الجمعية العامة
الوثائق الرسمية
الدورة الخامسة والخمسون
الملحق رقم ٤٦ (A/55/46)

تقرير لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين

الأمم المتحدة • نيويورك، ٢٠٠٠

ملاحظة

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

ISSN 1020-2552

المحتويات

الفصل		الفقرات	الصفحة
الأول -	مقدمة	١-٧	١
الثاني -	لمحة عامة	٨-١٩	٢
	ألف- آثار التعرض للإشعاع	٨-١٠	٢
	باء- مستويات التعرض للإشعاع	١١-١٧	٢
	جيم- العواقب الإشعاعية لحادث تشرنوبيل	١٨-١٩	٤
الثالث-	مصادر التعرض للإشعاع	٢٠-٤٩	٤
	ألف- التعرضات للإشعاع الطبيعي	٢٤-٢٦	٥
	باء- التعرضات البيئية الاصطناعية	٢٧-٣٧	٦
	جيم- التعرضات الطبية للإشعاع	٣٨-٤١	٨
	دال- التعرضات المهنية للإشعاع	٤٢-٤٥	٩
	هاء- مقارنة التعرضات	٤٦-٤٩	١١
الرابع-	السرطان المرتبط بالإشعاع	٥٠-٨٨	١٢
	ألف- الآثار الإشعاعية الحيوية بعد تلقي جرعات منخفضة من الإشعاع	٥٤-٦٧	١٣
	باء- الآثار المشتركة	٦٨-٧٢	١٦
	جيم- وبائيات السرطان	٧٣-٨٨	١٧
الخامس-	حادث تشرنوبيل	٨٩-١٠٥	٢١
	ألف- انطلاق النويدات المشعة	٩٢ - ٩٤	٢١
	باء- تعرض الأفراد للإشعاع	٩٥-٩٨	٢٢
	جيم- الآثار الصحية	٩٩-١٠٥	٢٢
التذييلات			
الأول-	قائمة بأعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة من الرابعة والأربعين إلى التاسعة والأربعين		٢٥
الثاني-	قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين في إعداد التقرير		٢٨

الفصل الأول

مقدمة

١ - أجرت لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين[1] على مدى السنوات القليلة الماضية استعراضا عاما لمصادر و آثار الإشعاع المؤين. وتلخص اللجنة في هذا التقرير[2]، استناداً إلى أهم استنتاجات تقييماتها العلمية، التطورات التي طرأت في علم الإشعاع في السنوات المؤدية إلى الألفية الجديدة.

٢ - وقد أعد هذا التقرير ومرفقاته العلمية بين دورتي اللجنة الرابعة والأربعين والتاسعة والأربعين. وقام أعضاء اللجنة التالي بيانهم بمهام الرئيس ونائب الرئيس و المقرر، على التوالي، في الدورات : الرابعة والأربعين والخامسة والأربعين: ل. بنيللوس- أشتون(بيرو)، أ. كول (ألمانيا)، غ. بنغتسون (السويد)؛ السادسة والأربعين والسابعة والأربعين :أ. كول (ألمانيا)، ل . إ. هولم (السويد)، ج. ليبشتاين (البرازيل)؛ الثامنة والأربعين والتاسعة و الأربعين: ل. إ. هولم (السويد)، ج. ليبشتاين (البرازيل)، وي. ساساكى (اليابان). وترد في التذييل الأول قائمة بأعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة من الرابعة والأربعين إلى التاسعة والأربعين.

٣ - وتود اللجنة أن تعرب عن امتنانها لما قدمه فريق من الخبراء الاستشاريين والعلميين من مساعدة ومشورة فى إعداد المرفقات العلمية(انظر التذييل الثانى). وقد حضر دورات اللجنة ممثلون لمنظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة الذرية. ومثلت أيضا اللجنة الدولية للوحدات والمقاييس الإشعاعية واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات. وتود اللجنة أن تعرب عن تقديرها لإسهام أولئك الممثلين في المناقشات.

٤ - وقد طبقت اللجنة في عملها آراءها العلمية على المعلومات والبيانات التي استعرضتها، وحرصت على اتخاذ موقف مستقل ومحايد في التوصل إلى الاستنتاجات. وتقدم اللجنة للقارئ العام نتائج دراستها في هذا التقرير المقدم إلى الجمعية العامة. أما المرفقات العلمية الداعمة للاستنتاجات، التي تصدر مع التقرير في شكل مطبوع للبيع صادر من الأمم المتحدة بعنوان "مصادر و آثار الإشعاع المؤين"، تقرير عام ٢٠٠٠ للجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين، مع مرفقات علمية فهي موجهة للأوساط العلمية العامة.

٥ - ولجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين، وهي لجنة علمية منبثقة من الجمعية العامة، هي الهيئة المفوضة داخل منظومة الأمم المتحدة لتقييم وإعلان مستويات وآثار التعرض للإشعاع المؤين. وتمتع اللجنة بهذه الولاية المحددة من هيئة رسمية مثل الجمعية العامة يعزز كثيراً قدرتها على تقديم خدمة فعالة ومستقلة للعالم. وتستطيع الأمم المتحدة من خلال الجمعية العامة أن تفخر بتقديم تلك الخدمة. وتساعد المعلومات التي تقدمها اللجنة، الجمعية العامة في عمل توصيات، ولا سيما فيما يتعلق بالتعاون الدولي في مجالي الصحة والتنمية المستدامة، وإلى حد ما في صون السلم والأمن الدوليين.

٦ - تنشأ تحديات جديدة بصورة مستمرة فيما يتصل بالمستويات العالمية للتعرض للإشعاعات، كما تتوافر معلومات بيولوجية جديدة عن آثار التعرض للإشعاع. فعلى سبيل المثال تراكمت كميات كبيرة من النفايات المشعة نتيجة لكل من الاستخدامات السلمية للطاقة النووية والعمليات النووية العسكرية، وقد أهملت مصادر الإشعاع التي تستخدم في العمليات العسكرية والسلمية، مما نشأ عنه وضع موات للاتجار غير المشروع وغيره من الأنشطة الإجرامية. وفضلاً عن ذلك، تثير المخاطر المحتملة من التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع، أي التعرض لإشعاع يقارن بالإشعاع من المصادر الطبيعية، جدلاً ومناقشات مستمرة على نطاق واسع. وتستجيب اللجنة لهذه التحديات، وستواصل ذلك باتخاذ مبادرات جديدة

ستضمنها تقديراتها في المستقبل لمصادر الإشعاع، ومستوياته وآثاره.

٧ - وتعتمد الحكومات والمنظمات في جميع أنحاء العالم على تقييمات اللجنة لمصادر الإشعاع وآثاره وتتخذها أساساً علمياً لتقدير مخاطر الإشعاع، ووضع معايير الحماية من الإشعاع والأمان الإشعاعي، وتقنين المصادر الإشعاعية. وتستخدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية، في إطار منظومة الأمم المتحدة، تلك التقديرات لدى اضطلاعها بوظائفها الدستورية بشأن وضع معايير لحماية الصحة من الإشعاع وتطبيق هذه المعايير. وتقترح اللجنة برنامجاً مجدداً لعملها من أجل الوفاء بالتزاماتها، تقدمه إلى الجمعية العامة.

الفصل الثاني

لمحة عامة

ألف- آثار التعرض للإشعاع

٨ - إن التعرض للإشعاع يمكن أن يتلف الخلايا الحية، ويتسبب في موت بعضها وتحوير خلايا أخرى. وعلى الرغم من أن معظم أعضاء الجسم وأنسجته لا تتأثر بفقدان أعداد كبيرة من خلاياها، فإنه يمكن أن يحدث ضرراً ملحوظاً للأعضاء قد يؤدي إلى الوفاة، إذا كان عدد الخلايا المفقودة كبيراً بدرجة كافية، ويمكن أن يحدث ذلك في الأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع بقدر زائد عن مستوى معين. وقد يحدث تلف إشعاعي آخر في الخلايا التي لم تقتل ولكنها تحورت. وعادة يمكن إصلاح مثل هذا الضرر. وإذا لم يكن الإصلاح تاماً، فإن التحوير ينتقل إلى مزيد من الخلايا وقد يؤدي في النهاية إلى السرطان. وإذا كانت الخلايا المحورة هي الخلايا التي تنقل المعلومات الوراثية إلى نسل الشخص الذي تعرض للإشعاع، قد تنشأ اضطرابات وراثية.

٩ - ويرتبط التعرض للإشعاع بمعظم أشكال ابيضاض الدم (اللوكيميا) والسرطانات التي تصيب أعضاء مختلفة، مثل الرئة، والثدي والغدة الدرقية، ولكنه لا يرتبط بسرطانات أعضاء أخرى مثل غدة الموثة (البروستات). إلا أن إضافة قدر صغير من التعرض للإشعاع (يقترب من مستوى المتوسط العالمي للتعرض لمصادر الإشعاع الطبيعي) من شأنها إحداث زيادة ضئيلة للغاية في احتمالات تكوّن سرطان يمكن نسبته إلى هذه الإضافة. كما قد يظهر السرطان المستحث بالإشعاع بعد عشرات السنين من التعرض ولا يختلف عن السرطانات التي تنشأ عفوياً أو التي يمكن نسبتها إلى عوامل أخرى غير الإشعاع. ويتمثل التقييم الطويل الأجل لسكان تعرضوا للإشعاع في الدراسة التي شملت نحو ٨٦ ٥٠٠ شخص بقوا على قيد الحياة بعد سقوط قنبلتي نغازاكي وهيروشيما الذريتين في اليابان. وقد كشفت الدراسة عن زيادة تقدر ببضع مئات في وفيات السكان الذين شملتهم الدراسة. ولما كان نحو نصف هؤلاء الأشخاص لا يزالون على قيد الحياة حتى الآن، فإنه يلزم إجراء مزيد من الدراسات للحصول على الصورة الكاملة للسرطان بين أفراد هذه المجموعة.

١٠ - والتعرض للإشعاع له القدرة على إحداث آثار وراثية في نسل الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاع. وكان يظن في وقت من الأوقات أن هذه الآثار تهدد مستقبل الجنس البشري عن طريق زيادة معدل الطفرة الطبيعية بدرجة غير مناسبة. إلا أنه لا يزال يتعين الكشف عن الآثار الوراثية المستحثة بالإشعاع في المجموعات البشرية التي تعرضت للإشعاع، رغم أنه من المعروف أن هذه الآثار تحدث في كائنات أخرى. وتعكف اللجنة على إعداد تقرير شامل عن الآثار الوراثية للتعرضات الإشعاعية سيقدم إلى الجمعية العامة في دورتها السادسة والخمسين.

باء- مستويات التعرض للإشعاع

١١ - إن كل إنسان يتعرض للإشعاع الطبيعي. ومصادر الإشعاع الطبيعية هي الأشعة الكونية والمواد المشعة الموجودة

بصورة طبيعية في الأرض نفسها وفي جسم الإنسان. ويرجع جزء كبير من التعرض الطبيعي في البشر إلى غاز الرادون الذي ينطلق من التربة ويمكن أن يتركز في المساكن. ويتباين مستوى التعرض الطبيعي في مختلف أنحاء العالم، بمعامل يبلغ نحو ٣ عادة. غير أن المستويات العادية للتعرض الطبيعي في أماكن كثيرة تتجاوز المستويات المتوسطة بمعامل قدره ١٠ بل وأحياناً بمعامل يصل إلى ١٠٠.

١٢ - وتسبب الأنشطة البشرية التي تنطوي على استخدام الإشعاع والمواد المشعة تعرضاً يضاف إلى التعرض الطبيعي. وبعض هذه الأنشطة يزيد التعرض الناشئ من مصادر الإشعاع الطبيعية وحسب. ومن أمثلة هذه الأنشطة التعدين، واستخدام الخامات التي تحتوي على مواد مشعة موجودة في الطبيعة، وإنتاج الطاقة بحرق فحم يحتوي على مثل هذه المواد. ولا يزال التلوث البيئي بسبب المتخلفات المشعة الناتجة من تجارب الأسلحة النووية يمثل مصدراً عالمياً للتعرض البشري للإشعاع. وقد خلف إنتاج المواد النووية للأغراض العسكرية تركة من كميات كبيرة من المتخلفات المشعة في بعض أنحاء العالم. كما تخلف محطات توليد الطاقة النووية وغيرها من المنشآت النووية مواد مشعة في البيئة وتتولد منها نفايات مشعة أثناء تشغيلها ووقف تشغيلها النهائي. ويتسع نطاق استخدام المواد المشعة في الصناعة والزراعة والبحوث في مختلف أرجاء العالم، ويضار الناس نتيجة لسوء استعمال مصادر الإشعاع.

١٣ - وتنتج عن مثل هذه الأنشطة البشرية عموماً تعرضات للإشعاع لا تمثل سوى جزء صغير من المتوسط العالمي للتعرض الطبيعي. غير أن أشخاصاً بعينهم ممن يقيمون بالقرب من منشآت تطلق مواد مشعة في البيئة قد يواجهون درجة أعلى من التعرض. وهناك قيود على تعرض أفراد الجمهور للانطلاق المسموح بها في نطاق حدود معترف بها دولياً، وضعت على أساس أنها أقل إلى حد ما من المتوسط العالمي لمستوى التعرض الطبيعي. وتجدر الإشارة إلى انه في حالة الاستيطان أو إعادة الاستيطان في بعض المواقع التي تتسم بمستويات مرتفعة من المخلفات المشعة، يتعرض المستوطنون للإشعاع بمعدلات تزيد على المستوى العالمي المتوسط للتعرضات الطبيعية.

١٤ - ويعد الاستخدام الطبي للإشعاع أكبر مصدر اصطناعي للتعرض للإشعاع، كما أن نطاقه يتزايد بصورة مستمرة. وهو يشمل التشخيص الإشعاعي والعلاج بالإشعاع،والطب النووي والتدخلات الإشعاعية. ولا يستطيع كثير من الناس (ولا سيما في البلدان النامية) الاستفادة حتى الآن من العديد من تلك الأساليب الطبية غير المتاحة على نطاق عالمي. لذلك فإن هؤلاء الناس يواجهون في الوقت الحالي تعرضات للإشعاع لأغراض التشخيص والعلاج أقل مما يتعرض له سكان البلدان التي تستفيد من التقنيات الطبية المتقدمة، وهو وضع يتوقع أن يتغير في المستقبل ويلزم متابعته من جانب اللجنة.

١٥ - وتعادل المستويات المتوسطة للتعرض للإشعاع بسبب الاستخدامات الطبية نحو ٥٠ بالمائة من المستوى المتوسط العالمي للتعرض المتأتي من المصادر الطبيعية. ولا يستأثر التصوير المقطعي المحوسب في تلك البلدان سوى بنسبة مئوية قليلة من الأساليب التقنية الطبية ولكنه يستأثر بما يقرب نصف التعرض للإشعاع الناتج من التشخيص الطبي. وقد حدثت إصابات شديدة مرتبطة بالإشعاع نتيجة لسوء الممارسة في بعض تقنيات التدخل الطبي (مثل الوسائل الإشعاعية لمراقبة توسيع الشرايين التاجية) والعلاج بالأشعة.

١٦ - ويحدث تعرض للإشعاع أيضاً نتيجة للأنشطة المهنية. ويحدث ذلك للعاملين في الصناعة والطب والبحوث التي يستخدم فيها الإشعاع أو المواد المشعة وكذلك

للركاب وطاقم الطائرة أثناء السفر الجوي على الهواء كما أنها واضحة جداً في رواد الفضاء.

١٧ - ويعادل المتوسط العام لمستوى التعرض المهني للإشعاع، المتوسط العالمي للتعرض الطبيعي للإشعاع. غير أن نسبة مئوية ضئيلة من العاملين تتلقى تعرضات تزيد بمقدار عدة أمثال متوسط التعرض للإشعاع الطبيعي. ويقيد تعرض العاملين بموجب حدود معترف بها دولياً وضعت في حدود ١٠ أمثال متوسط التعرض للإشعاع الطبيعي.

جيم- العواقب الإشعاعية لحادث تشرنوبيل

١٨ - كان حادث تشرنوبيل في محطة تشرنوبيل لتوليد الطاقة النووية أخطر حادث نتج عنه تعرض للإشعاع. وقد سبب خلال بضعة أيام أو أسابيع موت ٣٠ عاملاً كما سبب إصابات إشعاعية لما يزيد على مائة شخص وأدى إلى الإجلاء الفوري في عام ١٩٨٦ لنحو ٠٠٠ ١١٦ شخص من المناطق المحيطة بالمفاعل النووي، وإلى إعادة توطين نحو ٠٠٠ ٢٢٠ شخص بصورة دائمة من بيلاروس والاتحاد الروسي وأوكرانيا. ونتج عنه تمزق اجتماعي ونفسي خطير في حياة الأهالي المتضررين وخسائر اقتصادية هائلة في المنطقة بأكملها. وتلوثت مساحات ضخمة من البلدان الثلاثة. وقد ترسبت النويدات المشعة بكميات ملموسة في جميع بلدان نصف الكرة الشمالي.

١٩ - وكان هناك نحو ٨٠٠ ١ حالة سرطان بالغدة الدرقية في الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع وقت وقوع الحادث، وقد تحدث حالات أكثر إذا استمر الاتجاه الحالي خلال العقود القادمة. وفي عدا تلك الزيادة، لا يوجد ما يدل على تأثير هام في الصحة العامة يمكن عزوه إلى التعرض للإشعاع بعد مرور ١٤ عاماً على الحادث. وليس هناك دليل علمي على حدوث زيادات في المعدل العام لحدوث السرطان أو الوفيات أو في الاضطرابات غير الخبيثة يمكن عزوها إلى التعرض للإشعاع ولا يبدو أن خطر حدوث ابيضاض للدم، وهو من أهم الشواغل بسبب قصر زمن حضانته، يزداد، حتى بين العمال الذين اضطلعوا بجهود استعادة الحياة الطبيعية في منطقة الحادث. وعلى الرغم من أن الأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع بأكبر قدر معرضون بدرجة أكبر للآثار المرتبطة بالإشعاع، فإن الأغلبية العظمى من السكان ليسوا معرضين على الأرجح لتكبد عواقب صحية شديدة نتيجة للإشعاع من حادث تشرنوبيل.

الفصل الثالث

مصادر التعرض للإشعاع

٢٠ - الإشعاع المؤين هو موجات كهرمغنطيسية وجسيمات يمكنها أن تتأين، أي تزيل إلكتروناً من ذرة أو من جزيء من الوسط الذي تنتشر فيه. ويمكن أن ينبعث الإشعاع المؤين في عملية الانحلال الطبيعي لبعض النوى غير المستقرة أو بعد إثارة الذرات ونواها في المفاعلات النووية، أو السيكلوترونات، أو ماكينات الأشعة السينية أو غيرها من الأجهزة. ولأسباب تاريخية، يطلق على مكون الفوتون (الكهرمغنطيسي) من الإشعاع المؤين المنبعث من النواة المثارة اسم أشعة غاما وعلى الفوتونات المنبعثة من الآلات اسم الأشعة السينية. وعلى الجسيمات المشحونة المنبعثة من النواة اسم جسيمات ألفا (نوى الهليوم) وجسيمات بيتا (الإلكترونات).

٢١ - وتغيّر عملية التأين الذرات والجزيئات في المادة الحية بالضرورة، على الأقل بشكل عابر، وبذلك فإنها قد تعطب الخلايا. فإذا حدث العطب ولم يتم إصلاحه بصورة مناسبة، فإنه قد يمنع الخلية من البقاء حية، أو التكاثر أو أداء وظائفها الطبيعية. وكبديل لذلك، قد تنتج عنه خلية حية ولكنها محورة

٢٢ - والكمية الأساسية المستخدمة للتعبير عن تعرض مادة كجسم الإنسان هي الجرعة الممتصة ووحدتها الغراي (Gy). إلا أن الآثار البيولوجية لكل وحدة من الجرعة

الممتصة تختلف بإختلاف نوع الإشعاع والجزء المتعرض من الجسم. ولمراعاة تلك الاختلافات تستخدم كمية مرجحة تسمى الجرعة الفعالة، ووحدتها السيفرت (Sv). وتستخدم اللجنة دائماً الجرعة الفعالة عند التعبير عن مستويات التعرض البشري للإشعاع. وتسمى الجرعة الممتصة والجرعة الفعالة كلتاهما في هذا التقرير " الجرعة "، وتوفر الوحدات التمييز اللازم بينهما. ويوصف المصدر المشع بنشاطه، وهو عدد الاضمحلالات النووية لكل وحدة زمن. ووحدة النشاط هي البكريل (Bq). ويعادل البكريل الواحد اضمحلالاً واحداً في الثانية .

٢٣ - ولتقييم آثار تعرض مجموعة سكانية محددة، يمكن استخدام مجموع جميع الجرعات التي يتلقاها أفراد المجموعة، ويسمى " الجرعة التجميعية " (بوحدات سيفرت رجل). وتسمى قيمة الجرعة التجميعية مقسومة على عدد أفراد المجموعة السكانية المتعرضة الجرعة لكل فرد، ووحدتها السيفرت. وترد الإجراءات العامة التي تتبعها اللجنة لتقييم جرعات الإشعاع في المرفق ألف بهذا التقرير، المعنون "منهجيات تقدير الجرعة ".

ألف- التعرضات للإشعاع الطبيعي

٢٤ - إن جميع الكائنات الحية تتعرض بصورة مستمرة لإشعاع مؤين، موجود دائماً بصورة طبيعية. ومصادر ذلك التعرض هي الأشعة الكونية التي تأتي من الفضاء الخارجي ومن سطح الشمس، والنويدات المشعة الأرضية التي توجد في القشرة الأرضية، وفي مواد البناء وفي الهواء والماء والأغذية، وفي الجسم البشري نفسه. وبعض التعرضات ثابت إلى حد كبير ومنتظم بالنسبة لجميع الأشخاص في كل مكان، على سبيل المثال، الجرعة المتأتية من امتصاص عنصر البوتاسيوم -٤٠ في الأطعمة. وتتباين تعرضات أخرى بدرجة كبيرة تبعاً للمكان. فالأشعة الكونية، مثلاً، تكون كثافتها أعلى على الارتفاعات الكبيرة، وتركيزات اليورانيوم والثوريوم في أنواع التربة مرتفعة في مناطق محصورة. ويمكن أن تختلف التعرضات أيضاً نتيجة للممارسات والأنشطة البشرية. فمواد بناء المنازل والتصميم ونظم التهوية تؤثر بقوة بوجه خاص في مستويات غاز الرادون المشع ونواتج انحلاله داخل المباني، وهي تسهم بقسط كبير في الجرعات التي تمتص عن طريق الاستنشاق.

٢٥ - وفي هذا التقرير أعيد تقدير مكونات التعرض للإشعاع، المتأتية من المصادر الطبيعية على أساس المعلومات والبيانات المستقاة من القياسات وعلى أساس مواصلة تحليل العمليات التي تنطوي عليها هذه التعرضات. وترد النتائج في المرفق باء المعنون " التعرضات المتأتية من مصادر الإشعاع الطبيعية ". وقد أضيفت مكونات التعرضات لإعطاء تقدير لمتوسط التعرض العالمي. ولا يتعلق متوسط التعرض العالمي بأي فرد معين ،نظراً لوجود توزّعات واسعة للتعرضات المتأتية من كل مصدر على حدة، كما أن الجرعات الفعالة المترتبة على هذه التعرضات تتجمع معاً بطرق متنوعة في كل موقع، تبعاً للتركيز المحدد للنويدات المشعة في البيئة وفي الجسم، وخطي العرض والطول في الموقع وكثير من العوامل الأخرى .

٢٦ - وتقدر الجرعة الفعالة السنوية للفرد الواحد على النطاق العالمي بجمع مختلف المكونات كما هو ملخص في الجدول ١ . وتبلغ الجرعة الفعالة السنوية للفرد على نطاق العالم بسبب مصادر الإشعاع الطبيعية ٢,٤ ملي سيفرت. غير أن نطاق الجرعات الفردية واسع ويتوقع أن يتلقى نحو ٦٥ بالمائة في أي مجموعة سكانية كبيرة جرعات فعالة سنوية بين ١ ملي سيفرت و٣ ملي سيفرت، ونحو ٢٥ بالمائة من السكان أقل من ١ ملي سيفرت و١٠ بالمائة جرعات فعالة أكبر من ٣ ملي سيفرت.

الجدول ١
متوسط جرعات الإشعاع المتأتية من المصادر الطبيعية (ملي سيفرت)

المصدر	المتوسط العالمي للجرعة الفعالة السنوية	النطاق المعتاد
التعرض الخارجي		
الأشعة الكونية	٠,٤	٠,٣ – ١,٠ (أ)
أشعة غاما الأرضية	٠,٥	٠,٣ – ٠,٦ (ب)
التعرض الداخلي		
الاستنشاق (الرادون بصورة رئيسية)	١,٢	٠,٢ – ١٠ (ج)
الغذاء	٠,٣	٠,٢ – ٠,٨ (د)
المجموع	٢،٤	١ – ١٠

(أ) تتراوح بين مستوى سطح البحر و الارتفاعات البرية الكبيرة.

(ب) تبعا لتركيب النويدات المشعة فى التربة و مواد البناء.

(ج) تبعا لتراكم غاز الرادون فى المبانى.

(د) تبعا لتركيب النويدات في الأغذية وماء الشرب.

باء - التعرضات البيئية الاصطناعية

٢٧ - يحدث انطلاق للمواد المشعة فى البيئة كما يتعرض السكان للإشعاع نتيجة لأنشطة وممارسات و أحداث عديدة تنطوي على مصادر للإشعاع. ويرد تقدير للتعرضات الناجمة عن الأنشطة البشرية في المرفق جيم بهذا التقرير والمعنون "تعرضات الجمهور المتأتية من مصادر الإشعاع الاصطناعية ". وجاء الإسهام البشري الرئيسي في تعرض سكان العالم من تجارب الأسلحة النووية في الجو، في الفترة من ١٩٤٥ إلى ١٩٨٠. وقد نتج عن كل تفجير نووي تجريبي انطلاق غير محكوم لكميات ضخمة من المواد المشعة في الجو، انتشرت في مناطق شاسعة في الجو وترسبت على سطح الأرض في كل مكان.

٢٨ - وأولت اللجنة اهتماما خاصا لتقييم الجرعات الناجمة عن التفجيرات النووية في الجو. وقدرت الجرعة الفعالة التجميعية العالمية الناتجة من تلك الممارسة في تقرير اللجنة لعام ١٩٨٢ على أساس قياسات عديدة للترسب العالمي لعنصري ^{90}Sr (السترونشيوم ٩٠) و ^{137}Cs (السيزيوم ١٣٧) ووجود نويداتهما المشعة والنويدات المشعة الأخرى الناتجة من أنواع السقاطة الأخرى في الطعام و جسم الإنسان. وقد أجريت تلك القياسات والتقديرات في الأوقات التي كانت تجرى فيها التفجيرات.

٢٩ - وأصبحت معلومات جديدة متاحة الآن عن أعداد ونواتج التفجيرات النووية و لم تكشف البلدان التي أجرت التفجيرات تلك البيانات من قبل بسبب الحساسيات العسكرية. و يرد فى هذا التقرير (المرفق جيم) بيان محدّث للتفجيرات النووية التجريبية التي أجريت في كل موقع. وعلى الرغم من كشف النقاب عن إجمالي القوة التفجيرية لكل تجربة نووية، فإن حصيلة كل من الانشطار والاندماج النوويين لم يكشف النقاب عنها بعد. وقد وضعت افتراضات عامة للتمكن من تحديد حصائل الانشطار والاندماج لكل تجربة بهدف تقدير كميات النويدات المشعة الناتجة من التفجيرات. وتتفق تقديرات إجمالي حصائل الانشطار في التفجيرات مع الترسب العالمي للنويدات المشعة الرئيسية الناتجة من انشطار السترونشيوم ٩٠ والسيزيوم ١٣٧ كما تبينها قياسات شبكات الرصد في مختلف أنحاء العالم.

٣٠ - ومع تحسن تقديرات إنتاج كل نويدة مشعة في تجارب مفردة وباستخدام نموذج تجريبي في الجو، أصبح من الممكن الآن تقدير النسق الزمني لانتشار وترسب النويدات المشعة وتقدير الجرعات السنوية الناتجة من مختلف المسارات في كل من نصفي الكرة الأرضية. وبهذه الطريقة وجد بالحساب أن متوسط الجرعة الفعالة السنوية التي تلقاها العالم بلغ ذروة قدرها ١٥٠ميكروسيفرت في عام ١٩٦٣ وانخفض منذ ذلك الوقت إلى نحو ٥ ميكروسيفرت في عام ٢٠٠٠، من النويدات المشعة المتخلفة في البيئة، ومعظمها من السترونشيوم ٩٠، والكربون ١٤ والسيزيوم ١٣٧. ويزيد متوسط الجرعات السنوية بنسبة ١٠ بالمائة في النصف الكرة الشمالي عنه في النصف الجنوبي. وعلى الرغم من أنه كان هناك قلق شديد وقت إجراء التجارب النووية، فإن الجرعات السنوية ظلت منخفضة نسبيا، إذ بلغت في أقصى الحالات نسبة ٧ بالمائة من مستوى إشعاع الخلفية المتأتي من مصادر الإشعاع الطبيعية.

٣١ - وقدرت أيضا تعرضات السكان المحليين في المناطق المجاورة لمواقع التجارب باستخدام المعلومات المتاحة. ولا يسمح مستوى التفاصيل المتاحة غير الكافي بتوثيق هذه التعرضات بقدر كبير من الدقة. ولم يكن يولى اهتمام كبير للظروف المحلية وإمكانيات التعرض في السنوات الأولى من برامج التجارب النووية. غير أن جهود إعادة تصوّر هيكل الجرعات مستمرة لتوضيح هذه النتائج وتوثيق التعرضات والجرعات المحلية والإقليمية التي حدثت.

٣٢ - ولم تسبب التفجيرات الجوفية تعرضات فيما وراء مواقع التجارب إلا إذا تسربت غازات مشعة أو حدث لها تنفيس. ومعظم التفجيرات الجوفية كان أقل قوة إلى حد كبير من التجارب الجوية وكان بالإمكان احتواء الحطام النووي دائما. وكانت التفجيرات النووية تجرى بمعدل ٥٠ تفجيراً أو اكثر كل سنة من ١٩٦٢ إلى ١٩٩٠. وعلى الرغم من أن نية معظم البلدان تتجه إلى الاتفاق على حظر أي تجارب نووية أخرى، سواء الجوية أو الجوفية، فإن سريان معاهدة حظر التجارب النووية لم يبدأ بعد. وقد أجري المزيد من التفجيرات التجريبية الجوفية. لذلك، فإنه لا يمكن القول بأن هذه الممارسة قد توقفت.

٣٣ - وحدثت أثناء الفترة التي كانت تبنى فيها ترسانات الأسلحة النووية، ولا سيما في السنوات الأولى (١٩٤٥-١٩٦٠) انطلاقات لنويدات مشعة تعرضت لها المجموعات السكانية المحلية باتجاه الريح و في اتجاه مجارى الأنهار. ونظراً لأنه لم يكن هناك سوى اعتراف ضعيف بإمكانات التعرض للأشعة وكان رصد الانطلاقات محدوداً، فإن التقييم لابد من أن يبنى على إعادة تصوّر هيكل الجرعات. ولا تزال عملية الحصول على النتائج جارية لتوثيق هذه العملية. لقد تحسنت الممارسات كثيرا ويجري الآن تخفيض الترسانات النووية. وهكذا انخفضت التعرضات للإشعاع، الناجمة عن دورات الوقود العسكري لتصل إلى مستويات بالغة الانخفاض.

٣٤ - وهناك ممارسة لا تزال مستمرة وهي توليد الطاقة الكهربية باستخدام مفاعلات القدرة النووية. وبافتراض أن ممارسة التوليد هذه ستبقى لمدة مائة عام، يمكن تقدير الجرعة التجميعية القصوى من الجرعات التراكمية التي تحدث أثناء فترة الممارسة. وتساوي القيمة المقربة المنمطة لمائة عام ٦ سيفرت رجل لكل جيغاواط سنة. وبافتراض استمرار التوليد السنوي الحالي بمعدل ٢٥٠ جيغاواط سنة، تكون الجرعة التجميعية المقربة لكل سنة من سنوات الممارسة ١٥٠٠ سيفرت رجل لسكان العالم، وهو ما تنتج عنه جرعة قصوى مقدرة للفرد تقل عن ٠,٢ ميكروسيفرت في السنة.

٣٥ - وباستثناء الحوادث أو في مواقع تجمع النفايات النووية، التي تسبب تلوث مناطق محصورة بمستويات

ملحوظة، لا توجد ممارسات أخرى تؤدي إلى تعرضات هامة من النويدات المشعة المنطلقة في البيئة. ويجري استعراض تقديرات انطلاقات النظائر المشعة المنتجة والمستخدمة في التطبيقات الصناعية والطبية، لكن يبدو أن هذه الأنشطة لا تسفر إلا عن مستويات تعرض غير كبيرة. ويمكن القيام باستعراض الممارسات المستقبلية الممكنة، من قبيل تفكيك الأسلحة النووية، ووقف تشغيل المنشآت النووية ومشاريع التصرف في النفايات المشعة مع اكتساب الخبرة في هذه المجالات، إلا أنه يتوقع ألا تؤدي كل هذه الممارسات إلا إلى انطلاق كميات قليلة أو لا تطلق على الإطلاق أي نويدات مشعة وألا تسبب سوى جرعات لا تذكر. وفيما يتعلق بالممارسة الطبية، فإن أفراد الأسرة الذين يكونون على اتصال وثيق بمرضى يتلقون معالجة باليود المشع ١٣١ قد يتلقون أعلى جرعات فردية تبلغ في المتوسط ٠,٥ ملي سيفرت.

٣٦ - وقد يصبح التلوث البيئي والتعرضات البيئية ملحوظة عند وقوع الحوادث النووية. وكان حادث محطة تشرنوبيل للطاقة النووية مثالا بارزا لذلك. وكانت التعرضات قصوى في المناطق المحلية المحيطة بالمفاعل، لكن لوحظت تعرضات منخفضة المستوى أمكن تقديرها في الإقليم الأوروبي وفي نصف الكرة الشمالي بأكمله. وفي العام الأول بعد وقوع الحادث، كان المتوسط الإقليمي للجرعات السنوية في أوروبا خارج اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية السابق أقل من نسبة ٥٠ بالمائة من جرعة الخلفية الطبيعية. وتناقصت التعرضات التالية بسرعة. وتجري دراسة الجرعات الأعلى والعواقب الصحية الممكنة في منطقة الحادث.

٣٧ - وهناك عدة صناعات تعالج أو تستخدم كميات كبيرة من مواد خام تحتوي نويدات مشعة طبيعية. وقد تسهم التصريفات التي تنطلق من هذه المصانع في الجو وفي الماء بالإضافة إلى استخدام النواتج الثانوية ومواد النفايات في زيادة تعرض الجمهور للإشعاع. وتنشأ التعرضات القصوى المقدرة من إنتاج حمض الفسفوريك، والصناعات المعدنية القائمة على معالجة الرمال و محطات القوى التي يستخدم فيها وقود الفحم. وعلى الرغم من أن بعض الأهالي المحليين في هذه المناطق يمكن أن يتلقوا جرعات سنوية تبلغ نحو ١٠٠ ميكروسيفرت، فإن نطاق الجرعات ١-١٠ ميكروسيفرت قد يكون أكثر شيوعا.

جيم — التعرضات الطبية للإشعاع

٣٨ - إن استخدام الإشعاع المؤين للتشخيص و العلاج الطبي منتشر في جميع أنحاء العالم. وهناك تباينات كبيرة من بلد لآخر في الموارد الوطنية المخصصة لعلم الأشعة الطبي والممارسات في هذا المجال. وتنحصر التعرضات الطبية بصفة عامة في العضو أو النسيج موضع الاهتمام في الجسم، وتمارس هذه التعرضات لأغراض إكلينيكية محددة بحيث تكون ذات فائدة مباشرة للأشخاص الذين يخضعون للتشخيص أو العلاج. وتتسم التعرضات التشخيصية بجرعات منخفضة إلى حد ما يتلقاها المريض المعني (تتراوح الجرعات الفعالة عادة بين ٠,١ و١٠ملي سيفرت) تكون كافية من حيث المبدأ للحصول على المعلومات الإكلينيكية المطلوبة وحسب. وترد الجرعات الناتجة للفرد الواحد من السكان في الجدول ٢. وفي المقابل، نجد أن التعرضات العلاجية تنطوي على جرعات أعلى كثيراً تسلط على الأورام بدقة (الجرعات الموصوفة تكون عادة بين ٢٠ و ٦٠ غراي) بهدف استئصال المرض، والسرطان على وجه التخصيص، أو لتخفيف الأعراض. وتجرى أعداد صغيرة نسبياً من التعرضات التشخيصية والعلاجية على متطوعين في دراسات محكومة لأغراض البحث. وعلم الأشعة الطبي يجرى بصورة منهجية وحوادث الإشعاع الناجمة عنه قليلة الحدوث إلى حد كبير.

٣٩ - وقامت اللجنة بتقدير التعرضات الناتجة من التقنيات الإشعاعية الطبية على أساس معلومات تحصل عليها من

استبيانات توزع على جميع الدول الأعضاء. وقد تم تحديد أربعة مستويات للرعاية الصحية على أساس عدد الأطباء المتاح لخدمة سكان البلد. ويتراوح هذا العدد بين طبيب واحد لكل ١ ٠٠٠ من السكان عند المستوى الأعلى (مستوى الرعاية الصحية الأول) وطبيب واحد لأكثر من ١٠ ٠٠٠ من السكان (مستوى الرعاية الصحية الرابع). وقد تم توسيط البيانات المتاحة للحصول على معدلات تمثيلية لتواتر استخدام التقنيات أو التعرضات الناجمة عنها داخل البلدان عند كل مستوى من مستويات الرعاية الصحية. ومن ثم أجري استكمال خارجي (بالاستقراء) للتواترات لسكان جميع البلدان في إطار كل مستوى للرعاية الصحية ولسكان العالم أجمع. وترد النتائج في الجدول ٢. وترد النتائج المفصلة لتقييم اللجنة في المرفق دال المعنون "التعرضات الطبية للإشعاع ".

الجدول ٢

التعرضات للإشعاع نتيجة للفحوص الطبية التشخيصية بالأشعة السينية

مستوى الرعاية الصحية	عدد السكان الذين يخدمهم طبيب	العدد السنوي للفحوص لكل ١٠٠٠ من السكان	متوسط الجرعة الفعالة السنوية للسكان (ملي سيفرت)
الأول	١٠٠٠>	٩٢٠	١,٢
الثاني	١٠٠٠-٣٠٠٠	١٥٠	٠,١٤
الثالث	٣٠٠٠-١٠٠٠٠	٢٠	٠,٠٢
الرابع	١٠٠٠٠<	٢٠>	٠,٠٢>
المتوسط على نطاق العالم		٣٣٠	٠,٤

٤٠ - و تشير الاتجاهات الزمنية لتقديرات عدد التقنيات في علم الإشعاع الطبي، المستقاة من مختلف الاستعراضات التي اضطلعت بها اللجنة، إلى زيادة مستمرة في هذا العدد. ويمكن توقع مزيد من الزيادات في استخدامات الإشعاع الطبي والجرعات الناتجة عنها نتيجة للتغيرات التي تطرأ على أنماط الرعاية الصحية التي تيسرها الإنجازات المتحققة في التكنولوجيا والتطورات الاقتصادية. فعلى سبيل المثال، ترجح زيادة استخدامات الأشعة السينية، وعلى وجه الخصوص مع نمو أهمية التصوير المقطعي المحوسب والتقنيات التدخلية. وستدفع الممارسات في الطب النووي نتيجة لاستخدام مواد صيدلانية مشعة جديدة وأكثر تخصصا في مجالي التشخيص والعلاج، كما سيزداد الطلب على العلاج بالأشعة مع تزايد عدد المسنين. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن توقع استمرار النمو في علم الأشعة الطبي في البلدان النامية حيث لا يزال هناك نقص في التسهيلات والخدمات.

٤١ - وعليه، فإن هناك ضرورة لأن تضطلع اللجنة بمزيد من الاستعراضات الرسمية للممارسات العالمية، مع التجميع المنهجي المنتظم لبيانات المسوح الوطنية، ولاسيما من المناطق التي تشح فيها المعرفة حاليا، واستكشاف وسائل أفضل للنمذجة بهدف توفير تقديرات محسنة للتعرضات الإشعاعية على النطاق العالمي. وستساعد هذه المهمة الكبيرة على الرصد والتعريف بمستويات واتجاهات الجرعات المتأتية من الطب الإشعاعي باعتباره ممارسة هامة سريعة التطور، كما أنها ستحفز عمل مزيد من التقييمات والاستعراضات الناقدة لممارسات مختلف البلدان.

دال - التعرضات المهنية للإشعاع

٤٢ - يوجد عدد من المهن يتعرض فيها العاملون لمصادر اصطناعية للإشعاع، كما هو الحال في المنشآت النووية والعيادات الطبية، ويتعرض بعض العمال لمستويات معززة من الإشعاع الطبيعي. وتستخدم اللجنة مصطلح "التعرض المهني "ليعني التعرضات في مكان العمل التي ترتبط بالعمل

بصورة مباشرة. وتم تقييم التعرضات المهنية للإشعاع من واقع البيانات التي قدمتها السلطات الوطنية إلى اللجنة في ردودها على الاستبيانات. وتتسم البيانات الملخصة في المرفق هاء المعنون "التعرضات المهنية للإشعاع" بالشمول والاتساع. وقد قدمت البيانات المتوسطة لمدد كل منها خمس سنوات على مدى الفترة ١٩٧٥-١٩٩٤. وأولي الاهتمام الأكبر للتعرضات المتأتية من المصادر الاصطناعية؛ وتسجل البلدان هذه البيانات عادة لأغراض قانونية وتنظيمية. وحيثما لزم بيان متوسط التعرضات التي تتلقاها قوة عمل ما، استخدم عدد العاملين ليكون هو عدد العاملين الذين خضعوا للمراقبة والرصد.

٤٣ - وقد استفادت اللجنة في عمل تقديرات التعرض المهني للإشعاع الواردة في هذا التقرير من قاعدة بيانات أشمل وأكمل كثيرا مما كان متاحا للجنة من قبل. وتجسدت جهود البلدان لتسجيل وتحسين بيانات قياس الجرعات في ردودها على استقصاء اللجنة بشأن التعرضات المهنية للإشعاع وأدت إلى تحسين تقديرات الجرعات المهنية.

٤٤ - والتقدير الحالي الذي تضعه اللجنة للجرعة الفعالة التجميعية العالمية التي يتلقاها العاملون من المصادر الاصطناعية لأوائل التسعينات، وهو ٢ ٧٠٠ سيفرت رجل هو أقل بمعامل قدره ٢ من التقدير الذي وضعته اللجنة لأواخر السبعينات. ويأتي جزء كبير من هذا الخفض في مجال دورة وقود الطاقة النووية، ولاسيما في قطاع تعدين اليورانيوم. غير أنه تلاحظ انخفاضات في جميع الفئات الرئيسية: الاستخدامات الصناعية، والاستخدامات الطبية، والأنشطة الدفاعية، والتعليم. وينعكس هذا الاتجاه أيضا في متوسط الجرعة الفعالة السنوية العالمية، الذي هبط من نحو ١,٩ ملي سيفرت إلى ٠,٦ ملي سيفرت. ويبين الجدول ٣ متوسطات الجرعات السنوية التي يتلقاها العاملون في مختلف المهن.

الجدول ٣

التعرضات المهنية للإشعاع

المصدر أو الممارسة	عدد العاملين الموجودين (بالآلاف)	متوسط الجرعة الفعالة السنوية (ملي سيفرت)
المصادر الاصطناعية		
دورة الوقود النووي (بما في ذلك تعدين اليورانيوم)	٨٠٠	١,٨
استخدامات الإشعاع الصناعية	٧٠٠	٠,٥
الأنشطة الدفاعية	٤٢٠	٠,٢
استخدامات الإشعاع الطبية	٢٣٢٠	٠,٣
التعليم/ الطب البيطري	٣٦٠	٠,١
المجموع من المصادر الاصطناعية	**٤٦٠٠**	**٠,٦**
المصادر الطبيعية المعززة		
السفر الجوي (الطاقم)	٢٥٠	٣,٠
التعدين (بخلاف الفحم)	٧٦٠	٢,٧
تعدين الفحم	٣٩١٠	٠,٧
تجهيز المعادن	٣٠٠	١,٠
أماكن العمل فوق سطح الأرض (غاز الرادون)	١٢٥٠	٤,٨
المجموع من المصادر الطبيعية	**٦٥٠٠**	**١,٨**

٤٥ - ولم تبذل محاولة لاستنتاج أي اتجاه في تقديرات الجرعات الناشئة من التعرض المهني لمصادر الإشعاع الطبيعية المعززة، نظرا لأن البيانات الداعمة محدودة إلى حد ما.

وتضمن تقرير عام ١٩٨٨ تقديرا مبدئيا يبلغ نحو ٢٠ ٠٠٠ سيفرت رجل من ذلك المصدر، وقد روجع ذلك التقدير فيما بعد لينخفض إلى ٨ ٦٠٠ سيفرت رجل في تقرير ١٩٩٣. والرقم المناظر للفترة ١٩٩٠-١٩٩٤ هو ٥ ٧٠٠ سيفرت رجل؛ غير أنه أضيف عنصر جديد هام لهذه الفترة وهو التعرض المهني لمستويات عالية من غاز الرادون ونواتجه، مما نتج عنه رفع التقدير العام للجرعة التجميعية إلى ١١ ٧٠٠ سيفرت رجل. ولا يزال هذا الرقم تقديرا أوليا وتدعو الحاجة إلى الحصول على بيانات أفضل كثيرا. وسيكون ذلك تحديا أمام التقييم التالي الذي ستضطلع به اللجنة.

هاء- مقارنة التعرضات

٤٦ - ترد في الجدول ٤ مقارنة لجرعات الإشعاع التي يتلقاها سكان العالم من مختلف مصادر التعرض. وهناك كميتان تجدر المقارنة بينهما. فبالنسبة إلى المصدر الثابت أو المصدر الذي لا يتغير إلا نتيجة لعمليات تجري في الطبيعة، تستخدم الجرعة الفعالة العالمية السنوية للفرد الواحد. وتستخدم هذه الكمية أيضا لتقييم المصدر الذي يسبب كل تعرضاته خلال وقت قصير. أما بالنسبة إلى المصادر التي يحدث التعرض لها على مدى فترات طويلة، فإنه يلزم بيان الاتجاه مع تغير الزمن. والقيم المبينة في الجدول ٤ هي الجرعات السنوية بعد توسيطها بالنسبة لسكان العالم، وهي ليست بالضرورة الجرعات التي يتعرض لها أي فرد بعينه. ونظرا للتباينات الواسعة بين التعرضات، تبعا للمنطقة والمكان والعادات الشخصية والنظام الغذائي وغيرها، فإن الجرعات التي يتلقاها الأفراد تختلف.

٤٧ - والإسهام الأعظم في التعرض للإشعاع يأتي من مصادر الخلفية الطبيعية. فالجرعة السنوية للفرد هي ٢,٤ ملي سيفرت وقد يتراوح النطاق في الظروف المعتادة بين ١و١٠ ملي سيفرت. غير أنه توجد مجموعات صغيرة من الأشخاص قد تتعرض لمستويات أعلى كثيرا من ذلك. وتنشأ مستويات تعرض خارجي عالية بسبب المحتوى الطبيعي من النويدات المشعة الطبيعية في بعض الأماكن؛ وتعرف هذه المناطق بالمناطق ذات الخلفية الإشعاعية العالية. والتباين أكبر كثيرا وأوسع انتشارا بين مستويات تركيز الرادون في الهواء داخل المباني.

٤٨ - والإسهام الأكبر التالي في تعرض الأفراد على النطاق العالمي يأتي من تقنيات الإشعاع الطبية. وهناك اتجاه متزايد في هذه التعرضات، مما يعكس الانتشار الواسع لاستخدام وتوافر خدمات الإشعاع الطبية في شتى أنحاء العالم.

٤٩ - وقد كان تعرض سكان العالم بسبب التفجيرات التجريبية النووية في الجو يعتبر كبيرا إلى حد بعيد في الوقت الذي سادت فيه أعلى كثافة للتجارب النووية (١٩٥٨-١٩٦٢) عندما أدرك اتساع انتشار هذا التعرض. وأسفرت التجارب عن انطلاق غير محكوم لكميات كبيرة من المواد المشعة في الجو مباشرة. ومن جميع الممارسات البشرية أو الأحداث التي تنطوي على نشاط بشري، نتج عن التجارب النووية في الجو انطلاق أكبر كميات من النويدات المشعة في البيئة. وبلغت التعرضات السنوية، في المتوسط، نسبة ٧ بالمائة من الخلفية الطبيعية في الذروة التي بلغتها في ١٩٦٣. ولا تزال المستويات المتخلفة من النويدات الأطول عمرا، الموجودة في البيئة، تسهم قليلا في التعرض السنوي لسكان العالم.

الجدول ٤

الجرعات الفعالة السنوية للفرد في عام ٢٠٠٠ من المصادر الطبيعية والاصطناعية

المصدر	الجرعة الفعالة السنوية للفرد على النطاق العالمي (ملي سيفرت)	نطاق التعرض أو الاتجاه السائد فيه
الخلفية الطبيعية	٢,٤	يتراوح في المعتاد بين ١و١٠ ملي سيفرت، تبعا للظروف في مناطق معينة، مع تعرض أعداد ذات بال من الأشخاص أيضا لنطاق يتراوح بين ١٠و ٢٠ ملي سيفرت.
الفحوص الطبية التشخيصية	٠,٤	يتراوح بين ٠,٠٤ و ١,٠ ملي سيفرت عند المستويين الأدنى والأعلى للرعاية الصحية.
التجارب النووية في الجو	٠,٠٠٥	انخفض من ذروة بلغت ٠,١٥ ملي سيفرت في عام ١٩٦٣. والتعرض أكبر في نصف الكرة الشمالي و أقل في نصف الكرة الجنوبي.
حوادث تشرنوبيل	٠,٠٠٢	انخفض من ذروة بلغت ٠,٠٤ ملي سيفرت في ١٩٨٦ (المتوسط في نصف الكرة الشمالي). أعلى في الأماكن الأقرب لموقع الحادث.
إنتاج الطاقة النووية (انظر الفقرة ٣٤)	٠,٠٠٢	زاد التعرض مع التوسع في البرامج لكنه انخفض مع تحسن الممارسة.

الفصل الرابع

السرطان المرتبط بالإشعاع

٥٠ - تحدث آثار الإشعاع نتيجة للضرر الذي يلحق بالخلايا بسبب تفاعلات الإشعاع. وقد ينتج عن الضرر هلاك الخلايا أو تحورها الذي يمكن أن يؤثر في الأداء الطبيعي لوظائف الأعضاء والأنسجة.ولا تتأثر معظم أعضاء الجسم وأنسجته بفقد أعداد ربما تكون كبيرة من الخلايا. غير أنه إذا أصبح العدد المفقود كبيرا، فإنه يحدث ضرر كبير للعضو أو النسيج وبالتالي للشخص. ولا يحدث مثل هذا الضرر إلا إذا كانت جرعة الإشعاع كبيرة بقدر يكفي لقتل عدد كبير من الخلايا. ويحدث هذا النوع من الضرر في جميع الأفراد الذين يتلقون جرعة حادة تزيد على عتبة التأثير وتسمى جرعة "قطعية".

٥١ - وإذا لم تقتل الخلية وإنما تحورت فقط نتيجة لضرر الإشعاع، فإنه يتم عادة إصلاح الضرر الذي حدث في الخلية القادرة على الحياة. أما إذ كان الإصلاح غير تام فإن التحوير ينتقل إلى الخلايا الوليدة وقد يؤدي في النهاية إلى حدوث سرطان في النسيج أو العضو المعني في الشخص المتعرض للإشعاع. وإذا كانت الخلايا المعطوبة التي تنقل المعلومات الوراثية إلى نسل الشخص المتعرض، فإنه قد تنشأ اختلالات وراثية. وتسمى هذه الآثار التي تحدث في الأفراد وذريتهم آثارا "اتفاقية"، بمعنى أنها ذات طابع عشوائي.

٥٢ - وخلاصة القول أن الآثار القطعية (الحادة) لا تحدث إلا إذا كانت جرعة الإشعاع كبيرة، كما هو الحال في الحوادث. وقد تنتج الآثار الاتفاقية (السرطان والآثار الوراثية) بسبب عطب يصيب خلية واحدة. وكلما زادت الجرعة التي يتلقاها النسيج من مستوى منخفض، كلما زاد عدد الخلايا التي يصيبها الضرر وزاد احتمال حدوث الآثار الاتفاقية.

٥٣ - وعلى مدى الـ٤٥ سنة الماضية، استعرضت اللجنة المعلومات المتصلة بآثار الإشعاع البيولوجية، وحدثت تطورات علمية هائلة نتج عنها تحسن في فهم أبعاد الموضوع. وفيما يلي ملخص للمعرفة الحالية بشأن آثار الإشعاع ولأهم نتائج التقييمات التي اضطلعت بها اللجنة.

ألف- الآثار الإشعاعية الحيوية بعد تلقي جرعات منخفضة من الإشعاع

٥٤ - قامت اللجنة باستعراض المجال الواسع للدراسات التجريبية لآثار الإشعاع في النظم الخلوية و في النباتات والحيوانات. ويشكل الكثير من تلك الاستجابات والعوامل المؤثرة فيها أساسا للمعرفة المتعلقة بتأثيرات الإشعاع في الإنسان ويمكن تقييمها بتفصيل أكبر من الدراسات التي تجرى على البشر. وبالإضافة إلى ذلك فإن أساسيات علم البيولوجيا الإشعاعية تشمل اليوم مجال البيولوجيا الإشعاعية الجزيئية التي تسهم في فهم آليات الاستجابة للإشعاع.

٥٥ - إن العطب الذي يصيب حمض الديوكسي ريبونيوكليك (د.ن.أ) في الخلية هو الحدث البادئ الرئيسي الذي يسبب الإشعاع عن طريقه الضرر الطويل الأجل الذي يلحق بأعضاء الجسم وأنسجته. وتعتبر التكسرات المزدوجة الضفيرة في حمض د.ن.أ أكثر التركيبات احتمالا لحدوث عطب جاسم. ومسارات الإشعاع الأحادية قادرة على إحداث تكسرات مزدوجة الضفيرة ويمكن أن تسفر، في حالة الإصلاح غير التام الكفاءة، عن عطب طويل الأجل، حتى عند أضعف الجرعات. وقد يؤثر العطب الذي يحدث في مكونات خلوية أخرى في الأداء الوظيفي للخلية والتحول إلى حالة النمو الخبيث.

٥٦ - وتشترك جينات عديدة في الاستجابة الخلوية، للإشعاع، منها الجينات المسؤولة عن إصلاح العطب في حمض د.ن.أ وعن تنظيم الدورة الخلوية. ويتجلى حدوث طفرة في تلك الجينات في عدة اختلالات في البشر تكسب الأشخاص المعنيين حساسية للإشعاع واستعداداً للإصابة بالسرطان. فعلى سبيل المثال، قد لا تتيح الطفرة في أحد الجينات التي تسمى جينات نقط المراجعة الوقت الكافي لإصلاح العطب، لأن الخلية تفقد قدرتها على تأخير تقدم الدورة الخلوية عقب التعرض للإشعاع.

٥٧ - ويوجد في الخلايا عدد من المسارات البيوكيميائية القادرة على التعرف على أشكال محددة من العطب وعلى التعامل معها. ويستعرض هذا الموضوع في المرفق واو المعنون "إصلاح حمض د.ن.أ ونشوء الطفرات". وهناك جين واحد يؤدي دورا حاسما هو الجين الكابت للأورام "TP53 " الذي يفقد أو يتطفر في أكثر من نصف جميع الأورام التي تصيب البشر. وينظم البروتين " P53 " الذي ينتجه هذا الجين كلا من وقف الدورة الخلوية وأحد مسارات الإستماتة (موت الخلية المبرمج وهو وسيلة أساسية لمنع بعض الخلايا المعطوبة من الانتقال إلى مرحلة النمو المتحول الخبيث). وبعض هذه المسارات البيوكيميائية يشترك أيضا في عمليات الاستجابة أو التكيف للإجهاد التي تعمل على الحد من مدى العطب ونتائجه. وحتى مع وجود هذه العمليات الوقائية المستحثة والفاعلة، يتضح أن سوء إصلاح العطب الناتج عن الإشعاع يوفر إمكانية الانتقال إلى تحريض السرطان أو إلى مرض وراثي.

٥٨ - وتنظم طلائع الجينات الورمية (جينات قد تنشط بشكل غير سليم ومن ثم تشترك في تكوّن الورم) والجينات الكابتة للأورام مجموعة معقدة من المسارات البيوكيميائية المسؤولة عن العمليات الخلوية ومنها الإشارات، والتفاعلات الخلوية، والنمو، والتطفير، والاستماتة، والثبات المحيني، وتمايز الخلايا. وحدوث طفرة في تلك الجينات يمكن أن يضعف هذه الضوابط ويسهم في التسرطن المتعدد المراحل.

٥٩ - وكثيرا ما يرتبط تنشيط طلائع الجينات الورمية الذي ينتج عن تغيير المواقع في الصبغيات بمراحل مبكرة من تطور ابيضاض الدم والأورام اللمفية، رغم أنه يحدث أيضا فقدان للجينات. وفي حالة كثير من الأورام الجامدة يلزم حدوث طفرة تؤدي إلى فقدان وظيفي للجينات الكابتة للأورام التي تنظم التكاثر الخلوي في أنسجة محددة. وقد يكون بدء عدم استقرار مجيني عن طريق تكوّن مزيد من الطفرات في نسائل الخلايا حدثا حاسما في التحول من الحالة الحميدة إلى الحالة الخبيثة. ويعتقد أيضا أن فقدان تنظيم عملية الاستماتة مهم طوال عملية نشوء الورم.

٦٠ - وترد في المرفق زاي دراسة للطابع المتعدد المراحل لتكوّن الورم، وهو معنون "الآثار البيولوجية في جرعات الإشعاع المنخفضة". وتظل هناك حاجة إلى الحصول على معلومات كثيرة عن العملية. وعلى الرغم من أن مفهوم الطفرات المتفاعلة المتتالية للجينات باعتبارها القوة الدافعة لنشوء الورم يتأكد بصورة أقوى، فإنه يوجد قصور في فهم العلاقة المعقدة بين تلك الأحداث وعواقب السلوك الخلوي والاستقرار الوراثي للأنسجة؛ وهناك شكوك أيضا بشأن إسهام أحداث خلوية غير تطفرية (فوق جينية) مثل صمت الجينات والتغييرات في الاتصالات الخلوية.

٦١ - وتندر الأدلة المباشرة عن طبيعة الأحداث البادئة المرتبطة بالإشعاع في الأورام البشرية، ولا يتوقع تحقيق تقدم سريع في هذا المجال. وبالمقابل يتحقق تقدم طيب في كشف الأحداث المبكرة في الأورام المرتبطة بالإشعاع في نماذج الفئران. وتعزز تلك الملاحظات الجزيئية وجهة النظر التي أعرب عنها في تقرير ١٩٩٣ بأن تكوّن الأورام المستحث بالإشعاع يتجه إلى الاستمرار عن طريق حدوث خسائر في الجينات؛ غير أنه لا ينبغي استبعاد احتمال مشاركة الأحداث فوق الجينية.

٦٢ - وتشير معلومات كثيرة إلى الأهمية الحاسمة لإصلاح حمض د.ن.أ وغيره من وظائف الاستجابة الأخرى للعطب في عملية تكوّن الورم. وتؤثر وظائف الاستجابة لعطب حمض د.ن.أ في ظهور الأحداث البادئة في العملية المتعددة المراحل، وتقلل احتمال اكتساب الورم الحميد تلقائيا للطفرات الثانوية اللازمة للتحول الكامل إلى الحالة الخبيثة. وهكذا، تؤدي جينات الاستجابة لعطب حمض د.ن.أ في الأورام دورا هاما في التحول التلقائي إلى حالة عدم الاستقرار المجيني.

٦٣ - وتتعرض عملية إصلاح الأعطاب المعقدة أحيانا في حمض د.ن.أ المزدوج الضفيرة إلى حدوث أخطاء فيها بدرجة كبيرة وهي عملية هامة في تحديد تأثيرات الجرعة ومعدل الجرعة ونوعية الإشعاع في الخلايا. ولا تزال الشكوك تحيط بأهمية الاستجابات التكيفية لعطب حمض د.ن.أ في عملية تكوّن الورم؛ ولا يزال يتعين دراسة الأساس الميكانيكي لهذه الاستجابات جيدا، على الرغم من أن وجود ارتباطات مع استحثاث استجابات بيوكيميائية للإجهاد يبدو مرجحاً. وتلقي الإنجازات العلمية الحديثة الضوء على الفروق في التعقيد وإمكانيات الإصلاح بين أعطاب د.ن.أ المستحثة بالإشعاع وأعطابه الناشئة عفويا. ولا تشجع تلك البيانات على بناء الأحكام المتعلقة بالاستجابة للجرعات المنخفضة على مقارنة الوفرة العامة للأعطاب بدلا من بنائها على طبيعة هذه الأعطاب.

٦٤ - واستعرضت اللجنة في تقرير ١٩٩٤ نتائج بحوث الاستجابات التكيفية للإشعاع في الخلايا والكائنات الحية وأعطت تعبيراً نموذجياً عن الاستجابة التكيفية. وفسرت الظاهرة بأنها تحدث نتيجة لجرعة بادئة صغيرة تنشط آلية إصلاح تقلل التأثر بجرعة لاحقة (متحدية) أكبر. ويبدو أن نطاق الجرعات البادئة محدود، وأن الوقت اللازم لإظهار التحدي حرج وأنه يلزم أن تكون الجرعة المتحدية ذات قدر معقول. ويتباين التحدي بشدة بين مختلف مانحي الخلايا اللمفية. ومع ذلك، فإن الاستجابة التكيفية قد لوحظت في نظم كثيرة، منها الخلايا اللمفية البشرية

ومجموعة متنوعة من خلايا الفئران ومع بعض العوامل الكيميائية مثل فوق أكسيد الهيدروجين والبليوميسين وكذلك مع الإشعاع. إلا أنه يبدو حتى الآن أنه لا يوجد عموما خفض يمكن تكراره في استحثاث الورم عقب التشعع بجرعات منخفضة.

٦٥ - والافتراضات الأساسية للاستجابة للإشعاع هي أن أي تفاعل إشعاعي مع حمض د.ن.أ يسفر عن عطب إذا لم يتم إصلاحه أو كان إصلاحه غير سليم قد يمثل حدثا بادئا في مسار تكوّن الورم. ويؤدي تطفر الجينات عموما إلى تعديل تعبيرها، مع فقدان نواتج جينية (بروتينات) أو تغيير خصائصها أو كمياتها. عندئذ يمكن أن يختل التوازن البيوكيميائي للخلية، مما يضعف تنظيم الإشارات الخلوية أو برامج التكاثر والتمايز. وبهذه الطريقة قد تتاح للخلايا المتطفرة فرصة الاستمرار في النمو النسيلي بدلا من كبحها أو إهلاكها. وقد تنطوي هذه التغيرات على بعض الأحداث غير التطفرية (فوق الجينية) أو الأعطاب أو قد تسهم هذه الأحداث فيها. وفي بعض الحالات قد يفقد المجين استقراره، مما يتيح إمكانية تراكم مزيد من الطفرات مما قد يحفز تكوّن الورم.

٦٦ - ويمكن الاسترشاد في الحكم على ما إذا كان لابد من وجود مستوى عتبي للتعرض لا تحدث استجابة بيولوجية أدناه بتطبيق الاعتبارات الميكانيكية. وتوجد على وجه التحديد حاجة إلى معرفة ما إذا كانت عمليات الإصلاح تكون أكثر كفاءة وأنها تتقوى بفعل الاستجابة التكيفية في الجرعات المنخفضة جدا، مما يمنع حدوث أي عطب لمكونات الخلية. ولا يمكن أن تكون هناك مثل هذه العتبة إذا كانت عمليات الإصلاح تامة الفعالية في ذلك النطاق الجرعي أو إذا لم يكن أي سبيل بمفرده قادرا على إحداث أثر. إن عدم وجود مؤشرات متماسكة عن حدوث انحرافات بارزة عن المنحنى الخطي لاستجابة تكوّن الورم عند الجرعات المنخفضة في نقط النهاية الخلوية (الانحرافات الصبغية وتطفر الجينات، وتحول الخلايا)، ونشاط مسالك إصلاح د.ن.أ المعرضة للأخطاء بصورة تم توضيحها جيدا، والدليل على طابع العطب العفوي لحمض د.ن.أ في خلايا الثدييات - كل ذلك يقف ضد فرضية وجود عمليات تكيفية أو عمليات أخرى تؤيد وجود عتبة جرعة لإحداث الآثار الإشعاعية. وتعتبر العمليات الخلوية من قبيل الاستماتة (الموت المبرمج للخلايا) والتمايز الخلوي، التي تمكّن من الوقاية من الأطوار اللاحقة لتكوّن الورم، فعالة، ولكن يمكن إهمالها؛ وليس هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذه الدفاعات تعمل في حالة الأورام العفوية بطريقة مختلفة عن الأورام المستحثة بالإشعاع أو بأن لها ارتباطات محددة بالجرعة.

٦٧ - من هنا يمكن أن نستنتج، بقدر ما هو معروف الآن، أن الإشعاع، حتى في الجرعات المنخفضة، يمكن أن يعمل كبادئ للتطفر الذي يؤدي إلى تكوّن الأورام وأنه لا يرجح أن تظهر الدفاعات المضادة لتكوّن الأورام ارتهانا بالجرعة. وعموما، فان استجابة تكوّن الأورام لا تبدو كدالة معقدة لزيادة الجرعة. وأفضل تمثيل للعلاقة هو العلاقة الخطية، وهو ما يتفق مع معظم البيانات الكمية والميكانيكية المتوفرة. وقد تكون هناك اختلافات في الاستجابة بالنسبة لمختلف أنواع الأورام، ولا مفر من وجود اختلافات إحصائية في كل مجموعة بيانات. ويلاحظ حيود عن الخطية في بيانات ابيضاض الدم (اللوكيميا)، التي تستخدم بشأنها دالة خطية - تربيعية. وقد تكون هناك عتبات افتراضية لسرطان الجلد وبعض السرطانات المستحثة من المصادر الباعثة لجسيمات ألفا. ونظرا للطابع المتعدد الخطوات لعملية تكوّن الورم، لا تستخدم الدالة الخطية أو الدالة الخطية - التربيعية لأغراض التمثيل البياني إلا لتقييم المخاطر المحتملة للإشعاع. لأن الاستجابة الفعلية قد تنطوي

على عدة عمليات متنافسة لا يمكن حتى الآن التمييز بينها بصورة منفصلة.

باء – الآثار المشتركة

٦٨ – تعد التعرضات المشتركة للإشعاع والعوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الأخرى في البيئة من خصائص الحياة. ويستعرض المرفق جاء المعنون "الآثار المشتركة للإشعاع والعوامل الأخرى". خصائص وآثار التعرضات المشتركة. وعلى الرغم من شيوع الآثار المشتركة المتآزرة والمتضادة في التعرضات العالية، إلا أنه لا توجد حقائق مؤكدة لانحرافات واسعة عن الطابع الجمعي للتعرضات المهنية أو البيئية المحكومة. وذلك صحيح بالنسبة إلى الاعتبارات الميكانيكية و الدراسات التي تجرى على الحيوان والتقديرات القائمة على الوبائيات. ولذلك، وعلى الرغم من الأهمية المحتملة للآثار المشتركة، فإن النتاج المستقاة من تقديرات الآثار الناتجة عن عامل مفرد على صحة الفرد يعتقد أنها ملائمة للتطبيق عامة على مواقف التعرض التي تنطوي على عدة عوامل.

٦٩ – ويعتمد الانحراف عن الطابع الجمعي لآثار التعرض على خصوصية العوامل في الخطوات المختلفة من التسلسل المؤدي إلى الأثر الإكلينيكي. ومع ذلك لا يتوقع حدوث هذه الآثار إلا في حالات حيث يكون العاملان مسؤولين معا عن جزء كبير من مجموع التحولات خلال سلسلة الأحداث. ويمكن التنبؤ بحدوث زيادة بسيطة في حالة العوامل التي تعمل بصورة مستقلة ومن خلال تقنيات ومسارات مختلفة.

٧٠ – ونظرا لانتشار التعرض لكل من دخان السجائر وغاز الرادون، فإن الأثر المشترك يكتسب أهمية خاصة. دخان السجائر خليط معقد من عوامل كيميائية وفيزيائية وليست هناك حتى الآن صورة واضحة عن تقنيات التفاعل بينها. وتشير البيانات الوبائية بوضوح إلى أن التفاعل على المستويات المتوسطة وحتى المستويات العالية للتعرض يؤدى إلى ما هو اكثر من الآثار الجمعية على سرطان الرئة. وعلى سبيل المثال، تظهر بوضوح في الدراسات التي أجريت على غاز الرادون وعمال المناجم المدخنين تعزز مخاطر الإشعاع (أكثر من جمعية ولكن أقل من تضاعفية).

٧١ – وباستثناء الإشعاع والتدخين، لا تشير البيانات الوبائية إلى قليلا إلى الحاجة إلى التحيز بقوة إلى الآثار المشتركة المتآزرة أو المتضادة. ولا يدل عدم توافر بيانات وثيقة الصلة بالآثار المشتركة، في حد ذاته، على عدم حدوث تفاعلات بين الإشعاع والعوامل الأخرى ولا على عدم تأثير تلك العوامل على مخاطر الإشعاع في الجرعات المنخفضة. وتوجد بالفعل في الغذاء اليومي مواد لها القدرة على تنشيط أو كبح الأورام، وبناء على ذلك تعتمد مخاطر حدوث السرطان على أسلوب الحياة وخاصة عادات التغذية. ولا تؤثر تلك العوامل في الحدوث الطبيعي أو العفوي للسرطان وحسب، ولكن يمكنها أيضا أن تؤثر في قدرة الإشعاع على تحريض السرطان. وتؤثر هذه التغيرات على الناتج النهائي للإشعاع، خاصة عند إسقاط مخاطر الإشعاع مقارنة مع الحدوث العفوي للسرطان.

٧٢ – وبصفة عامة، يمكن أن نخلص إلى أن العوامل السامة للجينات التي لها سلوك بيولوجي وميكانيكي مماثل وتعمل في الوقت نفسه سوف تتفاعل بطريقة تعتمد على التركيز والإضافة (جمعي تماثلي). وهذا يعني ان التعرضات المتزامنة للإشعاع المؤين و العوامل الأخرى التي تعطب الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (د. ن. ا) وليس لها انجذاب لمتواليات د. ن. ا ذات الدور الحاسم في تكوّن السرطانات سوف تنتج عامة آثاراً ليست بعيدة عن الآثار الجمعية المتماثلية.

جيم - وبائيات السرطان

٧٣ - 'يدرس السرطان المرتبط بالإشعاع في البشر في المجموعات السكانية التي تعرضت لجرعات من الإشعاع حيث تحدد حالات السرطان التي تزيد على معدل الحدوث العادي في ظل الخلفية الطبيعية. وتستمد تقديرات المخاطر من السكان الذين يمكن أن تقدر لهم الجرعات الفردية بطريقة معقولة. ويضم هؤلاء السكان الناجين من التفجيرات الذرية، ومرضى تعرضوا للإشعاع الطبي، وآخرين تعرضوا للإشعاع المهني، وأفراداً تعرضوا لنويدات مشعة انطلقت في البيئة، وأشخاصاً تعرضوا لمستويات خلفية طبيعية زائدة من الإشعاع. وقد توافرت منذ تقدير اللجنة لمخاطر السرطان المستحث بالإشعاع في تقريرها عام ١٩٩٤، معلومات إضافية هامة من الدراسات الوبائية. وتلخص تلك البيانات في المرفق الأول المعنون "التقييم الوبائي للسرطان المستحث بالإشعاع".

٧٤ - من المعروف حاليا أن الإشعاع يمكن ان يسبب السرطان في اى نسيج أو عضو في الجسم تقريبا، على الرغم من أن بعض الأماكن أكثر عرضة من الأماكن الأخرى (انظر الفقرة ٧٧). وقد تكوّن على مدى السنوات القليلة الماضية مفهوم أوضح لعوامل تعديل فسيولوجية مثل الجنس والسن. وعلى الرغم من أن الاختلافات في الخطورة المطلقة لتأثير الجنس على إحداث السرطان ليست كبيرة وتختلف بأختلاف المكان في الجسم، فإن الخطورة المطلقة لمعظم السرطانات الجامدة أعلى في النساء منها في الرجال. ويتعرض الأفراد الذين كانوا صغارا وقت التعرض للإشعاع لمخاطر نسبية ومطلقة أعلى من الأفراد الأكبر سنا، ولكن مرة أخرى يختلف هذا بأختلاف المكان في الجسم.

٧٥ - وقد أوضحت مواصلة متابعة الجماعات التي تعرضت للإشعاع توالي حدوث مزيد من السرطانات لفترة طويلة بعد وقت التعرض للإشعاع، وهذا تنشأ عنه مزيد من شكوك كبيرة حول إسقاطات المخاطر خلال فترة الحياة. وتتسق البيانات المتأتية من اليابانيين الناجين من القصف الذري مع علاقة الاستجابة الخطية أو الخطية التربيعية على مدى نطاق واسع من الجرعات، لكن التحديد الكمي للمخاطر في الجرعات المنخفضة أقل موثوقية بسبب حدود الدقة الإحصائية، أو الانحرافات المتخلفة المحتملة أو المشاكل المنهجية الأخرى واحتمال الاكتشافات العفوية نتيجة تعدد الاختبارات الإحصائية. وبالمتابعة الطويلة للمجموعات المتعرضة لمدى واسع من الجرعات الإشعاعية كالناجين من القصف الذري يمكن الحصول على مزيد من المعلومات الأساسية عن مخاطر التعرض للجرعات المنخفضة ولكن علم الوبائيات لا يمكنه بمفرده حل مسألة ما إذا كانت هناك عتبات للجرعات المنخفضة. إلا انه تجدر الإشارة إلى أن عدم إمكانية ملاحظة زيادة في مخاطر التعرض للجرعات المنخفضة جدا لا يعني ان تلك الزيادة في المخاطر غير موجودة.

٧٦ - وتعتبر الدراسات التي تجرى على اليابانيين الناجين ذات أهمية خاصة لأن المجموعة تضم عدداً كبيراً من السكان الذين تعرضوا للإشعاع من الجنسين كما تنطوي على مدى واسع من جرعات التعرض وكذلك على نطاق كامل من الأعمار. وتوفر نتائج ذلك البحث الأساس المبدئي لتقدير مخاطر السرطان المستحث بالإشعاع. ومن بين ٥٧٢ ٨٦ فرداً شملتهم دراسة المدى العمري لمجموعة الناجين من القصف الذري كان هناك ٥٧٨ ٧ وفاة من أورام جامدة خلال الفترة من ١٩٥٠-١٩٩٠. ومن بين تلك الوفيات السرطانية، يمكن عزو ٣٣٤ وفاة إلى التعرض للإشعاع. ويمكن خلال نفس المدة، عزو ٨٧ حالة من ٢٤٩ حالة وفاة نتيجة ابيضاض الدم إلى التعرض للإشعاع. وفي عام ١٩٩١، عندما أجري التقييم الأخير، كان هناك ٠٠٠ ٤٨

شخص (٥٦٪) ما زالوا على قيد الحياة. ويتوقع انه حتى عام ٢٠٠٠ سيظل نحو ٤٤٪ من السكان على قيد الحياة.

٧٧ - وتشابهت البيانات الناتجة عن دراسة المدى العمري لحدوث السرطان والوفيات منه، وأوضحت آثاراً معنوية إحصائيا للإشعاع في كل الأورام الجامدة ككل، وكذلك في أورام المعدة والقولون والكبد والرئة والثدي والمبيض والمثانة. وتوفر بيانات حدوث السرطان دلائل عن زيادة مخاطر الإشعاع في سرطان الغدة الدرقية وسرطانات الجلد غير الميلانية. ولم تظهر معنوية إحصائية للمخاطر في أي من بيانات الحدوث أو الوفيات من أورام المستقيم أو الحويصلة المرارية أو البنكرياس أو الحنجرة أو عنق الرحم أو جسم الرحم أو غدة البروستاتة أو الكلى أو حوض الكلى. كما يلاحظ ترابط مع الإشعاع في معظم أنواع ابيضاض الدم، ولكن ليس في حالة الورم اللمفي أو الورم النقيي المتعدد.

٧٨ - ولا تكفي أعداد الأورام الجامدة المصاحبة للتعرض للإشعاع للسماح بعمل تحليل مفصل عن الاستجابة لجرعة التعرض في عدد كبير من السرطانات في أماكن محددة كثيرة في الجسم أو أنواع محددة من السرطان. ولكل أنواع الأورام الجامدة مجتمعة، يظل انحدار الاستجابة للجرعة مستقيماً حتى ٣ سيفرت تقريباً، ولكن يوصف منحنى الاستجابة للجرعة في ابيضاض الدم بصورة أفضل باستخدام دالة خطية-تربيعية وتلاحظ مخاطر معنوية إحصائية للسرطان في دراسة المدى العمري عند تعرض العضو لجرعات أعلى من نحو ١٠٠ ملي سيفرت.

٧٩ - توفر دراسة السكان الذين تعرضوا للإشعاع الطبي أو المهني أو البيئي معلومات عن مسائل ليس من الممكن معالجتها من واقع البيانات الباقين على الحياة بعد القصف الذري، مثل أثار التعرض المزمن للجرعات المنخفضة، وأثار التعرض لجرعات ألفا من غاز الرادون على الرئة، وكذلك الجرعات العالية التجزئة، إلى جانب الاختلافات بين السكان. وفيما يتعلق ببعض أماكن السرطان بما في ذلك ابيضاض الدم، والثدي، والغدة الدرقية، والعظام والكبد، نحصل على نتائج مفيدة جداً من الأبحاث الأخرى غير دراسة المدى العمري. وبصفة عامة، تتفق تقديرات الخطورة المستخلصة من تلك الدراسات عامة مع التقديرات المستمدة من دراسة المدى العمري.

٨٠ - وتسهم الدراسات الواسعة للأفراد الذين تعرضوا مهنيا للإشعاع ببيانات قيمة عن أثار التعرض لجرعات منخفضة. وتشير البيانات الواردة من تحليل البيانات المجمعة من عدد كبير من العاملين في المجال النووي أن مخاطر حدوث ابيضاض الدم تزيد بازدياد جرعة التعرض. إلا أن الدقة الإحصائية لهذه الدراسات مازالت منخفضة بالمقارنة مع نتائج معدل التعرض للجرعات العالية المستخلصة من دراسة الناجين بعد انفجار القنبلة الذرية. ونتيجة لذلك، يصعب التوصل إلى استنتاج محدد عن أثار معدل الجرعة في مخاطر السرطان، وخاصة أن تلك الآثار يمكن أن تختلف باختلاف أنواع السرطان. إلا أن الاستنتاجات التي خلصت إليها اللجنة في تقريرها لعام ١٩٩٣ الذي بني على كل من الحقائق الوبائية والتجريبية التي افترضت عامل انخفاض أقل من ٣ عند الاستكمال الخارجي بالاستقراء للجرعات المنخفضة أو معدلات الجرعة المنخفضة، ما زال يبدو معقولا على وجه العموم.

٨١ - وقد زادت المعلومات الواردة عن آثار الجرعات الداخلية الناتجة عن كل من الإشعاع ذي المعدل المنخفض من نقل الطاقة الخطي والإشعاع ذي المعدل المرتفع منه (LET) منذ وقت كتابة تقرير ١٩٩٤. وتوضح زيادة مخاطر سرطان الغدة الدرقية في بعض أجزاء بيلاروس والاتحاد الروسي وأوكرانيا التي تلوثت نتيجة حادث تشرنوبيل وجود صلة مع التعرض لليود المشع في الطفولة. إلا إن تقدير المخاطر المصاحبة لتلك الملاحظات يتعقد بسبب صعوبات تقدير الجرعة وتحديد التأثير الكمي للفحوص الجماعية المتعلقة بالمرض. وقد قدمت دراسات

أخرى أجريت في الاتحاد السوفياتي السابق معلومات إضافية عن الجرعات الداخلية، على سبيل المثال تزايد مخاطر سرطان الرئة بين العاملين في محطة مایاك. وقد ازداد ابيضاض الدم في السكان الذين يقطنون قرب نهر تتشا. إلا إن آثار التعرض لمصادر الإشعاع المختلفة (الخارجية والداخلية على حد سواء) وكذلك في حالة الدراسات التي أجريت على نهر تتشا، أظهرت أن الآثار المحتملة للهجرة تؤثر على التقدير الكمي للمخاطر. وقد نشرت مؤخرا نتائج دراسات الحالة العديدة المحكومة التي اجريت على سرطان الرئة وغاز الرادون الداخلي وهي معاً تتفق مع الاستقراءات المستمدة من البيانات المتعلقة بعمال المناجم المعرضين لغاز الرادون، على الرغم من أن الشكوك الإحصائية بشأن تلك النتائج ماتزال كبيرة.

٨٢ - وقد أولي اهتمام خاص لمخاطر السرطان بالنسبة لأماكن محددة في الجسم في المرفق الأول ومرة أخرى ساعدت المعلومات الجديدة التي توافرت مؤخرا في فحص بعض المخاطر. إلا أن في بعض أماكن السرطان ما زالت هناك مشاكل في وصف المخاطر بسبب انخفاض دقة الإحصائيات بسبب العدد الصغير أو المتوسط من الحالات الزائدة. ويمكن أن يجد ذلك على سبيل المثال، من القدرة على تقدير الاتجاهات في المخاطر التي لها صلة بعوامل مثل السن عند التعرض، والوقت الذي مضى منذ التعرض، والجنس. ويستثنى من ذلك سرطان الثدي، حيث أشارت المقارنة التي أجريت بين البيانات الواردة من اليابانيين الناجين من انفجار القنبلة الذرية والنساء اللاتي تعرضن للإشعاع الطبي في أمريكا الشمالية إلى تحول مطلق للمخاطر بين المجموعات السكانية. وهناك بعض أماكن حيث الأدلة قليلة على ارتباط السرطان بالإشعاع (مثل الورم اللمفي غير الهودكن وداء هودكن و الورم النقيي المتعدد). وعلى الرغم من أن تقييمات الأورام اللمفية تتأثر جزئيا بقلة عدد الحالات في الدراسات العديدة التي أجريت، فإنه ينبغي مقابلتها بتقييمات ابيضاض الدم (باستثناء ابيضاض الدم اللمفاوي المزمن) الذي ارتبط، على الرغم من كونه مرضاً نادراً أيضاً بالتعرض للإشعاع في شعوب كثيرة بشكل واضح.

٨٣ - تتأثر تقديرات مخاطر المدى العمري بالتغيرات في معدلات أورام الخلفية ويمكن أن يؤدي التغيير إلى فوارق تقارن الفوارق المصاحبة لطريقة الانتقال عبر المجموعات السكانية أو لطريقة عمل إسقاطات المخاطر. ويبرز التغير في هذه الإسقاطات الصعوبة في اختيار قيمة واحدة للتعبير عن مخاطر المدى العمري للسرطان المستحث بالإشعاع. علاوة على ذلك، تزداد الشكوك عامة بشأن تقديرات أنواع محددة من السرطان اكثر من تقديرات كل أنواع السرطان مجتمعة.

٨٤ - وبناء على البيانات الوبائية المتاحة استنتجت اللجنة تقديرات مخاطر السرطان المستحث بالإشعاع. فبالنسبة إلى مجموعة سكانية تضم كل الأعمار وكلا الجنسين تتعرض لجرعة حادة تبلغ ١ سيفرت من أشعة ذات معدل منخفض من نقل الطاقة الخطي، يقترح أن تؤخذ تقديرات مخاطر المدى العمري للوفيات من السرطان الجامد على أنها ٩٪ للرجال و١٣٪ للنساء. وقد يبلغ عدم اليقين معاملا قدره ٢ تقريبا أعلى أو أدنى. ويمكن خفض التقديرات بنسبة ٥٠٪ ومرة أخرى بعامل عدم يقين قدره ٢ أعلى أو أدنى في حالة التعرضات المزمنة كما ورد في تقرير ١٩٩٣. ويمكن اعتبار مخاطر حدوث السرطان الجامد ضعف مخاطر الوفيات منه تقريبا. أما تقديرات مخاطر المدى العمري في حالة التعرض للسرطان الجامد في سن الطفولة فإنها قد تعادل مثلي التقديرات في مجموعة سكانية تتعرض للإشعاع في جميع الأعمار. ومع ذلك، فإن الاستمرار في متابعة دراسة تلك المجموعات هام في تحديد مخاطر المدى العمري. وتقدم خبرة

اليابانيين الناجين من انفجار القنبلة الذرية دليلاً ملحاً على خطية تقديرات الزيادة في مخاطر السرطان الجامد. وبناء على ذلك، وكتقريب اولي، يمكن استخدام الاستكمال الخارجي الخطي للبيانات عند مستوى سيفرت واحد لتقدير مخاطر السرطان الجامد في حالة التعرض لجرعات منخفضة.

٨٥ - وتعد تقديرات مخاطر المدى العمري لابيضاض الدم اقل تغيراً. وتأخذ مخاطر الوفاة في المدى العمري من ابيضاض الدم على أنها ١ ٪ لكلا الجنسين بعد التعرض لجرعة حادة تبلغ سيفرت واحد. وقد يكون معامل عدم اليقين في التقدير نحو ٢ أعلى أو أدنى. وبالنظر إلى عدم خطية الاستجابة للجرعة فإن خفض الجرعة عشر مرات من سيفرت واحد إلى ١,. سيفرت سينتج عنه خفض مخاطر المدى العمري بعشرين مرة ضعفاً في حالة ما إذا كانت الجرعة حادة. وتتشابه مخاطر السرطان الجامد وابيضاض الدم تاما مع التقديرات التي وردت في تقرير١٩٩٤.

٨٦ - إن سرطان الغدة الدرقية هو أحد السرطانات المصاحبة للإشعاع ذات الأهمية الخاصة في الأطفال. وهناك دليل قوي عن انخفاض مخاطر سرطان الغدة الدرقية مع ارتفاع العمر عند التعرض، حتى أن خطورة سرطان الغدة الدرقية في الأطفال أقل من ١٥عاماً تزيد زيادة ضخمة عن البالغين. وبين الأطفال، تزداد حساسية الذين تتراوح أعمارهم بين صفر و٥ أعوام، خمس مرات اكثر من الذين تتراوح أعمارهم بين ١٠ و ١٤ عاماً. وأمام تلك الحساسية، ليس من المستغرب ملاحظة زيادة كبيرة في حدوث سرطان الغدة الدرقية بين الأطفال في بيلاروس والاتحاد الروسي وأوكرانيا بعد حادث تشيرنوبيل في عام ١٩٨٦، حيث أن معدل حدوث سرطان الغدة الدرقية في الأطفال في بعض أقاليم تلك الدول، قد أصبح عشرة أمثال في الفترة من عام ١٩٩١-١٩٩٤ ما كان عليه في الخمس سنوات السابقة لذلك. وقد حدثت ٨٠٠ ١ حالة تقريباً من سرطان الغدة الدرقية بين الأطفال في عام ١٩٩٨ وقد استعرض الموضوع بإسهاب في المرفق ياء بهذا التقرير الحالي تحت عنوان " تعرضات حادث تشرنوبيل وآثاره".

٨٧ - يمكن تحريض السرطان بالتعرض في فترة ما قبل الولادة، وسجل لأول مرة في الإنسان حدوث سرطانات الطفولة مثل ابيضاض الدم والسرطانات الجامدة بسبب التعرض للأشعة السينية، في عام ١٩٥٨ ، عندما أثبت المسح الذي أجرته جامعة أكسفورد زيادة حدوث أورام الطفولة في الخمسة عشر عاماً الأولى من الحياة في الأطفال الذين تعرضوا للأشعة السينية داخل الرحم، بالمقارنة مع الأطفال الذين لم يتعرضوا. وقد انتقد البعض عزو تلك الزيادة إلى التعرض للإشعاع على أساس أن هؤلاء النساء يمكن أن يكن قد عانين من حالات أخرى طبية وغيرها كانت هي المسؤولة عن زيادة معدلات السرطان. على الجانب الأخر نجد دعما لدور الإشعاع كمسبب لإحداث السرطان في بعض الدراسات الأخرى، وقدرت المخاطر، في حالة كونها حقيقة، بنحو ٥٪ لكل سيفرت. ولم تلاحظ مثل هذه الآثار في الناجين من الانفجارات الذرية الذين تعرضوا للإشعاع داخل الرحم.

٨٨ - وقد وجد أن تقدير مخاطر السرطان المستحث الذي يظهر في مرحلة البلوغ اكثر صعوبة بين الأفراد الذين تعرضوا للإشعاع في الرحم. ومع ذلك فإن حقيقة الزيادة النسبية للمخاطر مع انخفاض العمر وقت التعرض بين الناجيين من القصف الذري تسبب قلقاً عن احتمال ازدياد حساسية حدوث السرطان لدى الذين تعرضوا في الرحم بالمقارنة مع الذين تعرضوا في أعمار صغيرة. وقد بلغ الذين نجوا من القصف الذري الآن عمر ٥٥ سنة. وهذا مهم بوجه خاص لتقييم مخاطر السرطان لديهم فيما بعد.

الفصل الخامس

حادث تشرنوبيل

٨٩ - أولت اللجنة اهتماما خاصا للحادث الذي وقع في مفاعل محطة تشرنوبيل النووية في ٢٦ نيسان / أبريل ١٩٨٦. وكان ذلك هو أخطر حادث وقع في صناعة الطاقة النووية. ودمر المفاعل في الحادث ، وانطلقت كميات ضخمة من المواد المشعة في البيئة وتعرض الكثير من العاملين لجرعات كبيرة من الإشعاع كانت لها عواقب صحية خطيرة، بل مميتة (أنظر أدناه). وسجلت بين سكان بيلاروس والاتحاد الروسي وأوكرانيا كثيراً من ألف حالة سرطان في الغدة الدرقية (نحو ١ ٨٠٠ حالة) في الأطفال. وعلى الرغم من أنه كانت هناك مشكلات مرتبطة بعملية الفحص الجموعي، فإنه من الأرجح أن تلك السرطانات قد نتجت عن التعرضات للإشعاع التي تلقاها السكان وقت الحادث. ولوحظت مشكلات صحية أخرى عديدة في السكان يرجح بدرجة أقل أنها مرتبطة بالتعرض للإشعاع. وهناك حاجة من وجهة النظر العلمية إلى تقييم وفهم الأسباب التقنية للحادث و آثاره. ومن ناحية أخرى يوجد التزام إنساني بتقديم تحليل موضوعي للآثار الصحية للحادث بالنسبة للأشخاص المتعرضين. وقد أعدت اللجنة تقييما جديدا للحادث مع أخذ هذين الهدفين في الحسبان.

٩٠ - بعد الحادث مباشرة، تم قياس وتقييم ترسب النويدات المشعة المنتشرة و التعرضات الناجمة عنها في جميع أنحاء المنطقة المتضررة. واستعانت اللجنة بتلك البيانات لتقييم متوسط الجرعات التي تلقاها الفرد و السكان عموما في مختلف المناطق والبلدان،وكذلك بالنسبة لنصف الكرة الشمالي ككل. وترد النتائج في المرفق دال بتقرير اللجنة لعام ١٩٨٨ المعنون "التعرضات الناتجة من حادث تشرنوبيل "وتم أيضا استعراض الخبرة المكتسبة في معالجة الإصابات المباشرة الناتجة عن الحادث في العاملين ورجال الإطفاء الذين شاركوا في السيطرة على الحادث ، وكذلك في المرفق زاي المعنون " الآثار المبكرة في الإنسان لجرعات الإشعاع الكبيرة " الملحق بالتقرير نفسه.

٩١ - وقد تطلب تقييم التعرضات التي تلقاها الناس الذين تم إجلاؤهم أو الذين لا يزالون يقيمون في المناطق الأكثر تأثرا بالحادث وقتا وجهدا أكبر كثيرا. ولابد من تكملة القياسات الأولية بمعلومات عن أمور منها مكان السكان ونظامهم الغذائي في كل موقع استيطان. كما تطلب تجميع بيانات عن الآثار الصحية المتأخرة مزيدا من الوقت. ويمكن الآن فقط، بعد مرور نحو ١٥ عاما بعد الحادث عمل تقييم أولي للتعرضات المحلية للحادث وآثاره . وترد النتائج المفصلة لتقييم اللجنة في المرفق حاء بهذا التقرير، المعنون "التعرضات والآثار الناتجة من حادث تشرنوبيل".

ألف- انطلاق النويدات المشعة

٩٢ - وقع حادث مفاعل تشرنوبيل أثناء إجراء اختبار تجريبي لنظام التحكم الكهربائي في الوقت الذي كان فيه المفاعل متوقفا لإجراء صيانة روتينية له. وقد أطفأ المشغلون، خلافا لتعليمات الأمان، نظم تحكم هامة وسمحوا للمفاعل بالوصول إلى حالة غير مستقرة منخفضة القدرة. وأدى اندفاع مفاجئ للقدرة إلى انفجار في البخار سبب تمزق وعاء المفاعل، مما سمح بحدوث مزيد من التفاعلات العنيفة بين الوقود والبخار التي دمرت قلب المفاعل وألحقت أضراراً شديدة بمبنى المفاعل.

٩٣ - ومن الجدير بالذكر أنه نتج أيضا في حادث سابق وقع في ١٩٧٩ في المفاعل النووي بجزيرة ثرى مايلز بالولايات المتحدة الأمريكية ضرر بالغ لقلب المفاعل لكن دون وقوع انفجار بخاري. إلا أن مبنى الاحتواء الذي كان يحيط بالمفاعل منع في تلك الحالة انطلاق كل كميات الغازات المشعة وإنما كميات ضئيلة منها وحسب. وكانت

تنقص مفاعل تشرنوبيل وسائل احتواء. وبعد الانفجارات، اشتعل حريق جرافيت كثيف استمر لمدة ١٠ أيام. وفي تلك الظروف وقعت انطلاقات كبيرة لمواد مشعة.

٩٤ - وكانت الغازات والجسيمات المشعة التي انطلقت في الحادث تنتقل في البداية بواسطة الريح في الاتجاهين الشمالي والغربي. وفي الأيام التالية، جاءت الرياح من جميع الاتجاهات. وكان ترسب النويدات المشعة يحدث بالدرجة الأولى عن طريق الأمطار التي تسقط أثناء مرور سحابة الإشعاع، مما كان يؤدي إلى نمط معقد ومتغير للتعرض للإشعاع في أنحاء المنطقة المتأثرة.

باء- تعرض الأفراد للإشعاع

٩٥ - كانت النويدات المشعة المنطلقة من المفاعل والتي سببت تعرض الأفراد تتكون بصورة رئيسية من اليود-١٣١ والسيزيوم- ١٣٤ والسيزيوم -١٣٧ . ونصف عمر إشعاع اليود -١٣١ قصير (ثمانية أيام)، ولكنه يمكن أن ينتقل إلى البشر بسرعة نسبيا من الهواء ومن خلال الحليب والخضراوات الورقية. واليود يتركز في الغدة الدرقية. ولأسباب تتصل باستهلاك هذه الأغذية لدى الرضع والأطفال وكذلك بالنظر إلى حجم غددهم الدرقية و الأيض في أجسامهم، تكون الجرعات مرتفعة بالنسبة لهم بالمقارنة مع ما يتلقاه البالغون.

٩٦ - وعمر النصف الإشعاعي للسيزيوم أطول نسبيا (السيزيوم- ١٣٤ له عمر نصف سنتان، بينما عمر النصف لإشعاع السيزيوم - ١٣٧ هو ٣٠ سنة). وتسبب هذه النويدات المشعة تعرضات أطول أجلا عن طريق المسلك الهضمي و التعرض الخارجي من ترسب النويدات على سطح الأرض. وارتبطت نويدات أخرى كثيرة بالحادث أخذت في الاعتبار في تقدير التعرضات.

٩٧ - وبلغت الجرعات المتوسطة التي تلقاها أكثر الناس تأثرا بالحادث ١٠٠ ملي سيفرت تلقاها المسؤولون عن تنظيف البيئة، و ٣٠ ملي سيفرت وتلقاها ١١٦ ٠٠٠ شخص تم إجلاؤهم، و ١٠ ملي سيفرت خلال السنوات العشر الأولى بعد الحادث تلقاها الأشخاص الذين ظلوا مقيمين في المناطق الملوثة. وقد تزيد القيم القصوى للجرعة برتبة عظم واحدة. وتأثرت بلدان أوربية أخرى خارج بيلاروس والاتحاد الروسي وأوكرانيا بالحادث. وبلغت أعلى الجرعات ١ ملي سيفرت في السنة الأولى بعد الحادث مع تناقص تدريجي في الجرعة في السنوات التالية. وقدرت الجرعة على مدى العمر ب ٢- ٥ أمثال جرعة السنة الأولى. وتقارن هذه الجرعات بجرعة سنوية من إشعاع الخلفية الطبيعية، ولذلك فإن أهميتها ليست كبيرة.

٩٨ - وكانت التعرضات أكبر كثيرا بالنسبة للأشخاص الذين شاركوا في تخفيف آثار الحادث وتنظيف البيئة والأشخاص الذين يعيشون في المناطق المجاورة. وتم استعراض تلك التعرضات بتفصيل كبير في التقييم الذي أجرته اللجنة.

جيم- الآثار الصحية

٩٩ - سبب حادث تشرنوبيل عدة آثار إشعاعية شديدة مباشرة. ومن بين ٦٠٠ عامل كانوا موجودين في الموقع في الصباح الباكر ليوم ٢٦ نيسان/ أبريل ١٩٨٦ تلقى ١٣٤ شخصا جرعات كبيرة (٠,٧ -١٣,٤ غراي) وعانوا من إعياء إشعاعي. ومات من هؤلاء ٢٨ شخصا في الثلاثة شهور الأولى ومات اثنان آخرين بعد ذلك بقليل. وبالإضافة إلى ذلك، تلقى نحو ٢٠٠ ٠٠٠ شخص من العاملين في تنظيف البيئة من الإشعاع خلال عامي ١٩٨٦ و ١٩٨٧ ما بين ٠,٠١ غراي و ٠,٥ غراي وتواجه تلك المجموعة خطرا محتملا لحدوث عواقب متأخرة كالإصابة بالسرطان وأمراض أخرى وستجري متابعة صحتهم عن كثب.

١٠٠ -وأسفر حادث تشرنوبيل كذلك عن تلوث واسع النطاق بالنويدات المشعة في مناطق بيلاروس و الاتحاد السوفياتي وأوكرانيا يعيش فيها عدة ملايين من الناس. وبالإضافة إلى إحداث تعرض للإشعاع، فإن الحادث تسبب في تغيرت طويلة الأجل في حياة الذين يقطنون المناطق الملوثة، نظرا لآن الإجراءات الرامية للحد من جرعات الإشعاع تضمنت إعادة توطين ، وتغييرات في إمدادات الأغذية وقيودا على أنشطة الأفراد والأسر. وفيما بعد، رافقت تلك التغيرات تغيرات اقتصادية واجتماعية وسياسية هامة وقعت عندما انهار الاتحاد السوفياتي السابق.

١٠١ -وعلى مدى الـ ١٤ سنة الأخيرة تركز الاهتمام في دراسة الترابط بين التعرض الذي سببته النويدات المشعة التي انطلقت في حادث تشرنوبيل والآثار المتأخرة، وبخاصة سرطان الغدة الدرقية في الأطفال. وكانت أغلبية الدراسات التي تمت حتى تاريخه ذات طابع وصفي، وأوضحت ارتباط متوسطات تعرض السكان بالمعدلات المتوسطة لحدوث السرطان على مدى فترات محددة من الزمن. ونظرا لعدم توفر بيانات قياس الجرعة التي تلقاها الأفراد، يصعب تحديد ما إذا كانت الآثار متصلة بالإشعاع ويستحيل أيضا عمل تقديرات موثوقة للمخاطر. وتعتبر إعادة تصور نموذج الجرعات الفردية عنصرا رئيسيا لإجراء البحوث في المستقبل لدراسة السرطانات المرتبطة بالإشعاع بعد حادث تشرنوبيل.

١٠٢ -وكان عدد سرطانات الدرقية (نحو ١ ٨٠٠) في الأفراد المتعرضين أثناء الطفولة، ولاسيما في أشد المناطق تلوثاً بالبلدان المتأثرة الثلاثة، أكبر كثيرا مما كان متوقعا على أساس المعارف السابقة. وارتفاع معدل الحدوث وقصر مدة طور تحريض السرطان غير عاديين. وقد تكون هناك عوامل أخرى أثرت في الخطر المحتمل. وفي حالة استمرار الاتجاه الحالي، فإنه يمكن توقع حدوث المزيد من سرطانات الدرقية، وبخاصة لدى الأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع في أعمار صغيرة.

١٠٣ -وفيما عدا الزيادة في سرطان الدرقية بعد التعرض أثناء الطفولة لم تلاحظ زيادات في معدلات السرطان بوجه عام أو الوفيات التي يمكن عزوها إلى الإشعاع المؤين. وخطر حدوث ابيضاض الدم، وهو أحد الشواغل الرئيسية (ابيضاض الدم هو أول سرطان يظهر بعد التعرض للإشعاع بسبب قصر مدة كمون الأعراض وهي من ٢ إلى ١٠ سنوات)،لا يزيد على ما يبدو، حتى بين العاملين الذين كانوا مسؤولين عن إعادة الوضع الطبيعي للبيئة في منطقة الحادث. كما لا يوجد أي برهان على وجود أى اختلالات غير خبيثة أخرى ترتبط بالإشعاع المؤين. ومع ذلك، فإنه كانت هناك تفاعلات نفسية واسعة النطاق نتيجة للحادث، كانت تعود إلى الخوف من الإشعاع وليس إلى جرعات إشعاع فعلية.

١٠٤ -وهناك ميل إلى عزو الزيادات في معدلات جميع السرطانات على مدى الزمن إلى وقوع حادث تشرنوبيل. لكن يجب مراعاة أنه لوحظت زيادات أيضا قبل الحادث.وفضلا عن ذلك، فإنه سجلت زيادة عامة في الوفيات في السنوات الأخيرة في معظم مناطق الاتحاد السوفياتى السابق ولابد من أخذ ذلك في الحسبان عند تفسير نتائج الدراسات المتعلقة بحادث تشرنوبيل.

١٠٥ -ويعتبر الفهم الراهن للآثار المتأخرة للتعرض الطويل الأمد للإشعاع المؤين محدودا، نظرا لأن تقديرات العلاقة بين الجرعة والاستجابة تعتمد بشدة على دراسات التعرض لجرعات مرتفعة وعلى التجارب التي تجرى على الحيوان؛ ويتطلب الأمر عمل استكمال خارجي بالاستقراء، وهو ما ينطوي دائما على عدم يقين. ولابد أن حادث تشرنوبيل سيلقي ضوءا على الآثار المتأخرة للتعرض الطويل الأمد للإشعاع. ولكن بالنظر إلى انخفاض الجرعات التي تلقتها

أغلبية الأشخاص المتعرضين، فإنه سيصعب كشف أي زيادة في حدوث السرطان أو الوفيات في الدراسات الوبائية. وسيتمثل أحد تحديات المستقبل في وضع تقديرات للجرعة الفردية تتضمن تقديرات لعدم اليقين، وفي تعيين آثار الجرعات المتراكمة على مدى فترة زمنية طويلة.

الحواشي

(١) أسست الجمعية العامة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري في دورتها العاشرة في عام ١٩٥٥ ووضعت اختصاصاتها في القرار٩١٣(عاشرا) الصادر في ٣ كانون الأول/ ديسمبر ١٩٥٥. وكانت اللجنة تتكون في البداية من الدول الأعضاء التالي بيانها: الأرجنتين، استراليا، بلجيكا، البرازيل، كندا، تشيكوسلوفاكيا، مصر، فرنسا، الهند، اليابان، المكسيك، السويد، اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية، المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، والولايات المتحدة الأمريكية. وفي وقت لاحق تم توسيع عضوية اللجنة بموجب قرار الجمعية العامة ٣١٥٤ جيم (د-٢٨) الصادر في ١٤ كانون الأول/ ديسمبر ١٩٧٣ لتشمل جمهورية ألمانيا الاتحادية واندونسيا وبيرو وبولندا والسودان. وزادت الجمعية العامة عضوية اللجنة بموجب القرار ٦٢/٤١ بتاريخ ٣ كانون الأول ١٩٨٦ إلى حد أقصى ٢١ عضوا ودعت الصين إلى الانضمام لعضوية اللجنة.

(٢) للإطلاع على التقارير الموضوعية 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)؛ والدورة التاسعة عشرة، الملحق رقم ١٤ (A/5814)؛ والدورة الحادية والعشرون، الملحق رقم ١٤ (A/6314)؛ والدورة الرابعة والعشرون، الملحق رقم ١٣ (A/7613and Corr.1)؛ والدورة السابعة والعشرون، الملحق رقم ٢٥ (A/ 8725 and Corr.1)؛ والدورة الثانية والثلاثون الملحق رقم٤٠ (A/32/40)؛ والدورة السابعة والثلاثون، الملحق رقم ٤٥(A/37/45)؛ والدورة الحادية والأربعون، الملحق رقم ١٦ (A /41/16) ؛ والدورة الثالثة والأربعون، الملحق ٤٥ (A/43/45) ؛ والدورة الثامنة والأربعون، الملحق٤٦ (A/48/46) ؛ والدورة التاسعة والأربعون ، الملحق ٤٦ (A/49/46)؛ والدورة الحادية والخمسون ، الملحق ٤٦(A/51/46) ؛ ويشار إلى هذه التقارير باعتبارها تقارير ١٩٥٨، ١٩٦٢، ١٩٦٤، ١٩٦٦، ١٩٦٩، ١٩٧٢، ١٩٧٧، ١٩٨٢، ١٩٨٦، ١٩٨٨، ١٩٩٢، ١٩٩٤، ١٩٩٦ ، على التوالي. وقد نشر تقرير ١٩٧٢ مع مرفقات علمية بعنوان " الإشعاع المؤين: المستويات والآثار " ، المجلد الأول: "المستويات"، المجلد الثاني : "الآثار" (منشورات الأمم المتحدة، أرقام المبيع(E.72.IX.17and18) وكان عنوان تقرير ١٩٧٧ ومرفقاته العلمية هو " مصادر الإشعاع المؤين وآثاره" (منشورات الأمم المتحدة ، رقم المبيع E.77.IX.1) ، ونشر تقرير١٩٨٢ مع مرفقات علمية بعنوان "الإشعاع المؤين : المصادر والآثار البيولوجية " (منشورات الأمم المتحدة ، رقم المبيع E.82.IX.8) ، وعنوان تقرير ١٩٨٦ ومرفقاته العلمية هو " الآثار الجينية والجسدية للإشعاع المؤين " (منشورات الأمم المتحدة رقم المبيع E.86.IX.9) وصدر تقرير 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 صدرت مع مرفقات علمية بعنوان " مصادر وآثار الإشعاع المؤين" (منشورات الأم المتحدة، أرقام المبيع E.94.IX.11، E.94.IX.2 ، E.96.IX.3 ، على التوالي).

التذييل الأول

قائمة بأعضاء الوفود الوطنية الذين حضروا دورات اللجنة من الرابعة والأربعين إلى التاسعة والأربعين

الاتحاد الروسي	ل. أ. إيليين (ممثل)، ر. م. أليكساخين، ل. أ. بولداكوف، ك. أ. غوردييف، أ. ك. غوسكوفا، ج. ب. خولينا، أ. س. كوشكين، أ. أ. كريشوف، أ. أ. كوليشوف، ب. ك. لوباخ، أ. أ. بافلوفسكي، م. ن. سافكين، ف. أ. شفتشينكو
الأرجنتين	د. بنينسون (ممثل)؛ أ. داماتو، د. كانسيو
استراليا	ب. أ. بيرنز (ممثل)، ك. هـ . لوكان (ممثل)، ج. لوي، د. أ. ماكناب.
ألمانيا	و. بوكارت (ممثل)؛ أ. إهلينغ، و. جاكوبي، ت. جونغ، أ. كول (ممثل)، أ. كيليرر، ج. كيفر، غ. كيرشنر، و. كونلين، ك. رينرز، ف. أ. ستيف، ك. شتريفر.
إندونيسيا	ك. ويهارتو (ممثل)، ت. سوبريهادي، س. زاهر
البرازيل	ج. ل. ليبشتاين (ممثل)، د. ميلو، أ. ت. راماليو، أ. ر. روشيدو
بلجيكا	ج. ر. ميزان (ممثل)، أ. ديبوشيه، ر. كيرشمان، هـ. ب. لينهوتس، ج. لمبريختس، ك. فامبرسي
بولندا	ز. يافوروفسكي (ممثل)، م. واليغورسكي
بيرو	ل. ف. بنيلوس-أشتون (ممثل)
سلوفاكيا	د. فيكتوري (ممثل)، أ. بوتشينا، ب. غال، أ. كونز
السودان	ك. أ. هـ. محمد (ممثل)، ع. أ. الأمين

السويد ل. — أ. هولم (ممثل)، أ. بونغتسون (ممثل)، أ. بافرستام، ل. موبرغ، و. ليتز، ج. أ. سنيس

الصين ز. بان (ممثل)، ن. غو، ف. هي، ج. ما، ب. ماو، ك. لي، ب. ليو، أ. سونغ، ز. تاو، ك. واي، ب. زيو، هـ. يانغ، ل. جانغ، أ. جاو، ج. جاو، ب. جو

فرنسا ج. ف. لاكرونيك (ممثل)، أ. أورنغو، م. بورغينيون، أ. فلوري-إرارد، ج لالمان، ك. لوسيوني، ر. ماس (ممثل)، ج. بيشوفسكي، أ. رانو

كندا ر. م. شاترجي (ممثل)، د. ب. شامبرز، ر. ج. كورنيت، ن. أ. غينتنر (ممثل)، ر. ف. أوسبورن (ممثل)، س. فلاهوفيتش (ممثل)

مصر أ. م. النجار (ممثل)، ف. حماد (ممثل)، م. أ. جمعة

المكسيك خ. ر. أورتيز-ماخاريا (ممثل)، أ. أرايسكو (ممثل)

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية
ر. هـ. كلارك (ممثل)، هـ. ج. دونستر، ف. بيرال، أ. فراي، ج. و. ستاتشر

الهند ك. ب. ساينس (ممثل)، ب. ك. كيسافان (ممثل)

الولايات المتحدة الأمريكية

ف. أ. متلر (ممثل)، ل. أنسبو، ج. د. بويس، ن. هـ. هارلي، أ. هـ. هولاهان، ك. ب. ماينهولد، ر. ج. بريتسون، ب. ب. سيلبي، و. ك. سنكلير

اليابان

أ. ساساكي (ممثل)، ت. أسانو، هـ. ليزوكا، ت. إيزوياما، س. كومازاوا، س. ميزوشيتا، ك. موريتا، إ. موراماتسو، ن. نكاغاوا، ج. أونوديرا، ك. ساتو، ت. ساتو، أ. تاغوتشي، ك. تسومي

التذييل الثاني

قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع المؤين في إعداد التقرير

أ. أنسبو
ب. بنيت
أ. بوفيل
و. بوركارت
ر. كوكس
ج. كروفت
ب. هول
هـ. لينهوتس
ك. مورهد
أ. رون
م. سافكين
ب. شريمبتون
ج. ستاتشر
ج. تاكر
أ. ريكسون