



الأمم المتحدة

تقرير لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري

الدورة السابعة والخمسون
(١٦-٢٠ آب/أغسطس ٢٠١٠)

الجمعية العامة
الوثائق الرسمية
الدورة الخامسة والستون
الملحق رقم ٤٦

الجمعية العامة
الوثائق الرسمية
الدورة الخامسة والستون
الملحق رقم ٤٦

تقرير لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري

الدورة السابعة والخمسون
(١٦-٢٠ آب/أغسطس ٢٠١٠)



الأمم المتحدة • نيويورك، ٢٠١٠

ملحوظة

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام. ويعني إيراد أحد هذه الرموز
الإحالة إلى إحدى وثائق الأمم المتحدة.

[١٥ أيلول/سبتمبر ٢٠١٠]

المحتويات

الصفحة	الفصل
١	الأول- مقدمة
٣	الثاني- مداولات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها السابعة والخمسين
٧	الثالث- التقرير العلمي: ملخص آثار الإشعاع المنخفض الجرعات على الصحة
٩	ألف- السرطان المستحثّ بالإشعاع
١٧	باء- الآثار الممكنة بالوراثة للتعرض للإشعاع
١٩	جيم- الأمراض المرتبطة بالإشعاع غير السرطان

الفصل الأول

مقدمة

١- ينشأ التعرّض للإشعاعات المؤيَّنة من مصادر مثل إجراءات التشخيص والعلاج الطبية؛ واختبار الأسلحة النووية؛ والرادون وغيره من الإشعاعات الخلفية الطبيعية؛ وتوليد الكهرباء باستخدام القدرة النووية؛ وحوادث مثلما وقع في تشيرنوبيل عام ١٩٨٦؛ والمهن التي تؤدي إلى زيادة التعرّض لمصادر إشعاع من صنع الإنسان أو الطبيعة.

٢- وتمثّل ولاية لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري، منذ أن أنشأتها الجمعية العامة بقرارها ٩١٣ (د-١٠) المؤرّخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٥٥، في إجراء تقييمات عريضة لمصادر الإشعاعات المؤيَّنة وآثارها على صحة البشر وعلى البيئة.^(١) وعملاً بهذه الولاية، تستعرض اللجنة وتقيّم بدقّة حالات التعرّض الإشعاعي على النطاقين العالمي والإقليمي، كما تقيّم الأدلة القائمة على تأثير الإشعاع على الصحة بين المجموعات المعرّضة له، ومنها الناجون من التفجيرات الذرية في اليابان. كما تستعرض اللجنة أوجه التقدّم في فهم الآليات الأحيائية التي يمكن من خلالها أن تتأثّر الصحة أو البيئة بالإشعاعات. وتوفّر عمليات التقييم هذه الأساس العلمي الذي تستخدمه هيئات عديدة، منها الهيئات المعنية في منظومة الأمم المتحدة، لوضع معايير دولية لحماية عامة الناس والعاملين من الإشعاعات المؤيَّنة؛^(٢) وهذه المعايير متصلة، بدورها، بصكوك قانونية وتنظيمية هامة.

-
- (١) أنشأت الجمعية العامة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها العاشرة في عام ١٩٥٥. وحددت اختصاصاتها في القرار ٩١٣ (د-١٠) المؤرّخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٥٥. وكانت اللجنة تتكوّن في البداية من الدول الأعضاء التالية: الأرجنتين، أستراليا، بلجيكا، البرازيل، كندا، تشيكوسلوفاكيا، مصر، فرنسا، الهند، اليابان، المكسيك، السويد، اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية، المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية، الولايات المتحدة الأمريكية. وفي وقت لاحق، وسّعت عضوية اللجنة بموجب قرار الجمعية العامة ٣١٥٤ جيم (د-٢٨) المؤرّخ ١٤ كانون الأول/ديسمبر ١٩٧٣ لتشمل جمهورية ألمانيا الاتحادية وإندونيسيا وبيرو وبولندا والسودان. وزادت الجمعية العامة عضوية اللجنة بموجب القرار ٦٢/٤١ بء المؤرّخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦ إلى حدّ أقصى بلغ ٢١ عضواً ودعّت الصين إلى الانضمام إلى عضوية اللجنة.
- (٢) مثال ذلك معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤيَّنة ولأمان مصادر الإشعاعات التي تشارك في رعايتها منظمة العمل الدولية ومنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة الذرية ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية.

الفصل الثاني

مداولات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها السابعة والخمسين

٣- عَقدت اللجنة دورتها السابعة والخمسين في فيينا من ١٦ إلى ٢٠ آب/أغسطس ٢٠١٠.^(٣) وتولى نورمان غينتير (كندا) وفولفغانغ فايس (ألمانيا) ومحمد أ. جمعة (مصر) مناصب الرئيس ونائب الرئيس والمقرر، على التوالي. وكان لا بد من إرجاء الدورة مرتين، مرة لأسباب شخصية غير منتظرة تخص أمين اللجنة وفيما بعد بسبب تعطل الرحلات الجوية في مختلف أنحاء العالم عقب الانبعاثات البركانية في آيسلندا في نيسان/أبريل ٢٠١٠. وأقرت اللجنة وأيدت الخطابين المرسلين من رئيس اللجنة إلى رئيس الجمعية العامة لإحاطته علما بأسباب التأجيلين.^(٤)

٤- وفيما يتعلق بالتقرير ذي المرفقات العلمية الذي أُقرّ في عام ٢٠٠٦،^(٥) أعربت اللجنة عن خيبة أملها لأن المجلد الثاني، الذي يحتوي على المرفقات العلمية التي عنوانها "الآثار غير الموجهة والمتأخرة للتعرض للإشعاع المؤين" و"آثار الإشعاع المؤين على جهاز المناعة" و"تقدير الآثار بالنسبة إلى المصادر التي يتركها الرادون في المنازل وأماكن العمل"، لم ينشر حتى تموز/يوليه ٢٠٠٩. وعلاوة على ذلك، وفيما يتعلق بالتقرير ذي المرفقات العلمية الذي أقرته اللجنة في عام ٢٠٠٨،^(٦) أعربت اللجنة عن خيبة أملها أيضا لأن المجلد الأول ذا المرفقين العلميين المعنونين "حالات التعرض للإشعاعات الطبية" و"حالات تعرض الناس والعاملين لمختلف مصادر الإشعاع"، لم ينشر حتى تموز/يوليه ٢٠١٠، ولأن المجلد الثاني ذا المرفقات العلمية المعنونة "حالات التعرض الناجمة عن حوادث إشعاعية" و"الآثار المترتبة على الصحة جراء الإشعاع من حادثة تشيرنوبيل" و"حالات التعرض الناجمة عن حوادث إشعاعية" و"آثار

(3) حضر الدورة السابعة والخمسين للجنة أيضا مراقبون عن إسبانيا، وأوكرانيا، وباكستان، وبيلاروس، وجمهورية كوريا، وفنلندا، وفقا لأحكام الفقرة ١٤ من قرار الجمعية العامة ٨٥/٦٤، ومراقبون عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة الصحة العالمية، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، والمفوضية الأوروبية، واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات، واللجنة الدولية للوحدات والمقاييس الإشعاعية.

(4) الوثيقتان A/64/223 و A/64/796.

(5) انظر الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الحادية والستون، الملحق ٤٦ (A/61/46).

(6) انظر الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الثالثة والستون، الملحق ٤٦ (A/63/46).

الإشعاع المؤيّن على الكائنات الحيّة غير البشر"، لم ينشر بعد. وتعتبر اللجنة تأخّر النشر أمرا لا يمكن التغاضي عنه، لأن الدول الأعضاء والمنظمات المعنية^(٧) تعتمد على المعلومات الواردة في هذه التقارير، التي ساهم فيها أعضاء اللجنة بخبرات قيّمة، ولأن الأساس التقني لهذه التقارير سيكون قد تقادم عندما تنشر. وشدّدت اللجنة على أن من الضروري بصفة خاصة أن تنشر الأمانة المواد الجديدة بخصوص حادثة تشيرنوبيل بوقت كاف قبل الذكرى السنوية الخامسة والعشرين للحادثة.

٥- وأفادت الأمانة بأن التأخيرات تعزى في جانب منها إلى نقص الموظفين والافتقار إلى تمويل كاف مضمون يمكن التنبؤ به وإلى إجراءات النشر داخل الأمم المتحدة. وتقرّح اللجنة أن تطلب الجمعية العامة من أمانة الأمم المتحدة ترشيد الإجراءات لنشر تقارير اللجنة بمثابة منشورات معدّة للبيع، إقرارا بأن توقيت النشر، مع الحفاظ على النوعية، عنصر حاسم من أجل تلبية المنجزات المرتقبة المقررة في ميزانية البرنامج.

٦- ولاحظت اللجنة أن الجمعية العامة قد ناشدت الأمين العام في قرارها ٨٩/٦٣ أن ينظر، لدى وضعه الميزانية البرنامجية المقترحة لفترة السنتين ٢٠١٠-٢٠١١، في جميع الخيارات، بما في ذلك إمكانية إعادة تخصيص الموارد داخليا، لتزويد اللجنة العلمية بالموارد المذكورة في الفقرات ٤٨ إلى ٥٠ من تقريره الذي يعالج الآثار المالية والإدارية التي تترتب على زيادة عدد أعضاء اللجنة، وملاك موظفي الأمانة الفنية، والوسائل الكفيلة بتوفير تمويل كاف مضمون يمكن التنبؤ به.^(٨) ولاحظت اللجنة بعين الرضا إدراج وظيفة إضافية من الفئة الفنية، في مستوى ف-٤، في ميزانية البرنامج لفترة السنتين ٢٠١٠-٢٠١١. وهذا يتماشى مع التوصيات الواردة في تقرير الأمين العام، ومن شأنه في نهاية المطاف أن يعالج قلق اللجنة من أن الاعتماد على وظيفة واحدة من الفئة الفنية في أمانتها قد حدّ كثيرا من قدرتها وحال دون كفاءة تنفيذ برنامج عملها المعتمد.

٧- ووضعت اللجنة ووافقت على أن تقدّم إلى الجمعية العامة تقريرا علميا يلخّص آثار الإشعاع المنخفض الجرعات على الصحة، يشمل خلاصة لاستنتاجات اللجنة المفصّلة بشأن

(7) مثال ذلك أن المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية اعتمد في الدورة العادية الثالثة والخمسين القرار GC(53)/RES/10 المعنون "تدابير تقوية التعاون الدولي في مجال الأمان النووي والأمان الإشعاعي وأمان النقل والتصرّف في النفايات" الذي حدّد فيه أمانة الوكالة، لدى وضع معايير الأمان، على أن تواصل أخذها في الاعتبار المعلومات العلمية التي توفرها لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري.

(8) الوثيقة A/63/478 و Corr.1.

آليات تأثيرات الإشعاع بجرعات منخفضة (الفصل الثالث أدناه). وترى اللجنة أن من الجدير أن تنشر هذه الخلاصة على نطاق واسع بجميع اللغات الرسمية في الأمم المتحدة.

٨- واستعرضت اللجنة وثائق موضوعية تتناول إمكانية عزو الآثار الصحية إلى التعرض للإشعاع، ومسألة عدم اليقين في تقدير مخاطر الإشعاع. وفيما يتعلق بإمكانية عزو الآثار الصحية إلى جرعات منخفضة، قرّرت اللجنة أن ثمة حاجة إلى النظر على أساس علمي في إمكانية عزو عامل الخطر والآثار في مستوى الجرعات المرتفعة والمنخفضة على السواء، وأن من الضروري توضيح إمكانية العزو لكل من المجموعات والأفراد على السواء. وسوف تتناول اللجنة وثيقة نهائية بشأن هذا الموضوع في دورتها الثامنة والخمسين.

٩- واستعرضت اللجنة أيضا وثائق تمهيدية بشأن تقييم مستويات الإشعاع الناجم عن توليد القدرة الكهربائية، والمنهجية التي تتبعها لتقدير مستويات التعرض الناجمة عن تصريف الشحنات. وأقرّت اللجنة بأن تقديراتها لمستويات التعرض للإشعاع الناجم عن توليد الكهرباء، وإن كانت معاصرة ومفصلة فيما يتعلق بدورة الوقود النووي، فإنها متقدمة فيما يتعلق بالمستويات المرتفعة من المواد الطبيعية المشعة المرتبطة باستعمال أنواع الوقود الأحفوري؛ وعلاوة على ذلك، لم تقيم هذه المستويات مطلقا بأسلوب قابل للمقارنة فيما يتعلق بمصادر الطاقة المتجددة. ولا بدّ من تحديث المنهجية من أجل إجراء التقييم على نحو منصف، وقد استهلّت اللجنة استعراض الدراسات وجمع البيانات لهذا الغرض.

١٠- وأقرّت اللجنة استراتيجية وضعت لتحسين جمع البيانات وتحليلها ونشرها. وتقوم هذه الاستراتيجية على أساس وضع حلول إلكترونية وهي تستهدف بلدانا محدّدة وتستوجب التعاون الوثيق مع شبكات أخرى، خصوصا شبكات الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية. وتقدّم اللجنة على الجمعية العامة (أ) أن تشجّع الدول الأعضاء ومؤسسات منظومة الأمم المتحدة والمنظمات الأخرى المعنية على توفير المزيد من البيانات ذات الصلة بالجرعات والآثار وعوامل الخطر الناجمة عن مختلف مصادر الإشعاع، الأمر الذي من شأنه أن يساعد اللجنة العلمية إلى حد كبير في إعداد تقاريرها المقبلة إلى الجمعية العامة؛ (ب) وأن تشجّع الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية والمنظمات الأخرى ذات الصلة على التعاون مع أمانة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري لإقامة وتنسيق الترتيبات من أجل جمع وتبادل البيانات دوريا بشأن حالات تعرض عامة الناس والعاملين للإشعاع، وعلى وجه الخصوص المرضى قيد العلاج الطبي.

١١- واستعرضت اللجنة أيضا الخطط المعدّة لأعمال البحث في حالات التعرض للإشعاع الطبي، والآثار البيولوجية لأجهزة بثّ داخلية مختارة، وحالات التعرض لمستويات مرتفعة من

مصادر الإشعاع الطبيعي من جراء الأنشطة البشرية، ووضع قاعدة معارف عن مستويات الإشعاع وآثارها، وعن تحسين أساليب إعلام الجمهور. وقرّرت اللجنة أن العمل على أجهزة بثّ داخلية مختارة ينبغي أن يركّز على مادّي التريتيوم واليورانيوم؛ وأنه ينبغي تغيير محور التركيز لكي ينصبّ على تقييم حالات التعرّض لمستويات مرتفعة من مصادر الإشعاع الطبيعي، وذلك بغية تجنّب التدّاخل مع أعمال أخرى؛ وأن وضع قاعدة المعارف عن مستويات الإشعاع وآثارها ينبغي أن يأتي عقب النهوض بمستوى جمع البيانات عن مستويات التعرّض.

١٢- وبالإضافة إلى استعراض التقدّم المحرز في برنامج العمل الراهن، نظرت اللجنة في مقترحات من أجل برنامج عملها المقبل. وقرّرت إجراء بعض التّحريّات التحضيرية بشأن جدارة وملاءمة إعداد تقييمات موضوعية عن آثار ومخاطر الإشعاع بالنسبة للأطفال تحديداً، وعن وبائيات تعرّض عامة الناس لمصادر الإشعاع البيئية الطبيعية والاصطناعية بجرعات منخفضة وبمعدّلات جرعات منخفضة.

١٣- وتذكر اللجنة أنه سيكون من المفيد، من أجل تسريع النهوض بالمهام المدرجة في برنامج عملها، تقديم تبرعات إلى الصندوق الاستئماني العام الذي أنشأه المدير التنفيذي لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة لتلقي وإدارة التبرعات المقدّمة لدعم أعمال اللجنة. وتقرّح اللجنة أن تشجّع الجمعية العامة الدول الأعضاء على النظر في تقديم تبرعات إلى الصندوق الاستئماني العام لهذه الأغراض.

١٤- وناقشت اللجنة بالتفصيل التذكير الوارد في الفقرة ١٣ من القرار ٨٥/٦٤ والداعي إلى مواصلة النظر في أفضل السبل التي يمكن بها دعم أعمالها الأساسية في ظلّ عضويتها الحالية وفي ظل ما يمكن إدخاله على عضويتها من تغيير، بطرائق من بينها القيام بمشاركة البلدان المراقبة، بوضع معايير ومؤشرات مفصّلة وموضوعية وشفافة تطبق بشكل منصف على أعضائها الحاليين وأعضائها في المستقبل على حدّ سواء، وتقديم تقرير عن استنتاجاتها.

واستنتاجات اللجنة في هذا الصدد واردة في الإضافة ١ إلى هذا التقرير.

١٥- وقرّرت اللجنة عقد دورتها الثامنة والخمسين في فيينا في الفترة من ٢٣ إلى ٢٧ أيار/مايو ٢٠١١. وانتُخب أعضاء مكتب جدد لتوجيه أعمال اللجنة في دورتها الثامنة والخمسين والتاسعة والخمسين، وهم: فولفغانغ فايس (ألمانيا)، الرئيس؛ وكارل-ماغنس لارسون (أستراليا)، نائب الرئيس؛ ومحمد أ. جمعة (مصر)، المقرّر.

الفصل الثالث

التقرير العلمي: ملخص آثار الإشعاع المنخفض الجرعات على الصحة

١٦- تولي اللجنة، في أعمالها العلمية، اهتماما خاصا لاستعراض المعلومات عن الآثار الصحية للتعرض للإشعاع المؤيّن. ومن الأهداف الرئيسية في هذا الصدد توفير تقديرات تقوم على أساس الأدلة عن المخاطر التي تتهدّد صحة البشر من جرّاء التعرّض لجرعات منخفضة ومعدّلات الجرعات المنخفضة من الإشعاع التي قد يتلقّاها، في أرجاء العالم، عامة الناس والعاملون والمرضى الذين يخضعون لعلاجات طبية. ولهذه الأغراض، تعرّف اللجنة الجرعات المنخفضة بأنها تلك الجرعات التي تبلغ ٢٠٠ ملليغراي (mGy) أو أقلّ، ومعدّلات الجرعات المنخفضة بأنها ٠,١ ملليغراي في الدقيقة (محسوبة وسطيا على امتداد ساعة واحدة أو أقل) بالنسبة إلى إشعاعات خارجية مثل الأشعة السينية وأشعة غاما؛^(٩) بيد أن اللجنة تشير إلى أن ثمة قيما مختلفة تستخدم لتعريف الجرعة المنخفضة ومعدّل الجرعة المنخفضة لأغراض أخرى. وهذا التقرير يجسد ويلخص، بعبارات بسيطة، الفهم المفصّل لدى اللجنة لهذه المجالات الرئيسية حتى عام ٢٠٠٦ كما هي واردة في تقاريرها إلى الجمعية العامة.^{(١٠)،(١١)،(١٢)}

١٧- وتوصّلت اللجنة إلى وضع تقديرات لخطر الإشعاع فيما يتعلق بالسرطان والآثار الوراثية. وهنالك، منذ عهد قريب، مزيد من الأدلة عن تسبّب التعرّض للإشعاع المنخفض الجرعة في تزايد معدّل حدوث مرض السّاد في العين. وهنالك أيضا ما أثار بعض القلق إزاء استنتاجات تشير إلى ارتفاع في معدّل حدوث أمراض الدورة الدموية بين المجموعات المعرّضة لجرعات عالية من الإشعاع. وهذه الأمراض غير السرطان تنشأ بصورة طبيعية ويمكن أن

(٩) عندما يتخلّل الإشعاع المؤيّن المادة، بما في ذلك الأنسجة الحيّة، يودع طاقة تحدث في نهاية المطاف عمليات تأيّن وإثارة فيها. وكمّ الطاقة المودعة المقسوم على كتلة الأنسجة المعرّضة معروف اصطلاحا باسم الجرعة الممتصّة وعادة ما يقاس بوحدات تعرف باسم المليغراي (mGy).

(١٠) آثار الإشعاع المؤيّن: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرّي - تقرير عام ٢٠٠٦ إلى الجمعية العامة، مع الملحقين العلميين ألف وباء، المجلد الأول (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.08.IX.6 والتصويب).

(١١) آثار الإشعاع المؤيّن: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرّي - تقرير عام ٢٠٠٦ إلى الجمعية العامة، مع الملحقين العلميين جيم ودال وهاء، المجلد الثاني (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.09.IX.5).

(١٢) الآثار الوراثية للإشعاع: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرّي - تقرير عام ٢٠٠١ إلى الجمعية العامة، مع الملحق العلمي (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.01.IX.2).

تكون شائعة نسبياً لدى عموم السكان. وقد ووجهت مصاعب عديدة في عزو حالات معينة من الأمراض إلى التعرّض للإشعاع المنخفض الجرعة، ومنها:

(أ) نقص مدى التحديد في فئة أو خصائص المرض الذي يسفر عنه التعرّض للإشعاع؛

(ب) طول الفترة الزمنية (سنوات أو عقود) بين وقت التعرّض وظهور المرض؛

(ج) ارتفاع معدل حدوث المرض التلقائي المرتبط بالإشعاع بين عموم السكان المسنين.

واستجابة لطلب محدّد من الجمعية العامة،^(١٣) تقوم اللجنة بإعداد تقرير شامل يتناول إمكانية عزو الآثار الصحية للتعرّض للإشعاع المنخفض الجرعة على أساس علمي.

١٨- وتنقسم المعلومات المتاحة للجنة إلى فئتين عامتين:

(أ) نتائج دراسات الإصابة المفرطة بالأمراض لدى المجموعات المعرّضة للأشعة عموماً بجرعات معتدلة أو مرتفعة (أي النتائج المستخلصة من الدراسات الوبائية)؛

(ب) نتائج الدراسات باستخدام النماذج التجريبية للمرض (أي باستخدام الحيوانات والخلايا المزروعة، المشفوعة غالباً بدراسات عن آثار الإشعاع في المستويات دون الخلوية والبيوكيميائية والجزيئية) التي توفر المعلومات عن الآلية التي ينشأ من خلالها الأثر البيولوجي أو المرض.

١٩- وبما أن الأمراض موضوع الاهتمام قد تكون شائعة نسبياً وقد يتأثر معدل حدوثها بعوامل غير التعرّض للإشعاع، فإن عمليات الرصد الوبائية غالباً ما لا تكون قادرة على الكشف عن دليل واضح على زيادة في معدل الحدوث مرتبطة بالتعرّض للإشعاع بجرعات منخفضة. ولهذا السبب، سعت اللجنة إلى الاستفادة تماماً من التقدم المحرز حديثاً في المعارف التي تمخّضت عنها الدراسات التجريبية وفي فهم الأساس الآلي للمرض الذي يصيب الإنسان. ولدى وضع تقديرات المخاطر الصحية، تأخذ اللجنة في الاعتبار المجموعات وليس الأفراد. وتوحي الأدلة المتزايدة بأن العوامل الوراثية وغيرها يمكن أن تؤثر على احتمال حدوث المرض؛ وربما يزداد فهم هذه العوامل في المستقبل.

(13) القرار ٦٢/١٠٠، الفقرة ٦.

ألف - السرطان المستحث بالإشعاع

٢٠ - السرطان تعبير عام يستخدم لوصف اضطرابات هامة في نمط نمو الخلايا البدائية في أجهزة الجسم. فهذه الخلايا البدائية تتطور اعتياديا وتنقسم بأسلوب منسق لتكوين خلايا متخصصة بكل جهاز، ولكن قد يؤدي النمو الشاذ ووقف التطور إلى كتلة من الخلايا جهاز ما، وهو ما يُسمى بالورم الصلب. وقد يؤدي مثل هذا النمو أو التطور في الخلايا البدائية في مخ العظم وفي الخلايا الليمفاوية، على التوالي، إلى سرطان الدم وسرطان الغدد الليمفاوية. وتبعاً للجهاز المصاب، قد يؤدي نمو الورم دون ضابط والمزيد من التغيرات الخلوية إلى انتشار مرض خبيث، غالبا ما يكون مميتا. وهنالك أدلة وبائية قوية تفيد بأن تعرض البشر للإشعاع عند مستويات معتدلة ومرتفعة يمكن أن يؤدي إلى تواتر مفرط للأورام الصلبة في كثير من أجهزة الجسم وحدوث سرطان الدم. وهنالك معلومات متزايدة عن الآليات الخلوية/الجزيئية التي يمكن من خلالها أن تنشأ أنواع السرطان هذه.

٢١ - وأسباب حدوث السرطان كثيرة، وغالبا ما تكون حالات السرطان شديدة لدى البشر، وهي شائعة ويُعزى إليها نحو ربع الوفيات في البلدان المتقدمة وهي تمثل عددا متزايدا من الوفيات في البلدان النامية. وكما سوف نرى فيما يلي أدناه، فإن أي زيادة في حدوث السرطان الذي يعتقد بأنه ناجم عن التعرض للإشعاع المنخفض الجرعة ضئيلة مقارنة بغيرها.

١ - الدراسات الوبائية

٢٢ - لقد اعتمدت اللجنة طوال سنوات عديدة نظام المراجعة المتجددة لجميع دراسات حدوث السرطان المرتبط بالإشعاع بين المجموعات البشرية المعرضة للإشعاع. وقد أولي اهتمام خاص لسداد تصميم الدراسة، بما في ذلك اعتبار طائفة واسعة من العوامل المربكة المحتملة والقدرة الإحصائية لأي من هذه الدراسات على الكشف عن تواتر مفرط للسرطان المرتبط بالتعرض للإشعاع. ويشمل تحليل اللجنة تقييما للقدرة الإحصائية ولاحتمال الخطأ المنهجي ولمصادر عدم اليقين الأخرى، بما فيها تلك المرتبطة بجرعات الإشعاع المتلقاة. وتنظر اللجنة أيضا في أنسب الطرائق لتقدير الخطر بين المجموعات التي تتسم بخصائص تختلف عن خصائص المجموعات قيد الدراسة (مثال ذلك طريقة تقدير الخطر بين مجموعة معرضة للإشعاع في الولايات المتحدة بناء على تقديرات مستخرجة من بيانات ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان الباقيين على قيد الحياة).

٢٣ - وتأتي المعلومات الوبائية عن معدلات حدوث السرطان المرتبط بالإشعاع من الدراسات التي تُجرى على ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان الباقيين على قيد الحياة، وعلى

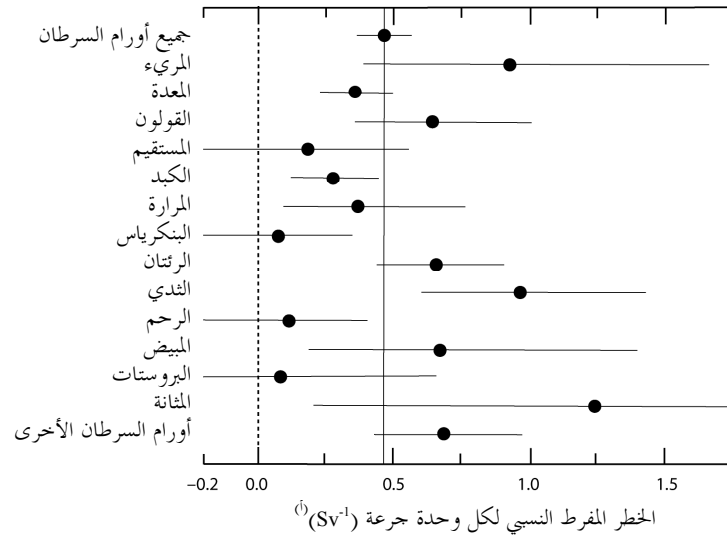
مجموعات معرّضة في بيئة عملها، وعن مرضى يجري تعريضهم للإشعاع في إطار العلاج الطبي، وعلى الناس المعرّضين لمصادر الإشعاع البيئية. وفي السنوات الأخيرة، أمكن أيضا اكتشاف فرط في معدلات حدوث سرطان الرئة بين مجموعات من الناس المعرّضين في منازلهم للغاز المشع طبيعيا ولغاز الرادون المشع وما ينحدر منه.

٢٤- ولدى استعراض كل هذه الدراسات، رأت اللجنة أن المجموعة الوحيدة من البيانات الأغنى بالمعلومات عن تعرّض كامل الجسم للإشعاع تأتي من الدراسات التي تُجرى على ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان في عام ١٩٤٥. وكان التعرّض لهذه التفجيرات في معظمه لأشعة غاما بمعدّل جرعات مرتفعة، إضافة إلى قدر ضئيل من النيوترونات. وقد استخدمت اللجنة هذه البيانات من أجل تقييم مخاطر أورام السرطان المرتبطة بالإشعاع إلى جانب مخاطر سرطان الدم وسرطان الغدد الليمفاوية. ومع أن أوجه عدم اليقين من الناحية الإحصائية ومن النواحي الأخرى تحد من نطاق تحليل كل مجموعات البيانات، فقد أمكن أيضا بحث الاتجاهات في مخاطر التعرّض للإشعاع المرتبط بنوع الجنس والعمر عند التعرّض والوقت المنقضي منذ التعرّض، وكذلك كيفية اختلاف المخاطر باختلاف المجموعات في مختلف أنحاء العالم. فهناك بعض أنواع السرطان التي لا تقترن بها أدلة على الخطر المفرط بعد التعرّض للإشعاع والبعض الآخر الذي لا يلاحظ فيه هذا الخطر المفرط إلا بعد التعرّض لجرعات مرتفعة من الإشعاع. ويبيّن الشكل الأول التفاوت في الحساسية لاستحثاث أورام السرطان التي تنشأ في ١٣ موقعا مختلفا من الجسم، وذلك اعتمادا على معدّل الوفيات بين الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان. ويبيّن الشكل بوضوح الفوارق الهامة في خطر استحثاث السرطان بالنسبة إلى مختلف أجهزة الجسم.^(١٤)

(١٤) اعتبارا من كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٠، ثمة ٤٥ في المائة من فوج من الناجين قوامه ٨٦ ٦١١ نفرا ما زالوا على قيد الحياة. ومن أصل ١٠ ١٢٧ حالة وفاة من أورام سرطانية تشمل جميع الأسباب، يُقدّر أن ٤٧٩ حالة قد ترتبط بالتعرّض للإشعاع الناجم عن تفجيرات القنبلة، وكذلك يُقدّر أن ٩٣ حالة وفاة من سرطان الدم، من أصل ٢٩٦ حالة من وفيات سرطان الدم لجميع الأسباب، قد ترتبط بالتعرّض للإشعاع.

الشكل الأول

تقديرات خطر الوفاة من أورام السرطان في أجهزة مختلفة من الجسم والمستخرجة من دراسات أجريت على الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان



المصدر: آثار الإشعاع المؤيّن: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري - تقرير عام ٢٠٠٦ إلى الجمعية العامة، مع الملحقين العلميين ألف وباء، المجلد الأول (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.08.IX.6 والتصويب)، الملحق ألف، الشكل الحادي عشر.

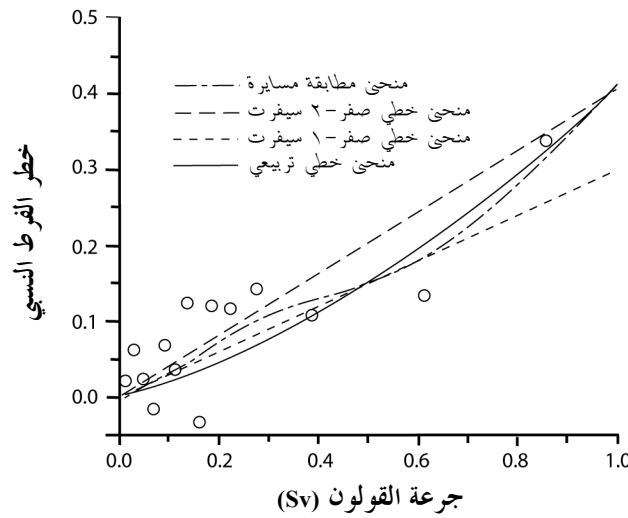
(أ) مع أن وحدة غراي (Gy) تستخدم للتعبير عن الجرعة الممتصة، فإن هناك كمية مرجحة تستخدم في تقدير الأثر البيولوجي المحتمل، وهي تراعي اختلاف الآثار البيولوجية باختلاف أنواع الإشعاع بالنسبة إلى نفس كمية الطاقة المودعة. وهنا يعبر عن الكمية المرجحة بوحدة سيفرت (Sv). وتمثل الخطوط الأفقية مجالات ثقة بمقدار ٩٠ في المائة.

٢٥- وقد استخدمت اللجنة البيانات الوبائية لتبحث في العلاقة بين جرعة الإشعاع المتلقاة وخطر استحداث السرطان، أي العلاقة بين الجرعة والاستجابة. والخطر المفرط النسبي هو قياس لحجم الزيادة في خطر حدوث السرطان في المجموعة قيد الدراسة بسبب الإشعاع عند جرعات معينة (تشير الأعداد الأكبر إلى درجة أعلى من الخطر). وتوفّر البيانات المستقاة من الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان بالنسبة إلى جميع أورام السرطان مجتمعة أوضح صورة لهذه العلاقة؛ وهذا ما يظهر في الشكل الثاني. ويمكن وصف العلاقة بين الجرعة والاستجابة، بالنسبة إلى الوفيات عند مستوى الجرعات المنخفضة المبيّنة في الشكل الثاني، بموجب دالة خطية ودالة منحنية على حدّ سواء. وتُلاحَظ الارتفاعات الكبيرة إحصائياً في

مستوى جرعات ما بين ١٠٠ و ٢٠٠ مليغراي وما فوق. ومن غير المحتمل للدراسات الوبائية بمفردها أن تتمكن من تحديد حالات ارتفاع هامة في الخطر دون هذه المستويات بكثير. وعملية استخلاص تقدير إجمالي لخطر حدوث سرطان طيلة فترة العمر من جراء التعرض للإشعاع من كل الدراسات المفيدة هي عملية معقدة. وقد استخدمت اللجنة نماذج رياضية الأساس إلى جانب البيانات القائمة على أساس معدلات السرطان بين خمس مجموعات من مناطق مختلفة من العالم لمعالجة هذه المسألة، ولكنها تدرك تماماً أوجه عدم اليقين في هذه التقديرات. والتقديرات الراهنة التي قامت بها اللجنة بالنسبة إلى مخاطر حدوث السرطان المستحث بالإشعاع واردة في الجدول ١؛ وتقديرات مخاطر حدوث السرطان هذه مماثلة لتلك التي قامت بها فيما مضى اللجنة وهيئات أخرى. وتختلف تقديرات الخطر باختلاف العمر، حيث يكون الأصغر سنًا بصفة عامة أشد تأثرًا؛ إذ تُظهر الدراسات عن حالات التعرض للإشعاع في الرحم أن الجنين حساس بصفة خاصة، حيث يُكشف عن مستوى مرتفع من الخطر عند جرعات بمقدار ١٠ مليغراي وما فوق.

الشكل الثاني

الاستجابة للجرعات بالنسبة إلى وفيات أورام السرطان بناء على دراسات عام ٢٠٠٢
للباقين على قيد الحياة إثر التفجيرات الذرية في اليابان



المصدر: آثار الإشعاع المؤين: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري - تقرير عام ٢٠٠٦ إلى الجمعية العامة، مع الملحقين العلميين ألف وباء، المجلد الأول (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.08.IX.6 والتصويب)، الملحق ألف، الشكل التاسع.

٢٦- وكانت مستويات التعرّض للإشعاع لدى الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان مغايرة كثيرا لمستويات التعرّض لدى غالبية مجموعات المعرضين للإشعاع إما أثناء ممارستهم لأعمالهم أو من مصادر بيئية. وقد تعرّض الناجون من التفجير الذري للإشعاع الخارجي، من أشعة غاما ومن النيوترونات، لجرعات مرتفعة بصفة عامة على امتداد فترات قصيرة من الزمن. وعلى النقيض من ذلك، تعرّض العديد من المجموعات الأخرى لجرعات منخفضة على امتداد فترات طويلة من الزمن؛ وكان التعرّض في بعض الأحيان من نويدات مشعّة مأخوذة داخليا. وقد استقيت معلومات ثينة عن حالات من التعرّض على مدى فترة طويلة لجرعات منخفضة من نويدات مشعّة مأخوذة داخليا، وذلك من دراسات وبائية لصحة العمال في مجمّع ماياك النووي في جنوب جبال الأورال في الاتحاد الروسي، ولصحة السكان قرب نهر تيشا، والذين كان تعرّضهم بسبب عمليات تصريف المواد المشعّة من المجمّع المذكور. وقد وفرت متابعة أولئك المعرضين نتيجة حادثة تشيرنوبيل معلومات مفيدة عن آثار التعرّض الخارجي للإشعاع بجرعات منخفضة، وعن آثار تعرّض الغدة الدرقية لليود المشعّ. وبصفة إجمالية، لا تختلف تقديرات خطر السرطان المستقاة من هذه الدراسات اختلافا كبيرا عن تلك المستقاة من الدراسات التي أجريت على الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان. وعلى النقيض من ذلك، فإن الدراسات التي أجريت على المجموعات البشرية التي تعيش في مناطق تكون فيها مستويات الإشعاع الخلفية الطبيعية مرتفعة في الصين والهند لا تشير إلى أن الإشعاع عند تلك المستويات يزيد من خطر السرطان. وما زالت هذه الدراسات ودراسات أخرى تتمخّض عن بيانات جديدة؛ ولسوف تستمر اللجنة في استعراضها.

الجدول ١

خطر الوفاة المفرط طيلة فترة العمر (في المتوسط لكلا الجنسين)^(أ)

جرعة شديدة (غراي)	مجموع أورام السرطان (نسبة مئوية عند جرعة محدّدة)	سرطان الدم (نسبة مئوية عند جرعة محدّدة)
٠,١	٠,٣٦-٠,٧٧	٠,٠٣-٠,٠٥
١,٠	٤,٣-٧,٢	٠,٠٦-١,٠

المصدر: آثار الإشعاع المؤيّن: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري - تقرير عام ٢٠٠٦ إلى الجمعية العامة، مع الملحقين العلميين ألف وباء، المجلد الأول (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.08.IX.6 والتصويب)، الملحق ألف، الفقرة ٥٩٣.

(أ) الخطر المفرط طيلة فترة العمر بمقدار ١,٠ في المائة يساوي حالة إضافية واحدة لكل ١٠٠ نسمة.

٢- الدراسات الآلية

٢٧- من شأن فهم آليات تطور السرطان بعد التعرّض للإشعاع أن يساعد على تفسير البيانات الوبائية، وخصوصا في عملية التنبؤ الداني بغية تقدير المخاطر بشأن الجرعات المنخفضة ومعدّلات الجرعة المنخفضة. ومنذ عام ٢٠٠٠، زادت اللجنة من التأكيد على استعراض التطوّرات في هذا المجال.

٢٨- وطوال سنوات عديدة، تمخضت دراسات تطور السرطان عن تراكم الأدلة التي تفيد، عموما، أن العملية تبدأ بتغيّر (تطفر) جينة واحدة أو أكثر في الحمض النووي DNA في خلية واحدة "شبيهة بالخلية الجذعية" في جهاز من أجهزة الجسم. ويعتقد أن تطوّر السرطان لاحقا وبدء الورم الخبيث يجري بأسلوب متعدّد الخطى، وتمّ ربط هذه الخطى بعملية الطفر أو تغييرات أخرى تتناول الجينات الخلوية.

٢٩- واستعرضت اللجنة استنتاجات تلك الدراسات، إلى جانب استنتاجات العديد من الدراسات التي تتناول الآثار الخلوية ودون الخلوية للتعرّض للإشعاع. والفهم الراهن هو أن الطاقة المودعة في الخلية بعد التشعيع يمكنها أن تُتلف كل المكونات دون الخلوية. والأهداف الرئيسية دون الخلوية للتغيّر الخلوي المرتبط بالإشعاع هي جزيئات الحمض النووي DNA الموجودة في الصبغيات. وهناك رموز من الحمض النووي لنحو ٢٥ ٠٠٠ جينة تنسق كل الوظائف في كل خلية، وما لم يُرمّم التلف الناجم عن الإشعاع الذي يؤثّر على جينة ما (أو مجموعة من الجينات) ترميما صحيحا، فإن الخلية قد تموت. وبديلا من ذلك، قد تظل الخلية على قيد الحياة ولكن مع طفرات في الحمض النووي تؤثّر على السلوك الخلوي. ويمكن لقدر يسير من هذه الطفرات أن يسهم في حدوث السرطان. وفي الخلايا عدد من نظم ترميم الحمض النووي التي تستطيع تصحيح العديد من أشكال تلف هذا الحمض والتي تستحث تلقائيا أو بفعل عوامل خارجية. وبصفة عامة، من شأن نظم ترميم الحمض النووي أن تستعيد السلامة الجينية للخلية. والمهم في الأمر أن أحداث التطفر الرئيسية في حدوث السرطان غالبا ما تعتمد على الجهاز الذي تكون فيه الخلية المشعّة وهي تنقسم إلى فئتين عامتين - طفرات صغيرة معيّنة في جينات منفردة وطفرات تنطوي على فقدان الحمض النووي (تشمل أحيانا أكثر من جينة واحدة).

٣٠- وقد سلّطت دراسات على درجة عالية من التطوّر، تتناول السبل التي يسبب الإشعاع فيها تلف الحمض النووي في الخلايا والنظم الخلوية التي تعمل على التعرّف على التلف وإصلاحه وعلى تطوّر الطفرات في الحمض النووي المرتبطة بالإشعاع، أضواء جديدة على الآليات الممكنة لحدوث السرطان. إذ بإمكان الإشعاع أن يتلف في آن واحد كلا

الطاقين في الحلزون المزدوج في الحمض النووي، مما يسفر غالبا عن تحطّم جزئي الحمض النووي مع ما يرتبط بذلك من تغييرات كيميائية معقّدة.

٣١- ومن الصعب ترميم هذا النوع المعقّد من تلف الحمض النووي ترميما سليما، إذ من المحتمل، حتى في حالة جرعات منخفضة من الإشعاع، أن تكون هنالك فرصة ضئيلة جدا لكنها لا تبلغ الصفر لحدوث طفرات في الحمض النووي من شأنها أن تزيد من خطر حدوث السرطان. وعليه فإن الرصيد الراهن من الأدلة المتاحة يميل إلى جانب استجابة غير عتبية للمكوّن الطفري في استحداث السرطان المرتبط بالإشعاع بسبب جرعات منخفضة ومعدّلات جرعات منخفضة. وتوحي المعلومات عن طبيعة الطفرات المرتبطة بالإشعاع بأن أحداث فقدان الحمض النووي (إزالة الجينات) تميل إلى الهيمنة على هذا المكوّن الطفري. وهنالك أيضا بعض الأدلة على أن خفض خطر السرطان بالنسبة إلى تعرّض معيّن لجرعات منخفضة ومعدّلات جرعات منخفضة مقارنة بالتعرض لجرعات مرتفعة ومعدّلات جرعات مرتفعة مرتبط، جزئيا على الأقل، بالقدرات الخلوية على معالجة تلف الحمض النووي بعد التعرّض للإشعاع. وغالبا ما يستخدم عامل تعديل يعرف باسم عامل فعالية الجرعة ومعدّل الجرعة، وذلك لكي يؤخذ في الاعتبار التخفيض المقارن في التأثير بسبب الجرعات المنخفضة ومعدّلات الجرعات المنخفضة؛ ولكن، في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦،^(١٠) استخدم نموذج خطي تريعي مباشرة من أجل الاستقراء بغية تقدير المخاطر في مستوى جرعات منخفض، ومن ثم لم يكن هنالك من عامل يمكن تطبيقه بشأن فعالية الجرعة ومعدّل الجرعة.

٣٢- كما أن استحداث وحدوث السرطان بعد التعرّض للإشعاع ليس مجرد مسألة تراكم خطوات من الطفرات في الحمض النووي في الخلايا المعنية. وقد أجريت دراسات متصلة بالافتراضات التالية: (أ) أن تكيّف الخلايا والأنسجة إزاء الإشعاع بجرعات منخفضة قد يجعلها أكثر مقاومة لحدوث السرطان (الاستجابة التكيّفية)؛ (ب) أن آثار الإشعاع على النظم المناعية، التي تتعرّف على الخلايا الشاذة وتتلّفها، قد تؤثر على احتمال حدوث السرطان؛ (ج) أن الإشعاع قد ينتج تغييرات تحدث آثارا مستديمة وانتقالية على استقرار الحمض النووي الخلوي (عدم الاستقرار الجينومي) و/أو قد يطلق عملية نقل الإشارات من الخلايا النالفة إلى جاراتها غير النالفة (آثار الجوار). وقد اقترح كل من تأثير عدم الاستقرار الجينومي وآثار الجوار على السواء كعوامل من الممكن أن تعدّل خطر حدوث السرطان المرتبط بالإشعاع. فهذه العوامل وغيرها من العوامل الملطّفة، مثل استحداث ردود الفعل الالتهابية، يمكن أن تفيد في زيادة أو نقصان خطر حدوث السرطان الناجم عن التعرّض للإشعاع.

٣٣- وقد استعرضت اللجنة هذه الدراسات وهي ترى أن هذه العمليات لا تسهم كثيرا في تفسير البيانات الوبائية.

٣٤- ويتأثر خطر حدوث السرطان بطبيعة التعرض للإشعاع. فالإشعاع من نوعيات مختلفة (مثل الأشعة السينية وأشعة بيتا وجسيمات ألفا) يختلف من حيث فعاليته في إحداث السرطان. علاوة على ذلك، قد يكون التعرض للإشعاع داخليا، من جراء ابتلاع أو استنشاق مواد مشعة، أو خارجيا، من مصدر إشعاع مثل الفحص التشخيصي بالأشعة السينية. وتشتمل المواد المشعة في الجسم عقب دخولها إليه عملية معقدة، ويحتاج الأمر إلى نماذج متطورة لتقدير الجرعات الواصلة إلى الأنسجة وأثرها على الصحة. وكانت التعرضات الداخلية مكونا رئيسيا في مجمل التعرضات للإشعاع إثر حادثة تشيرنوبيل. وقد تناولت اللجنة تحديدا عواقب هذه الحادثة.^(١٥) كما أن تقديرات الخطر لحالات التعرض الداخلي متاحة أيضا من الدراسات الوبائية للقوى العاملة في مجمع ماياك النووي في روسيا ولعدة مجموعات أخرى من الأشخاص المعرضين.

٣٥- وأخيرا، استعرضت اللجنة التطور في معرفة الشروط الموروثة التي تؤدي إلى زيادة قابلية التأثر لحدوث بعض أنواع السرطان لما يفوق معدل الحدوث الاعتيادي بين الأفراد. وتفيد بعض الأدلة الوبائية من دراسات علاج المرضى بالأشعة بأن الأفراد الذين لديهم بعض شروط الاستعداد هذه لقابلية التأثر يخضعون لمزيد من خطر حدوث السرطان إثر التعرض للإشعاع. وتعزز نتائج الدراسات التجريبية في الخلايا والحيوانات هذا الاستنتاج وتوحي بأن هذه الزيادة في الحساسية للتعرض للإشعاع بين الناس الذين لديهم استعداد لحدوث السرطان قد تكون أوسع نطاقا. ويمكن لعوامل فردية أخرى (مثل السن وحالة الهرمونات والحالة المناعية) ولعوامل بيئية (مثل التعرض للتكسينات والحمية الغذائية) أن تسهم في الحساسية الفردية للإشعاع. ولكن هذا الاستنتاج الأولي يقتصر في الوقت الراهن على الشروط الموروثة، حيث التواتر المفرط لحالات السرطان ظاهر بوضوح في بعض الأسر. وهذه الشروط نادرة بين المجموعات لدرجة أنها لا تؤثر على تقديرات اللجنة لخطر حدوث السرطان. ومع ذلك، قد تكون الدرجة الأخفض من الحساسية الممكنة بالوراثة لحدوث السرطان المرتبط بالإشعاع هي الأكثر شيوعا.

(15) انظر الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الثالثة والستون، الملحق رقم ٤٦ (A/63/46).

باء- الآثار الممكنة بالوراثة للتعرض للإشعاع

٣٦- خلافا لما هو حال الدراسات بشأن السرطان المرتبط بالإشعاع، فإن الدراسات الوبائية لم توفر أدلة واضحة على الآثار المفردة الممكنة بالوراثة للتعرض للإشعاع بين البشر. وقد أُجريت أكبر وأشمل دراسة من هذا النوع باستخدام البيانات التي تخص أطفال الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان. ولم تلاحظ أي زيادة في تواتر الآثار الممكنة بالوراثة في تلك الدراسة أو في أي من الدراسات الأخرى على البشر. ولذا فإن هذه الدراسات لا تسمح بوضع تقديرات مباشرة لأي من المخاطر الممكنة بالوراثة للتعرض للإشعاع. كما أنها لا تؤكد عدم وجود خطر حدوث آثار ممكنة بالوراثة، لأن الكشف عن فرط ضئيل في التواتر المرتبط بالتعرض للإشعاع فوق مستوى من التواتر مرتفع نسبيا في المجموعات غير المعرضة للإشعاع (الجدول ٢) مسألة صعبة. ومع ذلك فإن نتائج هذه الدراسات مفيدة من حيث أنها تحدّد الحد الأعلى لتقدير أي مخاطر مرتبطة بذلك.

الجدول ٢

تقديرات خطر حدوث الأمراض الممكنة بالوراثة بين جيل الأبناء بسبب التعرض المنخفض الجرعة لدى جيل الآباء

صنف المرض	تواتر خط الأساس (لكل مليون نسمة)	الخطر لدى الجيل الأول لكل وحدة جرعة منخفضة من النقل الخطي للطاقة ^(أ) (لكل مليون نسمة معرضة لمقدار ١ غراي)
السائد		
(بما فيها الأمراض المتصلة بالأشعة السينية)	١٦ ٥٠٠	١ ٥٠٠-٧٥٠٠
الصبغيات	٤ ٠٠٠	(ب)
الأمراض المزمنة متعددة العوامل	٦٥٠ ٠٠٠	١ ٢٠٠-٢٥٠٠
التشوهات الخلقية	٦٠ ٠٠٠	٢ ٠٠٠~

المصدر: الآثار الوراثية للإشعاع: لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري - تقرير عام ٢٠٠١ إلى الجمعية العامة، مع الملحق العلمي (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.01.IX.2)، الملحق، الجدول ٤٦.

(أ) أنواع الإشعاع ذات النقل الخطي للطاقة المنخفض، بما فيها الأشعة السينية وأشعة غاما وجسيمات بيتا.

(ب) يفترض أنها مشمولة جزئيا في خطر الأمراض الصبغية الجسدية السائدة والأمراض المتصلة بالأشعة السينية وجزئيا في خطر التشوهات الخلقية.

٣٧- وبينما تنشأ آثار التشعيع المتصلة بالسرطان في أجهزة الأشخاص المعرضين مباشرة، فإن الآثار المنقولة بالوراثة تنشأ من تلف في الخلايا الجرثومية في الحمض النووي (الحيوانات المنوية والبيوض) في الأجهزة التناسلية (الخصية لدى الذكور والمبيض لدى الإناث) بين الأشخاص المعرضين للإشعاع. فإذا أسفر هذا التلف عن تحولات في الخلايا الجرثومية، عندئذ تنتقل هذه الخلايا إلى أبناء الشخص المعرض للإشعاع ومن ثم إلى ذريته. وسوف يسفر نصيب من هذه الطفرات مباشرة عن أمراض موروثية بصورة سائدة. وتعمل طفرات أخرى بصورة غير مباشرة بالتفاعل مع جينات أخرى وأسلوب الحياة أو مع عوامل بيئية تؤدي إلى أمراض مزمنة متعددة العوامل. وكلا الصنفين من الأمراض ينشأ طبيعياً على أي حال، ويسهم في عيوب الولادة (التشوهات الخلقية) عند الأطفال. ولا تشير الدراسات عن حدوث التشوهات الخلقية التي تصيب عدداً كبيراً من المواليد في المناطق التي يرتفع فيها معدل الإشعاع في البيئة الطبيعية في الهند والصين إلى أي زيادة في تواتر التشوهات.

٣٨- وتأتي أوضح البراهين على الآثار الممكنة بالوراثة للتعرض للإشعاع من الدراسات التجريبية المكثفة التي تجرى على الحيوانات بجرعات مرتفعة، لا سيما فئران المختبر. وقد استعرضت اللجنة وحللت بيانات الطفرات التي أفرزتها هذه الدراسات، وخصوصاً في ضوء المعلومات الجديدة عن أنواع طفرات الخلايا الجرثومية في الحمض النووي (فقدان الحمض النووي إجمالاً) وكيف ترتبط بالآثار الممكنة وراثياً في الذرية. واعتمدت اللجنة ما يسمى جرعة مضاعفة الطفر كقياس للآثار الممكنة وراثياً من جراء التعرض للإشعاع. وجرعة الإشعاع المضاعفة هي الجرعة التي تنتج عدداً من الطفرات الجديدة في جيل واحد تساوي تلك التي تنشأ تلقائياً. وحتى عهد قريب، تم تقدير جرعة المضاعفة المستخرجة من الدراسات على الفئران لوحدها على أنها ١ غراي، واستخدمت هذه الجرعة لتقدير الآثار الوراثية بين المجموعات البشرية التي تتلقى جرعات منخفضة من التعرض على مدى أجيال عديدة.

٣٩- وفي عام ٢٠٠١، راجعت اللجنة طرائق عملها بحيث:

- (أ) تشمل تقديرات جديدة لمعدل الطفر التلقائي بين البشر؛
- (ب) تراعي الآثار المميتة لبعض الطفرات في تطوّر الجنين وغيرها من الطفرات التي سوف تختفي من المجموعة لأنها تحول دون احتمال الإنجاب البشري أو تحدّ منه كثيراً؛
- (ج) تستخدم علاقة منقّحة بين ما يدخل من طفرات جديدة في المجموعة ومعدل حدوث المرض المنقول وراثياً.

٤٠- وفي ضوء المراجعات المشار إليها أعلاه، تمكنت اللجنة لا من مجرد تقديم تقدير جديد لخطر الأمراض الموروثة بصورة سائدة والتي تصيب جينة واحدة، بل توفر أيضا ولأول مرة تقديرا لخطر حدوث الأمراض المتعددة العوامل. وهذه التقديرات مدرجة في الجدول ٢ وهي تقوم على أساس هيكل أرسخ علميا من الهيكل الذي كان متاحا قبل عام ٢٠٠١. ومن شأن خطوات التقدم السريعة في تكنولوجيا تسلسل الحمض النووي وفهم التباير الوراثي البشري أن توفر معلومات أكثر مباشرة عن الخطر الممكن وراثيا في المستقبل.

جيم- الأمراض المرتبطة بالإشعاع غير السرطان

٤١- من شأن تعرّض الجنين للإشعاع أثناء الحمل أن يسهم أيضا في ظهور أمراض غير السرطان بين الأطفال. وبالإضافة إلى استحثاث التشوهات الخلقية، يتأثر الجهاز العصبي المركزي بصفة خاصة. وثمة عاملان رئيسيان يؤثران على احتمال الخطر: جرعة الإشعاع والمرحلة المحددة من تطور الجنين وقت التعرّض. وترى اللجنة، بالاعتماد أساسا على الدراسات التي أجريت على الحيوانات وبعض عمليات الرصد إثر تعرّض بعض الحوامل لجرعات مرتفعة من الإشعاع، أن هنالك عتبة لهذه الآثار في حدود ١٠٠ مليغراي.

٤٢- وقد تراكمت الأدلة التي مفادها أن خطر الأمراض الشائعة إلى جانب خطر السرطان يمكن أن تزداد إثر التعرّض للإشعاع، على الأقل بالتعرّض لجرعات تتراوح ما بين معتدلة ومرتفعة. والمصدر الرئيسي لهذه الأدلة هو الدراسات الوبائية للبيانات التي تخص الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية في اليابان، وخصوصا بشأن أمراض الدورة الدموية. وقد استعرضت اللجنة، في تقريرها لعام ٢٠٠٦،^(١٠) الأدلة المستقاة من الدراسات عن الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية ومن طائفة من الاستقصاءات شملت مجموعات أخرى من المعرّضين للإشعاع، على السواء. ومن الصعوبات التي صودفت لدى الاضطلاع بهذا التحليل: ارتفاع حدوث هذه الأمراض في الخلفية بين المجموعات غير المعرّضة للإشعاع؛ ومسألة المراعاة الكافية لعوامل أخرى غير التعرّض للإشعاع (من قبيل التدخين ومستويات الكولسترول والاستعداد الوراثي)؛ ونقص الآليات الخلوية المحددة التي أدت إلى تطورها. وتأتي الأدلة الواضحة الوحيدة عن الخطر المفرط للتعرّض لأمراض القلب والأوعية الدموية المميّنة المرتبط بالتعرّض للإشعاع، بجرعات تصيب القلب وتتراوح بين ما هو دون ١ و ٢ غراي، من البيانات التي تخصّ الناجين من ضحايا التفجيرات الذرية. وتوفر الدراسات الأخرى التي استعرضتها اللجنة أدلة عن الخطر المفرط للإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية بجرعات أعلى من ذلك. وبالنسبة لكل الأمراض الأخرى غير السرطان مجتمعة،

ينطبق نفس الاستنتاج العام الذي تم التوصل إليه بشأن أمراض القلب والأوعية الدموية. ولم تتمكن اللجنة في استعراضها من استخلاص أي استنتاجات بشأن وجود علاقة سببية مباشرة بين التعرض للأشعة بجرعات تتراوح بين ما هو دون ١ و ٢ غراي والتواتر المفرط لأمراض القلب والأوعية الدموية وغيرها من الأمراض غير السرطان. وليس من الواضح بعد شكل العلاقة بين الجرعة والاستجابة بجرعات منخفضة بالنسبة إلى هذه الأمراض.

٤٣- وثمة أدلة تبرز من الدراسات الوبائية الحديثة العهد وتشير إلى مخاطر مرتفعة لحدوث أمراض غير السرطان بجرعات تتراوح بين ما هو أقل من ١ غراي و ٢ غراي، وفي بعض الحالات أدنى من ذلك بكثير. ولكن الآليات المرتبطة بها مازالت غير واضحة وما زال تقدير المخاطر بجرعات منخفضة مستعصيا. وهذا مجال بحوث جارية، وستواصل اللجنة استعراض ما يستجد من تطورات في هذا الشأن.

٤٤- وفي عام ٢٠٠٦ قدّمت اللجنة أيضا تقييما لآثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة.^(١١) ومن حيث المبدأ، وإذا كان من شأن الإشعاع أن يعزّز أو ينال من قدرة الجسم على توفير استجابة مناعية للإصابة بالسرطان أو بمرض آخر، فقد يتأثر مدى خطر حدوث أي مرض بسبب التعرض للإشعاع. ورغم النظر في العديد من الدراسات، ما زال من المستحيل الحكم بشكل قاطع بشأن ما إذا كانت آثار الإشعاع على الجهاز المناعي بجرعات منخفضة يستحث الاستجابات المناعية أم يثبطها.

٤٥- وأخيرا، تشير اللجنة إلى أن الدراسات الحديثة العهد توحى أيضا بأن زيادة معدل حدوث مرض الساد في العين قد يرتبط بالتعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع. وكان حدوث هذه التشوهات في عدسة العين يعتبر لعدد من السنين ناتجا عن التعرض لجرعات مرتفعة. وكما هو الحال بالنسبة إلى أمراض القلب والأوعية الدموية، ستواصل اللجنة رصد واستعراض أي استنتاجات جديدة في هذا المجال. وعلاوة على ذلك، ستواصل اللجنة استعراض الآليات ذات الصلة المحتملة لتفسير الأمراض المستحثة بالإشعاع، مثل عدم الاستقرار الجينومي وآثار الجوار، إلى جانب المفاهيم والتكنولوجيات الناشئة التي قد تسهم في فهم أكثر استكمالا للآثار الصحية الناجمة عن التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع والآليات التي تفسر هذه الآثار.