقشت اللجنة مسألة حوادث الإشعاع في تقاريرها للأعوام ١٩٦٢ و ١٩٧٢ و ١٩٧٧ و ١٩٨٢ . ففي عام ١٩٦٢ ، استعرضت اللجنة الحوادث الهامة الثمانية التي كان لها علم بها في ذلك الوقت ؛ وكانت هذه الحوادث قد أدت إلى مقتل أربعة أشخاص على الأقل . وكانت سبعة من هذه الحوادث حوادث خطيرة (خمسة منها في الولايات المتحدة وواحد في الاتحاد السوفياتي وواحد في يوغوسلافيا) . أما الحادث الثامن فقد انطوى على تذبذبات من الأشعة السينية من أنبوب الكتروني غير محجوب في محطة رادار . ونوقشت بالتفصيل مسألة مسار الحوادث والاعراض السريرية للأشخاص المعرضين .

٨٢ - وفي تقرير عام ١٩٧٢ ، لم يتم التطرق إلى الحوادث إلا بإيجاز ، ولاحظت اللجنة أنه تم الإبلاغ عما يقارب ١٠٠ حادثة تتعلق بنقل المواد المشعة في العالم أجمع من عام ١٩٥٤ إلى عام ١٩٦٨ . وكان هناك ١٤ حادثاً وقعت لطائرات تنقل أسلحة نووية أو مركبات أسلحة نووية . واختفت غواصتان نوويتان واحترق مولد لنظائر البلوتونيوم - ٢٣٨ في الغلاف الجوي العلوي . وتم الإبلاغ أيضاً عن بعض حالات فقدان أو

سرقة مواد مشعة . وقد دل تحليل حوادث الراديوم - ١١٥ التي جرت من عام ١٩٦٦ وحتى عام ١٩٦٩ على أن ٥٥ في المائة من الحوادث انطوت على خسائر . وفي دراسة أخرى تناولت ٢٩٩ حادثا انطوت على فقدان أو سرقة الراديوم تم استرداد ٦٦ في المائة من المصادر . وناقش التقرير نفسه أيضا الحوادث المهنية ودل على أنها كانت متكررة بصورة خاصة في العمل التحليلي المتصل بالأشعة السينية وفي التصوير بالأشعة في الصناعة .

٨٣ - وفي تقرير عام ١٩٧٧ ، ناقشت اللجنة للمرة الأولى مسألة الحوادث في محطات الطاقة النووية . وفي الاستعراض الذي قامت به اللجنة للأنشطة من الجرعة الجماعية في مختلف مراحل دورة الوقود النووي ، تطرقت إلى المشكلة الصعبة المتمثلة في الأنشطة من الجرعة الناجمة عن حوادث لم تتم بعد . وبما أن أي برنامج طاقة نووية ينطوي أيضا على امكانية وقوع حادث فقد اعتبرت اللجنة أنه يوجد أيضا نصيب من الجرعة قد ينجم عن الحوادث .

٨٤ - وفي عام ١٩٨٢ ، لاحظت اللجنة أنه لم يقع حتى ذلك الوقت إلا حادثان اثنان من حوادث المفاعلات نجم عنهما قدر كبير من الإشعاع بالنسبة للجمهور : حادث في محطة عسكرية في ويندسكيل بالملكة المتحدة في عام ١٩٥٧ وآخر في محطة للطاقة النووية في شري مايل أيلند في بنسلفانيا ، بالولايات المتحدة في عام ١٩٧٩ . وقدرت الجرعة الجماعية للجسم كله الناتجة عن الحادث الثاني بما يتراوح بين ١٦ و ٢٥ رجل سيفرت ضمن نطاق ٥٠ ميلا ، ويعزى جزء كبير من ذلك إلى الزنون - ١٣٣ ، علما بأنه كان لها التأثير نفسه خارج نطاق ٥٠ ميلا . وقدر مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية الناتجة عن حادث ويندسكيل بما يقارب ٣٠٠ رجل سيفرت يعزى ينصفه تقريبا إلى نظائر اليود والإشعاع في الغدة الدرقية . وقررت اللجنة أن النهج الاحتمالية التي تتنبأ بالخطر الناجم عن برامج المفاعل عن طريق استقراء المستقبل ينبغي عدم استخدامها كأساس لتقييم مكونات النصيب من الجرعة الجماعية في المستقبل .

٨٥ - وفي جزء آخر من تقرير عام ١٩٨٢ ، استعرضت اللجنة المعلومات المتعلقة بالحوادث المهنية . وصنفت في جداول الحوادث التي وردت بشأنها بيانات أو التي ورد ذكرها في الكتابات المنشورة . ولاحظت اللجنة أن الحوادث الخطيرة حصلت في المراحل الأولى من تطوير التكنولوجيا النووية وأنه لم يبلغ عن أي حادث خطير في تشغيل المفاعلات منذ منتصف الستينات . وقد تسببت حوادث الإشعاع في صناعات أخرى في حادث وفاة واحد منذ عام ١٩٦٠ ، وحدثت هذه الوفاة في عام ١٩٧٥ في مرفق للإشعاع بالكوبالت - ٦٠ . وكما

أشير في التقارير السابقة ، يبدو أن التصوير بالأشعة في الصناعية ينطوي بصفة خاصة على احتمالات وقوع الحوادث . وقد أصيب أشخاص ببعض الجروح الخطيرة عند التقاطهم مصادر للتصوير بالأشعة مفقودة دون أن يدركوا خطر ذلك .

دال - تقدير احتمال الخطر

١ - الضرر الوراثي

٨٦ - يمكن بصورة عامة ادراج الطريقتين المستخدمتين حتى الآن لقياس احتمال الخطر الوراثي تحت عنوانين : طريقة الجرعة المضاعفة (خطر الطفرة النسبي) والطريقة المباشرة (أو خطر الطفرة المطلق) . وتهدف طريقة الجرعة المضاعفة الى بيان الخطر بالنسبة لانتشار الطبيعي للأمراض الوراثية عند عامة السكان ؛ وتهدف الطريقة المباشرة الى بيان الخطر المطلق بالنسبة للزيادات المتوقعة في انتشار الأمراض الوراثية . ونظرا الى ندرة البيانات البشرية المباشرة بشأن الضرر الوراثي الناتج عن الضرر الوراثي المستحث إشعاعيا والذي يؤدي الى حالات مرضية ، فإن معدلات استحثاث الانواع ذات الصلة من الضرر الوراثي (الطفرة والشذوذ الكروموسومي) تستند الى بيانات من تجارب أجريت على الحيوانات . وتحول هذه المعدلات بواسطة عدد من الافتراضات وعوامل التخفيض الى العدد المتوقع من الحالات الإضافية في الأمراض الوارثية عند الانسان .

٨٧ - ويلزم لتطبيق طريقة الجرعة المضاعفة : (أ) تقدير الجرعة المضاعفة أي جرعة الإشعاع التي تحدث عددا من الطفرات يوازي العدد الذي يحدث تلقائيا في جيل معين ؛ و (ب) معلومات عن انتشار الأمراض الوراثية التي تحدث بصورة طبيعية فيما بين السكان ومدى تواصلها عن طريق الطفرات ؛ و (ج) تقدير الجرعة التي يتلقاها السكان . وعلى مر السنين كانت تقديرات الجرعة المضاعفة تستند الى بيانات من تجارب أجريت على الفئران ؛ وكانت الأرقام المتعلقة بانتشار الأمراض الوراثية التي تحدث بصورة طبيعية مستقاة من عدة دراسات تتمثل بالآبئة . أما في طريقة الجرعة المضاعفة ، فإن احتمال الخطر يكون هو حاصل ضرب معدل انتشار الأمراض الوراثية التي تحدث بصورة طبيعية في عنصر الطفرة ومقلوب الجرعة المضاعفة والجرعة التي يتعرض لها السكان .

٨٨ - وخلال العقود الثلاثة المنصرمة ، جرت تحولات في التركيز فيما يتعلق باستخدام هاتين الطريقتين ، كما جرت أيضا عدة عمليات نقل على النحو المشار اليه بالتفصيل

في المرفق هاء . وإن المبادئ التي استلهمتها في عام ١٩٥٠ لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري والهيئات العلمية الأخرى في المرحلة الأولى من تقديرها للخطر الوراثي الذي يحدثه الإشعاع كانت نفس المبادئ التي برزت في الأبحاث الشاملة على ذبابة الدن ، والنتائج الأولية في الثدييات ، ولاسيما الفئران ، والبيانات البشرية القليلة . وتمثل اثنان من هذه المبادئ فيما يلي : (أ) تكون الطفرات سواء كانت مستحثة أو تلقائية ضارة بصورة عامة ؛ (ب) تزيد الطفرات التي يستحثها الإشعاع زيادة مطردة مع زيادة الجرعة بدون حد أدنى .

٨٩ - وعلى ضوء البيانات الجديدة المستمدة من دراسات عن ذكور الفئران والتي يتضح منها أن جرعة مزمنة من أشعة غاما لا يكون لها إلا ثلث فعالية الجرعة نفسها إذا ما أعطيت بمعدل جرعة مرتفع (بل وتكون أقل فعالية عند إنثا الفئران) ، فقد اقترح تقرير عام ١٩٦٢ أن الجرعة المضاعفة المستخدمة سابقا وقدرها ٣٠ رونتجن قد تكون أقل فعالية بعامل ٣ إلى ٤ . ومع تأكيد وترشيد هذه النتائج والبيانات الأخرى التي تسدل على أن الفاصل الزمني بين وقت الإشعاع والحمل له أثر خطير على تردد الطفرات في إنثا الفئران (وقد تم اكتشاف جميع الطفرات في الذرية التي تم الحمل بها خلال الأسابيع السبعة الأولى بعد الإشعاع) ، فقد تخلت اللجنة في عام ١٩٦٦ عن نهج الجرعة المضاعفة لاستخدام طرق أخرى ستتم هنا الإشارة إلى اثنتين منها . فحسب الطريقة الأولى ، تم ضرب المعدل المقدر لاستحثاث الطفرات السائدة المرسية عند الفئران (النطاق : 10^{-9} إلى 10^{-7} بالموضع الواحد لكل راد) بالعدد المفترض للمواقع التي تحدث حالات الاختلال السائدة عند الإنسان (٥٠-٥٠٠) للحصول على إجمالي الخطر (10^{-8} إلى 10^{-5}) . وحسب الطريقة الثانية ، تم ضرب المعدل المقدر لاستحثاث الطفرات المرسية المرسية عند الفئران (10^{-7} بالموضع الواحد لكل راد) بمجموع العدد المقدر للمواقع الجينية عند الإنسان (٢٠ ٠٠٠) للحصول على تقدير لإجمالي الخطر الناجم عن استحثاث هذه الطفرات النقطية (10^{-3} إلى 10^{-2}) وعندئذ حسب احتمال الخطر بالنسبة لمواليد الجيل الأول بوصفه كسرا (٢-٥ في المائة) من الرقم المشار إليه أعلاه .

٩٠ - وفي تقرير عام ١٩٧٢ ، جددت اللجنة اهتمامها بطريقة الجرعة المضاعفة إلا أنها لم تعطيها أهمية كبرى . واعتبرت الجرعة المضاعفة ١٠٠ راد كما أن عدد الحالات الإضافية للأمراض الوراثية الخطيرة بالنسبة لكل مليون من المواليد الأحياء لكل راد من الإشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة قدر بحوالي ٣٠٠ حالة بالنسبة للإشعاع الذي يتعرض له الآباء ؛ وفي هذه الحالات تحدث ٦ إلى ١٥ حالة في الجيل الأول وتحدث الحالات الأخرى في الأجيال اللاحقة .

٩١ - وفي عام ١٩٧٧ كان قد تم الحصول على بيانات جديدة بشأن الانتشار الطبيعي للأمراض الوراثية والأمراض الوارثة جزئيا . وعلاوة على ذلك ، تم الحصول على بيانات في منتصف الستينات مفادها أن استحداث الطفرات السائدة يحدث أثره الأساسي في الهيكل العظمي للفئران ، وقد تم التوسع في هذه البيانات في منتصف السبعينات وثبت منها وجود الانتقال . وفي عام ١٩٨٢ ، توافرت بيانات جديدة عن استحداث نوع آخر من الطفرات السائدة وهي الطفرة التي تسبب اعتام عدسة العين عند الفئران . وقد أتاح كل هذه البيانات للجنة أن تتوصل الى تقديرات مباشرة للأخطار الوراثية . و جدير بالاشارة أنه منذ عام ١٩٧٧ وحتى الآن تستخدم طريقة الجرعة المضاعفة والطريقة المباشرة على حد سواء .

٩٢ - وفي عام ١٩٧٧ ، قدرت اللجنة ، مستخدمة جرعة مضاعفة قيمتها ١٠٠ راد ، أنه في حال تعرض السكان بصورة مستمرة لإشعاع منخفض مرتبط بالانتقال الخطير للطاقة بمعدل راد واحد للجيل الواحد ، فقد يكون هناك تقريبا ، طبقا لقوانين مندل ، ما مجموعه ١٨٥ حالة من الأمراض الصبغية وغيرها من الأمراض لكل مليون مولود حي عند نقطة التوازن ، يظهر ثلث منها تقريبا في الجيل الأول . وقدرت الزيادة في هذه الحالات بالنسبة للجيل الأول بثلاثها تقريبا عند نقطة التوازن .

٩٣ - وترد هذه التقديرات وتلك التي تم التوصل اليها في تقرير عام ١٩٨٢ وعام ١٩٨٦ بصورة موجزة في الجدول ١ ، وعلى سبيل التسهيل . فقد وردت بالسيغرت . ومن الواضح أنه : (١) بالنسبة للأمراض الموروثة حسب الصفة السائدة ، ظلت التقديرات أساسا على ما هي عليه ؛ و (ب) ان التقديرات المتعلقة بالأمراض الصبغية أصبحت أكثر تدنيا ، ويعزى هذا الى عدم شمولها للأمراض الناجمة عن الشذوذ العددي (مثل متلازمة داون) التي لا تتوافر بعد أدلة جيدة على استحداثها عن طريق الإشعاع ؛ و (ج) انه في حين قدمت اللجنة في عامي ١٩٧٧ و ١٩٨٢ تقديرات عن خطر حالات الشذوذ الخلقي وغير ذلك من الأمراض المتصلة بعدة جينات كانت قد استندت فيها الى بعض الافتراضات ، ففي عام ١٩٨٦ عدلت عن القيام بذلك شعورا منها باستمرار وجود بعض الشكوك فيما يتعلق بتلك الافتراضات .

٩٤ - وترد في الجدول ٢ تقديرات احتمال الخطر التي تم التوصل اليها باستخدام طرق مباشرة منذ عام ١٩٧٧ وحتى عام ١٩٨٦ ؛ وهي تشمل الخطر الناجم عن : (١) استحداث التغيرات الجينية ذات الاثر السائد في ذرية الجيل الاول (أي الطفرات الغالبة والطفرات المتنحية وحالات فقدان أجزاء كوروموزومية وتبادلات المواضع الصبغية المتوازنة ذات الاثر السائدة) ؛ و (ب) المنتجات غير المتوازنة لتبادلات المواضع الصبغية المتوازنة التي قد ينجم عنها أطفال يعانون من سوء تركيب خلقي .

الجدول ١ - تقديرات مخاطر الإصابة بأمراض وراثية خطيرة
لكل مليون من المواليد الأحياء في مجموعة
معرضة لجرعات كبيرة وراثيا مكافئة لسفيرة
واحد لكل جيل من معدل الجرعات المنخفضة
والتشعيع بجرعات منخفضة ، استنادا إلى
طريقة الجرعة المضاعفة (حسب تقارير لجنة
الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار
الاشعاع الذري للسنوات ١٩٧٧ و ١٩٨٢ و ١٩٨٦)

(الجرعة المضاعفة المكافئة المفترضة في هذه الحسابات هي سيفيرت واحد)

تصنيف الامراض	الإصابة الحالية لكل مليون من المواليد الاحياء	تأثير السيفيرت الواحد لكل جيل	الجيل الاول	التوازن
١٩٧٧				
سوية الصبغيات الغالية والمرتبطة بالكروموسومات "سين"	١٠ ٠٠٠	٢ ٠٠٠	١٠ ٠٠٠	
سوية الصبغيات المتنحية	١ ١٠٠	طفيفة	زيادة بطيئة	
		نسبيا	جدا	
أمراض الكروموسومات (بسبب الاختلالات العديدية والهيكلية)	٤ ٠٠٠	٣ ٨٠٠	٤ ٠٠٠	
اختلالات خلقية وغيرها من الامراض المتعددة العناصر	٤٣ ٠٠٠	٤٥٠	٤ ٥٠٠	
	٤٧ ٠٠٠			
١٩٨٢				
سوية الصبغيات الغالية والمرتبطة بالكروموسومات "سين"	١٠ ٠٠٠	١ ٥٠٠	١٠ ٠٠٠	
سوية الصبغيات المتنحية	٢ ٥٠٠	طفيفة	زيادة بطيئة	
		نسبيا	جدا	
أمراض كروموسومية	٤٠٠	٢٤٠	٤٠٠	
ناجمة عن اختلالات هيكلية	٣ ٠٠٠	صغير جدا	احتمالا	
ناجمة عن اختلالات عديدة				

الجدول ١ (تابع)

تصنيف الأمراض	الإصابة الحالية لكل مليون من المواليد الأحياء	تأثير السيفيرت الواحد لكل جيل الجيل الأول	التوازن
اختلالات خلقية وغيرها من الأمراض المتعددة العناصر	٤٣ ٠٠٠ } ٤٧ ٠٠٠ }	٤٥٠	٤ ٥٠٠
سوية الصبغيات الغالبة والمرتبطة بالكروموسومات "سين"	١٠ ٠٠٠	١ ٥٠٠	١٠ ٠٠٠
سوية الصبغيات المتنحية أمراض كروموسومية	٢ ٥٠٠	٥	١ ٥٠٠
ناجمة عن اختلالات هيكلية	٤٠٠	٢٤٠	٤٠٠
ناجمة عن اختلالات عددية	٢ ٤٠٠	صغير جدا احتمالا	
اختلالات خلقية وغيرها من الأمراض المتعددة العناصر	٦٠ ٠٠٠ } ٦٠٠ ٠٠٠ }	لم يقدر لأسباب مبينة في الفقرة ١٨٦	

ملاحظة : يرد في المرفق هاء الاستنتاج المستمد من الأرقام المذكورة أعلاه ؛
انظر أيضا الفقرة ٩٣ .

٩٥ - ويستند أول هذين التقديرين (البند (١) في الفقرة ٩٤) إلى تحولات سائدة في
الهيكل العظمي وفي عتامة عدسة العين لدى الفئران ، ويستند التقدير الثاني (البند
(ب) في تلك الفقرة) إلى بيانات الوراثة الخلوية لأنواع الرئيسات . ولا تشمل
التقديرات المستندة إلى التجارب المجراة على الفئران التغيرات الجينية المستحثة
الحادة التي وصلت من الشدة بحيث تسبب الموت قبل أن يتم الكشف عنها . ويمكن ملاحظة
أن التغيرات في تقديرات المخاطر صغيرة نسبيا بين عامي ١٩٧٧ و ١٩٨٦ . وبالإضافة
إلى ذلك ، فإن مقارنة هذه التقديرات بتلك التي تم التوصل إليها باستخدام طريقة
الجرعة المضاعفة (الجدول ١) للجيل الأول تكشف عن أن هذه التقديرات تبلغ نفس الحجم
رغم الافتراضات المختلفة وعوامل الخفض .

الجدول ٢ - تقديرات مخاطر الإصابة بأمراض وراثية في الجيل
الاول (الجرعة كبيرة وراثيا مكافئة لسيفرت واحد)
لكل مليون من المواليد الاحياء ، باتباع معدل
الجرعة المنخفضة والتعرض لجرعات منخفضة لجيل
الوالدين ، استنادا إلى الطريقة المباشرة (حسب
تقارير لجنة الامم المتحدة العلمية المعنية
بآثار الاشعاع الذري للسنوات ١٩٧٧ و ١٩٨٢ و ١٩٨٦)

الوتيرة المتوقعة للأطفال
الشواذ وراثيا في الجيل
الاول لكل مليون من المواليد
الاحياء بعد التشعيع

خطر متصل بالتالي		ذكور	إناث
<u>١٩٧٧</u>			
طفرات مستحثة لها آثار سائدة		٢ ٠٠٠	غير متوافر
نواتج غير متوازنة لعمليات إعادة ترتيب			
مستحثة للكروموسومات		٣٠٠ - ١ ٠٠٠	غير متوافر
<u>١٩٨٢</u>			
طفرات مستحثة لها آثار سائدة		١ ٠٠٠ - ٢ ٠٠٠	صغر - ٩٠٠
نواتج غير متوازنة لعمليات إعادة ترتيب			
مستحثة الكروموسومات		٣٠ - ١ ٠٠٠	صغر - ٣٠٠
<u>١٩٨٦</u>			
طفرات مستحثة لها آثار سائدة		١ ٠٠٠ - ٢ ٠٠٠	صغر - ٩٠٠
نواتج غير متوازنة لعمليات إعادة ترتيب			
مستحثة للكروموسومات		١٠٠ - ١ ٠٠٠	صغر - ٥٠٠

ملاحظة : يرد في المرفق هاء الاستنتاج المستمد من الأرقام المذكورة أعلاه ؛
انظر أيضا الفقرتين ٩٤ و ٩٥ .

٢ - السرطان

٩٦ - شددت اللجنة منذ تقريرها لعام ١٩٥٨ على أن أية محاولة لتقييم الاثار البيولوجية لمصادر الاشعاع التي يتعرض لها سكان العالم لا يمكن أن تسفر إلا عن تقديرات تكون بدورها عرضة لهوامش واسعة من عدم اليقين . ورغم هذه التحفظات ، اشتمل التقرير على تقييمات لعدد الحالات السنوية للإصابة باللوكميميا وسرطان العظم التي يمكن أن تترتب على الإشعاع الطبيعي والسقطة . وقد وردت البيانات التي تربط بين الإصابة بسرطان الدم وبين التعرض للإشعاع عمن بقوا أساسا على قيد الحياة بعد انفجار القنبلة الذرية والمرضى الذين يعانون من التهاب الفقر القسطي المشوه .

٩٧ - وفي ذلك الوقت ، قدرت اللجنة الاحتمال الاجمالي لاستحداث سرطان الدم خلال ١٥ سنة بما يعادل ١٢ حالة لكل مليون نسمة لكل رم . غير أن اللجنة لاحظت أنه انخفض في هيروشيما الاحتمال لكل وحدة جرعة انخفاضاً ملحوظاً بتناقص الجرعة ، وإن الإصابة باللوكميميا في تلك المدينة لا تبدو مرتبطة ارتباطاً مطرداً بالجرعة . وأجرت اللجنة أيضاً ما أسمته بالتقدير الخام لخطر الإصابة بسرطان الدم بالنسبة إلى المرضى الذين يعانون من التهاب الفقر القسطي المشوه ، الذين عولجوا بالأشعة السينية . وطوال ١٥ سنة ، قدر خطر وقوع الإصابة بما يعادل ٢٠ حالة في المليون نسمة لكل رم . وعلى مدى ٢٥ سنة ، وهو معدل حياة السكان المتبقية وربما تكون فترة الخطر في ظروف تعرض مطول بمعدلات جرعات أقل ، قدر الخطر على مدى الحياة بما يعادل ٥٢ حالة لكل مليون نسمة وكل رم .

٩٨ - وفي مناقشة الفرضية المطروحة بشأن العلاقة الخطية غير الحدية بين الجرعة والإصابة بالسرطان ، ذكرت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٦٢ أن حدوث آثار جسمية بمعدلات جرعات منخفضة احتمال أقل منه في حالة معدلات الجرعات المرتفعة المستخدمة في تجارب عديدة . والتبريرات الوحيدة لتطبيق العلاقات التي لوحظت بشأن الجرعات الأعلى على الجرعات الدنيا هي ملاحية واتساق الافتراضات فيما يتعلق بالآليات في كل من فئتي الجرعات . غير أنه لم يسمع اللجنة أن تقرر ، عند القيام بذلك ، ما إذا كانت تقلل من شأن الخطر أو تبالغ في ابرازه . ولهذه الأسباب ، قررت اللجنة ألا تقدر الاخطار المطلقة ، وأن تقدم بدلاً من ذلك تقديرات متشابهة للخطر بالنسبة للفرد التناسلية (الآثار الجينية) ، ونخاع العظم والخلايا التي تغطي سطح العظم ، وذلك استناداً إلى الجرعات وكميات تعرض هذه الأنسجة للجرعات نتيجة لمصادر الإشعاع الطبيعية والطبية والمهنية وغيرها من حالات التعرض المختلفة ، فضلاً عن التجارب النووية .

٩٩ - وكان من الضروري تناول ثلاث مسائل أساسية لدى تقدير المخاطر باستخدام جرعات دنيا وهي : نوع الأثر ، والنسيج الحاسم لكل نوع ، ووظيفة الجرعة ، وعلى أساس أن معدلها وتوزيعها هما بمثابة مؤشر لكل أثر من الآثار . أما بالنسبة إلى الآثار الجسمية ، فقد اعتبر نخاع العظم النشط ، والنسيج الضام الذي يغطي سطح باطن العظم أو حديباته أنسجة حاسمة .

١٠٠ - ورغم أن بيانات التجارب بررت بالنسبة للآثار الجينية افتراض علاقة خطية غير حدية بجرعات ومعدلات جرعات منخفضة ، إلا أنه لم يتح طرح هذا الافتراض بالنسبة للآثار الجسمية المتأخرة نظرا إلى أن الأورام المستحثة بجرعات عالية كانت دالة بالغة التعقيد على الجرعة وعلى عوامل التعرض الأخرى . غير أنه يتوقع أن تكون الآليات التي تنتج بسببها آثار متأخرة ، بمستويات جرعات منخفضة ، آليات أبسط بكثير ، وإن أي أثر قد ينشأ عنها يترتب على تغيرات محددة تحدث في خلايا فردية . أما بالنسبة إلى آثار معينة لها علاقة غير خطية بمستويات جرعات مرتفعة ، فقد رُئي أن من المحتمل أن انحدار منحنى الجرعة بالنسبة إلى الأثر قرب المنشأ سيكون انحدارا خطيا . وبالتالي ، يمكن تجاهل مد التعرض وعدم تكافؤ توزيع الجرعة . وناقشت اللجنة أيضا أهمية مراعاة الطريقة التي يظهر بها أثر من الآثار عبر الزمن .

١٠١ - وفي معرض إشارة اللجنة إلى مشاكل الحصول على تقديرات المخاطر المطلقة لاحظت في عام ١٩٦٤ أنها قد اقتصر في السابق على تقدير المخاطر باستثناء سرطان الدم . وبعد استعراض المعلومات المتوافرة ، لم تر اللجنة إمكانية لتغيير هذا الإجراء في تقرير عام ١٩٦٤ . غير أن اللجنة مضت مباشرة لتوضح أن البيانات المنشورة منذ عام ١٩٦٢ أدت بها إلى الاعتقاد بأنه يمكن ، لقلة من الأنسجة وفي فئة الجرعات المرتفعة أساسا ، وضع تقديرات للمخاطر المطلقة تصدق على فئة الجرعات التي يتم ملاحظتها وعلى ظروف التشعيع المعنوية . ورؤى أن من المستبعد أن يكون الخطر لكل وحدة جرعة بمستويات الجرعات المنخفضة جدا أكبر من خطر كل وحدة جرعة بمستويات الجرعات الأعلى ، بل الأرجح في الواقع أن يكون الخطر بمستويات الجرعات المنخفضة أدنى بكثير .

١٠٢ - وبحلول عام ١٩٦٤ ، توافرت تقديرات مؤقتة للجرعات لبعض من بقوا على قيد الحياة من هيروشيما وناغازاكي ، واعتقدت اللجنة أن هذه التقديرات تكاد تكون غير خاطئة بمعامل يزيد على ٢ أو ٣ . وأتاحت التقديرات الجديدة للجرعات التوصل إلى استنتاج مفاده أن الإصابة السنوية باللوكييميا المستحثة بسبب الأشعاع إصابة متناسبة تقريبا مع الجرعة في الفئة المتراوحة بين ١٠٠ إلى ٩٠٠ راد تقريبا ، مع معامل

تناسب يتراوح بين حالة وحالتين لكل مليون نسمة ولكل راد . وحذرت اللجنة من أنه نظرا إلى أن اليابانيين الذين بقوا على قيد الحياة قد يكونوا قد اختيروا بسبب الأثر الفتاك للتعرض للإشعاع ذاته ، فإن هذا التقدير للمخاطر لا يمكن تطبيقه إلا بحذر على السكان في عمومهم . وكان التقدير المستقى ممن بقوا على قيد الحياة بعد انفجار القنبلة الذرية متسقا مع التقدير الذي حدد فيما يتصل بالأفراد الذين تعرضوا للإشعاع علاجي من أجل مداواة التهاب الفقر القسطي ، بجرعات تتراوح بين ٣٠٠ و ١٥٠٠ راد . غير أن التقدير سينطبق حصرا على المصابين بالالتهاب الفقري ، نظرا إلى أن مجموعة المصابين بالتهاب الفقر القسطي فئة منتقاة للغاية .

١٠٣ - وتشير معلومات جديدة بالنسبة إلى الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع داخل الرحم أن خطر الإصابة بسرطان الدم لكل وحدة جرعة يمكن أن يكون أعلى عدة أضعاف من خطر إصابة البالغين . ولم تكن الجرعات التي تلقاها هؤلاء الأطفال سوى بضعة وحدات راد ، مما يشير إلى أن الجرعات المنخفضة يمكن أن تؤدي إلى الإصابة بأمراض خبيثة في ظل ظروف معينة . ومثلما هو الحال بالنسبة إلى المصابين بالتهاب الفقر القسطي ، ثمة احتمال بأن الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع لا يمثلون جميع الأطفال .

١٠٤ - وتم التوصل إلى تقدير لمخاطر الإصابة بسرطان الدرق من خلال استقصاءات بشأن الإصابة بالسرطان نتيجة لتعرض منطقة الدرق للإشعاع خلال الطفولة . وفي فئة ١٠٠ - ٣٠٠ راد ، قدرت اللجنة الخطر السنوي بما يعادل إصابة واحدة لكل مليون نسمة وراة تقريبا ، وذلك خلال ١٦ سنة تقريبا بعد التعرض للإشعاع . وأشارت اللجنة مرة أخرى إلى أن الأشخاص المفحوصين ربما كانوا فئة منتقاة للغاية .

١٠٥ - وكان من المعروف أن التعرض للإشعاع يتسبب في أمراض خبيثة أخرى بما فيها أورام العظم ، والكبد والجلد والرئة ؛ غير أن المعلومات لم تعتبر موشوقا بها بما فيه الكفاية لاستنتاج تقديرات المخاطر . ولم تكن اللجنة متفائلة بشأن قدرتها على التوصل إلى هذه التقديرات لجميع أنواع الأنسجة البشرية أو حتى لكثير منها . وخلصت اللجنة فعلا إلى أن اللوكيميا قد تكون النوع الغالب من الأمراض الخبيثة الناتجة وأنه من المستبعد أن يتجاوز الخطر الإجمالي لجميع الأمراض الخبيثة خطر الإصابة باللويميا بأي معامل كبير .

١٠٦ - وفي عام ١٩٧٣ ، قررت اللجنة أن تستعرض مرة أخرى موضوع السرطان الإشعاعي لدى الإنسان . وأشار الاستعراض إلى ضرورة الحصول على معلومات مستندة إلى التجربة من

دراسات الأوبئة من أجل تقييم مدى أثر الإشعاع على الإنسان . وفي تقييم هذه الدراسات ، سيلزم مراعاة عدد من الصعوبات المتأصلة مثل الصعوبات المتعلقة بحجم المجموعة السكانية المدروسة ، ومقياس الجرعة ، وفترة الكمون ، والصلة بالاصابة الطبيعية بالسرطان ، واحصاءات الوفيات مقابل إحصاءات الاعتلال ، والآثار المتشابكة المضللة للأمراض ، وعدم تواتر التشيع الحقيقي والمنتظم على الجسم بكامله . وناقشت اللجنة جميع هذه النقاط بالتفصيل ، كما نظرت لأول مرة في مسألة المخاطر المطلقة والنسبية . وركزت اللجنة على أن عدد الاشخاص المعرضين لجرعات كبيرة عدد صغير جدا بحيث لا يمكن دراسة العلاقة بين الجرعة والإصابة بأمراض خبيثة لدى الإنسان إلا بالنسبة إلى أكثر الأنسجة حساسية للأشعة .

١٠٧ - وأوضحت الدلائل المتعلقة باستحثاث سرطان الدم حدوث تزايد لحالات الإصابة به عندما الجرعة تتراوح بين ٥٠ و ٥٠٠ راد ، واتجاه تواتر الإصابة الى الانخفاض عند جرعة تزيد عن هذا المقدار . ويحتمل أن ذلك يرجع الى أثر الجرعات الكبيرة في قتل الخلايا . ومالت أنواع سرطان الدم المستحثة بالإشعاع ، الى الحدوث مرات أكثر خلال سنوات قليلة من التعرض للإشعاع ، وبعد ٢٥ سنة ، نزلت مرات الحدوث الى العودة الى حالتها المعتادة ، وعندئذ كانت قد تمت ملاحظة نحو ١٥ - ٤٠ حالة في المليون لكل راد .

١٠٨ - واستحث سرطان الرئة في هيروشيما على ما يبدو ، نتيجة للتعرض الخارجي لأشعة غاما بجرعات تبلغ نحو ٣٠ - ١٠٠ راد . وأشارت البيانات الى وجود معامل خطر يتراوح ما بين ١٠ في المليون لكل راد (عند جرعة مقدارها ٢٥٠ راد) ، الى ٤٠ في المليون لكل راد (عند جرعة مقدارها ٣٠ راد) خلال السنوات ال ٢٥ الأولى بعد التعرض للإشعاع ، وأيد تقدير احتمال الخطر هذا ، الى حد ما ، البيانات المستخلصة من المرضى الذين عولجوا من التهاب الفقار القسطي المشوه . ولاحظت اللجنة أنه يمكن أيضا استخلاص تقدير من البيانات المتعلقة بعمال مناجم اليورانيوم ، مع عدم إمكان الاعتماد كثيرا على ذلك التقدير .

١٠٩ - وقدرت اللجنة احتمال حدوث سرطان الثدي بين النساء اللاتي تعرضن للإشعاعات في هيروشيما بما يتراوح بين ٦ الى ٣٠ حالة في المليون لكل راد خلال السنوات العشرين الأولى بعد التعرض للإشعاع وبجرعة تزيد عن ٦٠ - ٤٠٠ راد . وتشير هذه التقديرات الى قياس جرعات الإشعاع في عام ١٩٦٥ . وفيما يتعلق بالاصابة بسرطان الغدة الدرقية تتم الحصول على متوسط لمعامل الخطر قدره حوالي ٤٠ في المليون لكل راد عند جرعة تزيد

عن ٦٠ - ٤٠٠ راد . وفيما يتعلق بجميع الأمراض الخبيثة الأخرى ، دون تحديد واضح لنوع كل منها ، قدمت اللجنة بصورة مؤقتة تقديرا لاحتمال حدوثها نسبته ٤٠ في المليون لكل راد ، خلال السنوات الـ ٢٥ الأولى بعد التعرض لما مقداره ٢٥٠ راد . واعتبرت اللجنة ، لعدة أسباب ، أن من المحتمل أن تبالغ معاملات الخطر هذه ، في تقدير خطر حالات التعرض داخل البيئة ، أي حالات التعرض لجرعات منخفضة ، من المصادر الطبيعية والاصطناعية على السواء .

١١٠ - كما تضمن تقرير عام ١٩٧٧ ، استعراضا هاما لتولد السرطان بالأشعاع في الإنسان . وبعد أن عالجت اللجنة باستفاضة صحة البيانات التي يمكن الاستناد إليها في تقدير الخطر ، قدمت تقديراتها عن معاملات الخطر المتعلقة بسرطان الدم والأورام في عدد من الأعضاء . ولأحظت أن خطر حدوث مرض خبيث بسبب جرعات مقدارها حوالي ١٠٠ راد ، قد يختلف مع اختلاف الانتقال الخطر لطاقة الأشعاع ، وعمر وجنس الشخص موضع الفحص أحيانا ، وربما مع اختلاف نسبة الجرعة وعدد الأجزاء التي يتم التعرض لها . وأشارت اللجنة للمرة الأولى في ذلك التقرير إلى الوفيات الناجمة عن سرطان الدم وأنواع السرطان الأخرى . وكانت اللجنة قد دأبت في السابق على تقديم تقديراتها لخطر السرطان من حيث حدوثه ، وليس من حيث الوفيات .

١١١ - وبدا أن كلا من الغدة الدرقية والثدي يستأثران بأعلى نسب الاستثاث ، مع وجود معاملات خطر تبلغ حوالي ١٠٠ في المليون لكل راد . وكان المعتقد أن معدلات الوفيات المنخفضة بالنسبة لسرطان الغدة الدرقية الناجم عن الأشعاع ، والمعدل المعتدل الانخفاض بالنسبة لسرطان الثدي تخفف الوفاة إلى حوالي عُشر ونصف من معدلات الحدوث ، على التوالي . وكان معدل حدوث سرطان الرئة أيضا ، مرتفعا بالنسبة للذكور الذين تزيد أعمارهم عن ٣٥ عاما ، استنادا إلى تجربة عمال مناجم اليورانيوم . ورأت اللجنة أن من المحتمل أن يتراوح متوسط معامل خطر الوفاة من سرطان الرئة بالنسبة لجميع الأعمار بين ٢٥ إلى ٥٠ في المليون لكل راد .

١١٢ - وبدا أن حدوث سرطان الدم وخاصة أشكاله الحبيبية الحادة والمزمنة (وليس الأشكال الليمفاوية المزمنة) ، قد نقص من حوالي ٥٠ في المليون لكل راد بالنسبة للجرعات المعتدلة ، إلى حوالي ٢٠ في المليون راد عند جرعات أقل . وكانت اللجنة واثقة إلى حد كبير أن هذا التقدير يشمل جميع الحالات التي يحتمل ظهورها ، إذ أن متوسط الفترة الفاصلة بين التعرض للأشعاع والموت هو حوالي ١٠ سنوات فقط في حالة سرطان الدم الناجم عن الأشعاع . وفيما يتعلق بأنواع السرطان الأخرى ، التي تتسم

بفترات كمون تبلغ ٢٥ عاما أو أكثر ، كان تقدير مجموع عدد الحالات المحتمل حدوثها أمرا أصعب .

١١٣ - وقُدمت أيضا معاملات خطر اصابة المعدة ، والكبد ، والامعاء الغليظة ، والمخ والفرد اللعابية ، وهي جميعا ذات معدلات تتراوح بين ١٠ - ١٥ في المليون لكل راد . وكذلك العظام والمريء ، والامعاء الدقيقة ، والمثانة ، والبنكرياس ، والمستقيم ، والنسيج الليمفاوي ، وتتراوح معدلاتها بين ٢ - ٥ في المليون لكل راد . وكذلك الجلد ، الذي يعتقد أن خطر حدوثه ، ومعدل الوفاة بسببه ضئيلان .

١١٤ - وبحثت اللجنة أيضا مسألة تقدير كامل خطر الإصابة بالامراض الخبيثة المميتة استنادا الى ملاحظة مؤداها أن ذلك قد يبلغ ما بين أربعة وستة أمثال نسبته في سرطان الدم وحده . وعند الجرعات ذات الوحدات الاشعاعية (راد) القليلة ، والتي قد ينطبق عليها المعامل الأدنى لخطر سرطان الدم ، الذي يبلغ نحو ٢٠ في المليون ورا د ، فإن مجموع حالات الامراض الخبيثة المستحثة المميتة ، بما في ذلك سرطان الدم يمكن أن يصل الى حوالي ١٠٠ في المليون ورا د ، مع افتراض أنه يبلغ ٢٥٠ في المليون لكل ورا د ، عند التعرض لجرعات كبيرة . وقد افترض أن يكون معامل خطر الإصابة بالامراض الخبيثة غير المميتة ، مساويا لمعامل الامراض الخبيثة المميتة تقريبا . وأشارت اللجنة مرة أخرى الى أن التقدير بالنسبة للجرعات المنخفضة مستمد من الوفيات الناجمة عن جرعات أكبر من ١٠٠ راد . وقد يكون المعدل المناسب لمستويات الجرعة الناجمة عن التعرض للاشعاع في مجال العمل - وبدرجة أكبر في محيط البيئة - أقل كثيرا .

١١٥ - ويحتمل حدوث أمراض خبيثة نتيجة لتعرض الجنين في الرحم للاشعاع بجرعات تبلغ ٢٠ الى ٣٠ راد في المتوسط ، من أشعة سين التشخيصية . وكان من الصعب تحديد نسب الحدوث ، بأي قدر من الاطمئنان وإن قدرت بحوالي ٢٠٠ في المليون ورا د .

١١٦ - ونظرا لان الأدلة الوبائية الجديدة المتاحة منذ تقرير عام ١٩٧٧ كانت محدودة ، وأن تقديرات قياس الجرعات التي تعرض لها الناجون من قنبلتي هيروشيما وناغازاكي الذريتين ، كانت في مرحلة التنقيح ، قررت اللجنة عدم استعراض تولد السرطان في الانسان ، في تقرير عام ١٩٨٢ . وذكرت ، مع ذلك أنها لا تتوقع أن تغيّر التنقيحات تقديرات الخطر السابقة بعامل يزيد على ٢ . ويرد في الجدول ٣ موجز لتقديرات الخطر التي أعدتها اللجنة حتى عام ١٩٧٧ ، بالنسبة للسرطان ، معبرا عنها بالسيفرت ، لتسهيل المقارنة بالتقديرات اللاحقة .

الجدول ٣ - موجز تقديرات اللجنة لمعاملات خطر
الاصابة بالسرطان المميت

(في المائة لكل سيفرت)

النسيج	تقريـر			
	١٩٧٧	١٩٧٢	١٩٦٤	١٩٥٨
نخاع العظام	٠,٥٠-٠,٢٠	٠,٤٠-٠,١٥	(١) ٠,٠٢-٠,٠١	٠,٥٠-٠,٢
الشدني	٠,٥٠	٠,٢٠-٠,٠٦	-	-
الرئة	٠,٥٠-٠,٢٥	٠,٤٠-٠,١٠	-	-
الغدة الدرقية	٠,١٠	٠,٤٠	٠,١٦	-
المعدة	٠,١٥-٠,١٠		-	-
الكبد	٠,١٥-٠,١٠		-	-
المخ	٠,١٥-٠,١٠		-	-
الغدد اللعابية	(١) ٠,١٥-٠,١٠		-	-
الامعاء الغليظة	٠,١٥-٠,١٠		-	-
الامعاء الدقيقة	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
العظام	(٠,٠٥-٠,٠٢)	٠,٤٠	-	-
المرىء	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
المثانة	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
البنكرياس	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
المستقيم	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
الاعشية المخاطية لتجاويف				
الجمجمة	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
النسيج الليمفاوي	(٠,٠٥-٠,٠٢)		-	-
الجلد	منخفض		-	-
المجموع المقدر	٢,٥-١,٠	-	-	-

(١) تشير الارقام الموضوعة بين قوسين معقوفين الى مجموع حالات حدوث السرطان ، ولم يقدر حدوث وفيات .

٣ - الاثار غير العشوائية

(١) تعرض البالغين للاشعاع

١١٧ - قامت اللجنة من وقت لآخر بدراسة الاثار الجسمية للاشعاع على حيوانات التجارب والانسان . ونوقشت هذه الاثار أولا في تقرير عام ١٩٥٨ ، الذي حاول تلخيص ٦٠ عاما من المعرفة ، في الوقت الذي كانت فيه المعلومات المتعلقة بالآفات البدنية التي يسببها الاشعاع وتولدها ضئيلة نوعا . ومع أنه لم يكن لدى اللجنة إلا تفاصيل قليلة تستند اليها في مناقشتها ، فإن الصورة العامة التي ظهرت بدت متسقة ، وخاصة بالنسبة للآثار التي تسببها الجرعات الكبيرة . وكانت اللجنة في ذلك الوقت على علم بالعوامل الطبيعية الرئيسية التي تؤثر في حدوث هذه النتائج ، مثل الجرعة ، ونسبتها ، وتجزئتها ، ونوعية الاشعاع ، وقدمت أيضا سردا لاهم العوامل البيولوجية ، مثل النوع ، والعمر والجنس ، وتعرض البدن جزئيا للاشعاع .

١١٨ - وترد في تقرير ١٩٥٨ المفاهيم الاحيائية الاشعاعية الرئيسية ، كتلك المتعلقة بحساسية الخلية ، واستجابة الانسجة ، والتي تظهر في معدل انقسام الخلية وتمييزها ، وإن لم يتسن تقدير مفهوم موت الخلايا كميا لإنعدام أساليب عمل مزرعة لخلية واحدة . كما استخدم اصطلاح الشفاء بمعنى غير دقيق ، دون تحديد ما ينطوي عليه من آليات كثيرة . وقد نشأ عن تصنيف الاثار الى آثار شكلية وآثار وظيفية ، بعض المشاكل ، بيد أن اللجنة حددت ، في تلك المرحلة المبكرة ، المصاعب المتعلقة بحسم مسألة الحدود الدنيا ، وخاصة بالنسبة للجرعات المنخفضة والآثار المتأخرة .

١١٩ - واستخدم كثير من المعايير ذاتها ، عام ١٩٦٣ ، في تصنيف الاثار الجسمية ، الى آثار مبكرة وآثار متأخرة ، وكانت نتيجة ذلك ، أن أشارا مختلفا جدا في طابعها ومرتبة على الاورام وسرطان الدم ، منها ، على سبيل المثال ، تعقيم العدسة ، وحدث العقم ، أو تقصير العمر بشكل غير محدد ، انتهى الامر بتصنيفها معا لأنها تظهر متأخرة أيضا . ولم يتضمن تقرير عام ١٩٦٣ أي خروج مهم عن العبارات العامة المذكورة أعلاه ، وخاصة فيما يتعلق بعلاقات الجرعة - الاستجابة ، وجوانب الغموض التي تكتنف الشكل الدقيق لتلك العلاقات في حالة جرعات تقل عن تلك التي فحصت مباشرة ، واعتماد تلك الاثار بشكل واضح على نسبة جرعة الاشعاع التي يتم التعرض لها .

١٢٠ - ولقد انقضت عشرون سنة بين ذلك التقرير والتقرير الذي يليه ، والذي صدر عام ١٩٨٣ ، حيث بحثت في ملحق شامل الاثار غير العشوائية للاشعاع على الانسجة العادية .

وتعكس المعالجة الجديدة التقدم العظيم المحرز في فهم الآثار الجسمية والذي حدث خلال هذه الفترة . وكان عنوان الملحق ذاته يدل على إعادة تصنيف الآثار ما بين عشوائية وغير عشوائية . ولا تنتمي الى الفئة الاولى إلا تلك الآثار التي يشكل احتمال حدوثها دالة (خطية) للجرعة ، بينما تنتمي الى الفئة الثانية ، تلك الآثار التي تشكل حدوثها (فضلا عن احتمال حدوثها عند مستوى معين من الحدة) ، دالة (سينية) للجرعة . وناقش التقرير بصفة رئيسية آثار التعرض للإشعاع بالنسبة لأنسجة وأعضاء منفردة ، واستعرض التقرير مجموعة كبيرة من البيانات المتعلقة بالإنسان ، والتي فسرتها في ضوء الخبرة المكتسبة في ميدان حيوانات التجارب .

١٣١ - ودرست اللجنة طبيعة تلك الآثار ، وتولد الأمراض عنها نتيجة التفاعل بين مستويات الخلايا وتغير الأنسجة ، والعلاقات الكمية بينها ، ووقت ظهور الضرر الكلينيكي غير العشوائي ودرجته . وكانت معظم الاستنتاجات العامة التي توصلت اليها اللجنة تتعلق بوجود حد أدنى للجرعة كي تحدث تلك الآثار وقابلية ذلك الحد الأدنى للتغيير ، وفقا لنوع الأثر . ويتضمن الملحق أيضا تحليلا مفصلا لكيف يحتمل أن تتغير الحد الأدنى للجرعة بالنسبة لكل نوع محدد من الآثار كدالة للمتغيرات البيولوجية الإشعاعية الهامة ، مثل نوعية الإشعاع ، والجرعة ، ونسبتها ، وتجزئتها ، وإطالتها .

(ب) التعرض للإشعاع قبل الولادة

١٣٢ - ترد في التقرير الأول للجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (١٩٥٨) ، أول إشارة الى أن أنسجة المٌضة والجنين ، يمكن أن تكون حساسة بوجه خاص لفعل الإشعاع ، وإلى أن تعرض الحوامل للإشعاع قد يحدث آثارا تشويهيّة في الجنين . وكان من المعترف به أيضا في ذلك الوقت أن هناك فترات حرجية في النمو ، تكون بعض الهياكل أثناءها ضعيفة بصورة خاصة حيال التأثير المحدد للتعرض للإشعاع الداخلي أو الخارجي . وأخيرا أورد التقرير ، أيضا شكل العلاقة بين الجرعة والأثر بالنسبة للآثار التي تحدث داخل الرحم ، دون تحديد لطبيعة تلك الآثار ، أو آليات إحداثها ، مع التلميح الى أن تلك العلاقات قد تكون من نوع الحدود الدنيا .

١٣٣ - وكرر تقرير عام ١٩٦٢ فكرة الحساسية الخاصة لبنيات المٌضة الجنينية والجنين ، مشيرا الى أن الإصابات البسيطة التي تحدث أثناء النمو يمكن أن تتضخم بفعل نمو البنيات ذات الصلة لتحدث تشوهات رئيسية . وقد استنتج من البيانات المتعلقة بالغُثران المتلقية لزرع مسبق أن الجرعات التي يبلغ مقدارها ٠,٢٥ غراي التي يعرض لها الجنين قد تكون قاتلة لـ ٤٠ في المائة من الحيوانات . وخلصت اللجنة

أيضا ، بناء على مجموعة واسعة الى حد كبير من النتائج التجريبية التي كانت متاحة وقتئذ ، الى أن التعرض للإشعاع أثناء التكوين الرئيسي للأعضاء يسبب تشوهات نمو وأن هناك تماثلا جيدا بين تشوه البنيات في الحيوانات والانسان في مراحل متماثلة في النمو . وقد تبين أن التشوهات في الانسان أكثر تواترا في الجهاز العصبي المركزي ، والعيون والهيكل العظمي .

١٢٤ - وفي سياق مناقشة خاصة عن آثار الإشعاع على الجهاز العصبي وردت في تقرير عام ١٩٦٩ ، أولت اللجنة عناية خاصة للتلف الذي يصيب بنيات المخ في الحيوانات الشديدة النامية . وأكدت أن التعرض للإشعاع قبل الولادة أثناء الوقت الذي تمر فيه البنيات ذات الصلة بعملية التشخيص المقارن يمكن أن تؤدي الى شذوذ حاد في النمو . ورهنا بوقت التعرض للإشعاع يمكن أن يصاب الانسان بتشوه معين (مثل صغر الرأس ، والفتق الدماغي ، و الاستسقاء الدماغي) ، تبعا ، على الأرجح ، لبحث الحركة الحدية النمط كدالة للجرعة . وقد وصف خلل بناء القشرة المخية في الحيوانات المصوب بعجز وظيفي في شكل فقدان التمييز البصري والشمي وتمييز المسافات . واعيدت عمليات تعليم أخرى في الحيوانات بعد تعرضها لجرعات مقدارها ١ غراي أو أكثر أثناء الاسبوع الثاني أو الثالث من فترة الحمل في الفئران ؛ أما آثار الجرعات الأقل من ٠,٥ غراي فقد رُئي أنها غير أكيدة . ورغم أن التغييرات في الأفعال المنعكسة الشرطية قد وصفت في الحيوانات التي تعرضت للإشعاع لفترة قصيرة وأصيبت بجرعة بسيطة لم تتجاوز سوى ٠,١ غراي ، فإن علاقة هذه الآثار بتشكيل خطورة على الانسان أمر مشكوك فيه أيضا . ولاحظت اللجنة أن الآثار الحقيقية هي الدماغ الصغيرة الحجم وإحداث التخلف العقلي ، بيد أنه لم يمكنها أن تكتشف أي علاقة بين التشوهات الخلقية والوظيفية وبين التغييرات البنيوية في الجهاز العصبي المركزي . بل أن اللجنة جرت حتى على اشتقاق معامل خطورة للتخلف العقلي فيمن بقوا أحياء في هيروشيما وناغازاكي : ١ في المائة لكل راد للجرعات التي تزيد عن ٥٠ راد امتصت بمعدلات مرتفعة من الجرعات .

١٢٥ - واعترافا من اللجنة بأهمية مراقبة آثار الإشعاع على النمو والتكوين بشكل مستمر بسبب اتصال هذه الآثار بعامة الناس والعاملات من النساء ، فقد اضطلعت باستعراض آخر لهذا الموضوع في المرفق ياء من تقريرها لعام ١٩٧٧ . وركز هذا الاستعراض على البيانات التجريبية المتعلقة بالحيوانات ، وهي المعلومات المتاحة الوحيدة ، وعلى الآليات المسببة لهذه الآثار في الرحم ؛ كما وصف لعلاقات الجرعة - الوقت التي استنتجت من البيانات المتصفة بقدر أكبر من الناحية الكمية .

١٢٦ - وقد عمم المرفق ياء من تقرير ١٩٧٧ ما أطلق عليه "فترات الحساسية القموى" لمختلف البنيات التشريحية ، لتتزامن مع الطفرة النمائية ؛ كما عمم على الأنواع كلها الفكرة القائلة بأن الآثار القاتلة هي الآثار النموذجية لفترة الزرع المسبق ، وآثار التشوه الخلقي في فترة التكوين الرئيسي للأعضاء والاضطرابات النمائية في الفترة الجنينية . وقد بين تحليل أجرى لعلاقات الجرعة - الأثر أنها منحنية الاضلاع في معظم الأحوال . وأكدت اللجنة تقديرها السابق للمخاطر المتمثلة في التخلف العقلي واقتربت ، على أساس البيانات المتعلقة بالغثران ، امكانية اعتبار معامل الخطورة لزيادة القتل الجنيني بعد الاخصاب بوقت قصير بنسبة ١ في المائة لكل رونتغن .

١٢٧ - ومن هذا الاستعراض ، استنتجت اللجنة أنه على الرغم من الندرة الشديدة للبيانات الخاصة بالانسان فيما يتعلق باحداث الاشعاع لتشوهات ، فإن البيانات المتعلقة بالانواع الحيوانية الأخرى اجماعية وموحدة في الإشارة الى الحساسية الواضحة لهذه الآثار بقدر التي لا يمكن معه اعتبار النوع الانساني استثناء . ورغم أن اللجنة وجدت أن من المستحيل ، نظرا الى قلة البيانات المتعلقة بالانسان ، استخلاص تقديرات كمية موثوق بها عن مدى الخطورة الناجمة عن التعرض للانسان للاشعاع في الفترة السابقة للولادة في مراحل النمو المقارنة ، ولاسيما على مستوى منخفض من الجرعات ومعدلات الجرعات ، فقد أمكنها ، على أساس البيانات الحيوانية التجريبية ، استبعاد أن تكون حساسية النوع البشري عاملا من ضمن ١٠ عوامل أعلى من المتوقع .

٤ - أنواع أخرى من الضرر

١٢٨ - وأولت اللجنة ، في أوقات شتى وفي تقارير مختلفة ، انتباها خاصا لأنواع من الضرر لا يمكن تصنيفها بسهولة ضمن ضرر من تلك الأضرار التي عولجت أعلاه . ويتمثل أحد هذه الأنواع في العمر ، الذي قيل في تقرير عام ١٩٥٨ أنه ينجم من عدد من التغييرات الحادة أو التغييرات المتأخرة التي يسببها الاشعاع ، سواء المحددة مثل سرطان الدم في العاملين في مجال الطب الاشعاعي ، أو المنتشرة بصورة مرضية في جميع الأعضاء أو الأنسجة . وقد ظن أن هذه الحالة الأخيرة تعجل بعمليات الشيخوخة الطبيعية وهكذا سميت بأنها مقصرة للعمر غير محددة .

١٢٩ - وأجرت اللجنة دراسة محددة لما أطلق عليه آثار الاشعاع في التعجيل بالشيخوخة وعرضت النتائج في تقرير عام ١٩٨٢ . ولم تكن هناك فيما يبدو أسباب كافية لتعريف الشيخوخة في عبارات بيولوجية محددة مما يسمح بافتراض آثار غير محددة للاشعاع عندما

تكون الجرعات ومعدلات الجرعات التي يمكن أن تتسبب في أن يشيخ الحيوان قبل الاوان منخفضة . لذا ركزت اللجنة على أثر الاشعاع في تقصير العمر ، وهو أثر يمكن تعريفه بموضوعية أكثر . وعلى مستوى الجرعات ذات الاهمية الكبرى للأغراض العملية ، أي تلك الجرعات التي تقل الى حد كبير عن نطاق الجرعات القاتلة ٥٠ وما دونها حتى أقل قدر من الجرعات ومعدلات الجرعات ، أظهرت الدلائل بشكل ساحق أن الحيوانات التي تعرضت للاشعاع تعيش ، في المتوسط ، سنوات أقل من حيوانات المقارنة التي لم تتعرض للاشعاع .

١٣٠ - وللأثر المتمثل في تقصير العمر علاقات محددة بالجرعة والوقت . وقد أتاححت مجموعة كبيرة للغاية من الأدلة في الحيوانات التجريبية أن يخلص التقرير الى أن تقصير العمر ، بسبب الجرعات ومعدلات الجرعات المتراوحة بين منخفضة ومتوسطة ، يرجع أساسا الى أن هذه الجرعات ومعدلاتها تحدث أمراضا خبيثة بمعدل يفوق المعدل الطبيعي المميز للأنواع موضع البحث . وتنطبق هذه النتيجة على الحيوانات التجريبية ، وعلى الانسان أيضا بقدر ما يمكن الحكم عليه من التجربة الانسانية المحدودة .

١٣١ - وفي تقريرها لعام ١٩٦٩ ، قدمت اللجنة دراسة خاصة عن آثار الاشعاع على الجهاز العصبي . وقد غطى ذلك الاستعراض أيضا الجوانب المتعلقة بالاضطرابات الخلقية والوظيفية التي يحدثها الاشعاع خلال المراحل السابقة للولادة . فتعرض الجهاز العصبي للاشعاع يمكن أن يحدث آثارا في البالغين عندما تكون الجرعات كبيرة فقط ، وفي تلك الحالة تكون التغييرات البنيوية والوظيفية عميقة . ولكنه تبين أنه يمكن بالنسبة للجرعات المنخفضة الى حد يبلغ ١٠ غراي أو أقل ، إحداث ردود فعل ذات "طبيعة فسيولوجية" . وماتزال أروع نتيجة هي الاختلاف البين في الحساسية بين المراحل السابقة للولادة والمراحل اللاحقة لها ، حيث تكون الاولى أقل مناعة الى حد كبير من الثانية .

١٣٢ - وتضمن نفس التقرير ملحقا منفصلا عن إحداث الاضطرابات الكروموسومية في خطوط الخلايا الجنينية والجسدية البشرية . وإحداث الاضطرابات الكروموسومية في الخلايا الجسدية أثر هام بسبب امكانية استخدامه كمقياس للجرعات التي يمتصها الاحياء وبسبب أهميته البيولوجية فيما يتعلق بالتسبب في الإصابة بالامراض الخبيثة (أو علاقته بها) . وقد غطى المرفق بشكل متعمق علاقات الجرعة - الوقت بالنسبة لإحداث التلف الكروموسومي وتنوع الاضطرابات كدالة للعوامل الفيزيائية والبيولوجية الاخرى . وقد انتهى المرفق ، بالإضافة الى تطبيقاته العملية في قياس الجرعات البيولوجية ، الى أن التحليل الكروموسومي قد يكون ذا فائدة بسيطة في تقييم خطورة آثار الاشعاع

المتعلقة بالأورام أو المناعة أو تقصير العمر . وستظل تقديرات الخطورة تعتمد على مراقبة أمثلة لحالات إكلينيكية محددة كدالة للجرعة ، وهي نتيجة مازالت صائبة حتى يومنا هذا .

١٣٣ - وتضمن تقرير عام ١٩٧٢ دراسة خاصة عن آثار الإشعاع على الاستجابة المناعية حيث حاولت اللجنة ، على أساس البيانات التجريبية غالبا ، أن تناقش الدور الذي يلعبه جهاز المناعة في تطوير آثار الإشعاع المبكرة والمتأخرة ، وأساسا تلك الآثار ذات النمط العشوائي . وانتهت الدراسة الى أن لجهاز المناعة عوامل أمان كبيرة مركبة فيه تسمح له بأن يحتمل إصابة كبيرة من الإشعاع ويشفى منها . وذكرت اللجنة أن الجرعات التي تصيب الجسم كله والتي تبلغ حوالي ١٠ غراي تسبب تلفا في جهاز المناعة يمكن ملاحظته وإن كان لا يسبب قلقا بالغا . ويمكن للجرعات الأكبر من ناحية الحجم التي تصيب الجسم كله أن تزيد من القابلية للإصابة ، في حين أن الجرعات التي تبلغ ٢ غراي أو أكثر يمكن أن تزيد الى حد كبير من خطورة الوفاة من الإصابة . أما بالنسبة للآثار غير العشوائية ، فيبدو أن هذه النتائج مازالت صحيحة .

١٣٤ - وقد أجريت دراسة خاصة أخرى عن التفاعل الممكن بين الإشعاع وعوامل أخرى موزعة توزيعا واسعا في البيئة . وقد وردت هذه الدراسة أيضا في تقرير عام ١٩٨٢ ، وأولت اللجنة انتباها خاصا فيها لحالات التعرض التي تؤثر على عدد كبير من الناس ، مغيرة بذلك الى حد كبير من متوسط معاملات الخطورة .

١٣٥ - وتبين للجنة أنه فيما يتعلق بالآثار ذات الأهمية العملية الواسعة (إحداث السرطان ، أو الآثار الجينية أو تشوهات النمو) ، فإن هناك معلومات منهجية قليلة لا تكفي لإقامة الدليل على صحة الدعاوى القائلة بحدوث تفاعلات غير جماعية بين الإشعاع والعوامل الأخرى . وقد عالجت التحاليل النظرية المصحوبة بأمثلة توضيحية من الأعمال التجريبية أو الوبائية ، هذه المسألة بكل تعقيدها : الطبائع المختلفة للعوامل المتفاعلة ، وآليات عملها المختلفة ، ومستويات الجرعات المختلفة والطرق المختلفة في إعطاء الجرعات - وكل ذلك يمكن أن يتسبب في مجموعة من التفاعلات الممكنة ، بالمعنى الجمعي أو الكبحي ، الجمعية أو التآزري ، إلا أن حالة تآزر واحدة فيما يبدو موثقة توثيقا جيدا ، وهي التفاعل بين دخان التبغ ونواتج انحلال غاز الرادون الذي يصيب عمال مناجم اليورانيوم . ويمنع هذا التآزر مقدار الاستقرار المباشر للنتائج في نطاق عمال المناجم الى عامة السكان .

ثالثا - الحالة الراهنة

١٣٦ - يصف هذا الفصل نتائج وخلصات اللجنة في آخر تقاريرها . ويعد أحدث بيان بالنسبة لمعظم المواضيع هو ذلك الوارد في التقرير الحالي (١٩٨٨) ، أما بالنسبة لبعض المواضيع التي لم ترد هنا مثل التعرض الناتج عن الانفجارات النووية ، فإن أحدث بيان بها وارد في تقرير عام ١٩٨٢ .

الف - مستويات وجرعات الاشعاع

١ - المصادر الطبيعية للاشعاع (٣)

١٣٧ - يحظى تقييم جرعات الاشعاع من مصادر طبيعية في الانسان بأهمية خاصة لان الاشعاع الطبيعي يعتبر الى حد بعيد أكبر مساهم في الجرعة الجماعية التي يتلقاها سكان العالم . وتصنف مصادر الاشعاع الطبيعية على النحو التالي :

(أ) مصادر خارجية من أصل خارج عن الأرض (أي أشعة كونية) واشعاع من أصل أرضي (أي النويدات المشعة الموجودة في القشرة الأرضية ، وفي مواد البناء وفي الجو) ؛

(ب) مصادر داخلية ، تتألف من النويدات المشعة التي تحدث بشكل طبيعي والتي يمتصها جسم الانسان .

١٣٨ - وبعض المساهمات في التعرض الكلي الناتج عن أساس اشعاعي طبيعي شابتة الى حد كبير في المكان والزمان ومستقلة عمليا عن الممارسات والأنشطة البشرية . وهذا صحيح مثلا بالنسبة للجرعات المتلقاة من امتصاص بوتاسيوم - ٤٠ ، وهو عنصر محكوم بالالتزان بين عناصر الكائن الحي ، وصحيح أيضا بالنسبة للجرعات المستوعبة من استنشاق وامتصاص النويدات المشعة الكونية ، الموزعة توزيعا متجانسا نسبيا على سطح الكرة الأرضية ، وتعتمد مساهمات أخرى بقوة على الأنشطة والممارسات البشرية ولذا فإنها متنوعة بشكل واسع . والجرعات المستوعبة من الاستنشاق الداخلي لمنتجات تحلل غازي الرادون والثورون أمثلة على ذلك : يؤثر تصميم المباني ، وكذلك اختيار مواد البناء وأنظمة التهوية ، على المستويات الداخلية ، بحيث تتطور أيضا الجرعات الصادرة عن الرادون بتطور الأساليب والممارسات . وبين هذين النوعين المتطرفين من التعرض ،

توجد بعض الانواع الوسيطة : الجرعات الخارجية من الاشعة الكونية ، والتي تتأثر بالممارسات الانسانية ويمكن التنبؤ بها بسهولة وإن كان لا يمكن التحكم فيها (اللهم إلا بالانتقال الى أماكن تكون الجرعة أقل انخفاضاً فيها) ؛ والجرعات الناتجة من استنشاق وامتصاص النويدات الطويلة العمر من مجموعات منتجات انحلال اليورانيوم - ٢٣٨ والثوريوم - ٢٣٢ ، التي تسهم بشكل بسيط في الجرعة الكلية الناتجة من المصادر الطبيعية والثابتة بشكل نسبي في الفضاء ؛ والجرعات من التعرض الاشعاعي الخارجي بواسطة المصادر الارضية ، التي تغيرها أيضا الى حد كبير الأنشطة والممارسات الانسانية ، وخصوصا من خلال التعرض الداخلي .

١٣٩ - وأعادت اللجنة تقييم الجرعات المتلقاة على مستوى العالم من مصادر اشعاع طبيعية (الجدول ٤) . ويعادل متوسط مكافئ الجرعة الفعالة السنوي ما تقديره ٢,٤ من الملليسيغرت ؛ ويشير هذا الى البالغين من السكان . ويعود الاختلاف في هذا المتوسط أساسا الى الاختلافات في التعرض الخارجي للمصادر الارضية وفي التعرض الداخلي (الاستنشاق) نواتج انحلال القصيرة العمر لنظائر الرادون . وتتنوع التعرضات الخارجية بشكل نمطي حول المتوسط بعامل يبلغ ١,٥ وحول التعرضات الداخلية بعامل يبلغ ٢,٥ . وبالنسبة لهذين النوعين من التعرض ، تتنوع القيم المتطرفة حول الوسط بعامل يبلغ ١٠٠ .

١٤٠ - وتوجد تغييرات عديدة عن التقديرات الواردة في تقرير عام ١٩٨٢ :

(أ) بالنسبة للتعرض الخارجي للأشعة الكونية ، فإن التقدير الجديد لمكافئ الجرعة الفعالة السنوي أعلى بقدر ٥٠ ميكروسيغرت ، وذلك إذا أخذنا في الاعتبار التوزيع الجغرافي لسكان العالم كدالة للارتفاع وإذا أخذنا في الاعتبار كذلك الاثر الواقي لمواد البناء ؛

(ب) بالنسبة للتعرض الخارجي لمصادر الاشعاع الارضية ، زيد تقدير مكافئ الجرعة الفعالة السنوي ب ٦٠ ميكروسيغرت نتيجة لتوافر معلومات أفضل عن جرعات غاما في الجو المستوعبة داخليا ؛

(ج) خفضت بشكل بسيط تقديرات المكافئات السنوية للجرعة الفعالة المستوعبة من التعرض الداخلي للنويدات المشعة الاساسية بالنسبة لمجموعة اليورانيوم - ٢٣٨ والرمصاص - ٢١٠ وكذلك بالنسبة لمنتجات انحلال الرادون - ٢٢٠ ،

بينما زيدت التقديرات المتعلقة بنواتج الانحلال القصير العمر للرادون - ٢٢٢ بحوالي ٣٠٠ ميكروسيفيرت بناء على نتائج دراسات استقصائية داخلية التي أجريت على نطاق البلدان . وتمثل الأثر الصافي لهذه التصحيحات في زيادة قدرها ٢٠ في المائة في تقدير مكافئ الجرعة الفعالة السنوي من جميع مصادر الإشعاع الطبيعية .

١٤١ - ويبين الجدول ٤ الأهمية الفائقة للجرعات المستوعبة من استنشاق الرادون - ٢٢٢ ونواتج انحلاله القصيرة العمر . والأنشطة الصناعية التي تطلق مواد بتركيزات معززة من النويدات المشعة التي تحدث بشكل طبيعي لا تغير إلى حد كبير من تقديرات التعرض الكلية .

٢ - التفجيرات النووية

١٤٢ - قِيَّمت اللجنة ، في تقريرها لعام ١٩٨٢ ، حالات تعرض سكان العالم الناجمة عن المواد المشعة التي تنطلق في البيئة نتيجة التفجيرات النووية التي تجرى في الجو منذ عام ١٩٤٥ . ونظرا لعدم إجراء تجارب نووية في الجو منذ عام ١٩٨٠ فإن التقييم مازال كاملا وصحيحا .

١٤٣ - ويبين الجدول ٥ الذي يلخص عدد وقوة التفجيرات النووية التي أجريت في الجو ، أن معظم البرامج التجريبية قد تمت خلال الفترة ١٩٥٧ - ١٩٥٨ والفترة ١٩٦١ - ١٩٦٢ . وتحمل التفجيرات ذات القوة الكبيرة المواد الركامية المشعة إلى طبقة الاستراتوسفير ، ومنها تنتشر هذه المواد وتترسب في جميع أنحاء العالم (وتعرف هذه المواد بالسقاطة النووية الاستراتيجية) . ويكون تعرض السكان لهذه المواد أعلى ما يمكن في المناطق المناخية المعتدلة وفي نصف الكرة الشمالي ، حيث أجريت معظم التجارب . وتبلغ الجرعة التي تتعرض لها المنطقة المعتدلة الجنوبية ٧٠ في المائة تقريبا مما تتعرض له المنطقة المعتدلة الشمالية . وترجع جرعات الأشعة إلى تناول النويدات المشعة التي تدخل في الأغذية وإلى الأشعة الخارجية الآتية من الرواسب التي تصل إلى الأرض .

١٤٤ - وأهم النويدات المشعة التي تساهم في الجرعات التقديرية التي تم التعرض لها في مختلف أنحاء العالم نتيجة لجميع التجارب التي أجريت في الجو حتى الآن ، مرتبة تنازليا من حيث أهميتها هي : الكربون - ١٤ ، والسييزيوم - ١٣٧ ، والزركونيوم - ٩٥

الجدول ٤ - مكافئات الجرعة الفعالة ، السنوية
الآتية من المصادر الطبيعية

مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (ملليسيغرت)			
الاشعة الخارجية	الاشعة الداخلية	المجموع	مصدر الإشعاع
الاشعة الكونية			
٠,٣٠	-	٠,٣٠	العنصر المكون المؤين بصورة مباشرة
٠,٠٥٥	-	٠,٠٥٥	العنصر المكون النيروتروني
٠,٠١٥	٠,٠١٥	-	النويدات ذات الأصل الكوني
النويدات البدائية :			
٠,٢٣	٠,١٨	٠,١٥	البوتاسيوم - ٤٠
٠,٠٠٦	٠,٠٠٦	-	الروبيديوم - ٨٧
١,٢٤	١,٢٤	٠,١	سلسلة اليورانيوم - ٢٣٨ :
	٠,٠٠٥		اليورانيوم - ٢٣٨ إلى اليورانيوم - ٢٣٤
	٠,٠٠٧		الثوريوم - ٢٣٠
	٠,٠٠٧		الراديوم - ٢٢٦
	١,١		الرادون - ٢٢٢ إلى البلوتونيوم ٢١٤
	٠,١٢		الرصاص - ٢١٠ إلى البلوتونيوم ٢١٠
٠,٢٤	٠,١٨	٠,١٦	سلسلة الثوريوم - ٢٣٢ :
	٠,٠٠٣		الثوريوم - ٢٣٢
	٠,٠١٣		الراديوم - ٢٢٨ إلى الراديوم ٢٢٤
	٠,١٦		الراديوم ٢٢٠ إلى التوليريوم ٢٠٨
٢,٤	١,٦	٠,٨	المجموع

والاسترنشيوم ٩٠ ، والروبيديوم - ١٠٦ ، والسيريوم - ١٤٤ ، والتريتيوم . ومازال سكان العالم الحاليون يتعرضون كما سيظلون يتعرضون في المستقبل للاشعاعات اللاحقة الناجمة عن أربعة فقط من هذه النويدات هي : الكربون - ١٤ والسييزيوم - ١٣٧ والاسترنشيوم - ٩٠ والتريتيوم . كما يسهم البلوتونيوم ٢٣٩ والبلوتونيوم - ٢٤٠ والاميريسيوم ٢٤١ عند معدلات الجرعات المنخفضة جدا على مدى آلاف السنين بنسبة إضافية تبلغ ٠,١ في المائة تقريبا من مجموع من مكافئ الجرعة الفعلية التي يتم التعرض لها .

١٤٥ - وقد ورد ، في تقرير عام ١٩٨٢ ، تقدير تقريبي لمكافئ الجرعة الفعلية الإجمالية التي تم التعرض لها نتيجة لجميع التفجيرات النووية التي تمت في الجو وهو ٣ ١٠^٧ رجل سيفرت . وهو تقدير مازال صحيحا حتى الآن . وقد وجد إن هذه القيمة ، التي أخذت فيها بعين الاعتبار القيمة المسقطه لنمو سكان العالم في المستقبل ، تعادل أربع سنوات تقريبا من تعرض سكان العالم للمصادر الطبيعية في أواخر السبعينات ، محسوبا على أساس أن ما يتعرض له الفرد سنويا من المصادر الطبيعية يبلغ ٢ مللي سيفرت وأن عدد سكان العالم هو ٤ ١٠^٩ نسمة . ونتيجة لأن عدد سكان العالم أصبح الآن ٥ ١٠^٩ نسمة وللتقدير المنقح لما يتعرض له سنويا من المصادر الطبيعية ، وهو ٢,٤ مللي سيفرت ، فإن مكافئ الجرعة الفعلية الإجمالية الناجمة عن جميع التفجيرات النووية التي تمت في الجو يقدر الآن بما يعادل ٣ سنوات تقريبا من تعرض السكان الحاليين للمصادر الطبيعية .

٣ - إنتاج الطاقة الكهرو نووية (٤)

١٤٦ - زاد عدد المفاعلات النووية الجاري تشغيلها لتوليد الكهرباء ، منذ أن قدم تقرير عام ١٩٨٢ . وفي نهاية عام ١٩٨٧ كان هناك ٤١٧ مفاعلا شغالا في ٣٦ بلدا تبلغ طاقتها الإنتاجية المقررة ٢٩٨ جيغاوات . ويمثل هذا زيادة قدرها ١٠٠ في المائة في الطاقة الانتاجية منذ أن قدمت اللجنة تقريرها الأخير في عام ١٩٨٢ ، عندما كانت الطاقة المقررة تبلغ ١٤٤ جيغاوات . ومع أن الامقاطات المتعلقة بعام ٢٠٠٠ مازالت تعتمد إلى حد ما على الحس ، فإنها تبلغ ٥٠٠ جيغاوات ، وهذا يمثل زيادة في الطاقة الانتاجية الراهنة قدرها ٨٠ في المائة .

الجدول ٥ - عدد وقوة التفجيرات النووية
التي تمت في الجو

السنة		العدد		القوة التقديرية (بالميغاطن)	
				الانشطارية	المجموع
١٩٤٥ - ١٩٥١	٣٦	٠,٨	٠,٨		
١٩٥٢ - ١٩٥٤	٣١	٣٧,٠	٦٠,٠		
١٩٥٥ - ١٩٥٦	٤٤	١٤,٠	٣١,٠		
١٩٥٧ - ١٩٥٨	١٣٨	٤٠,٠	٨١,٠		
١٩٥٩ - ١٩٦٠	٣	٠,١	٠,١		
١٩٦١ - ١٩٦٢	١٣٨	١٠٣,٠	٣٤٠,٠		
١٩٦٣	صفر	٠,٠	٠,٠		
١٩٦٤ - ١٩٦٩	٢٣	١٠,٦	١٥,٥		
١٩٧٠ - ١٩٧٤	٣٤	١٠,٠	١٣,٢		
١٩٧٥	صفر	٠,٠	٠,٠		
١٩٧٦ - ١٩٨٠	٧	٣,٩	٤,٨		
١٩٨١ - ١٩٨٧	صفر		لم تجر تجارب أخرى		

١٤٧ - وتتضمن دورة الوقود النووي عدة خطوات : تعدين خامات اليورانيوم وطحنها وتخصيب المحتوى النظائري للخام من اليورانيوم - ٢٣٥ اللازم لبعض أنواع المفاعلات ؛ وتمنيع عناصر الوقود ؛ وإنتاج الطاقة في المفاعلات ؛ وإعادة تجهيز الوقود المستنفذ (وإن كان هذا لا يتم في جميع الأحوال) وإعادة استغلال النويدات القابلة للانشطار والنويدات الخصبة المستخلصة منه ؛ ونقل المواد النووية فيما بين منشآت دورة الوقود ؛ وأخيرا التخلص من النفايات المشعة . وعلى الرغم من أن معظم المواد المشعة المقترنة بإنتاج الطاقة الكهرونووية توجد في الوقود المشع ، فإن كميات صغيرة من هذه المواد تنطلق في البيئة من النفايات التي تنبعث من كل خطوة من خطوات الدورة . ومعظم المواد المنبعثة على هذا النحو مثار قلق على الصعيد المحلي أو الإقليمي فقط ، وذلك نظرا لقصر الأعمار النصفية للنويدات المشعة وانتقالها المحدود في البيئة . ومع ذلك فإن بعض النويدات ، بسبب طول أعمارها النصفية وسرعة انتقالها في البيئة ، قد تساهم في إصابة الإنسان بالاشعة على الصعيد العالمي .

١٤٨ - وقد قامت اللجنة بتقييم الجرعات التي تصيب العاملين في المنشآت النووية وأفراد الجمهور بالنسبة لكل خطوة في دورة الوقود وما يقترن بها من ابتعاث المواد المشعة وقد شملت عمليات التقييم التي قامت بها اللجنة أربع فئات من السكان : الأشخاص الذين يتعرضون بحكم الظروف العادية لعملهم في دورة الوقود ؛ والسكان الذين يعيشون داخل المناطق المحيطة بالمحطات الكهروناوية لمسافة ١٠٠ كيلو متر تقريبا ؛ والسكان الذين يعيشون في المناطق المحيطة بها لمسافة بضع آلاف من الكيلو مترات وأخيرا سكان العالم .

١٤٩ - ولأن تركيزات النويدات المشعة الموجودة في النفايات المنبعثة تكون منخفضة بصورة عامة فإن رصد ما يسقط من النويدات المشعة على أفراد جمهور السكان سيكون معدوم الجدوى تقريبا وغير ممكن من الناحية العملية . وبدلا من ذلك ، استخدمت اللجنة النمذجة البيئية لتقدير الجرعات عند المسافات البعيدة عن محطات التوليد . ويمكن التنبؤ بانتقال النويدات المشعة في الأوساط البيئية من القيم المقيسة التي يتم الحصول عليها عن طريق رصد المواد الغذائية والمياه وعن طريق الدراسات التجريبية .

١٥٠ - ونقطة البداية في النمذجة البيئية للمسافات البعيدة هي البيانات المتعلقة بكميات وتركيب المواد المشعة المنبعثة من المرافق النووية المختلفة . وتتوفر هذه المعلومات للجنة عادة عن طريق البلدان التي توجد لديها برامج نووية وقد تم جمعها بالفعل لفترة السنوات الست ١٩٨٠ - ١٩٨٥ . ولما كان حجم أي مرحلة من مراحل دورة الوقود يتناسب تناسبا طرديا مع قدرة التوليد النووية التي تؤديها تلك المرحلة ، فقد تمت معايرة الابتعاثات على أساس جيجاوات سنة من الطاقة الكهربائية المولدة ، وذلك لإتاحة عقد مقارنات وتسهيل استخدام قيم متوسطة لجميع محطات التوليد المتشابهة من حيث التصميم . ولا تمثل النتائج موقعا محددا بعينه ولكنها تعطي فكرة عن تأثير كل نوع من المرافق . كما أن استخدام كمية متوسطة للتعبير عن الإنتاج الكلي للطاقة ولجميع محطات التوليد ذات النوع الواحد يمثل أيضا الانبعاثات التي قد تصدر في أثناء عمليات وقف التشغيل لأغراض الصيانة ، عندما تكون كمية الكهرباء المولدة طفيفة أو عندما يتوقف توليد الكهرباء كلية .

١٥١ - ولتقدير الجرعات الجماعية المناظرة للانبعاثات التي تمت معايرتها ، قامت اللجنة مسبقا بتحديد مواقع فرضية ذات خصائص ممثلة بشكل عام لكل مرحلة من مراحل دورة الوقود : التعدين والتغريز ، والتخصيب والتصنيع ، وتشغيل المفاعل وإعادة

التجهيز . كما افترضت اللجنة أن البيئة التي تستقبل الانبعاثات من كل مرفق نموذجي هي بيئة فرضية تضم السمات العامة للمواقع القائمة ، بحيث يتم إدخال أكثر المسارات شيوعا للوصول إلى الانسان . وقد استخدمت اللجنة نفس النماذج مرة أخرى لأنها تعتقد أنها مازالت تفي بالغرض ولأن ذلك يتيح مقارنة التأثير الحالي بالتأثير الذي سبق تقييمه للفترة ١٩٧٤ - ١٩٧٩ .

١٥٢ - وتصدر عن مناجم اليورانيوم نفايات ، وعندما تكون هذه المناجم في حالة تشغيل تتكون هذه النفايات من هواء التهوية في حالة المناجم الموجودة تحت الأرض ومن انبعاثات داخل الحفر في حالة المناجم المكشوفة . وتنتج نفايات أخرى في أثناء عمليات التفريز التي تتم لاستخلاص اليورانيوم . وعندما يكون المنجم قيد التشغيل فإن مخزونات الخام والمواد الأخرى المستخرجة تكون هي مصدر الانبعاثات التي يحملها الهواء ويستمر هذا المصدر حتى بعد إغلاق المنجم . كما أن النفايات المادرة عن المطاحن تتحول إلى مصادر طويلة الأجل للانبعاثات التي يحملها الجو . وأهم نويـدة مشعة في كل هذه الانبعاثات التي يحملها الجو هي الرادون - ٢٢٢ . وباستخدام نفس النماذج العامة التي استخدمت في تقرير عام ١٩٨٢ ، أجري تقييم لكل من فترة التشغيل وعلى المدى الطويل الأجل (١٠ سنة^٤) كما تم تقييم الجرعات المنبعثة من تصنيع الوقود ونقله ، ولكن نظرا لضآلة هذه الجرعات بالمقارنة بالجرعات المتأتية من العناصر الأخرى لدورة الوقود النووي ، فإنه لم ينظر فيها بصورة منفصلة .

١٥٣ - وفي أثناء تشغيل المحطات الكهرونيوية ووحدات إعادة التجهيز ، تنتج نفايات صلبة يتعين التخلص منها . ولغرض التحليل ، فقد تم تمييز هذه النفايات على أساس الأحجام والتركيزات النشطة للنويدات المشعة المهمة لكل وحدة طاقة يتم توليدها . وقد حدد نوعان نموذجيان من مرافق دفن النفايات وهما من مرافق الدفن في الأراضي الضحلة واستخدمت نماذج التشتت الأرضية لحساب معدلات انطلاق النويدات المشعة ومكافئات الجرعة الفعالة .

١٥٤ - ولا توجد مصانع شغالة لإعادة تجهيز الوقود التجاري إلا في سلافيلد بالملكة المتحدة وكاب دي لاهاغ وماركول في فرنسا . وقد قيمت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٨٢ أثر إعادة التجهيز باستخدام مصنع وطني كنموذج يمثل المصانع التي ستقوم بإعادة تجهيز الوقود الأكسيدي في المستقبل . ويبلغ الإنتاج الحالي للوقود في مصانع إعادة التجهيز الثلاثة ما يعادل ٥ في المائة تقريبا من الكهرباء المولدة باستخدام الطاقة النووية . ولهذا قررت اللجنة تقييم أثر النفايات الفعلية المبلغ عنها من هذه

الموانع التجارية العاملة في مجال اعادة التجهيز وتقدير أثر الجرعات الجماعية الناجمة عن الجزء المعاد تجهيزه من الوقود بغرض الحصول على قيم التعرض لكل جيجاوات سنة من الطاقة الكهربائية المولدة .

100 - وتتطلب حسابات الجرعة الجماعية بالنسبة لسكان العالم والفئات الفرعية المختلفة وضع فروض تتعلق بحجم السكان وعاداتهم الغذائية وغير الغذائية والممارسات المتعلقة بالزراعة وصيد الأسماك . وقد تم الإبقاء على القيم الممثلة لهذه البارامترات ، بشكل عام ، والتي سبق أن استخدمتها اللجنة لاستخدامها في تقييم الأثر الإشعاعي لكل مرحلة من مراحل دورة الوقود .

106 - وترد في الجدول 6 تقديرات مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية بالنسبة للسكان المقيمين على المستويات المحلية والاقليمية ولسكان العالم نتيجة للنويدات المشعة التي تنتشر على نطاق واسع . وتبلغ قيم التعرض المهني لكل جيجاوات سنة ما يقرب من ثلاثة أمثال القيم التي تسقط على السكان المقيمين على الصعيد المحلي والاقليمي .

107 - وقد انخفضت تقديرات الجرعات التي يتعرض لها الجمهور ، ويرجع ذلك جزئيا الى أن الانبعاثات التي تنطلق الى البيئة من المفاعلات قد انخفضت بصفة عامة ولأن التقدير المتعلق بالكربون - 14 ، الذي يمثل نصف ما يتعرض له الجمهور من الانبعاثات الروتينية التي تنطلق من المفاعلات ، يقل كثيرا عن التقدير الوارد في تقرير عام 1982 بسبب القيم الجديدة المقاسة من انبعاثات الكربون - 14 التي تصدر عن مفاعلات الماء الثقيل .

108 - وفي الوقت الراهن أصبح التعرض السنوي لسكان العالم نتيجة لانبعاث النويدات المشعة التي تنتشر على الصعيد العالمي أقل كثيرا مما كان يتعرض له السكان على الصعيدين المحلي والإقليمي . ولن تصبح قيمة العنصر المكون العالمي لمكافئ الجرعة الفعالة الجماعية السنوية مساوية في النهاية لقيم العناصر المكونة المحلية والاقليمية إلا إذا استمرت المستويات الحالية لانبعاث النويدات المشعة وأعيد تجهيز كل الوقود الناتج من جميع المفاعلات .

الجدول ٦ - الجرعات الجماعية لكل وحدة ممارسة
في توليد الطاقة الكهرونيوية
(رجل سيفرت لكل جيجاوات)^(١)

على مدى المائة على المدى عام التالية الاسبدي		
١٥٠ ^(١)	١,٥	نفايات مصانع التفريز (الرادون) ، على الاجل الطويل
٦٠	٦,٠	النويدات والنفايات التي تنتشر على الصعيد العالمي
٤	٤,٠	حالات التعرض على الصعيدين المحلي والاقليمي
١٢	١٢,٠	حالات التعرض المهني
٢٣٠	٢٤,٠	المجموع

(١) على مدى ١٠ ٠٠٠ سنة .

١٥٩ - ويمكن مقارنة الجرعات الاجمالية التي يتعرض لها الفرد الواحد نتيجة لانتاج الطاقة الكهرونيوية بالجرعات التي يتعرض لها سكان العالم من المصادر الطبيعية للاشعاع . وقد قدر العنصر المكوّن المباشر ، بدرجة أكبر لمكافئ الجرعة الفعالة الجماعية التي يتم التعرض لها بأنه يبلغ ٤ رجل سيفرت لكل جيجاوات من النويدات المشعة الموجودة في المواد المنبعثة من منشآت دورة الوقود النووي . وتقدر الجرعة السنوية الجماعية ، للانتاج الحالي للطاقة الكهرونيوية البالغ ١٨٠ جيجاواط سنوياً ، بأنها تبلغ ٧٦٠ رجل سيفرت . وبقسمة هذا الرقم على عدد سكان العالم البالغ ٥ ١٠^٩ نحصل على تقدير للجرعة السنوية للفرد الواحد تبلغ ٠,١٥ ميكرو سيفرت . وتبلغ الجرعات ٠,٠١ في المائة من الجرعات الجماعية والجرعات التي يتعرض لها الفرد الواحد من المصادر الطبيعية الموجودة في البيئة .

٤ - حالات التعرض الطبي (٥)

١٦٠ - المصدر الرئيسي للبيانات الجيدة المتعلقة بتواتر الفحوص والجرعات الممتمة من الفحوص الطبية هو البلدان المتقدمة النمو التي يقل عدد سكانها عن ٢٥ في المائة من سكان العالم . وتوجد بيانات متناثرة عن معدلات الفحص او عدد الوحدات التشخيصية وبيانات قليلة تتعلق بالجرعات الممتمة فيما يتعلق بنسبة أخرى تبلغ حوالي ٢٥ في المائة من سكان العالم . ولا توجد بيانات على الاطلاق فيما يتعلق بنسبة الـ ٥٠ في المائة الباقية من سكان العالم . ولهذا السبب ، وضعت اللجنة نهجا لنموذج يعتمد على الارتباط الجيد القائم في معظم البلدان بين نسبة عدد السكان الى عدد الاطباء (التي تتوفر بشأنها معلومات أوفى) والاستخدامات الطبية للأشعة .

١٦١ - ولا يوجد توزيع منتظم فيما يتعلق بوصول السكان الى التشخيص بالأشعة : حيث ان جهاز الأشعة السينية الواحد يستخدم لاقل من ٢٠٠٠ شخص في بعض البلدان بينما توجد بلدان أخرى يستخدم فيها جهاز واحد لعدد يتراوح بين ١٠٠ ٠٠٠ و ٦٠٠ ٠٠٠ نسمة . كما ان تواتر العلاج غير منتظم على الاطلاق : حيث يتم ١٥ الى ٢٠ اجراء في السنة لكل ١ ٠٠٠ نسمة من السكان في بعض البلدان بينما يتم ١ ٠٠٠ الى ٢ ٠٠٠ اجراء في السنة في بلدان أخرى . ويبلغ عدد سكان العالم حاليا ٥ ١٠^٩ نسمة ، وتشير بعض التقديرات الى ان أكثر من ثلاثة أرباع سكان العالم لا تتاح لهم فرصة الحصول على فحص بالأشعة ، بغض النظر عن نوع المرض .

١٦٢ - وتوجد بيانات عن الجرعات الممتمة لكثير من الاجراءات الطبية المتعلقة بالتصوير بالأشعة والطب النووي ، إلا أن المعلومات المتوفرة حاليا تشير الى ان التقديرات السابقة للجرعات الممتمة بواسطة سكان العالم ربما تكون منخفضة . وأحد الأسباب الهامة لذلك هو انتشار استخدام الغلوروسكوبية في البلدان النامية . كما ان هناك عددا كبيرا من الاجهزة المصابة بعطب والتي تصدر جرعات عالية . ولم يكن هناك تقدير عام لأي من هذين العاملين في الماضي .

١٦٣ - مكافء الجرعة الجماعية الفعالة الناجمة عن اجراءات استخدام أشعة إكس التشخيصية أكبر بكثير من مكافء الجرعة الناجمة عن عمليات الفحص الطبي للأسنان أو فحوص الادوية النووية التشخيصية . ومكافء الجرعة الفعالة السنوية للفرد لن يقل على الأرجح عن ٠,٤ ملليسيغرت (التقدير السابق للجنة) وقد يصل الى مستوى عال عن ذلك يبلغ ١,٠ ملليسيغرت . وبالمثل فإن الجرعة السنوية المهمة وراشيا قد تتراوح بين

٠,٣ و ٠,١ ملليسيغرت . ومع ذلك فإذا أخذ في الحساب التركيب العمري للسكان فإن مكافئ الجرعة الفعالة قد يسفر عن تقدير الضرر بصورة مبالغ فيها ، وسيكون هذا صحيحا على الاخص في البلدان التي يحمل فيها الجزء الاكبر سنا من السكان على القدر الاكبر من التشيع الطبي .

١٦٤ - ويقدر مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة في العالم بأسره بما يتراوح بين ٢ و ١٠ ٥ رجل سيفرت ، وتعزى نسبة تتراوح بين ٩٠ و ٩٥ في المائة من هذه الجرعة الى إجراءات التشخيص التي تستخدم فيها أشعة اكس . وتسهم عمليات تصوير الاسنان بالأشعة والادوية النووية والعلاج بالأشعة (مع عدم حساب الجرعات المستهدفة) معا فيما يتراوح بين ٥ و ١٠ في المائة من الجرعة الجماعية . وفي البلدان المتقدمة النمو ، يصل الاسهام في مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة الى حوالي ٠,٠٠١ رجل سيفرت في كل فحص .

١٦٥ - وهناك امكانيات كثيرة لتقليل الجرعة دون افساد فوائد الممارسات الراديولوجية . ويمكن في البلدان المتقدمة النمو ، تخفيض مكافئ الجرعة الفعالة للفرد ، الى النصف . وفي البلدان الاقل نموا فسوف يؤدي استخدام التصوير بالأشعة بدلا من الفلوروسكوب ، والتوجيه المناسب للأشعة ، وطبع الافلام التصويرية بطريقة صحيحة ، فضلا عن المعايرة وصيانة المعدات ، الى تخفيض الجرعة التي تنتج عن كل فحص . ومع ذلك فإن جدوى تلك التدابير وتكاليفها أمور غير معروفة . ويمكن تخفيض الجرعة المهمة وراثيا تخفيضا كبيرا ، باستعمال الدرع الواقي للغة التناسلية ، وهذه وسيلة عملية قليلة التكاليف . ومع ذلك فقد يزداد مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة كلما زاد توفر الفحص بأشعة اكس على نطاق واسع في عدد من البلدان وقد تكون تلك الزيادة ملائمة فعلا .

١٦٦ - من المتوقع أن يزداد في العقود العديدة المقبلة تواتر واستخدام الأشعة الطبية بل واستخدامها بصورة كلية وذلك نظرا لتقدم سكان العالم في العمر ، وزيادة عدد هؤلاء السكان وعمليات التحضر التي تشهدها البلدان النامية . وفي عام ٢٠٠٠ يحتمل أن تزيد الجرعة الجماعية بنسبة ٥٠ في المائة وفي سنة ٢٠٢٥ قد تزداد تلك الجرعة الى ما يربو على الضعف .

٥ - حالات التعرض المهني (٦)

١٦٧ - هناك فئتان من العمال تتعرضان للاشعاع وهما عمال الصناعة النووية والعمال في الميدان الطبي حيث تستخدم المصادر المولدة للاشعاع ، والعمال في المهن التي يتعرضون فيها لمستويات اشعاعات بيئية أعلى (مثل الملاحين الجويين وعمال المناجم غير مناجم اليورانيوم) . وقد وضعت اللجنة تقييما كاملا لحالات التعرض المهني في تقريرها لعام ١٩٨٢ . وترد في المرافق ذات الصلة التي تتناول تلك الموضوعات التقييمات المستكملة لحالات تعرض العمال في أنشطة دورة الوقود النووي (يتراوح متوسط الجرعات السنوية بين ٣ و ٨ ملليسيغرت في حالات تشغيل المفاعل وجرعة جماعية تبلغ ١٢ رجل سيغرت سنة غيغاوات تولد فيها الطاقة الكهربائية وبالنسبة للمجموع فللعمل كله في كل دورة الوقود النووي ، أنظر الجدول ٦) وبالنسبة للعاملين في المجال الطبي (يتراوح متوسط الجرعات السنوية بين ٠,٣ و ٣ ملليسيغرت ، وتبلغ الجرعة الجماعية حوالي ١ فرد سيغرت لكل مليون من السكان ؛ أنظر أيضا الفقرة ١٦٦ ؛ وفي البلدان المتقدمة النمو يبلغ متوسط الجرعة المهنية حوالي ١ ميكروسيغرت في كل فحص) ، كما يرد بهذه المرافق أيضا حالات التعرض بالنسبة للجمهور عامة .

١٦٨ - يخضع تعرض عمال الاشعة لرقابة تنظيمية دقيقة في كافة البلدان ، وغالبا لا تكون الجرعات في أغلب الاحوال إلا جزءا بسيطا من الحدود الموضوعة لها ، وذلك يرجع من ناحية الى الاهتمام الحالي بزيادة الوقاية من الاشعاعات الى أقصى حد . ويُعتقد أن الالتزام بمكافئ الجرعة الجماعية الفعالة لكل وحدة كهربائية مولدة بالنسبة للعمال في جميع منشآت دورة الوقود النووي ، تغيير تغييرا ضئيلا عما قدرته اللجنة من قبل ، غير أن هذا الاستقرار لا يتوقع أن يستمر إلا إذا تم تحقيق توازن بين تقليل حالات التعرض للاشعاعات وبين زيادة عدد العمال المستخدمين في هذه الصناعة الآخذة في التوسع .

١٦٩ - تشمل حالات التعرض المهني من الممارسات الطبية المساهمات في الجرعات من اجراءات الفحص التشخيصي بأشعة اكس ، وتصوير الاسنان بالأشعة ، والادوية النووية والعلاج بالأشعة . ويصل المعدل السنوي لمكافئ الجرعة الجماعية الفعالة في حالات التعرض المهني في تلك الممارسات الى حوالي ١ رجل سيغرت في كل ١٠ من السكان . ورغم تزايد استخدام الاشعة في الأغراض الطبية في معظم البلدان ، فإن البيانات ذات الاتجاه المحدود ، تشير الى أن الجرعات المهنية السنوية الفردية والجماعية ، على السواء آخذة في التناقص وذلك بنسبة تتراوح بين ١٠ و ٢٠ في المائة في كل عقد .

وبالنسبة للبلدان المتقدمة النمو فإن متوسط التعرض المهني يصل الى حوالي ١ ميكروسيغرت في كل فحص .

٦ - حالات التعرض للاشعاعات من مصادر متنوعة

١٧٠ - تقوم اللجنة بتقييم حالات التعرض للاشعاعات من مصادر متنوعة اذا توفرت المبررات بسبب الحصول على معلومات جديدة أو عندما تحدث تطورات جديدة . وتناول آخر تقييم ورد في تقرير عام ١٩٨٢ ، فحص أجهزة متنوعة يستخدمها المستهلك تحتوي على مواد مشعة كما تناول فحص معدات اليكترونية وكهربائية تنبعث منها أشعة اكس . وبصورة عامة كان التعرض للاشعاع لكل مصدر منفرد من تلك المصادر المتعددة بسيطاً جداً . وتسرى اللجنة أن هذه التقييمات مازال صحيحة وليس ثمة داع لاجراء تقييم جديد .

٧ - الحوادث

١٧١ - نظرا بكبر حجم الصناعة النووية في بعض البلدان وكثرة عدد مصادر الاشعاع المستخدمة في الاغراض الصناعية والطبية ؛ من المحتمل ان تقع حوادث . وعموما كانت الحوادث التي وقعت خطيرة ، فهناك حوادث أخرى في الصناعة تعرض فيها للاشعاع عاملاً واحد أو عدد قليل من العمال وهناك حوادث وقعت في وسائل النقل ، وحوادث وقعت لتوابع اصطناعية ، وطائرات وغواصات ، وتعرضت مصادر الاشعاع للفقدان أو السرقات ووقعت حوادث في مفاعلات نووية .

١٧٢ - وقد تسببت ثلاثة حوادث وقعت في مفاعلات نووية في حدوث حالات تعرض كبيرة للجمهور . منها حادث ويندسكيل Windscale في عام ١٩٥٧ ، وحادث شري مايل ايلاند Three Mile Island في عام ١٩٧٩ ، وحادث شيرنوبيل Chernobyl في عام ١٩٨٦ . ويتسم حادث المفاعل النووي في شيرنوبيل بالاهمية ونوقش بالتفصيل في المرفقين (دال "حالات التعرض الناجمة عن حادث شيرنوبيل" وواو "الآثار المبكرة التي تظهر على الانسان نتيجة لتعرضه لجرعات كبيرة من الاشعاع") .

١٧٣ - وإجمالاً ، فقد وقعت ست حوادث جديدة بالذكر منذ عام ١٩٨٢ ، منذ آخر مرة تناولت اللجنة فيها هذا الموضوع هي :

سنة ١٩٨٣ : كونسيتيويينتي ، الأرجنتين : وقع حادث سريع خطير أثناء تغيير شكلي في مجمع هام وأسفر عن مصرع عامل من عمال تشغيل كان يقف على بعد ٣ أو ٤ أمتار فقط من المجمع . وقدرت الجرعة التي تلقاها هذا العامل بما يتراوح بين ٥ و ٣٠ غرايا من أشعة جاما وبين ١٤ و ١٧ غرايا من النيوترونات .

سنة ١٩٨٣ : كويداد غواريز ، المكسيك : وضع مُصدر للكوبالت - ٦٠ لم يتم التخلص منه بطريقة سليمة ضمن شحنة من المعادن الهالكة ، لوثت سيارة النقل كما لوثت جانبي الطريق ، والصلب المعالج الذي أدمجت فيه المعادن الهالكة . وقد تعرض للإشعاع ما بين ٣٠٠ و ٥٠٠ شخص ، عشرة منهم تعرضوا لجرعات بلغت من ١ إلى ٣ غرايا . ولم تحدث بينهم وفيات .

سنة ١٩٨٤ : المحمدية ، المغرب : انفصل مصدر للأريديوم - ١٩٢ يستخدم في تصوير عمليات اللحام بالأشعة في أحد مواقع البناء من حاويته الواقية عن خط السحب . وسقط المصدر على الأرض وعثر عليه أحد المارة فالتقطه وحمله إلى منزله وقد توفي ثمانية أشخاص ، أسرة بأكملها من جراء التعرض المفرط للإشعاع بجرعات تراوحت بين ٨ و ٢٥ غرايا .

سنة ١٩٨٦ : تكساس ، الولايات المتحدة : تسبب حادث وقع في مسارح خطى في وفاة شخصين بسبب تعرضهما المفرط للإشعاعات .

سنة ١٩٨٦ : شيرنوبيل ، الاتحاد السوفياتي : أسفر الحادث في محطة توليد الكهرباء بالطاقة النووية في شيرنوبيل فور وقوعه عن وفاة شخصين من العاملين في تشغيل المفاعل بسبب الانفجار وأصيب حوالي ١٤٥ من رجال إطفاء الحرائق وعمال الطوارئ بأمراض حادة من الإشعاع ، منهم ٢٨ توفوا أثناء الأشهر الثلاثة التي أعقبت وقوع الحادث . وبلغ مجموع الوفيات في الحادث ٣٠ وفاة ، ومات أحد العمال متأثرا بجراح أصيب بها من إحدى الآلات ، ومات عامل آخر متأثرا بحرقه . وقد تم إجلاء السكان المحليين الذين لم يتعرض أحد منهم لدرجة كبيرة من الإشعاع . وتسببت سعة انتشار المواد المنطلقة في عدد قليل من حالات التعرض للإشعاعات ، بين سكان الجزء الغربي من الاتحاد السوفياتي بصفة أساسية وسكان بعض البلدان الأوروبية الأخرى .

سنة ١٩٨٧ : غويانيا ، البرازيل : مصدر للسيزيوم - ١٣٧ ، تم فكه في منطقة سكنية مما أسفر عن إصابة ٢٤٠ شخصا بالتلوث نقل ٥٤ شخصا منهم إلى المستشفى للمعالجة وتوفي أربعة .

٨ - حادث شيرنوبيل (٧)

١٧٤ - تسبب الحادث الذي وقع في ٢٦ نيسان/ابريل ١٩٨٦ في المفاعل النووي في شيرنوبيل بالاتحاد السوفياتي في تلوث المنطقة المحلية بدرجة شديدة وفي انتشار المواد المشعة وترسبها بشكل واسع النطاق في بلدان اوروبية وفي أنحاء نصف الكرة الشمالي . ولم يكن متوقعا أن تحدث آثار على هذه المنطقة الشاسعة بهذا الشكل من حادث من هذا النوع . وقد أجريت عمليات رصد مكثفة لتقييم مستويات الإشعاع .

١٧٥ - واتضح على الفور بعد أن توقف انبعاث المواد المشعة من المفاعل أن الأثر الإشعاعي للحادث فيما يتصل بتعرض الأفراد للخطر سيكون ضئيلا خارج منطقة محدودة في الاتحاد السوفياتي ويعزى عدم التعرض لمستويات عالية من الإشعاع إما إلى انخفاض معدلات التلوث بمئة عامة أو إلى الإجراءات العلاجية لمنع استهلاك الأغذية الملوثة على وجه التخصيص .

١٧٦ - وقع حادث شيرنوبيل أثناء اختبار هندسي منخفض القوة أغلقت فيه أنظمة السلامة . وتسببت الاضطرابات الجامحة التي حدثت في وقوع انفجارات واشتعال النيران التي حطمت المفاعل وتسببت في تسرب الغازات والجزئيات المشعة في البيئة المحيطة . وقد تم إخماد النيران كما تم لحام قلب المفاعل في اليوم العاشر لوقوع الحادث .

١٧٧ - وبلغت الوفيات في غضون ثلاثة شهور بعد الحادث ٣٠ موظفا من المسؤولين عن تشغيل المفاعل ومن أطقم رجال اطفاء الحرائق . ومات اثنان فور وقوع الحادث مباشرة و٢٨ ماتوا متأثرين بإصابات من أثر الإشعاعات . وكانت جرعات الإشعاع التي تعرض لها السكان المحليون أدنى من الجرعات التي يمكن أن تتسبب في إحداث آثار فورية . وقد تم إجلاء السكان المحليين من منطقة إقصاء محيطة بالمفاعل قطرها ٣٠ كم . وتوقفت الأنشطة الزراعية واتخذت إجراءات واسعة النطاق لازالة التلوث .

١٧٨ - وانتشر أول انبعاث للمواد المشعة في بداية وقوع الحادث مع الرياح ، نحو الشمال . اما المواد التي انبعثت بعد ذلك فقد انتشرت في اتجاه الغرب والجنوب

الغربي وفي اتجاهات أخرى أيضا . ويعزى التحكم في ترسيب هذه المواد على الأرض في المقام الأول إلى الأمطار التي تتساقط بصورة متقطعة على أوروبا في تلك الفترة واتسم نمط الترسيب وما يصاحبه من انتقال النويدات المشعة إلى المواد الغذائية وتعرض الأفراد للإشعاعات بقدر كبير من عدم التجانس مما تطلب اتباع نهج إقليمي لحساب الجرعات .

١٧٩ - وبينت القياسات التي أخذت منذ وقوع الحادث أن النويدات المشعة التي أسهمت بأكبر قدر في جرعات الإشعاعات هي نويدات اليود - ١٣١ ، والسيزيوم - ١٣٤ والسيزيوم - ١٣٧ ، وكان السبب الأساسي للجرعات هو الإشعاعات السطحية الصادرة عن المواد التي ترسبت في الأرض وتناول أغذية ملوثة . ولقد التزمت اللجنة في تقدير الجرعات أكبر قدر من الدقة لحساب تلك النويدات المشعة والمسالك التي اتبعتها .

١٨٠ - وقد توفرت للجنة معلومات مفصلة لكي تقوم بحساب جرعات الإشعاع في السنة الأولى في الاتحاد السوفياتي وكافة البلدان الأوروبية . ومن أجل تقديم هذه النتائج ، وتقدير حجم الجرعات المسقطة للإشعاعات المنبعثة من المواد المترسبة ، فقد تم تقييم مناطق أوسع . ولما كان امتزاج بين المواد التي انبعثت في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي غير ذي شأن لا يمكن أن تكون البلدان الواقعة في نصف الكرة الجنوبي قد تأثرت إلا بالأغذية المستوردة ؛ ويحسب حساب هذا الاحتمال عند وضع التقييم مع حساب الانتاج الكلي للأغذية فضلا عن الاستهلاك المحلي في بلدان نصف الكرة الشمالي .

١٨١ - وقد تمت الاستفادة عند وضع قيم المدخلات من أجل إجراء الحساب بالقياسات التي أخذت خلال السنة الأولى بعد الحادث . ولا بد بعد ذلك من وضع اسقاطات لتقدير الاسهامات الأخرى في الجرعة التي تصدر أساسا من مادة السيزيوم - ١٣٧ . ويستند وضع هذه الاسقاطات إلى الخبرة المكتسبة من الدراسات السابقة للسقط المشع الناجم عن تجارب الأسلحة النووية في الجو .

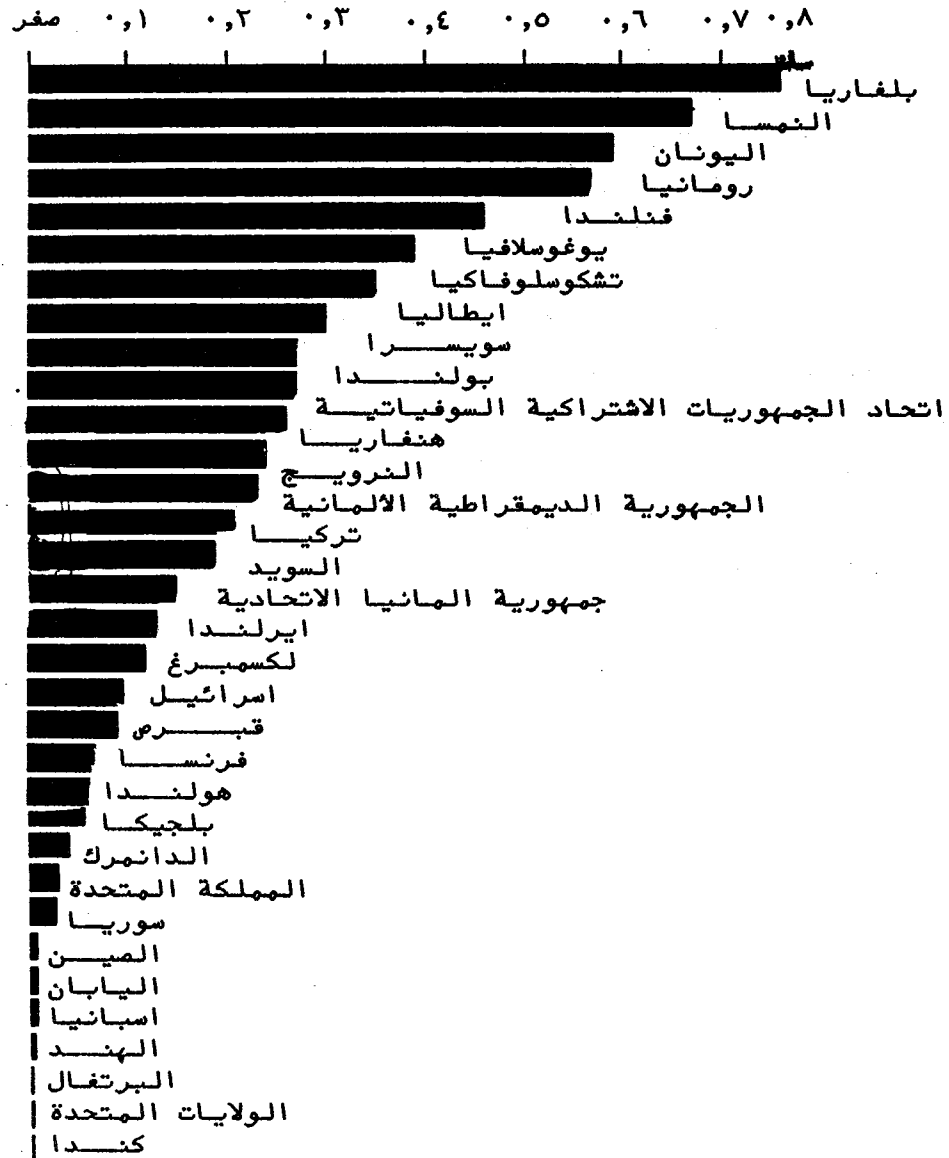
١٨٢ - ويبين الشكل ١ ، نتائج حسابات مكافئات الجرعة الفعالة التي تم التعرض لها في السنة الأولى في ٣٤ بلدان . وكانت أكبر القيم في بلغاريا والنمسا واليونان ورومانيا ، ثم في بلدان أخرى في شمالي أوروبا وشرقيها وجنوب شرقيها . أما البلدان التي تقع إلى أقصى الغرب في أوروبا وكذلك بلدان آسيا وشمال إفريقيا ، وأمريكا الشمالية وأمريكا الوسطى فقد تعرضت لأشهر أقل ، وفقا لنمط الترسيب .

١٨٣ - تنبعت الجرعات من الحادث على مدى عدة سنوات نظرا في الاغلب لاستمرار التعرض لمادة السيزيوم - ١٣٧ . وفي المتوسط فإن ما يقرب من ٣٠ في المائة من مكافئ الجرعة الفعّالة ينبعث في السنة الاولى بعد الحادث . ويبين الشكل ٢ بيان حجم الجرعات التي يتم التعرض لها في كل الاوقات في مناطق أكثر اتساعا في العالم .

١٨٤ - والنتيجة الاساسية لتقييم الجرعات هي حجم مكافئ الجرعة الجماعية الفعّالة . ويقدر هذا الحجم على وجه التقريب بـ ٦٠٠ ٠٠٠ رجل سيفرت . وسوف يتلقى الاتحاد السوفياتي نسبة ٤٠ في المائة من هذه الكمية وتتلقى اوروبا نسبة ٥٧ في المائة اما نسبة الثلاثة في المائة الباقية فسوف يتلقاها نصف الكرة الشمالي .

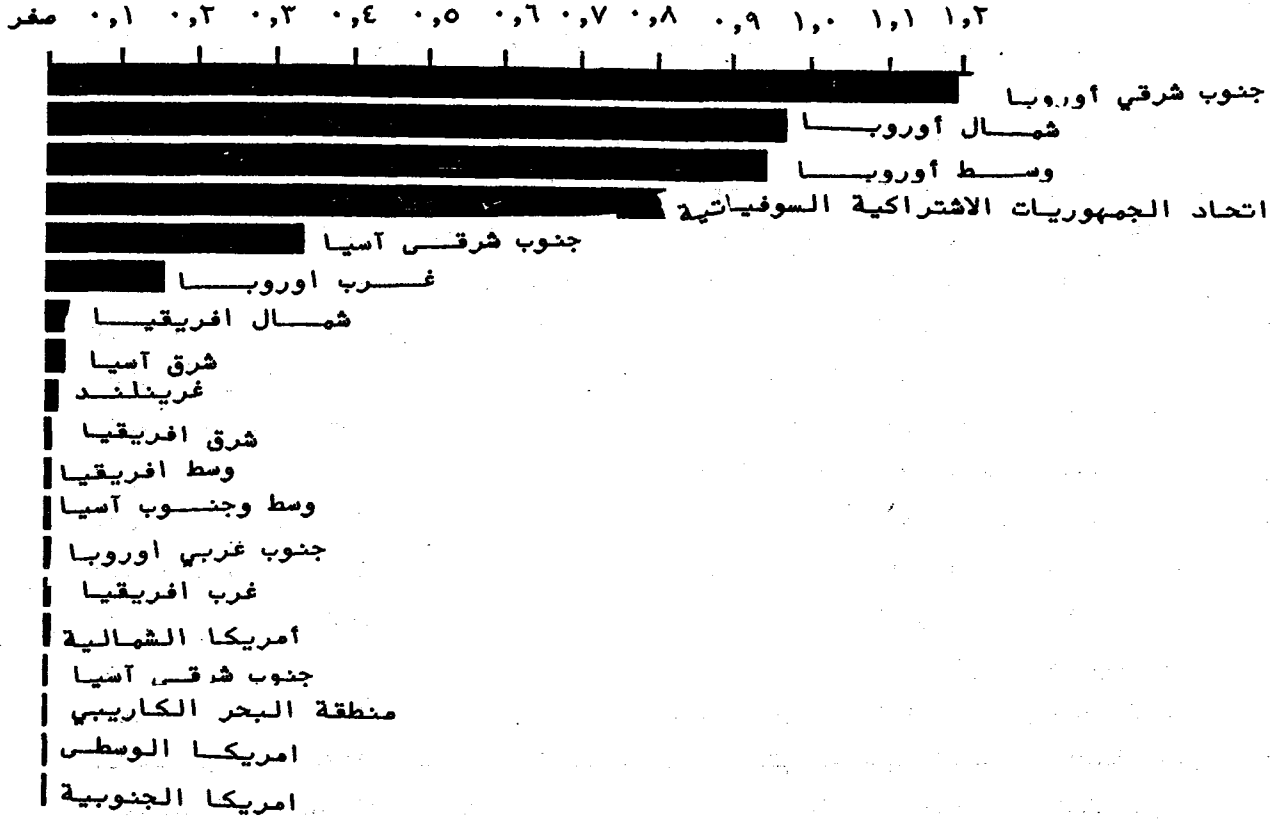
١٨٥ - وعلى سبيل المقارنة مع الشكل ١ فإن مكافئ الجرعة الفعّالة لمدة سنة من مصادر طبيعية هو ٢,٤ مللي سيفرت . وللمقارنة مع الشكل ٢ تجدر ملاحظة أن معظم هذه الجرعات سيتم تلقيها في غضون ٣٠ سنة من وقوع الحادث . ومكافئ الجرعة الفعّالة لمدة ٣٠ سنة من مصادر طبيعية يمل الى حوالي ٧٠ مللي سيفرت . وبمقدد استخدام هذه المقارنات ينبغي أن نتذكر أن الجرعات هي معدلات تؤخذ عبر مساحات جغرافية شاسعة سيكون فيها اختلافات محلية ، في الجرعات من شيرنوبيل وبين الجرعات من مصادر طبيعية .

مكافئيات الجرعة الفعلية في السنة الاولى
(ملليسغرت)



الشكل ١ - المتوسط القطري المسجل في السنة الاولى لمكافئيات
الجرعة الفعالة نتيجة لحادثة تشيرنوبل

سجل مكافئيات الجرعة الفعالة (ملليسمغرت)



الشكل ٢ - سجل المتوسط الاقليمي لمكافئيات الجرعة الفعالة نتيجة لحادثة تشيرنوبل

باء - الأثار الاشعاعية

١ - الأضرار الوراثية (٨)

١٨٦ - بالرغم من التقدم الكبير الذي أحرز خلال السنوات القليلة الماضية في فهم عملية الطفرة ، فإنه لم تحدث في الفترة الواقعة بين تقرير عام ١٩٨٦ والتقارير الحالي تغيرات مفاهيمية رئيسية في مجال إعداد تقديرات الأخطار تستدعي تنقيح تقديرات الاختلالات المندلية والصغوية ، الطبيعية منها أو المستحثة بالأشعاع ، التي تجرى باستخدام طريقة الجرعة المضاعفة . ومع ذلك فقد بذلت محاولة للتقدير الكمي لأخطار استحداث أمراض الصفات المتنحية باستخدام هذه الطريقة . والبيانات الجديدة عن مدى انتشار الشذوذات الخلقية وغيرها من الاختلالات المتعددة الأسباب (التي نوقشت في عام ١٩٨٦) تطرح عددا من الأسئلة هي : هل يمكن باطمئنان تطبيق الجرعة المضاعفة التي تبلغ ١ غراي في حالة الاختلالات المتعددة الأسباب ؟ ، وما هو مقدار العنصر الطفري في هذه الاختلالات ؟ ، وهل هناك جدوى لتقديم تقديرات لهذه الاختلالات مع استمرار عدم وجود بيانات تجريبية أو بشرية عن آليات وجودها في مجموعة بشرية واستجابتها المحتملة للأشعاع ؟ . وخلصت اللجنة الى أنه ريثما تتوفر بيانات جديدة فإنها ستظل غير قادرة على تقديم تقديرات مجدية لأخطار حدوث هذه الاختلالات . ومع ذلك فإنه حتى مع الافتراضات المتطرفة ، كان يفترض أن نسبة العنصر الطفري تبلغ ١٠٠ في المائة ، فإن خطر حدوث ضرر وراثي شديد في الجيل الأول من نسل الفرد الذي تعرض للأشعاع لا يبدو أنه أعلى من التقدير الحالي لخطر الإصابة بالسرطان . ونظرا الى أن هذه الحالة لا تزال قائمة في عام ١٩٨٨ أيضا ، فإن التقديرات التي تقدمها اللجنة حاليا بشأن الأخطار المتعلقة بالأثار الوراثية هي التي ترد في الجدول ٧ . ومع ذلك تبذل في الوقت الحاضر محاولة للتقدير الكمي لأخطار استحداث الأمراض التقهرقية ، باستخدام هذه الطريقة .

١٨٧ - وباستخدام الأساليب المباشرة قدرت اللجنة أن عددا يتراوح من ١٠ الى ٢٠ لكل ١٠^{-٢} غراي في كل مليون من المواليد الأحياء ، يولدون بأمراض جينية ناجمة عن طفرات سائدة مستحثة . وتقدر اللجنة أيضا أنه يمكن توقع حدوث نحو ١٠ حالات إضافية من الأطفال الشاذين جينيا في الـ ١٠ أجيال الأولى لكل مليون من المواليد الأحياء ولكل ١٠^{-٢} غراي مرجعها الطفرات التقهرقية . وأخيرا ، فإن اللجنة تقدر الأخطار المتعلقة بعملية إعادة الترتيب الصبغي المتوازن بما يتراوح بين حالة واحدة و ١٥ حالة من الأطفال المشوهين خلقيا لكل مليون من المواليد الأحياء لكل ١٠^{-٢} غراي (ومن صغر السن ٥ حالات بالنسبة لتشجيع الأم) . ويعتقد أيضا أن هذه الأرقام (أنظر الجدول ٢) لا تزال صحيحة .

الجدول ٧ - تقديرات أخطار الإصابة بالأمراض الجينية الخطيرة لكل مليون من المواليد الأحياء في مجموعة بشرية تعرضت للتشعيع بجرعة منخفضة مؤثرة جينياً تكافئ ١ سيفرت للجيل الواحد ، بمعدل منخفض ، وفقاً لطريقة الجرعة المضاعفة (على أساس تقرير لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري لعام ١٩٨٦ وأعمالها اللاحقة)

(بافتراض أن مكافئ الجرعة المضاعفة
في هذه الحسابات هو ١ سيفرت)

تصنيف المرض				معدل الإصابة الحالي لكل مليون من المواليد الأحياء	الجيل الأول	الجيل الثاني	التوازن
الاختلالات السائدة في الصبغيات غير الجنسية والاختلالات المرتبطة بالصبغى "إكس"				١٠ ٠٠٠	١ ٥٠٠	١ ٣٠٠	١٠ ٠٠٠
الاختلالات المتنحية في الصبغيات غير الجنسية الاختلالات الصبغية				٢ ٥٠٠	٥	٥	١ ٥٠٠
نتيجة لشذوذات بنويوية نتيجة لشذوذات رقمية				٤٠٠	٢٤٠	٩٦	٤٠٠
الشذوذات الخلقية أمراض أخرى متعددة العوامل				{ ٦٠ ٠٠٠ ٦٠٠ ٠٠٠	غير مقدر		
صفات غالبية مبكرة المفعول أورام وراثية				غير معروف	غير مقدر		
المجموع الكلي للأخطار المقدرة				١ ٧٠٠	١ ٤٠٠	١ ٣٠٠	١٣ ٠٠٠

١٨٨ - وقد أدركت اللجنة دائماً ، رغم أنها لم تعلن ذلك صراحة حتى عام ١٩٨٢ ، أن الاكتفاء بعرض عدد الأمراض الجينية الخطيرة يعني إغفال تقدير الأضرار بقدرها الكامل . ونتيجة لعدم وجود مؤشرات موضوعية وقابلة للتقدير الكمي لخطورة الأمراض ، فإن من العسير تقييم الأثر الكامل لآثار الإشعاع من حيث الأعباء الفردية والأسرية والاجتماعية التي تسببها هذه الأمراض . ولذلك شرعت اللجنة ، بدءاً من تقرير عام ١٩٨٢ ، في إجراء استعراض منهجي للبيانات المتعلقة بهذه المشاكل ، لتكوين فكرة أفضل عن الضرر الحقيقي المرتبط بالأمراض الوراثية . ورغم ثقة اللجنة في أن إجراء بحث من هذا النوع يتيح وسيلة أدق لتقييم أثر الاختلالات المستحثة بالإشعاع فإنها ترى أن منهجيتها لا تزال غير جاهزة للاستخدام .

١٨٩ - وتود اللجنة أن تؤكد أنه لا توجد حتى الآن بيانات تتعلق بالبشر عن استحثاث الأمراض الوراثية بالإشعاع . وريثما تتوفر هذه البيانات ليس هناك من سبيل سوى مواصلة استخدام البيانات المستمدة من أنواع الثدييات الأخرى ، ثم تكييفها بصورة مناسبة كي تتفق مع ما هو معروف في مجال علم الوراثة البشرية ، من أجل تقدير مخاطر الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان .

١٩٠ - وجميع التقديرات الرقمية للأخطار الجينية التي نوقشت حتى الآن ، تم الحصول عليها على أساس جرعات مؤثرة جينياً ، أي على أساس افتراض مؤداه أن الأفراد أصيبوا بالجرعات قبل فترة النشاط التناسلي أو خلالها . ومن الواضح أنه في حالة تعرض مجموعة بشرية بأكملها ، فإن الجرعات المؤثرة جينياً تكون أقل بصورة ملحوظة من مجموع الجرعات المتلقاة على مدى العمر كله : لأن الأضرار التي تصيب الخلايا الجرثومية للأشخاص الذين تخطوا فترة النشاط التناسلي أو الذين لا ينجبون لأي سبب آخر لا تسبب مخاطر جينية . وبافتراض أن متوسط سن التناسل هو ٣٠ سنة وأن متوسط العمر المتوقع عند الولادة هو ٧٥ سنة فإن الجرعة التي يكون الفرد قد تلقاها لدى بلوغه سن الثلاثين تساوي ٤٠ في المائة من الجرعة الكلية .

١٩١ - وبناء على ذلك ، فإنه لاستخراج معاملات الخطر للأمراض الجينية في مجموعة سكانية ما ، يلزم ضرب تقديرات الأخطار الوراثية التي نوقشت فيما سبق في ٠,٤٠ . والعمليات الحسابية الموضحة أدناه تستخدم أحدث تقديرات الأخطار الواردة في الجدول ٧ من المرفق هـ ، "المخاطر الجينية" ، وتعطي معاملات الخطر للسيغرت الواحد :

(أ) معامل الخطر على أساس تلقي جرعة مؤثرة تناسليا في القطاع النشط تناسليا من المجموعة السكانية (من المرفق هـ ، الجدول ٧) ، بالنسبة للضرر القابل للتقدير الكمي فقط ، على مدى جميع الاجيال

٠٠٠ ١٠/١٣^٦ أي ١,٢ في المائة

(ب) معامل الخطر للمجموعة السكانية بأكملها ، وليس فقط للقطاع النشط تناسليا ، بالنسبة لجميع الاجيال (٠,٤ × ١,٢ في المائة)

٠,٥ في المائة

(ج) معامل الخطر للجيلين الاولين ، ولكن مثل (أ) أعلاه فيما عدا ذلك

١٠٠ ١٠/٣^٦ أي ٠,٢ في المائة

(د) معامل الخطر للمجموعة السكانية بأكملها ، بالنسبة للجيلين الاولين (٠,٤ × ٠,٢ في المائة)

٠,١ في المائة

٢ - التسرطن الإشعاعي عند الإنسان (٩)

١٩٢ - جرت دراسة أحدث البيانات في مجال السرطان المستحث بالإشعاع عند الانسان ، وروعي في ذلك ما يلي :

(أ) أوجه التقدم الباهر في فهم الآليات الجزيئية لعملية استحداث السرطان ؛

(ب) التحليل الوارد في المرفق بـأ من تقرير عام ١٩٨٦ ، وعنوانه "العلاقات بين الجرعة والاستجابة في حالة السرطان المستحث بالإشعاع" ؛

(ج) بيانات المتابعة الإضافية المستفيضة المتعلقة بالدراسات الوبائية الرئيسية ، كالدراسات المتعلقة بالناجين من هيروشيما وناغازاكي ؛

(د) توفر نظام منقح لقياس الجرعات فيما يتعلق بالناجين من هيروشيما ونغازاكي ، يتيح تحليلا أفضل لهذه السلسلة الوبائية المهمة .

١٩٣ - وهناك عدة عوامل تؤثر في احتمال إصابة الفرد الذي يتعرض للإشعاع بالسرطان . وبعض هذه العوامل ، وهي العوامل المتعلقة بالفرد الشوى ، وشيق الصلة بالفرد كخلفيته الجينية ، وسنه ، وجنسه ، وحالته الصحية ؛ وبعضها يتصل بظروف التشعيع مثل الجرعة المتلقاة ، والفترة الزمنية التي تم خلالها تلقي الجرعة ، ونوع الإشعاع ؛ وشمة عوامل أخرى يمكن أن تتفاعل مع الإشعاع فتؤثر في حساسية الفرد الشوى ، كمعادات الفرد المعيشية أو تعرضه لعوامل سامة أخرى . ومن ثم لا توجد طريقة واحدة بسيطة لتقييم الآثار ، مما يستلزم اتباع عدة نهج .

١٩٤ - وأحد هذه النهج هو دراسة آثار الظروف المختلفة للتعرض أو للفرد الشوى على النماذج البيولوجية لعملية التسرطن . ويتيح هذا النهج تحليل جانب أو أكثر من جوانب الخطر ، كتغيره مع الزمن أو مع من الافراد الذين يتعرضون للإشعاع . وشمة نهج آخر يهدف الى تحليل علاقات الجرعة - الاستجابة وعلاقات الخطر - الاسقاط . وهناك نهج ثالث هو دراسة الانحدار المباشر للبيانات الوبائية ، ولا سيما عن طريق تقنيات الانحدار المتعدد الحديثة التي تناسب بصورة خاصة هذه الظواهر المعقدة .

١٩٥ - وأهم السلاسل الوبائية المدرة للمعلومات أُجريت في نطاق الفئات التالية :
(١) الاشخاص الذين تعرضوا بصورة مزمنة لجرعات إشعاع عالية أو متوسطة حينما كانت أخطار هذا التعرض غير معلومة ؛ و (ب) الاشخاص الذين تعرضوا بصورة مزمنة لجرعات منخفضة لأسباب مهنية أو طبية أو بيئية ؛ و (ج) الاشخاص الذين تعرضت أجزاء من أجسادهم لجرعات عالية لفترات زمنية قصيرة لأغراض علاجية ؛ و (د) الاشخاص الذين تعرضوا ، ويتعرضون حاليا لجرعات منخفضة من الاشعاع لأغراض التشخيص الطبي ؛ و (هـ) المجموعات الخاصة التي تعرضت للتشعيع خارجيا نتيجة لقصف هيروشيما ونغازاكي بالقنابل الذرية ، أو للتشعيع داخليا نتيجة للسقط الناجم عن تجارب الاسلحة النووية ؛ وأخيرا (و) الحالات المتفرقة للأفراد الذين تلقوا جرعات عالية نسبيا نتيجة لحوادث من مختلف الأنواع .

١٩٦ - وقد استخدمت طريقتان في الدراسة الوبائية للفئات المذكورة أعلاه هما :
(١) دراسات المجموعات ، التي يجرى فيها تحليل استرجاعي لحالات أفراد تعرضوا للإشعاع من حيث تجربتهم مع السرطان ومقارنة هذه المجموعة بمجموعة مرجعية متناظرة معها

بصورة مناسبة مكونة من أفراد لم يتعرضوا للإشعاع ، و (ب) الدراسات الافرادية المرجعية ، ويجرى فيها تنسيب أفراد مجموعة تعرضت للإشعاع مع أفراد مجموعة مرجعية ، ثم يجرى متابعتهم مستقبليا . ورغم أن الطريقة الثانية لها ميزات ظاهرة بأنها لا يمكن أن تطبق بطبيعة الحال إلا في تجارب خاصة .

١٩٧ - ومعظم الدراسات الاسترجاعية التي نوقشت في تقرير عام ١٩٧٧ لا تزال مستمرة حتى الوقت الحاضر ، وتم الإبلاغ عما أسفرت عنه من نتائج جديدة . وفي عدة سلاسل ، كالسلسلة المتعلقة بسرطان الثدي المستحث بالإشعاع ، تم تحسين النتائج السابقة وزيادة دقة أنماط الجرعة - الاستجابة ، وذلك عن طريق دمج البيانات المستمدة من عدة دراسات . وفي سلاسل أخرى ، مثل السلسلة المتعلقة بالتشعيع الحوضي لأورام عنق الرحم ، جرى التشكيك جزئيا على الأقل في النتائج السابقة . وفي سلاسل غير هذه ، مثل السلاسل المتعلقة بالفئات التي تتعرض للإشعاع لأسباب مهنية ، جرى فحص دقيق للنتائج السابقة وأعيد تفسيرها مما أسفر عن توجيه الانتقاد إليها لأسباب متنوعة تتعلق بالتحيز الذي شاب عمليتي البحث وكتابة التقارير . ومن المشاكل التي صودفت الشكوك المحيطة بقياس الجرعات ، وعدم ملاءمة المجموعات المرجعية ، والمماعات الفعلية أو المحتملة في التحقق من وجود الأورام .

١٩٨ - أما أهم الدراسات المستقبلية التي كانت جارية في عام ١٩٧٧ فلا تزال كلها مستمرة حاليا . وت تتوفر الآن مجموعتا بيانات إضافيتان تتعلقان بالوفيات وبيانات أخرى تتعلق بمعدلات الإصابة مستخلصة من حالات الناجين في هيروشيما وناغازاكي ، وقد أسهمت هذه البيانات في تحسين تقديرات الجرعة - الاستجابة بالنسبة لبعض أنواع الأورام ، في إضافة أورام خبيثة أخرى (أورام القولون والمبيض ، والأورام النقيية المتعددة) الى قائمة الأورام المستحثة بالإشعاع المعروفة سلفا . وأضيفت أيضا بعض المعلومات الى الدراسات المتعلقة بالأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع في منشأة هانغورد النووية والأشخاص الذين تعرضوا للسقط في جزر مارشال والمرض الذين يتعرضون للإشعاع لظروف طبية كمرض التهاب الفقار الحسي ، أو التهابات الثدي أو الاسترواح الصدري ، أو التشعيع المتصل بغدة التوتة . واستمر التزايد المطلق والنسبي في درجة الخطر بالنسبة لهذه المجموعات (ربما باستثناء مرضى التهاب الفقار الحسي والأشخاص الذين كانوا صغار السن حينما قُصفت هيروشيما وناغازاكي بالقنابل الذرية . ومن الواضح أن جميع هذه الدراسات يجب أن تستمر طوال فترة بقاء هؤلاء الأشخاص على قيد الحياة من أجل استكمال البيانات المتعلقة بالعلاقات بين الجرعة والوقت والاستجابة بالنسبة لاستحداث السرطان . وفضلا عن ذلك ، وحتى يتسنى تعميم المعلومات ذات الصلة فإن من

المسائل الحيوية أيضا معرفة درجة التماثل بين هذه المجموعات وبقية المجموعات السكانية ؛ والكيفية التي يمكن أن يكون التعرض للأخطار غير الاشعاعية قد تغير بها والعواقب المترتبة على ذلك ؛ وطبيعة العلاقة بين الخطر الناجم عن جرعة معينة من الاشعاع وخطر الإصابة بالسرطان من العوامل البيئية بالنسبة لمجموعة سكانية معينة . ولا تزال إحدى المشاكل الرئيسية في مجال تقدير الخطر هي شكل العلاقة بين الجرعة والاستجابة ، وهي مسألة عالجها تقرير عام ١٩٨٦ معالجة مستفيضة . ورغم إمكانية استخدام عدد من النماذج في عملية تحليل الخطر ، فإن كلا منها لا يزيد عن كونه تمثيلا تقريبا للعلاقة الحقيقية بين الجرعة والاستجابة كما أنه ينطوي على جوانب قصور أو مزالق محتملة .

١٩٩ - وكانت الخبرة المكتسبة من الوفيات في صفوف الناجين من هيروشيما وناغازاكي أهم مصدر للمعلومات المتعلقة بخطر الإصابة بالسرطان بسبب الاشعاع . وقد أوضحت إعادة تقييم أجريت مؤخرا للجرعات الممتصة في الانسجة في أجساد هؤلاء الناجين أن تعرضهم للنيوترونات كان أقل بكثير مما كان يظن في السابق ، ويعتقد الآن أن البيانات ذات الصلة ، لاسيما تلك المستمدة من هيروشيما ، أقل فائدة بكثير مما كان يفترض في السابق من حيث المعلومات المتعلقة بآثار النيوترونات . ولذلك ينبغي القيام على وجه الدقة بإعادة دراسة المجموعة الكبيرة من البيانات التجريبية والقدر المحدود للغاية من الأدلة الوبائية بشأن الفعالية البيولوجية النسبية للنيوترونات ، وذلك بهدف التوصل إلى تقدير ما لخطر هذا النوع من الاشعاع .

٢٠٠ - وأجريت دراسة دولية جديدة لمرضى بقوا على قيد الحياة بعد معالجة كرسينومة عنق الرحم وفرت بيانات اضافية تتعلق بحالات سرطان ثان في مواضع مختارة .

٢٠١ - تتوفر بعد خبرة عن الإصابة بالسرطان مدى الحياة لأي من الدراسات الوبائية الكبيرة . ولذلك ، فإنه من الضروري ، لتوقع الخطر الاجمالي للإصابة بالسرطان في وسط سكان معرضين ، استخدام نماذج تستنتج فيها بيانات تتصل بفترة زمنية طويلة بالاستناد إلى فترة محدودة فحسب من أعمار الأفراد . وقد لقي اهتماما خاصا نموذجان من هذا النوع من نماذج الاسقاط هما : (أ) النموذج الجمعي الذي يفترض أن الخطر الزائد السنوي ينشأ بعد فترة كمون ثم يبقى ثابتا ؛ (ب) ونموذج المضاعفة الذي يتبع فيه التوزيع الزمني للخطر الزائد نفس النمط الموجود في التوزيع الزمني للسرطانات الطبيعية ، أي يحصل على الزيادة (بعد الكمون) بواسطة عامل ثابت يطبق على الإصابة بالسرطانات الطبيعية حسب العمر في السكان . وتتوافر الآن بيانات يمكن أن تعطي نظرة

أعمق في قابلية هذين النموذجين للانطباق ، وتوحي استنتاجات تم التوصل إليها مؤخراً في اليابان بأن نموذج اسقاط الخطر النسبي هو النموذج الانسب على الأقل في بعض أكثر أنواع السرطان شيوعاً . وسوف يكون من الممكن قريباً التوصل إلى استنتاجات أرسخ .

٢٠٢ - ومن المفهوم بوجه عام أن السرطان يتطور في عدد من المراحل . أي أنه كسي يظهر التعبير عن حالات السرطان هذه لابد من وقوع سلسلة من الاحداث ، ويعتقد أن معدل وقوعها ينعكس في طريقة ظهور السرطانات في وسط السكان على مر الزمن . أما تحليل مختلف السلاسل الوبائية في ضوء هذا المفهوم فيكشف عن عدد من التناقضات بشكل لا يزال فيه غير العملي حتى الآن تحديد مراحل تكوّن السرطان التي تتأثر بالاشعاع ، أو اذا كانت تتأثر به أكثر من مرحلة واحدة أو اذا كان بإمكان النموذج المتعدد المراحل أن يفسر العملية الفعلية لتكوينه . وجميع هذه الاحتمالات قد ينطبق إلى حد ما . بل ربما لا يمكن القيام بسهولة بربط الحالات المفترضة على مستوى الخلية أو دون الخلية بالبيانات الاكلينيكية المتعلقة بتكوّن السرطان نتيجة للاشعاع .

٢٠٣ - وقد ثبت دور عدد محدود من الجينات ، المعروفة بجينات تكوين الاورام الخبيثة ، في التحول الخبيث للخلايا العادية . والطرق الدقيقة التي يمكن بها لهذه الجينات المكوّنة للأورام الخبيثة أن تفعل فعلها بالاشعاع غير معروفة ، ولكن البيانات المتوفرة حتى الآن لم تكشف عن أية تغيرات قد توحي بأن الاشعاع يقوم بدور خاص في احداث السرطان أو يساعد في القيام ، على المستوى الجيني ، بتمييز الاورام التي يسببها الاشعاع عن الاورام التي تسببها مولدات السرطان الأخرى .

٢٠٤ - وأجرت اللجنة استعراضاً مفصلاً للمعلومات المتوفرة عن التعرض في زمن محدد للسرطان الناجم عن الاشعاع ، ونظرت بصورة مستقلة في الأدلة المتصلة بتعرض الاطفال والبالغين . وتظهر البيانات المتعلقة بالاطفال أن الغدة الدرقية والعظم والنخاع العظمي والشدي هي الأكثر استجابة على نحو واضح لاثّر فعل الاشعاع المكوّن للسرطان . أما أغلبية الاطفال الذين عولجوا بالاشعاع علاجاً ناجحاً من السرطان (أي أولئك الذين لديهم أورام أولية في مواضع محددة) والذين تطورت لديهم أورام ثانوية فهم أولئك الذين كان يوجد في الورم الأولي لديهم عنصر مسبب وراثي كبير . ومن الواضح أن هؤلاء الاطفال أكثر عرضة للإصابة بالسرطان من الاطفال العاديين . وبوجه عام ، فإن أماكن معينة أكثر عرضة من غيرها ، وتبين الأدلة الجينية أن ذلك يتعلق بمناطق جينية يعبر عنها في الأنسجة المعنية في الورم الأولي الأصلي (مثل ورم الجذيعات الشبكية) وفي أنسجة الورم الثاني (مثل سركومة العظم) . ومن المعروف أيضاً أن الافراد المصابين

بالنوع الوراثي من ورم الجذيعات الشبكية يصابون بسركومة العظام بعيدا عن المنطقية المعرضة للاشعاع ، أو في غياب الاشعاع . والخطر التلقائي لحدوث الإصابة بالاورام الثانية في المصابين بأورام الجذيعات الشبكية ناجم عن التطور الجسمي للقاحية التجانسية في أولئك الاطفال الذين يرثون نسخة وحيدة من التحول ذي الصلة ، ولكن ليس معروفا بعد ما إذا كانت تلك هي أيضا الطريقة التي يسبب بها الاشعاع الاورام الثانية . وفي حالة الاورام الثانية التي تعقب ورم الجذيعات الشبكية توجد مؤشرات الى إمكان انطباق نموذج اسقاط مضاعف على النحو الذي ينطبق فيه على معظم الاورام لدى البالغين .

٢٠٥ - ويمكن استخلاص عدد من المبادئ العامة المتعلقة بنشوء الاورام نتيجة للاشعاع . وكون الاشعاع يولد السرطان أمر قابل للاكتشاف إذا كانت الجرعة كبيرة بما فيه الكفاية ، ولكن لا تحدث أية سرطانات ينفرد الاشعاع باحداثها . ويعتبر سرطان الدم (باستثناء اللوكيميا اللمفاوية المزمنة) السرطان المستحث على أبرز وجه ، ولكن تستحث أيضا أورام في الثدي ، والغدة الدرقية ، والرئة ، ونخاع العظم ، وفي عدد من الأماكن الأخرى . وتكرر الحدوث لكل غراي يتفاوت حسب الموضع . وبعض الاورام ، مثل اللوكيميا اللمفاوية المزمنة ، والكريسينومه الحشوية في عنق الرحم ، وممرض هودجكن ، لا تحدث بسبب الاشعاع . وتظهر الاورام الناشئة عن الاشعاع بعد مرور بعض الوقت على التعرض له ، وتتراوح فترة الكمون على الأقل بين ٢-٥ سنوات في حالة سرطان الدم ونحو ١٠ سنوات أو أكثر في حالة الاورام الأخرى . ويعتبر العمر أبرز عامل فسي حدوثه ولكن للعوامل الأخرى مثل الجينات الوراثية دورا تقوم به . ويرد تفسير اضافي لهذه السمات في المرفق واو .

٢٠٦ - وبوجه عام ، تشبه النتائج المستخلصة من المرض بالسرطان تلك المستخلصة من مجموعات أخرى معرضة وذلك من حيث نمط خطر الإصابة بعد التعرض للاشعاع . إلا أنه فسي بعض الحالات ، يبدو أن الخطر في المرض بالسرطان يختلف عنه لدى السكان عموما . ويمكن أن يكون ذلك ناجما عن اختلاف القابلية للتعرض للسرطان ، ولكن يمكن أن يكون ناجما أيضا عن اختلافات في التعرض لعوامل خطر بيئية مثل التدخين . وتحدث سرطانات زائدة في المرضى المعرضين للاشعاع وغير المعرضين للاشعاع مما يشير مشكلة تقييم مخاطر الاشعاع ، ويوحى بأن النتائج المستخلصة قد لا تنطبق بوجه عام .

٢٠٧ - ونوقشت العلاقات بين الجرعة والاستجابة في أشكال متنوعة من الاورام الخبيثة مناقشة مستفيضة في المرفق باء من تقرير عام ١٩٨٦ . وكان الاستنتاج الذي تم التوصل

إليه هناك أن كل نوع من أنواع الأورام قد يتميز بنمط خاص به للعلاقة بين الجرعة والاستجابة ، وأنه لا يزال من الصعب تقييم النمط على نحو مرضي في أغلبية الأورام . إلا أنه يمكن استخلاص استنتاج عام بأن معظم العلاقات بين الجرعة والاستجابة في الأشعاعات المنخفضة المرتبطة بالانتقال الخطي للطاقة (LET) تمثل منحنى مقعرا صاعدا يبلغ حدا أقصى يليه انخفاض في الاستجابة مع استمرار ازدياد الجرعة . وهذا الميل والانحدار المتناقضين للمنحنى في حالة الجرعات الكبيرة يبدو أنه ناجم عن قتل الخلايا التي تعرضت للإشعاع الأصلي والتي تنشأ الأورام منها في نهاية المطاف .

٢٠٨ - واستنتجت اللجنة في عام ١٩٨٦ بأنه ، في حالة بعض الأورام ، مثل كرسينومات شدي المرأة وربما الغدة الدرقية ، توجد علاقة خطية جيدة في حالات الجرعات الصغيرة والمتوسطة من الأشعاعات المنخفضة المرتبطة بالانتقال الخطي للطاقة (LET) ؛ وفي حالات أخرى لم يكن من الممكن رفض التطابق الخطي من الناحية الإحصائية ، ولكن نماذج أخرى ، مثل النماذج الخطية التربيعية والتربيعية ، قاربت البيانات بنفس الدرجة . ولا يزال يفترض أن هذه الملاحظات صحيحة أساسا ، رغم أن الأدلة التي قدمت مؤخرا إلى اللجنة توحي بأن الجرعات الصغيرة للغاية المجزأة إلى جرعات قد تكون أقل فاعلية في إحداث سرطان الثدي مما كان مستنتجا في السابق من العلاقة الخطية ومن الغياب الظاهر لأثر تجزئة الجرعات . وتوحي دراسات وبائية أجريت حديثا لمرضى أعطوا يود اليودييد - ١٣١ لأغراض التشخيص بأن الإشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة (LET) في حالة معدلات تدني الجرعات تقل فاعليته أيضا على نحو بارز عنها في حالة الجرعات المتوسطة والكبيرة المقدمة بمعدلات جرعات مرتفعة . وهذا ربما يعني أن العلاقة بين الجرعة والاستجابة في أحداث سرطان الغدة الدرقية هي أيضا علاقة غير خطية (منحنى مقعر صاعد) كما كان يعتقد في تقرير عام ١٩٨٦ .

٢٠٩ - وهناك اختلافات بيولوجية كثيرة بين البشر من المعروف أنها تعدل تعرضهم للسرطان المستحث بالإشعاع ، وقد درست اللجنة هذه الاختلافات المعروفة باسم عوامل الاستضافة . وتوحي المعلومات الحالية بوجه عام بأن الجنس يترك أثرا ضئيلا أو لا يترك أي أثر في تكوّن السرطان نتيجة للإشعاع ، أي أن المعدل الجنسي للأفراد المصابين بأورام خبيثة ناجمة عن الإشعاع (الغدة الدرقية ، الثدي ، الرئة ، سرطان الدم) مماثل للمعدل الجنسي لأولئك الأفراد المصابين بنفس الأورام والذين لم يتعرضوا للإشعاع . وتظهر البيانات كذلك أن نسبة التعرض للأورام الناشئة عن الإشعاع تنخفض مع ازدياد العمر ، ولا تتصل فترات الكمون بالعمر عند التعرض بقدر اتصالها بالنسيج المعني . أما المتوسط العمري والتوزيع العمري لحالات البالغين الذين تعرضوا لجرعة

واحدة فيشبهان بوجه عام نظيريهما للسكان بوجه عام . وأما البيانات المتعلقة بأثر التكوين الجيني فتوحي بإمكان وجود جزء صغير ولكنه غير هام من السكان معرض للإصابة بالسرطان ويمكن بالتالي أن يكون أكثر عرضة للإشعاع أو غيره من عوامل تولد السرطان . وفي سبيل تحسين تقديرات الخطر ، ينبغي تطوير وسائل أفضل لتحديد الأفراد المعرضين .

٢١٠ - ويتضمن الجزء الختامي من دراسة اللجنة موجزا تحليليا اجماليا لأثار السرطان الناجم عن الإشعاع مستمداً من أشمل المصادر المتاحة . وبالاستناد إلى عدد ضئيل فقط من الدراسات الوبائية - بصورة رئيسية دراسة الناجين من القصف بالقنابل النووية والمرضى المعرضين أثناء معالجة التهاب الفقر القسطي المشوه أو عنق الرحم (سرطان الدم فقط) - يمكن تقدير خطر تولد السرطان بالإشعاع في مواضع مختلفة كثيرة . وتشمل الدراسات الثلاث جميعها عددا كبيرا من الناس الذي تعرضوا للأشعة السينية أو أشعة غاما لفترات زمنية قصيرة ولوحظوا لفترات طويلة ؛ إلا أن لكل مجموعة من البيانات سماتها الفريدة . ونظرت اللجنة في النتائج المتعلقة بالأورام في أنسجة محددة والمستمدة من هذه الدراسات ، وقارنتها بتقديرات الخطر التي توصلت إليها دراسات متنوعة أخرى . ويناقش تقييم اللجنة لتقديرات الخطر في الفصل الثالث ، الفرع جيم - ٢ .

٣ - الآثار المبكرة الناجمة عن الجرعات الكبيرة من الإشعاع في الإنسان^(١٠)

٢١١ - استعرضت اللجنة ما هو معروف عن الآثار التي تصيب الإنسان خلال شهرين أو ثلاثة أشهر من تلقيه جرعات موزعة على الجسم كله بصورة موحدة تتجاوز قرابة غراي واحد من الأشعة السينية أو أشعة غاما . وقد جمعت البيانات من ثلاثة مصادر رئيسية هي : الحوادث ، والقصف بالقنابل ، والعلاج بالأشعة . وقد توافرت مؤخرا معلومات هامة عن هذا الموضوع نتيجة للحدث النووي في محطة توليد الطاقة في شيرونوبيل ، الذي تعرض في أثنائه نحو ١٠٠ شخص للإصابة بالإشعاع الخارجي والداخلي بمقدار غراي واحد أو أكثر . وقد أعد الوفد السوفياتي للجنة خصيصا تقريراً مفصلاً عنوانه "آثار الإشعاع الحاد على ضحايا حادث معمل توليد الطاقة النووية في شيرونوبيل" يرد بوصفه تذييلاً للمرفق زاي .

٢١٢ - إن الاستجابات بأعراض مَرَضِيَّة أولية خلال الساعات الـ ٤٨ الأولى بعد التعرض للإشعاع تكون عبر الجهاز العصبي اللاإرادي وتبدو كعلامات معدية - معوية وعصبية - عضلية . أما فترات الإصابة والكمون لهذه الآثار فتعتمد على الجرعة . فعلى سبيل المثال ، تصل الجرعة التي تسبب التقيؤ في ٥٠ في المائة من الأفراد إلى قرابة ٢ غراي ، ويبلغ متوسط فترة الكمون بعد تلك الجرعة نحو ٣ ساعات .

٢١٣ - وتؤدي الجرعات التي تزيد عن ٥٠ غراي بوجه عام إلى الوفاة خلال يومين من وقت إصابة المخ والأوعية (ما يسمى بمتلازمة الأعصاب) . أما الجرعات الموحدة للجسم كله التي تتراوح بين ١٠ و ٥٠ غراي فتسبب المتلازمة المعدية - المعوية التي تكون مميتة بوجه عام والتي تحدث معظم الوفيات فيها خلال الأسبوع الثاني من التعرض للإشعاع . ورغم الخبرة المكتسبة من حالات أولئك الذين توفوا بعد القصف بالقنابل الذرية ، فلا توجد معلومات كافية لتقدير العلاقة على وجه الدقة بين الجرعة واحتمال الوفاة نتيجة لهذه المتلازمة . أما الوقت من الإصابة إلى الوفاة بسبب المتلازمة المعدية - المعوية فيعتمد على وقت تجدد الجدار المعوي ويتأثر بعوامل ثانوية مثل العدوى ، والنزيف ، وفقدان السوائل ، والبروتين ، والمنحلات الكهربائية .

٢١٤ - أما الجرعات التي يتعرض لها الجسم كله بصورة موحدة والتي تقل عن ١٠ غراي ولكنها تزيد عن غراي واحد فتسبب متلازمة النخاع العظمي التي يعتمد وقوعها وشدتها على مقدار الجرعة . والضرر الأولي الذي يصيب النخاع بعد جرعات صغيرة يقلل عدد الخلايا البيضاء في الدم ، وتكون الخلايا اللمفية أشد مؤشرات الإصابة حساسية . أما الجرعات التي يتراوح مقدارها بين غراي واحد و ٢ غراي فتقلل تركيز الخلايا اللمفية في الدم إلى نحو ٥٠ في المائة من مستواها العادي خلال ٤٨ ساعة من الإصابة بالإشعاع . وتظهر العدلات زيادة أولية في الأيام القليلة الأولى ثم تنخفض انخفاضاً له صلة بالجرعة . وبعد عشرة أيام من الإصابة بما يتراوح بين ٢ و ٥ غراي يحدث ارتفاع مسقط شان ؛ إلا أنه إذا لم يتعاف النخاع ، يلاحظ انخفاض نهائي . ويرتبط فقدان العدلات ببداية الحرارة ويعتبر مؤشراً ينبئ بالبقاء . أما المسار الزمني لفقدان لوحيات الدم فيماثل بوجه عام مساره في حالة الكريات المحببة ولكن بدون ارتفاع مسقط شان . أما انخفاض مستويات لوحيات الدم إلى ما دون ٣٠ ٠٠٠ - ٥٠ ٠٠٠ للميكرو لتر فيرتبط بالنزيف . ويظهر المصابون بمتلازمة النخاع العظمي تعرضاً أكبر لإصابة نتيجة للعدوى اللاحق بجهاز تكون الدم وجهاز المناعة .

٢١٥ - وبالإضافة إلى الآثار الجهازية التي ورد وصفها ، قد ينزل الإشعاع أيضا الذي بأنسجة وأعضاء كثيرة أخرى تتعرض له بصورة مستقلة . أما الأعراض الكلينيكية الناشئة عن ذلك فتتفاوت من حيث وقت ظهورها وشدته . وقد تكون أو لا تكون جزءا من المتلازمات التي ورد وصفها وهذا الأمر يعتمد على الأنسجة التي تعرضت للإشعاع ومقدار الجرعة ، وطرق الإشعاع ، وغير ذلك من العوامل الفيزيائية والبيولوجية .

٢١٦ - أما إصابة الجلد بالإشعاع فتسبب تقرحات معروفة جيدا وتعتمد كثيرا على مقدار الجرعة والموضع الذي تعرض للإشعاع ، أي أنه يتعين أن تصيب الجرعات الصغيرة مناطق أكبر كي تسبب نفس القدر من الأذى . وتتضمن آفات الجلد الحمامي ، والنمو الشاذ للشعر ، وسقوط الشعر ، والتوسع ، وإصابة الأوعية والجلد . والجرعة في الطبقة الأساسية للبشرة تحدد مقدار موت الخلايا وبالتالي درجة التوسع .

٢١٧ - أما إصابة الأغشية المخاطية في الفم والحنجرة فتثير الالتهاب والانتفاخ ، كما يحدث تقرح ونخر بعد الجرعات الكبيرة . وتكون إصابة الأغشية المخاطية على أشدها في الخد ، والحنك الرخو ، وتحت اللسان . والآثار الحادة في العين يرد وصفها وصفا جيدا أيضا وتعتمد اعتمادا بالغا على الأجزاء المصابة بالإشعاع وحجم الجرعات من هذا الإشعاع .

٢١٨ - وعندما يصاب الصدر بالإشعاع ، يكون الالتهاب الرئوي أول علامة على إصابة الرئة بالإشعاع . ويظهر خلال فترة تتراوح بين شهر واحد و ٣ أشهر في حالة الجرعات التي تزيد عن ٨ غراي . أما وقت بدء الالتهاب الرئوي فلا يعتمد اعتمادا كبيرا على حجم الجرعة التي تتراوح بين ٦ و ١٣ غراي . وكان في شيرنوبيل بعض المرضى الذين أظهروا ردود فعل مبكرة في الرئة ، وربما تكون هذه التغيرات ناشئة عن عوامل متعددة .

٢١٩ - وتؤدي جرعات عالية شديدة تصل حتى ٤ غراي إلى عقم مؤقت عند بعض الذكور ، بيد أن الجرعة التي تؤدي إلى عقم طويل الأمد عند جميع الذكور لا تقل عن ٦ غراي . وعلى الرغم من أن بعض الأشكال المميزة سلف الخلايا النطقية تتجاوب في وقت مبكر وهي شديدة الحساسية للإشعاع ، فإن عدد الحيات المنوية لا يأخذ في التناقص إلا بعد ستة أسابيع . وعند النساء يتولد العقم المؤقت عن جرعات عالية تصل إلى ٤ غراي ، أما العقم الطويل الأمد فيتولد عن جرعات تتراوح بين ٤ و ١٠ غراي . والنساء الأكبر سنا أكثر حساسية ، ربما لأن عدد الجريبات المبيضية يتناقص مع التقدم في السن .

٢٢٠ - وما يشير الاهتمام معرفة جرعة الإشعاع التي تتسبب ، في المتوسط ، في موت ٥٠ في المائة من الافراد خلال ٦٠ يوما ($LD_{50/60}$) . ومفهوم LD_{50} هو مفهوم يستعمل على نطاق واسع في الاعمال التجريبية ولكن هناك شك في إمكانية تطبيقه في البيولوجيا الإشعاعية البشرية ، باستثناء الاغراض الاحصائية . والسلاسل الوبائية المتوفرة لتقدير هذه الجرعة عند الانسان تضم المرضى الذين يعالجون بالإشعاع وحالات الحوادث ، واليابانيين الذين تعرضوا للقنابل الذرية في الحرب العالمية الثانية . ويبين مفهوم ($LD_{50/60}$) خلافا في نخاع العظام . وتعطي أحدث الدراسات لمفهوم ($LD_{50/60}$) من الخبرات في اليابان (بعد تنقيح الجرعات) كميات تقارب ٣ غراي . ومن المعتقد أن هذا الرقم ينطبق على الظروف الخاصة جدا التي تسود بعد إلقاء القنبلة بالنسبة للأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع ولا تتوفر لهم المعالجة الطبية أو يتوفر لهم الحد الأدنى من المعالجة فقط .

٢٢١ - وكان بعض مجموعات المرضى الذين يعالجون بالإشعاع مفيدا في تقييم مفهوم ($LD_{50/60}$) . إذ أنه لم يمت أحد نتيجة خلل نخاع العظام من أصل ٢٠ طفلا وشابا أعطوا جرعة قدرها ٣ غراي للجسم بكامله لمعالجة غرن يونغ . وكان مستوى جرعة ($LD_{50/60}$) التي أعطيت لمجموعات من البالغين عولجوا بالإشعاع بسبب السرطان المنتشر هو ٢,٩ غراي في إحدى السلاسل و ٣,٤ غراي في سلسلة أخرى . وتدل جميع هذه المعلومات على أن مستوى جرعة ($LD_{50/60}$) ربما تقارب ٣ غراي بالنسبة لمرضى السرطان ، رغم تلقيهم معالجة داعمة ، في حين أن مستوى الجرعة بالنسبة للأفراد الأصحاء الذين يتلقون معالجة داعمة تقليدية بعد التعرض للإشعاع قد تتراوح بين ٤ و ٥ غراي .

٢٢٢ - وفي الحادث الذي وقع في تشرنوبيل ، تعرض ٤٣ فردا لجرعات قدرت بأنها تتراوح بين ٢ و ٤ غراي ، حيث مات أحد هؤلاء الافراد . كما مات ٧ أشخاص من أصل ٢١ شخصا تعرضوا لجرعات تتراوح بين ٤,٢ غراي و ٦,٣ غراي . ومن أصل ٢٠ مريضا تلقوا جرعات تتراوح بين ٦ و ١٦ غراي مات ١٩ مريضا . وبسبب التعقيدات التي عانى منها كثير من المرضى أثناء الحادث ، مثل الاصابات الحرارية والجلدية ، فإن من الصعب ، استخلاص مقدار لمستوى جرعة ($LD_{50/60}$) من هذه المعلومات .

٢٢٣ - ومن مراجعة اللجنة للمعلومات الواردة أعلاه وبحثها لها ، خلصت الى أن من المستحيل تحديد مقدار وحيد لمستوى جرعة ($LD_{50/60}$) عند الانسان ، فقد يتغير هذا المقدار تغيرا كبيرا حسب السن والحالة الصحية للأفراد الذين يعرضون للإشعاع وحسب التدابير الوقائية والعلاجية المتخذة قبل التعريض للإشعاع وبعده ، وفي سبيل التخطيط للاستجابة لحالات الطوارئ ، من المهم معرفة ما هو المقدار من جرعة LD_{50} الذي سيطبق

وفي أية حالة . بيد أن اللجنة تؤكد الطبيعة الإحصائية المحضة لجرعة LD_{50} وتحذر من أن استخدامه للتنبؤ بغرض البقاء على قيد الحياة للفرد الواحد لا يمح مطلقا .

٢٢٤ - والنيوترونات أكثر فاعلية من الأشعة السينية أو أشعة غاما في التسبب بإصابات بالغة بما يتراوح بين ضعفين وثلاث أضعاف على أساس استعمال الجرعات الوحيدة . والخبرة ضئيلة في الآثار المميتة للنيوترونات على الإنسان ، باستثناء حوادث قليلة معزولة . ويعتبر الآن أن عامل النيوترونات في الجرعات بالنسبة للناجين بعد التعرض للقنبلة الذرية هو أقل بكثير مما قُدر سابقا ولذلك فإن المعلومات التي جمعت من هذه المجموعة من الأشخاص هي قليلة الفائدة في تقدير آثار النيوترونات .

٢٢٥ - وكما هو معروف جيدا في ميدان البيولوجيا الإشعاعية ، إن إطالة مدة الجرعة وتجزئتها يسببان آثارا أقل من الآثار التي تسببها الجرعة ذاتها إذا ما أُعطيت كلها دفعة واحدة . والآثار المبكرة للجرعات العالية عند الإنسان ليست استثناء من هذه القاعدة العامة . وهكذا فإن إطالة مدة الجرعة أو تجزئتها تخفف إلى حد ما من الاستجابات الأولية . وبالمثل ، فإن التعريض للإشعاع بجرعات ذات معدل منخفض أو التعريض المتعدد التجزؤ يقلل بشكل ملحوظ إصابة الأمعاء ونخاع العظام في جميع الفصائل ، بما فيها الإنسان ، وقد اقترحت صيغ كمية متباينة لتقدير التغيرات في الجرعة أو الأثر الناجمة عن إطالة التعريض للإشعاع ؛ بيد أن هذه الصيغ ليست أكثر من مبادئ توجيهية للتنبؤ عامة جدا ، وذلك بسبب ضالة قاعدة البيانات بالنسبة لأنسجة كثيرة . وهناك ، علاوة على ذلك ، استثناء واحد من القاعدة العامة المتعلقة بإطالة مدة التعريض للإشعاع وتجزئته - وهو الخصية - إذ أن تقدم الخلايا في مراحل حساسة يجعل هذا العضو أكثر حساسية للجرعات المجزأة منه للجرعات الوحيدة .

٢٢٦ - وبوجه عام ، فإن توليد آثار مبكرة عند الإنسان يحتاج إلى مقادير كبيرة من المشعات الباطنية ، فقد لوحظ خمود في نخاع العظام بعد أخذ جرعات كبيرة وحيدة من الأيودين - ١٣١ والكاسيوم - ١٣٧ . وقد ولدت المواد الغروانية الذهبية المشعة غشيان الإشعاع الخفيف وتعقيدات نسيجية ، كما ولد الفسفور - ٣٢ والكبريت - ٣٥ نفس الأثر . ولم يُبلغ عن إصابات حادة شديدة في الأمعاء عند الإنسان من جراء أخذ مشعات باطنية ، كما أن إصابات الإصابات الرئوية كانت نادرة . وتقوم معالجة التلوث الباطني بالنويدات المشعة على إزالتها موضعيا ، وتخفيض الاحتباس ، وزيادة التغوط ، والتقليل من الإفراء .

٢٢٧ - وقد يكون جزء صغير من السكان حساسا بوجه خاص للاصابات الإشعاعية المبكرة من جراء خلل جيني وراثي مثل دنح توسع الشعيرات . فالأشخاص الذين يعانون من هذا المرض هم أكثر حساسية للإشعاع من الأشخاص العاديين . وهناك اضطرابات جينية أخرى تجعل الإنسان أكثر استعدادا لتزايد الاصابات الصبغية أو الخلوية ، بيد أنه لا يوجد هناك تقديرات كمية لهذا التزايد .

٢٢٨ - ومن الصعب وضع تنبؤ للمرضى المعرضين للإشعاع على أساس تقدير الجرعة لا غير . فهناك عوامل مضاعفة كثيرة ، بما في ذلك الأمراض الأخرى الحادثة في نفس الوقت ، وإطالة مدة الجرعة ، ونوعية الإشعاع . وقد تساعد معرفة نوع الأعراض الأولية بما في ذلك الحمامي ، في وضع التنبؤ المذكور . والعلامات المتعلقة بالدم ، ولاسيما عدد الكريات البيضاء ، هي مؤشرات جيدة للتنبؤ . كما أن معرفة العدد الأدنى لكريات الدم ووقت حصول هذا العدد بالنسبة لمختلف أنواع كريات الدم هامة ، كما هو الحال بالنسبة لمدة عدم تنسج النخاع بعد التعرض لجرعات عالية . ويعتبر عادة ظهور كريات غير ناضجة في الدم واستمرار ظهورها إشارة إيجابية على شفاء النخاع . ويجب أن يقوم التنبؤ الصحيح على مجموعة واسعة من أنواع البيانات المختلفة كما يجب استكمالها على الدوام .

٢٢٩ - والمعلومات التي قدمها الاتحاد السوفياتي ، الواردة في تذييل المرفق زاي ، عن ضحايا حادث تشيرنوبيل ، هي معلومات كاملة وقيمة . فرغم أن طبيعة التقرحات التي لوحظت لم تكن متوقعة ، فإن درجة الدقة التي تم التوصل إليها في تحليل بدء حدوثها وحجمها ومدتها تضيف إلى فهمنا للآثار البيولوجية الناجمة عن الجرعات العالية من الإشعاع على الإنسان زيادة كبيرة . وهناك ما يدعو بكل تأكيد إلى مزيد من التحليل لهذه النتائج ، ولاسيما فيما يتعلق بالنقاط التالية : التقدير الدقيق للجرعات التي تعرض لها الضحايا ، العلاقة بين مختلف الأعراض والعلامات والعوامل المسببة (فقد كان التعرض للإشعاع معقدا ويتضمن تعرضا للإشعاع الباطني والخارجي ، فضلا عن الاصابات الحرارية) . وستزيد هذه الدراسات الجديدة المعرفة الحالية زيادة كبيرة وستسمح في نهاية الأمر بتوحيد البيانات التي جمعت في تشيرنوبيل مع النتائج الأخرى التي بحثت في المرفق زاي . واللجنة مدينة لجميع الذين أسهموا في التذييل المذكور لامتدادهم لإطلاع الآخرين على هذه الخبرة ، وتود أن تشني عليهم لما أبدوه في هذه المناسبة المحزنة من مهارة فنية وتعاطف انساني .

٤ - آثار التعريض للإشعاع قبل الولادة

٢٣٠ - استعرضت اللجنة في أحدث دراسة لها عن الآثار البيولوجية للتعريض للإشعاع قبل الولادة ، الواردة في تقرير عام ١٩٨٦ ، أحدث المعلومات عهدا عن وقائع النمو ولاسيما في دماغ مُضغ وأجنة الثدييات ، وتعريض حيوانات التجارب للإشعاع قبل الولادة ، والاطفال الذين تعرضوا للإشعاع قبل الولادة من جراء القصف الذري لهيروشيما وناجازاكي . وقد تركز استعراض اللجنة بقدر الإمكان على الخبرة البشرية وتضمن الآثار التي لم يسبق النظر فيها على هذا النحو ، مثل الآثار المسرطنة للتعريض للإشعاع قبل الولادة .

٢٣١ - وتبين بيانات عام ١٩٨٦ أن التخلف العقلي هو أكثر أنواع تشوه النمو احتمالا من حيث الظهور عند الجنس البشري . ومن حيث الجوهر ، بين التحليل على مر الزمن أن احتمال حدوث التخلف العقلي المتصل بالإشعاع من حيث الأساس هو صفر عند التعرض للإشعاع قبل الحمل بثمانية أسابيع ، ويبلغ حده الأقصى عند التعرض للإشعاع بين الأسبوع الثامن والخامس عشر من الحمل ، ويتناقص بين الأسبوع السادس عشر والخامس والعشرين . ولم يبلغ عن حالة من حالات التخلف العقلي الشديد بعد مرور الأسبوع الخامس والعشرين على الحمل وبالنسبة لجرعات من الإشعاع هي دون ١ غراي . وعلى أساس افتراض أن بدء الأثر موازن للجرعة (كما تدل البيانات ، على ما يبدو) فإن احتمال بدء الأثر للجرعة الممتدة لكل وحدة يقدر بـ ٠,٤ لكل غراي عندما يكون الاحساس في الأوج ويقدر بـ ٠,١ لكل غراي بين الأسبوع السادس عشر والأسبوع الخامس والعشرين بعد حدوث الحمل .

٢٣٢ - وحاولت اللجنة مستخدمة جميع المعلومات المتوفرة ، أن تستخلص تقديرات كمية للخطر بالنسبة لآثار الإشعاع التي يقوم عليها دليل إيجابي أو ، على الأقل ، افتراض معقول لحدوثها . وتشمل هذه الآثار ، فضلا عن التخلف العقلي ، الوفاة ، وبدء التشوهات ، وسرطان الدم ، والأورام الخبيثة الأخرى . وقدرت اللجنة ، في ظل عدد من الافتراضات المشروطة ، أن من شأن جرعة من الإشعاع قدرها ٠,١ غراي يعرض لها الجنين طيلة فترة الحمل أن تزيد من احتمال تعرض صحتة لآثار ضارة عند ولادته حيا بأقل من ٠,٠٠٣ . والخطر العادي الذي يواجه الوليد الحي الذي لم يتعرض للإشعاع والذي لديه نفس الأحوال هو حوالي ٠,٠٠٦ . وتوحي المعلومات التي أصبحت متوفرة أن تقديرات الخطر في الفقرتين الأخيرتين قد تحتاج إلى تنقيح كبير بالتخفيض (ولاسيما بالنسبة إلى الجرعات المنخفضة) . وتزعم اللجنة أن تستعرض هذا في المستقبل القريب .

جيم - استخلاص مُعامل الخطر

٢٣٣ - في الحالات الموصوفة في المرفقات ، يتعرض الأشخاص الى مجموعة متباينة من أنواع الإشعاع ، والجرعات الناجمة في أجسامهم غالبا ما تكون غير متجانسة . وفي سبيل إضافة الجرعات من مجموعة المصادر ، مثل المصادر الطبيعية ، من الضروري استخدام كمية تراعي مختلف أنواع الإشعاع هذه وتوزع الجرعات في الجسم ، والكمية التي استخدمتها اللجنة هي مكافئ الجرعة الفعالة . ويحمل على هذه الكمية بترجيح الجرعة الممتمة في أحد أنسجة الجسم ، أولا بواسطة عامل يراعي فعالية نوع الإشعاع ، ثم بواسطة عامل يراعي مختلف الحساسيات البيولوجية للأنسجة . ويكون مجموع هذه الجرعات الممتمة المرجحة هو مكافئ الجرعة الفعالة .

٢٣٤ - ومقدارا مجموعتي العوامل المرجحة هما المقداران اللذان أوصت بهما اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع . وقد دأبت اللجنة على النظر من آن الى آخر في نظم أخرى للترجيح ولكن ما قررته حتى الآن هو أن مكافئ الجرعة الفعالة لا يزال كافيا بالنسبة لأغراضها . واستخدام مكافئ الجرعة الفعالة مقصور على تقدير الآثار الطويلة الأجل مثل التسرطن . ولتقدير الآثار المبكرة للجرعات العالية ، فإن الجرعة الممتمة هي مقدار ملائم .

٢٣٥ - وعندما تستعمل اللجنة كلمة "الخطورة" (بمعنى كمي) فهي إنما تعني احتمال وقوع حادث مؤذ ، مثل الموت الناجم عن التعرض للإشعاع ، وغالبا ما تعبر عن هذا الاحتمال بنسبة مئوية . ويعبر عن عدد الحوادث المسقطة في مجموعة سكانية إما بعدد الحالات في كل ألف نسمة أو في كل مليون . وتستخدم عبارة "مُعامل الخطورة" بصورة عامة للدلالة على خطورة الجرعة لكل وحدة (الخطورة لكل غراي في حالة الجرعة الممتمة أو الخطورة لكل سيفرت في حالة مكافئ الجرعة الفعالة) . ونظرا لأن العلاقة بين الجرعة والخطورة ليست دائما تناسبية ، يكون أيضا من الضروري أحيانا تحديد الجرعة أو نطاق الجرعة التي ينطبق عليها المُعامل .

٢٣٦ - وبالإضافة الى قيام اللجنة بتقدير الخطورة ، قدرت أيضا العدد المسقط للسنوات التي تفقد من عمر السكان الذين تعرضوا للإشعاع من جراء الوفاة الناجمة عن الإشعاع . وتسمى هذه الكمية وكذلك العدد المسقط للحالات أو الوفيات بين السكان الذين تعرضوا للإشعاع مقاييس الاضرار الجماعية .

١ - الأضرار الوراثية

٢٣٧ - يمكن تحديد مُعامل الخطورة الجينية بحيث ينطبق إما على مكافئ الجرعة للغدد التناسلية أو على مكافئ الجرعة الفعالة . ومن الضروري أيضا تقرير ما إذا كان ينبغي تطبيقه على الجرعات الهامة وراثيا (أي الجرعات بالنسبة للأفراد القادرين على التناسل) أو على الجرعات الوسطية للسكان إجمالا . واختيار الأخيرة منهما قد يبدو سخيفا من وجهة النظر العلمية ، ولكن لا يكون معروفا أحيانا إلا الجرعات الوسطية أو الجرعات الجماعية الإجمالية ؛ وعلاوة على ذلك غالبا ما ينطبق معامل الخطورة بالنسبة للسرطان على الجرعات الوسطية .

٢٣٨ - واستعرضت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٨٦ وفي المرفق هاء من هذا التقرير ، "الأخطار الوراثية" ، الحصيلة الحالية من المعرفة عن الأثار الوراثية للإشعاع المؤين . وقد لُخِمت هذه الاستعراضات في الفرع دال - ١ من الفصل الثاني ، وهناك عدة طرق جرت عليها العادة لعرض المعلومات العلمية . وإحدى الطرق وضع تقييم لحالة ساكنة يتعرض فيها عدد ثابت من السكان للإشعاع طيلة أجيال كثيرة ، حيث يتعرض كل فرد قادر على التناسل ، ذكرا كان أم أنثى ، لجرعة وحدة تناسلية ، ثم تقدير نسبة الذرية التي سيتوقع عندئذ تأثرها بالأضرار الوراثية . وثمة طريقة أخرى ، وهي تقدير العدد المتأثر من الذرية للجيل الوالد حيث يكون الجيل الوالد ، ذكورا أم إناثا أو كليهما ، قد تلقى جرعة جماعية معينة .

٢٣٩ - وفي كلتا الحالتين ، يمكن ترجمة المعلومات الى معامل خطورة يعبر إما عن احتمال أن يلد أحد الأفراد القادرين على التناسل طفلا متأثرا بالأضرار الوراثية أو عن العدد المتوقع للأطفال المتأثرين ، لكل وحدة من الجرعات التناسلية الفردية أو الجماعية ، بالنسبة للأفراد القادرين على التناسل . ويمكن أيضا توسيع معامل الخطورة بحيث يشمل الأضرار في جميع الأجيال المقبلة .

٢٤٠ - ويمكن تطبيق معامل الخطورة هذا مباشرة على تقديرات الجرعة الهامة وراثيا ، مثل التقديرات التي وضعت لمختلف إجراءات الأشعة السينية التشخيصية الطبية . بيد أنه لا يمكن تطبيقها على مكافئ الجرعة الفعالة ما لم يعرض الجسم بكامله للإشعاع بالتساوي . وفي حالات أخرى ، يمكن أن يتراوح مُعامل الخطورة الوراثية المطبق بين الصفر (في حالة عدم تعرض الغدد التناسلية للإشعاع) وأربعة أمثال مُعامل الخطورة المطبق على جرعة الغدد التناسلية (في حالة تعرض الغدد التناسلية فقط للإشعاع) على أن يكون عامل العضو المرجح بالنسبة للغدد التناسلية ٤/١ .

٢٤١ - وفي حال عدم تقدير مكافئ الجرعة الفعالة للأفراد القادرين على التناسل وإنما للأفراد المتوسطين بين السكان إجمالاً ، فعندما يكون مُعامل الخطورة ذو الصلصة F/L فقط من مُعامل الخطورة الوراثية الذي يطبق على الأفراد القادرين على التناسل ، على أن تكون F السن الرئيسية للتناسل و L العمر المتوقع عند الولادة ، وإذا ما كان F حوالي ٣٠ سنة و L حوالي ٧٥ سنة ، يصبح مُعامل الخطورة الوراثية بالنسبة للفرد المتوسط ٤٠ في المائة من معامل الأفراد القادرين على التناسل .

٢٤٢ - يلخص الجدول ٨ التقديرات الحالية للجنة عن معاملات الخطورة الجينية . وقد قدمت معلومات مكثفة عن طبيعة المخاطر الجينية في تقرير عام ١٩٨٦ .

٢٤٣ - وتظهر المقارنة بالتقديرات السابقة (انظر الجدول ١) أن التقديرات الحالية أقل من التقديرات عام ١٩٧٧ . وقد استخدمت تقديرات عام ١٩٧٧ عندما حددت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات مكافئ الجرعة الفعالة . ولا تشير معاملات الخطورة إلا إلى العدد المتوقع من الحالات المرضية الوراثية الحادة التي يمكن قياسها . أما ما يعنيه هذا من حيث الضرر فهو سؤال ستواصل اللجنة دراسته .

الجدول ٨ - المعاملات المنقحة للخطورة الجينية
(نسبة مئوية لكل سيفرت)^(١)

بالنسبة لمكافئ الجرعة الفعالة		بالنسبة لمكافئ جرعة الفرد التناسلية		
السكان المنجبون	مجموع السكان	السكان المنجبون	مجموع السكان	
صفر-١,٣	صفر-٠,٥	٠,٣	٠,١	أول جيلين
صفر-٥,٠	صفر-٢,٠	١,٢	٠,٥	جميع الأجيال

(١) لم تُقدّر المخاطر الناجمة عن الأمراض ذات الأسباب المركبة .

٢ - السرطان

٢٤٤ - يمكن التعبير عن معاملات خطورة الإصابة بالسرطان إما بوصفها (أ) احتمال إصابة الفرد في موقع معين في المستقبل بالسرطان المستحث بالإشعاع (الموت) بالنسبة لكل وحدة من الجرعة أو (ب) الضرر الجماعي . ويمكن أن تمثل الأخيرة إما بوصفها العدد المتوقع للوفيات الناجمة عن السرطان (أ) أو حالات الإصابة بالسرطان) في السكان المعرضين للإشعاع أو بوصفها مجموع عدد السنين التي يفقدها الناس من أعمارهم نتيجة للوفاة بالسرطان بالنسبة لكل وحدة من الجرعة الجماعية .

٢٤٥ - وتعلق التقييمات الجديدة الواردة في المرفق واو ، "التسطن الناتج عن الإشعاع في الانسان" ، بخطورة الإصابة بالسرطان عند الجرعات البالغة غراي واحد "GY1" عند نسبة الجرعة العالية من الإشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة . ولكن ينبغي التأكيد أنه قد لوحظ احصائيا للمرة الاولى حدوث وفيات مغرطة في عددها بشكل كبير نتيجة للإصابة بالسرطان في هيروشيما وناغازاكي بالنسبة لبعض أنواع السرطان ، وفي عدد من المواقع المعينة عند جرعات تتراوح بين ٢.٠ و ٥.٠ غراي . وإلى جانب تقدير المخاطر الناجمة عن تسعة أنواع من السرطان بقدر معقول من الثقة قدرت أيضا المخاطر الكلية الناجمة عن جميع الأنواع الأخرى من السرطان بالنسبة لكل نوع على حدة وتضمنت تقديرات المخاطر ، للمرة الاولى ، إسقاطا في المستقبل لملاحظات عن السكان الذين تعرضوا للإشعاع في هيروشيما وناغازاكي . وأخذت التقديرات الجديدة في الحسبان المقياس المنقح للجرعات الإشعاعية . وكان لكل هذا أثر موحد جعل تقديرات المخاطر عند هذه الجرعات وعند نسب الجرعة أعلى من قبل .

(١) المخاطر الفردية المرتبطة بموقع معين

٢٤٦ - يظهر الجدول ٩ نتائج دراسة هيروشيما - ناغازاكي فيما يتعلق باحتمال وفاة الفرد نتيجة للإصابة بالسرطان المستحث بالإشعاع في موقع معين . وترد مجموعتان من الأرقام : إحداهما مستمدة من إسقاطات تستند إلى نموذج الخطورة الجمعي (المجرد) ، والأخرى مستمدة من إسقاطات تستند إلى نموذج الخطورة المضاعف (النسبي) .

الجدول ٩ - احتمالات زيادة الوفيات الناجمة عن الإصابة بالسرطان طوال العمر بالنسبة للفرد في أعقاب التعرض لجرعة تمتصها الأعضاء مقدارها (غراي) عند نسبة الجرعة الحالية للاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة
(نسبة مئوية)

(استنادا إلى السكان في اليابان باستخدام معامل خطورة لمتوسط العمر)

نموذج إسقاط الخطورة المضاعف	نموذج إسقاط الخطورة الجمعي	
٠,٩٧	٠,٩٣	مخ العظام الاحمر
٦,١	٣,٦	جميع أنواع السرطان فيما عدا سرطان الدم
٠,٣٩	٠,٢٣	المثانة
٠,٦	٠,٤٣	الثدي (٢)
٠,٧٩	٠,٢٩	القولون
١,٥	٠,٥٩	الرئة
٠,٢٣	٠,٠٩	داء الاورام النقيّة المتعددة
٠,٣١	٠,٢٦	المبيض (٢)
٠,٣٤	٠,١٦	المريء
١,٢٦	٠,٨٦	المعدة
١,١	١,٠٣	الانواع الباقية
٧,١	٤,٥	المجموع

(٢) يجب قسمة القيمة على ٢ لحساب مجموع المخاطر والمخاطر التي تتعرض لها الاعضاء الاخرى .

٢٤٧ - ويبلغ المعامل الكلي لخطورة الوفاة الناجمة عن السرطان بالنسبة للفرد المتوسط (المحسوب كذلك على أساس المتوسط بالنسبة لكلا الجنسين) ٤,٥ في المائة لكل غراي في نموذج الخطورة الجمعي ٧,١ في المائة لكل غراي في نموذج الخطورة المضاعف . ويمكن مقارنة هذه الأرقام بتقدير عام ١٩٧٧ بالنسبة للجرعات العالية ، الذي كان نحو ٢,٥ في المائة لكل سيفرت على أساس النموذج الجمعي (انظر الجدول ٣) . وترد في الجدول ١٠ قيم موجزة أخرى لمعاملات المخاطر بالنسبة للسكان في أعمار أخرى وظروف أخرى .

٢٤٨ - ولا تزال المشاكل التي تواجه استخلاص معاملات المخاطر التي تنطبق كذلك على الجرعات المنخفضة هي نفس المشاكل السابقة . فلا يمكن تخمين معاملات المخاطر هذه إلا من خلال القيم الملاحظة عند الجرعات المعتدلة إلى العالية . وفي عام ١٩٧٧ ، عندما قُدِّرَ المعامل الكلي لمخاطر السرطان عند الجرعات العالية بنحو ٢,٥ في المائة لكل سيفرت ، أشارت اللجنة إلى وجود شكوك في اتجاهين : فقد قدرت القيمة المتعلقة بالجرعات العالية بأقل من قيمتها نظرا لأنه لم يجر إسقاط للمستقبل ، كما كان هناك أيضا تقدير بأعلى من القيمة حيث أنه من المعتقد أن الخطورة بالنسبة لكل وحدة جرعة عند الجرعات المنخفضة هو أقل من التقديرات المتعلقة بالجرعات العالية .

٢٤٩ - وفي التقرير الحالي ، لا تزال المشاكل المتعلقة باستخراج معاملات الخطورة عند الجرعات المنخفضة وبالنسبة لنسب الجرعة المنخفضة قائمة . وقد وافقت اللجنة على أن هناك حاجة إلى استخدام عامل للتخفيف لتعديل المخاطر الموضحة في الجدول ٩ بالنسبة للجرعات المنخفضة ونسب الجرعة المنخفضة . ورأت اللجنة أن هذا العامل يختلف قطعاً اختلافا كبيرا حسب نوع الورم الخبيث الذي أصيب به الفرد وحسب نطاق نسبة الجرعة . ومع ذلك ينبغي أن يقع النطاق الملائم للتطبيق على الخطورة الكلية عند الجرعة المنخفضة ونسبة الجرعة المنخفضة بين ٢ و ١٠ . وتعتزم اللجنة دراسة هذا الأمر بالتفصيل في المستقبل القريب .

٢٥٠ - ولم تقدم اللجنة في هذا التقرير تقديرات للمخاطر بالنسبة للاشعاع العالي المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة بوجه عام (إلا بالنسبة لتعرض عمال مناجم اليورانيوم للرادون) . وبالنسبة للجرعات المنخفضة من الاشعاع الخارجي العالي المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة فسيكون من الضروري ضرب الاخطار المتعلقة بالاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة في عامل نوعي مناسب . ولا يعتبر وجود عامل تخفيف للجرعة أو لنسبة الجرعة ضروريا بالنسبة للاشعاع الخارجي العالي المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة عند الجرعات المنخفضة .

(ب) الضرر الجماعي

٢٥١ - يعطي ناتج معاملات الخطر الملائمة للخطر الفردي ، مضافا اليه الجرعة الجماعية ذات الصلة ، العدد المتوقع للوفيات الناجمة عن الاصابة بالسرطان في النسبة السكانية المعرضة للاشعاع ، شريطة أن لا يقل مقدار الجرعة الجماعية عن ١٠٠ سيفرت للفرد . فاذا ما كانت الجرعة الجماعية لا تبلغ سوى بضعة وحدات من السيفرت للفرد ، فإن النتيجة الأرجح هي صفر من الوفيات .

٢٥٢ - كما قيّمت اللجنة سنوات الاشخاص المفقودة لكل وحدة جرعة جماعية بسبب الوفيات الناجمة عن الاصابة بالسرطان المستحث بالاشعاع . ويورد الجدول ١٠ موجزا لنتائج التعرض لجرعات عالية ومعدلات عالية الجرعة من الاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة . ويبلغ اجمالي المفقود حوالي سنة شخص واحدة لكل غراي للفرد ، مشفوعا بنموذجي الاسقاط .

الجدول ١٠ - تقديرات أخطار العمر المسقطه بالنسبة لـ ١٠٠٠

شخص (٥٠٠ ذكر و ٥٠٠ انثى) تعرّضوا لغراي

واحد من معدل عالي الجرعة من الاشعاع المنخفض

المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة

(استنادا الى سكان اليابان)

سنوات العمر المفقودة	حالات الوفيات الزائدة	نموذج اسقاط الخطر	
١ ٢٠٠-٧٠٠	٥٠-٣٠	الجمعي	مجموع السكان
١ ٤٠٠-٩٥٠	١٠٠-٧٠	المضاعف	
٨٨٠	٤٠	الجمعي	السكان العلملون (الذين تتراوح
٩٧٠	٨٠	المضاعف	أعمارهم بين ١٨ و ٦٥ سنة)
٥١٠	٣٠	الجمعي	السكان البالغون (الذين
٦٥٠	٦٠	المضاعف	تتجاوز أعمارهم ٢٥ سنة)

دال - مقارنة حالات التعرض

١ - المقارنات السابقة التي أجرتها لجنة
الامم المتحدة العلمية المعنية بآثار
الاشعاع الذري

٢٥٣ - ظلت طريقة عرض حالات التعرض للإشعاع من مصادر مختلفة تمثل دوما مشكلة بالنسبة للجنة . ففي تقرير عام ١٩٥٨ ، قُيِّمت اللجنة متوسط جرعة تعرض نخاع العظام والجرعة الهامة وراثيا للفرد بالنسبة لسكان العالم من مصادر وممارسات مختلفة . بسبب ان اللجنة ، في ذلك الوقت ، قامت بحساب العدد المتوقع لحالات الإصابة بسرطان الدم والاضرار الوراثية الناجمة عن التعرض للإشعاعات البيئية الطبيعية والتفجيرات النووية .

٢٥٤ - وفي تقرير عام ١٩٦٣ ، قيمت اللجنة الجرعات الفردية لتعرض الغدد التناسلية والطبقات السطحية للعظام ونخاع العظام الاحمر للإشعاعات الطبيعية . كما قامت بحساب الانصب من الجرعات لسكان العالم ، بالنسبة للأعضاء المذكورة . وقُيِّمت الجرعة الهامة وراثيا بالنسبة لحالات التعرض الطبي والمهني للإشعاع . إلا أن اللجنة أعربت في ذلك التقرير عن قلق ما لديها من شقة بالنسبة لمعاملات الخطر المستخدمة في تقرير عام ١٩٥٨ ، وعن عدم تمكنها من تقييم أي أضرار . وبدلا من ذلك ، ذكرت أن الجرعات والانصب من الجرعات المقدرة يمكن استخدامها في تقييمات الاخطار المقارنة ، ونسبت هذا الخطر المقارن إلى الاشعاعات البيئية الطبيعية ، وحددت له قيمة الوحدة . وقد أجريت هذه المقارنة لحالات التعرض الطبي للإشعاع والتفجيرات النووية بالنسبة لسرطان الدم ، وأورام العظام ، والآثار الوراثية . وقالت اللجنة انه على نفس الاساس ، فإنه يمكن أن يعبر عن الضرر الناجم عن مصادر مختلفة بمقدار التعرض للإشعاعات البيئية الطبيعية الذي يعطي نفس الجرعة أو النصيب من الجرعة للفرد .

٢٥٥ - وفي تقارير الاعوام ١٩٦٤ و ١٩٦٩ و ١٩٧٣ ، واصلت اللجنة التعبير عن خطر التعرض للتفجيرات النووية من حيث الفترة المكافئة من التعرض للإشعاعات البيئية الطبيعية . وبحلول عام ١٩٧٣ ، كانت اللجنة قد قامت بحساب الجرعات أو الانصب من الجرعات للفرد بالنسبة لجميع سكان العالم . وهذا يعني ضمنا ، بالنسبة لعدد معين من السكان ، تقييما للجرعة الجماعية من كل مصدر . وفي تقرير عام ١٩٧٧ ، قدمت اللجنة صراحة ، ولأول مرة ، تقييمات للجرعة الجماعية بالنسبة لثنى المصادر

والممارسات . بيد أنها عقدت كذلك ، في الوقت نفسه ، مقارنات على أساس الغتترات المكافئة من التعرض للاشعاعات البيئية الطبيعية . وفي تقرير عام ١٩٨٢ ، قدمت اللجنة المزيد من المعلومات عن طرق تباين حالات التعرض الفردية ، وقيمت الانصبه من الجرعات الجماعية . وفي الملخص والاستنتاجات ، تُرجمت مكافئات الجرعة الجماعية إلى الغتترات المكافئة من التعرض للاشعاعات البيئية الطبيعية .

٢٥٦ - ومن هذا الاستعراض الموجز ، يتبين أن المقارنة بالجرعة البيئية الطبيعية لعبت دائما دورا هاما في عرض اللجنة لتقييماتها . فعندما قامت اللجنة ، في عام ١٩٥٨ ، بتقدير عدد الاشخاص المتأثرين ، عقدت مقارنة مع الحدوث الطبيعي للسرطان والأمراض الوراثية . ومنذ ذلك الحين والجرعات الفردية والجماعية تقارن بالجرعات المناظرة الناجمة عن الاشعاعات الطبيعية .

٢ - الغرض من المقارنات

٢٥٧ - للمقارنات عادة غرض ما ، ويمكن تقديمها بأساليب مختلفة على أساس ذلك الغرض . فالمقارنات التي تعقد مع الجرعات أو الأضرار الناجمة عن المصادر الطبيعية للاشعاع يمكن أن توضح ما لمصادر الاشعاع التي من صنع الانسان من أهمية نسبية من حيث البيولوجيا الاشعاعية ، بيد أنها لا تغيد إلا قليلا بالنسبة لامكانية تبرير أو قبول هذه المصادر الأخرى . فالمعلومات المتعلقة بمواقع الجرعات المنخفضة أو العالية بالنسبة للبيئة الطبيعية يمكن أن تساعد في تحديد مدى إمكانية إجراء دراسات مجدية في مجال الأوبئة . ومقارنة جرعات الاشعاع أو أخطار الإجراءات البديلة الرامية إلى تحقيق نفس الهدف ، مثل المعلومات التشخيصية الطبية ، ربما تكشف عما قد يكون أفضل من حيث الوقاية من الاشعاع ، إلا أنها لن تكشف عن أي أخطار أو مضر أخرى . ونظرا لأن اللجنة ذاتها لا تستخدم هذه المقارنات ، فإنها تود أن تعرض بياناتها بشكل يمكن أن تستخدم به في عدد من الأغراض المختلفة .

٣ - مقارنة الجرعات الجماعية

٢٥٨ - إذا ما عرفت معاملات الخطر ، وأمكن افتراض التناسب بين الجرعة والاستجابة ، أمكن حساب أضرار الاشعاع ، مثل العدد المتوقع للوفيات الناجمة عن الإصابة بالسرطان ، من المعلومات المتعلقة بالانصبه من الجرعات الجماعية . وفيما يتعلق بالمقارنات النسبية ، فيكفي مقارنة الجرعات الجماعية أو الجرعات الفردية (التي

تكافئ نفس القيمة) من المصادر المختلفة ، ومن ثمَّ يلغى عامل التشكك في معاملات الخطر . وفي هذه المقارنات ، يمكن أن تؤخذ الجرعة الجماعية السنوية ، الناجمة عن مصادر طبيعية للاشعاع ، باعتبارها الإطار المرجعي ؛ أما الأثر الناجم عن مصادر أخرى ، فيمكن أن يُعبّر عنه بالفترات المكافئة من التعرض للاشعاعات البيئية الطبيعية ، وهو ما درجت عليه اللجنة منذ عام ١٩٦٢ .

٢٥٩ - ومن المهم لدى مقارنة جرعات جماعية من مصادر مختلفة ، أن تكون المقارنة قائمة على أساس سليم . وهذا أمر بسيط في حالة المصادر والممارسات الرامية إلى تحقيق هدف واحد ، مثل إنتاج الطاقة أو المعلومات التشخيصية الطبية . وفي حالات أخرى ، يتعين الحرص على إيجاد أساس مشترك للمقارنة . وعلى سبيل المثال ، فإن من المشكوك فيه صحة المقارنة بين الجرعات الجماعية وسكان وفترات زمنية مختارة بصورة عشوائية . وعلى الرغم من أن مقارنات الجرعات الجماعية ، الناجمة عن ممارسات مختلفة اختلافًا كلياً ، لن تكون مجدية تماماً في أغلب الأحيان ، فإنها أحياناً ما قد تساعد في تحديد أولويات معالجة مواطن الخطر ذات العواقب الإشعاعية .

٤ - مقارنة الجرعات الفردية

٢٦٠ - تقارن عادة جرعات الاشعاع التي يتلقاها الفرد من مختلف المصادر التي هي من صنع الانسان مع الجرعة التي يتلقاها من المصادر الطبيعية للاشعاع . فالتعرض الى جرعة اضافية صغيرة بالنسبة الى الجرعة التي يتعرض لها في الطبيعة لن يؤثر على الفرد تأثيراً كبيراً ، أي ان حالة تعرضه ككل لن تتغير تغيراً يذكر . ورغم أن الفرد قد يود مع ذلك تجنب هذه الجرعة الصغيرة الاضافية ، فهو يعرف أنها لا تشكل بذاتها خطراً كبيراً . وهذا لا يعني أن هذه الجرعة مقبولة لمجرد صغر حجمها ، وإنما يعني أن قبولها يعتمد على مجموع الضرر الذي يحتمل أن يسببه المصدر وعلى تقييم المجتمع لهذا الضرر .

٢٦١ - وقد تسفر مقارنة الجرعات الفردية في حالة عدم توزع الجرعات على السكان بصورة متساوية عن نتائج مضللة ، وذلك لأنه ليس هناك من يتلقى الجرعة الفردية بالضبط وإنما يتلقى جرعات أكبر أو أصغر منها . وفي هذه الحالة ، قد يكون من المناسب مقارنة الجرعات النموذجية وكذلك الجرعات المسرفة في الزيادة .

٥ - موجز مقارنات الجرعات

٢٦٢ - يلخص الجدول ١١ مختلف تقديرات الجرعات من الاشعاع . وكما جرت عليه العسادة في التقارير الماضية ، يرد بيان المدة المكافئة من التعرض الى اشعاع البيئة الطبيعية الى جانب مقادير الجرعات الجماعية . ولدى مقارنة هذه التقديرات مع تقديرات التقارير السابقة ، ينبغي ألا يغيب عن الذهن أن تقدير الجرعة السنوية الناجمة عن اشعاع البيئة الطبيعية قد ارتفع من ١٠٠ ملليارد (أ) ما يناظر حوالي (١ رجل سيفرت) في تقرير عام ١٩٧٧ الى ٢,٤ (رجل) سيفرت في هذا التقرير . وتعود هذه الزيادة الى سببين : (أ) يستخدم الآن مكافئ الجرعة الفعالة عوضاً عن استخدام عدد من الجرعات التي يتعرض لها مختلف أعضاء الجسم ، (ب) وتم الاعتراف بالمساهمة الكبيرة لنواتج غاز الرادون الوليدة .

٢٦٣ - والجدول ١١ هو بالضرورة تلخيص كبير للمعلومات المتاحة . ومما يجدر الإشارة اليه أن حوالي نصف اشعاع البيئة الطبيعية يحدثه تعريض الرئة للاشعاع من نواتج غاز الرادون الوليدة . ويتعرض للاشعاع بحكم مهنتهم العاملون في الميدان الطبي ، وكذلك العاملون في صناعة الطاقة النووية وفي التصوير الاشعاعي في الصناعة . ويرجع التعرض للاشعاع في عملية انتاج الطاقة النووية الى النويدات المشعة المنطلقة التي تنطلق عند استخراج اليورانيوم من المناجم وأثناء أنشطة التخلص من النفايات ، وكذلك أثناء تشغيل المفاعلات لتوليد الطاقة الكهربائية . ويعزى حوالي ثلث حالات التعرض الحالية الناتجة عن الطاقة النووية الى ابتعاث غاز الرادون من نفايات المناجم ، ويعزى ثلث آخر الى انطلاق الكربون - ١٤ نتيجة لتشغيل المفاعلات النووية وخاصة مفاعلات الماء الثقيل .

٢٦٤ - ومن المقدار الكلي لمكافئ الجرعة الفعالة الجماعية (بخلاف الكربون - ١٤) الناتج عن جميع تجارب التفجير في الجو ، يأتي ١,٥ مليون رجل سيفرت من النويدات المشعة القصيرة العمر ، وتمثل ٢,٥ مليون رجل سيفرت ما يسهم به السترونشيوم - ٩٠ والسيزيوم - ١٣٧ بصورة رئيسية في المستوى الحالي من الجرعات التي يحصل عليها الفرد طوال حياته . ولما كان الحادث الذي وقع في شيرنوبيل قد أدى الى انتشار جرعات في أوروبا بصورة رئيسية ، فإننا نورد هنا المقدار الكلي لمكافئ الجرعة الفعالة الجماعية وليست الجرعة الفردية العالمية .

الجدول ١١ - موجز تقديرات مكافئ الجرعة الفعالة

الجرعات الفردية			
السنوات الحالية (رجل سيفرت)		مقادير الجرعات الجماعية	
الجرعة النموذجية		المكافئ من	
الجرعة الفردية (الأفراد المعرضون		مليون سنوات التعرض	
(سكان العالم) للاشعاع		رجل سيفرت للبيئة	
لكل سنة ممارسة			
في السنة			
٢,٤	١,٠ - ٥,٠	١١	١
البيئة الطبيعية			
التعرض الطبي (لأغراض			
التشخيصي)			
١,٠ - ٠,٤	١,٠ - ١٠,٠	٢ - ٥	٠,٢ - ٠,٥
التعرض بحكم المهنة			
٠,٠٠٢	٥,٠ - ٠,٠	٠,٠١	٠,٠٠١
انتاج الطاقة النووية			
٠,٠٠٠٢	٠,١ - ٠,٠٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠٠١
		(١) (٠,٠٣)	(١) (٠,٠٠٤)
في حالات فردية			
جميع تجارب التفجير			
٠,٠١	٠,٠١	٥	٢,٥
معا			
الحوادث النووية			
		٠,٦	(١) (٣٦)
			(١) (٣,٤)

(١) ترد في القوسين المقادير الإضافية من الجرعات الجماعية الطويلة الأجل المتأثرة من الرادون والكربون - ١٤ بالنسبة لانتاج الطاقة النووية ، ومن الكربون - ١٤ بالنسبة لتجارب التفجير .

٦ - مقارنة مباشرة للأضرار

٢٦٥ - استعرضت اللجنة في هذا التقرير ، المعلومات الموجودة عن أخطار الإشعاع ، وأشارت الى كبر حجم عوامل الخطر المترتبة على الجرعات الصغيرة وكذلك على الجرعات الكبيرة . وقدرت اللجنة أيضا خطر الجرعات الجماعية الناجمة عن مصادر وممارسات مختلفة . ومن الشيق ضم التقديرات وحساب العدد المتوقع للإصابات بالسرطان والأمراض الوراثية .

٢٦٦ - وقد وردت تقديرات عديدة من هذا القبيل تختلف درجات امكانية الاعتماد عليها وفقا لمعامل الخطر المفترض ، صدرت عن جهات أعدتها لأغراض مختلفة للغاية : وكانت نتائجها مشتتة للغاية تبعا للافتراضات العامة . وقد ترددت اللجنة لأسباب عدة ، في اضافة تقديرها الخاص للأضرار الناجمة عن مختلف مصادر الإشعاع الى ما هو متوفر بالفعل .

٢٦٧ - ويتعين على اللجنة أولا أن تأخذ في الاعتبار الصلاحيات التي تعمل بموجبها : ففرضها هو تقييم الجرعات وليس الاعراب عن أحكام قيمية أو الشروع في تحديد للمستويات . وكما يتضح في المناقشة الواردة في الفصل الثالث من القسم دال - ٤ ، فإن تقديرات الخطر التي يدعى أنها عملية تنطوي هي أيضا على افتراضات وقرارات ليست علمية بالمعنى الدقيق للكلمة . والواقع أن الكميات المادية التي تستخدمها اللجنة تعبر عن مثل هذه الافتراضات . ومثال على ذلك أن مكافئ الجرعة الفعالة بحكم تعريفه ، يتضمن عوامل ترجيحية تعتمد على اجتهادات ذاتية بالنسبة لماهية الضرر الناجم عن الإشعاع . وفي كل مرحلة أخرى من مراحل معالجة المعلومات الأساسية ، من المرجح أن تدعو الحاجة الى استخدام أو افتراض وجود اجتهادات غير علمية .

٢٦٨ - وشانيا ، إن طريقة عرض الحقائق العلمية الأساسية تؤثر على الانطباع الذي تعطيه عنها . ومثال ذلك ان حدوث آلاف من الوفيات بمرض السرطان نتيجة لحادث واحد يمثل دون شك عددا كبيرا من الوفيات . على أنه لما كان من الممكن توقع حدوث هذه الوفيات خلال فترة طويلة من الزمن ، فإن نسبة حدوثها سنويا ستكون منخفضة . وهذا يعني زيادة صغيرة جدا في التواتر العادي للإصابة بالسرطان ، وهي زيادة لا يتوقع أن تكون ملحوظة في الاحصاءات المتعلقة بالصحة . وعليه ، فمن الممكن إعطاء انطباعات مختلفة بانتقاء الشكل الذي تقدم فيه المعلومات ، بحيث تنقل انطباعات مختلفة .

٢٦٩ - وأخيرا ، هناك شكوك كبيرة فيما يتعلق بهذه التقديرات . وفي الفصل الثالث ، القسم جيم ، تم التشديد على أنه لا يمكن استخراج معامل خطر الإصابة بالسرطان عند جرعات صغيرة إلا من مراقبة الجرعات الكبيرة ، وأن معامل خطر ظهور الاثار الوراثية لا تستنتج حتى من مراقبة آثار الجرعات في الانسان . ورغم أن اللجنة تعتقد أن تقديراتها هي أفضل تقديرات يمكن تقديمها في هذه المرحلة من المعرفة بالموضوع ، يجب عليها أن تبدي تحفظا على هذه التقديرات بتوجيه الانتباه الى الافتراضات والشكوك الكامنة وراء هذه التقديرات . ولسوء الحظ ، سرعان ما يؤخذ أي تقدير لعدد محدود من الوفيات بالسرطان خارج سياقه وتهمل التحفظات .

٢٧٠ - ولهذه الاسباب ، تفضل اللجنة أن تواصل ممارستها السابقة المتمثلة في مقارنة مقادير الجرعات الجماعية الناجمة عن مصادر الاشعاع الرئيسية لا أن تتبع طريقة الاضرار التقديرية .

الحواشي

(١) أنشأت الجمعية العامة للجنة العلمية المعنية بآثار الإشعاع النووي في دورتها العاشرة المعقودة في عام ١٩٥٥ . وقد حددت صلاحيات اللجنة في القرار ٩١٣ (د - ١٠) المؤرخ في ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٥٥ . وكانت اللجنة في الأصل مكونة من الدول الاعضاء الالية : اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية ، الأرجنتين ، استراليا ، البرازيل ، بلجيكا ، تشيكوسلوفاكيا ، السويد ، فرنسا ، كندا ، مصر ، المكسيك ، المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية ، الهند ، الولايات المتحدة الأمريكية ، اليابان . وقد وسعت عضوية اللجنة فيما بعد بموجب قرار الجمعية العامة ٣١٥٤ جيم (د - ٣٨) المؤرخ في ١٤ كانون الأول/ديسمبر ١٩٧٣ ، لتشمل المانيا (جمهورية - الاتحادية) ، اندونيسيا ، بولندا ، بيرو ، السودان . وبموجب القرار ٦٣/٤١ بء المؤرخ في ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦ ، زادت الجمعية العامة عدد أعضاء اللجنة الى حد أقصى هو ٢١ عضوا ، ودعت الصين الى الانضمام اليها .

(٢) للاطلاع على التقارير الفنية السابقة للجنة أنظر الوثائق الرسمية للجمعية العامة ، الدورة الثالثة عشرة ، الملحق رقم ١٧ (A/3838) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة السابعة عشرة ، الملحق رقم ١٦ (A/5216) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة التاسعة عشرة ، الملحق رقم ١٤ (A/5814) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة الحادية والعشرون ، الملحق رقم ١٤ (A/6314 و Corr.1) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة الرابعة والعشرون ، الملحق رقم ١٣ (A/7613 و Corr.1) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة السابعة والعشرون ، الملحق رقم ٢٥ (A/8725 و Corr.1) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة الثانية والثلاثون ، الملحق رقم ٤٠ (A/32/40) ؛ والمرجع نفسه ، الدورة السابعة والثلاثون ، الملحق رقم ٤٥ (A/37/45) والمرجع نفسه ، الدورة الحادية والاربعون ، الملحق رقم ١٦ (A/41/16) . وسوف يشار الى تلك الوثائق في هذا السياق بوصفها تقارير الاعوام ١٩٥٨ و ١٩٦٣ و ١٩٦٤ و ١٩٦٩ و ١٩٧٣ و ١٩٧٧ و ١٩٨٣ و ١٩٨٦ على التوالي . وقد صدر تقرير عام ١٩٧٣ مع مرفقاته العلمية تحت عنوان : الإشعاع المؤين : المستويات والأثار ، المجلد الاول : المستويات (منشورات الامم المتحدة ، رقم المبيع E.27.IX.17) ، والمجلد الثاني ، الأثار (منشورات الامم المتحدة ، رقم المبيع E.27.IX.18) . وصدر تقرير عام ١٩٧٧ مع مرفقاته العلمية تحت عنوان : مصادر وآثار الإشعاع المؤين (منشورات الامم المتحدة ، رقم المبيع E.77.IX.1) . وصدر تقرير عام ١٩٨٢ مع مرفقاته العلمية تحت عنوان : الإشعاع المؤين : مصادره وآثاره البيولوجية (منشورات الامم المتحدة ، رقم المبيع E.22.IX.8) . وصدر تقرير عام ١٩٨٦ مع مرفقاته العلمية تحت عنوان : الأثار الجينية والجسدية للإشعاع المؤين (منشورات الامم المتحدة ، رقم المبيع E.86.IX.9) .

الحواشي (تابع)

- (٣) يستعرض المرفق ألف "حالات التعرض لمصادر الاشعاع الطبيعي" . هذا الموضوع بتوسع .
- (٤) يستعرض المرفق باء "حالات التعرض في بيئة انتاج الطاقة النووية" . هذا الموضوع بتوسع .
- (٥) يستعرض المرفق جيم "حالات التعرض الناجمة عن الاستخدامات الطبية للاشعاع" . هذا الموضوع بتوسع .
- (٦) يستعرض المرفق باء هذا الموضوع "حالات التعرض الناجمة عن انتاج الطاقة النووية" ، والمرفق جيم "حالات التعرض الناجمة عن الاستخدام الطبية للاشعاع" .
- (٧) يجري استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق دال ، "حالات التعرض الناجمة عن حادث شرنوبيل" .
- (٨) يستعرض المرفق هاء "الاطار الجينية" هذا الموضوع .
- (٩) يستعرض المرفق واو "الاشعاع المولد للسرطان لدى الانسان" هذا الموضوع بتوسع .
- (١٠) يستعرض المرفق زاي "الاثار التي تظهر في الانسان في وقت مبكر نتيجة لجرعات كبيرة من الاشعاع" هذا الموضوع باستفاضة .

التذييل الاول

قائمة بأعضاء الوفود الوطنية

قائمة بأسماء الخبراء الذين حضروا دورات اللجنة
من الحادية والثلاثين الى السابعة والثلاثين
كممثلين رسميين أو أعضاء في الوفود الوطنية

اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية

ل . أ . إيلين (ممثل) ، أ . غوسكوف (مثلة) ، ك . م . بارخوداروف ، ف . دنيم
إ . غولوبكين ، د . د . ف . كوخلوفسكا ، أ . أ . مويسيف ، يو . أ . موسكالييف ،
ف . بافلينوف ، أ . بافلوفسكي ، ف . ف . أ . بياتاك ، ريدكين ، ف . أ . شغشكو

الأرجنتين

د . بننسون (ممثل) ، د . كانسيو ، أ . ج . غونزاليس ، إ . بالاسيوس

استراليا

ك . ه . لوكان (ممثل)

المانيا (جمهورية - الاتحادية)

أ . كاول (ممثل) ، أ . إهلنغ ، و . جاكوبي ، ه . كريغل ، ف . إ . ستيف ، ك . شتريفر .

اندونيسيا

س . ويريو سيمين (ممثل) ، أ . بيكوني (ممثل) ، أ . اسكندر (ممثل) ، م . رضوان
(ممثل) ، س . ج . سوغيارتو

التذييل الاول (تابع)

البرازيل

إ . بينا فرانكا (ممثّل) ، ل . ر . كالدائي (ممثّل)

بلجيكا

م . إيريرا (ممثّل) ، ج . ميزان (ممثّل) ، ج . اتن ، ف . ب . سوبلز ، أ . د . تات

بولندا

ز . يافوروفسكي (ممثّل) ، ج . لينيكى (ممثّل) ، ز . زوت

بيرو

ل . ف . بنيوس اشتون (ممثّل) ، م . زاهاريا (ممثّل) .

تشيكوسلوفاكيا

م . كليميك (ممثّل)

السودان

هداية الله (ممثّل) ، أ . أ . يوسف

السويد

ب . لندل (ممثّل) ، غ . بنكتسون ، ك . إدفارسون ، ل . إ . هولم ، ك . ج . لوننغ ،
س . ماتسون ، ج . أ . سنيهز ، ج . فالنتين ، ج . والندر

التذييل الاول (تابع)

الصين

واي لوكسين (ممثّل) ، لي ديبينغ ، وو ديشانغ

فرنسا

هـ . جاميه (ممثّل) ، أ . بوفيل ، ر . كولون ، ب . دوتريو ، ج . لافوما ، ج . لومير ،
ر . ماس ، ب . بليران ، م . ر . توبيانا ، ج . أوزان

كندا

إ . ج . لوتورنو (ممثّل) ، أ . م . ماركو (ممثّل) ، و . ر . بوش ، ج . س . بتلر ،
ب . س . لونتل ، د . ك . مايرز

مصر

صلاح الدين حشيش (ممثّل) ، هـ . رشدي (ممثّل) ، م . الخرادلي

المكسيك

إ . أرايكو (ممثّل) ، هـ . ر . أورتيس ماجانيا (ممثّل)

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية

ج . دونستر (ممثّل) ، ر . هـ . كلارك ، سي . سي . راربي ، ج . ديندكامب ، ج . هـ . إدواردز ،
ك . إ . هالنان ، ب . س . هاربر ، أ . سيرل

الهند

ن . ك . نوتاني (ممثّل) ، ك . سوندارام (ممثّل)

التذييل الاول (تابع)

الولايات المتحدة الامريكية

ف. ا. متلر (ممثل) ، ر. د. موزلي (ممثل) ، ر. ا. اندرسون ، ل. ر. انسبو ، ر. بيكر ،
س. ايدنغتون ، ج. ه. هارلي ، ر. سي. ريكس ، ه. ه. روسي ، و. ل. رسل ،
ب. ب. سليبي ، و. ك. سنكلير ، ج. و. شايش ، ا. و. وبستر ، ه. ا. وايكوف

اليابان

ت. كوماتوري (ممثل) ، ه. ماتسودايرا (ممثل) ، ت. تيراسيما (ممثل) ،
ا. كاساي ، ا. ياماتو

التذييل الثاني

قائمة بأسماء الموظفين والخبراء الاستشاريين العلميين الذين تعاونوا مع اللجنة في إعداد التقرير

- ل . انسبو
- أ . بافلوفسكي
- ب . ج . بينيتا
- أ . بوفيل
- ك . سنكرانارايانان
- ف . د . سوبي
- ج . سيلني
- و . ج . شول
- ف . فاغناني
- ك . فايس
- ل . فريتييلي
- ر . ه . كلارك
- ب . لنديل
- ف . أ . متلر
- م . موري
- أ . هاغن
- ج . هندي
- ج . أ . م . ديب

التذييل الثالث

قائمة بالتقارير التي تلقتها اللجنة

- ١ - تدرج في القائمة أدناه التقارير التي تلقتها اللجنة من الحكومات في الفترة من ١٩ نيسان/أبريل ١٩٨٦ الى ١٧ حزيران/يونيه ١٩٨٨ .
- ٢ - أما التقارير التي تلقتها اللجنة قبل ١٩ نيسان/أبريل ١٩٨٦ فواردت في التقارير السابقة التي قدمتها اللجنة الى الجمعية العامة .

رقم الوثيقة	البلد	عنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.1732	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية	Environmental radioactivity surveillance Programme: results for the UK for 1984, 21 April 1986
1733	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 72, March 1985, 16 July 1986
1734	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 73, June 1985, 16 July 1986
1735	الولايات المتحدة الامريكية	Environmental Measurements Laboratory: A compendium of the EML's research projects related to the Chernobyl nuclear accident, 10 December 1986
1736	الولايات المتحدة الامريكية	Environmental Measurements Laboratory: The high altitude sampling programme: radioactivity in the stratosphere, 10 April 1987

التذييل الثالث (تابع)

رقم الوثيقة	البلد	عنوان الوثيقة
1737	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 74, September 1985, 10 April 1987
1738	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 75, December 1985, 10 April 1987
1739	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Assessment of population doses from X-ray examination in the USSR (1970- 1980), 13 April 1987
1740	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Genetic effects of radio-nuclide decay, 13 April 1987
1741	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Acute radiation effects in man, 13 April 1987
1742	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Production and release of carbon-14 in nuclear power stations with RBMK reactors, 13 April 1987
1743	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Body burden of fall-out caesium-137 in the inhabitants of Moscow 1980-1983, 13 April 1987

التذييل الثالث (تابع)

رقم الوثيقة	البلد	عنوان الوثيقة
1744	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Radiation doses to the inhabitants of the far north, 13 April 1987
1745	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Occupational exposure of radiographic workers, 13 April 1987
1746	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 76, March 1986, 2 July 1987
1747	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 77, June 1986, 2 July 1987
1748	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 78, October 1987, 18 December 1987
1749	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan, number 79, October 1987, 18 December 1987
1750	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Proposals for setting possible intake limits for transuranium radio-nuclides absorbed from the gastro-intestinal tract, 31 May 1988

التذييل الثالث (تابع)

رقم الوثيقة	البلد	عنوان الوثيقة
1751	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	The evaluation of non-stochastic effects in man from low doses of internal irradiation, 31 May 1988
1752	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Tritium production in LWGR power plants and its release into the environment, 31 May 1988
1753	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Medical treatment in the case of uranium intoxication, 31 May 1988
1754	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Dynamics of effective dose equivalent from intake of strontium-90 and caesium-137, 31 May 1988
1755	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Specific activities of natural radio-nuclides in building materials used in the soviet Union, 31 May 1988

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何 购取 联合国 出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
