



الأمم المتحدة

لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري

تقرير الدورة الرابعة والخمسين
(٢٩ أيار/مايو - ٢ حزيران/يونيه ٢٠٠٦)

الجمعية العامة

الوثائق الرسمية

الدورة الحادية الستون

الملحق رقم ٤٦ (A/61/46)

الجمعية العامة
الوثائق الرسمية
الدورة الحادية والستون
الملحق رقم ٤٦ (A/61/46)

لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري

تقرير الدورة الرابعة والخمسين
(٢٩ أيار/مايو - ٢ حزيران/يونيه ٢٠٠٦)



الأمم المتحدة • نيويورك، ٢٠٠٦

ملاحظة

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

ISSN 1020-2552

المحتويات

الصفحة	الفقرات	
١	٨-١	أولاً- مداورات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها الرابعة والخمسين
٤	٤٨-٩	ثانياً- التقرير العلمي
٥	٢٢-١٣	ألف- الدراسات الوبائية للإشعاع والسرطان
١٠	٢٨-٢٣	باء- التقييم الوبائي للأمراض القلبية الوعائية وسائر الأمراض غير السرطانية عقب التعرض للإشعاع
١٢	٣٣-٢٩	جيم- الآثار غير الموجهة والمتأخرة للتعرض للإشعاع المؤيّن
١٤	٣٩-٣٤	دال- آثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة
١٦	٤٨-٤٠	هاء- تقدير الآثار نسبة للمصادر التي يتركها الرادون في المنازل وأماكن العمل

التذييلان

٢١	قائمة بأعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة من الخمسين إلى الرابعة والخمسين....
٢٣	الثاني- قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع اللجنة في إعداد تقرير عام ٢٠٠٦

أولاً - مداوات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها الرابعة والخمسين

١ - منذ أن أنشأت الجمعية العامة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري بموجب قرارها ٩١٣ (د-١٠) المؤرخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٥٥، كانت ولاية اللجنة ولا تزال هي أن تضطلع باستعراضات واسعة النطاق لمصادر الإشعاع المؤين وآثاره على صحة البشر وعلى البيئة. ويحدث التعرّض للإشعاع من مصادر مثل اختبار الأسلحة النووية؛ والإشعاعات الخلفية الطبيعية؛ وتوليد الكهرباء باستخدام القدرة النووية؛ وحوادث مثل ذلك الذي وقع في تشيرنوبيل عام ١٩٨٦؛ والمهن التي تؤدي إلى كثرة التعرّض لمصادر من صنع الإنسان أو طبيعية الحدوث؛ وإجراءات الفحص والتشخيص والعلاج الطبية. وتستعرض اللجنة^(١) وتقيّم بدقة تامة التعرّض لمصادر الإشعاع تلك والجرعات التي تنتج عنها على الصعيدين العالمي والإقليمي. وهي تقيّم الأدلة على وجود آثار صحية ناجمة عن الإشعاع من الدراسات التي تجرى على صحة الناجين من القصف الذري في اليابان وغيرهم من المجموعات المعرّضة. كما تستعرض اللجنة أوجه التقدّم الجارية في فهم الآليات التي يمكن أن تحدث بواسطتها الآثار الصحية الناجمة عن الإشعاع. وتوفّر عمليات التقييم تلك الأساس العلمي الذي تستخدمه اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات، ضمن جملة أمور، لوضع توصياتها بشأن الحماية من الإشعاع، وكذلك الهيئات ذات الصلة في منظومة الأمم المتحدة لصوغ معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة ولأمان مصادر الإشعاعات.

٢ - وقد عقدت اللجنة دورتها الرابعة والخمسين^(٢) في فيينا، من ٢٩ أيار/مايو إلى ٢ حزيران/يونيه ٢٠٠٦. وتولى بيتر بورنز (أستراليا) ونورمان غينتير (كندا) وكريستيان شتريفر (ألمانيا) مناصب الرئيس ونائب الرئيس والمقرر، على التوالي. واستعرضت اللجنة صيغاً متقدّمة من وثائق سبق النظر فيها في دورة اللجنة الثالثة والخمسين (٢٦-٣٠ أيلول/سبتمبر ٢٠٠٥)، حسبما أُبلغت به الجمعية العامة في تقرير اللجنة عن تلك الدورة.^(٣) وكانت اللجنة تعترّم في الأصل أن تنشر تلك الوثائق في عام ٢٠٠٥، ولكن المصادر المحدودة المتوافرة قد أدّت إلى تأخير وضعها. غير أنه قد تمت الموافقة على أن تنشر خمسة مرفقات في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦. كما تفحصت اللجنة مشاريع وثائق أخرى لم تُصدر بعد، وهي الوثائق المتعلقة بتعرّض الجمهور والعاملين لمختلف مصادر الإشعاع؛ وحالات التعرّض الناجمة عن حوادث إشعاعية؛ وحالات التعرّض الناجمة عن الاستخدامات الطبية للإشعاع؛ وآثار الإشعاع المؤين على الكائنات الحيّة خلاف البشر.

٣- ولاحظت اللجنة أن الجمعية العامة أعادت، في قرارها ٩٨/٦٠ المؤرخ ٨ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٥، ضمن جملة أمور، تأكيد قرارها بأن تواصل اللجنة الاضطلاع بالمهام المسندة إليها حالياً وبدورها المستقل؛ وأيدت نوايا اللجنة وخططها المتعلقة بأنشطة الاستعراض والتقييم العمليين التي ستضطلع بها في المستقبل نيابة عن الجمعية العامة؛ وشددت على ضرورة أن تعقد اللجنة دورات عادية سنوية؛ وطلبت إلى برنامج الأمم المتحدة للبيئة (اليونيب) مواصلة تقديم الدعم إلى اللجنة لتمكّن من الاضطلاع بأعمالها بفعالية ونشر النتائج التي تخلص إليها على الجمعية العامة والأوساط العلمية والجمهور؛ وحثّ اليونيب على إعادة النظر في التمويل الحالي للجنة وتعزيزه.

٤- وقد صادف يوم ١٤ آذار/مارس ٢٠٠٦ الذكرى الخمسين للدورة الأولى للجنة. وفي إطار الاحتفال بذلك الحدث، قامت حكومة اليابان ورئيس الدورة الثالثة والخمسين للجنة، ياسوهيتو ساساكي، بالترتيب لإتاحة جميع تقارير اللجنة السابقة إلكترونياً في موقعها على الويب؛ كما جرى تحديث عام لهيكل الموقع على الويب وتصميمه ومحتواه. وإضافة إلى ذلك، استضاف عمدة مدينة فيينا وحاكمها، خلال الدورة الرابعة والخمسين للجنة، حفل استقبال لكبار المدعوين والباحثين وأعضاء السلك الدبلوماسي في مقر بلدية مدينة فيينا لإحياء تلك الذكرى. وفي تلك المناسبة، تلا المدير العام لمكتب الأمم المتحدة في فيينا رسالة نيابة عن الأمين العام؛ وكان من بين المشاركين أيضاً المتكلم والضيف الخاص هانس بليكس، فضلاً عن متكلمين آخرين من الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية واليونيب. وقد سلّط المتكلمون، لا سيما هانس بليكس، الضوء على أهمية عمل اللجنة العلمي خلال السنوات الخمسين الماضية، معترفين بإنجازاتها وصيتها بالاستقلال والمصداقية العلميين. وذكّر هانس بليكس أن هناك حاجة إلى زيادة دعم اللجنة، وذلك في ضوء التطورات الهامة في علوم الإشعاع والتحديات البيئية الكبيرة. وتعهّد مدير المكتب الإقليمي لليونيب في أوروبا وممثله الإقليمي بالعمل بجدّ من أجل استكشاف خيارات لتعزيز الدعم في المستقبل. وقال إن إيجاد علاقة أوضح بين التقييمات البيئية التي تضطلع بها اللجنة وعمليات التبادل السياسي التي يقودها اليونيب ستيسّر الجهود المشتركة لتعزيز قاعدة موارد اللجنة وتوسيعها.

٥- وشاركت اللجنة في أعمال منتدى تشيرنوبيل (الذي اشتركت فيه ثماني هيئات من هيئات الأمم المتحدة وحكومات الاتحاد الروسي وأوكرانيا وبيلاروس)، وشملت مهمة المنتدى الهامة العديد من الجوانب المتعلقة بحادثة تشيرنوبيل، بما في ذلك استعراض الآثار الصحية للإشعاع. وأكدت اللجنة من جديد أن الاستنتاجات التي توصل إليها ذلك المنتدى

مؤخراً قد أكدت استنتاجات اللجنة العلمية نفسها،⁽⁴⁾ التي توصلت إليه قبل ست سنوات، بشأن العواقب الصحية والبيئية للتعرض للإشعاع بسبب حادثة تشيرنوبيل. وفيما يخص عموم السكان فقد كانت الآثار السلبية الصحية الرئيسية التي لوحظت هي الزيادة الكبيرة في معدل الإصابة بسرطان الغدة الدرقية في أوساط الأشخاص الذين تلقوا جرعات كبيرة من هرمون الغدة الدرقية عندما كانوا أطفالاً في عام ١٩٨٦. واعترفت اللجنة بأنه كثيراً ما يتعدّر على الجمهور ووسائل الإعلام تقدير أخطار الإشعاع، التي بينما تكون خطيرة على بعض الفئات المعرضة لها، لا تكون ذات أثر كبير على عامة السكان من منظور الصحة الإشعاعية بالقدر الذي يُصوّر به ذلك في كثير من الأحيان. وقد نجح ارتباك في أوساط الناس بسبب تقارير غير متبصرة عن الأعداد المفترضة من الوفيات المتعلقة بالتعرض للإشعاع نتيجة للحادثة، وخصوصاً ما صدر من تقارير قبل الذكرى العشرين للحادثة في نيسان/أبريل ٢٠٠٦ وأثناءها. وباستثناء الوفيات المبكرة في أوساط العاملين في مجال الطوارئ التي أمكن عزوها طبياً إلى متلازمة الإشعاع الحادة والنسبة الصغيرة من حالات سرطان الغدة الدرقية (التي أمكن عزوها بناء على أسس وبائية إلى التعرض للإشعاع) والتي كانت قاتلة، لم يكن من الممكن أن تُعزى أي حالة وفاة محدّدة إلى الآثار اللاحقة للتعرض للإشعاع نتيجة للحادثة. وأعربت اللجنة عن اعتزامها مواصلة إيضاح تقييم الضرر المحتمل بسبب التعرض المزمن لجرعات منخفضة في أوساط مجموعات سكانية كبيرة وكذلك ما يمكن أن يُعزى إليه من آثار صحية. كما سلّمت بأن بعض التفاصيل العالقة تستحق مزيداً من التمحيص وأن ثمة حاجة إلى مواصلة عملها الرامي إلى توفير الأساس العلمي لتحسين فهم الآثار الصحية والبيئية لحادثة تشيرنوبيل المتصلة بالإشعاع. غير أن اللجنة ستوسع الآن، بفضل مشاركتها في منتدى تشيرنوبيل، نطاق عملها بشأن تحديث تقييماتها الخاصة للعواقب الصحية والبيئية لحادثة تشيرنوبيل من أجل تمحيص المعلومات التي أصبحت متاحة مؤخراً جداً. وللقيام بذلك بفعالية، سوف تحتاج إلى زيادة مشاركة العلماء من الاتحاد الروسي وأوكرانيا وبيلاروس. ولا يمكن لهذا العمل أن يُجرى بصورة سليمة بدون توافر موارد إضافية.

٦- والحاجة إلى استعادة ميزانية تشغيلية كافية تتيح للجنة أن تضطلع بالولاية المسندة إليها من الجمعية العامة، والمُعرب عنها مؤخراً جداً في قرارات الجمعية العامة ٩٨/٦٠ و١١٤/٥٩ المؤرّخ ١٠ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٤ و٨٨/٥٨ المؤرّخ ٩ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٣ و١١٥/٥٧ المؤرّخ ١١ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٢، وفي ظل توقع زيادة حاجة اللجنة إلى الخبرة الفنية، قد بلغت الآن مرحلة حرجة. وكرّرت اللجنة قلقها من أن الاعتماد على وظيفة فنية واحدة في الأمانة قد عرّض اللجنة لضعف بالغ الخطورة، وهو

الأمر الذي أدى في الماضي إلى إعاقه تنفيذ برنامج العمل المعتمد بفعالية. ورأت اللجنة أنه ينبغي أن يعزّز التمويل لفترة السنتين ٢٠٠٨-٢٠٠٩، عملاً بالقرارات ٩٨/٦٠ و ١١٤/٥٩ و ٨٨/٥٨ و ١١٥/٥٧. وإضافة إلى ذلك لم توفر بعد أي موارد إضافية للفترة ٢٠٠٦-٢٠٠٧ لكي يتسنى تنفيذ الخطط التي أقرتها الجمعية العامة بفعالية.^(٥)

٧- وأقرت اللجنة بأهمية المعلومات المقدّمة من الدول الأعضاء والمنظمات الدولية ذات الصلة لعملها. وتدعو جميع الدول الأعضاء ووكالات الأمم المتحدة المتخصصة وسائر الهيئات العلمية الدولية والوطنية إلى مواصلة تزويدها بالمعلومات الموثوق بها ذات الصلة بما تجريه من استعراضات تعتمد في نوعيتها واكتمالها اعتماداً بالغاً على تلك المعلومات.

٨- وقررت اللجنة أن تعقد دورتها الخامسة والخمسين في فيينا من ٢١ إلى ٢٥ أيار/مايو ٢٠٠٧.

ثانياً- التقرير العلمي

٩- لخصت اللجنة الاستنتاجات الرئيسية لحمسة مرفقات علمية لكي تدرج في تقريرها لعام ٢٠٠٦، وعناوينها هي: "الدراسات الوبائية للإشعاع والسرطان" و"التقييم الوبائي للأمراض القلبية الوعائية وسائر الأمراض غير السرطانية عقب التعرّض للإشعاع" و"الآثار غير الموجهة والمتأخرة للتعرّض للإشعاع المؤيّن" و"آثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة" و"تقدير الآثار نسبة للمصادر التي يتركها الرادون في المنازل وأماكن العمل"؛ وينبغي أن ينظر في تقرير عام ٢٠٠٦ والمرفقات الملحقة به مع مراعاة السياق الذي تتيحه تقارير اللجنة الفنية السابقة.^(٦) وترى اللجنة عموماً أن البيانات المستعرضة في تقريرها لعام ٢٠٠٦ لا تقتضى تغييرات في تقديرات الأخطار الحالية للإصابة بالسرطان والآثار الوراثية للإشعاع.

١٠- وقد وضع هذا التقرير والمرفقات العلمية الملحقة به بين دورتي اللجنة الخمسين والرابعة والخمسين، بناءً على ورقات عمل أعدتها الأمانة. وتولى مناصب الرئيس ونائب الرئيس والمقرر في كل من تلك الدورات الآتية أسماؤهم:

الدورتان الخمسون والحادية والخمسون: ج. لبيسشتاين (البرازيل) و ي. ساساكي (اليابان) و ر. تشاترجي (كندا)؛

الدورة الثانية والخمسون: ي. ساساكي (اليابان) و ر. تشاترجي (كندا) و ب. بيرنز (أستراليا)؛

الدورة الثالثة والخمسون: ي. ساساكي (اليابان) و ب. بيرنز (أستراليا) و ن. غينتنر (كندا)؛

الدورة الرابعة والخمسون: ب. بيرنز (أستراليا) و ن. غينتنر (كندا)؛ و سي. شتريفر (ألمانيا).

وترد في التذييل الأول أدناه أسماء أعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة من الخمسين إلى الرابعة والخمسين. وتود اللجنة أن تعترف بالمساعدة والمشورة اللتين قدمتهما مجموعة صغيرة من الخبراء الاستشاريين (انظر التذييل الثاني أدناه) ساعدت في إعداد المواد وبما قدمه خبراء وموظفون في منظمات دولية من مساعدات عينية. وقد قاموا بالاستعراضات والتقييمات الأولية للمعلومات التقنية التي تلقتها اللجنة أو المتاح في المؤلفات والتي استندت إليها مداورات اللجنة النهائية.

١١- وحضر دورات اللجنة التي عقدت خلال الفترة قيد الاستعراض ممثلون من وكالات الأمم المتحدة المتخصصة والمؤسسات الأخرى التالية: منظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة الذرية واليونيب؛ والمنظمات الدولية التالية: اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات واللجنة الدولية للوحدات والمقاييس الإشعاعية. وتود اللجنة أن تعترف بما قدّمه المشاركون من إسهام في المناقشات.

١٢- وعملا بالممارسة المتبعة لا يتضمّن التقرير السنوي الحالي للجنة والمقدّم إلى الجمعية العامة المرفقات العلمية. وسوف يُصدر التقرير الكامل للجنة العلمية لعام ٢٠٠٦، بما في ذلك المرفقات العلمية، في منشور من منشورات الأمم المتحدة للبيع. ويقصد بهذه الممارسة أن تحقق توزيعا أوسع نطاقا للاستنتاجات من أجل فائدة الأوساط العلمية الدولية. وتود اللجنة أن توجّه انتباه الجمعية العامة إلى أن النص الرئيسي لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦ يقدّم مستقلا عن المرفقات العلمية الملحقه به في هذه الوثيقة تيسيرا للاطلاع فحسب. وينبغي أن يُفهم أن المعلومات العلمية المدرجة في المرفقات هامة لأنها تشكّل أساس الاستنتاجات الواردة في التقرير.

ألف- الدراسات الباثية للإشعاع والسرطان

١٣- لقد استندت اللجنة دوما استنادا كبيرا إلى نتائج الدراسات الباثية في تقدير مخاطر السرطان الناجم عن الإشعاع. وقد أولت اللجنة اهتماما كبيرا للمعايير التي تحدّد الدراسات

الوبائية الجيدة النوعية وإلى مختلف سمات تلك الدراسات التي يتعين على اللجنة أن تأخذها في الاعتبار لتحسين تقديراتها. وسيقدم في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠ ملخص لمفهوم القوة الإحصائية، أي احتمال أن تكشف دراسة وبائية عن مستوى معين من الخطر العالي بدرجة معينة من الثقة، ومختلف العوامل التي تؤثر عليها. ويرد مزيد من التفصيل بشأن هذه المسألة في المرفق ألف لتقرير عام ٢٠٠٦، المعنون "الدراسات الوبائية للإشعاع والسرطان"، يُبين أن القوة الإحصائية لدراسة ما تتأثر تأثيراً كبيراً بحجم العينة ومستوى (مستويات) الجرعات لدى الفئة المعرضة للإشعاع وحجم معامل الخطر، على نحو يُبين أن معظم دراسات الجرعات المنخفضة التي أُبلغ عنها في المؤلفات ذات قوة إحصائية غير كافية. كما إنه، فيما يتعلق بدراسات الجرعات المنخفضة التي لديها أرقام آثار يتوقع أن تكون صغيرة والتي ليس لها أي قوة إحصائية، فقيمة الخطر النسبية المتحصّل عليها لأي نتائج يفترض أنها "ذات دلالة إحصائية" من المرجح أن تكون ناتجة عن تقدير شديد الإفراط للخطر "الحقيقي".

١٤ - وقد أُخذت في الاعتبار مصادر عديدة لعدم اليقين في الدراسات الوبائية، مقترنة بطرائق للتعامل معها. وبدأ جيل جديد من الدراسات الوبائية في توفير تقديرات لأخطار الإشعاع مصحّحة حسب أوجه عدم اليقين في تقدير الجرعات، وبدأ توفير تصحيحات لأوجه عدم يقين أخرى. وثمة مسألة هامة عند تفسير دراسات تُجري مقارنات متعدّدة (على سبيل المثال فيما يتعلق بالعديد من أنواع السرطان المختلفة) هي أن احتمال الحصول على نتيجة ذات دلالة إحصائية بالصدفة المحضة يزيد مع زيادة عدد المقارنات.

١٥ - وقد استندت تقديرات أخطار الإصابة بالسرطان في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠ على بيانات عن اليابانيين الناجين من القصف الذري واستخدمت مجموعة تقديرات الجرعات التي تعرّض لها الناجون والتي أُصدرت في منتصف ثمانينات القرن العشرين، وهو ما سُمّي بنظام قياس الجرعات الإشعاعية DS86. وكان يعتقد لفترة من الوقت أن تقديرات جرعات النيوترون بالنظام DS86 للناجين من القصف الذري في هيروشيما هي تقديرات ناقصة منهجياً، بينما رُئي أن تقديرات جرعات غاما بالنظام DS86 أكثر موثوقية. ويشير التحليل الحديث العهد للبيانات المتاحة أنه لا توجد أخطاء منهجية واضحة في تقديرات جرعات النيوترون بالنظام DS86 فيما يتعلق بهيروشيما. ولا تختلف أحدث مجموعة من تقديرات الجرعات، ما يسمّى بالنظام DS02، سوى اختلاف طفيف عن النظام DS86، بمقادير لا تزيد عموماً عن ٢٠ في المائة. والتحليلات التي تُجرى باستخدام نظام قياس الجرعات الجديد تبين أن تقديرات عوامل أخطار الإصابة بالسرطان تقع في مستوى أدنى من ٨ في المائة نتيجة

لذلك، ولكن دون تغيير يُذكر في شكل الاستجابة للجرعة أو في أنماط زيادة الخطر مع مضي العمر أو الزمن.

١٦- ورغم أن إيجاد حل لأوجه عدم الاتساق في قياس الجرعات في بيانات اليابانيين الناجين من القصف الذري قد خفض أحد مصادر عدم اليقين في تقدير أخطار الإصابة بالسرطان على السكان من جراء جرعات الإشعاع المنخفضة، لا يزال هناك عدد كبير من مصادر عدم اليقين الأخرى. ويتعلق مصدر رئيسي بالاستقراء من معدلات الجرعات المتوسطة ولكن بمعدلات تعرّض عالية للإشعاع التي تعرّض لها اليابانيون الناجون من القصف الذري على الجرعات ومعدلات التعرّض المنخفضة. وينطبق ذلك أيضا على تفسير البيانات بشأن العديد من المجموعات المعرضة للإشعاع لأغراض علاجية. كما يوجد عدم يقين فيما يتعلق باستقراء خطر الإصابة بالسرطان عند نهاية الحياة. وخصوصا أن نحو نصف مجموعة اليابانيين الناجين من القصف الذري لا يزال على قيد الحياة. ولدى تقدير عوامل الخطر من البيانات بشأن هذه المجموعة من المهم تحديد نمط التباين في خطر الإصابة بالسرطان المرتبطة بالإشعاع لمن تعرّضوا له في طفولتهم، والذين يصلون الآن إلى عمر يتوقّع أن تظهر فيه أعداد أكبر من السرطانات تلقائيا. وثمة مصدر آخر لعدم اليقين يتعلق بنقل تقديرات خطر الإصابة بالسرطان الناجم عن الإشعاع فيما بين مجموعات سكانية ذات معدلات إصابة تلقائية بالسرطان مختلفة.

١٧- ويعيد المرفق ألف من تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦ تقييم خطر الإصابة بالسرطان والوفاة الناجمة عنه من البيانات بشأن اليابانيين الناجين من القصف الذري، مع القيام متى ما تسنى ذلك بالاستعانة بنظام القياس الأحدث DS02 ومتابعة الحالات. كما يستعرض المرفق بصورة شاملة جميع الأدلة المستقاة من دراسات مجموعات الأشخاص الذين تعرّضوا للإشعاع لأسباب علاجية أو تشخيصية أو مهنية. وينظر المرفق ألف في أخطار سرطانات الغدة اللعابية والمريء والمعدة والأمعاء الدقيقة (بما في ذلك الإثنا عشر) والقولون والمستقيم والكبد والبنكرياس والرئة والعظام والأنسجة الضامة والثدي والرحم والمبيض والبروستاتا والمثانة والكلية والمخ والجهاز العصبي المركزي والغدة الدرقية؛ وأخطار الأورام الليمفاوية بخلاف داء هُودجكن وداء هُودجكن والأورام النخاعية المتعدّدة واللوكيميا والملائنوما الجلدية وسرطان الجلد بخلاف الملائنوما. وهذا يوسّع نسبيا قائمة مواضع الأعضاء من تلك التي كانت اللجنة قد نظرت فيها في تقريرها لعام ٢٠٠٠ (لم يتناول ذلك التقرير سرطانات الغدة اللعابية والأمعاء الدقيقة والمستقيم والكبد والبنكرياس والرئة والرحم والمبيض

والبروستاتا والكلية والملائوما الجلدية). وكما هو الحال في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠، يقيّم المرفق ألف على نحو منفصل الأخطار الناجمة عن التعرّض الداخلي والخارجي للإشعاع، وعمّا يسمّى بالإشعاع ذي المعدّل المنخفض لنقل الطاقة الخطي والإشعاع ذي المعدّل المرتفع لنقل الطاقة الخطي.

١٨- ولا تزال توجد مشاكل بشأن تحديد سمات أخطار السرطان فيما يخص بعض المواضيع في الجسم بسبب انخفاض الدقة الإحصائية المرتبطة بعدد صغير نسبيا من حالات الزيادة. ويمكن لذلك أن يحدّد، على سبيل المثال، من القدرة على تقدير اتجاهات الأخطار فيما يتعلق بعوامل مثل نوع الجنس والعمر عند التعرّض والوقت المنقضي منذ التعرّض. وإضافة إلى ذلك، تكون البيانات أحيانا غير متوافرة أو غير منشورة على نحو مفصّل بقدر كاف يتيح إجراء تقييم لكيفية تباين الأخطار في أوساط السكان. ويُسْتثنى من ذلك سرطان الثدي، الذي تشير المقارنة بشأنه بين بيانات اليابانيين الناجين من القصف الذريّ والنساء اللاتي تعرّضن للإشعاع طبيا في أمريكا الشمالية إلى ما يسمّى بالنموذج "المطلق" لنقل تقديرات الأخطار فيما بين المجموعات السكانية. وهناك أيضا بعض مواضع الإصابة بالسرطان التي لا توجد أدلّة بشأنها تثبت أن ثمة ارتباطا بالإشعاع، ومواضع أخرى لم يلاحظ فيها وجود زيادة في الأخطار إلا عقب التعرّض لجرعات عالية جدا (العلاج بالإشعاع). وفي حين أن تقييمات خطر الأورام اللمفية تتأثر بالأعداد الصغيرة للحالات في عدّة دراسات، فينبغي لهذه النتائج أن تُقارن مع العلاقة الواضحة التي وجدت لدى العديد من المجموعات السكانية بين الإشعاع وخطر الإصابة باللويميا، والذي هو أيضا مرض نادر.

١٩- وزيادة الدقة الإحصائية المتصلة بالمتابعة لفترة أطول للدراسات المذكورة أعلاه وما نتج عنها من أعداد أكبر للسرطانات التي رُصدت قد ساعد على دراسة العلاقات بين الجرعة والاستجابة، وخصوصا في مستويات الجرعات الدنيا. وعلى سبيل المثال، تتسق أحدث البيانات عن اليابانيين الناجين من القصف الذريّ اتساقا كبيرا مع اتجاهات أخطار الجرعات الخطية أو الخطية التريعية في نطاق واسع من مستويات الجرعات. غير أن التحليلات التي تقتصر على الجرعات المنخفضة فحسب تتعقّد بسبب قيود الدقة الإحصائية، واحتمال الاستنتاجات المضلّة الناجمة عن أي حالات تحييز صغيرة غير مكتشفة، ومشكلة ملاحظة نتائج ذات دلالة إحصائية بالصدفة المحضة عند إجراء اختبارات متعدّدة لتحديد الجرعة الدنيا التي يمكن اكتشاف أخطار عالية عندها. والمتابعة الأطول أمدا لمجموعات كبيرة مثل الناجين من القصف الذريّ سوف تُوفّر مزيدا من المعلومات عن آثار الجرعات

المنخفضة. غير أنه ليس بإمكان الدراسات الوبائية وحدها أن تحسم مسألة ما إذا كانت ثمة عتبات جرعات لأخطار الإشعاع. ولا بد من فهم أفضل للآليات البيولوجية. وبصفة خاصة، لا يعني عدم القدرة على اكتشاف زيادات في الأخطار لدى الجرعات المنخفضة جدا باستخدام طرائق بحث وبائية أن مخاطر الإصابة بالسرطان غير عالية.

٢٠- كما نشرت استنتاجات جديدة مستقاة من تحاليل أُجريت لحالات تعرّض مُجرّأة أو مزمنة لجرعات منخفضة من الإشعاع ذي المعدّل المنخفض الناتج من نقل الطاقة الخطي؛ ويشمل ذلك خصوصا دراسة للعاملين في المجال النووي في ١٥ بلدا، ودراسات لأشخاص يعيشون قرب نهر تيشا في الاتحاد الروسي تعرّضوا للإشعاع بسبب انبعاثات مشعّة من محطة ماياك، ودراسة لأشخاص تعرّضوا للنفايات من موقع سيميبيالاتينسك للتجارب النووية في كازاخستان، ودراسات في مناطق بها مستويات إشعاع خلفية طبيعية عالية. وتتفق أخطار الإصابة بالسرطان إحصائيا عموما مع الأخطار المستقاة من البيانات بشأن اليابانيين الناجين من القصف الذريّ، رغم أنّها في بعض الدراسات أعلى منها نسبيا. بيد أنه ثمة شواغل بشأن التحيّز في جميع هذه الدراسات، وهو ما قد يفسّر أسباب ارتفاع تقدير أخطار الإصابة بالسرطان مقارنة بالأخطار المستقاة من البيانات اليابانية.

٢١- وتبيّن النتائج المعروضة في المرفق ألف لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦ حساسية تقديرات أخطار السرطان على مدى الحياة بسبب التعرّض للإشعاع للتغيّرات في معدّلات الخلفية للسرطانات التلقائية. وتشير هذه الاستنتاجات إلى أن هذا التغيّر يمكن أن يؤدّي إلى اختلافات مشابهة للاختلافات المتصلة بأساليب مختلفة لنقل تقديرات الأخطار فيما بين المجموعات السكانية أو أساليب إسقاط الأخطار. والتغيّر في جميع هذه الإسقاطات يسلّط الضوء على صعوبة اختيار قيمة واحدة لتمثيل أخطار الإصابة بالسرطان الناجمة عن الإشعاع على مدى الحياة. وإضافة إلى ذلك تكون أوجه عدم اليقين في تقديرات الأخطار الناجمة عن أنواع محدّدة من السرطان عموما أكبر من أوجه عدم اليقين في تقديرات الأخطار لجميع السرطانات مجتمعة.

٢٢- ورغم هذه الصعوبات، تعدّ تقديرات الأخطار ذات قيمة كبيرة في وصف تأثير التعرّض للإشعاع على السكان. وقد ركّز تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠ على نماذج تحاكي الخطر النسبي بسبب الإشعاع حسب العمر عند التعرّض أو العمر المبلوغ. ودراسات المتابعة الأطول أمدا اتّضح أن هذه النماذج لا تفي تماما بالغرض. ويبيّن تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦ أنه يمكن حاليا الحصول على نماذج أنسب إذا ما حاكت نماذج أخطار الوفيات من

السرطانات الجامدة أخطار الزيادة النسبية أو المطلقة بسبب التعرّض للإشعاع باعتبارها متناسبة مع محصّلة دالات تنطوي على مضاعفات أسّية للزمن منذ التعرّض للإشعاع والعمر المبلوغ. ونماذج الوفيات بسبب اللوكيميا المفضّلة حاليا تعني أن خطر الزيادة النسبية يتناسب مع محصلة المضاعفات الأسية للزمن عند العمر منذ التعرّض والعمر المبلوغ، ويكون خطر الزيادة المطلقة متناسبا مع مضاعفات الزمن الأسية منذ التعرّض. وعندما تطبّق هذه النماذج على أي مجموعة من المجموعات السكانية الست المحدّدة (بورتوريكو والصين والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية والولايات المتحدة الأمريكية واليابان) لجميع الأعمار محسوبا على مدى الحياة، يُقدّر أن خطر الوفاة من جميع أنواع السرطان مجتمعة إثر التعرّض لجرعة حادة مقدارها سيفرت واحد يبلغ نحو ٤,٠ إلى ٧,٥ في المائة، وبالنسبة للوكيميا يتراوح بين ٠,٧ و ١,٠ في المائة. وتبيّن الحسابات الواردة في المرفق ألف لتقرير عام ٢٠٠٦ أن هذه القيم تتباين في أوساط المجموعات السكانية وفي نماذج الخطر المختلفة؛ ويوجد معظم التباين في السرطانات الجامدة. وتقديرات خطر الإصابة بالسرطان هذه أدنى إلى حدّ ما، وإن لم يكن بقدر كبير، عمّا سبق نشره من تقديرات في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠. وربما يُعزى بعض الانخفاض في تقديرات خطر الإصابة بالسرطان إلى النظام الجديد لقياس الإشعاع الناتج من القنابل الذريّة والمتابعة، رغم أن الجزء الأكبر ربما يُعزى إلى مختلف إسقاطات الخطر ونماذج النقل المستخدمة، وخصوصا فيما يتعلق بالسرطانات الجامدة. وتقديرات خطر الإصابة المحسوبة على مدى الحياة بالنسبة لمن تعرّضوا للإشعاع في طفولتهم قد تتراوح من ٢ إلى ٣ أضعاف أعلى من التقديرات بالنسبة للسكان المتعرّضين له في جميع الأعمار. غير أن المتابعة المستمرة للمجموعات التي تعرّضت للإشعاع وما تزال على قيد الحياة ستكون هامة في تحديد الخطر محسوبا على مدى الحياة. وتتسق النتائج المستقاة من تحليل البيانات بشأن اليابانيين الناجين من القصف الذريّ مع العلاقة الخطية بين الجرعة والإصابة فيما يتعلق بالخطر بالنسبة لجميع أنواع السرطانات الصلبة مجتمعة ومع علاقة الاستجابة للجرعات الخطية التريعية بالنسبة للوكيميا.

باء- التقييم الوبائي للأمراض القلبية الوعائية وسائر الأمراض غير السرطانية عقب التعرّض للإشعاع

٢٣- ينظر المرفق باء لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦، المعنون "التقييم الوبائي للأمراض القلبية الوعائية وسائر الأمراض غير السرطانية عقب التعرّض للإشعاع"، في الدراسات الوبائية التي تناولت أمراضا خلاف السرطان. وثمة ارتباط ذو دلالة إحصائية بين جرعات الإشعاع

والوفيات من أمراض خلافاً للسرطان أبلغ عنه للمرة الأولى في عام ١٩٩٢ من تحليل الدراسة على مدى العمر لبيانات اليابانيين الناجين من القصف الذريّ الذين ما زالوا على قيد الحياة في الفترة من ١٩٥٠ إلى ١٩٨٥. ولوحظت ارتباطات هامة بين الأمراض القلبية الوعائية وأمراض غير سرطانية أخرى. ولا يمكن تفسير زيادة الوفيات بسبب هذه الأمراض بعزوها إلى آثار التدخين أو غيره من العوامل المحتملة ومن ثم ينبغي النظر في احتمال أن يكون الإشعاع هو السبب المباشر لتلك الآثار. ويركّز المرفق باء في المقام الأول على استنتاجات من تلك الدراسة على مدى الحياة ودراسات أخرى تتعلق بالأمراض القلبية الوعائية.

٢٤- وقد استُعرضت آثار التعرّض للإشعاع على حالات أخرى خلافاً للسرطان مؤخرًا جدا في تقرير اللجنة لعامي ١٩٨٢ و١٩٩٣، وتبيّن وجود جرعة دنيا - جرعة عتبة - لا تكشف فيما دونها آثار للإشعاع. ورغم أنه يصعب تحديد قيمة جرعة العتبة وربما تتباين حسب الأنسجة وأساليب القياس، تبين بيانات الناجين من القصف الذريّ أن الارتباطات بين التعرّض للإشعاع ومعدّل الإصابة بأمراض خلافاً للسرطان يمكن أن تحدث في مستويات جرعات أدنى من تلك التي اعتبرت حتى ذلك الحين عتبات للآثار المختلفة المسماة تحديدياً.

٢٥- ويستعرض المرفق باء لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦ البيانات الوبائية الحالية ويحاول أن يصف طبيعة خطر الإصابة بأمراض غير سرطانية تتصل بالتعرّض للإشعاع. ويناقش عدّة مسائل منهجية تتصل خصوصاً بتقييم البيانات الوبائية للأمراض غير السرطانية. ويقدم بعد ذلك عرضاً عاماً للبيانات المتاحة حالياً بشأن الأمراض الرئيسية خلافاً للسرطان من نحو ٥٠ مجموعة سكانية تعرّضت للإشعاع. وقد استُعرضت البيانات الوبائية بالتفصيل فيما يخص الأمراض القلبية الوعائية، وهي إحدى الأمراض الأكثر شيوعاً التي توجد حالياً معلومات أكثر نسبياً عنها بشأن العلاقة السببية المحتملة للتعرّض للإشعاع. كما يحدّد المرفق باء فجوات كبيرة في المعرفة فيما يتعلق بطابع هذا الخطر ويناقش التأثير المحتمل على آثار تقييم الأخطار المستقبلية.

٢٦- وهناك زيادة في خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية المرتبطة بزيادة تعرّض القلب لجرعات إشعاع عالية، وهو ما يمكن أن يحدث خلال العلاج بالإشعاع، رغم أن أساليب العلاج الأحداث التي تنتج عنها جرعات قلبية أدنى قد خفّضت الخطر بقدر كبير. وحتى الآن، لا ترد الأدلة بشأن الارتباط بين الأمراض القلبية الوعائية المميّنة والتعرّض لجرعات في نطاق أقل من نحو ١-٢ غراي إلا من تحليل بيانات اليابانيين الناجين من القصف الذريّ. ولا توفر الدراسات الأخرى أدلة واضحة أو متسقة لخطر الإصابة بأمراض قلبية وعائية

بسبب التعرّض لجرعات إشعاع أقل من ١-٢ غراي. وترى اللجنة أن البيانات، عموماً، غير كافية لتحديد نماذج الخطر المناسبة لنقاط النهاية هذه. كما إن البيانات العلمية المتوافرة حالياً غير كافية لاستخلاص أن ثمة علاقة سببية بين التعرّض للإشعاع المؤيّن ومعدّل الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية عند التعرّض لجرعات أقل من نحو ١-٢ غراي.

٢٧- وبسبب زيادة ارتفاع معدّل الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية في مجموعات سكانية غير معرّضة، وطابعها المتعدّد العوامل وتباينها، وكذلك بسبب الحاجة إلى مراعاة العوامل الرئيسية المؤثرة الأخرى (مثل تناول التبغ والعوامل الوراثية ومستوى الكوليسترول)، فمن غير المؤكّد ما إذا كان بإمكان الدراسات الوبائية وحدها أن توفر إضافة كبيرة لفهم إمكانية وجود علاقة سببية محتملة وطابع تلك العلاقة بين معدّل الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية والتعرّض للإشعاع.

٢٨- وفيما يتعلق بمعدّل الوفيات من مجموعة جميع الأمراض بخلاف الأمراض القلبية الوعائية والسرطان، لا تستقى الأدلة على وجود ارتباط بين التعرّض للإشعاع بجرعات أقل من نحو ١-٢ غراي إلا من تحليل بيانات الناجين من القصف الذريّ أيضاً. والأدلة العلمية من دراسات أخرى لاستنتاج علاقة سببية بين التعرّض للإشعاع بجرعات أقل من نحو ١-٢ غراي هي أيضاً غير كافية بقدر أدنى من الأدلة المتعلقة بالأمراض القلبية الوعائية وسط تلك المجموعات السكانية. ويُعزى ذلك جزئياً إلى البيانات المحدودة وشدّة تباين الأمراض ومختلف الآليات الباثولوجية والمسببات، وكذلك إلى عدد ضخم من العوامل المؤثرة الأخرى.

جيم- الآثار غير الموجهة والمتأخّرة للتعرّض للإشعاع المؤيّن

٢٩- أخطار الإصابة بالسرطان إثر التعرّض لجرعات عالية ومتوسطة من الإشعاع مفهومه تماماً من الدراسات الوبائية المفصلة لليابانيين الناجين من القصف الذريّ ودراسات أخرى. بيد أن الأخطار لدى التعرّض لجرعات أدنى والتي تنطبق بصفة أعم على التعرّضات البيئية والمهنية بقدر أكبر تُستنبط عادة من بيانات الجرعات العالية بإدراج عوامل مراعاة الجرعات المنخفضة ومعدّلات الجرعات المنخفضة. ويستند تقدير الأخطار على الصحة البشرية المتصلة بالتعرّضات للإشعاع ميكانيكياً على رأي مفاده أن الآثار الضارة التي يحدثها التعرّض للإشعاع تنشأ عن خلايا تعرّضت للإشعاع، أو عن خلايا منحدره عنها مباشرة، في حالة الآثار الموروثة. بيد أن عدداً من الآثار المسماة الآثار غير الموجهة والمتأخّرة للتعرّض للإشعاع والتي تم وصفها قد تعارض هذا الرأي. ويستعرض الملحق جيم لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦،

المعنون "الآثار غير الموجهة والمتأخرة للتعرض للإشعاع المؤيّن"، أدلة على تلك الآثار ويُمعن النظر في الكيفية التي يمكن أن تؤثر بها على الأحكام الميكانيكية المطلوبة لتقدير خطر التعرض لجرعات ومعدّلات جرعات منخفضة.

٣٠- وتشمل الآثار التي يُنظر فيها عدم الاستقرار الجيني المستحث بالإشعاع وآثار الحوار والآثار البُعادية والعوامل الضارة بالكروموسومات المستحثّة والآثار الوراثية، على النحو التالي:

(أ) إذا تعرّضت خلية واحدة للإشعاع وبقيت على قيد الحياة، فرمّا تنتج عنها خلايا وليدة تتسم عبر الأجيال بأعداد متزايدة من التحوّرات في مجيناتها، حتى وإن لم تكن الخلايا الوليدة نفسها قد تعرّضت للإشعاع. ويطلق على هذا الأثر مصطلح "عدم الاستقرار الجيني المستحث". ويمكن أن تشمل التحوّرات في مجينات الخلايا الوليدة تحوّرات في كروموسوماتها أو تغييرات في أعداد كروموسوماتها أو طفرة في جيناتها وسائر سلاسل الحمض الخلوي الصبغي (د. ن. أ.) أو انخفاض في عدد الخلايا التالية التي تتولّد من خلال تناسخ الخلايا الوليدة؛

(ب) ما يسمّى بتأثير "الحوار" يعني القدرة على نقل مظاهر تلف إلى خلايا مجاورة لم تتعرض للإشعاع مباشرة؛

(ج) يقال أن أثرا بُعاديا قد حدث إذا كانت هناك استجابة كبيرة في نسيج منفصل عضويا عن موضع الجسم الذي تعرّض للإشعاع؛

(د) هناك مجموعة كبيرة من الأدلة على أن بلازما الدم لدى الحيوانات والبشر المتعرّضين للإشعاع يمكن أن تحتوي على ما يطلق عليه "عوامل ضارة بالكروموسومات" قادرة على استحثاث تلف في كروموسومات خلايا غير معرّضة؛

(هـ) الآثار الوراثية هي الآثار التي تُلاحظ في الدّرية التي تُنجب بعد أن يكون قد تعرّض أحد الوالدين أو كلاهما للإشعاع قبل الحمل. والآثار العابرة للأجيال هي تلك التي تظهر فيما بعد الجيل الأول؛

(و) وأخيرا، يمكن أن تنشأ بعض مظاهر الآثار غير الموجهة والمتأخرة المذكورة أعلاه تلقائيا وبعد التعرّض لعوامل أخرى.

٣١- ورغم مجموعة المعلومات الكبيرة المتوافرة، لا يزال هناك نقاش كبير بشأن العلاقة السببية بين هذه الآثار غير الموجهة والآثار الصحية المعزّوة إلى الإشعاع. وتستنّج اللجنة أن البيانات المتاحة حاليا توفّر شيئا من التأييد لاستنتاج أن بعض هذه الارتباطات موجودة، ولكن

ليس للعلاقة السببية. ولدى التوصل إلى هذا الاستنتاج، تشددت اللجنة على أن تقدير الآثار الصحية للإشعاع يستند إلى الملاحظات الوبائية والتجريبية عندما تكون هناك زيادة ذات دلالة إحصائية في معدل حدوث المرض. وهذه الملاحظات المباشرة للنتائج الصحية الضارة تراعي ضمناً العناصر الميكانيكية التي لا تتصل بالآثار الموجهة (المباشرة) للتعرض للإشعاع فحسب، بل أيضاً بالآثار غير الموجهة والمتأخرة التي يرد وصفها في المرفق بـ تقرير عام ٢٠٠٦.

٣٢- وتواصل اللجنة التمسك بالرأي القائل إن المعلومات الميكانيكية هامة لأحكامها بشأن الآثار الصحية الناجمة عن الإشعاع عند التعرض لجرعات أدنى من ٢,٠ غراي. بيد أن عزو آلية ما إلى زيادة أثر صحي محدد ذي صلة بالإشعاع يتطلب أن تتكرر البيانات المعنية على نحو مستقل يبين اتساقاً قوياً مع المرض المحدد قيد النظر. وفي هذا الصدد، فإنه يُرى أن البيانات بشأن التوزع الجزئي لجرعات الطاقة في نوى الخلايا والمعالجة اللاحقة للتلف الذي يتعرض له الحمض الخلوي الصبغي مباشرة، التي استعرضت في تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠، توفر أساساً مناسباً لإصدار أحكام بشأن الآليات التي تؤثر على تقدير الأخطار. بيد أن اللجنة تسلّم بأن هناك طائفة متنوعة من العمليات الميكانيكية التي من شأنها أن تسهم في زيادة حدوث آثار صحية ناجمة عن الإشعاع.

٣٣- وسوف تواصل اللجنة مراقبة التطورات العلمية في مجال الآثار غير الموجهة والمتأخرة وتوصي عموماً بأن ينصبّ اهتمام البحوث المقبلة خصوصاً على إجراء دراسات تشدد على إمكانيات إعادة إنتاج استجابات للجرعات المنخفضة وارتباطات سببية بالآثار الصحية. وفي نهاية المطاف، سوف يتيح فهم مدى وطبيعة استجابة الخلايا والأنسجة للإشعاع آراء متبصرة بشأن الآليات التي يستحثّ بها التعرض للإشعاع آثاراً صحية ضارة، وبالتالي تحسين الأساس العلمي للتقدير الكمي لخطر الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لجرعات ومعدلات جرعات منخفضة.

دال- آثار الإشعاع المؤين على جهاز المناعة

٣٤- استعرضت آثار الإشعاع المؤين على جهاز المناعة للمرة الأولى بالتفصيل في تقرير اللجنة لعام ١٩٧٢ ثم وصف بإيجاز في تقاريرها للأعوام ١٩٧٧ و ١٩٨٢ و ١٩٨٦ و ١٩٨٨ و ١٩٩٤ و ٢٠٠٠. وقد تطوّرت المفاهيم في علم المناعة وتغيّرت بقدر كبير في العقود الثلاثة الأخيرة ولذلك اقترحت اللجنة ضرورة أن يجري استعراض جديد تماماً لآثار الإشعاع المؤين على جهاز المناعة. ومن ثم يستعرض المرفق دال لتقرير اللجنة لعام ٢٠٠٦،

المعنون "تأثير الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة"، البيانات المتصلة بتغيّرات الاستجابات المناعية الناجمة عن الإشعاع، وينظر فيما تنطوي عليه من آليات محتملة ويستعرض الدراسات الوبائية لآثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة.

٣٥- وجهاز المناعة، وهو أحد أكثر أجهزة الجسم البشري تعقّداً، يتألّف من عدّة أنواع من الخلايا (خلايا لمفية وخلايا استعاضة) تنتشر بصورة استراتيجية في جميع أنحاء الجسم، وتتخذ مواقع ملائمة تماماً للتعرفّ على المولّدات المضادة (المواد والخلايا غير الذاتية أو الغريبة) وتحييدها أو تدميرها؛ ويحمي ذلك الجسم من العدوى والسرطان. وهناك شكلان مختلفان ولكنهما مترابطان من المناعة: المناعة الفطرية والمناعة المكتسبة. والمناعة الفطرية تكون نشطة تماماً قبل أن يدخل أي عنصر غريب إلى الجسم وتوفّر بذلك دفاعاً سريعاً. وتتطوّر المناعة المكتسبة عقب دخول كائن مُمرض إلى الجسم وتحتفظ بذاكرة للتعرضات السابقة، مما يولّد استجابة أقوى عقب التعرّض التالي للمولّد المضاد ذاته. وتنفّذ استجابات المناعة المكتسبة في المقام الأول الخلايا اللمفية البائية (الاستجابات الخلطية) والخلايا اللمفية التائية (الاستجابات الخلوية).

٣٦- ويمكن تقييم آثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة بتقدير التغيّرات في أعداد الخلايا أو باستخدام طائفة متنوّعة من المعايير الوظيفية. ويعتمد تأثير تلك التغيرات على جهاز المناعة على عوامل مثل جرعة الإشعاع وعلاقتها الزمنية بالتحصين والحالة الجينية، ومن ثم:

(أ) تنتج الجرعات العالية من الإشعاع إخماداً للمناعة وذلك في المقام الأول بسبب تدمير الخلايا. والخلايا اللمفية حساسة جداً للإشعاع ويستخدم انخفاضها حالياً كمؤشّر مبكّر لمستوى التعرّض العرضي الحاد. والتغيرات الناجمة عن الإشعاع في بارامترات المناعة تبدو أكثر اعتماداً على مجموع الجرعات منها على معدّل الجرعات. وقد لوحظت آثار باقية على جهاز المناعة بعد التعرّض لإشعاع مؤيّن؛

(ب) عند التعرّض لجرعات ومعدلات جرعات منخفضة، قد تكون آثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة محدودة أو محفزة. وثمة حاجة إلى تقييم الآثار الطويلة الأمد لجرعات الإشعاع المنخفضة على وظائف المناعة فيما يتصل بالصحة البشرية.

٣٧- ويناقش المرفق دال من تقرير عام ٢٠٠٦ بعض الآليات المحتملة التي يمكن أن يستحثّ بها الإشعاع تغيّرات في جهاز المناعة ودورها في تشجيع نمو السرطان والسيطرة عليه. وبإمكان جهاز المناعة أن يزيل الخلايا الضالة التي يمكن أن تكون قادرة على تكوين

أورام. ومن غير الواضح ما إذا كان السرطان ينتج عن نقص في جهاز المناعة. بيد أنه وجدت صلة بين الاحتلال الوظيفي للمناعة وعدة أنواع من الأورام البشرية. وربما يفتح فهم أوجه التفاعل بين الإشعاع المؤيّن وجهاز المناعة احتمالات جديدة لمنع السرطان والعلاج منه.

٣٨- ويصف المرفق دال لتقرير عام ٢٠٠٦ دراسات لآثار الإشعاع المؤيّن على جهاز المناعة البشري لدى اليابانيين الناجين من القصف الذريّ والعاملين في محطة تشيرنوبيل والقاطنين حولها والقاطنين في منطقة نهر تيشا والسكان القاطنين قرب محطة هانفورد النووية والمرضى الذين تلقوا علاجاً بالإشعاع. وتبين المقارنة فيما بين هذه البيانات بعض الاستنتاجات المشتركة: قصور مناعة الخلايا، وزيادة المناعة الخلطية، والانتقال نحو النمط الالتهابي. وتظهر على الناجين من القصف الذريّ اضطرابات في نظم المناعة المستقرة؛ ولا يظهر ذلك على العمال والسكان الذين تعرّضوا للإشعاع نتيجة لحادثة تشيرنوبل.

٣٩- وبينما يوجد توثيق جيد للآثار المخمدة نتيجة للجرعات العالية من الإشعاع المؤيّن، يخلص المرفق دال لتقرير عام ٢٠٠٦ إلى أنه ثمة عدم يقين فيما يتعلق بآثار التعرّض لجرعات منخفضة من الإشعاع على جهاز المناعة؛ وقد أبلغ عن كلا النوعين المحفز والمُخمد.

هاء- تقدير الآثار نسبة للمصادر التي يتركها الرادون في المنازل وأماكن العمل

٤٠- يتعرّض الجميع للرادون في الحياة اليومية، وهو غاز مشع حامد كيميائياً يحدث طبيعياً ويوجد في أنحاء الغلاف الجوي كافة. وتختلف مستويات الرادون داخل المباني اختلافاً كبيراً داخل البلدان وفيما بينها، وتتراوح تركيزات الوسط الهندسي (الاسمي) للرادون داخل المباني من أقل من ١٠ بيكرل في المتر المكعب في الشرق الأوسط إلى أكثر من ١٠٠ بيكرل في المتر المكعب في عدة بلدان أوروبية.

٤١- والجرعة السنوية للفرد من استنشاق غاز الرادون (ونواتج اضمحلاله) تمثل نمطياً نحو نصف الجرعة الفعلية التي يتلقاها أفراد الجمهور من جميع مصادر الإشعاع المؤيّن الطبيعية. وبالنسبة لبعض المهن، غاز الرادون هو المصدر الطاغى للتعرّض للإشعاع المهني. وفي دورة الوقود النووي، يسهم إطلاق الرادون من نفايات مناجم اليورانيوم إسهاماً كبيراً في الجرعة الفعلية الناجمة عن هذه الممارسة.

٤٢- ومن المثبت تماماً أن الرادون ونواتج اضمحلاله هي من المواد المسرطنة للرئة. غير أن الجرعات التي تصل إلى سائر الأعضاء والأنسجة والناشئة عن استنشاق الرادون ونواتج

اضمحلاله صغيرة جدا، وعادة تكون بحجم أصغر من الجرعات التي تصل إلى الرئتين. فضلا عن ذلك، تتيح البيانات الوبائية أدلة ضئيلة على زيادة أخطار الوفاة خلاف تلك المعزوة إلى سرطان الرئة.

٤٣- ويناقد المرفق هاء لتقرير عام ٢٠٠٦، المعنون "تقدير الآثار نسبة للمصادر التي يتركها الرادون في المنازل وأماكن العمل"، المصادر المحتملة للتعرض للرادون فيما يتعلق بالعاملين والجمهور؛ ومسائل الاهتمام الحالية في مجال قياس الرادون؛ والمعلومات من التجارب على الحيوانات والتجارب على المستوى الخلوي ودون الخلوي، التي لها أهمية في فهم آليات التسرطن؛ والدراسات الوبائية لتعرض عمال المناجم والتعرض المنزلي للرادون؛ ونهوج إسقاطات الأخطار.

٤٤- وفيما يخص إدارة الأخطار عموما، ثمة حاجة إلى حساب الجرعات من تعرض محدد للرادون لأغراض رقابية وللسماح بالمقارنة مع مصادر أخرى للتعرض للإشعاع. وهناك نهجان لاستقاء ما يسمى بعامل الجرعات هذا. ويستقي "نهج قياس الجرعات الإشعاعية" على الجرعة من تعرض معين بناء على سمات تتعلق بالغلغاف الجوي والتنفس ذات صلة بالرادون ونواتج اضمحلاله. واستخدمت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات "النهج الوبائي" لاستخلاص العامل من الدراسات الوبائية باستخدام نسب خطر الإصابة بسرطان الرئة على العاملين في المناجم إلى الخطر العام للإصابة بالسرطان في أوساط الناجين من القصف الذري. وفي تقرير اللجنة لعام ٢٠٠٠ ظهر أن ثمة اختلافًا في العوامل يبلغ نحو اثنين بين نتائج النهجين. بيد أن البيانات الأحدث عهدا التي نشرت بشأن الأخطار التي يتعرض لها عمال المناجم تحت الأرض (مستقاة من دراسات مُحدّثة لمجموعات من عمال المناجم) تشير إلى أن نتائج النهجين أقل اختلافًا مما كان يعتقد سابقًا. غير أنه يلزم إجراء مزيد من البحوث لتحسين فهم ومراعاة تأثير العوامل المعدّلة - مثل الزمن المنقضي منذ التعرض للإشعاع، والعمر المبلوغ وتأثير معدل الجرعات - والعوامل المؤثرة الأخرى (خصوصًا تدخين التبغ).

٤٥- وتتيح دراسات عمال المناجم المعرضين للرادون ونواتج اضمحلاله أساسًا مباشرة لتقييم خطر الإصابة بالسرطان نتيجة لها. وقد ذكرت لجنة الأخطار الصحية للتعرض للرادون التابعة لمجلس البحوث الوطني بالولايات المتحدة في تقريرها السادس من سلسلة دراسات الآثار الأحيائية للإشعاع المؤيّن (التقرير السادس)، المعنون الآثار الصحية للتعرض للرادون، عن زيادة في الخطر النسبي الناجم عن التعرض للرادون تُعادل ⁽⁷⁾ ١,٨ في المائة ميغابيكربل ساعة في المتر المكعب (فترة الثقة بنسبة ٩٥ في المائة: ٠,٣، ٣٥) بالنسبة لعمال

المناجم بتعرض تراكمي أدنى من ٣٠ ميغابيكيرل ساعة في المتر المكعب. وهناك مصادر مختلفة للخطأ في تقييم تعرضات عمال المناجم، خصوصا في السنوات الأولى لعمليات التعدين عندما كانت التعرضات في أعلى مستوياتها. وتشمل العوامل الأخرى التي تُعقد تحليلات البيانات بشأن عمال المناجم النسبة العالية من عمال المناجم الذين يدخنون؛ وتعرض مكان العمل للملوثات الغبار الأخرى، مثل الزرنيخ وبخار الديزل في الغبار وسائر الملوثات؛ والفترات التي يقضيها العمال في مناجم خلاف مناجم اليورانيوم. ومن المرجح أن يكون احتمال اكتشاف أي زيادة في الأخطار على عمال المناجم حاليا صغيرا، ويعود ذلك جزئيا إلى أن التعرض أقل كثيرا مما كان عليه في السنوات المبكرة من التعدين وجزئيا إلى تحسن المراقبة وحفظ السجلات. وبسبب التعرض لجرعات عالية في الأيام الأولى للتعدين، فمن الممكن اكتشاف اتجاهات في خطر الإصابة بسرطان الرئة ودراسة العوامل التي تؤثر على العلاقة بين الجرعة والاستجابة، مثل العمر عند التعرض، وأثر معدل الجرعات وانخفاض الخطر مع زيادة الزمن المنقضي منذ التعرض، وكذلك أثر العوامل المؤثرة الأخرى مثل التدخين.

٤٦- ويتيح النموذج الوارد في التقرير السادس المذكور أعلاه والمعد من تحليل تجميعي لإحدى عشرة مجموعة من عمال المناجم أساسا راسخا لتقدير الأخطار من التعرض للرادون ويأخذ في الاعتبار عوامل مثل انخفاض الخطر مع تزايد الزمن منذ التعرض. ومنذ صدور ذلك التقرير، حُدثت الدراسات بشأن مجموعات مختلفة من عمال المناجم وتؤكد هذه الدراسات الأنماط العامة للخطر فيما يتعلق بالجرعات والزمن المنقضي منذ التعرض والتي أبلغ عنها في التقرير السادس، بما في ذلك معاملات محدثة لأخذ الزمن منذ التعرض في الاعتبار. ومن ثم تتيح دراسات عمال المناجم أساسا قويا لتقييم الأخطار الناجمة عن التعرض للرادون وللتحقق من آثار العوامل المعدلة للعلاقة بين الجرعة والاستجابة. وتستخدم النماذج البيولوجية والخلوية لعملية التسرطن المتعددة المراحل لتحليل البيانات من الدراسات بشأن عمال المناجم. وهي تتيح إمكانية تقييم أوجه عدم اليقين في فهمنا لآليات تكون السرطان وفي نمذجة الآليات لأغراض تقدير الأخطار.

٤٧- ويتيح استقراء تركيزات الرادون في الهواء داخل المناجم على تركيزاته في المنازل أساسا غير مباشر لتقييم الأخطار من التعرض المنزلي للرادون. بيد أنه كان هناك ما يربو على ٢٠ دراسة تحليلية للرادون المنزلي وسرطان الرئة. وتقيم تلك الدراسات عادة الخطر النسبي من التعرض للرادون على أساس تقديرات التعرض خلال فترة تتراوح من ٢٥ إلى ٣٠ سنة قبل تشخيص سرطان الرئة. وتؤيد التحليلات الحديثة العهد المجمع لدراسات مراقبة

الحالات المنزلية نسبة ضئيلة ولكنها قابلة للكشف لخطر الإصابة بالسرطان نتيجة للتعرّض المنزلي ويزيد هذا الخطر مع تزايد التعرّض. وقد أثبتت بدرجة من الدقة المعقولة الجودة الزيادة في الخطر النسبي من التعرّض المنزلي الطويل الأمد للرادون عند ١٠٠ بيكرل في المتر المكعب وتعتبر الدقة نحو ٠,١٦ في المائة (بعد التصحيح المتعلق بأوجه عدم اليقين في تقدير التعرّض) وبنحو عامل عدم يقين يبلغ ثلاثة أضعاف أو أقل من تلك القيمة. وبسبب التفاعل التضافري بين آثار التعرّض للرادون وآثار استنشاق دخان التبغ، يشكّل المدخنون نحو ٩٠ في المائة من متوسط خطر الإصابة بين السكان من التعرّض للرادون المنزلي.

٤٨- ورغم وجود أوجه عدم يقين رئيسية في استقرار أخطار التعرّض للرادون من دراسات عمال المناجم لتقدير الأخطار في المنازل هناك توافق جيد جدا بين عوامل الخطر المستقاة من الدراسات بشأن عمال المناجم والعوامل المستقاة من دراسات مراقبة الحالات السكنية. ويوفر تجميع دراسات مراقبة الحالات المنزلية الذي جرى مؤخرًا في أوروبا وأمريكا الشمالية الآن أسلوبًا مباشرًا لتقييم الأخطار من التعرّض المنزلي الطويل الأمد للرادون. وبناء على المعلومات الحالية، تنظر اللجنة في استخدام معاملات خطر معدلة القياس من دراسات تجميعية لكي تكون أساسًا مناسبًا لتقدير الأخطار على الأشخاص في المنازل بسبب التعرّض للرادون. الإنسانية.

الحواشي

- ((1)) □ أنشأت الجمعية العامة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها العاشرة في
- عام ١٩٥٥. وحددت اختصاصاتها في القرار ٩١٣ (د-١٠) المؤرخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٥٥. وكانت اللجنة تتكون 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 تم توسيع عضوية اللجنة بموجب قرار الجمعية العامة ٣١٥٤ جيم (د-٢٨) المؤرخ ١٤ كانون الأول/ديسمبر ١٩٧٣ لتشمل جمهورية ألمانيا الاتحادية واندونيسيا وبيرو وبولندا والسودان. وزادت الجمعية العامة عضوية اللجنة بموجب القرار ٦٢/٤١ بء المؤرخ ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦ إلى حد أقصى بلغ ٢١ عضواً ودعت
- (2) الصين إلى الانضمام لعضوية اللجنة أيضاً مراقبون عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة (اليونيب) والوكالة الدولية للطاقة الذرية واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات واللجنة الدولية للوحدات والمقاييس الإشعاعية.
- (3) الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الستون، الملحق رقم ٤٦ (A/59/46).
- (4) الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الخامسة والخمسون، الملحق رقم ٤٦ (A/55/46).
- (5) الوثائق الرسمية للجمعية العامة، الدورة الستون، الملحق رقم ٧ (A/60/7)، الباب الرابع، الفقرة رابعا-٤٦.

- (6) للاطلاع على التقارير الفنية السابقة للجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري، المقدمة إلى الجمعية العامة، انظر 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/63/14 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 والأربعون، الملحق رقم ١٦ (A/41/16)؛ والمرجع نفسه، الدورة الثالثة والأربعون، الملحق رقم ٤٥ (A/43/45)؛ والمرجع نفسه، الدورة الثامنة والأربعون، الملحق رقم ٤٦ (A/48/46)؛ والمرجع نفسه، الدورة التاسعة والأربعون، الملحق رقم ٤٦ (A/49/46)؛ والمرجع نفسه، الدورة الحادية والخمسون، الملحق رقم ٤٦ (A/51/46)؛ والمرجع نفسه، الدورة الخامسة والخمسون، الملحق رقم ٤٦ (A/55/46 و Corr.1 باللغة العربية فقط)؛ والمرجع نفسه، الدورة السادسة والخمسون، الملحق رقم ٤٦ (A/56/46)؛ ويشار إلى هذه التقارير باعتبارها تقارير الأعوام ١٩٥٨، ١٩٦٢، ١٩٦٤، ١٩٦٦، ١٩٦٩، ١٩٧٢، ١٩٧٧، ١٩٨٢، ١٩٨٦، ١٩٨٨، ١٩٩٣، ١٩٩٤، ١٩٩٦، ٢٠٠٠، ٢٠٠١، على التوالي. وقد نشر تقرير عام ١٩٧٢ ومرفقاته العلمية بعنوان الإشعاع المؤين: المستويات والآثار، المجلد الأول: المستويات، المجلد الثاني: الآثار (منشورات الأمم المتحدة، رقما المبيع E.72.IX.17 و 18). ونشر تقرير عام ١٩٧٧ ومرفقاته العلمية بعنوان مصادر الإشعاع المؤين وآثاره (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.77.IX.1)، ونشر تقرير عام ١٩٨٢ ومرفقاته العلمية بعنوان الإشعاع المؤين: المصادر والآثار البيولوجية (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.82.IX.8)، ونشر تقرير عام ١٩٨٦ ومرفقاته العلمية بعنوان الآثار الجينية والجسدية للإشعاع المؤين (منشورات الأمم المتحدة رقم المبيع E.86.IX.9) ونشر تقرير عام ١٩٨٨ ومرفقاته العلمية بعنوان مصادر الإشعاع المؤين وآثاره وأخطاره المحتملة (منشورات الأمم المتحدة رقم المبيع E.88.IX.7). أما تقارير الأعوام ١٩٩٣ و ١٩٩٤ و ١٩٩٦ فقد نشرت مرفقاته العلمية بعنوان مصادر الإشعاع المؤين وآثاره (منشورات الأمم المتحدة، أرقام المبيع E.94.IX.2، E.94.IX.11، E.96.IX.3، على التوالي). ونشر تقرير عام ٢٠٠٠ ومرفقاته العلمية بعنوان مصادر الإشعاع المؤين وآثاره، المجلد ١: المصادر، والمجلد ٢: الآثار (منشورات الأمم المتحدة، رقما المبيع E.00.IX.3 و 4). ونشر تقرير ٢٠٠٠ ومرفقاته العلمية بعنوان الآثار الوراثية للإشعاع (منشورات الأمم المتحدة، رقم المبيع E.01.IX.2).
- (7) تركيز معادل التوازن باستخدام وحدات النظام الدولي. يُعبّر عن معظم القياسات التاريخية، والحالية بلا شك، للتعرّض للرادون في المناجم بما يسمّى مقدار شهر من العمل، ويعادل هذا المقدار نحو ٦,٣٧، ميغابيكرومل ساعة في المتر المكعب.

قائمة بأعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة
من الخمسين إلى الرابعة والخمسين

A. J. González (Representative), D. Beninson (Representative), P. Gisone (Representative), M. del Rosario Pérez	الأرجنتين
P. A. Burns (Representative), S. Solomon, P. Thomas	أستراليا
J. R. Maisin (Representative), H. Bosmans, A. Debauche, H. Engels, J. Lembrechts, P. Smeesters, J. M. Van Dam, H. Vanmarcke, A. Wambersie, H. Bijwaard, R. O. Blaauboer, M. J. Brugmans	بلجيكا
D. R. Melo (Representative), J. L. Lipsztein (Representative), E. R. Rochedo	البرازيل
N. E. Gentner (Representative), R. P. Bradley, K. Bundy, D. B. Chambers, R. M. Chatterjee (Representative), R. J. Cornett, R. Lane, C. Lavoie, S. Vlahovich (Representative), D. Whillans	كندا
Pan Z. (Representative), He Q., Hou P., Jia J., Li K., Li J., Liu S., Liu Q., Pan S., Shang B., Shi J., Su X., Sun J., Sun Q., Xiu B., Xuan Y., Yang G., Yang H., Yang X., Yu J.	الصين
م. أ. م. جمعة (ممثل)، أ. م. النجار (ممثل)	مصر
A. Flürty-Hérard (Representative), E. Ansoborlo, A. Aurengo, D. Averbeck, M. Bourguignon, J. F. Lacroque (Representative), J. Lallemand, J. J. Leguay, C. Luccioni, R. Maximilien, A. Rannou, M. Tirmarche	فرنسا
C. Streffer (Representative), P. Jacob, A. Kellerer, J. Kiefer, G. Kirchner, W. Köhnlein, W. U. Müller, W. Weiss (Representative)	ألمانيا
K. B. Sainis (Representative)	الهند
Z. Alatas (Representative), K. Wiharto (Representative)	إندونيسيا
Y. Sasaki (Representative), T. Asano, M. Doi, A. Iwama, K. Kodama, H. Kuniyoshi, T. Maeyama, M. Nakano, Y. Nakayama, O. Niwa, M. Sasaki, K. Sato, H. Tatsuzaki, S. Yoshinaga, M. Yoshizawa	اليابان
H. Maldonado (Representative)	المكسيك

L. V. Pinillos Ashton (Representative)	بيرو
Z. Jaworowski (Representative), L. Dobrzyński, M. Janiak, M. Waligórski	بولندا
L. A. Ilyin (Representative), R. M. Alexakhin, N. P. Garnyk, A. K. Guskova (Representative), V. K. Ivanov, I. I. Kryshev, B. K. Lobach, O. A. Pavlovsky, T. S. Povetnikova, M. N. Savkin, V. A. Shevchenko	الاتحاد الروسي
E. Bedi (Representative), P. Gaál, V. Klener, L. Tomasek, D. Viktory (Representative)	سلوفاكيا
ك. أ. ه. محمد (ممثل)	السودان
L. E. Holm (Representative), L. Moberg	السويد
R. Cox (Representative), S. Bouffler, R. H. Clarke (Representative), G. M. Kendall, T. McMillan, C. Muirhead, P. Shrimpton, J. W. Stather	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية
F. A. Mettler Jr. (Representative), L. R. Anspaugh, B. G. Bennett, J. D. Boice Jr., N. H. Harley, E. V. Holahan Jr., C. B. Meinhold, R. J. Preston, H. Royal, P. B. Selby, A. G. Sowder	الولايات المتحدة الأمريكية
	أمانة اللجنة
	N. E. Gentner
	M. J. Crick

التذييل الثاني

قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع اللجنة في إعداد تقرير عام ٢٠٠٦

M. Bourguignon

D. B. Chambers

P. Gisone

M. Little

K. Mabuchi

W. F. Morgan

M. del Rosario Pérez

R. Shore
