المعهد العربي
للصحة والسلامة المهنية
دمشق

مكتب
العمل
الدولي
جنيف

الوكالة
الدولية
للطاقة الذرية

منظمة
الصحة العالمية

أساليب لعزو الآثار الصحية المضرة إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن وتطبيقها في برامج التعويض عن السرطان

المحررون

Shengli Niu, Pascal Deboodt and Hajo Zeeb

سلسلة
السلامة والصحة
المهنيتين
73

ترجمة المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية، دمشق
2016

أساليب لعزو
الآثار الصحية المضرة
إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن
وتطبيقها
في برامج التعويض عن السرطان

سلسلة السلامة والصحة المهنيتين، رقم 73

أساليب لعزو الآثار الصحية المضرة إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن وتطبيقها في برامج التعويض عن السرطان

دليل عملي

المحررون

Shengli Niu, Pascal Deboodt and Hajo Zeeb

أُعِدّ بشكل مشترك من قِبَل الوكالة الدولية للطاقة الذرية
ومنظمة العمل الدولية
ومنظمة الصحة العالمية

الترجمة
الدكتور بسام أبو الذهب
لصالح المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية، دمشق

2016
الوكالة الدولية للطاقة الذرية . فيينا
مكتب العمل الدولي . جنيف
منظمة الصحة العالمية . جنيف

صورة غلاف الكتاب الأصلي

نُشرت الطبعة الأصلية لهذا العمل من قِبَل مكتب العمل الدولي، جنيف، تحت عنوان:
Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer: A practical guide

حقوق النشر © 2010 منظمة العمل الدولية، جنيف
حقوق النشر للطبعة العربية © 2016 المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية، دمشق
وقد تمت ترجمته وإعادة إصداره بموافقة مكتب العمل الدولي.

لا تنطوي التسميات المستخدمة في منشورات منظمة العمل الدولية، التي تتفق مع تلك التي تستخدمها الأمم المتحدة، ولا العرض الوارد فيها للمادة التي تتضمنها، على التعبير عن أي رأي كان من جانب مكتب العمل الدولي بشأن المركز القانوني لأي بلد أو منطقة أو إقليم أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها.

ومسؤولية الآراء المعبَّر عنها في المواد أو الدراسات أو المساهمات الأخرى التي تحمل توقيعاً هي مسؤولية مؤلفيها وحدهم، ولا يمثل النشر مصادقة من جانب مكتب العمل الدولي على الآراء الواردة فيها.

والإشارة إلى أسماء الشركات والمنتجات والعمليات التجارية لا تعني مصادقة مكتب العمل الدولي عليها. كما أن إغفال ذكر شركات أو منتجات أو عمليات تجارية ليس علامة على عدم إقرارها.

لا يقر مكتب العمل الدولي بالمسؤولية عن صحة الترجمة العربية أو عدم الدقة أو الأخطاء أو الحذف أو العواقب التي تنشأ عن الاستخدام أو ما يتعلق به.

المحتويات

تقديم من مكتب العمل الدولي ..... **xi**
تقديم من المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية ..... **xiii**
مقدمة ..... **xv**
الاختصارات ..... **xvii**
1. مدخل **1**
1.1 الخلفية 1
2.1 الغرض 3
3.1 النطاق 4
4.1 البنية 4
القسم أ الأساس العلمي لعزو الخطر **7**
2. أساليب لعزو الآثار الصحية إلى التعرض المهني للإشعاع **7**
1.2 الآثار القطعية 7
1.1.2 الخلفية 7
2.1.2 الاعتماد على قتل الخلية 8
3.1.2 قيم جرعة العتبة للآثار القطعية 8
2.2 الآثار العشوائية 10
1.2.2 الخلفية 10
2.2.2 الحِصَّة المُخَصَّصَة (احتمال التسبيب) 11
3.2.2 الرِّيبات 12
4.2.2 تقدير الحِصَّة المُخَصَّصَة من أجل السرطان 13
5.2.2 أمثلة عملية 14
القسم ب برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر **17**
3. أساليب للتقييم في برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر **17**
1.3 عزو الآثار القطعية 17
2.3 عزو الآثار العشوائية 18
4. ملامح برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر **20**
1.4 الخلفية 20
2.4 ملامح عامة 20
1.2.4 تأسيس برامج التعويض المرتكزة على عزو الخطر 20
2.2.4 المجموعة السكانية 20
3.2.4 الجدارة 21
4.2.4 معايير التقييم 21

5.2.4 بيانات المَدْخَل 21
6.2.4 قابلية التعويض 22
7.2.4 خيارات التسديد 22
8.2.4 الإدارة 22
9.2.4 تمويل نُظُم التعويض 23
5. الاستنتاجات والتوصيات 24
الملحق أ: أمثلة لبرامج التعويض 25
أ.1 نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة 25
أ.1.1 المجموعة السكانية 25
أ.1.2 الجدارة 25
أ.1.3 معايير التقييم 26
أ.1.4 بيانات المَدْخَل 27
أ.1.5 قابلية التعويض 28
أ.1.6 أسلوب للرِّيبَة 28
أ.1.7 قيمة التسديد 29
أ.1.8 خلاصة للملامح الهامة 29
أ.2 قسم برنامج التعويض عن المرض المهني لعمال قطاع الطاقة في الولايات المتحدة 31
أ.2.1 المجموعة السكانية 31
أ.2.2 الجدارة 31
أ.2.3 طريقة التقييم 31
أ.2.4 بيانات المَدْخَل 34
أ.2.5 معايير قابلية التعويض 35
أ.2.6 طبيعة التعويض 35
أ.2.7 خلاصة للملامح الهامة 35
أ.2.8 برامج أخرى في الولايات المتحدة 36
أ.3 برنامج التعويض للناجين من القنبلة الذرية في اليابان 37
أ.3.1 المجموعة السكانية 37
أ.3.2 الجدارة 37
أ.3.3 معايير وطرائق التقييم 37
أ.3.4 بيانات المَدْخَل 38
أ.3.5 قابلية التعويض 40
أ.3.6 أسلوب للرِّيبَة 40
أ.3.7 طبيعة التعويض/قيم التسديد 40
أ.4 نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في الاتحاد الروسي 41
أ.4.1 المجموعة السكانية 41
أ.4.2 الجدارة 42
أ.4.3 معايير التقييم 43
أ.4.4 العمال المُعَرَّضون في ظروف خاصة 43
أ.4.5 عمال الإشعاع 45
أ.4.6 بيانات المَدْخَل 48
أ.4.7 قابلية التعويض 48
أ.4.8 قيمة التسديد 48
أ.4.9 خلاصة للملامح الهامة: العمال المُعَرَّضون في ظروف خاصة 48
أ.4.10 خلاصة للملامح الهامة: عمال الإشعاع 49

أ.5 برنامج التعويض في فرنسا 50
أ.1.5 منشأ نظام التعويض ومبادئه 50
أ.2.5 الجدارة من أجل الأمراض المرتبطة بالإشعاع المُؤَيِّن 50
أ.3.5 المجموعة السكانية المعنية 52
أ.4.5 إحصاءات التعويض 52
أ.5.5 التوسع نحو قابلية العزو 52
أ.6 الأحكام القانونية المطبقة على العمال المتأثرين بالتعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن في جمهورية الأرجنتين 53
أ.1.6 مَدْخَل 53
أ.2.6 النظام القانوني للتعويض: إطار معياري 54
أ.3.6 أغراض قانون الأخطار المهنية 54
أ.4.6 التأمين الإلزامي والتأمين الذاتي 55
أ.5.6 الأمراض والحوادث المهنية المشمولة 55
أ.6.6 المسؤولية المدنية 56
أ.7.6 الجوانب الإجرائية 56
أ.8.6 المعايير التنظيمية النووية السارية 57
أ.9.6 السابقة القانونية 57
أ.10.6 خلاصة للملامح الهامة 58
الملحق ب: جرعة التعرض المهني الوسطية وجرعة الإشعاع الوسطية من المصادر الطبيعية العالميتين 59
الملحق ج: المؤشرات البيولوجية ("القياس البيولوجي للجرعات") 63
ج.1 مدخل 63
ج.2 التقنيات 63
ج.1.2 الصبغيات ثنائية القُسَيْم المركزي 63
ج.2.2 النوى الصغيرة 64
ج.3.2 تكثف الصبغيات المبكر (PCC) 65
ج.4.2 الإزْفاءات المتبادَلة (تبادل الشُّدَف الصبغية بين صبغيين غير متماثلين) 66
ج.5.2 التجاوب مساير المغنطيسية الإلكتروني (EPR)؛ = التجاوب الدوامي الإلكتروني (ESR) 66
ج.6.2 بؤر الواصِمَة البيولوجية γ-H2AX 67
ج.7.2 مُقايَسَة الاحتراق (comet assay) 67
ج.3 الاستنتاجات 68
الملحق د: أسلوب تحليل الرِّيبَة الكمي لتقدير الخطر المتعلق بالإشعاع 69
د.1 نمذجة التقديرات الإحصائية للخطر 70
د.2 التصحيح من أجل الأخطاء العشوائية والمنهجية في قياس الجرعة للناجين من القنبلة الذرية .. 77
د.3 اعتماد الخطر على الجرعة ومعدل الجرعة للإشعاع منخفض الطاقة 78
د.4 التصحيح من أجل نوع الإشعاع 79
د.5 انتقال الخطر المفرط النسبي (ERR) من السكان اليابانيين إلى سكان الولايات المتحدة 81
د.6 التعديل عبر عوامل الخطر الوبائية 84
د.1.6 الصياغة العامة 84
د.2.6 سرطان الثدي: تأثر الإشعاع والعمر في الحمل الأول كامل الأجل 84
د.3.6 سرطان الرئة: تأثر جرعة الإشعاع مع تاريخ التدخين 85

د.4.6 سرطانة (كارسينوما) الجلد غير الورم الميلانيني: التآثر بين الإشعاع المُؤَيِّن والإشعاع فوق البنفسجية 87
د.5.6 البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP) 88
الملحق هـ: برمجيات نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD) 89
هـ.1 تقديم توضيحي عام لأداة الحساب 89
هـ.2 مثال للتطبيق 89
هـ.3 ملاحظات ختامية 92
المساهمون في وضع المسودة والمراجعة 93
المراجع 95

قائمة الجداول

الجدول 1.2 تقديرات العتبة المتوقعة للجرعات الممتصة الحادة من أجل وقوع مراضة ووفيات مقدارها 1 بالمئة التي تشمل أعضاء وأنسجة البشر البالغين بعد تعرضات كامل الجسم لشعاع غاما 9
الجدول أ.1 الحِصَّة المُخَصَّصَة وشرائح المدفوعات في نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة 28
الجدول أ.2 سرطان القولون لدى ذكر: مثال لاحتمال التسبيب (PC)/(%) 39
الجدول أ.3 قيم احتمال التسبيب (PC) لسرطانات مختلفة (الجرعة 50 سنتي غراي)، العمر عندما انفجرت القنبلة 12 سنة 39
الجدول أ.4 قائمة الأمراض المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل، والحادث في تجمع الإنتاج مايك (Mayak)(1957)، والتخلص من نواتج النفايات المشعة في أعماق نهر تيكا (Techa) في الاتحاد الروسي 43
الجدول أ.5 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بالأحداث الإشعاعية في الاتحاد الروسي (قائمة تشيرنوبل 1999) 44
الجدول أ.6 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل في الاتحاد الروسي في أعوام 1992-1997 (قائمة تشيرنوبل 1992) 45
الجدول أ.7 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل في الاتحاد الروسي في أعوام 1997-1999 (قائمة تشيرنوبل1997) 46
الجدول أ.8 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بالإشعاع في الاتحاد الروسي 47
الجدول أ.9 قائمة الأمراض المتعلقة بالتعرض المُؤَيِّن الجديرة بالإقرار في نظام التعويض 51
الجدول أ.10 تزايد الأمراض التي عُوِّضَ عنها المتعلقة بالإشعاع المُؤَيِّن 52
الجدول أ.11 نمط الأمراض المُحْدَثَة بالإشعاع التي عُوِّض عنها في عام 2003 52
الجدول أ.12 العامل: الإشعاع المُؤَيِّن 55
الجدول ب.1 التعرضات المهنية للإشعاع 60
الجدول ب.2 جرعة الإشعاع الوسطية من المصادر الطبيعية 61
الجدول د.1 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت عبر الإسلوب 1 كما طُبِّق على مواقع نوعية للسرطان الصلب 71

الجدول د.2 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزعات مرتسم الترجيح من أجل a التي يُحْصَل عليها عبر الأسلوب 2 معالجة سرطان نوعي من أجل سن تعرض e أكبر أو يساوي 30 سنة والعمر المحرز a أكبر أو يساوي 50 سنة: المواقع التي من أجلها لم يكن التقريب اللوغاريتمي النظامي ملائماً، والتي من أجلها استُعمِلت قيماً افتراضية لـ γ وσ 72

الجدول د.3 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت؛ الابيضاض غير اللمفاوي المزمن، يضم نوعي الجنس. توزعات مرتسم الترجيح، بواسطة قيم مُمَثَّلَة من أجل العمر عند التعرض والزمن منذ التعرض 74

الجدول د.4 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت 75

الجدول د.5 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزعات مرتسم الترجيح من أجل سرطان الجلد غير الورم الميلانيني، يضم نوعي الجنس، ومن أجل السرطانة (الكارسينوما) قاعدية الخلايا: سن التعرض 0-10 و20 و30 و40 سنة أو أكثر 76

الجدول د.6 الفوتونات والإلكترونات: خلاصة لتوزعات الاحتمال لعوامل فعالية الإشعاع التي يتعين استخدامها في تقدير أخطار السرطان والحِصَص المُخَصَّصَة وفقاً لـِ eq. (IV.H.1) أو(IV.H.3) أو(IV.H.4) 80

الجدول د.7 حساب توزع الرِّيبَة للخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزع مرتسم الترجيح a من أجل سرطان الرئة والأعضاء التناسلية الأنثوية غير المبيض المتعلقة بالتعرض للإشعاع منخفض الطاقة 86

الجدول د.8 عوامل من أجل تصحيح الخطر المفرط النسبي ERR_{1SV} (1سيفرت) لسرطان الرئة من أجل حالة التدخين بموجب الافتراض للنموذج الجمعي للتآثر 87

الجدول د.9 معدلات وقوع سرطان الجلد غير الورم الميلانيني (الحالات لكل 100,000 لكل سنة) في الولايات المتحدة واليابان، بحسب الأَثْنِيَّة (الولايات المتحدة) ونوع الجنس (توزع العمر المُقَيَّس لسكان الولايات المتحدة عام 1970) 88

قائمة الأشكال

الشكل أ.1 توزع الرِّيبَة في تقدير احتمال التسبيب (PC) لعامل ذكر مصاب بالابيضاض المُشَخَّص بعمر 50 سنة حيث تعرض بعمر 40 سنة إلى 110 ميلي سيفرت من فوتون عالي الطاقة، محسوباً باستخدام البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي للمعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH-IREP) 33

الشكل د.1 مثال: خطر سرطان المعدة لدى امرأة بعمر 60 سنة مُعَرَّضَة لإشعاع غاما بعمر 32 سنة 71

الشكل د.2 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): أثر التصحيح من أجل خطأ إعادة إنشاء الجرعة 77

الشكل د.3 اختلاف عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها الحاد ($DDREF_{acute}$) كدالة لجرعة الإشعاع من أجل قيم مختارة لعامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها المزمن ($DDREF_{chronic}$) قيمة ثابتة D_L، الجرعة الأدنى التي عندها يفترض أن تُطَبَّق خطية الاستجابة للجرعة 78

الشكل د.4 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): أثر التصحيح من أجل عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) غير المؤكد 79
الشكل د.5 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): عامل فعالية الإشعاع (REF) من أجل 30-250 ألف إلكترون فُلْط من الفوتونات تُوزَّع وفقاً للتوزع الهجين الذي يحدد احتمالاً مقداره 25% إلى واحد واحتمالاً مقداره 75% إلى متغير عشوائي مُوَزَّع توزعاً لوغاريتمياً نظامياً مع متوسط هندسي (GM) مقداره 5.5 وانحراف معياري هندسي مقداره (GSD)1.51 80
الشكل د.6 دالة كثافة الاحتمال ذات الشكل شبه المنحرف f(y) من أجل مُعامِل الخلط الخطي غير المؤكد y بين النماذج الجمعية (y = 0) والتضاعفية (y = 1) من أجل انتقال الخطر المفرط النسبي (ERR) من مجموعة سكانية إلى مجموعة أخرى، لمعظم أنماط السرطان 83
الشكل د.7 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، مُسْتَنْتَج): أثر التصحيح من أجل الانتقال إلى السكان 83
الشكل هـ1 اختيار من أجل حساب الخطر الفردي في نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD) 90
الشكل هـ2 توزع وفيات الخلفية من أجل سرطان معين (فرنسا، 1997) 90
الشكل هـ3 توزع الخطر المفرط النسبي/الخطر المطلق من أجل التعرض المهني عند 20 ميلي سيفرت/سنة من عمر 20 وحتى 55 سنة (فرنسا، 1997) 91
الشكل هـ4 توزع جزء الخطر المعزو إلى الإشعاع من أجل التعرض المهني عند 20 ميلي سيفرت/سنة من عمر 20 وحتى 55 سنة (فرنسا، 1997) 92

تقديم من مكتب العمل الدولي

إن الإشعاع المُؤَيِّن هو جزء من بيئة الإنسان (مثلاً، الأشعة الكونية والمواد المشعة التي تحدث طبيعياً). يشتمل الإشعاع المُؤَيِّن على الأشعة السينية وأشعة غاما (أي الإشعاع الكهرطيسي) بالإضافة إلى الإشعاع الجسيمي (أي جسيمات تحت ذرية: إشعاعات ألفا وبيتا والنترونات). تُستخدَم المصادر المشعة في كافة أنحاء العالم لأغراض مفيدة واسعة التنوع؛ مثلاً، في الصناعة والطب والبحوث والزراعة والتعليم. عالمياً، يُراقَب 6.5 مليون عامل من أجل تعرضهم المهني للإشعاع المُؤَيِّن؛ إن 800,000 منهم هم عمال في دورة الوقود النووي.

ينطوي استخدام هذه المصادر المشعة على أخطار مرتبطة بالتعرض للإشعاع. يستطيع الإشعاع المُؤَيِّن إحداث آثار قاتلة للخلية شديدة بما يكفي حيث تدل تلك الآثار ضمناً على خلل وظيفي للأنسجة و/أو الأعضاء. من الممكن ملاحظة هذه الآثار، التي تدعى "غير العشوائية" أو القطعية، إذا ما تجاوزت الجرعة مستوى معيناً (العتبة). يستطيع الإشعاع المُؤَيِّن أيضاً أن يحدث تحولاً غير قاتل للخلية، ويمكن أن يؤدي إلى آثار طويلة الأمد تدعى الآثار «العشوائية» (مثلاً، السرطان والآثار الوراثية).

نظراً لتزايد عدد مواقع العمل التي يُستخدَم فيها الإشعاع المُؤَيِّن، فإن الاهتمام يزداد بشأن حماية العمال على نحو كافٍ. إن الوقاية من الإشعاع هي جزء من ميادين عمل مكتب العمل الدولي بشأن حماية العمال من الاعتلال الصحي والمرض والإصابة الناشئة عن عملهم، كما ألزم بذلك دستور المنظمة. في حزيران/يونيو 1960، اعتمد مؤتمر العمل الدولي اتفاقية بشأن حماية العمال من الإشعاعات المُؤَيِّنة (رقم 115) وتوصيتها المتعلقة بها (رقم 114).

عندما لا تُنَفَّذ الحماية والسلامة على نحو كافٍ أو ملائم، فإنه يمكن أن تحدث الإصابة أو المرض لدى العمال بسبب التعرض للإشعاع المُؤَيِّن في مكان العمل. يجب تحديد الأمراض الناجمة عن العمل والتعويض عنها لضحاياها على نحو ملائم. إن العلاقة بين التعرض وشدة الخلل لدى العمال وعدد العمال المُعَرَّضين هي معايير هامة لتحديد الأمراض المهنية. في عام 1964، اعتمد مؤتمر العمل الدولي اتفاقية الإعانات في حالة إصابات العمل (رقم 121) وتوصيتها المتعلقة بها (رقم 121)؛ يُلْحَق بتلك الاتفاقية جدول منفصل يحتوي على قائمة للأمراض المهنية التي تمنح الحق في الإعانات؛ تتضمن هذه القائمة الأمراض التي يسببها الإشعاع المُؤَيِّن في مكان العمل.

مع ازدياد الوعي لدى العموم بشأن الأخطار الصحية المفترضة المرتبطة باستخدام الطاقة النووية، فإن ثمة عدد متزايد من المُطالَبات من قِبَل العمال (أو أقربائهم) من أجل التعويض عن السرطان الذي حدث لدى العمال الذي يمكن أن يُعْزى إلى التعرض للإشعاع المُؤَيِّن في العمل. إن العلاقة السببية بين التعرض للإشعاع المُؤَيِّن والآثار الصحية القطعية سهلة الإنشاء نسبياً. إن السرطان مرض شائع وتساهم عوامل كثيرة بحدوثه. بغياب العلامة المميزة للإشعاع لتحديد، بالضبط، أولئك الأفراد الذين تأثروا بشكل رئيس عبر تعرضهم المهني للإشعاع المُؤَيِّن، فإنه سيكون من الصعب تمييز تلك السرطانات التي تُعْزى إلى التعرض المهني للإشعاع عن سرطانات الخلفية التي حدثت بأسباب أخرى

والتعويض عنها وفقاً لهذا.

تزود هذه الوثيقة بإرشاد بشأن الإجراءات والطرائق لتقييم قابلية عزو السرطان إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤيِّن وللمساعدة في اتخاذ القرار بما يتعلق بتعويض العمال المُعَرَّضين مهنياً للإشعاع المُؤَيِّن وللمساعدة في اتخاذ القرار بما يتعلق بتعويض العمال المُعَرَّضين مهنياً للإشعاع المُؤَيِّن لمستويات أدنى من حدود الجرعة ذات الصلة الذين حدث لديهم السرطان. إن المقصود من هذه الوثيقة هو استخدامها على وجه الخصوص من قِبَل السلطات المختصة، وأصحاب العمل والعمال، والأشخاص المسؤولين عن برامج التعويض عن الأمراض المهنية، بغية مساعدة الحكومات والشركاء الاجتماعيين لاتخاذ قرار بشأن الخيارات الإستراتيجية التي تراعي المردود الاقتصادي والحماية الاجتماعية.

تعكس هذه الوثيقة الخبرة الجماعية ووجهة نظر مجموعة من الخبراء الدوليين الذين شاركوا في الاجتماعات التقنية واجتماعات المستشارين أثناء وضع المسودة. إننا نقدر كثيراً مساهمات كافة الخبراء والمراجعين أثناء وضع المسودة وتنقيح هذه الوثيقة. إن Dr S.Niu من منظمة العمل الدولية (ILO) وMr P. Deboodt من الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) و Dr H. Zeeb من منظمة الصحة العالمية (WHO) أدوا واجبهم كمشاركين في أمانات السر أثناء تنسيق الاجتماعات التقنية واجتماعات المستشارين وإعداد هذه الوثيقة.

أخيراً، ينبغي الإشارة إلى أن مسؤولية الاستنتاجات والآراء الواردة في هذه الوثيقة هي مسؤولية الخبراء وحدهم الذين ساهموا في وضع المسودة والمراجعة، ولا يمثل نشر هذه الوثيقة مصادقة من جانب مكتب العمل الدولي أو الوكالة الدولية للطاقة الذرية أو منظمة الصحة العالمية على الآراء الواردة فيها.

Seiji Machida

مدير

برنامج السلامة والصحة في العمل والبيئة (العمل المأمون)

مكتب العمل الدولي

تقديم من المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية

للإشعاع المُؤَيِّن [أي الإشعاع الكهرطيسي (الأشعة السينية وأشعة غاما)، والإشعاع الجسيمي (إشعاعات ألفا وبيتا والنترونات)] استخدامات مفيدة عديدة في المجالات الطبية والصناعية والزراعية والخدمية والتعليمية والبحثية وغيرها، مع الإشارة إلى أن الاستخدامات آخذة بالتزايد ويقابل ذلك ازدياد عدد العمال المُعَرَّضين للإشعاع المُؤَيِّن.

في حال عدم التقيد بمعايير الأمان، لاسيما تجاوز الجرعة لمستوى معين (العتبة)، فإن الضرر سيحصل في جسم الإنسان متجلياً بآثار صحية قطعية (كالسَّاد، وفقر الدم، وقلة الصفيحات) وعشوائية (كالسرطان، والآثار الوراثية). ويجب أن لا ننسى الضرر البيئي أيضاً، لاسيما في حال عدم التخلص من النفايات المشعة على نحو مأمون. من هنا جاءت أهمية حماية العمال من الإشعاعات المُؤَيِّنة، حيث اعتمد مكتب العمل الدولي في عام 1960 اتفاقية بهذا الخصوص (رقم 115) وتوصيتها المتعلقة بها (رقم 114).

يجيب هذا الكتاب بأسلوب علمي على السؤال التالي: من المعروف أنه إذا ما تجاوزت الجرعة مستوى معيناً (العتبة)، فإن الضرر الصحي سيحصل وسينال المُعَرَّضون المتضررون تعويضاً ملائماً عينياً و/أو مادياً عن الضرر الحاصل؛ لكن ما هو الحال إذا كان التعرض دون حدود الجرعة (العتبة) وحدث ضرر صحي لدى المُعَرَّضين؟ تعتمد الإجابة على نسبة مؤشر يدعى «الحِصَّة المُخَصَّصَة» أو «احتمال التسبيب» لدى المُعَرَّضين المتضررين، فإذا ما تجاوزت تلك النسبة حداً معيناً يحصل المتضرر على تعويض كلي أو جزئي، وإذا لم تتجاوز تلك النسبة ذلك الحد، فإن المتضرر لا يحصل على أي تعويض، ولا يعتبر الضرر عندئذ ناجماً عن التعرض للإشعاع المُؤَيِّن بل نجم عن أسباب أخرى. لابد من الإشارة هنا إلى أن مؤتمر العمل الدولي اعتمد في عام 1964 اتفاقية الإعانات في حالة إصابات العمل (رقم 121) وتوصيتها المتعلقة بها (رقم 121)، وقد تضمن ملحق تلك الاتفاقية جدولاً منفصلاً يحتوي على قائمة للأمراض المهنية تمنح الحق في الإعانات، حيث تتضمن هذه القائمة الأمراض التي يسببها الإشعاع المُؤَيِّن في مكان العمل.

لقد آثرنا أثناء ترجمة هذا الكتاب استخدام المصطلحات الواردة في كلٍ من الطبعة الرابعة من المعجم الطبي الموحد الذي أصدره المكتب الإقليمي لشرق المتوسط التابع لمنظمة الصحة العالمية، ومسرد المصطلحات المستخدمة في مجالي الأمان النووي والوقاية من الإشعاعات الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

يشتمل الكتاب على مدخل وقسمين وخمسة ملاحق. يبحث القسم الأول بالأساس العلمي لعزو الخطر، بما في ذلك أساليب عزو الآثار الصحية إلى التعرض المهني للإشعاع؛ ويبحث القسم الثاني ببرامج التعويض المعتمد على عزو الخطر، بما في ذلك أساليب لتقييم تلك البرامج وملامحها واستنتاجات وتوصيات. أما الملاحق فيتضمن الأول أمثلة لبرامج التعويض في كلٍ من المملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والاتحاد الروسي وفرنسا والأرجنتين، ويتضمن الثاني جرعة التعرض المهني الوسطية وجرعة الإشعاع الوسطية من المصادر الطبيعية العالميتين، ويتضمن الثالث المؤشرات البيولوجية (القياس البيولوجي للجرعة)، ويتضمن الرابع أسلوب تحليل الرِّيبَة الكمي لتقدير الخطر المتعلق بالإشعاع، ويتضمن الخامس برمجيات نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع.

هذا الكتاب مفيد للعاملين في مجال الطب المهني والصحة المهنية، والسرطان؛ وللمعنيين بالتعويض في مؤسسات التأمين المختلفة، وبتقدير العجز؛ ولأصحاب العمل وللعمال ولمنظماتهم؛ وكذلك المهتمين بعلوم الذَّرَّة.

ختاماً نتوجه بخاص شكرنا وجزيل امتنانا إلى مكتب العمل الدولي في جنيف لتكرمه بمنحنا الموافقة والتمويل لترجمة النسخة الأصلية من الكتاب الصادرة باللغة الإنجليزية ولدعمه المستمر لأنشطة المعهد.

كما نشكر الدكتور بسام أبو الذهب للجهد الذي بذله في ترجمة هذا الدليل الهام، وله منا كل التقدير.

والله ولي التوفيق...

القائم بأعمال مدير المعهد

الدكتورة رانية رشدية

مقدمة

انعقد في جنيف في الفترة من 26-30 آب/أغسطس 2002 المؤتمر الدولي بشأن الحماية من الإشعاع المهني، حيث استضافته حكومة سويسرا. نَظَّم هذا المؤتمر الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، وقد عقدته بالاشتراك مع منظمة العمل الدولية (ILO). شارك برعايته المفوضية الأوروبية (EC) وعُقِد بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية (WHO) ووكالة الطاقة النووية لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية NEA/OECD وعدد من المنظمات الدولية. كانت إحدى توصيات هذا المؤتمر أنه «ينبغي للمنظمات الدولية أن تضع إرشاداً بشأن صياغة وتطبيق جداول لاحتمال التسبيب من أجل تعويض العمال عن الأمراض المهنية المُحْدَثة بالإشعاع».

كمتابعة لمؤتمر جنيف، وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة العمل الدولية (ILO) خطة عمل دولية للوقاية من الإشعاع المهني. أقر خطة العمل تلك مجلس المحافظين في الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) في 8 أيلول/سبتمبر 2003 وعُيِّنَت لجنة توجيهية لتقديم النصح والمراقبة والمساعدة في التنفيذ العملي لخطة العمل تلك. إن هذه الوثيقة التي بين أيدينا هي نتيجة لقرار اتخذته اللجنة التوجيهية في اجتماعها الأول الذي عُقِد في فيينا في شباط/فبراير 2004 لإصدار بروتوكولات وإجراءات متفق عليها دولياً من أجل المساعدة في وضع جداول للتعويض. تزود هذه الوثيقة بإرشاد بشأن الإجراءات والطرائق من أجل تقييم إمكانية عزو السرطان إلى التعرض المهني للإشعاع ومن أجل مساعدة متخذي القرار في وضع جداول التعويض للعمال الذين أصيبوا بالسرطان بعد التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن دون حد الجرعة ذي الصلة. إن المقصود من هذه الوثيقة هو استخدامها على وجه الخصوص من قِبَل السلطات المختصة، وأصحاب العمل والعمال، والأشخاص المسؤولين عن نُظُم التعويض عن الأمراض المهنية.

هذه الوثيقة لا تقتضي ضمناً متطلبات جديدة على المستوى الوطني أو لمهنيي الإشعاع. إنها توفر، أولاً، معلومات علمية أساسية بشأن الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن لدراستها أثناء وضع نُظُم التعويض؛ ثانياً، إنها تقدم أمثلة للنُظُم التي وُضِعَت في بلدان مختلفة. بالإمكان استخدام تلك الأمثلة من أجل التعويض في حالة وضع مثل هذا النظام حديثاً في أحد البلدان أو بالإمكان المساعدة لضمان أن البلدان التي تسعى لوضع مثل هذه النظُّمُ على دراية بالعوامل والمتثابتات (البارامترات) التي ثمة حاجة لأخذها بالحسبان.

ثمة أمل بتحديث هذه الوثيقة في المستقبل كي تعكس المعارف العلمية الجديدة بشأن الآثار الصحية للإشعاع المُؤَيِّن أو كي تضم أمثلة إضافية لنُظُم التعويض حالما تتوفر.

الاختصارات

القسم المُعْتَمَد لقياس الجرعة	Approved Dosimetry Service	ADS
قانون الأخطار المهنية (الأرجنتين)	Act on Occupational Risks (Argentina)	AOR
الحِصَّة المُخَصَّصَة	assigned share	AS
نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع	Assessment System for the Quantification of Radiation Detriment	ASQRAD
العمر عندما انفجرت القنبلة	age at the time of bombing	ATB
سرطانة (كارسينوما) الجلد قاعدية الخلايا	basal cell skin carcinoma	BCSC
الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن	Biological Effects of Ionizing Radiation	BEIR
رابطة الاتحاد الألماني للهندسية الكهربائية والميكانيكية	Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (Germany) (German Trade Association for Precision Mechanics and Electrical Engineering)	BGFE
مركز مكافحة الأمراض (الولايات المتحدة)	Centers for Disease Control (United States)	CDC
مركز الدراسة بشأن الوقاية في المجال النووي (فرنسا)	Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (France)	CEPN
الابيضاض اللمفاوي المزمن	chronic lymphocytic leukaemia	CLL
الصندوق الوطني للتأمين للعمال ضد الأمراض (فرنسا)	Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (France)	CNAMS
نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع (المملكة المتحدة)	Compensation Scheme for Radiation-Linked Diseases (United Kingdom)	CSRLD
عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها	dose and dose rate effectiveness factor	DDREF
قسم الصحة والخدمات البشرية (الولايات المتحدة)	Department of Health and Human Services (United States)	DHHS
الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين	deoxyribonucleic acid	DNA
قسم الطاقة (الولايات المتحدة)	Department of Energy (United States)	DOE

EAR	excess absolute risk	الخطر المفرط المطلق
EC	European Commission	المفوضية الأوروبية
EEOICPA	Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act (United States)	قانون التعويض عن الأمراض المهنية لعمال الطاقة (الولايات المتحدة)
EPA	Environmental Protection Agency (United States)	وكالة حماية البيئة (الولايات المتحدة)
EPR	electron paramagnetic resonance	التجاوب معاير المغنطيسية الإلكتروني
ERR	excess relative risk	الخطر المفرط النسبي
ESC	Exposed in Special Circumstances	المُعَرَّضون في ظروف خاصة
EU	European Union	الاتحاد الأوروبي
FISH	fluorescence in situ hybridization	تألق في موضع التهجين
HMA	Health Management Allowance (Japan)	علاوة إدارة الصحة (اليابان)
HPA	Health Protection Agency (United Kingdom)	وكالة حماية الصحة (المملكة المتحدة)
IAEA	International Atomic Energy Agency	الوكالة الدولية للطاقة الذرية
IARC	International Agency for Research on Cancer	الوكالة الدولية لبحوث السرطان
ICD	International Classification of Diseases	التصنيف الدولي للأمراض
ICFTU	International Confederation of Free Trade Unions	الاتحاد الدولي لاتحادات التجارة الحرة
ICRP	International Commission on Radiological Protection	اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements	اللجنة الدولية لوحدات وقياسات الإشعاع
ILO	International Labour Organization	منظمة العمل الدولية
IOE	International Organisation of Employers	المنظمة الدولية لأصحاب العمل
IREP	Interactive RadioEpidemiological Program (United States)	البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (الولايات المتحدة)
LLE	loss of life expectancy	نقص توقع العمر
LSS	Life Span Study	دراسة فترة الحياة
MHLW	Ministry of Health, Labour and Welfare (Japan)	وزارة الصحة والعمل والرعاية (اليابان)
MOD	Ministry of Defence (United Kingdom)	وزارة الدفاع (المملكة المتحدة)
NAS	National Academy of Sciences (United States)	الأكاديمية الوطنية للعلوم (الولايات المتحدة)

NCI	National Cancer Institute (United States)	المعهد الوطني للسرطان (الولايات المتحدة)
NEA/OECD	Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development	وكالة الطاقة النووية لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية
NIH	National Institutes of Health (United States)	المعهد الوطني للصحة (الولايات المتحدة)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (United States)	المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (الولايات المتحدة)
NRA	Nuclear Regulatory Authority (Argentina)	السلطة التنظيمية النووية (الأرجنتين)
NRC	National Research Council (United States)	المجلس الوطني للبحوث (الولايات المتحدة)
NRPB	National Radiological Protection Board (United Kingdom)	المجلس الوطني للحماية من الإشعاع (المملكة المتحدة)
ORIA	Occupational Risk Insurance Agency (Argentina)	وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (الأرجنتين)
PC	probability of causation	احتمال التسبيب
PCC	premature chromosome condensation	تكثف الصبغيات المبكر
RBE	relative biological effectiveness	الفعالية البيولوجية النسبية
RECA	Radiation Exposure Compensation Act (United States)	قانون التعويض عن التعرض للإشعاع (الولايات المتحدة)
REF	radiation effectiveness factor	عامل فعالية الإشعاع
RERF	Radiation Effects Research Foundation (Japan)	مؤسسة بحوث آثار الإشعاع (اليابان)
RR	relative risk	الخطر النسبي
SEC	Special Exposure Cohort	أتراب (Cohort) التعرض الخاص
SEER	Surveillance, Epidemiology and End Results	برنامج الترصد والوبائيات والنتائج النهائية
SMCA	Special Medical Care Allowance (Japan)	علاوة الرعاية الطبية الخاصة (اليابان)
SREC	Specialized Regional Expert Council (Russian Federation)	مجلس الخبراء الإقليمي المتخصص (الاتحاد الروسي)
UN	United Nations	الأمم المتحدة
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation	اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري
WHO	World Health Organization	منظمة الصحة العالمية
WLM	working level months	سوية العمل في الشهر

1

مدخل

1.1 الخلفية

يستطيع الإشعاع المُؤَيِّن أن يسبب آثاراً صحية ضارة للإنسان. تقسم تلك الآثار إلى فئتين: أحداث صحية قطعية وعشوائية. إن الآثار القطعية للإشعاع المُؤَيِّن لدى الإنسان هي نتيجة لتعرضات كامل الجسم أو لتعرضات موضعية تسبب ضرراً خلوياً كافياً أو قتل الخلايا كي تُحْدِث خللاً في وظيفة النسيج أو العضو المُشَعَّع. تشمل الآثار الصحية العشوائية تعديلاً غير مميت للخلية بدلاً من موتها؛ يعتبر هذا التعديل بصورة تقليدية ناجماً عن طفرة في الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA) لنواة خلية، ويمكن لتلك الطفرة أن تؤدي إلى السرطان لدى الفرد المُعَرَّض إذا ما حدثت في خلية جسدية. إذا ما كانت الخلية المتأثرة خلية جنسية، فإن الناتج الممكن الآخر، ولو أنه نادر للغاية، هو شذوذ جيني وراثي في سليلات الفرد المُعَرَّض.

إن نظام تحديد الجرعة في الإطار الحالي من أجل الحماية من الإشعاع موجه نحو ضمان منع حدوث الآثار القطعية، في حين أن حدوث الآثار العشوائية مَصون إلى مستوى مقبول. يعني ذلك، في الواقع، أنه حيثما تكون الجرعات المُسَبِّبَة ممتثلة لحدود الجرعة فإنه يتعين عدم توقع الأثر القطعي. إن التعويض لهذه المطالبات للآثار القطعية على أنها متعلقة بالإشعاع لن تؤخذ بعين الاعتبار بصورة طبيعية على الإطلاق.

يمكن أن يطالب بالتعويضات العمالُ الذين عُرِّضوا مهنياً للإشعاع المُؤَيِّن في بعض مراحل حياتهم المهنية وحدث لديهم السرطان. مع ذلك، إن السرطان مرض شائع وتساهم عوامل كثيرة بحدوثه. بدون قابلية للتحديد الدقيق لأولئك الأفراد الذين تأثروا بشكل رئيس عبر تعرضهم المهني للإشعاع المُؤَيِّن، فإنه من الصعب التسليم أن السرطانات لدى هؤلاء العمال من منشأ مهني والتعويض عنها طبقاً لذلك. هذه الوثيقة تزود ببعض الإرشاد بشأن تلك الأوضاع.

إن مسألة إحداث السرطان من التعرض المهني للإشعاع لا يمكن، مع ذلك، أن تُرى بمعزل عن السرطان المهني عموماً ولهذا تتطلب تعاوناً بين الوكالات. في حين أن للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) وظيفة رئيسة في المستوى التقني، مع مسؤولية كفالة تطبيق المعايير الدولية للسلامة المتعلقة بالإشعاع وكتابة التقارير بشأن البَنِّيَة العلمية اللازمة [التي تجمعها اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR)]، فإن المسألة هي، في مستوى السياسات، ذات صلة بالوكالات الأخرى للأمم المتحدة (UN)، بما في ذلك منظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO). فمثلاً، اعتمدت منظمة العمل الدولية اتفاقية الإعانات في حالة إصابات العمل، 1964 (رقم 121) التي تتضمن قائمة بالأمراض المهنية. إن الأمراض الناجمة عن الإشعاعات المُؤَيِّنة مشمولة في تلك اللائحة.لقد كان لمنظمة الصحة العالمية في الفترة الماضية اهتمام بهذه المسألة؛ كمثال، قدمت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) التابعة لمنظمة الصحة العالمية (WHO) تقارير بشأن تحاليل مشتركة للوفيات من السرطان بين عمال القطاع النووي.

استضافت مؤسسة المهنيين والمدراء والاختصاصيين (اتحاد العمال في المملكة المتحدة الذي يعرف اليوم بـ «Prospect») اجتماعاً استشارياً غير رسمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) في مقراتها الرئيسة في لندن في كانون الأول/ديسمبر 2000. خرج الاجتماع بتقرير

بعنوان الإمكانية من أجل وضع إرشاد دولي مشترك للمساعدة في اتخاذ القرار بشأن عزو حالات الآثار الصحية المضرة إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤيِّن، حيث وفر هذا التقرير أساساً للتخطيط الإضافي ولإعداد مشروع تعاوني للمنظمات الثلاث.

انعقد في جنيف في الفترة من 26-30 آب/أغسطس 2002؛ المؤتمر الدولي الأول بشأن الوقاية من الإشعاع المهني، الذي استضافته حكومة سويسرا؛ نظم المؤتمر الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، الذي عقدته بشكل مشترك مع منظمة العمل الدولية (ILO)، وشارك برعايته المفوضية الأوروبية (EC) وانعقد بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية (WHO) ووكالة الطاقة النووية لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (NEA/OECD) وعدد من المنظمات الدولية الأخرى. خرج المؤتمر بعدد من النتائج والتوصيات كانت إحداها: «ينبغي للمنظمات الدولية أن تضع إرشاداً بشأن صياغة وتطبيق نُظُم تتعلق باحتمال التسبيب من أجل تعويض العمال عن الأمراض المهنية المُحْدَثَة بالإشعاع». إن ما ذُكِر أُخِذ بعين الاعتبار في أيلول/سبتمبر 2002 من قِبَل المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) الذي طلب من المدير العام لتلك الوكالة صياغة وتنفيذ خطة عمل بالتعاون مع منظمة العمل الدولية (ILO) والأطراف الأخرى ذات الصلة.

أعدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة العمل الدولية (ILO) مسودة راجعتها المنظمات والمشاركون الرئيسيون في مؤتمر جنيف بالإضافة إلى الاتحاد الدولي لاتحادات التجارة الحرة (ICFTU) والمنظمة الدولية لأصحاب العمل (IOE). اعتمد خطة العمل مجلس المحافظين للوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) في 8 أيلول/سبتمبر 2003. لضمان التنفيذ الناجح لخطة العمل، وافقت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة العمل الدولية (ILO) على تأسيس لجنة توجيهية لتقديم النصح والمراقبة والمساعدة في التنفيذ العملي لخطة العمل.

انعقد الاجتماع الأول للجنة التوجيهية في فيينا في شباط /فبراير 2004 وحُدِّد نطاق كل بند من خطة العمل بوضوح. لقد اتُّفِق على أن الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، بالتعاون مع منظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) ووكالة الطاقة النووية (NEA) والأطراف الأخرى ذات الصلة واعتماداً على خبرة أصحاب المصلحة الآخرين، سوف «تستمر بعملها بشأن وضع إرشاد دولي للمساعدة في اتخاذ القرار بشأن عزو حالات الآثار الصحية المضرة إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤيِّن». أشير إلى الناتج المرغوب لهذا العمل بالإجراء 14 من خطة العمل، وهو إصدار بروتوكولات وإجراءات متفق عليها دولياً للمساعدة في تنفيذ اتفاقات بشأن احتمال التسبيب.

في غضون ذلك، نُظِّم اجتماع استشاري في فيينا بالنمسا في الفترة من 13-17 تشرين الأول/أكتوبر2003. مجموعة من ثمانية خبراء عملوا على وثيقة أولية والمسودة الرسمية بعنوان عزو المرض المرتبط بالإشعاع إلى التعرض المهني وأصبحت متاحة في أيار/مايو 2004 من أجل التعليق عليها من قِبَل أعضاء اللجنة التوجيهية.

خلال الاجتماع الثاني للجنة التوجيهية في فيينا في كانون الثاني/يناير 2006 أدركت اللجنة قيمة المسودة ولكنها أوصت أيضاً بمزيد من التطوير، كإضافة مزيد من الأمثلة حول نُظُم التعويض. لقد اتُّفِق أيضاً على أن تقود منظمة الصحة العالمية (WHO) الإجراء 14 إلى حين الانتهاء من طباعة الوثيقة النهائية.

نُظِّم اجتماع تقني من قِبَل منظمة الصحة العالمية (WHO) في أيار/مايو 2006؛ استضاف الاجتماع رابطة الاتحاد الألماني للهندسة الكهربائية والميكانيكية (BGFE) في باد-مونستريفيل بألمانيا حيث استمر سبعة عشر خبيراً بمراجعة مسودة الوثيقة ونصحوا بشأن إضافة مزيد من المعلومات. بعد ذلك أصدرت منظمة الصحة العالمية (WHO) إصداراً جديداً أُرْسِل إلى الخبراء للتعليق عليه في أيار/مايو2007. صيغَ الإصدار المُعَدَّل بشكله النهائي في كانون الأول/ ديسمبر2007 وأُتُّفِق على أن تنشر منظمة العمل الدولية (ILO) الوثيقة النهائية حالما تُعْتَمَد من قِبَل لجان النشر لمنظمة الصحة العالمية (WHO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA).

2.1 الغرض

السرطان مرض شائع. في البلدان المتقدمة اقتصادياً. يحدث السرطان لدى ما يزيد عن ثلث السكان في فترة ما خلال حياتهم ويموت في النهاية بين خمس وربع الأفراد بسبب مرض خبيث. أصبح السرطان أيضاً أكثر أهمية لأنه سبب من الأسباب الكبرى للعجز والوفاة في البلدان الأقل نمواً. لذلك، في أي مجموعة سكانية مُعَرَّضة مهنياً للإشعاع، فإن نسبة هامة من الأفراد المُعَرَّضين سيحدث لديهم السرطان لأسباب أخرى غير تعرضهم في مكان العمل. تقتضي اتفاقية الإعانات في حالة إصابات العمل، 1964 (رقم121) أنه ينبغي تعويض العمال الذين يحدث لديهم السرطان كنتيجة للتعرض المهني للإشعاع. إن التعويض صريح في الحالات حيثما تتضمن قوائم الأمراض المهنية السرطان ويحقق التعرض المعايير الموصوفة في البلد المعني. حيثما لا تتبع مثل هذه الأساليب المرتكزة على القائمة، فإن ثمة حاجة إلى تأسيس المنشأ المهني لسرطان معين على أساس فردي. في حال غياب قابلية التحديد الدقيق لهؤلاء الأفراد الذين تأثروا، فإنه ينبغي أن تكون متاحة عملية لتقديم التعويض في نمط عادل ومنصف. للعمال الذين يحدث لديهم السرطان ويستطيعون إظهار أنهم عُرِّضوا للإشعاع خلال دورة عملهم الحق بالمُطالَبة بالتعويض. مع ذلك، إن تعويض كافة العمال الذين عانوا من التعرض المهني في مرحلة ما من حياتهم المهنية سوف يؤدي دوماً تقريباً إلى نسبة كبيرة من العمال المُعَرَّضين الذين يتلقون التعويض عن السرطانات التي يمكن أن تُحْدَث بشكل رئيس عبر عوامل أخرى غير التعرض المهني، ومن المحتمل أن يكون العبء على نظام التعويض مرهقاً مالياً. بدلاً من ذلك، إذا لم يُعَوَّض كافة العمال المُعَرَّضين الذين يحدث لديهم السرطان، فإن عملية التعويض يمكن أن تُعتبر أنها قادرة على تمييز تلك الحالات من السرطان الأكثر ترجيحاً أنها نجمت عن التعرض المهني للإشعاع عن سرطانات الخلفية التي تحدث بأسباب أخرى. تناقش هذه الوثيقة، بالإشارة إلى وثيقة IAEA-TECDOC-870 (IAEA,1996b)، كيفية إجراء ذلك. مع ذلك، ينبغي ملاحظة أن التعويض هو المرحلة الأخيرة في التعامل مع مخاطر الإشعاع المُؤَيِّن في مكان العمل. على وجه الخصوص، إن مبدأ الوقاية المثلى من التعرضات الخطرة على نحو محتمل من الآثار الصحية الضارة ينبغي أن يكون مكوناً مركزياً ضمن نظام السلامة والصحة المهنيتين.

تزود هذه الوثيقة بالإرشاد بشأن الإجراءات والطرائق لتقييم إمكانية عزو التعرض المهني للإشعاع إلى السرطان وللمساعدة في اتخاذ القرار بشأن تعويض العمال المصابين بالسرطانات عندما يكون تعرضهم المهني للإشعاع المُؤَيِّن دون حدود الجرعة ذات الصلة. إنها موجهة بشكل خاص للاستخدام من قِبَل السلطات المختصة، وأصحاب العمل والعمال، والأشخاص المسؤولين عن برامج التعويض عن الأمراض المهنية.

ليس الغرض من هذه الوثيقة أن تحل مكان أي نُظُم وطنية قائمة بشأن التعويض عن الأمراض المهنية، بما في ذلك السرطان، أو أن تقترح نموذجاً شاملاً للبلدان التي لم تصمم بعد نظاماً للتعويض عن السرطان المهني الناجم عن التعرض للإشعاع المُؤَيِّن. لا تعني نصوص هذه الوثيقة التطبيق المتماثل في كافة البلدان والأقاليم، لكن تعني توفير المعلومات التي ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار بما يتماشى مع الوضع المحلي، والموارد التقنية وسلم التغطية بالنظام، والعوامل التي ستحدد إمكانية التطبيق. تصف هذه الوثيقة الأساس العلمي لعزو الأحداث الصحية إلى التعرضات المهنية. إنها توجز المكونات الرئيسة لنُظُم التعويض عن السرطان القائمة حالياً في الدول الأعضاء التي تشتمل على تقييم إمكانية عزو السرطان إلى التعرض المهني للإشعاع، بهدف المساعدة في عملية اتخاذ القرار بشأن علاقة المرض بالعمل، والتعويض، والاستراتيجيات من أجل إدارة الخطر.

ستناقَش السمات العامة والملامح الخاصة، بالإضافة إلى الفوائد والعوائق المميزة في التنفيذ الواقعي لنُظُم التعويض القائمة. إن استخدام البيانات الوبائية الإشعاعية والنماذج وثيقة الصلة بتقييمات الحِصَّة المُخَصَّصَة أو احتمال التسبيب التي يساهم بها التعرض المهني للإشعاع يشكل جزءاً هاماً من الوثيقة التي تأخذ بعين الاعتبار كلاً من الآثار العشوائية (مثلاً، السرطان) والقطعية (مثلاً، السَّاد) المُحْدَثَة بواسطة التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن. يتضمن الملحق أ أمثلة لبعض نُظُم التعويض القائمة في الدول الأعضاء.

تشمل الفئة المستهدفة بهذه الوثيقة تلك البلدان التي نفذت نُظُم التعويض بالإضافة إلى التي لم تفعل ذلك بعد. من أجل المجموعة الأولى، توفر هذه الوثيقة المعلومات ذات الصلة بشأن الأساليب المستنبطة في بلدان متقدمة عديدة والتي يمكن أن تسمح بالمقارنة والتبادل المثمر. مع ذلك، إن القيمة المضافة الأكثر فائدة لهذه الوثيقة ستكون الفائدة لتلك البلدان التي لم تنفذ بعد نُظُم التعويض عن الآثار المضرة للإشعاع المُؤَيّن المهني.

رغم أن الوثيقة لا تعتزم تقديم قائمة كاملة لنُظُم التعويض، فإنه ينبغي للبلدان أن تجد المسائل الأساسية والعوامل ذات الصلة التي يتعين أخذها في الحسبان أثناء تأسيس مثل هذا النظام. علاوة على ذلك، إن تقديم نُظُم التعويض القائمة يمكن أن يُستَخدم لتسهيل تطوير الأساليب الوطنية مع الأخذ بالحسبان خلفية البلد التقنية والسياسية والثقافية.

ينبغي أن تدعم هذه الوثيقة المناقشات المستقبلية وتبادل المعلومات بين الخبراء في ميدان الحماية من الإشعاع من جهة، والخبراء في ميدان المواضيع الاجتماعية والقانونية من جهة أخرى.

3.1 النطاق

هذه الوثيقة تأخذ بعين الاعتبار التعرض المهني للإشعاع كما حُدِّد في معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات وأمان المصادر الإشعاعية (IAEA, 1996a): «كافة تعرضات العمال التي تحدث أثناء عملهم، باستثناء التعرضات المستثناة من المعايير والتعرضات من الممارسات أو المصادر المعفاة من المعايير». يتضمن الملحق ب نظرة شاملة للتعرض المهني المرتكز على الفحص المتواصل من قِبَل اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR)، والمقارنة مع التعرض عالمي الانتشار للإشعاع الطبيعي.

تتناول هذه الوثيقة على نحو محدد السرطان لدى العمال الذين تعرضهم للإشعاع المُؤَيّن في العمل أدنى من حدود الجرعة المهنية ذات الصلة. لذلك، إن الآثار الصحية لدى نسل الأمهات اللاتي تعرضن مهنياً أثناء الحمل، بالإضافة إلى الآثار الوراثية المحتملة للإشعاع المُؤَيّن عموماً، لن تؤخذ بعين الاعتبار رغم أن الطرائق الموصوفة هنا يمكن تطبيقها على مثل تلك الحالات.

4.1 البنية

تتألف الوثيقة من قسمين؛ يصف القسم أ الأساس العلمي لعزو الخطر في سياق التعرض المهني للإشعاع والمرض الناجم عنه؛ ويتناول القسم ب أساليب التقييم بشأن التعويض، كما يتناول الملامح الرئيسة لبرامج التعويض المرتكز على عزو الخطر. يتضمن الملحق أ وصفاً مفصلاً لأمثلة وطنية عديدة لبرامج التعويض المرتكز على عزو الخطر.

من أجل المرض المرتبط بالإشعاع؛ يقدم الملحقان ب و ج تفاصيل بشأن جرعات الإشعاع المهني عالمية الانتشار ونظرة شاملة للمؤشرات البيولوجية للتعرض للإشعاع، أما الملحق د فهو مناقشة مفصلة لأسلوب القياس الكمي للزِّيبَة في حساب الأخطار المعزوة كما نُفِّذ في البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP)؛ ويصف الملحق هـ حساب الحِصَّة المُخَصَّصَة كما نُفِّذ في برنامج البرمجيات للاتحاد الأوروبي بعنوان نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD).

القسم أ: الأساس العلمي لعزو الخطر

2

أساليب لعزو الآثار الصحية إلى التعرض المهني للإشعاع

يتعرض العمال في مواقع مهنية مختلفة للإشعاع المُؤَيِّن. قد تظهر لدى بعض العمال فيما بعد مشاكل صحية؛ والسؤال الذي قد يبرز ما إذا كان أو إلى أي درجة يساهم التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن بحدوث المرض. يمكن للإشعاع المُؤَيِّن أن يسبب آثاراً صحية ضارة لدى الإنسان؛ تقسم هذه الآثار إلى فئتين: أحداث صحية قطعية وعشوائية.

1.2 الآثار القطعية

1.1.2 الخلفية

إن الآثار القطعية للإشعاع المُؤَيِّن لدى الإنسان هي نتيجة لتعرضات كامل الجسم أو التعرضات الموضعية التي تسبب ضرراً في الخلية أو تقتل الخلية بما يكفي لإحداث خلل في وظيفة النسيج أو العضو المُشَعَّع. إن الضرر هو نتيجة إصابة جماعية لعدد أو نسب جوهرية للخلايا. من أجل أي أثر قطعي معين، فإنه يجب أن يتأثر عدد أو نسبة معينة من الخلايا، بحيث سيكون ثمة جرعة عتبية التي أدنى منها يكون عدد أو نسب الخلايا المتأثرة غير كافٍ كي تحدث الإصابة المحددة أو التظاهرة السريرية للأثر (ICRP, 1984). مع تزايد جرعة الإشعاع تبقى خلايا أقل سالمة، ولذلك تزداد الآثار القطعية في شدتها وتواترها مع الجرعة (UNSCEAR, 1982). إذا ما كان التعرض للإشعاع شديداً بما يكفي، فإن الموت قد ينتج كنتيجة للتعرض: إن الموت هو عموماً النتيجة لنفاذ الخلايا الشديد في واحد أو أكثر من أجهزة أعضاء الجسم الهامة.

يمكن للإشعاع المُؤَيِّن أن يُحْدِث خللاً في كافة الأنسجة والأعضاء في الجسم بسبب قتل الخلية؛ مع ذلك، تتباين الأنسجة في حساسيتها تجاه الإشعاع المُؤَيِّن (ICRP, 1984). إن الأنسجة الأكثر حساسية للإشعاع هي المبيض والخصية ونقي العظم والنسيج اللمفي وعدسة العين. عموماً، إن دالة الجرعة–الاستجابة لهذه الأنسجة، أي، القطعة على المحاور الخطية لاحتمال الخطر ضد الجرعة، سينية الشكل. فوق العتبة المناسبة، يصبح الأثر أكثر شدة لأن جرعة الإشعاع تزداد، مما يعكس عدد الخلايا التي أصابها الضرر. عادة ما يزداد الأثر أيضاً بازدياد معدل الجرعة، لأن الجرعة الأطول أمداً تسبب انتشار ضرر الخلية، مما يسمح بمزيد من التصليح أو إعادة التعمير الفعال (ICRP, 1991). هذا النمط من الأثر، الذي يتميز بشدة تزداد مع الجرعة فوق عتبة سريرية ما، دعي سابقاً «غير العشوائي». هذه التغيرات الأولية على المستوى الخلوي تحدث عشوائياً، لكن العدد الكبير من الخلايا اللازمة ليؤدي إلى أثر غير عشوائي قابل

للملاحظة سرسرياً يعطي الأثر صفة قطعية. حتى الفترات الحديثة، مثل تلك الآثار دعيت لذلك أثاراً «قطعية». لقد تبدل هذا المصطلح، ومع ذلك، تشير تلك الآثار حالياً إلى «تفاعلات النسيج». إن مستويات الجرعة التي تؤدي إلى مظهر سريري للآثار الباثولوجية هي عموماً عدد قليل من الغراي إلى بضعة عشرات من الغراي. هذه العتبة السريرية أو الجرعة الحدية ترتكز على الفحص السريري واختبارات المختبرات. يتراوح زمن ظهور ضرر النسيج من ساعات قليلة إلى عدة سنوات بعد التعرض اعتماداً على نمط الأثر وسمات النسيج المعين.

قامت اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) بمراجعة الآثار القطعية للإشعاع في الملحق العاشر من تقريرها الصادر عام 1982 (UNSCEAR. 1982). لقد روجعت المفاهيم الأساسية لبقاء الخلية، بما في ذلك العوامل المؤثرة على استجابة النسيج للتعرضات للإشعاع المجزأة أو المتواصلة. اعتمدت هذه المراجعة للآثار بشكل رئيس على نتائج التجارب على الحيوان والملاحظات السريرية للبالغين الذين تلقوا معالجة إشعاعية. لقد كان هدفها الرئيس تحديد طبيعة الآثار في أنسجة مختلفة وجرعات وشروط التشعيع التي سببت الآثار. منذ ذلك التقرير جُمِع مقدار كبير من المعلومات، بما في ذلك آثار حادث تشيرنوبل (ICRP, 2006; WHO, 2006).

2.1.2 الاعتماد على قتل الخلية

تعتمد شدة الأثر القطعي على الجرعة لأنها تحدد نسبة الخلايا المقتولة. إذا ما تعرض للإشعاع أشخاص ذوو حساسية متباينة، فإنه لدى الأفراد الأكثر حساسية سيتم الوصول بجرعات أقل إلى العتبة في نسيج معين من أجل الآثار القطعية لشدة كافية كي تكون قابلة للملاحظة. عندما تزداد الجرعة، فإن مزيداً من الأفراد سيبدون الأثر القابل للملاحظة، حتى الجرعة التي فوقها تُظْهِر كاملُ المجموعة الأثرَ.

من أمثلة الآثار القطعية إحداث العقم المؤقت أو الدائم في الخصيتين والمبيضين، وخمود فعالية الجهاز المشكل للدم الذي يؤدي إلى تناقص عدد خلايا الدم؛ واحمرار وتَوَسُّف وتَنَفُّط الجلد التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان سطح الجلد؛ وإحداث العَتامات في عدستي العينين وخلل الرؤية (السَّاد[1])؛ والحدثيات الالتهابية التي يمكن أن تحدث في أي عضو. إن بعض الآثار غير مباشرة، كالآثار التي هي نتيجة الآثار القطعية على أنسجة أخرى. على سبيل المثال، إن الإشعاع الذي يؤدي إلى الالتهاب والتليف النهائي لأوعية الدم يمكن أن يؤدي إلى ضرر في الأنسجة التي تغذيها تلك الأوعية.

ثمة نمط خاص من الأثر القطعي، وهو متلازمة الإشعاع الناجمة عن التشعيع الحاد لكامل الجسم. إذا ما كانت الجرعة عالية بما يكفي، فإن الموت قد ينتج عن نفاد شديد للخلية والتهاب في واحد أو أكثر من الأعضاء الحيوية في الجسم (الأعضاء المُشَكِّلَة للدم، والمسلك المَعِدِي المعوي، والجهاز العصبي المركزي، بترتيب متناقص بما يتعلق بالشدة).

3.1.2 قيم جرعة العتبة للآثار القطعية

كما نوقش أعلاه، تحدث الآثار القطعية إذا ما تعرض النسيج أو العضو إلى جرعة إشعاعية عالية بما يكفي لتسبب خللاً في الوظيفة بسبب ضرر الخلية أو قتل الخلية. إن العتبة من أجل العقم المؤقت لدى الذكر من أجل تعرض قصير وحيد هو حوالي 0.15 غراي، في حين أنه من أجل التعرضات المديدة فإن معدل جرعة العتبة هو حوالي 0.4 غراي في السنة. أما القيم ذات الصلة من أجل العقم الدائم فهي ضمن المجال 3.5-6 غراي (التعرضات الحادة) و2 غراي في السنة (التعرضات المزمنة). أما لدى النساء، فإن معدل جرعة العتبة من أجل العقم الدائم هي ضمن المجال 2.5-6 غراي من أجل التعرض الحاد، وإن النساء اللاتي يقتربن من الإياس هن أكثر حساسية. من أجل التعرضات التي تستمر

[1] لقد لحظت المناقشة العلمية ظهور السَّاد كأثر قطعي.

على مدى سنوات كثيرة، فإن معدل جرعة العتبة هو حوالي 0.2 غراي في السنة. هذه العتبات، ككافة العتبات من أجل الآثار القطعية، تطبق على الأشخاص ذوي الحالة السوية من الصحة. من أجل الأفراد الذين هم الآن على وشك إظهار الأثر من أسباب أخرى، فإن العتبات ستكون أقل. حتى في الحالة الشديدة حيث يتواجد الأثر، سيظل هناك عتبة تمثل جرعة الإشعاع اللازمة لإحداث تبدل قابل للملاحظة في حالة الفرد.

إن العتبة من أجل عَتامات العدسات الكافية لتؤدي إلى، بعد فترة من التأخر، اضطراب الرؤية هي 2-10 غراي من أجل الإشعاع المُؤَيِّن المتناثر (وحوالي 1-2 غراي من أجل الإشعاع المُؤَيِّن الكثيف) في التعرضات الحادة. إن معدل جرعة العتبة غير معروف جيداً من أجل التعرضات المزمنة طويلة الأمد، لكن من المرجح أنه يفوق 0.15 غراي في السنة من أجل الإشعاع المُؤَيِّن المتناثر. هذه التقديرات قيد المراجعة في الوقت الحاضر.

من أجل التعرضات الحادة لكامل نقي العظم، فإن جرعة العتبة من أجل إحداث خمود هام سريرياً في تشكل الدم هي حوالي 0.5 غراي. إن معدل جرعة العتبة ذي الصلة من أجل التعرض طويل الأمد هو إلى حد ما يفوق 0.4 غراي في السنة. إن فشل نقي العظم هو مكون هام لمتلازمة الإشعاع التي تتلو تعرضات كامل الجسم. إن جرعة حادة لكامل الجسم مقدارها بين 3 و5 غراي تسبب الوفاة في 50 بالمئة من المجموعة السكانية المُعَرَّضة بغياب المعالجة الطبية النوعية.

في حال تعرضات الجلد، فإن العتبة من أجل الحُمامى والتوسُّف الجاف هي ضمن المجال 3-5 غراي، مع أعراض تظهر بعد حوالي ثلاثة أسابيع من التعرض؛ أما التوسُّف النَّدِي فيحدث بعد حوالي 20 غراي، مع تَـنَفُّط يظهر بعد حوالي شهر واحد من التعرض. يحدث نخر النسيج، الذي يظهر بعد ثلاثة أسابيع، بعد تعرض لجرعة تفوق 50 غراي. يتضمن الجدول 1.2 نظرة شاملة لتقديرات العتبة المتوقعة.

الجدول 1.2 تقديرات العتبة المتوقعة للجرعات الممتصة الحادة من أجل وقوع مراضة ووفيَّات مقدارها 1 بالمئة التي تشمل أعضاء وأنسجة البشر البالغين بعد تعرضات كامل الجسم لشعاع غاما

الأثر	العضو/النسيج	الزمن كي يحدث الأثر	الجرعة الممتصة (غراي)
المراضة:			1% وقوع
عقم مؤقت	الخصيتان	3-9 أسابيع	~0.1 أ, ب
عقم دائم	الخصيتان	3 أسابيع	~6 أ, ب
عقم دائم	المبيضان	أقل من أسبوع	~3 أ, ب
خمود عملية تشكل الدم	نقي العظم	3-7 أيام	~0.5 أ, ب
المرحلة الأساسية لاحمرار الجلد	الجلد (مساحات واسعة)	1-4 أسابيع	أقل من 3-6 ب
حروق جلدية	الجلد (مساحات واسعة)	2-3 أسابيع	5-10 ب
تساقط مؤقت للشعر	الجلد	2-3 أسابيع	~4 ب
ساد (اضطراب الرؤية)	العين	عدة سنوات	~1.5 أ ,ج
الوفيات:			
متلازمة نقي العظم:			
بدون رعاية طبية	نقي العظم	30-60 يوماً	~1 ب
مع رعاية طبية جيدة	نقي العظم	30-60 يوماً	2-3 أ, ب
المتلازمة المَعِديَّة المعوية:			
بدون رعاية طبية	الأمعاء الدقيقة	6-9 أيام	~6 أ
مع رعاية طبية ملائمة	الأمعاء الدقيقة	6-9 أيام	أكثر من 6 أ,ج,د
التهاب الرئة	الرئة	1-7 شهور	6 ب,ج,د

* معظم القيم مدورة إلى أقرب غراي؛ تشير المجالات إلى حجم الاعتماد من أجل الجلد والدعم الطبي المختلف من أجل نقي العظم.

أ: (1984) ICRP؛ ب: (1988) UNSCEAR؛ ج: (1996) Edwards an LIoyd؛ د: (1989) Scott and Hahn؛ (1993) Scott

المصدر: (2006) ICRP ؛ نشرت بإذن من اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP).

2.2 الآثار العشوائية

1.2.2 الخلفية

تشتمل الآثار الصحية العشوائية على تحول غير قاتل للخلية بدلاً من موتها. يعتبر هذا التحول بصورة تقليدية ناجماً عن طفرة في الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA) لنواة الخلية، الذي يمكن أن يؤدي إلى السرطان في الفرد المُعَرَّض إذا ما حدث في خلية جسمية. إذا ما كانت الخلية المتأثرة خلية جنسية، فإن شذوذات جينية وراثية في سليلات الفرد المُعَرَّض هي ناتج ممكن آخر، ولو أنه نادر للغاية. ينبغي لفت النظر إلى أن نطاق هذه الوثيقة يمتد إلى صحة العمال المُعَرَّضين فقط، ولهذا لا يشمل الأمراض في نسل العمال المُعَرَّضين مهنياً، أي الآثار الوراثية.

يعتقد أن تكون الأحداث العشوائية ظواهر غير عتبية - إن أي جرعة تزايدية من الإشعاع، مهما تكن صغيرة، يمكن نظرياً أن تُحْدِث ازدياداً في احتمال الأثر العشوائي. وبالتالي، حتى عندما تُلبي معايير الحماية من الإشعاع المهني، فإنه ثمة احتمال قليل لحدوث الآثار العشوائية. إن احتمال إحداث سرطان لدى عامل مُعَرَّض للإشعاع المُؤَيِّن يزداد بازدياد جرعة الإشعاع (رغم أنه عند الجرعات العالية بصورة كافية سيتناقص الاحتمال بسبب منافسة آثار قتل الخلية). لا تعتمد شدة الأثر المُحْدَث بالإشعاع على الجرعة، أي يعتمد الحدث الصحي العشوائي فقط على احتمال التحول وثيق الصلة للخلية والتقدم نحو السرطان. مع ذلك، لا يمكن تمييز السرطان المُحْدَث بالإشعاع عن الأمراض المكافئة، سواء الحادثة طبيعياً أو الناجمة عن تعرضات أخرى (كالمواد الكيميائية). في الوقت الحاضر، إن عزو الآثار العشوائية غير السرطانية (لاسيما، أمراض الجهاز الدوراني) إلى الإشعاع هو غير حاسم لأن، وفقاً للسلطات العلمية، البَيِّنَة غير كافية للعزو إلى التسبيب المباشر. لقد وفرت اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (2000) (UNSCEAR) معظم المعلومات بشأن البَيِّنَة القائمة من أجل هذه الآثار.

بالأخذ بالاعتبار أن هذا الإشعاع يمكن أن يمارس دوراً في تسبيب السرطان لدى عامل تعرض للإشعاع مهنياً، وبالأخذ بعين الاعتبار أن هذه الحالات من السرطان المُحْدَثَة بالإشعاع لا يمكن في الوقت الحاضر تحديدها فردياً عبر وسائل طبية أو بيولوجية، فقد طُوِّر أسلوب إحصائي لتقدير احتمال أن تعرض سابق للإشعاع المهني من الممكن أنه سبب سرطاناً معيناً. يأخذ هذا الأسلوب بالحسبان تلك العوامل ذات الصلة التي تخص حالة سرطان معينة والتي تؤثر على احتمال أن السرطان نجم عن تعرض مهني للإشعاع. هذه العوامل تشمل بالتأكيد قصة تعرض للإشعاع أثناء الحياة وأيضاً نوع جنس الفرد، وعلاقة الجرعة–الاستجابة، سواء أكان التعرض حاداً أو استغرق أمداً طويلاً، ونمط السرطان قيد النظر. من العوامل الأخرى التي يتعين أن تؤخذ بالحسبان فترة الخفاء، والزمن منذ بدء التعرض و/أو العمر المُحْرَز عند التشخيص، والعمر عند التعرض، وتأثير التعرضات البيئية والسلوكية والاجتماعية الأخرى (كتدخين السجائر في حالة سرطان الرئة). يمكن تناول الرِّيبَة في كثير من هذه العوامل عبر دمج توزعات الاحتمال في هذا الأسلوب. في بعض الحالات ثمة معايير دولية (مثلاً، عوامل تحويل الجرعة) ينبغي أن تُستخدَم من أجل إجراء الحسابات. إن مفهوم الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) أو احتمال التسبيب (PC) يحاول أن يدمج، على نحو ملائم، هذه المعلومات المرتكزة على الفرد، وثمة مزيد من الوصف بشأنه في القسم 2.2.2.

2.2.2 الحِصَّة المُخَصَّصَة (احتمال التسبيب)

إن الإمكانية النظرية بشأن إحداث سرطان العامل عبر تعرضاته أو تعرضاتها السابقة للإشعاع المُؤَيِّن يمكن تقييمها عبر تقدير نسبة السرطان في مجموعة سكانية وطنية كبيرة من أفراد ذوي سمات حالة السرطان قيد النظر الذي يمكن أن يُعزَى إلى التعرض. عادة ما يطلق على نتيجة هذا الحساب الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) أو احتمال التسبيب (PC). إن استخدام مصطلح "الحِصَّة المُخَصَّصَة" يدل ضمناً على أن قيمة الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب تمثل فقط توقعاً رياضياً محسوباً في مجموعة سكانية بدلاً من احتمال دقيق كما يُطَبَّق على الفرد الذي حدث لديه السرطان بوضوح. يجب إدراك أيضاً أن طرائق الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب تُطَبَّق على حالة سرطان حدث في الوقت الحاضر. لذلك، لا ينبغي لقيمة الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب أن تلتبس مع الاحتمال المستقبلي للسرطان المُحْدَث في المستقبل عبر جرعة معينة من الإشعاع. على سبيل المثال، قيمة الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب، لِنَقُل، 40 بالمئة هي الثقل الذي يمكن ربطه بتعرض سابق نوعي للإشعاع سبب سرطاناً معيناً حدث فعلاً لدى الفرد؛ إنها ليست احتمالاً مقداره 40 بالمئة. إن سرطاناً معيناً سيحدث في المستقبل كنتيجة لجرعة معينة من الإشعاع.

إن فكرة أن مثل هذا التعرض يمكن أن يسبب معظم أشكال السرطان أُسِّست عبر الدراسات الوبائية لمجموعة سكانية كبيرة نسبياً تعرضت بشكل حاد لمستويات هامة من الإشعاع، لاسيما دراسات أَتْراب (Cohort) الناجين اليابانيين من القنبلتين الذرتين اللتين ألقيتا على هيروشيما وناغازاكي. لقد أظهرت أيضاً أن الخطر المفرط يُعدَّل عبر عوامل أخرى (كالجنس أو العمر عند التعرض) وكيف أن هذا الخطر المفرط يُجَسَّد على مدى الزمن. على سبيل المثال، أظهرت الدراسات أن خطر الابيضاض الحاد المُحْدَث بالإشعاع هو أكبر كثيراً لدى الأعمار المبكرة عند التعرض وأن الخطر المفرط يتظاهر كـ «موجة» على مدى الزمن منذ التعرض وتبدأ تلك الموجة بعد حوالي سنتين من التعرض تزداد لتبدي قمة بعد 5 إلى 10 سنوات بعد التعرض ومن ثم يحصل انخفاض إلى مستوى منخفض بعد حوالي 20 سنة من التعرض. وبالتالي، في حال أن حجم وجرعة مجموعة سكانية مُعَرَّضة كبيران بما يكفي، فإن الدراسة الوبائية لمثل هذه المجموعة السكانية تسمح بتحديد عدد حالات السرطان التي يمكن أن تُعزَى إلى التشعيع وكيف أن هذا يتباين وفقاً لعوامل أخرى كالعمر ونوع الجنس. طُوِّرت نماذج الخطر لتصف التعبير عن خطر السرطان المُحْدَث بالإشعاع بما يتعلق بمحددات هامة للخطر؛ على سبيل المثال، الجرعة المكافئة التراكمية النوعية للعضو التي يمكن أن يُشْتَق منها الخطر المفرط النسبي (الخطر المفرط النسبي = الخطر النسبي - 1) من أجل مجموعة معينة من الظروف الفردية. هنا، الخطر المفرط النسبي هو الازدياد التناسبي في خطر سرطان معين ينجم عن التعرض للإشعاع من أجل مجموعة معينة من الظروف الفردية؛ هذا الازدياد التناسبي هو بما يتعلق بخطر الخلفية لسرطان معين بغياب الجرعة الإضافية من الإشعاع. تحاول طرائق الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب أن تأخذ نماذج الخطر تلك وأن تعمل بدء من الخلف من حالة معينة للسرطان لتقيِّم كمياً احتمال أن السرطان نجم عن تعرض سابق معين للإشعاع بدلاً من عوامل أخرى.

إن قيمة **الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب** (AS/PC)يعبر عنها ببساطة بما يتعلق **بالخطر المفرط النسبي (ERR) والخطر النسبي (RR)** كما يلي:

$$AS/PC = ERR/(ERR + 1) = (RR - 1)/RR = ERR/RR$$

ينبغي إدراك أن ما يُشْتَق هو متثابتة (بارامتر) تطبق على ظروف فرد معين باستخدام إحصاءات موجزة من المجموعات السكانية المُعَرَّضة التي ليست بالضرورة متعلقة مباشرة بذلك الفرد المعين. لذلك، إن عناصر الرِّيبَة وعدم المضبوطية وعدم الدقة تُلازِم بصورة لا محيد عنها في حساب قيم **الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب.** مع ذلك، إن طرائق الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب تقدم تقديراً كمياً للدور الممكن للتعرض المهني في حدوث سرطان

معين لعامل مُعَرَّض. بالتالي، تزود طرائق الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب بمرشح الذي عبره يجب أن تعبر الحالات لاستخراج الحالات الأكثر أهمية التي نتجت عن التعرض المهني للإشعاع من، عموماً، عدد أكبر لحالات الخلفية؛ إنه يسمح بتحديد تلك الحالات من السرطان الأكثر جدارة بالاعتبار لقابلية العزو. من الواضح أن الغرض ينبغي أن يكون من أجل التقاط تلك السرطانات الأكثر أرجحية أنها نجمت عن التعرض المهني دون وجود تخفيف لا مبرر له عبر حالات الخلفية.

في هذا النمط من أسلوب الطرائق، فإنه من الهام إعطاء اعتبار ملائم لاختيار الأساس التقني؛ مثلاً، نماذج خطر الإشعاع الخاص المستخدمة من أجل كل نمط من السرطان وتدبير الرِّيبَة وعدم المضبوطية وعدم الدقة.

3.2.2 الرِّيبات

لتقدير الخطر النوعي للجرعة (مثلاً، الخطر المفرط النسبي/غراي)، الذي يتم الحصول عليه من البيانات الوبائية، رِيبَة إحصائية واضحة مقدرة عبر التحاليل الإحصائية نفسها المستخدمة للحصول على التقدير. عند التطبيق على حالة وجرعة إشعاع معينتين، فإن ثمة رِيبَة إضافية لتقدير الجرعة. بصورة لا محيد عنها، ثمة رِيبات أخرى تُلازِم بعض الافتراضات اللازمة لنمذجة الخطر كدالة للجرعة والعمر وعوامل أخرى، لكن التي غير ممثلة بوضوح عبر متثابات (بارامترات) النموذج والتي قد تُوصف بأفضل ما يمكن كضرورية لكن موضوعية بصورة مُلازِمَة. المثال هو فترة الخفاء التي أثناءها الخطر المتعلق بالإشعاع يفترض أن الانتقال من بين صفر (0) مباشرة بعد التعرض إلى خطر مفرط نسبي (لِنَقُل) 0.5 لكل سيفرت في 10 سنوات أو أكثر بعد التعرض. بسبب نشوء مزيد من البيانات الوبائية، ولأن فهم الآليات البيولوجية يتحسن، فإن تلك الرِّيبات ستتناقص إلى حد ما، لكن يجب القبول أن الرِّيبات ستبقى ضمن حساب الحِصَّة المُخَصَّصَة/احتمال التسبيب. إن مستوى الرِّيبَة سيتباين بين الحسابات اعتماداً على ظروف معينة مأخوذة بالاعتبار. على سبيل المثال، الرِّيبَة الإحصائية المرتبطة بسرطان مجهول سوف، عموماً، تكون أكبر من تلك المرتبطة بسرطان أكثر شيوعاً مع قيم خطر مفرط نسبي نوعي للجرعة قابلة للمقارنة، لأن البيانات الوبائية متناثرة، مما يؤدي إلى تقدير للخطر أقل دقة. من ناحية أخرى، إن تقديرات الخطر من أجل السرطانات النادرة نسبياً مع ارتفاع نقطة القيم للخطر المفرط النسبي النوعي للجرعة يمكن أن تكون دقيقة نسبياً. يجب إدراك أنه من أجل بعض حالات السرطان، فإن الرِّيبات الإحصائية يمكن أخذها بعين الاعتبار.

حتى ولو وجدت معالجة كاملة للرِّيبَات الإحصائية في تقدير خطر الإشعاع، فإن عدم المضبوطية في نموذج الخطر نفسه يجب أخذها بعين الاعتبار لأنه من الأكثر ترجيحاً أن النموذج المستخدم سيكون انعكاساً تاماً للحقيقة. على سبيل المثال، من غير المعقول توقع نموذج خطر يصف تماماً التعبير عن الخطر مع الزمن منذ التعرض، أو من أجل معالجة التآثر بين دخان السجائر والإشعاع في اشتقاق الخطر الإجمالي لسرطان الرئة ليكون بدون خطأ. كما أنه لا ينبغي تجاهل الرِّيبات المفهومة ضمناً ضمن تطبيق نموذج خطر مشتق من دراسة بعض المجموعات السكانية على فرد من مجموعة سكانية أخرى. لذلك؛ على سبيل المثال، عندما تختلف المعدلات القاعدية بدرجة ملحوظة (لِنَقُل، سرطان الثدي لدى النساء أو سرطان المعدة لدى اليابانيين والمجموعات السكانية الغربية)، سواء حُسِب الخطر المفرط النسبي (ERR) أو الخطر المفرط المطلق (EAR) من اليابانيين الناجين من القنبلة الذرية وطُبِّق على فرد من مجموعة سكانية من أَثنية مختلفة، سيكون لها أثر كبير على الحِصَّة المُخَصَّصَة المحسوبة. من أجل سرطان المعدة، فإن انتقال قيمة الخطر المفرط المطلق (EAR) سيؤدي إلى حِصَّة مُخَصَّصَة أعلى بالمقارنة مع انتقال قيمة الخطر المفرط النسبي (ERR) والعكس بالعكس من أجل سرطان الثدي لدى النساء.

ما وُصِف سابقاً هو المعالجة الشاملة للرِّيبات التي تدخل في حسابات الحِصَّة المُخَصَّصَة بسبب عدم الدقة

الإحصائية ونمذجة عدم المضبوطية. من أجل الحسابات الفردية، فإن الأخطاء الناشئة عن اعتبار حالة نوعية يجب أيضاً أن تدرك. ثمة جانب هام على وجه الخصوص وهو الخطأ المرتبط بتقدير الجرعة ذي الصلة. قد تكون سجلات قياس الجرعة متاحة. مع ذلك، إن قياسات الجرعة لن تكون مضبوطة تماماً، وستتباين بين مجموعات الظروف المختلفة ودرجة عدم المضبوطية. على سبيل المثال، سيكون للبطاقات الفِلْمية لقياس جرعات الإشعاع حساسيات مختلفة تجاه أطياف طاقة الفوتون، وهذه الحساسية قد تتباين كثيراً بين نمط البطاقة الفِلْمية ومع مرور الوقت. أيضاً، إن مقاييس الجرعات الفردية عادة ما تقدر جرعة كامل الجسم في حين أن، من أجل سرطان معين قيد النظر، الجرعة النوعية للعضو هي الضرورية. من الممكن أن تكون بعض مكونات الجرعة (لِنَقُل، الجرعة بسبب نترونات الانشطار) مفقودة وقد يتوجب إعادة إنشائها إذا ما شكلت جزءاً هاماً للجرعة الكلية. بصورة لا محيد عنها، إن الجرعات النوعية للعضو بسبب النوكليدات الموضعة داخلياً ستكون غير أكيدة وستحتاج إلى أن تُقَدَّر من قياسات المُقايَسَة البيولوجية، إذا ما كانت متاحة. بالطبع، قد تكون الحالة أن سجلات الجرعة أو المعلومات الأخرى ذات الصلة بشأن التعرض غير متاحة أبداً بحيث يجب إعادة إنشاء الجرعة؛ هذه العملية تحمل معها درجة كبيرة من الرِّيبَة.

إن المعلومات الإضافية لإكمال السجلات المتاحة لقياس الجرعة قد تتوافر عبر تقنيات القياس البيولوجي للجرعة (انظر الملحق ج). إن استخدام هذه الطرائق قد يكون غني بالمعلومات على وجه الخصوص عندما تتوفر معلومات قليلة بشأن مراقبة الجرعات المهنية. مع ذلك، إن الرِّيبات الجوهرية تبقى من أجل طرائق القياس البيولوجي للجرعة تلك بما يتعلق بالجرعة الدنيا القابلة للكشف والتباين ضمن نفس الفرد في إحداثها عبر الإشعاع بالمقارنة مع عوامل خطر أخرى.

بإيجاز، إن حساب قيمة الحِصَّة المُخَصَّصَة يحتوي رِيبات كثيرة وسيكون من غير الواقعي توقع العكس. إن الأسلوب الملائم للتصدي لهذه الرِّيبات هو جزء تكميلي لعملية الحِصَّة المُخَصَّصَة. يتضمن الملحق د أمثلة للقياس الكمي للرِّيبَة الإضافية ودمجها في حساب الحِصَّة المُخَصَّصَة.

4.2.2 تقدير الحِصَّة المُخَصَّصَة من أجل السرطان

نتج عن الكمية الهائلة من البحوث بشأن الآثار الصحية للإشعاع المُؤَيِّن نماذج لتقدير خطر السرطان أو بعض النواتج الصحية الأخرى كالاضطرابات الجينية الوراثية، كدالة رياضية لجرعة الإشعاع، والجنس، والعمر عند التعرض، والعمر عند ملاحظة الخطر أو الزمن بعد التعرض، والعوامل المتزايدة لأنماط الحياة كالتاريخ الإنجابي وتاريخ التدخين. إن مثل تلك التقديرات هي بالطبع غير مؤكدة، لكن درجة الرِّيبَة يمكن أيضاً قياسها كمياً مع بعض المضبوطية. النتيجة النهائية هي أنه نستطيع تقدير، من أجل مجموعة سكانية مع تاريخ معين للتعرض للإشعاع المُؤَيِّن، معدل السكان لتشخيص سرطان من نمط معين في عمر معين ونسبة السرطانات المشخصة التي سوف لن تحدث بغياب التعرض. إن كلاً من المعدل والنسبة هي سمات للمجموعة السكانية المُعَرَّضة بدلاً من أي فرد محدد، الذي يمكن أن يحدث لديه السرطان أو لا يحدث.

يمكن تحديد الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) بطرق عديدة مكافئة رياضياً إذا $B(a)$ هي المعدل القاعدي للسرطان في عمر مُحْرَز a (أي، ما هو مُلاحَظ أو مُتوَقع بغياب التعرض)، وإذا $EAR(a)$ هي المعدل المفرط (يُدعى أيضاً الخطر المفرط المطلق) المرتبط بالتعرض:

$$AS = EAR(a)/[B(a) + EAR(a)]$$

عموماً، من الأسهل تقدير الخطر المفرط النسبي (ERR):

$$ERR(a) = EAR(a)/B(a)$$

في أي حالة،

$$AS = ERR(a)/[1+ ERR(a)]$$

أي، AS (وهي الحِصَّة المُخَصَّصَة) هي دالة مستمرة رتيبة للخطر المفرط النسبي (ERR).

إن الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) تتعلق بالتدخل بشأن عزو حالة سرطان معينة إلى تاريخ تعرض معين. مع ذلك، نحن نقدر ERR(a) عبر نمذجة ERR عالمياً، كدالة متثابتية (بارامترية) لجرعة الإشعاع، وسن التعرض، والعمر المُحْرَز، والجنس، وعدد من العوامل القابلة للتحديد الأخرى، بما في ذلك الجنسية أو الأثنية، التي يمكن أن تبدو أنها تؤثر على الخطر، اعتماداً على البيانات من المجموعات السكانية التي هي غير متجانسة بما يتعلق بكل من هذه العوامل. إن المعلومات بشأن الخطر المتعلق بالإشعاع لسرطانات في مواقع أخرى غير موضع الاهتمام يمكن أيضاً أن تكون ذات صلة بحالة معينة. إن الشكل الرياضي للدالة، والقيم المقدرة للمتثابتات (البارامترات) المختلفة التي يتم الحصول عليها عبر ملائمة الدالة للبيانات، تسمح بمراقبات بشأن أعضاء المجموعات السكانية لنوعي الجنس، مع جرعات متباينة كثيراً، وأعمار تعرض، وحدوثات أو عدم حدوثات للسرطان في أعمار مختلفة، كي تساهم بتقدير الخطر المفرط النسبي وثيق الصلة بحالة معينة. إذا اعتبرنا فقط أن البيانات متماشية مع التفاصيل الدقيقة لحالة معينة، فإننا سنحصل عموماً على بيانات قليلة جداً لن نستطيع بها تقدير الخطر المفرط النسبي بنجاح من أجل حالة معينة.

ثمة توضيح وثيق الصلة بضرورة العمل من العام إلى الخاص هو أن الأسلوب يتطلب وضع عدد من الافتراضات، التي أي منها أو كافتها يمكن أن يدخل تحيزاً و/أو رِيبَة التي يمكن أن تؤثر على القرارات بشأن قابلية العزو والتي لذلك يجب تحديدها وأخذها بالحسبان بقدر الإمكان أو، على الأقل، بقدر ما هو عملي. إن هدف عملية النمذجة هو توفير معلومات شاملة بشأن الخطر المقدر ورِيباته. يتضمن الملحق د أسلوباً كمياً لتقدير الرِّيبَة للخطر المتعلق بالإشعاع، كما يتضمن الملحق هـ أسلوباً لا يدرج الرِّيبَة رسمياً.

5.2.2 أمثلة عملية

كنقطة بدء لوصف النواتج الفعلية لحسابات الحِصَّة المُخَصَّصَة لابد من الإشارة إلى الوثيقة التالية: IAEA-TECDOC-870 (IAEA, 1996b) حيث تتضمن عدداً من الأمثلة للحسابات البسيطة للحِصَّة المُخَصَّصَة التي تقدم لغايات توضيحية. فيما يلي أدناه بعض هذه الأمثلة مع بعض التعديلات البسيطة. كما لوحظ سابقاً، وُصِف في مكان آخر في هذه الوثيقة مزيد من الأساليب المعقدة والمرتكزة على البرمجيات.

مثال أ

شُخِّص لذكر الابيضاض بعمر 68 سنة. لقد تلقى جرعة حادة متجانسة وحيدة من الإشعاع على النقي الأحمر مقدارها 100 ميلي سيفرت بعمر 43 سنة. باستعمال النموذج الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المؤيِّن (BEIR)V (NRC, 1990)، ما هو احتمال أن هذه الجرعة المعينة من الإشعاع كانت هي سبب الابيضاض؟

وفقاً للتقرير المذكور أعلاه (BEIR V)، فإن نموذج خطر الابيضاض المتعلق بهذه الظروف هو:

$$RR = 1 + (0.243D + 0.271D^2)\exp(2.367)$$

حيث:

$$RR = 1 + ERR$$

وD = الجرعة

وexp = دالة أسية مع e (أساس اللوغاريتم النظامي) مرفوعة للأس x، هنا هو 2.367

تلقى الرجل جرعة حادة وحيدة مقدارها 100 ميلي سيفرت (=0.1 سيفرت) بعمر 43 سنة وشُخِّص له ابيضاض الدم بعد 25 سنة؛ لذلك:

$$RR = 1 + (0.243 \times 0.1 \times 0.271 \times 0.1^2) \times 10.665$$

$$RR = 1 + 0.02701 \times 10.665$$

$$RR = 1.2881;\ ERR = 0.2881$$

$$AS = ERR/[1 + ERR]$$

$$= 22.37\%$$

مثال ب

في هذه الحالة، إن مقدار الجرعة الحادة الوحيدة التي تم تلقيها هي 100 ميلي سيفرت بعمر 20 سنة وشُخِّص الابيضاض بعمر 33 سنة. لأن العمر عند التشعيع أقل من 21 سنة، والزمن منذ التعرض أقل من 16 سنة، فإنه تُطَبَّق قيم أخرى من التقرير المذكور أعلاه (BEIR V) كما يلي:

$$RR = 1 + 0.02701\ \exp(4.885)$$

$$RR = 1 + 0.02701 \times 132.29$$

$$RR = 4.573;\ ERR = 3.573$$

$$AS = 78.13\%$$

مثال ج

شُخِّص لذكر الابيضاض بعمر 68 سنة؛ تلقى جرعة مقدارها 100 ميلي سيفرت انتشرت بالتساوي على مدى فترة 10 سنوات عندما كان عمره 43 إلى 52 سنة. في هذه الحالة، إن كل جرعة سنوية مقدارها 10 ميلي سيفرت تساهم بالخطر النسبي للابيضاض ضمن نموذج التقرير المذكور أعلاه (BEIR V):

$$RR = 1 + (0.243 \times 0.01 + 0.271 \times 0.01^2)\ \exp(2.367)$$

$$RR = 1 + 0.026$$

وسيكون الخطر المفرط النسبي (ERR) الإجمالي لِـ 100 سيفرت هو 0.26، مما يعطي:

$$AS = 20.6\%$$

توضح الأمثلة كيفية تباين الخطر المفرط النسبي (ومن ثم الحِصَّة المُخَصَّصَة) بحسب العمر عند التعرض، والزمن منذ التعرض ضمن نموذج الابيضاض للتقرير المذكور أعلاه (BEIR V)، بالإضافة إلى عوامل أخرى كانتشار الجرعة الإجمالية على مدى الزمن. بوضوح، إن الاختيار للنموذج الأساسي يؤثر على نتيجة الحسابات إلى حد ما. ينبغي لاختيار النموذج أن يعتمد على البَنِّيَة الوبائية الإشعاعية الأكثر توفراً واعتبارات المُلاءَمَة من أجل سياق معين.

القسم ب: برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر

3

أساليب للتقييم في برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر

يصف هذا الفصل أساليب عزو الآثار الصحية كالسرطان الناجم عن تعرض مهني للإشعاع أدنى من حدود الجرعة المهنية ذات الصلة بما يتعلق ببرامج التعويض المرتكز على عزو الخطر. ينبغي أن يُلاحَظ أنه في كافة الحالات أن ما يُذْكَر يشير إلى الآثار الصحية التي حدثت بالفعل.

1.3 عزو الآثار القطعية

إن نظام تقييد الجرعة في الإطار الحالي من أجل الحماية من الإشعاع موجه نحو ضمان منع حدوث الآثار القطعية، في حين أنه يتم إبقاء حدوث الآثار العشوائية إلى مستوى مقبول. هذا يعني، في الواقع، أن الحِصَّة المُخَصَّصَة هي الصفر فعلاً من أجل الآثار القطعية لدى العمال المُعَرَّضين مهنياً حيثما الجرعات المُسَبِّبَة ممتثلة لحدود الجرعة. إن التعويض لهذه المُطالَبات عن الآثار القطعية على أنها متعلقة بالإشعاع عادة ما لا يؤخذ بعين الاعتبار أبداً.

من ناحية أخرى، إن التعرض الذي يفوق حد الجرعة يعني اختراق نظام الحماية من الإشعاع. إن حدوث مثل هذه الوضع (لاسيما في حال الاقتراب من عتبة الجرعة من أجل الأثر أو تجاوزها) المُقْتَرِن بالتطور الفعلي للأثر القطعي (متعلق بصورة ملائمة وبشكل مؤقت بالتعرض)، يمكن النظر إليه كبَيِّنَة مسبقة على أن التعرض للإشعاع سبب الأثر القطعي. سيكون التعويض الكامل مكفولاً عموماً في مثل هذا الحدث. في بعض الحالات، قد لا يزال العمال المصابون مع تعرض قريب من حدود الجرعة جديرين من أجل تضمينهم في جداول التعويض اعتماداً على اللوائح والأحكام المحلية.

إن تشارك الظروف المذكورة أعلاه سيكون نادراً. إن غالبية الحالات من أجل الحكم سوف تشمل بصورة محتملة تقدم الأثر الذي من الممكن أن يكون متعلقاً بتعرض كبير للإشعاع، الذي قد يزعم العامل أنه حدث لكنه لم يُكْشَف. المسألة هنا هي إعادة إنشاء الجرعة لتحديد مدى وجود أي إمكانية لحدوث تعرض بهذا الحجم غير مسجل. لتبرير عدم منح التعويض في مثل هذه الحالة، ينبغي بيان، بوضوح، أن ثمة احتمال منخفض جداً بأن أي عضو أو نسيج مستهدف، كعدسة العين في حالة ظهور السَّاد، من الممكن أنه تعرض لحجم كافٍ على نحو غير متعمد وغير مقاس أدى إلى الأثر. للتعامل مع هذه الحالة، فإنه يمكن أن يفيد في استقصاء هذه النقطة سجل مهام العامل ومناطق العمل وبيئة الإشعاع. من غير المرجح أن مثل هذا التعرض الكبير يمكن أن يحدث بدون بَيِّنَة ما ذات صلة بما يخص الإمكانية. إن القياس البيولوجي للجرعة (مثلاً معدل حدوث الزيوغ الصبغية في اللمفاويات المحيطية في عينة الدم) يمكن أن يشير

إلى تعرض عالٍ مرتبط بتعرض عارضي. ثمة عامل هام يتعين أخذه بالحسبان في اتخاذ القرار وهو توقيت ظهور الأثر بما يتعلق بالتعرض الذي سبب الأثر المزعوم.

2.3 عزو الآثار العشوائية

بالأخذ بالاعتبار الدور المحتمل للإشعاع في تسبيب السرطان حتى في مستوى أدنى من حدود الجرعة، وبالأخذ بالاعتبار أن هذه الحالات من السرطان لا يمكن تحديدها على وجه الخصوص، فإن أسلوباً بسيطاً «الغطاء» للتعويض سيكون من أجل تعويض أي عامل حدث لديه تعرض ما للإشعاع كنتيجة لعمله أو عملها والذي ظهر لديه السرطان بعد التعرض. لأنه من المعروف أن الإشعاع قادر على إحداث معظم أشكال السرطان، فإن مثل هذه النظام سيستدعي في النهاية تعويض نسبة جوهرية لأي قوى عاملة مُعَرَّضة. سيكون لهذا فائدة ضمان أن كافة السرطانات المُحْدَثَة بالإشعاع المهني التقطها النظام. مع ذلك، لأن نسبة ذات شأن لأي قوى عاملة من المرجح أنها تعرضت لجرعات منخفضة جداً فقط في موقع مهني (ربما عشرات قليلة من ميكروسيفرت في السنة)، فإن مثل هذه العملية تعني أيضاً أن التعويض يُعْطى لمزيد من العمال الذين السرطان لديهم غير معزو إلى التعرض المهني للإشعاع. إن عدداً كبيراً من العمال من الممكن أن يبدو أنهم تعرضوا للإشعاع كنتيجة لأعمالهم، مهما يكن قليلاً ذلك التعرض، لهذا فإن مثل هذا النظام سيؤدي على نحو لا محيد عنه إلى أعداد جديرة بالملاحظة من الأفراد الذين يتلقون التعويض عندما، سيكون متوقعاً أن يكون عدد السرطانات الناجمة عن التعرض للإشعاع عند جرعات منخفضة في مكان العمل قليل نسبياً. كنتيجة، إن القسم الأكبر من التعويض سيدفع للعمال الذين لم يحدث السرطان لديهم كنتيجة للتعرض المهني. أيضاً، إن هذا الأسلوب لن يميز بين العامل المُعَرَّض بشدة، الذي قد يكون من المرجح أكثر أن يكون السرطان لديه معزواً إلى الإشعاع، وعامل تعرض تعرضاً بسيطاً. إن مثل هذا النظام «الغطاء» قد يشتمل على مقادير كبيرة من النقود التي لم ينفق كثير منها للغرض المخصص لها لتعويض العمال المصابين بالسرطانات الناجمة عن التعرض للإشعاع في مكان العمل.

لتحديد ولتعويض، على نحو ملائم، العمال الذين من المرجح أكثر أن يكون السرطان لديهم مهني المنشأ، فإن طريقة لتقييم فرصة أن سرطاناً أُحْدِث بتعرض معين للإشعاع المُؤَيِّن الذي حدث على مدى عقدين أو ثلاثة عقود مضت هو الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) أو احتمال التسبيب (PC) الموصوف في القسم 1.2.2. إن قيمة (AS) المحسوبة من أجل مجموعة سكانية كبيرة نظرياً مع خصائص الفائدة في حالة سرطان معينة قيد الاعتبار يتم تعيينها للشخص المتأثر من أجل غرض التعويض.

إن أسالیباً عملية متنوعة للتعامل مع الرِّيبات التي تُلازِم طريقة حساب الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) متاحة على نحو محتمل. سنقدم بعض الأمثلة لهذه المعالجات بقصد التوضيح:

- إن الأسلوب الأبسط هو حساب التقدير النقطي للقيمة المركزية للحِصَّة المُخَصَّصَة وإذا ما تجاوزت تلك 50 بالمئة (المعيار التقليدي لِـ «توازن الاحتمال») فإن التعويض الكامل يمنح. إن النقاش الجاري هو أن التقدير النقطي للحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) من المرجح أن يزيد التقدير للقيمة «الحقيقية» للحِصَّة المُخَصَّصَة كما ينقصه، وأن هذه الطريقة لذلك ستكون مقبولة. من غير المحتمل، مع ذلك، أن هذا الأسلوب سيمضي دون تحديات لأن المُطالِب ذا تقدير الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) الذي يقترب من 50 بالمئة من الممكن أن يكون قادراً على أن يشير إلى أن نموذجاً آخر ما مقبول على نحو متساوٍ ينتج علمياً قيمة للحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) تفوق 50 بالمئة. يبدو لا مناص من الجدل المتكرر بموجب مثل هذا الترتيب. امتداد طبيعي إلى هذا الأسلوب لدمج، في طراز غير رسمي، الرِّيبات في التقدير النقطي للحِصَّة المُخَصَّصَة بحيث أن يعكس التقدير على نحو مقبول عدم المضبوطية المُلازِمة في الحساب. إن ذلك عادة ما يستدعي بعض الدرجة من السخاء تجاه المُطالِب، إلى مستوى يعتقد أنه ملائم ضمن الظروف. بموجب مثل هذا

النظام، إن العوامل المعتمدة للتعامل مع الرِّيبات بحاجة إلى أن تذكر بوضوح.

- ترتيب بديل هو أن يكون ثمة مقياس متدرج للتعويض الذي في ظله يتباين مستوى التعويض من التعويض الكامل من أجل التقدير النقطي للحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) التي تفوق 50 بالمئة إلى جزء من التعويض الكامل من أجل قيم الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) في مدى ما أدنى من 50 بالمئة (لِنَقُل، 10 أو 20 بالمئة) التي أدنى منها لن يُمنَح التعويض. إن جزء التعويض الكامل سيزيد عادة أقرب تقدير نقطي للحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) يقترب من 50 بالمئة، وبالتالي يقدم نظاماً للاسترداد المتناسب مع الأضرار.
- أسلوب إضافي هو لمحاولة القياس الكمي للرِّيبَة المرتبطة بقيمة الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) عبر حساب فاصلة الثقة (CI). عادة ما تكون هذا الفاصلة فاصل ثقة غير موضوعية (أو فاصلة المصداقية) تعكس الأحكام التي يتعين القيام بها على درجة الرِّيبَة المرافقة لكل مكون للرِّيبَة الإجمالية. إن حد الثقة الأعلى (نموذجياً، حد الـ 90 أو 95 أو 99 بالمئة) بشأن تقدير فاصلة الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) يمكن أن يُستخدَم لإطلاق التعويض إذا ما زادت الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) عن 50 بالمئة.

ينبغي أن يُلاحَظ أن الأمثلة الواردة أعلاه لمعالجة الرِّيبات في حسابات الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) لا يستبعد بعضها بعضاً بالضرورة في أن أسلوبين أو أكثر يمكن أن يتشاركا في نظام معين. على سبيل المثال، إن أسلوب المقياس المتدرج (الاسترداد التناسبي) يمكن أن يتشارك مع استخدام القياس الكمي للرِّيبَة، مع حد أعلى ما محدد كمياً [مثلاً المَئين (Percentile) الخامس والسبعون] لتقدير الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) التي تحل محل تقدير القيم المركزية.

إن طريقة الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) غير مقبولة على نحو متجانس كآلية ملائمة من أجل تحديد التعويض عن الإصابة الشخصية المُحْدَثَة بالإشعاع. إن الأهمية العملية لمثل هذه الاعتراضات، مع ذلك، شُكِّك فيها. رغم ذلك، أدت هذه الاعتبارات إلى نُظُم تعويض يجري اقتراحها مرتكزة على بدائل لأسلوب الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS). إن نقص توقع العمر (LLE) هو واحد من تلك البدائل، حيث الدفع متناسب مع النقص الوسطي المقدر للحياة. لم يتم التوصل إلى اتفاق عام بشأن ما هي الطريقة الأكثر مُلاءَمَة كي تعتمد من أجل غايات التعويض عن السرطان المُحْدَث بالإشعاع، وهذا يسلط الضوء على جانب آخر من الرِّيبَة. إن عدداً من النُّظُم المرتكزة على أسلوب الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS)، مع ذلك، نُفِّذ أو أُقْتُرِح، مما أدى إلى الاقتراح بأن مثل هذا الأسلوب مقبول وعملي ويقدم رِيبات تُعالَج بالانتباه الواجب.

4

ملامح برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر

1.4 الخلفية

أثناء تصميم أي ترتيبات من أجل توفير التعويض لأولئك المُعَرَّضين عند مستويات أدنى من حدود الجرعة المهنية والذين من الممكن أنهم تضرروا عبر الإشعاع المُؤَيِّن فإن ثمة عدد من المسائل يتعين مواجهتها، وهي موجزة أدناه. إن أي خيارات تؤخذ بعين الاعتبار وتُنتقى في النهاية ستعتمد على دوافع مختلفة كثيرة خاصة بالبلد و/أو المنظمات المشمولة-ستكون تلك بطبيعتها تقنية وسياسية وثقافية. في المقام الأول، يجب أن يكون ثمة رغبة لوضع ترتيبات التعويض والتي معها يجب أن يأتي تمويل يعول عليه، إما من الحكومة أو الأعمال أو بعض الأطراف الملائمة الأخرى. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي إيلاء اهتمام للأطر القانونية والاجتماعية القائمة ضمن الدولة العضو من أجل مصالح الأطراف الأخرى (مثلاً، أولئك الذين يتلقون الإعانات بموجب الترتيبات القائمة) غير المُسَـوَّاة عن غير قصد عبر أي برامج جديدة. مع ذلك، مهما تكن الخيارات متاحة، فإن الملامح الموصوفة أدناه من المرجح أن تكون شائعة في عملية اتخاذ القرار المؤدية إلى إيجاد برامج جديدة للتعويض المرتكز على عزو الخطر.

2.4 ملامح عامة

1.2.4 تأسيس برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر

ينبغي تعيين مؤسسة أو مؤسسات مختصة، حسب الاقتضاء، من أجل تأسيس برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر وتنفيذها ومراجعتها دورياً. ينبغي إجراء ذلك عبر المفاوضات بين أكثر المنظمات تمثيلاً لأصحاب العمل والعمال بالتشاور مع الجهات المهنية المعنية بالوقاية من الإشعاع، والضمان الاجتماعي، وجهات أخرى حسب الاقتضاء. إن برامج التعويض المرتكز على عزو الخطر عادة ما توضع في عملية المفاوضات الطوعية ويمكن للعمال اللجوء إلى وسائل أخرى من أجل التعويض، بما في ذلك الدعاوى والإجراءات القانونية.

2.2.4 المجموعة السكانية

بعد تأسيس برنامج التعويض المرتكز على عزو الخطر، فإن أول نقطة يجب مواجهتها هي على أي مجموعة سكانية ستطبق ترتيبات التعويض المقترحة؟ إن ذلك قد يكون مُحَدَّداً بصورة واسعة أو ضيقة عند الضرورة. نموذجياً، ستُحَدَّد المجموعات السكانية المشمولة بواسطة صاحب العمل و/أو الموقع و/أو الموضع و/أو المهنة.

3.2.4 الجدارة

ضمن المجموعة السكانية المحددة، قد يكون من الضروري إجراء تنقيح إضافي للمجموعة السكانية المشمولة عبر استخدام معايير الجدارة. على سبيل المثال، إذا ما كانت المجموعة السكانية المحددة هي كافة الأشخاص الذين عملوا لصالح صاحب عمل معين، فإنه من غير المرجح أن كل شخص وحيد عَمِل سيتلقى جرعة ما من الإشعاع المهني. عادة ما تهدف معايير الجدارة إلى تحديد أولئك ضمن المجموعة السكانية المشمولة الأوسع الذين تلقوا تعرضات مهنية للإشعاع، إما المُراقَبين منهم أو غير المُراقَبين. إن المعايير النموذجية هي الشرط أن للأفراد سجل الجرعات من نوع ما (أو بَيِّنَة تقترح التعرض) أو عملوا في منشآت معينة في أزمنة معينة. أيضاً من المحتمل أن يكون الشرط أن الأفراد ماتوا من أو شُخِّص لهم مرض يعتبر مرتبطاً بالتعرض للإشعاع بصورة محتملة.

4.2.4 معايير التقييم

في حين أن اختيار معايير التقييم يُناقَش بمزيد من التفاصيل في مكان آخر من هذه الوثيقة، ما أن تُحَدَّد المجموعة السكانية المتمتعة بالجدارة، فإنه يجب وجود طريقة ما متفق عليها من أجل تقييم مُلاءَمَتها من أجل التعويض. من الممكن أيضاً أن الأنماط المختلفة من المعايير يمكن استخدامها ضمن نفس البرنامج في حال أن الظروف تملي ضرورة ذلك. ينبغي إعطاء اعتبار للرِّيبات في معايير التقييم المختارة وإلى أي مدى يمكن لها تخفيف الأثر أو إبطاله عند تقييم الحالات الفردية.

من الملامح الهامة أثناء انتقاء معايير التقييم الرغبة باستخدام طرائق منسجمة، بصورة يمكن إثباتها، مع المعلومات العلمية الأفضل ضمن الحقل؛ لذلك ينبغي إعطاء اعتبار أيضاً لكيفية استجابة برنامج التعويض للتبدلات التي يُنْظَر إليها على أنها المعلومات العلمية المتاحة الأفضل و، في حال أن معايير التقييم يمكن أن تُعَدَّل في هذه الظروف، ما إذا الحالات المقيمة بموجب المعايير السابقة يمكن مراجعتها أو إعادة تقييمها على ضوء المعلومات الجديدة.

5.2.4 بيانات المَدْخَل

ما أن تحصل الموافقة على معايير التقييم، فإنه سيكون من الضروري تقييم البيانات اللازمة لتسهيل التقييم. من أجل الترتيبات المرتكزة على تقييم الحِصَّة المُخَصَّصَة فإن ما يلي سيكون نموذجياً:

- **بيانات العمل.** إن توفر بَيِّنَة العمل هو متطلب اعتيادي.
- **البيانات الطبية.** ينبغي وجود متطلب لإثبات سبب الوفاة أو تشخيص المرض الذي يمكن أن يكون، على نحو ممكن، مرتبطاً بالتعرض للإشعاع. سيُجْرى ذلك طبيعياً عبر الرجوع إلى بعض نُظُم التصنيف [مثلاً، التصنيف الدولي للأمراض (ICD)]. يمكن الحصول على سبب الوفاة من شهادات الوفاة أو بيانات فتح الجثة، ويمكن السعي لتأكيد التشخيص من الممارسين الطبيين المسؤولين عن معالجة المُطالِب. عادة ما تصف شهادات الوفاة السبب الكامن للوفاة بالإضافة إلى العوامل المساهمة.
- **بيانات الجرعة.** يمكن الحصول على بيانات الجرعة من السجلات الموجودة المتعلقة بالجرعة أو يمكن إعادة إنشاء الجرعة من البيانات المعاصرة أو سجلات المراقبة للمنشأة أو نصوص المصدر، وهلم جراً. ينبغي أيضاً أن يُلاحَظ أنه حتى في حال وجود سجلات للجرعة كاملة بوضوح، فإنه سيكون من الضروري تقييم حقيقة ذلك، لاسيما أن تقييدات تقنية معينة لطرائق قياس الطرق متاحة تاريخياً. ينبغي أن يكون الهدف إنتاج تاريخ يخص الجرعة من أجل المُطالِب الذي هو إما سجل حقيقي لتعرضه للإشعاع أو هو تمثيل لتاريخ تعرضه المقدر من السجلات المعاصرة

(بشأن تاريخ العمل الخاص بالمُطالِب) أو، بدلاً من ذلك، هو تقدير معقول للحد الأعلى. ينبغي للإجراءات أن توفر المتطلبات من أجل عملية اتخاذ القرار حيثما يستمر بعض الشك بشأن نتائج إعادة إنشاء الجرعة.

عندما تتوافر بيانات المراقبة الفردية، فإنه من المفضل استخدامها لتقييم التعرضات في برامج التعويض. بدون بيانات المراقبة الفردية، فإن سجلات مراقبة مكان العمل كقياسات عينات الهواء والتعرض الخارجي قد تفيد في تقدير التعرض. عندما تُستخدَم قياسات مكان العمل، فإنه من الهام تقييم الدرجة التي إليها يمكن أن تكون هذه القياسات مُمَثِّلَة للجرعة الفردية التي يعاد إنشاؤها ثانية. رغم أن المصدر - الأجل للإشعاع يمكن استخدامه لتقييم الجرعات، فإن هذه الطريقة عرضة للمقدار الأعلى من الرِّيبَة وينبغي استخدامها بحذر. من أجل كافة التقييمات، فإنه ينبغي مواجهة الرِّيبَة (أو معقولية تقدير الحد الأعلى) المرتبطة بالجرعة التي أعيد إنشاؤها ثانية.

6.2.4 قابلية التعويض

يجب أن يضع أي برنامج للتعويض معايير للدفع (ولعدم الدفع) اعتماداً على مخرج من طريقة (أو طرائق) التقييم المختارة. أثناء وضع المعايير، ينبغي أن يؤخذ بالاعتبار أن المبدأ الإرشادي في إنشاء برنامج التعويض ينبغي أن يكون من أجل تحديد أولئك الأفراد الأكثر استحقاقاً للتعويض. إن طريقة الحساب للوصول إلى احتمال التسبيب يجب أن تُصَمَّم بحيث يوجد ثقة بأن كافة الحالات المستحقة ستحصل على التعويض.

7.2.4 خيارات التسديد

يجب أن تحدد برامج التعويضات ما هي الإعانات التي سيتلقاها المُطالِبون الناجحون. يكون ذلك وفقاً لمقدار ثابت من المال أو صالح للتفاوض، يدفع إما كدفعة واحدة أو كدفع مستمر، أو قد يكون وفقاً لإعانات أخرى كالإعفاء الضريبي. تحتاج طريقة التسديد إلى إن تُنْتَقى مع الأخذ بالاعتبار عوامل مثل القيمة المتوقعة لمُطالَبات الإصابة الشخصية في البلد المعين وطرائق أخرى للتعويض مُستخدَمة في البلد أو مقبولة ثقافياً. حيثما يوجد عنصر لقابلية التفاوض بشأن الإعانات، فإنه ينبغي وضع معايير لهذا التفاوض. من أجل البلدان التي تخلو من تقديم الرعاية الصحية العامة أو تُقَدَّم بنسبة قليلة، فإن تقديم الرعاية الصحية ينبغي أيضاً أن يؤخذ بعين الاعتبار - إذا ما أشار نظام التعويض إلى وجود درجة هامة من التسبيب معزوة إلى التعرض للإشعاع، فإنه يترتب على ذلك المسؤولية عن العلاج الطبي للفرد المتأثر.

8.2.4 الإدارة

إن الوصول إلى نظام تعويض مرتكز على عزو الخطر يجب أن يكون بسيطاً واضحاً. يجب أن تُطَبَّق على العملية حدود الوقت المعقولة. إن ذلك هام في حالات المراضة حيثما يكون المُطالِب معتل الصحة للغاية. يجب أن يكون المُطالِب واثقاً بشأن النتيجة. من الأمور الهامة لهذا السبب أن يكون أولئك المسؤولون عن إجراء التقييم مستقلين عن المؤسسة المسؤولة عن تعرض العامل.

قد لا يتفهم العمال الارتباط بين الإشعاع والسرطان وقد يكون الافتراض أن ثمة ارتباط سببي مباشر في كافة الحالات. ينبغي للنُّظُم أن تسمح للمُطالِبين بتلقي نصح ومساعدة مستقلين بشأن تقدم حالتهم. إضافة لذلك ينبغي وجود عملية تظلم (استئناف) متاحة للمُطالِبين الذين أخفقوا في الحصول على التعويض. عندما يكون ذلك ممكناً، يجب مواجهة حالات فشل المُطالِب بعين العطف.

من أجل المُطالَبات حيثما يكون العامل المُعَرَّض متوفٍ، فإن النُّظُم يجب أن تسمح أيضاً بالمُطالَبات التي تقدم بها أقرباء المتوفى الذين قد تكون درايتهم بالمهنة قيد النظر محدودة. وفقاً لذلك، فإن الأساس من أجل التقييم والناتج يجب أن يكون قابلاً للتفسير الواضح بحيث أن يكون القرار مفهوماً، حتى ولو كانت النتيجة غير مُرْضِيَة.

من أجل الحالات حيثما تَلزَم إعادة إنشاء الجرعة، فإنه ينبغي إيلاء اهتمام بسرية العمليات التقنية، بالإضافة إلى تفادي، قدر الإمكان، أي نشر للمعلومات غير ضروري.

9.2.4 تمويل نُظُم التعويض

تقتضي نُظُم التعويض تمويلاً محدد المعالم وإجراءات تمويل شفافة، ووسائل كافية للتمويل لضمان عملية تقييم منظَّمة بالإضافة إلى الدفع الملائم للمُطالَبات وفي الوقت المناسب حالما يُمْنَح التعويض. عموماً، من المتوقع أن يمول أصحاب العمل – في القطاعين العام والخاص - نُظُم التعويض، لكن قد تساهم أطراف أخرى بذلك.

5

الاستنتاجات والتوصيات

السرطان مرض شائع في كلٍ من البلدان المتقدمة والنامية. يُعْرَف أو يُشْتَبَه بعدد كبير من العوامل المُسَبِّبَة. لذلك، في أي مجموعة سكانية مُعَرَّضة للإشعاع مهنياً، فإن نسبة هامة من الأفراد المُعَرَّضين سيحدث لديهم السرطان لأسباب أخرى غير تعرضهم في مكان العمل. تقتضي اتفاقية منظمة العمل الدولية رقم 121 أن العمال الذين يحدث لديهم السرطان كنتيجة للتعرض المهني للإشعاع ينبغي أن يحصلوا على التعويض. إن عملية التعويض عن المرض يجب أن تُنْتَقى بحيث أن تكون قادرة على تمييز تلك الحالات من السرطان الأكثر ترجيحاً أنها نجمت عن التعرض المهني للإشعاع عن سرطانات الخلفية التي تحدث لأسباب أخرى.

تناقش هذه الوثيقة كيفية إجراء ذلك، وتصف الأساس العلمي من أجل عزو الأحداث الصحية إلى التعرضات المهنية، وتوجز المكونات الرئيسة للنظام المرتكز على عزو الخطر، مع هدف المساعدة في اتخاذ القرار بشأن التعويض عن الأمراض المهنية.

نظراً إلى أنه يمكن للإشعاع أن يمارس دوراً في تسبيب السرطان لدى عامل تعرض مهنياً للإشعاع، ونظراً إلى أن هذه الحالات من السرطان المُحْدَثَة بالإشعاع لا يمكن في الوقت الحاضر تحديدها بصورة محددة عبر الوسائل الطبية والبيولوجية، فقد وُضِع أسلوب إحصائي لتقييم احتمال أن سرطاناً معيناً قد نجم بواسطة تعرض سابق مهني للإشعاع. إن أساليب مختلفة لتقييم قابلية عزو حالات فردية إلى التعرض المهني متاحة وتعتمد على مفهوم الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS)أو احتمال التسبيب (PC).

في الواقع ثمة مجال واسع من برامج التعويض. يتضمن الملحق أ أمثلة من ستة بلدان، وهي تسمح بتحديد الملامح الجوهرية لبرامج التعويض. كما وُصِف في الفصل 4، ينبغي إيلاء اهتمام لتحديد المجموعة السكانية المعنية و، ضمن هذه المجموعة، لاستخدام معايير الجدارة موجود سجلات الجرعة أو بينية على العمل في منشآت معينة.

إن الخطوة التالية في العملية هي تحديد البيانات التي يتعين جمعها. في بعض الأمثلة، يجب مواجهة مستوى المضبوطية أو الرِّيبات ويجب بذل الجهود لتوضيح الظروف الخاصة للتعرض والمرض لكل حالة.

ينبغي لبرامج التعويض أن تُبْنى بحيث تُحَدِّد أولئك الأفراد الأكثر استحقاقاً للتعويض. يجب أن تكون خيارات التسديد محددة بوضوح، وينبغي وضع معايير للتفاوض حيثما يوجد عنصر لقابلية التفاوض بشأن الإعانات.

يجب أن تكون الإجراءات الإدارية سهلة المنال ومفهومة من قِبَل المُطالِبين بغية تعزيز الثقة بشأن ناتج عملية التعويض.

أخيراً وليس آخراً، يجب أن يكون المتطلب وإجراءات التمويل شفافة، وينبغي للوسائل أن تسمح بعملية تقييم مُنَظَّمَة بالإضافة إلى الدفع الملائم وفي الوقت المناسب عندما تُمْنَح المُطالَبة.

ختاماً، سواء أتمت التوصية المعتمدة على أسلوب ممنهج على احتمال التسبيب أو لم تتم، فإنه لا يمكن أن تحل مكان المفاوضات المجتمعية بشأن البنية الواقعية لبرامج التعويض. على المستوى الدولي، ينبغي أيضاً تعزيز تبادل الخبرة المتاحة من أجل تطوير مثل تلك البرامج على المستوى الوطني.

الملحق أ: أمثلة لبرامج التعويض

يقدم هذا الملحق أمثلة للممارسة الحالية، ويصف الترتيبات في بلدان مختلفة بما يتعلق بالتعويض عن السرطانات المعزوة إلى التعرض للإشعاع المُؤَيِّن. في حين أنه لوحظ أن غرض ونطاق هذه الوثيقة، كما ذكر بالتفصيل في القسمين 2.1 و3.1، يشمل الآثار الصحية لتعرضات العمال المهنية، فإن بعض الأمثلة تشمل، على الأقل جزئياً، تقييم الآثار الصحية لدى عموم السكان التالية للتعرضات غير المهنية؛ رغم أن هذه الأمثلة لم تُقَدَّم لإعطاء إرشاد محدد في هذا المجال؛ إنها توضح الأساليب المتخذة لمثل هذه المسائل عبر بعض الدول الأعضاء. لقد روجعت برامج أخرى من قِبَل (Elliott, 2003).

يبدأ القسم بوصف البرامج القائمة المتعلقة بالتعويض المرتكز على الخطر باستعمال أساليب منهجية لحساب احتمال التسبيب، متبوعاً بأمثلة من البلد لاستخدام أساليب أخرى.

أ.1 نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة

أ.1.1 المجموعة السكانية

إن نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة (CRSLD) هو اتفاق خاص بين غالبية أصحاب العمل في المملكة المتحدة الذي يُشَغِّلون مواقع نووية مرخصة كما حُدِّد في قانون المنشآت النووية لعام 1965 (كما هو معدَّل) واتحاداتها العمالية. في حد ذاته، يُطَبَّق النظام على الأفراد الذين استُخْدِموا من قِبَل واحد (أو أكثر) من أصحاب العمل المشاركين والذين هم الآن (أو كانوا) أعضاء في واحد من اتحادات العمال المشاركة [باستثناء العاملين لدى وزارة الدفاع (MOD) حيث توجد ترتيبات بديلة لأنه لا يُسْمَح لبعض العاملين لدى وزارة الدفاع بأن يكونوا أعضاءً في اتحادات العمال].

أ.1.2 الجدارة

بغية أخذ المُطالَبات بعين الاعتبار كجديرة من أجل التقييم، فإنه يجب أن تستوفي المُطالَبات معايير العمل وعضوية اتحاد العمال الموصوفة أعلاه، بالإضافة إلى المعايير المتعلقة بالذين توفوا بسبب مرض يعتبر وفق النظام مرتبط بالإشعاع بصورة محتملة، أو بالذين شُخِّص لهم مثل هذا المرض؛ يجب أيضاً إما أن يكون لديهم سجل الجرعة أو لديهم أرضيات للاعتقاد بأنهم تعرضوا لجرعة مهنية غير مراقَبة أو غير مسجلة.

يوفر تأكيدَ العمل موظفو أصحاب العمل المعنيين أو قسم الموارد البشرية. تُؤَكَّد عضوية اتحاد العمال عبر اتحاد العمال الذي أشار المُطالِب إلى أنه/أنها كان عضواً فيه أو لا زال. إن نظام اتحادات العمال لا يقتصر دعمه على الأعضاء الحاليين فقط؛ المبدأ العام المعتمد هو أنه، إذا كان المُطالِب عضواً في الاتحاد في الزمن الذي تلقى/تلقت فيه الجرعة المهنية ذات الصلة بالمُطالِب، فإن الاتحاد سيدعم تلك المُطالَبة.

عادة ما يحصل النظام على التأكيد من شهادات الوفاة و/أو على تأكيد مكتوب للتشخيص يقدمه الممارس الطبي المسؤول عن علاج المُطالِب (عادة اختصاصي يعمل في مشفى، بدلاً من ممارس عام أو طبيب الأسرة). في حالات الوفاة، إن تأكيد تاريخ التشخيص من قِبَل الممارس المعالج لا يزال مفضلاً وهو عموماً مفيد للمُطالِب (على الافتراض أنه يضع التشخيص في تاريخ أبكر من الوفاة). من المفيد أيضاً، إذا أمكن، إظهار سبب الوفاة ليكون منسجماً مع المرض المُشَخَّص. ما أن يُحَدَّد التشخيص أو سبب الوفاة، فإنه يُحدَّد رمز المرض (الأمراض) المذكور في الوثيقة ذات الصلة بموجب الطبعة الثامنة من التصنيف الدولي للأمراض (ICD-8) (WHO,1969) (المترجم: التصنيف المعتمد حالياً هو التصنيف بطبعته العاشرة). إن هذا من ثم يسند الحالة إلى جدول النظام الملائم (انظر أدناه) من أجل التقييم.

يقبل هذا النظام (UK CSRLD) كافة التنشؤات على أنها جديرة باستثناء عدد قليل يُعْرَف بارتباطه بعوامل مُسَبِّبة أخرى. هذه الأمراض المستثناة هي الابيضاض اللمفاوي المزمن والابيضاض المُشَعَّر الخلايا وداء هودجكين والورم الميلانيني الخبيث وورم المتوسطة (ميزوثليوما) الخبيث. يقبل النظام أيضاً المُطالَبات من أجل السَّاد في العين، رغم أنه سيُرفَض إذا ما عزى التشخيص حدوث السَّاد إلى عامل مسبب آخر.

3.1.أ معايير التقييم

إن الأساس التقني لنظام المملكة المتحدة يعتمد على التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR V) (NRC,1990)، رغم أن بعض التحسينات الإضافية (التي تساند المُطالِب في كافة الحالات) شُمِّلَت للتغلب على مجالات الرِّيبَة. يستخدم النظام التقرير الخامس (BEIR V) لتطوير سبعة «جداول» (عملياً نماذج الجرعة-الخطر)، وهي الابيضاض، والجداول التنفسية، والورم النقيي المتعدد، والدرقية، وأنسجة أخرى، والجلد، والسَّاد. يُستخدَم أيضاً جدول الأنسجة الأخرى ليشمل سرطانات مجهولة المنشأ.

إن جداول الابيضاض والجداول التنفسية والورم النقيي المتعدد والدرقية وأنسجة أخرى تُستخدَم كطريقة لحساب احتمال التسبيب من أجل مرض معين اعتماداً على تاريخ التشخيص أو الوفاة وتاريخ جرعة المُطالِب.

يُقيِّم جدول الجلد المُطالَبات بطريقة مختلفة: من أجل المُطالَبات المتعلقة بسرطان الجلد، فإن المسؤول الطبي الرئيس لصاحب العمل المعني سيفحص السجل الطبي لعمل المُطالِب لتحديد مدى وجود أي بَيِّنَة للمُطالِب الذي اشتكى من أثر قطعي في موقع السرطان - إن الأساس المنطقي المستخدم هو أن سرطان الجلد يتطلب جرعات عالية جداً من الإشعاع المُؤَيِّن من أجل الابتداء ومثل هذه الجرعات تؤدي إلى حُمامى على نحو لا محيد عنه. يُفحَص عمال الإشعاع في المملكة المتحدة نموذجياً من قِبَل ممارس طبي على أساس سنوي ومن المتوقع أن يبَلِّغوا القسم الطبي لصاحب العمل في حال حدوث حُمامى، وبالتالي فإن أي حدث مثل هذا الحدث ينبغي أن يُسَجَّل. حيثما لا توجد بَيِّنَة لأثر قطعي، فإن حالات المراضة تعتبر أنها أخفقت، في حين أن حالات الوفاة التي تخفق في هذا المعيار تُقيَّم تبعاً لذلك باستخدام طريقة الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) المتوفرة في جدول نسيج آخر.

من أجل حالات السَّاد، يقيم النظام المُطالَبات عبر تجميع جرعة كامل العمر لعدستي العينين؛ إذا ما تجاوزت 5 سيفرت تمنح الحالة مقداراً كاملاً من الدفع، وإذا ما تجاوزت 2 سيفرت لكنها أقل في 5 سيفرت تمنح الحالة نصف المقدار من الدفع، أما عندما تكون أقل من 2 سيفرت فإن الحالة تعتبر أنها أخفقت. بالأخذ بالاعتبار الفهم

الحالي للجرعات اللازمة لإحداث السَّاد والمدى الزمني الذي خلاله يلزم تلقي مثل هذه الجرعات، فإن هذه الطريقة (أ) معقولة علمياً و(ب) تمنح المُطالِب بسخاء.

أ.4.1 بيانات المَدْخَل

إن كافة الحالات المتعلقة بهذا النظام (CSRLD) (عدا حالات المراضة بسرطان الجلد) تتطلب استكمال تاريخ الجرعة بالإضافة إلى ترميز المرض قيد النظر وفق التصنيف الدولي الثامن للأمراض (المترجم: حالياً العاشر).

تُقَدَّم تواريخ الجرعة للنظام من قِبَل القسم المُعْتَمَد لقياس الجرعة (ADS) التابع لصاحب العمل المعني وفقاً للإجراءات المتفق عليها (تُعْرَف ضمن النظام بـ «بروتوكولات قياس الجرعة»). تُصَمَّم هذه الإجراءات لتقديم معلومات كاملة بشأن تاريخ الجرعة للمُطالِب، التي تشتمل على تعزيزات مقبولة للسجلات خلال فترات حيثما التقييدات التقنية من الممكن أنها أثرت على قدرة مقاييس الجرعة المستخدمة في ذلك الوقت لتسجل بدقة الجرعات أو حيثما فهمنا الحالي للعلاقة بين الجرعة المقاسة بمقياس الجرعة والجرعة التي تلقاها الفرد قد تختلف عن تلك الشائعة في ذلك الوقت الذي أُستخدِمت فيه السجلات. وبالتالي، إن تواريخ الجرعات التي تُقَدَّم للنظام لأغراض تقييم المُطالَبة قد لا تكون مطابقة لتلك المدونة في سجل الجرعة القانوني. بالإضافة إلى ذلك، في حال وجود إغفالات محددة في سجل الجرعة، فإن التقديرات المعقولة (اعتماداً على القيم العليا الموجودة في السجلات المعاصرة) أو تقديرات الحد الأعلى (اعتماداً على أنظمة التقييد المفروضة وطنياً أو محلياً) سوف تُستخدَم. من أجل كافة التنشؤات الخبيثة باستثناء سرطانات الجلد، فإنه يُبلَّغ عن الجرعات كإجماليات سنوية من أجل «جرعة كامل الجسم» بوحدة ميلي سيفرت. من أجل حالات السَّاد، فإنه يُبلَّغ عن الجرعات كإجماليات سنوية من أجل «جرعة كامل الجسم» و«جرعة السطح» و«جرعة عدستي العينين» (جميعها بوحدة ميلي سيفرت).

تم البدء بطلب الجرعات الداخلية للتقييم في المملكة المتحدة بعد عام 1986 فقط (عندما دخلت لوائح الإشعاعات المُؤَيِّنة حيز التنفيذ في عام 1985)[2]. قبل هذا التاريخ عادة ما كانت الجرعة الداخلية محدودة عبر نظام عينات المواد المنقولة بالهواء في مكان العمل والمُقايَسَة البيولوجية (عادة تحليل البول ومراقبة كامل الجسم). وبالتالي يقتضي النظام أنه، حيثما توجد دلالات على أن المُطالِب روقب من أجل جرعة داخلية محتملة، فإن كافة السجلات ذات الصلة تُجْمَع ويُجْرى تقييم للجرعة الداخلية. يُبلَّغ عن مثل هذه الجرعات إلى النظام كإجماليات سنوية (بوحدة ميلي سيفرت)، بدلاً من جرعات مودَعَة (التي تكون جرعات داخلية تُسجَّل من أجل غايات قانونية في المملكة المتحدة).

من أجل حالات سرطان الجلد، يُقدَّم تقرير المسؤول الطبي الرئيس المعني كرسالة قصيرة تؤكد غياب أو وجود أثر قطعي. من أجل حالات الوفيات المرتبطة بالجلد، يُقدِّم القسم المُعْتَمَد لقياس الجرعة (ADS) التابع لصاحب العمل المعني الإجماليات السنوية لِـ «جرعة كامل الجسم» و«جرعة السطح» (بوحدة ميلي سيفرت).

يُقدِّم المسؤول الطبي الرئيس التابع لصاحب العمل المعني ملخصاً أيضاً لأي بيانات تتعلق بعادات التدخين للمُطالِبين من أجل حالات الجدول التنفسي. إن ذلك مطلوب لأن النظام يعزز (يضاعف) الخطر المفرط النسبي (ERR) المحسوب لغير المدخنين أبداً طيلة الحياة، ويدع ذلك الخطر دون تعديل لمدخني الغليون والمنقطعين عن التدخين (أولئك الذين يُسَجَّلون كمدخنين لكن توقفوا عن التدخين منذ 10 سنوات أو أكثر)، ويقلل الخطر (إلى النصف) لمدخني السجائر والسيجار.

سخاء إضافي واحد يقدمه النظام، وهو أنه يضاعف الخطر المحسوب قبل اشتقاق احتمال التسبيب في الحالات حيثما يُجْرى التشخيص في عمر مبكر نسبياً (أي أقل من 50 سنة).

[2] The Ionising Radiations Regulations 1985 (S.I. 1985 No. 1333).

أ.5.1 قابلية التعويض

من أجل تلك الجداول حيثما يُمْنَح التعويض مباشرة من الحِصَّة المُخَصَّصَة المحسوبة، فإن الدفع يُمْنَح على المقياس المتدرج (يعرف أيضاً بِـ «الاسترداد التناسبي») كما يلي أدناه.

من أجل بعض الأمراض حيثما قد توجد عوامل أخرى ذات صلة؛ مثلاً، سرطان تنفسي حيثما للمُطالِبين تاريخ للتدخين، أو من أجل الحالات حيثما من المتفق عليه أن عوامل معينة تعني أن تطبيق جداول النظام قد يكون معقداً أو يثير اللبس، تحال الحالات إلى مجموعة خبراء لتحديد (المصطلح المستخدم لوصف القرار النهائي المتخذ بما يتعلق بالدفع أو رفض المُطالَبة). يُنْتَقى أعضاء مجموعة الخبراء بناء على خبرتهم في ميادين الإشعاع أو الميادين الطبية؛ وإن المبادئ التوجيهية التي يعملون بموجبها موافق عليها من قِبَل كافة الأطراف في النظام. في هذه الحالات، يعد تقرير واقعي يُقدِّم لمجموعة الخبراء كافة البيانات الشخصية والطبية والمتعلقة بقياس الجرعة ذات الصلة بالحالة، ومن ثم تجتمع مجموعة الخبراء كي تأخذ بعين الاعتبار هذه الحالات وتناقشها وكي توافق على مستوى الدفع الملائم، بدء من «لا شيء» إلى «الكامل» كما هو وارد في الجدول أ.1. ضمن هذه المبادئ التوجيهية، تعمل مجموعة الخبراء على نحو مستقل عن أصحاب العمل واتحادات العمال، وإن ذلك من الملامح الهامة لدور مجموعة الخبراء ضمن النظام.

الجدول أ.1 الحِصَّة المُخَصَّصَة وشرائح المدفوعات في نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة

الحِصَّة المُخَصَّصَة	شريحة المدفوعات
أقل من 20%	لا شيء
20-29.9%	الربع
30-39.9%	النصف
40-49.9%	الثلاثة أرباع
50% وأكثر	الكامل

أ.6.1 أسلوب للرِّيبَة

من المسلم به أن ثمة رِيبات في النماذج التي قدمها التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR V) التي سيتم انتقالها تلقائياً إلى الطريقة المستخدمة من قِبَل النظام، وأن أيضاً ثمة رِيبَة تُلازِم بيانات قياس الجرعة المقدَّمة للنظام. إن قيم احتمال التسبيب التي أُستخرِجت من جداول النظام تؤخذ كي تكون قيماً مركزية، رغم أنه من المسلم به أنها قد لا تكون قيماً مركزية حقيقية بسبب عدم إجراء تقديرات للرِّيبات في بيانات قياس الجرعة. مع ذلك، إن سياسة النظام تجاه الرِّيبَة في بيانات قياس الجرعة هي لإنشاء تواريخ الجرعات عبر تطبيق، على نحو استعادي، معايير التقييم الحالية، بقدر الإمكان، على سجلات الجرعة التاريخية. على نفس المنوال، يتم التغلب على الرِّيبَة في الحساب عبر استخدام نظام الدفع للاسترداد التناسبي - فقط في حال دفع التعويضات للمُطالِبين الذين بلغت قيمة احتمال التسبيب لديهم 50 بالمئة أو أكثر، يمكن القول أن، الأخذ بالاعتبار الرِّيبَة المُلازِمة في النماذج المستخدمة، حتى توزع الرِّيبَة الصغيرة يعني بعض المُطالِبين المستحقين مع قيم احتمال التسبيب (PC) تقترب من 50 بالمئة لكن لا تتجاوز ذلك الرقم يحرمون من التعويض. وبالتالي، لقد اعتبر أكثر إنصافاً تعويض المُطالِبين الذين قيم احتمال التسبيب (PC) لديهم أقل من 50 بالمئة بغية التغلب على مسائل الرِّيبَة في نتيجة احتمال التسبيب (PC) التي حصل عليها - الحقيقة أن هذا أيضاً يمثل سخاء لا يسمح به في النظام القانوني للمملكة المتحدة وكان أيضاً عاملاً هاماً في اعتماد هذه الملامح، لأنها تفيد في جعل النُّظُم أكثر جذباً للمُطالِبين. إن سخاء النظام بالمقارنة مع النظام القانوني للمملكة المتحدة يُعْكَس في حقيقة أن حوالي ثلاثة أرباع (78 من 108) من مُطالِبي النظام الناجحين تلقوا دفعات من أجل قيم لاحتمال

التسبيب (PC) أقل من 50 بالمئة - الافتراض هو أن، في محكمة المملكة المتحدة، يحتاج المُطالِب إلى إثبات حالته/حالتها «بعد أخذ الاحتمالات بعين الاعتبار» [أي على افتراض استخدام احتمال التسبيب (PC)، فإن قيمة احتمال التسبيب التي مقدارها 50 بالمئة لازِمة للنجاح].

أ.7.1 قيمة التسديد

ما أن تتأهل حالة للحصول على التعويض، فإن صاحب العمل واتحاد العمال يعينان محامين مدنيين لقبول مقدار التعويض الملائم لحالة معينة. إن هذه «القيمة الكاملة» تُعْرَف في النظام بـِ «الحِصَّة Quantum». في الواقع إن الإجراء هو نفسه تماماً كما لو أن الحالة حققت النجاح في محكمة المملكة المتحدة. ما أن تُقْبَل قيمة «الحِصَّة»، فإن رقم التسديد يتم الحصول عليه عبر تطبيق جزء الدفع الملائم؛ أي، إذا قُبِلت «الحِصَّة» عند 100,000 جنيه إسترليني وقُبِل احتمال التسبيب عند 35 بالمئة (وبالتالي يتأهل للحصول على نصف الدفعة)، فإن قيمة التسديد ستكون 50,000 جنيه إسترليني. يؤخذ بالحسبان عدد من العوامل النوعية للحالة كفقد الدخل الناشئ عن العمل، والألم والمعاناة، وإعالة عدد من الأطفال، ولهذا ثمة تباين في المنح المقدمة لأن الظروف الفردية تختلف. خلال هذه العملية ينصح محامو الاتحاد العاملَ ويلتمسون موافقته على المقدار النهائي القابل للدفع.

إن رقم التسديد والتكاليف القانونية المتعلقة بالتفاوض من أجل «الحِصَّة» تُدْفَع من قِبَل صاحب عمل المُطالِب. في الحالات المشتركة (أي أن المُطالِب عَمل لدى أكثر من صاحب عمل واحد)، فإن أصحاب العمل المعنيين يتقاسمون المسؤولية القانونية بشأن التعويض وتقسم بالتناسب وفقاً للخطر المفرط النسبي المحسوب من الجرعة في كل فترة من العمل.

يمكن الحصول على مزيد من التفاصيل بشأن نظام المملكة المتحدة عبر موقع النظام التالي: http://www.csrld.org.uk. إن العمل جارٍ لتحديث جداول النظام على أساس التقرير السابع للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR VII).

أ.8.1 خلاصة للملامح الهامة

- **المرونة.** إن نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في المملكة المتحدة (UK CSRLD) هو اتفاق خاص بين أصحاب العمل في النظام واتحادات العمال في النظام. في الواقع، يعني ذلك أنه إذا وافقت الأطراف على أن أي تغير مقترح هو ذو فائدة مشتركة لتشغيل النظام، فإنه يمكن تغييره حسب الرغبة. مع ذلك، إن حقيقة أن النظام هو اتفاق خاص تعني أن أصحاب العمل من الممكن أنهم لا يزالون يُؤخَذون إلى المحكمة بموجب قانون المنشآت النووية. لا يتوجب أن يتخلى المُطالِبون عن حقهم بالإجراء القانوني عبر استخدام النظام (إلا إذا دُفِع التعويض عبر النظام) لكن، حتى الآن، لم يُحضِر أي مُطالِب أخفق بموجب النظام صاحبَ العمل إلى المحكمة كبديل.
- **القابلية للدفاع.** يستخدم النظام منشوراً أُقِرَّ دولياً هو التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR V) لدعم أساسه التقني. إن التحولات إلى هذا التقرير (NRC, 1990) وافق عليها أصحاب العمل واتحادات العمال (وبالتالي إنها مدعومة من الطرفين معاً) كما إجراءات النظام الضمنية (مثلاً، برتوكولات الجرعة). وبالتالي، إن النواتج من أجل الحالات الفردية تُدْعَم من قِبَل كافة الأطراف في النظام. علاوة على ذلك، إن كافة القرارات التي تصيغها أطراف النظام يُقْتَضى أن تصدر بالإجماع ولهذا تمثل الوضع المتفق عليه من كافة الأطراف في النظام؛ وبالتالي يمكن للمُطالِبين أن يكونوا على ثقة أن مصالحهم محمية.
- **الاستمرارية.** إن استخدام (التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن) (BEIE V) والالتزام من قِبَل النظام بمراقبة التطورات ذات الصلة بما يتعلق بالميادين يعني أن النظام يستطيع أن يدعي بأنه مؤسَّس على أفضل فهم علمي متاح للعلاقة بين التعرض للإشعاع والآثار الصحية. في حال أن التطورات المستقبلية أشارت إلى أن الأساس التقني للنظام يتطلب التعديل، فإنه قادر على فعل ذلك (انظر «المرونة» أعلاه) و، في الحقيقة، لقد غير أساسه

التقني في عام 1991 عند ظهور التقرير الخامس (BEIE V) الذي ألغى الطريقة المعتمدة على منشور اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) ذي الرقم 26 الصادر في عام 1977، المستخدمة أصلاً من قِبَل النظام (Mummery and Alderson, 1989). أثناء طباعة هذا الكتاب، يقوم النظام بعملية مراجعة التقرير السابع (BEIE VII) لتقييم أي دلالات من أجل الأساس التقني.

- **تقليل المُطالَبات القانونية.** حقيقة أن النظام أُعْتُبِر كبديل لإجراءات المحاكم المطولة وباهظة التكاليف، تعني أن ثمة تقليص ذو شأن في إمكانية أن أصحاب العمل في النظام سيُؤخَذون إلى المحكمة بموجب قانون المنشآت النووية. إن اتحادات العمال، كمشارِكة في النظام، ملتزمة بفعالية باستخدام النظام في كافة الحالات حيثما المُطالَبات المحتملة جديرة بالاستحقاق بموجب معايير النظام.
- **سرعة التقييم**. إن الهدف من أجل كافة الحالات هو أن التقييم الذي يحدد سواء سيتلقى المُطالِب المدفوعات أم لا يصدر ضمن ستة أشهر من تلقي طلب المُطالَبة. لقد حصل ذلك في 75-80 بالمئة من الحالات. من أجل الحالات الناجحة، إن الهدف هو أن المُطالِب سيتلقى المدفوعات ضمن 18 شهراً للحالة المقدمة؛ في الممارسة يقدم أصحاب العمل دفعات مؤقتة بينما تُجْرى مفاوضات «الحِصَّة» بغية التخفيف من المشقة المحتملة خلال ذلك الوقت.
- **سخاء التقدير.** تُقدَّر الحالات باستخدام معايير متفق عليها، وهي مُصمَّمة لتأييد المُطالِب بما يتعلق بالطريقة المستخدمة لتقييم احتمال التسبيب [التي هي أكثر كرماً من تلك المقدمة من قِبَل التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIE V) نفسه] وباستخدام الاسترداد التناسبي (أي أن الحالات مع احتمالات التسبيب المنخفضة التي تصل إلى 20 بالمئة ستتلقى تعويضاً ما) في حين أنه من أجل المُطالَبة لتكون ناجحة في المملكة المتحدة في حالة قانونية، فإنه يتوجب على المحكمة أن تبحث من أجل المُطالِب «بعد أخذ الاحتمالات بعين الاعتبار»، أي احتمال تسبيب مقداره 50 بالمئة أو أكثر يجب تأسيسه. وبالتالي من غير المرجح للغاية أن أي حالة لم تحقق المعايير من أجل الدفع بموجب النظام يمكن أن تنجح عبر النظام القانوني للمملكة المتحدة.
- **وفورات في التكلفة.** أحد فوائد النظام هو أنه يقدم طريقة أقل تكلفة بكثير لحل مشكلة مثل تلك المُطالَبات وأيضاً تسمح للمُطالَبات التي يمكن أن تُرْفَض في أي مرحلة مبكرة بموجب النظام القانوني أن تُقَيَّم على نحو كامل غير منقوص.
- **مشاركة أصحاب المصلحة.** يعمل النظام بصورة مشتركة بين أصحاب العمل في الميدان النووي في المملكة المتحدة واتحادات العمال ذات الصلة وتُتَّخَذ كافة القرارات من قِبَل هيئات النظام بشكل مشترك بالاتفاق العام. يخلق ذلك أرضية مشتركة بين أصحاب العمل والاتحادات. إن حقيقة أن أصحاب العمل والاتحادات في النظام يعملون معاً بصورة وثيقة يمكن أن تُرى من خلال المُطالِبين الساخطين كعاملين ضد مصالحهم. مع ذلك، هذه الشكاوي قليلة لاسيما عندما يؤخذ بعين الاعتبار العدد الإجمالي للمُطالَبات.
- **مسائل الشفافية.** لأن النظام هو اتفاق خاص ولأنه يستخدِم أساساً تقنياً الذي يُعَدَّل كي يكون أكثر سخاء مما متوفر في المجال العام [أي؛ التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIE V)]، فإن جداول النظام لا يمكن أن توضع في المجال العام في حال أنها تستخدَم كأساس لعمل المحكمة. يعني هذا، مع ذلك، أن النظام يمكن انتقاده من أجل عدم كونه شفافاً تماماً، رغم أن اتحادات العمال في النظام هي طرف في جداول النظام.
- **الرِّيبات غير المحددة كمياً.** بينما تغلب النظام على مسألة الرِّيبَة عبر تعديل بيانات قياس الجرعة من أجل المُطالِبين، وعبر تعزيز طريقة الحساب، وعبر اعتماد المقياس المتدرج من أجل المدفوعات عندما تكون قيمة احتمال التسبيب (PC) أدنى من 50 بالمئة، فإن النظام لا يحلل على نحو مقاس كمياً الرِّيبَة من أجل كل حالة. مع ذلك، إن الممثلين التقنيين المُعَيَّنين من قِبَل اتحادات العمال على يقين من أن الأثر الإجمالي للسخاءات المستخدمة بصورة كافية يتغلب على الرِّيبات المُلازِمة في النماذج المستخدمة ويضمن عدم حرمان أي مُطالِب من التعويض يمكن أن يكون المُطالِب مستحقاً له.

أ.2 قسم برنامج التعويض عن المرض المهني لعمال قطاع الطاقة في الولايات المتحدة

أ.1.2 المجموعة السكانية

في تشرين الأول/أكتوبر 2000، زُوِّدت القوة العاملة في إنتاج الأسلحة النووية في الولايات المتحدث ببرنامج تعويض لتغطية العمال الذين يعانون من أمراض معينة. هذا البرنامج، الذي شُرِّع قانونياً بموجب قانون برنامج التعويض عن المرض المهني لعمال الطاقة (EEOICPA) لعام 2000[3]، يُعَوَّض بصورة محددة العمال عن السرطان الذي حدث كنتيجة للتعرض للإشعاع المُؤَيِّن في قسم الطاقة في الولايات المتحدة (DOE) ومرافق متعاقدة محددة أخرى. يمكن رؤية هذا القانون، بالإضافة إلى عدد من الوثائق المتعلقة بتنفيذه، في الموقع التالي: http://www.cdc.gov/niosh/ocas. يُقَدَّر أن حوالي 650,000 عامل في إنتاج الأسلحة النووية استخدموا من قِبَل قسم الطاقة (DOE) ومتعاقديه الرئيسين منذ انطلاق هذه البرامج في أربعينيات القرن الماضي. بالإضافة إلى ذلك، ما يصل إلى 100,000 عامل من الممكن أنهم استُخدِموا في الإنتاج في العقود الأولى لهذه البرامج عبر عقود قصيرة الأجل في قسم الطاقة (DOE) أشير إليهم بموجب القانون المذكور أعلاه كأصحاب عمل في ميدان الأسلحة الذرية.

أ.2.2 الجدارة

كي يكونوا مستحقين للتعويض، بموجب أحكام القانون المذكور أعلاه، فإن العمال يجب أن يصابوا بالسرطان بعد بداية العمل في منشأة مشمولة، كما حُدِّد في القانون. لأغراض القضاء بالنسبة للمُطالَبات، فإن كافة السرطانات الأولية مأخوذة بعين الاعتبار باستثناء الابيضاض اللمفاوي المزمن. فيما عدا الباحثين المقيمين في مرافق قسم الطاقة (DOE)، لا يوجد مدة دنيا للعمل للتطبيق بموجب الأحكام العامة للبرنامج؛ مع ذلك، حدَّد القانون المذكور أعلاه أَتْراب (Cohort) التعرض الخاص (SEC) تشمل العمال المصابين بسرطانات محددة في أربعة مرافق لقسم الطاقة (DOE). إن السرطانات المحددة التي حدثت لدى هؤلاء العمال يفترض أنها مرتبطة بالتعرض في مرفقهم، طالما أنها استوفت معايير فترة وقت العمل، ومدة العمل، وحالة المراقبة. تخص المُطالَبات العامل المشمول؛ مع ذلك، إن الأزواج والأطفال جديرون بالتطبيق من أجل التعويض في حال أن العامل المشمول متوفٍ. وصف القانون المذكور (EEOICPA) أعلاه المعايير المتعلقة باستحقاق الزوجين والأطفال.

أ.3.2 طريقة التقييم

من أجل العامل الذي لم يحدث لديه السرطان كجزء من أَتْراب (مجموعة) التعرض الخاص (SEC)، فإن الأساس من أجل تقييم ميزة مُطالَبة التعويض، كما قضى بذلك القانون المذكور أعلاه (EEOICPA)، هو استخدام احتمال التسبيب (أو الحِصَّة المُخَصَّصَة، المُستخدَمة بالتبادل خلال هذه المناقشة). على وجه التحديد، إن استخدام الجداول الوبائية الإشعاعية التي وضعها المعهد الوطني للصحة في الولايات المتحدة (NIH)، حيث أنها تُحدَّث دورياً، أُقْتُبِسَت كَتكليف قانوني؛ مع ذلك، عُهِد إلى المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين في الولايات المتحدة (NIOSH) عبر أمر تنفيذي بوضع مجموعة من المبادئ التوجيهية بغية استخدام هذه الطرائق لتحديد احتمال أن سرطان لدى

[3] The Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act (EEOICPA), Public Law 106-398, 114 Stat. 1654, 1654A-1231 (30 October 2000), enacted as Title XXXVI of the Floyd D. Spence National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2001.

عامل مستحق نجم عن تعرض مهني للإشعاع المُؤَيِّن (Schubauer-Berigan et al., 2003). لقد وضعت الجداول الوبائية الإشعاعية بشكل أولي في عام 1985 وحُدِّثَت في عام 2003 من قِبَل المعهد الوطني للصحة (NIH)، أُنْظُر الملحق د (Land et al., 2003). تعتمد تلك الجداول على مفهوم الحِصَّة المُخَصَّصَة، وأُستخدِمت في الولايات المتحدة بشكل مُعَّدل من أجل المحاربين القدماء المُعَرَّضين للإشعاع أثناء أداء الواجب (انظر أدناه).

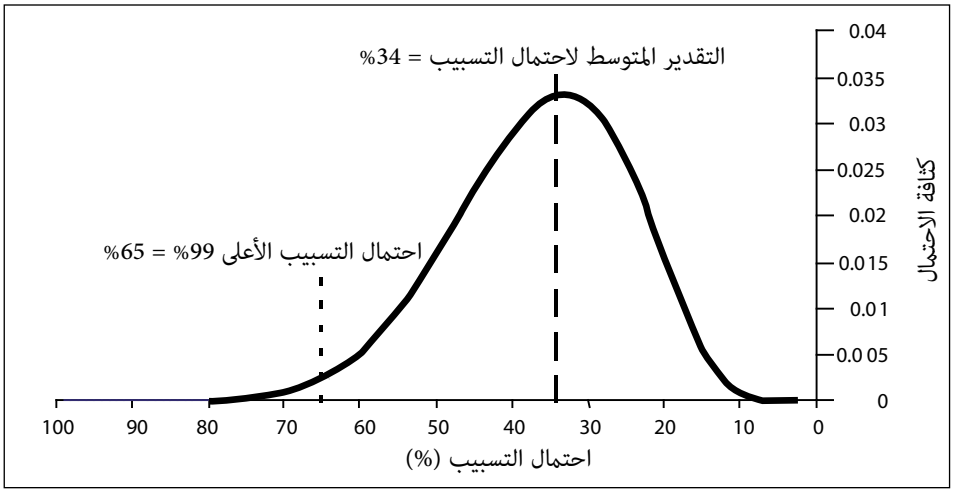
تحتوي جداول عام 1985 على نماذج لتقييم الحِصَّة المُخَصَّصَة من تعرض خارجي للإشعاع من أجل 12 سرطاناً [الابيضاض، والتنشؤات الخبيثة للغدد اللعابية، والمريء، والمعدة، والقولون، والكبد، والبنكرياس (المعثكلة)، والرئة، وثدي النساء، والكلية، والمثانة، والدرقية]، ومن سرطان العظم الناجم عن التعرض للراديوم-224، وسرطان الرئة المُحْدَث بالرادون. مع ذلك، لم يحدد القانون المذكور أعلاه (EEOICPA) أنماط السرطان التي من أجلها ينبغي تقدير احتمال التسبيب أو أنماط التعرض للإشعاع التي ينبغي أن تُستخدَم في تقييمه. بطريقة تصادفية، كان المعهد الوطني للسرطان في الولايات المتحدة (NCI) يُجري تحديثاً للجداول عندما أُسِّس في أواخر عام 2000 برنامج التعويض لقسم الطاقة في الولايات المتحدة (DOE)، ووُضعت نماذج، بشكل صريح، لسرطانات وأنماط تعرض إضافية كثيرة. لقد عمل العاملون في البرنامج الأولي للمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH) مع المعهد الوطني للسرطان (NCI) لضمان أن نماذج وأنماط تعرض كافية أُخِذت بعين الاعتبار في تحديث الجداول الوبائية الإشعاعية للمعهد الوطني للسرطان (NCI) (NIOSH, 2002). اكتسب استخدام هذه الطرائق في برنامج التعويض عن المرض المهني لعمال الطاقة الصفة الرسمية في لائحة نُشِرت في السجل الفدرالي للولايات المتحدة (DHHS, 2002a).

تعتمد الجداول الوبائية الإشعاعية المُنَقَّحة (Land et al., 2003) على بيانات وبائية أحدث [بشكل أولي، حدوث خطر السرطان المُحْدَث بالجرعة لدى الناجين من القنبلة الذرية خلال عام 1987 بتقديرات الجرعة وفق نظام قياس الجرعات لعام 1986 (DS-86)]. حَدَّث المعهد الوطني للسرطان (NCI) الطرائق المسؤولية عن العوامل التي تُعدِّل سرطنة الإشعاع، بما في ذلك مستوى الجرعة، والتغيرات بحسب نمط السرطان، وتوقيت الجرعة المتعلقة بحدوث السرطان، و(من أجل السرطان التنفسي فقط) تاريخ التدخين. تدمج الطرائق تحليل الرِّيبَة في أسلوب شفاف مكثف حسابياً، بما في ذلك عوامل كالتحيز في الطريقة من أجل تحديد الجرعة للناجين من القنبلة الذرية، والطريقة التي سيتم بواسطتها انتقال خطر الإشعاع من اليابانيين الناجين من القنبلة الذرية إلى سكان الولايات المتحدة، وعامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF)، وعوامل فعالية الإشعاع (مشابهة لعوامل تثقيل الإشعاع) من أجل الأنماط المختلفة للتعرض للإشعاع (Kocher et al., 2005). يُطَبَّق كل عامل من تلك العوامل على مُعامِلات خطر الإشعاع باستخدام توزع الرِّيبَة المُفَضَّل، الذي يسمح للمجال الكامل للمعرفة العلمية بشأن العامل الذي يتعين أن يؤخذ بعين الاعتبار. إن الأسلوب المُحَدَّث للمعهد الوطني للسرطان (NCI)، يستبدل أيضاً جداول البحث ببرنامج حاسوبي، البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP)، الذي يدمج هذه المصادر للرِّيبَة في تقدير الحِصَّة المُخَصَّصَة مع توزع الرِّيبَة الخاص بها (Land et al., 2003). إن إصداراً مُواءَماً قليلاً من هذا البرنامج الحاسوبي للمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH-IREP) أُعتمِد للاستخدام من قِبَل قسم العمل في الولايات المتحدة في تقدير احتمال التسبيب من أجل المُطالِبين في برنامج العاملين في الميدان النووي في الولايات المتحدة. تشمل المُواءَمات إضافة حساب الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) من أجل الورم الميلانيني الخبيث وسرطان ثدي الذكور، واستخدام افتراضات تآثر مختلفة من أجل سرطان الرئة وتاريخ التدخين (من أجل التعرضات لغير الرادون). إن أحد ملامح برنامج التعويض عن المرض المهني لعمال الطاقة هو أن النماذج في البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي للمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH-IREP) يمكن تعديلها لتعكس المعلومات العلمية الجديدة، كدمج تقديرات الخطر من الدراسات الوبائية للعاملين في الميدان النووي؛ يمكن الوصول إلى هذا البرنامج في الموقع التالي: http://www.niosh-irep.com/irep_niosh.

يحدد القانون المذكور أعلاه (EEOICPA) الطرق التي وُضِعت لإعادة إنشاء الجرعات في مكان العمل لقسم الطاقة (DOE) من أجل المُطالِبين المستحقين[4]. تُناقَش أدناه بالتفصيل تلك الطرائق المتعلقة بإعادة إنشاء الجرعة. مع ذلك، ثمة مكون هام وفريد للطرائق هو دمجها في البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP). يحتوي هذا البرنامج على 12 نمطاً من جرعة الإشعاع المشاهدة في مكان عمل قسم الطاقة (DOE)، وتشمل الرادون، وإلكترونات مجالي الطاقة، وفوتونات ثلاثة مجالات طاقة، ونترونات خمسة مجالات طاقة، وإشعاع ألفا (NIOSH, 2002, P. 43). تصف طرائق إعادة إنشاء الجرعة تقدير الجرعة من أجل العضو الذي حدث فيه السرطان، وتشمل أيضاً افتراضات عديدة بشأن معدل التلقي (حاد أو مزمن) لجرعة خارجية في وحدة قراءة البطاقة الفِلْمية، التي تصب في مصلحة المُطالِب. يستخدم هذا البرنامج (NIOSH-IREP) كل نمط من الجرعة، بالإضافة إلى توزع الرِّيبَة الخاص بها، وتوزع عامل جودة الإشعاع المرتبط، وفي بعض الحالات التوزع الفريد لعامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF)، لإنتاج تقديرات الخطر التي تدمج الرِّيبَة من المكونات ذات الصلة لجرعة الإشعاع، بما في ذلك المستوى، والفعالية بحسب نمط التعرض في السرطان المُحْدَث، وآثار الجرعة–المعدل.

يحدد القانون المذكور أعلاه (EEOICPA) أيضاً قابلية التعويض لمُطالَبة «معتمدة على جرعة الإشعاع التي يتلقاها العامل وفاصلة الثقة الأعلى البالغة 99 بالمئة لاحتمال التسبيب في الجداول الوبائية الإشعاعية»[5]. لذلك، يُقَدَّر في برنامج التعويض لعمال قسم الطاقة في الولايات المتحدة (DOE) توزع الرِّيبَة لحساب احتمال التسبيب، الذي يمكن أن يشمل الرِّيبَة من الجرعة التي يتلقاها المُطالِب. يُظْهِر الشكل أ.1 مثالاً افتراضياً لمثل هذا التوزع، لرجل شُخِّص لديه الابيضاض بعمر 50 سنة وتعرض لِـ 110 ميلي سيفرت من إشعاع فوتون عالي الطاقة بعمر 40 سنة.

الشكل أ.1 توزع الرِّيبَة في تقدير احتمال التسبيب (PC) لعامل ذكر مصاب بالابيضاض المُشَخَّص بعمر 50 سنة حيث تعرض بعمر 40 سنة لِـ 110 ميلي سيفرت من فوتون عالي الطاقة، محسوباً باستخدام البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي للمعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH-IREP)



[4] Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act of 2000, as amended, 42 USC §7384n.(d)(1).

[5] Energy Employees Occupational Illness Compensation Program Act of 2000, as amended, 42 USC §7384n.(c)(3)(A).

أ.4.2 بيانات المَدْخَل

يُطلَب من المُطالِبين تقديم بَيِّنَة طبية بأنه شُخِّص لهم سرطان مشمول. تُراجَع السرطانات ذات البينة الموثقة المقبولة ويتم التحقق من تاريخ التشخيص. لكي تكون متوائمة مع تحليل احتمال التسبيب، يُراجَع الملف الطبي وتُمنَح كافة السرطانات الأولية رمزاً وفق التصنيف الدولي الثامن للأمراض (المترجم: حالياً العاشر) (DHHS, 1991). ثمة أحكام لتحديد السرطانات الأولية المرجحة في حال أن المعلومات متاحة من أجل سرطان ثانوي فقط. يتم التحقق أيضاً باستخدام طرائق عديدة من تاريخ (تواريخ) بدء العمل وانتهائه الذي يوفره المُطالِب.

يقتضي القانون المذكور أعلاه (EEOICPA) إعادة إنشاء جرعات الإشعاع من أجل كافة العمال الذين كانت مراقبتهم غير كافية. من أجل المُطالَبات التي ليست جزءاً من أتْراب (مجموعة) التعرض الخاص (SEC)، فإن الجرعة التي تلقاها العضو/النسيج الذي حدث فيه السرطان يعاد إنشاؤها وفق الطرائق المحددة في قاعدة إعادة إنشاء الجرعات التي نُشِرت في السجل الفدرالي للولايات المتحدة (DHHS, 2002b). بغية تقديم مَدْخَل ملائم لحساب احتمال التسبيب، فإن الجرعتين السنويتين الداخلية والخارجية للعضو أو النسيج الذي حدث فيه السرطان يعاد إنشاؤهما من تاريخ العمل الأول للعامل المشمول إلى تاريخ التشخيص. إذا ما توفرت بيانات المراقبة الفردية للعامل فإنها تُستخدَم كنقطة بدء من أجل إعادة إنشاء الجرعة. تُقَيَّم كافة البيانات من أجل الجودة وتُستخدَم في إعادة إنشاء الجرعات فقط إذا وجد أنها تعكس بدقة ظروف التعرض من بيئة العامل. إذا لم تتوفر بيانات المراقبة الفردية، فإن إعادة إنشاء الجرعة يُجْرى باستخدام بيانات مكان العمل و/أو المصدر-الأجل. إذا ما توفرت بيانات غير كافية، فإن إعادة إنشاء الجرعة غير ممكن. في تلك الحالات يلجأ المُطالِب إلى تقديم التماس (عريضة) يطلب فيها اعتباره/ها في فئة العمال ليُضاف إلى مجموعة التعرض الخاص (SES).

لتسريع المُطالَبات أُعتمِدت عملية فعالة حيثما تقدر جرعة عامل الطاقة حسب الضرورة فقط بحيث يمكن إجراء تحديد غير ملتبس لقابلية التعويض. في أي نقطة أثناء عملية إعادة إنشاء الجرعة قد يُحدَّد أن عملية إعادة إنشاء الجرعة تامة في حال أن:

(1) الجرعة المقدرة ستؤهل عامل الطاقة من أجل التعويض، أو

(2) الجرعة مُحدَّدة من افتراضات أسوا حالة وفشل عامل الطاقة بالتأهل من أجل التعويض.

من أجل المُطالَبات المُعالَجة بموجب أحد الظروف الموصوفة أعلاه، فإنه غالباً من غير الضروري تضمين الرِّيبَة في تقديرات الجرعة. من أجل المُطالَبات حيث يلزم مزيد من إعادة إنشاء الجرعة التام، فإن الرِّيبَة لكل جرعة تُقَدَّر ويتم تضمينها كجزء من الملف المَدْخَل من أجل حساب احتمال التسبيب.

إن مقابلة المُطالِب هي جزء هام من عملية إعادة إنشاء الجرعة. كجزء من قاعدة إعادة إنشاء الجرعة تتم مقابلة كافة المُطالِبين باستخدام نص مكتوب معياري يحاول بقدر الإمكان التقاط سمات بيئة تعرض العامل. إذا ما كان عامل الطاقة متوفٍ، تُجرى المقابلات مع أعضاء العائلة الأحياء الذين قدموا ملفاً بالمُطالَبة بموجب البرنامج.

لحساب احتياجات برنامج التعويض، تُطبَّق التصحيحات لتحويل جرعة عامل الطاقة التي سُجِّلت لغايات المراقبة التنظيمية إلى الجرعة الفعلية التي تلقاها العضو. على سبيل المثال، تُحَوَّل الجرعة الخارجية من التعرض للفوتونات من مكافئ الجرعة الشخصية عند 10ملم عمق((Hp(10) إلى الجرعة إلى موقع السرطان. من أجل التعرضات الداخلية، تحسب الجرعات التي يتلقاها كل نسيج في كل سنة من التعرض، بدلاً من جرعة 50 سنة التي تصفها اللوائح. من أجل المُطالِبين مع سجلات مراقبة غير تامة أو غير كافية، تُقَيَّم أيضاً الجرعة التي من الممكن تلقيها لكن لم تُكْتَشَف. يتضمن ذلك تقييم بيانات قياس الجرعة الخارجية التي روقبت بسبب ممارسات التسجيل التي حذفت بيانات القياس

أدنى من مستويات التحكم الإداري أو الإبلاغ. تُقَيَّم أيضاً التعرضات الداخلية لتحديد الجرعة الدنيا القابلة للكشف التي من الممكن تلقيها لكن لا تُكْشَف من قِبَل برنامج مراقبة المُقايَسَة البيولوجية للمَرافِق.

تُقَيَّم أيضاً أنماط أخرى عديدة من التعرض غير مُتضمَّنة نموذجياً في برامج المراقبة التنظيمية. يشمل ذلك الجرعة التي تم تلقيها أثناء الفحوصات التشخيصية بالأشعة السينية التي طُلِبت كشرط للعمل والجرعة التي تم تلقيها من مصادر بيئية للتعرضين الداخلي والخارجي التي من الممكن أنها لم تُراقَب من قِبَل برامج مراقبة المَرافِق.

أ.5.2 معايير قابلية التعويض

إن أي مُطالِب تم تحديد السرطان لديه لإجراء احتمال التسبيب أكبر من أو يساوي 50 بالمئة في مستوى ثقة غير موضوعي مقداره 99 بالمئة فإن السرطان لديه يُعْتَبر أنه حدث أثناء تأدية العمل في مرفق قسم الطاقة (DOE) أو مرفق متعاقد مع قسم الطاقة (DOE). كما نوقش سابقاً، أعضاء أتْراب (مجموعة) التعرض الخاص (SEC) مع سرطانات موصوفة مؤكدة يفترض أن ذلك السرطان حدث أثناء أداء العمل. رغم أن هذه المُطالَبات مع احتمال تسبيب أقل من 50 بالمئة لا تُمنَح تعويضاً، فإن المُطالَبة يمكن أن تخضع لإعادة النظر في أي وقت يوجد فيه تبدل في الحالة الذي قد يؤثر على تحديد قابلية التعويض. يشمل ذلك حدوث سرطانات أولية إضافية أو اكتشاف معلومات جديدة قد تغير نتائج إعادة إنشاء الجرعة.

أ.6.2 طبيعة التعويض

يفرض القانون المذكور أعلاه (EEOICPA) تعويضاً بدفعة واحدة مقداره 150,000 دولار أمريكي لتلك المُطالَبات حيث أُعْتُبِر السرطان على الأقل من الأرجح أنه غير ناجم عن التعرض في مرفق مشمول. بالإضافة إلى تعويض الدفعة الواحدة، تُرَدّ المصروفات الطبية من أجل معالجة السرطان من تاريخ التطبيق على برنامج التعويض.

أ.7.2 خلاصة للملامح الهامة

- **السخاء.** إن الاستخدام الواجب تشريعياً لفاصلة ثقة الأعلى غير الموضوعية التي مقدارها 99 بالمئة لتقدير احتمال التسبيب يُقلِّل فرصة رفض المُطالَبة الجديرة بالاستحقاق. إن استخدام فاصلة الثقة الأعلى هذه التي مقدارها 99 % يعني بالضرورة أن مُطالَبات غير جديرة بالاستحقاق تُمْنَح في حالات كثيرة. عادة ما يُحَدَّد القرار بالتعويض في مثل هذا المستوى بعوامل اجتماعية، بما في ذلك ممارسات التعويض ضمن البلد وعدد الحالات القابلة للتعويض بصورة محتملة. لقد أُشير من قبل اختصاصيي الوبائيات (Greenland, 2000) إلى أن استخدام معيار وحيد للقرار، كمستوى احتمال التسبيب الذي مقداره 50 بالمئة)، قد يؤدي إلى عدم الدفع لبعض المُطالَبات الجديرة بالاستحقاق. مع ذلك، إن هذا التقييد يُقَلَّل إلى أدنى حد ممكن، عبر استخدام النهاية الأعلى لتوزع الرِّيبَة.
- **دمج الرِّيبَة.** إن الدمج الصريح لتوزعات الرِّيبَة بدلاً من الانتشار البسيط للعدد المتزايد للافتراضات المعتدلة يسمح باستخدام المعرفة العلمية إلى أقصى مدى ممكن. إن طرائق إعادة إنشاء الجرعة مُصمَّمة أيضاً لدمج المجال الكامل للرِّيبَة العلمية، وهي كاملة نسبياً بما يتعلق بأنماط الإشعاع المشاهدة في القوة العاملة لقسم الطاقة في الولايات المتحدة (US DOE).
- **الجوانب التقنية.** من وجهة نظر تقنية، يتطلب استخدام البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP) بشكله الحالي معرفة معدلات حدوث السرطان النوعية للبلد، التي قد لا تكون متاحة في حال أن بيانات سجل السرطان محدودة. إن استخدام طرائق مفصلة للغاية لإعادة إنشاء الجرعة قد لا يكون مجدياً تقنياً أو لا يحقق علاقة التكلفة-الفعالية

في بعض البرامج. إن طرائق إعادة إنشاء الجرعة، رغم أنها قد تكون مُصَمَّمة وفقاً للمطلوب ضمن برنامج لدمج الفعاليات كاستخدام تقنيات الفرز (التحري)، فإنها تستهلك الزمن حيث يعتبر ذلك تقييداً محظوراً في بعض المواقع.

أ.8.2 برامج أخرى في الولايات المتحدة

يدير قسم شؤون المحاربين القدماء في الولايات المتحدة برنامجاً للتعويض يشمل حوالي 400,000 عضو خدمة الذين شاركوا في احتلال هيروشيما وناغازاكي بعد الحرب العالمية الثانية، أو كانوا أسرى حرب هناك، أو الذين شاركوا في الاختبارات النووية الجوية بين عام 1945 وعام 1962 في الولايات المتحدة وأماكن أخرى. كبرنامج العمال في قسم الطاقة (US DOE)، لبرنامج المحاربين القدماء مكون افتراضي يشمل 21 نمطاً من السرطان، ومكون غير افتراضي يشمل أي مرض آخر إشعاعي المنشأ بصورة محتملة (كافة السرطانات والسَّاد والداء العقيدي الدرقي وأورام الجهاز العصبي المركزي) عانى منها أي محارب قديم تعرض للإشعاع خلال الخدمة العسكرية. إن منح المُطالَبات من أجل تلك الأمراض الافتراضية يعتمد على عوامل أخرى تشمل جرعة الإشعاع حدة التعرض وتوقيت الجرعة. تم التشاور مع البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP) ومصادر أخرى كما يلزم لتقديم معلومات بشأن احتمال التسبيب من أجل مُطالَبة غير افتراضية. تشمل طبيعة التعويض خدمات معية في مجال الرعاية الصحية ويمكن أن تشمل إعانات أخرى كتعويض العجز ودفع عائدات للأحياء. منذ تأسيس برنامج قانون التعويض عن الأمراض المهنية لعمال الطاقة (EEOICPA)، فإن العاملين العسكريين المصابين بسرطانات افتراضية الذين عملوا في أحد منشآت الانتشار الغازي في أمشيتكا (Amchitka) بالولايات المتحدة مشمولون ببرنامج التعويض لشؤون المحاربين القدماء، كما هم الموظفون العسكريون المصابون ببعض الأمراض الذين تعرضوا للإشعاع كجزء من واجباتهم الرسمية. ثمة مزيد من المعلومات بشأن هذا البرنامج في الموقع التالي: http://www.va.gov/irad.

يدير قسم العدالة في الولايات المتحدة برنامجاً مفوضاً به تشريعياً من أجل عمال مناجم اليورانيوم وطحنه ونقل خاماته والمشاركين غير العسكريين في اختبار الأسلحة الذرية في الولايات المتحدة كجزء من قانون التعويض عن التعرض للإشعاع (RECA) لعام 1990، وكما عُدِّل في عام 2000 (42 USC §2210 note (1994) and PL 106-245)، وكما أُكْمِل عبر قانون التعويض عن الأمراض المهنية لعمال الطاقة (EEOICPA) لعام2000. إن معايير الجدارة لعمال مناجم اليورانيوم تشمل الذين عملوا في منجم لليورانيوم في إحدى الولايات من الولايات الإحدى عشرة بين عام 1942 وعام 1971 وحدث لديهم سرطان رئة أولي أو بعض الأمراض التنفسية غير الخبيثة. إن معيار التعويض هو التعرض للإشعاع المُؤَيِّن على الأقل لِـ 40 سوية العمل في الشهر (WLM) (أي عملوا سنة واحدة على الأقل) في منجم لليورانيوم. تتألف منحة التعويض من دفعة واحدة «دفعة الاستعطاف» مقدارها 150,000 دولار أمريكي. إن العمال الآخرين المصابين بسرطان الرئة الأولي أو بعض الأمراض التنفسية غير الخبيثة أو سرطان كلية أو مرض كلوي مزمن غير خبيث يحصلون على نفس منحة التعويض بشرط أنهم عملوا لفترة سنة على الأقل في منشأة لطحن اليورانيوم أو كعمال لنقل خامات اليورانيوم في إحدى الولايات الإحدى عشرة بين عام 1942 وعام 1971. بالنسبة للمشاركين غير العسكريين في اختبارات الأسلحة الذرية التي أجرتها الولايات المتحدة، فإن معايير الجدارة وقابلية التعويض تشمل التواجد «في الموقع» (على الأرض أو فوق مستواها) خلال فترة الاختبار الجوي، وشاركوا في تفجير وسيلة نووية، وعانوا من أحد الأنماط النوعية العديدة من السرطان، تبلغ منحة التعويض 75,000 دولار أمريكي. مزيد من المعلومات بشأن برنامج قانون التعويض عن التعرض للإشعاع (RECA) متاح على الموقع التالي:

http://www.usdoj.gov/civil/torts/const/reca/index.htm

أ.3 برنامج التعويض للناجين من القنبلة الذرية في اليابان

أ.1.3 المجموعة السكانية

في الوقت الحاضر، ثمة حوالي 300,000 ناجٍ من القنبلة الذرية في اليابان، وأُعتمِد رسمياً 259,556 ناجٍ لغاية 31 آذار/مارس 2006. يُقصَد بالناجين من القنبلة الذرية المعتمدين رسمياً أولئك الحائزين على «شهادة ناجٍ من القنبلة الذرية» الصادرة عن الحكومات المحلية. فيما يلي شروط الحصول على إحدى تلك الشهادات:

الفئة 1 أولئك الذين كانوا متواجدين في مدن هيروشيما أو ناغازاكي أو معينين في المناطق المتاخمة في الوقت الذي انفجرت فيه القنابل الذرية.

الفئة 2 أولئك الذين دخلوا المناطق المعينة ضمن أسبوعين من انفجار القنابل الذرية، أي قبل 20 آب/أغسطس في هيروشيما و23 آب/أغسطس في ناغازاكي.

الفئة 3 أولئك الذين كانوا في مواقع أخرى التي من الممكن أنه حدث فيها تعرض للإشعاع بسبب انفجار القنابل الذرية.

الفئة 4 أولئك الذين كانوا أجنة في أمهات حوامل ينطبق عليهن أي مما ذكر أعلاه.

أ.2.3 الجدارة

رغم أن ثمة علاوات مختلفة وُضِعت للناجين من القنبلة الذرية في اليابان، فإن هذا القسم يصف بشكل رئيس المسائل المتعلقة بعلاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA)، لأن أسلوب احتمال التسبيب يُستخدَم لإقرار العلاوة.

إن الناجين المخولين فقط (أنظر أعلاه) هم المستحقون لعلاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA)، كما حُدِّدت على أساس قائمة الأمراض لدى الناجين من القنبلة الذرية التي وضعتها لجنة الرعاية الصحية للناجين من القنبلة الذرية بإشراف وزارة الصحة والعمل والرعاية (MHLW) في اليابان. إذا ما أُعتبِر المرض ناجماً بصورة ممكنة عن التعرض للإشعاع للقنبلة الذرية، فإنه يمكن للناجي أن يكون مخولاً للحصول على علاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA). حُدِّدت المتطلبات من أجل علاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA) في وزارة الصحة والعمل والرعاية (MHLW) كما يلي:

(1) مرض أو إصابة يُطالَب بها على أنها ناجمة عن إشعاع القنبلة الذرية أو النشاط الإشعاعي المتبقي للقنبلة الذرية.

(2) لدى الناجي حالة تتطلب علاجاً طبياً.

(3) رغم عدم انطباق البند (1) أو (2)، فإن إمكانية شفاء المرض أو الإصابة يبدو أن تكون موضع جدل وتأخرت المعالجة بسبب إشعاع القنبلة الذرية.

يُستخدَم أسلوب احتمال التسبيب (PC) كمعيار لاتخاذ القرار من أجل حالات البند (1).

أ.3.3 معايير وطرائق التقييم

لوضع معايير، أُعِدَّت قيم احتمال التسبيب (PC) من أجل السرطانات (كافة السرطانات الصلبة والابيضاض) للناجين من القنبلة الذرية. لهذا الغرض أُستخدِم مرجعان وبائيان بشأن الناجين من القنبلة الذرية صادران عن مؤسسة بحوث آثار الإشعاع (RERF)؛ الأول هو دراسة الوفيات (فترة الحياة) من عام 1950 إلى عام 1990 من قِبَل Pierce et al. (1996) وأُستخدِم لحساب احتمال التسبيب للابيضاض والسرطانات الصلبة عدا سرطانات ثدي النساء والدرقية، والثاني هو دراسة وقوع السرطان من عام 1958 إلى عام 1987 ونُشِرت من (Thompson et al. 1994)

وأُستخدِمت من أجل سرطان ثدي النساء وسرطان الدرقية.

فيما يتعلق بالابيضاض وسرطانات المعدة والقولون والرئة والثدي (النساء) والدرقية، فقد كانت علاقة الجرعة–الاستجابة ذات اعتداد إحصائي لكل سرطان. حُسِبت لكل مرض قيم احتمال التسبيب. من ناحية أخرى، فيما يتعلق بسرطانات الكبد والجلد (باستثناء الورم الميلانيني الخبيث) والمبيض والمسلك البولي (باستثناء المثانة) والمريء، فقد أُقترِح أثر إشعاع القنبلة الذرية؛ مع ذلك، فإن فاصلة الثقة لعلاقة الجرعة-الاستجابة كانت كبيرةً ولم يكن ثمة اعتداد إحصائي محدد. لذلك، من أجل هذه السرطانات، جُمِعت البيانات الوبائية وقُدِّر احتمال التسبيب (PC) ضمن مجموعات.

أ.4.3 بيانات المَدْخَل

يُحسَب احتمال التسبيب (PC) وفقاً للتعبير التالي:

$$PC(\%) = (A.\text{dose} \bullet \exp(B(\text{ATB} - 30))) \,/\, (1 + A.\text{dose}/100.\exp(B(\text{ATB} - 30)))$$

حُدِّد الثابتان A وB وفقاً للدراسة الوبائية للناجين من القنبلة الذرية، وتباينا وفقاً لموقع السرطان والجنس. لذلك إن بيانات المَدْخَل [(المتثابتات (البارامترات)] اللازمة لحساب احتمال التسبيب (PC) هي:

- الجرعة: جرعة الإشعاع للناجين من القنبلة الذرية. يمكن تقدير الجرعة باستخدام نظام قياس الجرعة لعام 1986 (DS 86) الذي هو طريقة لقياس الجرعة وموضوع للدراسة الوبائية للناجين من القنبلة الذرية. بالإضافة إلى ذلك، ضُمِّنت أيضاً الجرعة والنشاط الإشعاعي المُحْدَث والسَّقْط المُشِع.
- العمر عندما انفجرت القنبلة: عموماً، العمر الأقل هو القيمة الأعلى لاحتمال التسبيب (PC).
- موقع السرطان: كما وُصِف أعلاه، يُحسَب احتمال التسبيب (PC) على نحو منفصل من أجل الابيضاض، وسرطانات المعدة والقولون والدرقية والثدي والرئة. حُدد الثابتان A وB كلاً على حدة. من ناحية أخرى؛ من أجل حساب احتمال التسبيب (PC) لسرطانات الكبد والجلد والمبيض والمسلك البولي والمريء فقد وُضِعت المواقع ضمن مجموعات و وُحِّد الثابتان A وB.
- الجنس: يُحسَب احتمال التسبيب (PC) للذكور والإناث على نحو منفصل. لذلك حدد الثابتان A وB على نحو مستقل.

يتضمن الجدول أ.2 مثالاً للقيم احتمال التسبيب (PC) لسرطان القولون لدى ذكر. يتضح من الجدول أن قيم احتمال التسبيب تتباين وفقاً للعمر عندما انفجرت القنبلة (ATB) والجرعة. يتضمن الجدول أ.3 قيم احتمال التسبيب (PC) لسرطانات مختلفة [الجرعة 50 سنتي غراي، والعمر عندما انفجرت القنبلة 12 سنة]؛ يتضح من الجدول أن قيم احتمال التسبيب (PC) تتباين وفقاً لموقع السرطان والجنس.

الجدول أ.2 سرطان القولون لدى ذكر: مثال لاحتمال التسبيب (PC) (%)

العمر عندما انفجرت القنبلة	الجرعة (سنتي غراي)											
(سنة)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	50	100
0	8.5	15.6	21.7	21.7	31.6	31.6	39.3	42.5	45.4	48.0	60.7	75.5
1	7.8	14.4	20.2	20.2	29.7	33.6	37.1	40.3	43.2	45.8	58.4	73.8
2	7.2	13.3	18.8	23.6	27.8	31.6	35.0	38.1	40.9	43.5	43.5	72.0
3	6.6	12.3	17.4	21.9	26.0	29.7	33.0	36.0	38.7	41.3	53.9	70.1
4	6.0	11.4	16.1	20.4	24.3	27.8	31.0	33.9	36.6	39.1	51.7	68.1
5	5.5	10.5	14.9	19.0	22.6	26.0	29.1	31.9	34.5	36.9	49.4	66.1
6	5.1	9.7	13.8	17.6	21.1	24.3	27.2	29.9	32.5	34.8	47.1	64.0
7	4.6	4.6	12.8	16.3	16.3	22.6	25.4	28.1	30.5	32.8	44.8	61.9
8	4.3	8.2	11.8	15.1	18.2	21.1	23.7	26.3	28.6	30.8	42.6	59.7
9	3.9	7.5	10.9	14.0	16.9	19.6	22.1	24.5	26.8	28.9	40.4	57.5
10	3.6	6.9	10.0	12.9	15.6	18.2	20.6	22.9	25.0	27.0	38.2	55.3
11	3.3	6.3	9.2	11.9	14.5	16.9	19.1	21.3	23.3	25.3	36.0	53.0
12	3.0	5.8	8.5	11.0	11.0	15.6	17.8	19.8	21.7	23.6	34.0	50.7
13	2.7	5.3	7.8	10.1	12.3	14.5	16.5	18.4	20.2	22.0	31.9	48.4
14	2.5	4.9	7.2	9.3	11.4	13.4	15.2	17.1	18.8	20.4	30.0	46.1
15	2.3	4.5	6.6	8.6	10.5	12.3	14.1	15.8	17.4	19.0	28.1	43.9
16	2.1	4.1	6.0	7.9	9.7	11.4	13.0	14.6	16.2	17.6	26.3	41.6
17	1.9	3.8	5.5	7.2	8.9	10.5	12.0	13.5	15.0	16.3	24.6	39.4
18	1.8	3.4	5.1	6.7	8.2	9.7	11.1	12.5	13.8	15.1	22.9	37.3
19	1.6	3.2	4.7	6.1	7.5	8.9	10.2	11.5	12.8	14.0	21.3	35.2
20	1.5	2.9	4.3	5.6	6.9	8.2	9.4	10.6	11.8	12.9	19.8	33.1
21	1.3	2.6	3.9	5.1	6.3	7.5	8.7	9.8	10.9	11.9	18.4	31.1
22	1.2	2.4	3.6	4.7	5.8	6.9	8.0	9.0	10.0	11.0	17.1	29.2
23	1.1	2.2	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.2	10.1	15.8	27.3
24	1.0	2.0	3.0	4.0	4.9	5.8	6.7	7.6	8.5	9.3	14.6	25.6
25	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.3	6.2	7.0	7.8	8.6	13.5	23.9
26	0.9	1.7	2.5	3.3	4.1	4.9	5.7	6.4	7.2	7.9	12.5	22.2
27	0.8	1.5	2.3	3.0	3.8	4.5	5.2	5.9	6.6	7.3	11.5	20.7
28	0.7	1.4	2.1	2.8	3.4	4.1	4.8	5.4	6.0	6.7	10.6	19.2
29	0.6	1.3	1.9	2.5	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.1	9.8	17.9
30	0.6	1.2	1.8	1.8	2.9	3.4	4.0	4.5	5.1	5.6	9.0	16.5

الجدول أ.3 قيم احتمال التسبيب (PC) لسرطانات مختلفة (الجرعة 50 سنتي غراي، العمر عندما انفجرت القنبلة 12 سنة)

السرطان	الابيضاض		المعدة		القولون		الدرقية		الثدي		الرئة		الكبد، الجلد، المبيض، المسلك البولي، المريء		أخرى	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂ و	♀	♂	♀	♂	♀	♂ و	♀
PC (%)	65.7	83.8	3.6	38.0	34.0	58.2	72.8	69.0	55.1		13.9	32.1	22.7	25.9	3.6	

أ.5.3 قابلية التعويض

يُدْعَم بالوسائل التالية الناجي من القنبلة الذرية المعتمدة رسمياً وبحوزته «شهادة ناجٍ من القنبلة الذرية»:

(1) فحص صحي سنوي من أجل الفحوصات العامة وفحوصات السرطان والفحوصات الطبية النوعية الأخرى.

(2) الإمداد الطبي: يُزَوَّد بالمعالجة الطبية الضرورية في المنزل أو المستشفى بدون أي نفقات ضمن النظام الوطني للتأمين الصحي.

(3) إذا ما شُخِّص مرض معين للناجي من القنبلة الذرية الذي بحوزته شهادة ناجٍ، فإنه/إنها سيمنح علاوة إدارة الصحة (HMA) التي مقدارها 33,900 يناً (حوالي 300 دولار أمريكي)/شهر (في عام 2006؛ تُعَدَّل سنوياً).

فضلاً عن ذلك، إذا ما كان الناجي من مستحقي علاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA)، فإنه/إنها سيمنح 137,840 يناً (حوالي 1,260 دولاراً أمريكياً)/شهر. وبالتالي، إن الناجين من القنبلة الذرية المستحقين لعلاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA) مدعومون على نحو كافٍ؛ حتى الناجين من القنبلة الذرية غير المستحقين لتلك العلاوة فإنهم مدعومون جيداً. لذلك، يُعتَقد أن الناجين من القنبلة الذرية يعوَّضون بدقة.

أ.6.3 أسلوب للريبة

إن قيم احتمال التسبيب (PC) المستخدمة في نظامنا اعتمدت على الدراسة الوبائية للناجين من القنبلة الذرية في مؤسسة بحوث آثار الإشعاع (RERF). يُعتقَد أن الرِّيبات في نظامنا مشتقة من البيانات الوبائية.

الرِّيبَة هي أن الخطر المعزو لمجموعة سكانية يُستخدَم كاحتمال التسبيب (PC) من أجل الأفراد. مع ذلك في حالتنا، إن خطر المجموعة السكانية الناجية من القنبلة الذرية يُطبَّق من أجل ناجٍ من القنبلة الذرية. وفقاً لذلك، إن مثل تلك الرِّيبَة لا يبدو أن تكون جزءاً كبيراً من مشكلة.

رِيبَة أخرى تتعلق بحقيقة أن ثمة بعض السرطانات، مثلاً سرطان البروستات (الموثة)، التي من أجلها قيم احتمال التسبيب (PC) الملائمة من الممكن أن لا تُحْسَب لأنها لا تبدي اعتداداً إحصائياً في علاقات الجرعة–الاستجابة في الدراسة الوبائية لمؤسسة بحوث آثار الإشعاع (RERF). مع ذلك، حتى في حال عدم وجود اعتداد إحصائي، وفقاً للفهم الإشعاعي العام، فإنه لا يمكن نكران أن أي سرطان يمكن أن يحدث كنتيجة للآثار العشوائية. لذلك، في الواقع، إن احتمال التسبيب الأدنى، كما هو لسرطان المعدة لدى الذكور، يُستبدَل من أجل مثل تلك السرطانات (أُنظر الجدول أ.3، عمود «أخرى»).

أ.7.3 طبيعة التعويض قيم التسديد

في لجنة الرعاية الصحية للناجين من القنبلة الذرية، يوصف القرار بما يتعلق باحتمال التسبيب (PC) كما يلي: إذا تجاوز احتمال التسبيب (PC) 50 بالمئة، يقدر أن حالة المرض المُطَبَّق معزوة إلى إشعاع القنبلة الذرية مع بعض الرجحان وإذا ما قَلّ احتمال التسبيب (PC) عن 10 بالمئة، يقدر أنه من غير المرجح أن السرطان نجم عن إشعاع القنبلة الذرية. إذا ما تجاوز احتمال التسبيب (PC) 10 بالمئة وقَلَّ عن 50 بالمئة، فإن القرار يُتخَذ على نحو مستقل (على أساس كل حالة على حدة في الوضع الفعلي). مع ذلك، إذا ما تجاوز احتمال التسبيب (PC) 10 بالمئة، فإن معظم الحالات تُعتمَد وتستحق علاوة الرعاية الطبية الخاصة (SMCA). علاوة على ذلك، لا يوجد حالياً في اليابان إجراء لتعديل العلاوة على قدر قيمة احتمال التسبيب (PC).

إذاً، ثمة حد لاحتمال التسبيب (PC) يفصل الحالات التي تُعَوَّض والحالات الأخرى في النظام الياباني. لبعض الناجين شكاوي بشأن القرار، رغم أنه يبدو أن معظم الناجين حصلوا على التعويض.

أ.4 نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في الاتحاد الروسي

أ.1.4 المجموعة السكانية

إن نظام التعويض عن الأمراض المرتبطة بالإشعاع في الاتحاد الروسي هو جزء من النظام الوطني للتعويض عن الأمراض المهنية. لقد بُدِء في عام 1996 بالأساس التشريعي العصري من أجل التعويض عن الأمراض المهنية في الاتحاد الروسي، وهو محمي عبر عدد من القوانين الفدرالية للاتحاد الروسي:

(1) مدونة العمل للاتحاد الروسي[6]؛

(2) الجزء II من المدونة المدنية للاتحاد الروسي[7]؛

(3) «أسس سلامة العمل في الاتحاد الروسي»[8]؛

(4) « أسس التأمين الاجتماعي الإلزامي»[9]؛

(5) «التأمين الاجتماعي الإلزامي من أجل حوادث العمل والأمراض المهنية»[10].

في حال الأمراض المهنية المرتبطة بصورة محتملة بالتشعيع، فإن التعويض يمكن أن يطبق على فئتين من العمال.

أ: العمال المُعَرَّضون في ظروف خاصة

تشمل هذه الفئة مجموعات مختارة من العمال (بما في ذلك الجنود والشرطة وآخرون) المُعَرَّضين في ظروف خاصة (ESC) خلال أحداث إشعاعية واسعة النطاق أثناء تأدية واجباتهم. تُعَرَّف «الأحداث الإشعاعية واسعة النطاق» على أنها:

- الحوادث والأفعال الإصلاحية الإشعاعية المرتبطة بـِ:
  - الحادث في منشأة الطاقة النووية تشيرنوبل (NPP) في عام 1986؛
  - الحادث في تجمع الإنتاج «مايك» (Mayak) في عام 1957 (حادث كيشتيم Kyshtym)؛
  - الحوادث الإشعاعية للغواصات النووية والسفن النووية والأسلحة النووية.
- التعرض للإشعاع الناجم عن التخلص من النوكليد المشع في أعماق حوض نهر تيكا Techa (ممارسة سابقة لتجمع الإنتاج «مايك» (Mayak) وخلال الأفعال الإصلاحية ذات الصلة.
- اختبارات الأسلحة النووية والتدريبات العسكرية بالأسلحة النووية.

[6] Labour Code of the Russian Federation, No. 197-FZ, Federal Law of the Russian Federation. 2001.

[7] Part II of the Civil Code of the Russian Federation, No. 14-FZ, Federal Law of the Russian Federation. 1996.

[8] Bases of Labour Safety in the Russian Federation, No. 181-FZ, Federal Law of the Russian Federation. 1999.

[9] Bases of Obligatory Social Insurance in the Russian Federation, No. 165-FZ, Federal Law of the Russian Federation. 1999.

[10] Obligatory Social Insurance for Work Accidents and Occupational Diseases No.125-FZ, with modification of editions of Federal law from 17.07.1999 No. 181-FZ, from 25.10.2001 No. 141-FZ, from 26.11.2002 No. 152-FZ, from 22.04.2003 No. 47-FZ, from 07.07.2003 No. 118-FZ, Federal Law of the Russian Federation. 1998.

ب: عمال الإشعاع

تشمل هذه الفئة العمال الذين تعرضوا أثناء العمليات الاعتيادية للمصادر من صنع الإنسان.

2.4.أ الجدارة

يجب أن يكون طالبو التعويض المتعلق بالمرض المرتبط بالإشعاع المهني:

- عمالاً تعرضوا في ظروف خاصة (ESC)؛ أو
- عمال الإشعاع.

ويعانون من مرض يُحدَّد على أنه مرتبط بالإشعاع أو مرتبط بحدث إشعاعي واسع النطاق.

بغية التأهل من أجل التعويض كعامل مُعَرَّض في ظروف خاصة (ESC)، فإنه يجب تواجد الأفراد لفترة معينة في منطقة مُعَرَّفة على انها منطقة حدث إشعاعي واسع النطاق. تُحدَّد حالة كل مجموعة من العمال الذين تعرضوا في ظروف خاصة (ESC) عبر القوانين الفيدرالية الخاصة:

(1) القانون الفدرالي المتعلق بالحماية الاجتماعية للمواطنين المتأثرين بالإشعاع الناجم عن الحادث في منشأة الطاقة النووية (NPP) تشيرنوبل (قانون تشيرنوبل[11])؛

(2) مرسوم المجلس الأعلى للاتحاد الروسي «بشأن توزع الاجراءات للقانون الفدرالي المتعلق بالحماية الاجتماعية للمواطنين المتأثرين بالإشعاع الناجم عن الحادث في منشأة الطاقة النووية (NPP) تشيرنوبل» بشأن المواطنين من أقسام الخطر الخاص (مرسوم بشأن أقسام الخطر الخاص[12])؛

(3) القانون الفيدرالي المتعلق بالحماية الاجتماعية للمواطنين المتأثرين بالإشعاع الناجم عن الاختبارات النووية في موقع اختبار سيميبالاتينسك Semipalatinsk (قانون سيميبالاتينسك Semipalatinsk[13])؛

(4) القانون الفدرالي المتعلق بالحماية الاجتماعية لمواطني الاتحاد الروسي المتأثرين بالإشعاع الناجم عن الحادث الذي وقع في عام 1957 بشأن تجمع الإنتاج «مایاك» «Mayak» والتخلص من منتجات النفايات المشعة في أعماق نهر تيكا Techa (قانون مایاك (Mayak)[14].

للتأهل من أجل التعويض كعمال إشعاع، فإن الأفراد يجب أن يكونوا عاملين بشكل دائم مع مصادر الإشعاع المُؤَيِّن من صنع الإنسان (لمزيد من التفاصيل انظر Kutkov et al., 2003). تُعَرِّف معايير السلامة الإشعاعية للاتحاد الروسي الصادر في عام 1999[15] المصدر من صنع الإنسان على أنه أي مصدر للإشعاع:

- مُصَنَّع على نحو خاص من أجل تطبيقه المفيد كمصدر للإشعاع المُؤَيِّن؛ أو
- مُصَنَّع على نحو خاص من أجل التطبيق المفيد لخصائصه المتعلقة بالنشاط الإشعاعي؛ أو
- منتوج ثانوي (نفايات مشعة) للممارسات المشمولة في المصادر المذكورة أعلاه.

[11] Social protection of the citizens affected by radiation due to accident at the Chernobyl NPP Law of the Russian Federation No. 1244-1 (with modifications of editions from Federal Laws from 18.06.1992 No. 3061-1, 24.11.1995 No. 179-FZ, 11.12.1996 No. 149-FZ, 16.11.1997 No. 144-FZ, 17.04.1999 No. 79-FZ, 05.07.1999 No. 127-FZ, 07.08.2000 No. 122-FZ, 12.02.2001 No. 5-FZ, 06.08.2001 No. 110-FZ, and 29.12.2001. No. 189-FZ), No. 1244-1, Federal Law of the Russian Federation, 1991.

[12] Decree on distribution of action of the Federal Law of the Russian Federation "About social protection of the citizens affected by radiation due to the accident at the Chernobyl NPP" on citizens from divisions of special risk, 2123-1, Supreme Council of the Russian Federation, 1991.

[13] Social protection of the citizens affected by radiation due to nuclear tests at the Semipalatinsk test site, No. 149-FZ, Federal Law of the Russian Federation, 1995.

[14] Social protection of citizens of the Russian Federation affected by the radiation due to the accident in 1957 on a production association "Mayak" and dumps of radioactive waste products into the Techa River, No. 175-FZ, Federal Law of the Russian Federation, 1998.

[15] Radiation Safety Standards (NRB-99), Sanitary Rules SP 2.6.1.758-99, Ministry of Public Health of the Russian Federation, Moscow, 1999.

يعني تطبيق هذا التعريف أن العمال العاملين تحت سطح الأرض بمناجم اليورانيوم يصنفون كعمال إشعاع، لكن العمال في مناجم أخرى ليسوا كذلك.

أ.3.4 معايير التقييم

المعيار الرئيس للتقييم من أجل تقييم مُلاءَمَة المجموعة السكانية الجديدة من أجل التعويض هو أن المُطالِبين يجب أن يكون المرض المحدد من قِبَل الدولة قد حدث كـَ:

- مرض مرتبط بحدث إشعاعي من أجل عمال تعرضوا في ظروف خاصة (ESC)؛ أو
- مرض مهني مرتبط بالإشعاع من أجل عمال الإشعاع.

إن قائمة الأمراض المُحدَّدة على أنها أمراض مهنية التي قد تكون مرتبطة بالإشعاع أو مرتبطة بالمرض مع حدث إشعاعي واسع النطاق هي معتمدة من قِبَل الجهة الحكومية المعنية ووزارة الصحة والقسم الاجتماعي.

أ.4.4 العمال المُعَرَّضون في ظروف خاصة

إن القائمة الحالية للأمراض التي تعتبر مرتبطة بحادث تشيرنوبل، والحادث في تجمع الإنتاج مايك (Mayak) (1957) والتخلص من منتجات النفايات المشعة في أعماق نهر تيكا (Techa) مُعْتمدَة عبر الأمر التنفيذي الصادر في 4 تشرين الثاني/نوفمبر 2004[16]. يتضمن الجدول أ.4 التصنيف.

الجدول أ.4 قائمة الأمراض المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل، والحادث في تجمع الإنتاج مايك (1957) (Mayak)، والتخلص من منتجات النفايات المشعة في أعماق نهر تيكا (Techa) في الاتحاد الروسي

الرقم	الأمراض	التصنيف الدولي العاشر للأمراض
1	متلازمة الإشعاع الحاد والمزمن	T66
2	السَّاد الإشعاعي	H26.8
3	قصور الدرقية الإشعاعي	E03.8
4	إصابات الإشعاع الموضعية (الحروق الإشعاعية)	L58
6	التنشؤات	C00–D48

إن التصنيف الوارد في الجدول أ.4 هو الطبعة الرابعة من قائمة الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل. يتضمن الجدول أ.5 التصنيف المعروف بِـ «قائمة تشيرنوبل 1999». يُستخدَم هذا التصنيف أيضاً من أجل الأحداث الإشعاعية الأخرى التي أُشير إليها في القسم الفرعي السابق.

إن التصنيف الوارد في الجدول أ.5 هو الطبعة الثالثة لقائمة الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل. يتضمن الجدولان أ.6 وأ.7 التصانيف النافذة في فترات مختلفة بعد هذا الحادث.

في الاتحاد السوفييتي السابق، إن الرعاية الطبية للأشخاص المُعَرَّضين أثناء الأحداث الإشعاعية ومن أجل عمال الإشعاع المُعَرَّضين بشكل مفرط تركزت في القسم السريري لمعهد الفيزياء البيولوجية (موسكو)، المعروف على نحو أفضل بالمستشفى السريري رقم 6. لفترة طويلة كان مُعتمد في هذا القسم السريري مجلس الخبراء الاختصاصيين الوحيد من أجل تسبيب الأمراض المهنية. في مطلع التسعينيات من القرن الماضي أوجدت وزارة الصحة العامة في أقاليم مختلفة من الاتحاد الروسي عدداً من مجالس الخبراء الإقليمية المتخصصة الإضافية (SRECs). بغية تنفيذ أحكام قانون تشيرنوبل والقوانين الأخرى بشأن التعويض عن الأمراض التي حدثت لدى العمال المُعَرَّضين في ظروف

[16] Executive Order of the Russian Federation, No. 592, 2004.

خاصة (ESC)[17]. في الوقت الحاضر، إن مجالس الخبراء الإقليمية المتخصصة (SRECs) مؤسسة في موسكو (Moscow) وسان بطرسبورغ St Petersburg ونوفوسيبيرسك Novosibirsk وشيليابينسك Chelyabinsk وروستوف-اون-دون Rostov-on-Don.

الجدول أ.5 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بالأحداث الإشعاعية في الاتحاد الروسي (قائمة تشيرنوبل 1999)

الرقم	الأمراض	التصنيف الدولي التاسع للأمراض (ICD-9)*
1	متلازمة الإشعاع الحاد والمزمن	990 ,909.2
2	السَّاد الإشعاعي	366.46
3	إصابات الإشعاع الموضعية (الحروق الإشعاعية)	990
4	الابيضاض النقوي	205
5	خلل التنسج النقوي الأحمر	
6	فقر الدم اللاتنسجي	284
7	اللمفومات الخبيثة	201
8	الورم النقيي المتعدد	203
9	التنشؤ الخبيث في الغدة الدرقية	193
10	التنشؤ الخبيث في الرغامى، القصبة، الرئة	162
11	التنشؤ الخبيث في المريء	150
12	التنشؤ الخبيث في المعدة	151
13	التنشؤ الخبيث في الأمعاء الغليظة (القولون)	153
14	التنشؤ الخبيث في المثانة	188
15a	التنشؤ الخبيث في ثدي النساء	174
15b	التنشؤ الخبيث في ثدي الذكور	175
16a	التنشؤ الخبيث في المبيض	183
16b	التنشؤ الخبيث في الخصية	186
17	التنشؤ الخبيث في الكلية	189
18	التنشؤ الخبيث للسرطان	173 ,172
19	التنشؤ الخبيث العظم والغضروف المفصلي	170
20	التنشؤ الخبيث في الدماغ	191

* لم يكن المرجع المتعلق بالتصنيف الدولي التاسع للأمراض موجوداً في النسخة الأصلية (انظر المرجع). أضيفت هذه الأرقام لغايات مفيدة للوثيقة.

المصدر:

Ministry of Public Health and Ministry of Labour and Social Development, 1999. Joint Executive Order: about the list of the diseases connected to performance of works on liquidation of consequences of the accident at the Chernobyl NPP, No. 19885/.

فيما يلي شرح لعملية اتخاذ القرار من أجل التعويض عن الأمراض لدى العمال المُعَرَّضين في ظروف خاصة (ESC):

(1) إذا حدث لدى العامل/العاملة مرض وارد في الجدول أ.1، فإنه/إنها سيحصل على التعويض في أي حال دون أي اعتبار لجرعته/جرعتها المتعلقة بالحدث الإشعاعي أو التاريخ المهني أو الصحي قبل حدوث المرض.

(2) إذا حدث لدى العامل/العاملة مرض غير وارد في الجدول أ.1، فإنه/إنها سيحصل على التعويض إلا إذا كان لدى مجلس الخبراء الإقليمي المتخصص الإضافي (SREC) إثبات لرفض التسبيب بين المرض الذي حدث والحدث الإشعاعي قيد النظر. في هذه الحالة فإنه إلزامي الأخذ بالاعتبار جرعته/جرعتها المتعلقة بالحدث الإشعاعي، بالإضافة إلى التاريخ المهني والصحي قبل حدوث المرض.

[17] أُنظر الحواشي 11-14 من أجل التفاصيل.

الجدول أ.6 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل في الاتحاد الروسي في أعوام 1997-1992 (قائمة تشيرنوبل 1992)

الرقم	الأمراض	التصنيف الدولي التاسع للأمراض (ICD-9)*
1	متلازمة الإشعاع الحاد والمزمن	990 ,909.2
2	السَّاد الإشعاعي	366.46
3	إصابات الإشعاع الموضعية (الحروق الإشعاعية)	990
4	اضطرابات الغدة الدرقية:	(244.8)244
	قصور الدرقية الإشعاعي	(245.2)245
	التهاب الدرقية الناجم عن المناعة الذاتية	241.240
	الدُّراق العقيدي والعقيدات الحميدة في الغدة الدرقية (العقيدات الدرقية الحميدة)	
5	التنشؤات الخبيثة:	193
	في الدرقية	174.175
	في الثدي	183
	في المبيض	163
	في الرئة والمسلك التنفسي	151
	في المعدة	
6	كثرة أورومات الكريات:	205.0
	الابيضاض (النقوي) الحاد	205.1
	الابيضاض (النقوي) المزمن	203
	الورم النقيي	200
	الساركومة اللمفية	
7	خلل التنسج النقوي وفقر الدم اللاتنسجي	284
8	تخلف عقلي وصغر الرأس لدى طفل إذا حدثت فترة تطوره/تطورها السابقة للولادة عندما كانت الأم في منطقة حادث تشيرنوبل في عام 1986 أو النصف الأول لعام 1987	
9	عيوب التطور التي تشكلت في الفترة الرئيسة لتخلق الأعضاء أثناء الحمل الذي حصل في النصف الثاني لعام 1986 أو النصف الأول لعام 1987	

* لم يكن المرجع المتعلق بالتصنيف الدولي التاسع للأمراض موجوداً في النسخة الأصلية. أضيفت هذه الأرقام لغايات مفيدة للوثيقة.

المصدر:

Source: Ministry of Public Health, 1992. Executive Order No. 279, Organization of rendering of medical aid and the establishment of the causal relationship of diseases, physical inability and the death to the persons affected by radiation.

في كثير من الحالات، حتى عندما يعلن مجلس الخبراء الإقليمي المتخصص (SREC) غياب التسبيب بين المرض والحدث، فإن هذا التسبيب مع ذلك يُقَرّ عبر قرار المحكمة. كثيراً ما تتأثر المحاكم أثناء اتخاذ قرارها بالاعتبارات الاجتماعية أو السياسية بدلاً من الخبرة العلمية.

أ.5.4 عمال الإشعاع

أُعتِمدت قائمة الأمراض المهنية النافذة حالياً عبر الأمر التنفيذي رقم 90 الصادر عن وزارة الصحة العامة في 14 آذار/مارس 1996 والمُعَدَّل في 11 أيلول/سبتمبر 2000 و6 شباط/فبراير 2001[18]. من أجل الأمراض المختارة، حدَّد الأمر التنفيذي مخاطر بيئة العمل (كالمواد الكيميائية الخطرة، العوامل الفيزيائية، العوامل البيولوجية) والممارسات حيثما مستويات تلك العوامل يمكن أن تكون ذات شأن. يتضمن الجدول أ.8 الأمراض المرتبطة بالإشعاع المُتَضَمَّنَة في هذه القائمة.

[18] Executive Order of the Ministry of Public Health No. 90, Realization of preliminary and periodic medical surveys of workers and medical rules of the admission to work, 1996.

الجدول أ-7 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل في الاتحاد الروسي في أعوام 1999-1997 (قائمة تشيرنوبل1997)

الرقم	الأمراض	زمن الحدوث
1	حالة عُصابية متطاولة واكتئاب مع خلل وظيفي إنباتي ظاهر، تدني الفحولية (الفعالية) الجنسية، تطور باثولوجي مَراقِّي (الإصابة بتوهم المرض) في الشخصية، أعراض لتدني الذاكرة أو الانتباه أو المقدرة الفكرية	أثناء العمل ضمن مسافة مقدارها 30كم من الحادث أو ضمن سنتين بعد التخلي عن العمل هناك
2	خلل التوتر العصبي الدوراني مع تموج ظاهر في ضغط الدم، نوبات إنباتية متكررة للأوعية وفشل وَهَني ثابت (وَهَني دماغي)	أثناء العمل ضمن مسافة مقدارها 30كم من الحادث أو ضمن سنتين بعد التخلي عن العمل هناك
3	فشل مترقٍ مزمن لدوران الدم في الدماغ مع أعراض عصبية وخلل الوظائف العقلية	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
4	فرط ضغط الدم مع تطور مترقٍ وحالات حادة متكررة ومضاعفات أخرى	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
5	داء قلبي إقفاري مترقٍ مع نوبات متكررة من الذبحة الصدرية أثناء التوتر وأثناء الراحة مصحوبة باضطرابات حادة في الدوران الدموي التاجي، حالات فشل وخيمة لنَظْم القلب أو عوز إكليلي حاد أو مزمن مترقٍ	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
6	أمراض مزمنة غير نوعية للأعضاء التنفسية مع حالات حادةً متكررة وعوز تنفسي مترقٍ	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
7	قرحة معديّة وقرحة اثنا عشرية (عفجية) مع حالات ومضاعفات حادة متكررة	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
8	دُراق سام منتشر، دُراق عقيدي والتهاب الدرقية الناجم عن المناعة الذاتية	ضمن 5 سنوات بعد التخلي عن العمل ضمن مسافة مقدارها 30 كم من الحادث
9	متلازمة الإشعاع الحاد والمزمن، السَّاد الإشعاعي، الإصابات الإشعاعية الموضعية (الحروق الإشعاعية)	لا يوجد تحديد للزمن
10	خلل التنسج النقوي الأحمر، فقر الدم اللاتنسجي، الابيضاض النقيي الحاد والمزمن	لا يوجد تحديد للزمن
11	تنشؤات خبيثة صلبة حدثت لدى شهود الحادث وعمال الطوارئ لعامي 1987-1986	لا يوجد تحديد للزمن

المصدر:

Ministry of Public Health, 1997. Executive Order No.311, Modification and additions in the Executive Order of the Ministry of Public Health Russian Federation, No. 248, Perfection of work of the regional interdepartmental and specialized expert councils on an establishment of a causal relationship of diseases, physical inability and death to the persons affected by radiation.

تتطلب عملية اتخاذ القرار من أجل التعويض عن الأمراض لعمال الإشعاع الأخذَ بعين الاعتبار جرعة العامل/العاملة المتعلقة بالعمل، والتاريخ المهني والصحي قبل حدوث المرض. إن متخذ القرار هو، في هذه الحالة، واحد من مركزين للأمراض المهنية، إما القائم في المستشفى السريري رقم 6 موسكو (Moscow) أو القسم الصحي الطبي رقم 71 (أوزيرسك Ozersk). يُجْرى التقييم عبر العودة إلى التاريخ الطبي وتاريخ حفظ الصحة (الهايجين)المهنية للعامل. إن كافة عمال الإشعاع مشمولون بنظام رعاية طبية خاص على أساس مستشفيات متخصصة. كقاعدة، إن كافة العمال الذين يعملون في أحد فروع أي مرفق يُعالَجون من قِبَل نفس المعالج («طبيب مكان العمل») المؤهل على نحو إضافي في مجال الصحة المهنية ومعالجة الأمراض المهنية. يجب في كل سنتين على الأقل فحص كافة عمال الإشعاع من قِبَل طبيب مكان العمل بمساعدة من اختصاصي طبي آخر كما هو محدد في الأمر التنفيذي رقم 83 الصادر عن وزارة الصحة والقسم الاجتماعي في 16 آب/أغسطس 2004[19]. كل خمس سنوات، إن عدداً من عمال الإشعاع من أماكن عمل منفصلة يُفْحَصون في مستشفيات ذات عيادات خاصة معنية بأمراض الإشعاع.

[19] Executive Order of the Ministry of Health and Social Development, No. 83, 2004.

الجدول أ.8 الأمراض المهنية المحددة على أنها مرتبطة بالإشعاع في الاتحاد الروسي

الأمراض المهنية	الرمز وفق التصنيف الدولي التاسع للأمراض	عوامل الخطر	النشاط
3. الناجمة عن عوامل فيزيائية 1.3 الناجمة عن الإشعاع المُؤَيِّن			
(أ) متلازمة الإشعاع الحاد والمزمن	990	التعرض الحاد لإشعاع خارجي أو المدخول الحاد لمقدار كبير من المادة المشعة	كافة أنماط العمل مع المادة المشعة ومصادر الإشعاع
(ب) الإصابات الإشعاعية الموضعية (الحروق الإشعاعية)، الحادة أو المزمنة	990	التعرض الموضعي لإشعاع أو لمادة مشعة نافِذَين خارجيين	كافة أنماط العمل مع المادة المشعة ومصادر الإشعاع
8.3 السَّاد	366.9, 366.2*	التعرض للإشعاع (غير المُؤَيِّن، والأشعة السينية والفوتون، والنترون، والبرتون)	اللَّحام، إنتاج الزجاج، العمل مع مصادر الإشعاع غير المُؤَيِّن والإشعاع المُؤَيِّن
7 الأورام			
(أ) سرطانات الجلد	172, 173	التعرض لنواتج استثمار الفحم، النفط، الخ. التعرض للإشعاع المُؤَيِّن	العمل مع النواتج التي أشير إليها أعلاه، العمل مع مصادر الإشعاع
(ب) التنشؤ الخبيث في الشفة وجوف الفم والبلعوم	140-149	التعرض لمركبات النيكل والكروم والأرسينيك (الزرنيخ) وقار (قطران) الفحم والأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت) والأسفلت، استنشاق معادن وأغبرة مشعة مع جسيمات ممتزة للمواد البلاستيكية الكربونية	العمل مع النواتج التي أشير إليها أعلاه، العمل مع المصادر المشعة بما في ذلك استقصاء المعادن المشعة والتنقيب عنها وطحنها
(ج) التنشؤ الخبيث في الكبد	150–159**	التعرض لكلوريد الفاينيل والتعرض المزمن لنوكليدات التنمي الكبدي (البولونيوم، الثوريوم، البلوتونيوم)	العمل مع النواتج التي أشير إليها أعلاه، العمل مع المادة المشعة التي أشير إليها أعلاه
(د) التنشؤ الخبيث في النسيج اللمفي والنسيج المكون للدم	200-208	التعرض للبنزول (البنزين)، التعرض للإشعاع المُؤَيِّن	العمل مع البنزول (البنزين) والعمل مع مصادر الإشعاع
(هـ) التنشؤ الخبيث في العظم والغضروف المفصلي	170	التعرض المزمن لنوكليدات التنمي العظمي (الراديوم، السترونتيوم، البلوتونيوم)	العمل مع المادة المشعة التي أشير إليها أعلاه

* يتضمن التصنيف الدولي التاسع للأمراض (ICD-9) «السَّاد المرتبط بالإشعاع والمؤثرات الفيزيائية الأخرى» كمرض بالرمز 366.46

* * لا يشمل ذلك الكبد فقط، لكن كافة أعضاء الهضم والصفاق.

كما يظهر في الجدول أ.8، تُعامَل الأمراض المهنية على أنها متعددة العوامل وينبغي فحص كافة جوانب العمل من أجل تسبيبها، بما في ذلك:

- تحليل استعادي (راجع) لبيئة العمل؛
- تاريخ حفظ الصحة (الهايجين) لأماكن العمل ذات الصلة؛
- تحليل استعادي (راجع) للحالة الصحية للعامل في مكان العمل المتعلق به؛
- حالة العادات (بما في ذلك تاريخ التدخين).

إن مجالس الخبراء الإقليمية المتخصصة (SRECs) لا تُقيِّم رسمياً (بما يتعلق بنظرية الاحتمال) احتمال التسبيب (PC) كأداة في عملية اتخاذ القرار. إن الصعوبة الرئيسة في تنفيذ هذه الإجراءات هي جودة معلومات قياس الجرعة المتوفرة من أجل التحليل. إن المشاكل هي الرَّيبَات في قياسات الإشعاع، والثغرات الكبيرة في سجلات قياس الجرعة لعمال الإشعاع وللعمال المُعَرَّضين في ظروف خاصة (ESC)، وعدم كفاية البيانات الموجودة بشأن مراقبة الإشعاع، وتعريف الجرعة الفردية. يمكن حل كافة تلك المشاكل عبر إعادة إنشاء الجرعة الشخصية لكل مقدم طلب، لكن هذا الأسلوب لا يُستخدَم على نطاق واسع بسبب قلة الموارد.

أ.6.4 بيانات المَدْخَل

إن بيانات المَدْخَل للحالات التي أخذت بعين الاعتبار من قِبَل مجلس الخبراء الإقليمي المتخصص (SREC) تتألف من:

(1) تاريخ التعرض لمقدم الطلب:

- المتعلق بالحدث الإشعاعي في حال العامل المُعَرَّض في ظروف خاصة؛
- المتعلق بالتاريخ المهني الكامل في حال عامل الإشعاع.

(2) تاريخ العمل لمقدم الطلب، ولا يشمل ذلك سجلات عمله/عملها مع مصادر الإشعاع المؤَيِّن فحسب، لكن العمل مع المواد الخطرة (الكيميائية- البيولوجية، الخ) أيضاً.

(3) التاريخ الصحي لمقدم الطلب، بما في ذلك نتائج فحوصاته/فحوصاتها الطبية خلال المسوح الصحية المهنية.

أ.7.4 قابلية التعويض

لتحديد مستوى التعويض الذي سيمنح، تحدد لجنة الخبراء الطبيين الاجتماعيين لوزارة الصحة والقسم الاجتماعي درجة عجز العامل الناجم عن المرض المهني الذي حدث. تعتمد قيمة التعويض على درجة العجز للعامل الناجم عن مرضه/مرضها المهني، وذلك كما يلي:

- III. درجة العجز (فقدان 25 بالمئة من القدرة على العمل)؛
- II. درجة العجز (فقدان 50 بالمئة من القدرة على العمل)؛
- I. درجة العجز (فقدان 75 بالمئة من القدرة على العمل).

أ.8.4 قيمة التسديد

عندما يُمنَح التعويض، فإنه يشمل بموجب النظام الفدرالي الروسي:

- الضمان الطبي المجاني الخاص؛
- مدفوعات مباشرة وحماية اجتماعية للعمال؛
- مدفوعات غير مباشرة على شكل ضرائب مُخفَّضة أو خدمات مجانية (النقل التابع للبلديات، السكن التابع للبلديات، الكهرباء، الخ).

تعتمد القيمة الإجمالية للمنحة على درجة العجز الذي حل بالعامل وراتبه السابق. في حال وفاة العامل بسبب مرضه/مرضها المهني، فإن الدفع الخاص لورثته/ورثتها مفترض في بعض الحالات وهو يعتمد على الحالة المالية للأسرة.

أ.9.4 خلاصة للملامح الهامة:

العمال المُعَرَّضون في ظروف خاصة

- **الأسلوب الشامل.** يعتمد نظام التعويض على الأساليب الطبية والاجتماعية لحل مشكلة التسبيب في المرض المهني. إنه يشمل التعويض عن الضرر المتعلق بالآثار العشوائية والقطعية للإشعاع التي حدثت لدى عامل مُعَرَّض في ظروف خاصة (ESC). لقد وُضِع نظام التعويض لحل مشكلة اجتماعية معينة وساعد تنفيذه في التعامل مع مسائل التعويض من أجل عدد ضخم من العمال المُعَرَّضين في ظروف خاصة (ESC) في فترة قصيرة من الزمن. إن ذلك كان هاماً على وجه الخصوص في مطلع التسعينيات من القرن الماضي بسبب التردي المثير في معيار الحياة لمعظم المواطنين الروس.

- **الأساس العلمي والسخاء.** إن نظام التعويض ليس الأمثل من وجهة نظر علمية، لأن العامل الأهم في حدوث الأمراض التي تستحق التعويض لم يكن التعرض للإشعاع بل كان ناتج التبدلات الاجتماعية التي حدثت في الاتحاد الروسي في تسعينيات القرن الماضي. لم يؤخذ بالاعتبار الخطر المتعلق بالجرعة؛ لذلك، إن بعض السرطانات غير المتعلقة بالتعرض المهني للإشعاع ستُمنَح التعويض. إن حقل «تنشؤ» في القائمة الحالية للأمراض الواردة في الجدول أ.1 والمحددَّة على أنها مرتبطة بحادث تشيرنوبل، والحادث في تجمع الإنتاج مایاك (1957) (Mayak) والتخلص من نواتج النفايات المشعة في أعماق نهر تيكا (Techa) تتطلب تصحيحاً عبر إزالة «تنشؤ» وتضمين العبارة التالية الأكثر أهمية «التنشؤ الخبيث والابيضاض النقوي».

أ.10.4 خلاصة للملامح الهامة:

عمال الإشعاع

- **الأخذ بالحسبان التسبيب متعدد العوامل.** يعتمد نظام التعويض على الأسلوب الطبي لحل مشكلة تسبيب الأمراض المهنية. إنه يشمل التعويض عن الضرر المتعلق بالآثار العشوائية والقطعية للإشعاع التي حدثت لدى عمال الإشعاع. لقد وُضِع لحل مشكلة تسبيب الأمراض المهنية بحيث أن تلك تُعامَل كأمراض متعددة العوامل يمكن أن تنجم ليس عن الإشعاع فحسب، لكن عن عوامل أخرى في بيئة العمل أيضاً. إن النظام يأخذ بعين الاعتبار على نحو مشترك العوامل الكيميائية والفيزيائية التي تزيد إلى أكبر حد ممكن فرص التعويض عن التعرض في مكان العمل.

يعتمد نظام التعويض على الأسلوب الطبي لحل مشكلة تسبيب الأمراض المهنية، لهذا فإن الذاتية والعوامل الإنسانية يمكن أن تمارس دوراً كبيراً جداً في اتخاذ القرار.

أ.5 برنامج التعويض في فرنسا

أ.1.5 منشأ نظام التعويض ومبادئه

في فرنسا، إن نظام التعويض المؤسَّس من أجل الإصابات والأمراض المهنية تأثر إلى حد كبير بتاريخ فرنسا. في الحقيقة، استجابة للصعوبات التي حدثت في نهاية القرن التاسع عشر من أجل التعويض عن الإصابات المهنية، فقد أُعتمِد قانون (9نيسان/أبريل 1898) شاملاً تقدماً اجتماعياً ذا شأن.

قبل هذا القانون، كان العامل مُلْزَماً بتقديم إثبات بشأن أعطال صاحب عمله/عملها والربط بين هذه الأعطال والضرر بغية الحصول على التعويض. كانت العملية طويلة وكان العامل يفشل في الحصول على الإثبات بسبب نقص الوسائل اللازمة للقيام بذلك.

في هذا السياق، إن إصدار هذا القانون يعكس تسوية اجتماعية حيثما:

- يُعْطى التعويض التلقائي للعامل المصاب (حتى في حال عدم وجود أعطال من جانب صاحب عمله/عملها)؛ لا يوجد حاجة لتقديم إثبات أعطال من جانب صاحب العمل (يدعى هذا «قرينة قابلية العزو» للضرر وفقاً لظروف العمل)؛
- في بعض الظروف يتفادى أصحاب العمل منح التعويض على نحو كامل عن الضرر (ثمة دفعة واحدة من أجل التعويض) ويستفيدون من الحصانة بما يتعلق بـ «مسؤوليتهم المدنية» لأنه ما من إمكانية أخرى ليحصل العامل المصاب على التعويض؛
- يمكن للعامل المصاب أن يستفيد من تعويض إضافي إذا ما استطاع إثبات أعطال لا تُغْتَفَر من جانب صاحب عمله/عملها.

على المبادئ نفسها، أُعتِمد قانون جديد في 25 تشرين الأول/أكتوبر 1919 بشأن التعويض عن الأمراض المهنية.

على نحو أولي، اعتماداً على اتفاق بين أصحاب العمل والعمال انتقل هذا النظام إلى نظام الضمان الاجتماعي العام في عام 1946. يجب أن يدفع أصحاب العمل في الوقت الحاضر قسط تأمين إلى نظام الضمان الاجتماعي. يتعلق حساب هذا القسط بعدد الإصابات والأمراض المتعلقة بالشركة.

وُضِعت المبادئ التالية للسماح بالتعويض التلقائي عن المرض المهني: «كافة الأمراض الواردة في ‹جدول› وحدثت في الظروف الواردة في هذا الجدول تعتبر تلقائياً على أنها مرتبطة مهنياً». لذلك، لا يجب أن يثبت العمال الارتباط بين العمل وحدوث أمراضهم طالما أنهم يراعون الشروط الواردة في «الجدول»: أي فترة التعرض للمرض، وسمات المرض، وقائمة أنشطة العمل الجديرة بالاستحقاق، وفي بعض الحالات مدة التعرض.

في الحقيقة، إن كافة هذه العناصر تفسر أهمية التفاوض الاجتماعي المتعلق بتوسع نظام التعويض وارتقائه الحالي.

أ.2.5 الجدارة من أجل الأمراض المرتبطة بالإشعاع المُؤَيِّن

وُضِع الجدول المكرس للأمراض المُحْدَثة بالإشعاعات المُؤَيِّنة في 4 كانون الثاني/يناير 1931. أُدخِلت التعديلات بفترات منتظمة بغية توسيع سمات الأمراض الجديرة من أجل التعويض بالإضافة إلى قائمة أنشطة العمل، وقد أُعتمِد التعديل الأخير في 26 حزيران/يونيو 1984.[20]

يتضمن الجدول أ.9 الأمراض الجديرة بالاستحقاق في الوقت الحاضر وفترة التعرض المرتبطة بها.

[20] Décret No. 96-445 du 22 mai 1996 modifiant et complétant les tableaux de maladies professionnelles annexes au livre IV du code de la Sécurité sociale, J.O.

الجدول أ.9 قائمة الأمراض المتعلقة بالتعرض المُؤَيِّن الجديرة بالإقرار في نظام التعويض

تعيين المرض	فترة التعرض
فقر الدم، قلة الكريات البيض أو المتلازمة النزفية الناجمة عن التعرض الحاد	30 يوماً
فقر الدم، قلة الكريات البيض أو المتلازمة النزفية الناجمة عن التعرض المزمن	سنة واحدة
التهاب الجفن أو التهاب الملتحمة	7 أيام
التهاب القرنية	سنة واحدة
السَّاد	10 سنوات
التهاب الجلد الإشعاعي الحاد	60 يوماً
التهاب الجلد الإشعاعي المزمن	10 سنوات
التهاب الظِهارَة الإشعاعي للغشاء المخاطي الحاد	60 يوماً
التهاب الظِهارَة الإشعاعي للغشاء المخاطي المزمن	5 سنوات
النخر الإشعاعي للعظم	30 سنة
الابيضاض	30سنة
سرطان الرئة الأولي الناجم عن الاستنشاق	30 سنة
ساركومة العظم	50سنة

بالإضافة إلى ذلك، إن قائمة أنشطة العمل التي أُعتبِرت على أنها محتملة من أجل إحداث الأمراض المهنية المتعلقة بالإشعاع المُؤَيِّن هي توجيهية وتخص كافة الأنشطة مع تعرض للأشعة السينية أو المواد المشعة (التي تحدث طبيعياً أو الاصطناعية)، أو لأي مصادر منبعثة أخرى، لاسيما:

- أنشطة التنقيب والطحن للمواد المشعة.
- تهيئة المواد المشعة.
- تهيئة المنتجات الكيميائية والصيدلانية المشعة.
- تهيئة وتطبيق المنتجات المتألقة المتضمنة الراديوم.
- أنشطة البحوث أو القياسات المتعلقة بالمواد المشعة والأشعة السينية في المختبرات.
- الأنشطة المُحْدِثَة للتعرضات المهنية للإشعاع المُؤَيِّن في المستشفيات والمصحات والعيادات الخاصة والمستوصفات ووحدات الجراحة الطبية ووحدات الجراحة لأطباء الأسنان ووحدات التصوير الشعاعي والمستشفيات الخاصة ومراكز معالجة السرطان.
- الأنشطة في كافة الصناعات والحرف التي تستخدم الأشعة السينية، أو المواد المشعة، أو المواد أو العمليات المُصْدِرَة للإشعاع المُؤَيِّن.

وفقاً لشدة المرض، يُمْنَح التعويض للعمال كما يلي:

- رد نفقات الرعاية الطبية.
- التعويضات المؤقتة المتعلقة بأيام التغيب عن العمل.
- تعويض دائم عن العجز (دفعة واحدة أو قسط تأمين سنوي يُحدَّد وفقاً لدرجة شدة العجز الدائم).

أ.3.5 المجموعة السكانية المعنية

رغم أن عدد الأشخاص المُعَرَّضين للإشعاع المُؤَيِّن والمشمولين بنظام التأمين غير محدد بدقة، فإنه يمكن الإشارة إلى عدد الأشخاص المُتضَمَّنين في نظام الترصد للتعرض الخارجي المهني للإشعاع المُؤَيِّن في عام 2004، حيث شمل نظام الترصد هذا 255,321 شخصاً (Rannou and Couasnon, 2005)، وكانوا كما يلي:

- الصناعة النووية 57,781
- الصناعة غير النووية 29,174
- أنشطة البحوث 17,747
- القطاع الطبي 140,092
- أنشطة أخرى 10,527

أ.4.5 إحصاءات التعويض

يشير الجدول أ.10 إلى تزايد عدد الأمراض المهنية التي عُوِّض عنها الناجمة عن الإشعاع المُؤَيِّن من عام 1994 إلى عام 2003 من أجل «نظام التعويض العام» (CNAMTS, 2005) يُظهِر الجدول أ.11 توزع الأمراض لعام 2003 التي عُوِّض عنها الناجمة عن الإشعاع المُؤَيِّن وفقاً لسمات المرض.

الجدول أ.10 تزايد الأمراض التي عُوِّض عنها المتعلقة بالإشعاع المُؤيِّن

السنة	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
عدد الأمراض التي عُوِّض عنها	21	23	18	9	13	17	20	23	22	28

الجدول أ.11 نمط الأمراض المُحدَثة بالإشعاع التي عُوِّض عنها في عام 2003

نمط المرض	عدد الحالات التي عُوِّض عنها
سرطان رئة بدئي ناجم عن الاستنشاق	13
الابيضاض	8
ساركومة العظم	1
فقر دم ناجم عن التعرض الحاد	1
السَّاد	2
التهاب الجلد الإشعاعي المزمن	1
فقر دم ناجم عن التعرض المزمن	2

أ.5.5 التوسع نحو قابلية العزو

بغية إدخال المرونة إلى نظام التعويض عن الأمراض المهنية في فرنسا، فقد أُحْدِث في عام 1993 نظام متمم يسمح بالتعويض عن الأمراض عندما لا يرد المرض أو النشاط في قائمة الجدول أو عندما لا يُراعى هذا التعرض أو مدته. لهذا الغرض، يُعْهَد إلى لجنة مخصصة لفحص الطلبات.

في هذا المنظور، من الممكن الحصول على التعويض عن مرض غير وارد في الجدول في حالتين فقط: الحدوث ناجم بشكل رئيس عن التعرض المهني فقط، ودرجة العجز المتعلق بالمرض تفوق 25 بالمئة.

في الوقت الحاضر، عُوِّض عن الأمراض المهنية بموجب هذا النظام المتمم ما نسبته 3.5 بالمئة من العدد الإجمالي للأمراض المهنية. المُعَوَّض عنها، و، بقدر ما نعلم، لم يُمنح أي تعويض عن الأمراض المُحْدَثَة بالإشعاع المُؤَيِّن بموجب هذه الآلية. مع ذلك، يمكن في المستقبل مناقشة مسألة الحِصَّة المُخَصَّصَة من أجل السرطانات المُحْدَثَة بالإشعاع، باستثناء ما ورد منها في القائمة في الوقت الحاضر.

أ.6 الأحكام القانونية المطبقة على العمال المتأثرين بالتعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن في جمهورية الأرجنتين

أ.1.6 مَدْخَل

إن التشريعات التنظيمية في الأرجنتين[21] واللوائح التنفيذية ذات الصلة تضم مجموعة من المعايير تبين متطلبات السلامة للعمال المُعَرَّضين للإشعاع المُؤَيِّن.

تبين قوانين العمل في الأرجنتين[22] والمعايير التنفيذية والمتممة ذات الصلة شروط المُطالَبات والتعويض بما يخص الحوادث والأمراض المهنية. وفقاً لذلك، في مادته 1، حدَّد قانون الأخطار المهنية الأغراض التالية:

- الحد من الحوادث المهنية عبر الوقاية من المخاطر المهنية؛
- التخفيف من الضرر الناجم عن الحوادث والأمراض المهنية، وتقديم التأهيل للعمال المصابين؛
- تعزيز المفاوضات الجماعية لتحسين التدابير الوقائية والتعويضات المقدمة.

يَرِد الإشعاع المُؤَيِّن في اللوائح التنفيذية لقانون الأخطار المهنية[23] كأحد عوامل الخطر التي يمكن أن تسبب الأمراض المهنية الواردة حصرياً في المعيار المذكور لأغراض التعويض. حدَّدت قائمة الأمراض المهنية العناصر التالية:

- عوامل الخطر
- الصورة السريرية
- التعرض
- تدابير تحديد المرض المهني.

وفقاً لذلك، إن الاضطرابات الواردة في المعيار ستعتبر على أنها مهنية إذا ما نجمت عن بعض «عوامل الخطر» وفي أنشطة معينة فقط. تشمل هذه التشريعات الحالات التي يُطالِب فيها العمال المُعَرَّضون للإشعاع المُؤَيِّن بالتعويضات عن الأضرار على أساس أن اضطراباتهم قد تُعْزى إلى التعرض للإشعاع المُؤَيِّن.

كقاعدة عامة، تبين التشريعات جدولاً للأضرار من أجل الاضطرابات المهنية الناجمة عن الإشعاع المُؤَيِّن وفقاً لدرجة العجز جنباً إلى جنب مع عمر العامل ومرتبه الذي يتقاضاه.

[21] National Act on Activities in the Nuclear Sphere, Act 24.804, articles 8 ,7 and 16 (paragraph L).

[22] Act 24.557, "Act on Occupational Risks" (AOR).

[23] Decree 96/658 – Annex 1 – Implementing Regulations for Act 24.557.

أ.2.6 النظام القانوني للتعويض: إطار معياري

أُعتمِد القانون 24.557، «قانون الأخطار المهنية» (AOR)، في عام 1995 وأصبح نافذاً في 1 تموز/يوليو 1996؛ يتألف هذا القانون من 15 فصلاً وخمسة أحكام متممة وثلاثة أحكام ختامية وهو نافذ بما يتعلق بكافة العلاقات الصناعية في القطاعين العام والخاص. من المستحيل تقريباً ضمن نطاق هذه الوثيقة الإشارة إلى كافة المعايير وتحليلها التي اشتقت من ذلك القانون؛ وفقاً لذلك سنفحص تلك الجوانب التي هي في رأينا الأكثر صلة بهذه الوثيقة.

أ.3.6 أغراض قانون الأخطار المهنية

يبدأ القانون بعرض لأهدافه، وهي (أ) الوقاية من المخاطر المهنية، و(ب) التعويض عن الإصابة المهنية. إن الوقاية هي الغاية الأولية لهذا القانون (AOR)؛ بكلمات أخرى اعتماد تدابير مدروسة بشأن السلامة والصحة لضمان أن العمل لن يسبب حوادث تنجم عنها إصابة لدى العمال.

وفقاً لذلك، إن القانون بحد ذاته والمعايير المُخَوَّلَة الشاملة تضع نظاماً للوقاية لضمان أن المقاولين يستجيبون لواجباتهم بما يتعلق بالسلامة وحفظ الصحة (الهايجين) المهنية، اعتماداً على الواجب لحماية أولئك الذين هم تحت مسؤوليتهم من الضرر؛ إن وكالات التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) مسؤولة عن مراقبة النظام.

في مادته 4، يفرض هذا القانون الالتزام باعتماد تدابير كما وردت في القانون لضمان الحماية الفعالة ضد الأخطار المهنية. تشتق اللوائح القانونية للسلامة وحفظ الصحة (الهايجين) من القانون رقم 19.587[24]، الذي هو بحد ذاته موضوع اللوائح المفصلة في كل محافظة.

بالإضافة إلى ذلك، قد يتطلب الأمر لكل مؤسسة عبر الاتفاقات الجماعية تدابير نوعية للسلامة وحفظ الصحة (الهايجين) ولوائح نوعية ومعايير نوعية للسلامة وحفظ الصحة (الهايجين).

ضمن الاشتراط بأن تتم مواجهة الأخطار بفعالية، يفرض القانون الالتزام بإصدار النتائج؛ وبالتالي، فإنه غير كافٍ من أجل أولئك العُرْضَة لأي إصابة للمُطالَبة إن اتخذوا تدابير ملائمة إذا ما، رغم مثل تلك التدابير، سبب الخطر ضرراً فعلاً.

الغرض الثاني، في حال فشل الوقاية من الخطر، وعندما يحدث الحدث الذي يسبب الإصابة، هو التعويض عن الإصابة المهنية. يتعين تقديم هذا التعويض على شكل الدفع عيناً أو على شكل تعويض مالي مثلما اشترط النظام للتعويض عن أي إصابة بدنية و/أو ضرر مالي لحق بالضحية بسبب الحادث المهني.

[24] Regulatory Decree N° 1979/351, relating to the Occupational Hygiene and Safety Act Nº 19.587, in its article 62, paragraph 2 states as follows: "2. The National Atomic Energy Commission is the competent authority for the implementation of Act 19.587 in respect of the use or application of radioactive materials, nuclear materials and particle accelerators whose main purpose is not specifically to generate X-rays, of ionizing radiation originating therefrom and of nuclear reactions or transmutations; it shall be authorized to process and issue, to persons responsible for such practices or operations, licences and specific permits governing their siting, building, bringing into operation, running and final closure." With the adoption of Decree 94/1540 and subsequently Act 24.804, the Nuclear Regulatory Authority took over responsibility for regulating nuclear activities which were previously the responsibility of the National Atomic Energy Commission.

أ.4.6 التأمين الإلزامي والتأمين الذاتي

يطالب قانون الأخطار المهنية (AOR) أصحاب العمل بالانتساب إلى التأمين عبر وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) - التي يُعْهَد فيها إليها بالمسؤولية من أجل إدارة سلامة وصحة العامل وسياسات الوقاية بالإضافة إلى تقديم تدابير الرعاية. وبالتالي، يطالب القانون أي أحد يتعاقد مع العمال الذين يصبحون ضمن نطاقه بالانضمام إلى وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA)، رغم أنه مسموح لهم إجراء التأمين الذاتي، أي يعفيهم من الالتزام بالانتساب إلى مثل هذا التأمين مع تلك الوكالة، في حين أنه يطالبهم بالحصول عليه لأنفسهم؛ مع ذلك، كي ينتفعوا من هذه الإمكانية، يجب أن يوفوا ببعض المتطلبات التي فرضها القانون.

أ.5.6 الأمراض والحوادث المهنية المشمولة

تشكل الأمراض والحوادث المهنية تلك الأحداث المحتملة الوقوع المشمولة بالمادة 6 من قانون الأخطار المهنية (AOR) الذي سوف يستجيب إليه النظام عبر تقديم إعانات مالية و/أو إعانات الرعاية للعمال الذين عانوا من إصابة لم يسببوها بأنفسهم والتي أدت إلى أي اضطراب باثولوجي (ألم، مرض، عجز)، سواء كان العامل المسبب حادثاً نمطياً (مفاجئ وعنيفاً) أو إلى أثر عامل خطر محدد في قائمة الاضطرابات.

إن الجدول أ.12 الموجود في الملحق 1 للمرسوم رقم 658/96 الناظم لقانون الأخطار المهنية (AOR) يتضمن بشكل نوعي الإشعاع المُؤَيِّن بين الأسباب الممكنة للأمراض المهنية التي يمكن أن تستحق التعويض.

الجدول أ.12 العامل: الإشعاع المُؤيِّن

الأمراض	النشاط المهني المسؤول بصورة محتملة عن التعرض
فقر الدم، قلة الكريات البيض، قلة الصفيحات، أو المتلازمة النزفية التالية للإشعاع الحاد فقر الدم، قلة الكريات البيض، قلة الصفيحات، أو المتلازمة النزفية التالية للتعرض المزمن	قائمة الأنشطة التي يمكن أن يحدث فيها التعرض: كافة الأنشطة التي تنطوي على التعرض للأشعة السينية أو للمواد المشعة الطبيعية أو الاصطناعية ولأي مصدر للإصدار الجسميي أو للإشعاع على وجه الخصوص
التهاب الجفن أو التهاب الملتحمة التهاب القرنية المزمن السَّاد	استخراج ومعالجة المعادن المشعة تهيئة المركبات المشعة بما في ذلك المواد الكيميائية والأدوية المشعة
التهاب الجلد الإشعاعي الحاد	تهيئة وتطبيق المنتجات المشعة ذات البريق الفسفوري
التهاب الجلد الإشعاعي المزمن	تصنيع واستخدام معدات المعالجة الإشعاعية والأشعة السينية
آفات إشعاعية حادة في الأغشية المخاطية آفات إشعاعية مزمنة في الأغشية المخاطية نخر العظام الناجم عن الإشعاع الابيضاض السرطان الوشيك في القصبات أو الرئتين الناجم عن الاستنشاق ساركومة العظم سرطان الجلد اضطرابات إنجابية: قلة النطاف أو فقد النطاف، الإجهاض	كافة الأنشطة في المستشفيات والمصحات والعيادات متعددة الاختصاصات والعيادات وعيادات طب الأسنان التي يتعرض فيها العاملون الصحيون لآثار الأشعة السينية التصوير الشعاعي الصناعي باستخدام معدات الأشعة السينية أو مصادر أخرى لإصدار إشعاع غاما المنشآت المُنْتِجَة للنظائر المشعة منشآت الطاقة النووية

إذا ما أُكِّد الخطر أو العامل الضار - الإشعاع المُؤَيِّن - فإنه العامل الذي يضر صحة العمال وقد يجعلهم مرضى (عبر مهنتهم، مع أخذ طبيعتها بالاعتبار) ليس بشكل مفاجئ ولا بعنف، لكن ببطء وبتدرج و، كقاعدة، ليس على نحو مرئي وبصمت.

ينص نفس التشريع أيضاً على إمكانية معالجة، على أنها أمراض مهنية، اضطرابات أخرى غير مدرجة مع الاضطرابات الواردة في المرسوم رقم 658/96 التي من أجلها يجتمع مجلس طبي لتحديد فيما إذا كانت الحالة نتيجة

مباشرة وفورية للعمل الذي يؤديه، ولاستبعاد العوامل التي يمكن أن تنسب للعمال، كالأهبة أو الاستعداد لحدوث مرض معين، والعوامل الغريبة عن العمل.

ينبغي أن نشير إلى أن الحوادث والأمراض المهنية معفاة من التغطية عبر وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) أو عبر أصحاب العمل المؤمن عليهم ذاتياً في حال أن:

- الحادث أو المرض المهني هو نتيجة سوء تصرف العامل نفسه أو أن العامل المسبب غريب عن بيئة العمل؛
- العجز لدى العامل كان موجوداً قبل تعيينه أو تعيينها وحُدِّد أثناء فحص التعيين. في هذه الحالة، إن وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) لن تكون مسؤولة عن أي عجز موجود عند توقيع عقد العمل، لكن على نحو تناسبي فقط؛ بمعنى آخر، إذا ما ساءت الحالة بواسطة عامل خطر وفي نشاط واردين في قائمة المرسوم رقم 658/96، فإن وكالة التأمين تلك ستتحمل المسؤولية القانونية من أجل الإصابة الإضافية الجديدة وليس من أجل كامل الإصابة.

أ.6.6 المسؤولية المدنية

لا يسمح قانون الأخطار المهنية (AOR) بإمكانية اللجوء إلى محاكم القانون من أجل حالة تتعلق بالمسؤولية المدنية ضد أصحاب العمل. في هذه الصدد، الفقرة 1 من المادة 39 من ذلك القانون تنص على أن إعانات النظام تبرئ أصحاب العمل من أي مسؤولية مدنية إلا إذا نجمت الإصابة عن إهمالهم. قرار المشرِّعين لا يمنح العمال نفس الحق العام كما هو ممنوح لكافة مواطني الأرجنتين، وحتى إلى المقيمين المؤقتين، مما أثار قرارات عديدة من قِبَل المحاكم تعلن أن المادة تلك غير دستورية. بعد أن أُعْلِن أن الفقرة 1 من المادة 39 من ذلك القانون (AOR) غير دستورية، فإنه عندئذ من الممكن بموجب المدونة المدنية تقديم دعوى من أجل كامل الأضرار ضد صاحب العمل، في حين أن هذا القانون (AOR) يحدد نطاق الأضرار مع السقوف. إن قبول المحاكم للدعوى المدنية من أجل الأضرار لا يعفي وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) من التعويض المالي والتعويض عيناً.

يستبعد هذا النظام إمكانية المُطَالبَة الموازية بموجب اتفاقية فيينا بشأن المسؤولية المدنية من أجل الضرر النووي التي وقعت عليها الأرجنتين في عام 1966 والتي يشير إليها على نحو صريح القانون الوطني بشأن الأنشطة في الميدان النووي - القانون رقم 24.804 - .

أ.7.6 الجوانب الإجرائية

يشتق النظام الذي أدخله قانون الأخطار المهنية (AOR(52 من إجراء خاص الذي بمقتضاه يشرح الآلية الإدارية الوحيدة من أجل حل النزاعات الواقعية والقانونية، وهو خاضع للمراجعة من قِبَل المحاكم.

يثار الإجراء عبر «شكوى» جديرة بالقبول إذا ما ارتكزت على حدث يمكن أن يكون باعثاً لتقديم إعانات بموجب النظام؛ المقصود، طارئ غير متوقع مشمول (بالقانون (حادث أو مرض مهني).

إن قبول الشكوى، سواء صراحة أو على نحو مفهوم ضمناً، يقتضي ضمناً القبول؛ أي، الاعتراف بالمسؤولية القانونية والإقرار أن:

- الحادث وقع وهو مهني المنشأ؛
- لا ينطبق عليه أي استثناء ورد في القانون؛
- المرض المهني المعني موجود فعلاً، وهو من طبيعة مهنية ومن بين الأمراض الواردة في القائمة ذات الصلة؛
- الفعل ليس انتهاكاً للأحكام القانونية.

[25] Articles 21, 22 and 46. Regulatory Decree 717/96.

يشمل القبول تلك الجوانب فقط؛ في حين أن الجوانب الثانوية كوجود أو عدم وجود أي عجز ونمطه وشدته وما يتعلق به والإعانات الملائمة المتصلة به، ليست كلها من مسؤولية الشكوى، لأنها تأتي ضمن اختصاص وكالة التأمين ضد الأخطار المهنية (ORIA) أو صاحب العمل المؤمن عليه ذاتياً، الذي يجب أن يوفر تفاصيل بشأن:

- التشخيص الطبي؛
- نمط العجز المهني (إذا كان ذلك مناسباً، لأن الطارئ غير المتوقع قد يكون مُدْرَكاً، حتى في غياب أي عجز)؛
- طبيعة العجز المهني (مؤقت أم دائم، مؤقت أم نهائي) ودرجته؛
- محتوى ونطاق الإعانات التي يتعين منحها عيناً (التي ينبغي تطبيقها اعتباراً من زمن الشكوى المتعلقة بالطارئ، وفقاً لأحكام المرسوم رقم 717/96 ، المادة 5).

إن النظام يجعل من الممكن للضحايا رفض أو قبول القرار عبر طلب تدخل المجالس الطبية التي فرضت الإحالة إليها المادة 21 من قانون الأخطار المهنية (AOR).

أ.8.6 المعايير التنظيمية النووية السارية

عندما وضعت الأرجنتين نظامها المتعلق بحماية العمال العُرْضَة للتعرض المهني، فقد أسندت معاييرها التنظيمية[26] إلى توصيات الوكالات الدولية المختلفة، ولاسيما اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP).

تشمل هذه التوصيات الدولية على وجه الخصوص معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات وأمان المصادر الإشعاعية التي شارك برعايتها منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة العمل الدولية (ILO) ووكالة الطاقة النووية لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (NEA/OECD) والمكتب الأمريكي لمنظمة الصحة العالمية (PAHO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) وتوصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP). إن أحد المبادئ التي التزمت به المعايير الأرجنتينية هو أن متطلبات الحماية من الإشعاع يجب أن لا يستعاض عنها بالامتيازات العمالية ومنح التعويض للعمال.

بفضل الاختصاص المناط بها عبر القانون الوطني بشأن الأنشطة في الميدان النووي، القانون رقم 24.804، فإن السلطة التنظيمية النووية (NRA) هي الوكالة التقنية الوطنية المسؤولة عن ضبط وتنظيم كافة مجالات النشاط النووي بما يتعلق بالسلامة الإشعاعية والنووية.

اشترطت التشريعات الأرجنتينية أن السلطة التنظيمية النووية هي السلطة المنفذة بما يتعلق بالسلامة وحفظ الصحة (الهايجين) في استخدام وتطبيق المواد المشعة والمواد النووية ومسرعات الجسيمات التي غرضها الأساسي ليس على نحو نوعي إنتاج الأشعة السينية والإشعاع المُؤَيِّن المتولد من ذلك، والتفاعلات والتحولات النووية.

أ.9.6 السابقة القانونية

إن لجنة الطاقة الذرية الوطنية وعدد من فروعها كانوا مدَّعى عليهم في دعاوي قانونية عديدة في محافظات مختلفة في الأرجنتين من أجل الضرر والتعويض مقدمة من العمال على أساس السرطانات الناجمة عن التعرض للإشعاع المُؤَيِّن، بالإضافة إلى الفعل القانوني من قِبَل العموم المتذرعين بعلاقة سببية بين مرضهم والأنشطة النووية المُنْجَزَة من قِبَل المُدَّعى عليه.

لم تؤسِّس هذه الحالات أثراً سببياً - بما يتعلق بالإشعاع المُؤَيِّن المتلقى ضمن الحدود التي وضعتها التشريعات

[26] Norm AR 6.1.1. Occupational Exposure in Class I Radioactive Facilities.

التنظيمية بشأن الأنشطة النووية - بين الضرر والتعرض لمثل هذا الإشعاع؛ وبالتالي، ما من سببية مثبتة حُدِّدت بواسطة القانون بين النشاط النووي المُنْجَز والاضطرابات التي أصابت المدعين (مقدمي الدعاوي) وشجبوها.

يقع هذا ضمن نظرية السببية المعروفة بـ «علاقة سببية كافية» التي، حتى في تلك الحالات حيثما التشريعات الأرجنتينية تعتمد نظرية المسؤولية الموضوعية، تشكل خلفية لا مفر منها يجب أن تؤخذ بالحسبان.

قبل إعلان قانون الأخطار المهنية (AOR)، شكلت فتاوي المحكمة جزءاً من السوابق القضائية بشأن التعرض للإشعاع المُؤَيِّن من الأنشطة النووية. منذ اعتماد القانون، لم يُسْمَع عن أي مُطالَبات إضافية من هذا النوع من الأقسام القانونية للوكالات الحكومية المسؤولة عن تطبيق الأحكام المتعلقة بالإشعاع المُؤَيِّن المتعلق بالأنشطة النووية.

10.6.أ خلاصة للملامح الهامة

تعتمد التشريعات التنظيمية الأرجنتينية على توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP)، وكذلك معاييرها، وحددت أنه منذ أن كفلت الامتثال لعتبات الجرعة التي حددها نظام الحماية الشعاعية من أجل العمال، لا يوجد حاجة إلى أي لوائح إدارية خاصة بما يتعلق بأخطار الإشعاع ذات الصلة.

طبقاً لأحكام التشريعات الأرجنتينية، يمكننا الاستنتاج أنه لم تكن هناك أي حالات تعويض متعلقة بحدوث الأمراض الناجمة ببساطة عن العمل في مرافق تستخدم الإشعاع المُؤَيِّن، بمعنى آخر، إن تطبيق النظام الشائع للتشريعات الأرجنتينية يتطلب إثباتاً أنه تم تجاوز جرعات العتبة من أجل النشاط.

الملحق ب: جرعة التعرض المهني الوسطية وجرعة الإشعاع الوسطية من المصادر الطبيعية العالميتين

إن الجرعات الفعالة السنوية الوسطية العالمية من التعرض المهني هي موضوع الفحص المتواصل من قِبَل اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR)، ووُضِع أحدث جدول لها في تقرير تلك اللجنة لعام 2000 (UNSCEAR, 2002). لقد قُيِّمت التعرضات المهنية للإشعاع من البيانات التي جُمِعت وأُرْسِلت إلى اللجنة من قِبَل السلطات الوطنية استجابة للاستبيانات. حظيت التعرضات من مصادر من صنع الإنسان بالاهتمام الأكبر؛ عادة ما تسجل البلدان مثل تلك البيانات لغايات تنظيمية. حيث كانت هناك حاجة للتعرضات الوسطية على مدى القوة العاملة، فإن عدد العمال أُخذ ليكون عدد العمال المراقَبين. إن تقديرات التعرض المهني للإشعاع في تقرير تلك اللجنة لعام 2000 استفادت من قواعد بيانات أكثر اتساعاً وكمالاً مما كان متاحاً سابقاً؛ أدى ذلك إلى تقديرات محسنة للجرعات المهنية. يتضمن الجدول ب.1 تلخيصاً للتقديرات الحالية. لُخِّصت البيانات من أجل خمس فئات للتعرض المهني لمصادر من صنع الإنسان وخمس فئات للتعرض لمصادر طبيعية معززة. إن البيانات الواردة هي وسطية على مدى فترات خمس سنوات حيثما تتوافر (1975-1979؛ 1980-1984؛ 1985-1989؛ 1990-1994). شمل تقرير تلك اللجنة اللاحق فترات أحدث، لكن البيانات لم تكن متاحة أثناء طباعة هذه الوثيقة.

إن مقارنة بيانات وسطي الخمس سنوات من أجل مهن مختلفة تُعَرِّض لمصادر من صنع الإنسان التي شملت الفترة 1975-1994 سمحت بفحص اتجاهات التعرض.

إن التقدير الحالي للجنة للجرعة الفعالة الجماعية العالمية للعمال من المصادر من صنع الإنسان لبدايات التسعينيات من القرن الماضي هو 2,700 رجل سيفرت وهو أقل بعامل مقداره حوالي 2 من تلك الجرعة لأواخر السبعينيات من القرن الماضي.

لقد جاء جزء هام من التناقص من دورة وقود الطاقة النووية، لاسيما في التنقيب عن اليورانيوم. مع ذلك، شوهدت التناقصات في كافة الفئات الرئيسة: الاستخدامات الصناعية، والاستخدامات الطبية، وأنشطة الدفاع والتعليم. انعكس هذا الاتجاه أيضاً في الجرعة الفعالة السنوية الوسطية العالمية، حيث تناقصت من حوالي 1.9 ميلي سيفرت إلى 0.6 ميلي سيفرت.

لم تُبْذَل أي محاولة لتتبع أي اتجاه في تقديرات الجرعة من التعرض المهني لمصادر الإشعاع الطبيعية المعززة لأن البيانات الداعمة كانت محدودة إلى حد ما. من نفس المصدر، أجرت تلك اللجنة تقديراً خاماً لحوالي 20,000 رجل سيفرت في تقريرها الصادر عام 1988 الذي نُقِّح تبعاً لذلك نزولاً إلى 8,600 رجل سيفرت في تقريرها الصادر عام 1993 (UNSCEAR, 1988, 1993). إن الرقم القابل للمقارنة للفترة 1990-1994 هو 5,700 رجل سيفرت؛ مع ذلك، أضيف عنصر جديد هام لهذه الفترة، ألا وهو، التعرض المهني لمستويات مرتفعة من الرادون ونسيلته. إن ذلك أعاد التقدير الإجمالي للجرعة المهنية الجماعية من المصادر الطبيعية المعززة إلى 11,700 رجل سيفرت. إن هذا لا يزال يعتبر في هذه المرحلة أن يكون تقديراً خاماً. مع ذلك، اقترحت البيانات، أن 80 بالمئة من التعرض المهني قد يكون من المصادر

الجدول ب. 1 التعرضات المهنية للإشعاع

المصدر/الممارسة	عدد العمال المراقَبين (آلاف)	الجرعة الفعالة السنوية الوسطية (ميلي سيفرت)
مصادر من صنع الإنسان		
دورة الوقود النووي (بما في ذلك التنقيب)		
79–1975	**560**	4.1
84–1980	**800**	3.7
89–1985	**880**	2.9
94–1990	**800**	1.8
الاستخدامات الصناعية للإشعاع		
79–1975	**530**	1.6
84–1980	**690**	1.4
89–1985	**560**	0.9
94–1990	**700**	0.5
أنشطة الدفاع*		
79–1975	**100**	1.3
84–1980	**120**	0.7
89–1985	**130**	0.7
94–1990	**140**	0.2
الاستخدامات الطبية للإشعاع		
79–1975	**1,300**	0.8
84–1980	**1,900**	0.6
89–1985	**2,200**	0.5
94–1990	**2,32**	0.3
التعليم/الطب البيطري		
94–1990	**360**	0.1
الإجمالي من المصادر من صنع الإنسان		
79–1975	**100**	1.9
84–1980	**120**	1.4
89–1985	**130**	1.1
94–1990	**140**	0.6
المصادر الطبيعية المعززة (كافة البيانات للفترة 1990-1994)		
السفر جواً (الركب الطائر)	**250**	**3.0**
التنقيب (غير الفحم)	**0,760**	**2.7**
التنقيب عن الفحم	**3,910**	**0.7**
معالجة المعادن	**0,300**	**1.0**
أماكن العمل فوق سطح الأرض (الرادون)	**1,250**	**4.8**
الإجمالي من المصادر الطبيعية	**6.500**	1.8

* البيانات من الجدول 38، الصفحة 631، من اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR، 2000, Vol.1).

الطبيعية المعززة بالمقارنة بالمصادر من صنع الإنسان. ينبغي توخي الحذر أثناء تفسير هذه النسبة المئوية في سياق التعويض، لأن جرعة العضو تختلف جوهرياً عن الجرعة الفعالة.

من أجل المقارنة، إن الجرعة الفعالة الوسطية السنوية العالمية من المصادر الطبيعية هي 2.4 ميلي سيفرت. تُحَدَّد الجرعة الفعالة العالمية السنوية لكل فرد عبر إضافة المكونات المختلفة، كما هو موجز في الجدول ب.2. في حين أن الجرعة الفعالة العالمية السنوية لكل فرد الناجمة عن المصادر الطبيعية للإشعاع هي 2.4 ميلي سيفرت، فإن امتداد التباين في الجرعات الفردية التي تضم ذلك واسع. في أي مجموعة سكانية كبيرة، فإن حوالي 65 بالمئة من المتوقع أن يحصلوا على جرعات فعالة سنوية بين 1 ميلي سيفرت و3 ميلي سيفرت، وحوالي 25 بالمئة من المجموعة السكانية سيحصلون على جرعات فعالة سنوية أقل من 1 ميلي سيفرت، و10 بالمئة سيحصلون على جرعات فعالة سنوية أكثر من 3 ميلي سيفرت.

الجدول ب-2 جرعة الإشعاع الوسطية من المصادر الطبيعية

المصدر	الجرعة الفعالة السنوية الوسطية العالمية (ميلي سيفرت)	المجال النموذجي (ميلي سيفرت)
التعرض الخارجي		
الأشعة الكونية	0.4	[1]1.0–0.3
أشعة غاما الأرضية[2]	**0.5**	0.6–0.3
التعرض الداخلي		
الاستنشاق (الرادون بشكل رئيس)	**1.2**	[3]10–0.2
الابتلاع	**0.3**	[4]0.8–0.2
الإجمالي	**2.4**	10–1

[1] المجال من مستوى البحر إلى عالٍ عن الأرض.

[2] اعتماداً على تركيب نوكليد التربة ومواد البناء.

[3] اعتماداً على تراكم غاز الرادون داخل المباني.

[4] اعتماداً على تركيب نوكليد الغذاء ومياه الشر

الملحق ج: المؤشرات البيولوجية («القياس البيولوجي للجرعات»)

ج.1 مدخل

ثمة أوضاع عديدة يفيد فيها استخدام المؤشرات البيولوجية في حالات التعويض بعد التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن:

(1) تأكيد أو رفض قياسات الجرعة الفيزيائية المشكوك فيها.

(2) قياس الجرعة الفيزيائي المفقود.

(3) حوادث إشعاع غير مميزة في الفترات السابقة.

(4) الاعتبار أو التقييم، على التوالي، للحساسية الفردية للأشعة.

أحد المحاسن الحاسمة للمؤشرات البيولوجية على مدى قياس الجرعة الفيزيائي هو حقيقة أن المؤشرات البيولوجية تتضمن الحساسية الفردية للأشعة. وبالتالي، لا تعكس الجرعة في الحس الفيزيائي، لكن تظهر استجابة الجسم تجاه جرعة معينة. لهذا السبب يمتنع العلماء العاملون في هذا الميدان عن استخدام مصطلح «المقاييس البيولوجية للجرعة» ويفضلون استخدام مصطلح «المؤشرات البيولوجية» بدلاً منه.

من الشائع بالنسبة للمؤشرات البيولوجية أنها مفيدة جداً فوراً بعد التعرض الحاد الخارجي لكامل الجسم ذي معدل الجرعة العالي. في كافة الحالات الأخرى، بالنسبة للحالات التي تحدث يتم التغلب عليها جزئياً فقط عبر تعديلات نوعية للتقنيات المختلفة.

إن النظرة العامة الحالية ليست كاملة لكنها تسلط الضوء على بعض الجوانب الهامة للمؤشرات البيولوجية، لاسيما بما يتعلق بحالات التعويض. تتوفر مراجعة أكثر تفصيلاً (ICRU, 2002; IAEA, 2001; Müller and Streffer, 1991). أيضاً للمحافظة على هذه الأفكار الرئيسة مختصرة، فإن الطرائق لن توصف بالتفصيل، لكن ستتم الإشارة إلى المرجع في المطبوعات ذات الصلة.

ج.2 التقنيات

ج.1.2 الصبغيات ثنائية القُسَيْم المركزي

تنشأ هذه الزيوغ الصبغية من اندماج صبغيين، وبالتالي تقدم بنية ثنائية القُسَيْم المركزي بدلاً من قُسَيْم واحد. عادة ما ترافق الشُذْفَة القُسَيْمان المركزيان.

الطريقة

في معظم الحالات تُستخدَم اللمفاويات بسبب محاسنها حيث أن تقريباً كافة اللمفاويات المحيطية هي في مرحلة G_0-phase من دورة الخلية. لقد نُشِرت طرائق كثيرة لإعداد ثنائي القُسَيْم المركزي. على وجه الخصوص، بذلت منظمات عديدة الجهود لجعل الإجراءات المُستخدَمة في المختبرات المختلفة مُقَيَّسَة (ICRU, 2002; IAEA, 2001).

المحاسن

إن النظام ثنائي القُسَيْم المركزي هو النظام الأكثر دراسة من ضمن كافة المؤشرات البيولوجية.

- التواتر التلقائي متدنٍ نسبياً (0.5 إلى 1 لكل 1,000 لمفاوية).
- ثمة فقط مواد كيميائية قليلة تُحْدِث ثنائيات القُسَيْم المركزي؛ وبالتالي، إن مراقبة ثنائيات القُسَيْم المركزي هي مؤشر قوي إلى أن الإشعاع المُؤَيّن مشمول.
- يمكن أن تؤخذ بالحسبان تعرضات الجسم الجزئية (IAEA, 2001, p. 51).

المساوئ

- الضرر غير ثابت ويزول أُسّياً في العمر النصفي الذي مقداره حوالي ثلاث سنوات مع اختلاف فردي صريح.
- من الصعب البحث في التعرضات المُطَوَّلَة والمجزأة، لاسيما في حال عدم توافر معلومات إضافية (مثلاً، بما يتعلق بمدة التعرض المُطَوَّل والزمن المنقضي منذ التعرض)؛ في حال توافر معلومات إضافية، فإن التقييم التقريبي ممكن (IAEA, 2001, p. 56).

الحدود

- في الحالات الفردية بدون معرفة تواتر الخلفية الفردية لثنائيات القُسَيْم المركزي، فإن المستوى الأدنى لازدياد هام هو حوالي 0.1 إلى 0.2 غراي؛ إذا ما دُرِست المجموعات السكانية، فإن التعزيز قد يكون قابلاً للكشف بعد حوالي 0.05 غراي.
- منحنى الجرعة–الاستجابة يصبح مستوياً عند الجرعات التي تتجاوز حوالي 5 غراي إشعاع منخفض الطاقة.

ج.2.2 النوى الصغيرة

تنشأ النوى الصغيرة من النواة الأساسية أثناء التفتل (الانقسام الفتيلي) بسبب الشُّدَف الصبغية عديمة القُسَيْم المركزي (الآلية الأكثر حدوثاً بعد التعرض للإشعاع)، أو عيوب الحيز الحركي، أو فشل المغزل أو الصبغيات متعددة المراكز التي تتشَدَّف أثناء التفتل (الانقسام الفتيلي). إنها تظهر كـ «نوى صغيرة» في الهيولى. تحتاج كافة الآليات تفتلاً كي تظهر نواة صغيرة. وبالتالي، من الضروري إثبات أن التفتل حدث فعلاً، لأن من نواحٍ أخرى كافة الخلايا غير المنقسمة ستعتبر بصورة خاطئة على أنها خلايا بدون نواة صغيرة. لذلك إن دراسات النواة الصغيرة ينبغي أن تُجْرى باستخدام مثبط حركة الخلايا B (cytochalasin B)، ذيفان فطري يسمح بانقسام نواة الخلية لكن يمنع انقسام الخلية مما يؤدي إلى خلايا ثنائية النواة.

الطريقة

المطبوعات التالية توجز الطريقة بالتفصيل: (IAEA, 2001; Müller and Streffer, 1994; Fenech, 1993).

المحاسن

- تَثَلُّم النوى الصغيرة أسرع كثيراً من ثنائيات القُسَيْم المركزي.

- تدريب التقنيين على إجراء التَّثَلُّم وأتمتة التَّثَلُّم أسهل بالمقارنة مع ثنائيات القُسَيْم المركزي.
- بسبب هذه المحاسن، إن النوى الصغيرة هي الخيار الأفضل عندما يطلب فرز (تحرٍ) سريع لسببياب كثيرة.

المساوئ

- تواتر الخلفية أعلى بصورة واضحة وأكثر تبدلاً بالمقارنة مع ثنائيات القُسَيْم المركزي (لدى البالغين حوالي 5 إلى 40 نواة صغيرة لكل 1000 خلية ثنائية النواة).
- التعرضات التي حدثت من فترة طويلة مضت، وتعرضات كامل الجسم المُطَوَّلَة والمجزأة أصعب بصورة واضحة من حيث البحث فيها بالمقارنة مع ثنائيات القُسَيْم المركزي.

الحدود

- بالمُقَايَسة التقليدية للنواة الصغيرة المرتكزة على المثبط لحركة الخلايا B (cytochalasin B)، فإن أدنى جرعة فردية يمكن أن تكتشف هي حوالي 0.3 غراي. هذا الحد أدنى بشكل صريح عندما أحد يقيد التحليل بمجموعات فرعية من اللمفاويات الحساسة (Wuttke et al., 1993) و/أو يزيد مشكلة تغير تواتر الخلفية التلقائي عبر استخدام مسابير نوعية للقُسَيْم المركزي (Kryscio et al., 2001).
- بما يماثل ثنائيات القُسَيْم المركزي، فإن النوى الصغيرة يبدأ مستواها بالاستقرار عند جرعات تفوق حوالي 5 إلى 6 غراي؛ مع ذلك، إذا ما أخذت بعين الاعتبار متثابتات (بارامترات) تكاثر الخلية، فإنه يمكن اكتشاف جرعات حتى حوالي 15 غراي (Müller and Rode, 2002).

ج.3.2 تكثف الصبغيات المبكر (PCC)

إن الخلية التي لم تنقسم انقساماً فتيلياً يمكن إجبارها على تكثيف صبغياتها بعد الاندماج مع خلية انقسمت انقساماً فتيلياً. على وجه الخصوص، إن الخلايا في المرحلة G1-phase من دورة الخلية قَيِّمَة في هذا السياق، لأن عدد التكسرات الصبغية المُحْدَثَة يمكن تحديده ويعكس الاستجابة للتعرض للإشعاع.

الطريقة

يمكن العثور على وصف للطريقة (IAEA, 2001؛Pantelias and Maillie, 1984).

المحاسن

- يمكن الحصول على الناتج بسرعة (ضمن حوالي 3-4 ساعات) بعد حادث إشعاعي مفترض.
- لا يوجد مشكلة بما يتعلق بتأخر الانقسام الفتيلي أو بالخلايا التي لم تبلغ الانقسام الفتيلي أبداً. (الجانبان يحدان بوضوح مقايسات ثنائية القُسَيْم المركزي والنواة الصغيرة، لاسيما بعد الجرعات العالية.)
- تعرض الجسم الجزئي أسهل بالتعامل باستخدام تكثف الصبغيات المبكر (PCC) مقارنة مع ثنائيات القُسَيْم المركزي.

المساوئ

- لأنه لا يمكن إجبار كافة الخلايا على الانقسام الفتيلي، فقد يكون هناك تحيز في الانتقاء.

الحدود

- من الصعب العثور على معلومات محددة بشأن أدنى جرعة قابلة للكشف في الفرد. لقد تم التبليغ عن أن مُقايَسَة تكثف الصبغيات المبكر (PCC) أكثر حساسية إلى حد ما من مُقايَسَة ثنائية القُسَيْم المركزي وثمة تقنيات باستخدام تكثف الصبغيات المبكر (PCC) بالإضافة إلى التألق في موضع التهجين (FISH) لزيادة الحساسية.
- يمكن أن تُستخدَم مُقايَسَة حتى 20 غراي؛ ما بعد ذلك، يُلاحَظ استقرار المستوى.

ج.4.2 الإزْفاءات المتبادَلة (تبادل الشُّدَف الصبغية بين صبغيين غير متماثلين)

تنجم عن التبادل المشترك لأجزاء من صبغيين أو أكثر. إن المعلومات المجينية (الجينومية) لا تتبدل تقريباً، لكن موضع الجينات يعاد ترتيبه، مما يؤدي أحياناً إلى أمراض وخيمة (مثلاً، الابيضاض). إن الإزفاءات المتبادَلة ثابتة، يعني ذلك أن الخلايا المتأثرة تستطيع البقاء وأن تُكْتَشَف خلال فترة طويلة بعد التعرض للإشعاع.

الطريقة

يرد وصف دقيق للطريقة في IAEA(2001).

المحاسن

- الإزْفاءات المتبادَلة ثابتة، وهي زيوغ مستديمة. لهذا السبب مع ذلك، تتردى أيضاً مع الزمن، رغم أن ذلك أبطأ كثيراً بالمقارنة مع الزيوغ غير الثابتة.

المساوئ

- إن تمييز مستويات جرعة منخفضة هو أدنى بالمقارنة مع ثنائيات القُسَيْم المركزي بسبب أن التواتر التلقائي للإزْفاءات المتبادَلة أعلى وأكثر تبدلاً.
- ثمة مشكلة واحدة وهي «نسائل» نمط معين للإزفاء المتبادَل ناجمة عن الخلايا الجذعية المتضررة التي تنتج الخلايا البِنْت التي تُظْهِر جميعها زيغاً.

الحدود

- إن جرعات العمر التي تتجاوز 0.5 غراي زيادة على إشعاع الخلفية قابلة للكشف لدى الأفراد.

ج.5.2 التجاوب مسايِر المغنطيسية الإلكتروني (EPR)؛ = التجاوب الدوامي الإلكتروني (ESR)

يُحدِث الإشعاع المُؤَيِّن جذوراً طويلة العمر جداً في المادة البيولوجية التي لا تحتوي على الماء أبداً أو تقريباً (مثلاً، الشعر، العظام، ميناء الأسنان)؛ يمكن كشف هذه الجذور بواسطة التجاوب مسايِر المغنطيسية الإلكتروني (EPR) حتى بعد مرور سنوات على التعرض للإشعاع. ينبغي الإشارة إلى أن هذه الطريقة ليست مؤشراً بيولوجياً بمعناه الدقيق، لأن حساسية الأفراد للأشعة لا تمارس دوراً.

الطريقة

يرد وصف دقيق للطريقة في ICRU(2002).

المحاسن

- يمكن استخدام المُقايَسَة على مدى مجال واسع من الجرعة (انظر «الحدود»).
- يمكن تطبيق التقنية بعد التعرض للإشعاع فوراً.

المساوئ

- لا تأخذ المُقايَسَة بالحسبان حساسية الفرد للأشعة (رغم أن ذلك قد يراه الفيزيائي ميزة حسنة).
- تتطلب المُقايَسَة الحصول على الخزعة؛ ينبغي توخي الحذر الشديد من أجل عدم إحداث جذور بواسطة التقنية المستخدمة للحصول على المادة.
- المعدات الضرورية باهظة الثمن وتتطلب عاملين ذوي خبرة.

الحدود

- المقايسات الاعتيادية ممكنة ضمن مجال الجرعة من 0.5 إلى 100 غراي؛ يُكْشَف 0.1 غراي باستخدام تقنيات معينة.

ج.6.2 بؤر الواصِمَة البيولوجية γ-H2AX

عندما يحدث في خلية تكسر طاق (strand) مزدوج، تدخل زمرة فوسفوريل في أوضاع معينة في الهيسونات المجاورة. يمكن كشف هذه الأوضاع باستخدام أضداد موسومة بجزيء متألق ثم تظهر كـ «بؤر» تحت مجهر تألق.

الطريقة

يمكن الحصول على المعلومات بشأن الطرائق المختلفة من المرجع التالي: Nakamura et al, (2006).

المحاسن

- يبدو أن هذه الطريقة حساسة جداً في مجال الجرعة المتدني (انظر «الحدود»).

المساوئ

- ثمة خبرة قليلة بشأن استخدام هذه المُقايَسَة إلى يومنا هذا.
- على وجه الخصوص، ما من شيء معروف بشأن التوقف على الزمن لإمكانية كشف الأثر أو بشأن عوامل التدخل الممكنة.

الحدود

- ينبغي الاستمرار على النتائج الأولية حتى بعد أمان التفحص الإضافي، من الممكن لهذه المُقايَسَة أن تكون مفيدة لكشف الآثار بعد جرعات إشعاع منخفضة جداً (في مجال مقداره حوالي 3 ميلي غراي (Lobrich et al., 2005).

ج.7.2 مُقايَسَة الاحتراق (Comet assay)

في معظم الحالات، لا تفيد هذه المُقايَسَة من أجل تقدير الجرعة، لكن من أجل تقييم حساسية الفرد للأشعة. يشير مصطلح «مُقايَسَة الاحتراق» إلى ظهور المادة النووية بعد إزالة كافة المادة التي هي غير الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين non-DNA لخلية وإجراء الرحلان الكهربي. كنتيجة لهذا الإجراء، تتشكل «ذيول الاحتراق وهي تعكس مقدار الضرر في الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA). [تكسرات الطاق (strand)، تبدلات التَّمْثيلة] بعد التعرض للإشعاع. إذا ما أعطيت الخلايا فرصة للتصليح قبل حدوث التحلل، فإنه يمكن الحصول على المعلومات بشأن مقدرة التصليح لخلايا الفرد.

الطريقة

وُصِفت في المراجع تقنيات مختلفة عديدة (Müller et al., 2004; Tice et al., 2000). بعض هذه التقنيات مُصَمَّم بطريقة لكشف أنماط الآفات النوعية المهيمنة [مثلاً، تكسرات الطاق (strand) المفرد أو المزدوج].

المحاسن

- تستطيع تحديد الضرر الأولي للحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA) (أي ضرر ذلك الحمض بدون التداخل من قِبَل إنزيمات التصليح) وتصليح ذلك الحمض.
- مُقايَسَة الاحتراق لا تقيس وسطيات فئات الخلايا (كمعظم المقاييسات الأخرى التي تكشف ضرر ذلك الحمض)، لكن تقدم معلومات بشأن ضرر ذلك الحمض في الخلايا الفردية. وبالتالي، يمكن الحصول على فكرة لتوزع الضرر والتصليح وليس مجرد وسطيات.

المساوئ

- لا يزال ثمة كثير من الجدل بشأن النمط (الأنماط) الدقيق للضرر الذي يُكشف بالطرائق المختلفة المستخدمة.
- بسبب عمليات التصليح التي تحدث في الأحياء، فإنه سرعان ما يختفي الضرر الأولي للحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA) على مدى الزمن. وبالتالي، إن المُقايَسَة غير مفيدة جداً كمؤشر بيولوجي للتعرض للإشعاع؛ بعد ساعات عديدة، يمكن كشف الآفات غير المُصَلَّحَة فقط.

الحدود

- تكشف المُقايَسَة بشكلها الأصلي بسهولة الضرر الأولي للحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA) حتى 0.1 غراي؛ مع ذلك، تعتمد حدود الكشف بشدة على التقنية النوعية المستخدمة.

ج.3 الاستنتاجات

إن المؤشر البيولوجي «القابل للتطبيق بدون استثناء» غير موجود. يعتمد الخيار بشدة على ظروف التعرض النوعي. في كثير من الأحيان، إن التعرضات المهنية في حالات التعويض حدثت قبل سنوات عديدة قبل أن يطلب رأي الخبراء. وبالتالي، الإزفاءات المتبادَلة في الصبغيات والخطر المفرط والتجاوب مساير المغنطيسية الإلكتروني (EPR) هي المُقايَسات التي ينبغي أن تؤخذ بالحسبان بشكل رئيس. في حال وجود اشتباه أن حساسية الفرد للإشعاع الواضحة للعيان يمكن أن تمارس دوراً، فإنه ينبغي تطبيق مُقايَسَة الاحتراق. يمكن لظروف التعرض النوعي حتى أن تتطلب طرائق لم تذكر هنا. على سبيل المثال، إذا ما كان التعرض موضعاً جداً، فإن الطرائق باستخدام الشعر من المنطقة المُعَرَّضة قد يكون مفيداً. مهما يكن الأمر، كنتيجة لبحوث الإشعاع المتناقصة جداً، فإنه يوجد في يومنا هذا أشخاص قليلون جداً فقط يعانون عالمياً بما يكفي لاستخدام المؤشرات البيولوجية على نحو ملائم.

الملحق د: أسلوب تحليل الرِّيبَة الكمي لتقدير الخطر المتعلق بالإشعاع

تعتمد المناقشة التالية على تقرير مجموعة العمل للمعهد الوطني للسرطان/مركز مكافحة الأمراض (NCI/CDC) لتنقيح الجداول الوبائية الإشعاعية للمعهد الوطني للصحة (NIH) (Land et al., 2003) الصادرة في عام 1985. يعتمد هذا التقرير بشكل رئيس، لكن ليس فقط، على البيانات المتعلقة بخطر السرطان بين الناجين من القنبلة الذرية في سجل الأورام لدراسة فترة الحياة (LSS) للفترة 1958-1987 (Thompson et al., 1994) وسجل الابيضاض لدراسة فترة الحياة (LSS) للفترة (1950-1987) (Preston et al., 1994)، ومن المتوقع أن تنقَّح كبيانات جديدة من الناجين من القنبلة الذرية ومجموعات سكانية مُعَرَّضة أخرى وتصبح متاحة وتُراجَع من قِبَل لجان الخبراء كاللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) ولجان الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن في الأكاديمية الوطنية للعلوم BEIR (NAS). لذلك إن التركيز لهذه المناقشة هو على الأسلوب المتبع، بدلاً من التقديرات نفسها.

بإيجاز، تم الحصول على النماذج من أجل تقدير الخطر عبر إجراءات تسوية المنحنى الإحصائي المُطبَّق على مجموعة البيانات ذات الصلة بالموضوع. إذا كنا مهتمين فقط بمُطالَبات التعويض من قِبَل (على سبيل المثال) المجموعة السكانية الناجية من القنبلة الذرية المعتمدة على تعرضاتهم للقنبلة الذرية، والحِصَّة المُخَصَّصَة، ورِيبَتها، فإنه يمكن أن تُحسَب من النماذج المُسَوَّاة بدون تعديل باستثناء (ربما) من أجل الاستقراء إلى جرعات منخفضة. إن معاناة تجربة الناجي من القنبلة الذرية هي بالتأكيد لها علاقة بالأخطار المتعلقة بالإشعاع للمجموعات السكانية المُعَرَّضة الأخرى، لكن تطبيق المعلومات المكتسبة من دراسات الناجين من القنبلة الذرية (أو أي مجموعة سكانية مُعَرَّضة أخرى) على مجموعة سكانية مُعَرَّضة مختلفة هو غير دقيق.

على سبيل المثال، إن التعرضات للقنبلة الذرية كانت بشكل رئيس للفوتونات عالية الطاقة، مع مزيج قليل من النترونات السريعة، لاسيما في هيروشيما. إن الإشعاعات المختلفة نوعياً، كالأشعة السينية الطبية، قد تؤدي إلى مستويات أعلى (أو أدنى) للخطر النوعي للجرعة والتعديل والتصحيح قد يكونان لذلك ضروريان. إن إعادة إنشاء الجرعة للقنبلة الذرية هي عملية غير مؤكدة وذات تحيز بصورة ممكنة، ويجب أن يؤخذ ذلك بالحسبان في تطبيق تقديرات الخطر النوعي للجرعة على مجموعات سكانية أخرى. قد تؤدي التعرضات المزمنة إلى مستويات من الخطر مختلفة عن التعرضات الحادة مثل تلك من القنابل الذرية. تختلف أخطار السرطان القاعدية بين المجموعات السكانية، بصورة ممكنة متعلقة بتعرض تفاضلي لعوامل خطر أخرى غير الإشعاع، ولعوامل نمط الحياة التي يمكن أن تعدل الأخطار الناجمة عن الإشعاع والمسرطنات الأخرى. بما يتعلق بالعلاقة الرياضية بين الخطر المفرط النسبي (ERR) المتعلق بالإشعاع، والمعدل المفرط المتعلق بالإشعاع، والمعدل القاعدي المتعلق بالإشعاع:

$$ERR(a) = EAR(a)/B(a)$$

فإنه من الواضح أنه إذا ما اختلف المعدل القاعدي $B(a)$ بين مجموعتين سكانيتين، فإنه يجب أن يختلف بين المجموعتين الإحصائيتين أيضاً إما $ERR(a)$ أو $EAR(a)$ أو الاثنان معاً، ويجب التصدي لهذه المشكلة. أخيراً، ثمة مقدار محدود، لكن يتزايد، من المعلومات بشأن التآثرات بين الإشعاع وعوامل نمط الحياة (التدخين، التاريخ الإنجابي) لأن عوامل خطر

السرطان، ومثل تلك العوامل متعلقة بتصحيح مُطالَبات التعويض من أجل السرطان المتعلق بالإشعاع بصورة ممكنة.

يستوجب الاهتمام التأكيد هنا على أن القرارات يجب أن تُتَّخَذ بشأن أي من هذه التصحيحات. إن الأثر العملي لإهمال المشكلة هو (بشكل افتراضي) لاختيار مجال واحد من الخيارات الممكنة، بدون فحص النتائج من أجل تقدير الخطر والسياسة العامة. من الهام أيضاً اعتبار أن تقديرات الخطر المتعلق بالإشعاع، والتصحيحات اللازمة لتطبيق مثل هذه التقديرات على مجموعات سكانية مختلفة، هي غير مؤكدة وأن الرِّيبَة ذات صلة بشدة الحكم لمُطالَبات التعويض من أجل مرض متعلق بالإشعاع بصورة محتملة. في حالة قواعد التعويض الشائعة فعلاً في الولايات المتحدة بموجب قانون التعويض عن الأمراض المهنية لعمال الطاقة (EEOICPA)، فإن الارتباط واضح لأن الإجراء الواجب هو لارتكاز القرارات على الحدود الأعلى للاحتمال من أجل الحِصَّة المُخَصَّصَة. حتى المتوسط أو الوسيط لتوزع الرِّيبَة للتقدير، مع ذلك، يتأثر عبر رِيبات العوامل المختلفة التي تشكل التقدير.

د.1 نمذجة التقديرات الإحصائية للخطر

إن الخطر المفرط النسبي (ERR) النوعي للموقع من أجل السرطانات الصلبة نُمْذِج كدالة لجرعة الإشعاع وعمر التعرض، والعمر المُحْرَز أو الزمن منذ التعرض، ونوع الجنس، والمجموعة السكانية كما مُثلت عبر معدلات السرطان المُقَيَّسَة تبعاً للعمر (ASR). كما أوصت لجنة خبراء المراجعة [المجلس الوطني للبحوث NRC, 2000]، فإن التقديرات النوعية للموقع المعتمدة على بيانات الناجين من القنبلة الذرية كانت مقتصرة على المواقع (أو مجموعات المواقع) التي من أجلها احتوت البيانات 50 حالة على الأقل بين أعضاء دراسة فترة الحياة (LSS) المُعَرَّضين لِـ 10 ميلي سيفرت أو أكثر. في النماذج الموصوفة في هذا القسم، أُستبعِد سرطان الدرقية وسرطانات الجلد غير الورم الميلانيني، ومصطلح «كافة السرطانات الصلبة» يُستخَدم في كل مكان للإشارة إلى السرطانات الصلبة (الرموز في التصنيف الدولي التاسع للأمراض (ICD-9 codes 140-199; DHHS, 1991) دون هذين النمطين من السرطانات. لقد نُمْذِجت الأخطار القاعدية النوعية للموقع عبر التقسيم إلى طبقات بشأن نوع الجنس، ومدينة التعرض (هيروشيما أو ناغازاكي)، ووقت التقويم، والعمر المُحْرَز أو السنة التقويمية باستخدام الأسلوب العام الموصوف من قِبَل (Pierce et al. 1996). أُستخدِمت الدالة النمطية للجرعة-الاستجابة لنمذجة الخطر المفرط النسبي (ERR):

$$\mathrm{ERR}(D,s,e,a) = \alpha D \exp[\beta I_s(\mathrm{sex}) + \gamma \mathrm{f}(e) + \delta \mathrm{g}(a)] \qquad (1)$$

حيث D هي الجرعة في وحدة السيفرت؛ و$I_s(\mathrm{sex})$ هي دالة مؤشرة للجنس المعاكس (أي $I_s(\mathrm{sex}) = 1$ للإناث و0 للذكور إذا s يطابق «الذكر»، وبصورة معكوسة إذا s يطابق «الأنثى»؛ وe العمر عند التعرض مقدراً بالسنوات؛ وa هي العمر المُحْرَز مقدراً بالسنوات؛ وf وg هما دالتان مخصصتان لِـ e وa على التوالي؛ وα وβ وγ وδ هي متثابتات (بارامترات) غير معروفة. إن مصطلح $\beta I_s(\mathrm{sex})$ في التعبير(1) هو مُواءَمَة حسابية تسمح للنسبة بين التقديرات النوعية للجنس بأن تُحَدَّد باستخدام البيانات غير النوعية للموقع، كما سيناقَش فيما بعد. إن الدالتان $\mathrm{f}(e)$ و$\mathrm{g}(a)$ تعينان كما يلي:

$$\mathrm{f}(e) = -15 \text{ for } e \le 15,\ \mathrm{f}(e) = e - 30 \text{ for } e \text{ between } 15 \text{ and } 30, \text{ and } \mathrm{f}(e) = 0 \text{ for } e > 30;$$

$$\mathrm{g}(a) = \log(a/50) \text{ for } 0 < a < 50, \text{ and } = 0 \text{ for } a \le 50.$$

أُنْتُقي هذا الشكل العام لأن الهدف من التقديرات لم يكن التطبيق على تعرض الطفولة ولأن البَيِّنَة طفيفة من أجل التناقص في الخطر المفرط النسبي (ERR) مع سن تعرض يفوق 30 سنة وعمر مُحْرَز يفوق 50 سنة؛ في حال أن النموذج أعطى تناسباً إجمالياً أفضل لبيانات السرطان الصلب المشتركة من النموذج العادي، فإن

$\mathrm{f}(e) = e - 30$ و$\mathrm{g}(a) = \log(a/50)$ (Thompson et al., 1994 ،انظر مثلاً)

إن الأسلوب المستخدم لمتثابتات (بارامترات) النموذج من أجل السرطانات الصلبة النوعية للموقع يعتمد على «التحليل المشترك» لِـ Pierce and Preston (1993). كما هو مطبق هنا، يشتمل الأسلوب على تحليل مع ثلاث نُسخات من البيانات، مع «حالة» معرفة على أنها السرطان موضع الاهتمام المجموعة الأولى، كما هي كافة السرطانات غير النوعية لنوع الجنس

الأخرى جنباً إلى جنب في النسخة الثانية، وكما هي كافة السرطان النوعية كنوع الجنس جنباً إلى جنب في النسخة الثالثة. تقدم النسخة الأولى معلومات بشأن المتثابتات (البارامترات) δ وγ وβ وα والثانية بشأن المتثابتات (البارامترات) γ وβ δ و والثالثة بشأن δ وγ. إن جعل المتثابتات البارامترات δ وγ وβ تختلف بين النسخة الأولى والنسختين الأخريين يوفر اختباراً للتجانس، وتقديرات المتثابتة (البارامتر) النوعية للموقع تستخدم إذا ما كانت مختلفة بصورة معتدة إحصائياً عن قيم المتثابتة (البارامتر) الشائعة. من أجل معظم المواقع، لم يكن هناك اختلاف معتد به وأُستخدِمت القيم الشائعة.

يُظهِر الجدول د.1 المتوسطات والتفاوتات (Var) والتباينات المشتركة (Cov) لتوزعات الرِّيبَة من أجل تقديرات المتثابتة (البارامتر). يتضمن الجدول د.2 توزعات مرتسم الترجيح الإحصائية لِـ α من أجل معظم المواقع التي من أجلها أُستخدِم الأسلوب 2. يُظهِر الشكل D.1 مثالاً لتوزع الرِّيبَة لسرطان المعدة.

الجدول د.1 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت عبر الأسلوب 1 كما طُبِّق على مواقع نوعية للسرطان الصلب

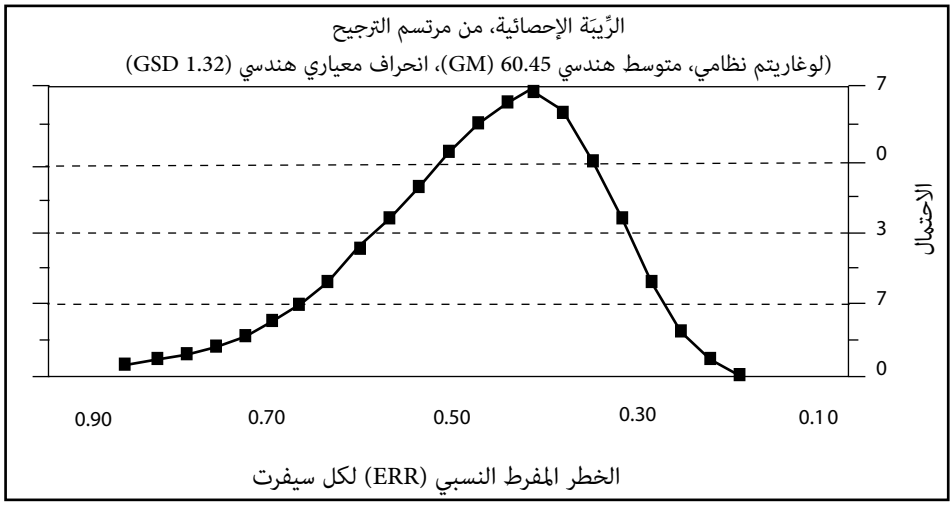
موقع السرطان	log(α)	γ	δ	Var(logα)	Cov(logα, γ) (ترابط)	Cov(logα, δ) (ترابط)	Var(γ)	Cov(γ, δ)	Var(δ)
كافة الأعضاء الهضمية ذكور	–1.590	–0.0477	–1.622	0.10621	0.001868 (0.314)	–0.020011 (-0.082)	0.0003332	–0.007395	0.56236
كافة الأعضاء الهضمية إناث	–0.8614	–0.0477	–1.622	0.05018	0.001403 (0.343)	–0.001882 (–0.011)	0.0003332	–0.007395	0.56236
المعدة إناث	–0.7998	–0.04723	–1.781	0.07512	0.001380 (0.279)	0.006263 (0.031)	0.0003252	–0.007185	0.54764
الكبد، نوعا الجنس	–1.049	–0.05204	–1.579	0.17108	0.002291 (0.307)	–0.03610 (–0.115)	0.0003255	–0.007347	0.57368
الثدي إناث	0.02109	–0.03722	–2.006	0.05456	0.002586 (0.589)	–0.01907 (–0.107)	0.0003530	–0.007934	0.58018

ملاحظة: يفترض أن الخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت موزع توزعاً لوغاريتمياً نظامياً مع متوسط هندسي (GM) وانحراف معياري هندسي (GSD).

$GM = \alpha \times \exp\{\gamma f(e) + \delta g(a)\}$

$GSD = \exp\{[\mathrm{var}(\log\alpha) + 2\mathrm{cov}(\log\alpha, \gamma)f(e) + 2\mathrm{cov}(\log\alpha, \delta)g(a) + \mathrm{var}(\gamma)f(e)^2 + 2\mathrm{cov}(\gamma, \delta)f(e)g(a) + \mathrm{var}(\delta)g(a)^2]^{1/2}\}$, where $f(e) = \min[\max(-15, e - 30), 0]$ and $g(a) = \min[\ln(a/50), 0]$ a من أجل عمر التعرض والعمر المُحْرَز

الشكل د.1 مثال: خطر سرطان المعدة لدى امرأة بعمر 60 سنة مُعَرَّضة لإشعاع غاما بعمر 32 سنة



ملاحظة: وفقاً للمُعامِلات المقدمة في الجدول د.1، فإن التقدير الإحصائي للخطر المفرط النسبي(60) (60)ERR لكل سيفرت هو عدد غير مؤكد، موزع توزيعاً لوغاريتمياً نظامياً مع متوسط هندسي مقداره 0.45 (GM) وانحراف معياري هندسي مقداره 1.30 (GSD)

الجدول د-2 حساب توزع الرِّيبة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزعات مرتسم الترجيح من أجل α التي يتم الحصول عليها عبر الأسلوب 2 معالجة سرطان نوعي من أجل سن تعرض e أكبر أو يساوي 30 سنة والعمر المُحرَز a أكبر أو يساوي 50 سنة: المواقع التي من أجلها لم يكن التقريب اللوغاريتمي النظامي ملائماً، والتي من أجلها استُعمِلت قيماً افتراضية لـ γ وδ

قيم التقسيمات الجزئية للمرتسم	جوف الفم والبلعوم		المريء		المعدة	القولون		المستقيم		المرارة		البنكرياس	
	ذكور	إناث	ذكور	إناث	ذكور	ذكور	إناث	ذكور	إناث	ذكور	إناث	ذكور	إناث
9975	0.8004	1.765	1.216	3.253	0.3802	1.531	1.671	0.4946	1.078	0.5258	1.114	0.7062	1.510
0.995	0.7321	1.619	1.117	2.919	0.3516	1.429	1.567	0.4675	1.022	0.4725	1.013	0.6401	1.379
0.9875	0.6404	1.423	0.9820	2.492	0.3137	1.289	1.423	0.3946	0.8701	0.4013	0.8761	0.5509	1.201
0.975	0.5694	1.271	0.8755	2.179	0.2846	1.177	1.308	0.3413	0.7581	0.3465	0.7677	0.4815	1.060
0.95	0.4962	1.113	0.7634	1.869	0.2545	1.058	1.185	0.2888	0.6467	0.2905	0.6538	0.4095	0.9117
0.875	0.3935	0.8909	0.6025	1.450	0.2112	0.8852	1.005	0.2178	0.4917	0.2128	0.4893	0.3083	0.6984
0.8413	0.3651	0.8288	0.5563	1.324	0.1967	0.8357	0.9537	0.1951	0.4396	0.1921	0.4442	0.2802	0.6378
0.5	0.2055	0.4755	0.2905	0.6759	0.1184	0.5405	0.6430	0.0812	0.1875	0.0756	0.1805	0.1227	0.2871
0.1587	0.0907	0.2136	0.0784	0.1779	0.0497	0.3020	0.3857	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.125	0.0739	0.1736	0.0545	0.1229	0.0369	0.2672	0.3523	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.05	0.0308	0.0724	أقل من 0	أقل من 0	0.0051	0.1694	0.2463	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.025	0.0082	0.0190	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.1134	0.1849	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.0125	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.0671	0.1336	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.005	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.0176	0.0772	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0
0.0025	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.0409	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0

قيم التقسيمات الجزئية للمرتسم	الجهاز التنفسي غير الرئة		المسلك البولي		المثانة		المبيض	الأعضاء التناسلية الذكرية	الجهاز العصبي المركزي		السرطانات الصلبة المتبقية		اللمفومة
	ذكور	إناث	ذكور	إناث	ذكور	إناث	إناث	ذكور	ذكور	إناث	ذكور	إناث	للجنسين
0.9975	0.7400	1.716	1.480	3.561	1.561	3.887	2.02	1.51	0.9370	2.006	1.504	2.989	1.600
0.995	0.7009	1.619	1.396	3.354	1.474	3.577	1.86	1.44	0.8744	1.880	1.403	2.814	1.394
0.9875	0.5725	1.319	1.281	3.071	1.312	3.172	1.65	1.23	0.7444	1.618	1.267	2.575	1.134
0.975	0.4810	1.105	1.189	2.848	1.188	2.864	1.48	1.08	0.6491	1.424	1.160	2.385	0.9465
0.95	0.3930	0.9008	1.092	2.613	1.062	2.551	1.30	0.939	0.5553	1.230	1.048	2.185	0.7651
0.875	0.2755	0.6291	0.9489	2.273	0.8843	2.115	1.05	0.733	0.4295	0.9661	0.8887	1.893	0.5321
0.8413	0.2344	0.5366	0.9080	2.176	0.8311	1.987	0.982	0.667	0.3925	0.8862	0.8440	1.810	0.4742
0.5	0.0606	0.1377	0.6635	1.601	0.5388	1.282	0.576	0.3348	0.2057	0.4755	0.5859	1.315	0.1780
0.1587	أقل من 0	أقل من 0	0.4650	1.137	0.3091	0.7337	0.267	0.0670	0.0759	0.1772	0.3883	0.9148	0.0142
0.125	أقل من 0	أقل من 0	0.4380	1.073	0.2778	0.6587	0.230	0.0389	0.0600	0.1403	0.3626	0.8592	0.0032
0.05	أقل من 0	أقل من 0	0.3571	0.8820	0.1869	0.4414	0.117	أقل من 0	0.0189	0.0444	0.2871	0.6946	أقل من 0
0.025	أقل من 0	أقل من 0	0.3102	0.7698	0.1352	0.3176	0.0569	أقل من 0	0.0044	0.0101	0.2445	0.5986	أقل من 0
0.0125		أقل من 0	0.2712	0.6759	0.0925	0.2159	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.2099	0.5187	أقل من 0
0.005		أقل من 0	0.2285	0.5716	0.0457	0.1057	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.1726	0.4305	أقل من 0
0.0025		أقل من 0	0.2011	0.5038	0.0173	0.0393	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	أقل من 0	0.1492	0.3738	أقل من 0

ملاحظة : توزعات مرتسم الترجيح من أجل α من أجل سن تعرض e أكبر أو يساوي 30 وعمر مُخْرَز a أكبر أو يساوي 50: المواقع التي من أجلها التقريب اللوغاريتمي النظامي لم يكن ملائماً، والتي من أجلها أُستخدِمت قيم افتراضية لـ γ وδ. من أجل سن تعرض e أقل من 30 سنة و/أو عمر محرز a أقل من 50، فإن الخطر المفرط النسبي ERR عند 1 سيفرت = $\alpha \times h(e, a; \gamma, \delta)$, حيث $h(e, a; \gamma, \delta)$ يفترض أن يكون مستقلاً إحصائياً وموزعاً توزعاً نظامياً مع متوسط هندسي (GM) وانحراف معياري هندسي (GSD) كما يلي:

$$GM = \exp\{-0.05255 f(e) - 1.626 g(a)\}$$

$$GSD = \exp\{[0.0003261 \times f(e)^2 - 2 \times 0.007297 \times f(e) \times g(a) + 0.5648 \times g(a)^2]^{1/2}\}$$

حيث $F(e)$ و$g(a)$ معرفان في الجدول المرافق د.1.

من أجل **الابيضاض**، لقد نُمْذِج الحدوث القاعدي النوعي للموقع كدالة لنوع الجنس ومدينة التعرض (هيروشيما أو ناغازاكي) وسنة الولادة ووقت التقويم (عندما يشار إليه) والعمر عند المراقبة من أجل الخطر (العمر المُحْرَز) كما نوقش في Preston et al., (1994). إن نماذج الجرعة-الاستجابة الافتراضية كانت خطية (تناسبية مع مكافئ الجرعة D في السيفرت، من الآن فصاعداً تدعى «الجرعة» من أجل الإيجاز) من أجل الابيضاض المتعلق بالتعرض لإشعاع عالي الطاقة أو لإشعاع منخفض الطاقة الذي يتم تلقيه في معدلات متدنية للجرعة (تعرض مزمن)، وخطي-تربيعي من أجل الابيضاض المتعلق بالتعرض الحاد لإشعاع منخفض الطاقة. النموذج الخطي-التربيعي تم تعيينه للحصول على مساهمات متساوية للجرعة والجرعة-المربعة عند 1 سيفرت (تناسبية مع $(D + D^2)$. إن تسوية نموذج خطي-تربيعي عام (تناسبي مع $(D + \xi D^2)$ من أجل كافة أنماط الابيضاض باستثناء الابيضاض اللمفاوي المزمن (CLL)، معتبرة كمجموعة، ومن أجل الابيضاض نقيي المنشأ الحاد، والابيضاض اللمفاوي الحاد والابيضاض النِّقوي المزمن بصورة منفصلة، فإن تقديرات مختلفة لمتثابتات (بارامترات) غير معروفة تم الحصول عليها، اعتماداً على نمط الابيضاض، التي كانت أكبر من الصفر. مع ذلك، لأن كافة هذه التقديرات كانت منسجمة إحصائياً مع القيمة الافتراضية $\xi = 1$، فإن النماذج النهائية من أجل الابيضاض وأنماطه الفرعية اعتمدت على $\xi = 1$.

فيما يتعلق بعوامل التعديل كالجنس (s)، والعمر عند التعرض (e) والعمر المحرز (a) والزمن منذ التعرض (t)، كان النموذج المُسَوَّى

$$\mathrm{ERR}(D,e,a) = \alpha(D + D^2)\exp\{\beta e + \gamma t + \delta et\} \qquad (2)$$

حيث α وβ وγ وδ هي متثابتات (بارامترات) غير معروفة التي قد تكون نوعية لنوع الجنس. قُدِّرَت المتثابتة (البارامتر) α من البيانات، كما كانت متثابتات (بارامترات) β وγ وδ إلا إذا لم تضع مساهمة هامة في تحسين تناسب النموذج للبيانات، في أية حالة تم تعيينها إلى الصفر؛ على نحو مماثل، المتثابتات (البارامترات) الفردية جُعِلَت نوعية لنوع الجنس فقط إذا أدى إجراء ذلك إلى تحسين هام في التناسب. في أعقاب Preston et al., (1994)، نُمْذِجت استجابة جرعة الابيضاض بما يتعلق بـ e وt و$a - e = a$ بدلاً من e وa.

إن توزع الرِّيبَة الإحصائي للتقدير الناتج يوصَف عبر توزع ترجيح المرتسم للمتثابتة (البارامتر) المُسَوَّاة α في الجدول د.3.

جدول د.3 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت، الابيضاض غير اللمفاوي المزمن، يضم نوعي الجنس. توزعات مرتسم الترجيح، بواسطة قيم مُمَثَّلة من أجل العمر عند التعرض والزمن منذ التعرض

قيم التقسيمات	العمر عند التعرض 20 سنة					العمر عند التعرض 30 سنة					
الجزئية للمرتسم	5 سنوات	10 سنوات	15 سنة	25 سنة	35 سنة	45 سنة	5 سنوات	10 سنوات	15 سنة	25 سنة	35 سنة	45 سنة
0.9975	72.69	29.87	13.54	3.967	1.671	0.8029	37.55	18.19	9.412	3.361	1.672	0.9342
0.995	65.99	27.68	12.71	3.744	1.538	0.7102	34.69	17.09	8.944	3.206	1.556	0.8387
0.9875	57.46	24.83	11.62	3.438	1.358	0.5913	30.97	15.62	8.311	2.991	1.400	0.7154
0.975	51.20	22.68	10.78	3.194	1.217	0.5038	28.16	14.49	7.816	2.818	1.277	0.6239
0.95	45.05	20.51	9.922	2.934	1.071	0.4180	25.33	13.33	7.299	2.633	1.149	0.5334
0.875	36.94	17.57	8.719	2.554	0.8658	0.3065	21.47	11.70	6.559	2.358	0.9676	0.4137
0.8413	34.80	16.76	8.385	2.445	0.8091	0.2778	20.42	11.25	6.350	2.278	0.9168	0.3820
0.5	23.55	12.35	6.481	1.784	0.4911	0.1352	14.65	8.662	5.121	1.789	0.6253	0.2185
0.1587	16.10	9.173	5.015	1.239	0.2730	0.0585	10.52	6.674	4.124	1.366	0.4060	0.1173
0.125	15.21	8.776	4.824	1.168	0.2480	0.0511	10.01	6.416	3.991	1.308	0.3786	0.1062
0.05	12.65	7.592	4.244	0.9509	0.1783	0.0320	8.481	5.633	3.580	1.127	0.2979	0.0755
0.025	11.25	6.925	3.907	0.8277	0.1428	0.0234	7.627	5.180	3.338	1.019	0.2535	0.0601
0.0125	10.14	6.380	3.627	0.7271	0.1161	0.0175	6.933	4.804	3.134	0.9281	0.2181	0.0486
0.005	8.959	5.788	3.315	0.6185	0.0898	0.0123	6.184	4.389	2.905	0.8259	0.1809	0.0374
0.0025	8.227	5.412	3.113	0.5503	0.0745	0.0095	5.709	4.120	2.754	0.7591	0.1581	0.0310

سرطان الدرقية. قُدِّر خطر سرطان الدرقية من تحليل مشترك لست مجموعات مختلفة من البيانات. إن الدرقية هو موقع السرطان الوحيد في Land et al., (2003) الذي من أجله معظم بيانات الجرعة-الاستجابة كانت من مجموعة سكانية مُعَرَّضة للأشعة السينية الطبية. في التحليل، أُفتُرِضت أن جرعة الأشعة السينية الطبية وجرعة أشعة غاما من القنابل الذرية كانت مكافئة في الفعالية، كما في التحليل الأصلي لِـ Ron et al., (1995). في مكان آخر من التقرير تقدم المناقشات في دعم الفعالية البيولوجية النسبية (RBE) حوالي 2 من أجل 30-250 ألف إلكترون فُلط (Kev) (مثلاً، الأشعة السينية الطبية) مقارنة بالفوتونات ذات الطاقة الأعلى (مثلاً، أشعة غاما من انفجارات القنبلة الذرية). مع ذلك، لأن التعرضات للقنبلة الذرية أُعتبِرت من قِبَل Ron et al., (1995) أنها كانت حادة وأن التعرضات للأشعة السينية الطبية كانت مُجَزَّأة، فقد اعتبرنا أن لا تصحيح كان ضرورياً لأن، عند الجرعات المعتدلة والعالية، التجزيء وعامل الفعالية البيولوجية النسبية (RBE) ملائمة للأشعة السينية الطبية ينبغي أن يكون لها آثار عكسية ومتساوية تقريباً بشأن الخطر.

يظهر الجدول د.4 توزع الرِّيبَة الإحصائي.

الجدول د.4 حساب توزع الرِّيبَة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت

العمر عند التعرض	المتوسط الهندسي	الانحراف المعياري الهندسي
0	9.463	2.183
5	6.262	1.924
10	4.136	1.976
15	2.732	2.160
20	1.804	2.301
25	1.192	2.367
30	0.788	2.365
35	0.521	2.379
40	0.345	2.732
45	0.228	3.140
50	0.151	3.611

سرطان الجلد. كانت مجموعة العمل معارضة بشكل أولي لتضمين سرطانات الجلد في التقرير الحالي، بسبب المستوى العالي للرِّيبَة بشأن كيفية انتقال الخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت بين اليابانيين الناجين من القنبلة الذرية والمجموعات السكانية في الولايات المتحدة. إن سرطان الجلد غير الورم الميلانيني هو مرض غير قابل للإبلاغ في الولايات المتحدة (رغم أنه قابل للإبلاغ في اليابان)، والمعدلات القاعدية غير متاحة بسرعة، مثلاً برنامج الترصد والوبائيات والنتائج النهائية (NCI's SEER) للمعهد الوطني للسرطان (Ries et al., 1997). مع ذلك، أشار تقرير المجلس الوطني للبحوث (2000) (NCR) إلى أن المعدلات المقدرة كانت متاحة من أجل المقيمين في الولايات المتحدة البيض والأمريكان الأفارقة (Scotto et al., 1983)، وأوصى بأن تأخذ مجموعة العمل بعين الاعتبار بجدية تضمين الجلد بين مواقع السرطان التي يشملها التقرير الحالي. أيضاً، إن قسم شؤون المحاربين القدماء والمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH) عَبَّرا عن اهتمامها بالحصول على تقديرات لسرطان الجلد.

كانت مصدر بياناتها مجموعة البيانات لِـ Thompson et al., (1994) المتوضعة في مؤسسة بحوث آثار الإشعاع (RERF) في هيروشيما. Dale Preston، رئيس قسم الإحصاءات في تلك المؤسسة، قدم بكرم منه من أجل إجراء تحاليل من أجل مجموعة العمل. بشكل أولي طلبنا تحاليل شبيهة لتلك من أجل الأورام الصلبة الأخرى، أي استخدام النموذج العام المستخدم في Ron et al., (1998)، والنموذج الموصوف في المعادلة (1) للتقدير الحالي.

من أجل سرطانة (كارسينوما) الجلد قاعدية الخلايا، النمط الفرعي الوحيد الذي من أجله استجابة هامة للجرعة تم الحصول عليها من قِبَل Ron et al., (1998)، كان هناك تناقص سريع في الخطر المفرط النسبي (ERR)/ سيفرت عبر سن التعرض، الذي امتد إلى ما بعد عمر 30 سنة وكان مختلفاً عن الاتجاه الشائع المفترض من أجل المواقع الأخرى، ولم يكن ثمة اعتماد على العمر المُحْرَز. لذلك استبدلنا دالة العمر $f(e)$ كما وصف أعلاه بـ:

$$f(e) = -30 \text{ for } e \le 10,\ f(e) = e - 40 \text{ for } 10 < e < 40, \text{ and } f(e) = 0 \text{ for } e \ge 40)$$

وبالتالي، لم يكن ثمة اعتماد على العمر المُحْرَز، وقيم ثابتة للخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت، عند مستويات مختلفة، من أجل أعمار تعرض أقل من 10 سنوات ومن أجل أعمار 40 سنة أو أكثر، مع تحول خطي في تدرج لوغاريتمي بين $e = 10$ و$e = 40$. حُسِبت توزعات مرتسم الترجيح من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت من أجل 40 و30 و20 و10 = e واستُكْمِلت من أجل e بين 10 و40 [أُنظر Land et al. (2003)، والجدول د-5].

من أجل سرطانات الجلد غير الورم الميلانيني الأخرى غير السرطانة (الكارسينوما) قاعدية الخلايا، التي تفوقها السرطانة (الكارسينوما) حرشفية الخلايا، فإن التقدير النقطي غير المُعَدَّل للخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت كان سلبياً ولا يمكن الحصول على تقدير جامع إذا أُدخل معدِّل معتمد على العمر مع قيمة متثابتة (بارامتر) حرة أو ثابتة. لذلك نحسب مرتسماً وحيداً من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR)/سيفرت بدون تعديل عبر العمر.

في مجموعة البيانات في Ron et al., (1998) عشرة حالات فقط من الورم الميلانيني الخبيث، وهي أقل بكثير من معيار الإدراج الأدنى (50 حالة عند جرعات أكثر من 10 ميلي سيفرت)، ولذلك لم ندرج ذلك النمط من السرطان.

الجدول د-5 حساب توزع الرَيبة من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزعات مرتسم الترجيح من أجل سرطان الجلد غير الورم الميلانيني، يضم نوعي الجنس، ومن أجل السرطانة (الكارسينوما) قاعدية الخلايا: عمر التعرض 10-0 و20 و30 و40 سنة أو أكثر

قيم التقسيمات	سرطان الجلد قاعدي الخلايا، بحسب العمر عند التعرض				سرطان جلد آخر
الجزئية للمرتسم	10-0	20	30	40 أو أكثر	غير الورم الميلانيني
0.9975	149.7	23.79	5.872	2.342	0.8243
0.995	129.1	21.34	5.360	2.095	0.7156
0.9875	104.3	18.26	4.687	1.773	0.5715
0.975	87.30	16.02	4.175	1.531	0.4613
0.95	71.53	13.84	3.655	1.288	0.3489
0.875	52.35	11.01	2.938	0.9613	0.1940
0.8413	47.61	10.27	2.742	0.8744	0.1519
0.5	25.22	6.441	1.645	0.4200	0.0807
0.1587	13.14	3.970	0.8365	0.1495	أقل من 0
0.125	11.88	3.677	0.7399	0.1235	أقل من 0
0.05	8.467	2.837	0.4556	0.0579	أقل من 0
0.025	6.778	2.376	0.3132	0.0323	أقل من 0
0.0125	5.524	1.998	0.2125	0.0178	أقل من 0
0.005	4.295	1.576	0.1245	0.0078	أقل من 0
0.0025	3.584	1.301	0.0814	0.0041	أقل من 0

تقديرات الخطر لسرطان الرئة. جُمِعت هذه التقديرات على نحو منفصل بين الناجين من القنبلة الذرية من قِبَل Don Pierce بتطبيق النموذج (1) المذكور أعلاه على البيانات من دراسته النوعية للموقع للآثار المشتركة للإشعاع وتاريخ التدخين (Pierce et al., 2003). يُناقَش هذا التحليل في مكان آخر في هذا التقدير.

سرطان الرئة المتعلق بالرادون. أُعِدَّ تقرير من أجل قسم العدالة (1996) يحتوي على جداول للتعرضات التراكمية للرادون، في سوية العمل في الشهر (WLM)، متمشياً مع التقديرات النقطية والحدود الأعلى للثقة التي مقدارها 80 بالمئة و90 بالمئة من أجل احتمال التسبيب (PC) يساوي أو أكبر من 50 بالمئة، ومجموعة البيانات الأصلية المستخدمة من أجل هذه الحسابات، لكن مقتصرة على التعرضات التي تساوي أو أقل من 3,200 سوية العمل في الشهر (WLM)، أُتيحَت لمجموعة العمل. سعت مجموعة العمل إلى أن تقارب الجدول الملحق 3 أ من التقرير ونَمْذَجت الخطر المفرط النسبي (ERR) كما يلي:

$$\text{ERR}(wlm,e,t) = \alpha\ wlm^{\beta} \exp\{\gamma\ f(a) + \delta\ g(t)\} \qquad (3)$$

حيث wlm هي التعرض التراكمي للرادون في سوية العمل في الشهر، وa هي العمر عند التشخيص، وt هي الزمن منذ

التعرض الأخير، وα وβ وγ وδ هي متثابتات (بارامترات) غير معروفة، و

$$f(a) = 0 \text{ for a} \le 45, f(a) = a - 45 \text{ for } 45 < a \le 75, \text{ and } f(a) = 30 \text{ for } a > 75$$

$$g(t) = 0 \text{ for t} \le 5, g(t) = t - 5 \text{ for } 5 < t \le 30, \text{ and } g(t) = 20 \text{ for } t > 25$$

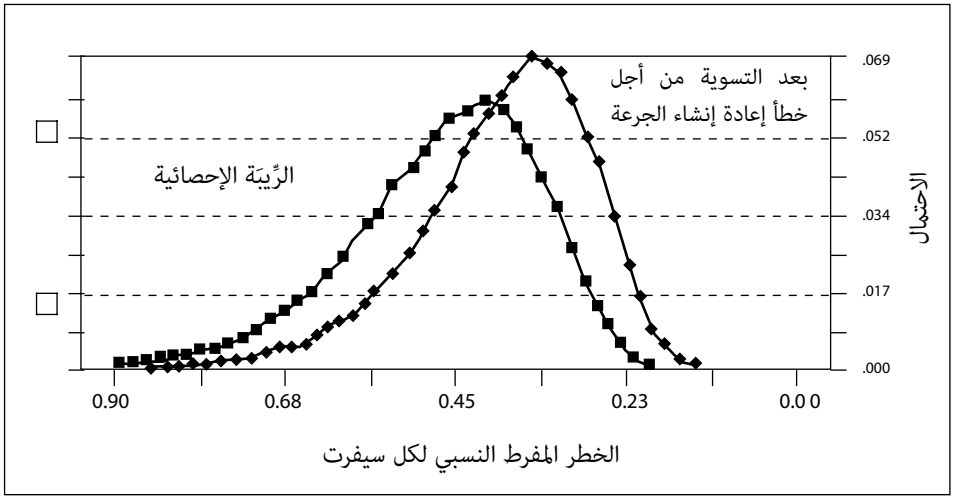
وبالتالي، أُفْتَرِض بأن يكون الخطر المفرط النسبي (ERR) تناسبياً مع طاقة غير مؤكدة للتعرض التراكمي في سوية العمل في الشهر (WLM)، وأن يكون ثابتاً في a (عند مستويات مختلفة) من أجل a تساوي أو أقل من 45 و a أكبر من 75، وأن تكون ثابتة في t (ثانيةً، عند مستويات مختلفة) من أجل t تساوي أو أقل من 5 وt أكبر من 25. إن دالات الترجيح من أجل الخطر المفرط النسبي $ERR_{1\ wlm}$ سوية العمل في الشهر متوفرة في الجدول IV.D.10 Land et al., (2003)، من أجل المدخنين وغير المدخنين، من أجل a تساوي أو أقل من 45، و$a = 63$، وa أكبر من 75، ومن أجل t تساوي أو أقل من 5، و$t = 15$، وt أكبر من 25، من أجل الاستكمال في a وt. يُضْرَب الخطر المفرط النسبي $ERR_{1\ wlm}$ سوية العمل في الشهر بسوية العمر في الشهر$^{0.82}$ من أجل الخطر المفرط النسبي (ERR) عند سوية العمل في الشهر (wlm) المطلقة.

د.2 التصحيح من أجل الأخطاء العشوائية والمنهجية في قياس الجرعة للناجين من القنبلة الذرية

إن معالجتنا للأخطاء العشوائية والمنهجية لتقدير الجرعة للناجين من القنبلة الذرية اعتمدت بشكل رئيس على المعالجة الموصوفة في الفصل 3 من تقرير NCRP (1997)، ويحال القارئ إلى هذه المادة من أجل التفاصيل. بإيجاز، تم الحصول على عامل التصحيح بدمج الرِّيبَة في مقدار الأخطاء العشوائية في جرعات الناجين، في الاختيار الملائم للفعالية البيولوجية النسبية (RBE) للنترونات في تحليل بيانات الناجين من القنبلة الذرية، بسبب التحيز المنهجي في تقديرات جرعة غاما، وبسبب التحيز المنهجي في تقديرات جرعة النترون في هيروشيما، مما أنتج عامل تصحيح تضاعفي شامل موزع كالمتغير العشوائي الطبيعي مع متوسط مقداره 0.83 وخطأ معياري مقداره 0.084.

يُظهِر الشكل د.2 المثال في الشكل د.1 مُصَحَّحاً من أجل خطأ إعادة إنشاء الجرعة.

الشكل د.2 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): أثر التصحيح من أجل خطأ إعادة إنشاء الجرعة

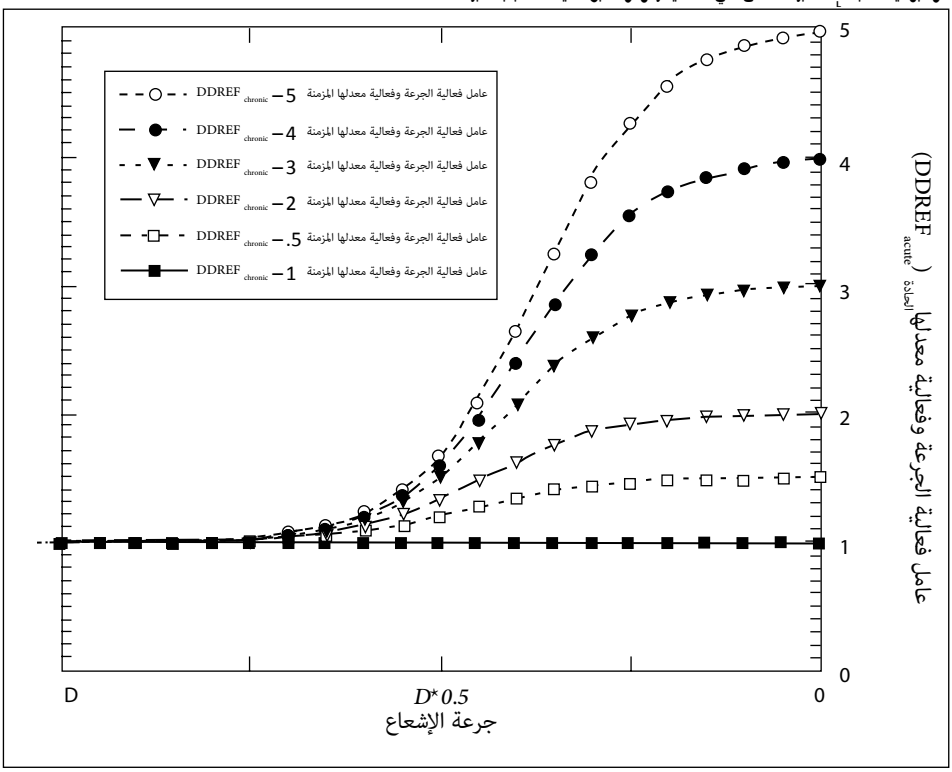


ملاحظة: إن التقدير المُصَحَّح للخطر المفرط النسبي(60) (60)(ERR) لكل سيفرت لوغاريتمي نظامي مع متوسط هندسي (GM) مقداره 0.375 وانحراف معياري هندسي (GSD) مقداره 1.341.

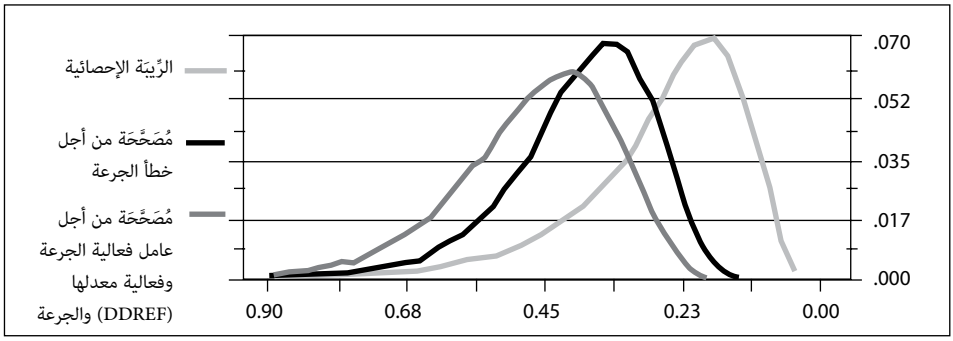
د.3 اعتماد الخطر على الجرعة ومعدل الجرعة للإشعاع منخفض الطاقة

من أجل الابيضاض، يحدد شكل دالة الجرعة-الاستجابة الخطية-التربيعية انخفاضاً مقداره الضعفان في الخطر المفرط لكل جرعة وحدة بين $D = 1$ سيفرت وD قريبة من الصفر. نظراً لعدم وجود رِيبَة في انحناء استجابة الجرعة المُسَوَّى، فإنه لا يوجد رِيبَة في عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) من أجل الابيضاض. (سيعاد تقييم هذا القرار عندما تُنَقَّح التعديلات.) بالنسبة للسرطانات الأخرى التي من أجلها تُفترَض استجابة الجرعة الخطية فقد افترضت مجموعة العمل عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها DDREF غير مؤكد مع احتمالات 0.01 و0.04 و0.2 و0.3 و0.3 و0.1 و0.04 و0.01 مخصصة إلى قيم 0.5 و0.7 و1 و1.5 و2 و3 و4 و5. إن القسمة على عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) تقسم الخطر الوسيط في النصف، لكن تضيف رِيبَة هامة إلى التقدير. من أجل التعرض «المزمن»، يطبق دوماً هذا العامل (DDREF)؛ من أجل التعرض «الحاد»، فإن عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها الحادة $(DDREF_{acute})$ يُنَمْذَج ككمية عشوائية التي تقارب عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها المزمنة $DDREF_{chronic}$ بينما الجرعة تتناقص إلى الصفر. بين الصفر وجرعة مرجعية غير مؤكدة، فإن D_L (بين 0.03 و0.2 غراي، متوزعة توزعاً لوغاريتمياً موحداً على مدى ذلك الفاصل). إن عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها الحادة $(DDREF_{acute})$ يزداد قليلاً عن عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها المزمنة $DDREF_{chronic}$ عند الجرعة الصفر إلى 1 عند D_L فأكثر، وفقاً للدالة اللوجستية للجرعة (الشكل د.3). يتضمن الشكل د.4 مثالاً لسرطان المعدة المستخدم في الشكلين د.1 ود.2، المُصَحَّح إضافياً من أجل عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) غير المؤكد.

الشكل د.3 اختلاف عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها الحاد $(DDREF_{acute})$ كدالة لجرعة الإشعاع من أجل قيم مختارة لعامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها المزمنة $(DDREF_{chronic})$ من أجل قيمة ثابتة D_L، الجرعة الأدنى التي عندها يفترض أن تطبّق خطية الاستجابة للجرعة



الشكل د.4 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): أثر التصحيح من أجل عامل فعالية الجرعة و فعالية معدلها (DDREF) غير المؤكد



ملاحظة: إن التقدير المُصَحَّح للخطر المفرط النسبي(60) (60)ERR من أجل جرعة مزمنة من نوع غاما مقدارها 0.12 سيفرت هو لوغاريتمي نظامي تقريباً مع متوسط هندسي (GM) مقداره 0.0280 وانحراف معياري هندسي (GSD) مقداره 1.68.

د.4 التصحيح من أجل نوع الإشعاع

قد يكون الأشخاص مُعَرَّضين لأنماط مختلفة كثيرة للإشعاع المُؤَيِّن. بما في ذلك الفوتونات والإلكترونات وجسيمات ألفا والنترونات، ويمكن أن تتباين كثيراً طاقات كل نمط من الإشعاع. إن دراسات كثيرة لآثار الإشعاع المُؤَيِّن على مجموعة متنوعة واسعة من النُّظُم البيولوجية، التي تتراوح من الخلايا البسيطة إلى الأحياء الكاملة المعقدة أظهرت أن أنماطاً مختلفة من الإشعاع غالباً ما تختلف جوهرياً بفعاليتها البيولوجية. الاحتمال هو أن استجابة بيولوجية معينة مُحْدَثَة عبر الإشعاع تعتمد على نمط الإشعاع، وطاقته أحياناً، بالإضافة إلى الجرعة. في تقييم أخطار السرطان واحتمال التسبيب (PC) (الحِصَّة المُخَصَّصَة) من أجل فرد تلقى تعرضات معروفة أنماط معينة من الإشعاع، فإنه من الأساسي أن تؤخذ بالحسبان الاختلافات في الفعاليات البيولوجية للإشعاعات المختلفة.

لغرض تقييم أخطار السرطان والحِصَص المُخَصَّصَة في الأفراد الذين يمكن تحديدهم الذين تلقوا تعرضات معروفة (مقدرة) من الإشعاع، فإن مصطلح «عامل فعالية الإشعاع» (REF)، وُضِع لوصف الفعالية البيولوجية لأنماط الإشعاع المختلفة (Kocher et al., 2005). ثمة سببان بشأن لماذا يُستخدَم مصطلح جديد آخر غير الفعالية البيولوجية النسبية (RBE) أو «عامل تثقيل الإشعاع». أولاً، عامل الفعالية البيولوجية النسبية (RBE) غير ملائم لأن هذه الكمية تطبق على وجه التحديد على النتائج التي يتم الحصول عليها من دراسات إشعاعية نوعية فقط ولهذا لا ينبغي أن تُستخدَم لوصف استقراء لمثل هذه النتائج إلى النقاط النهائية المختلفة، أو الأنظمة البيولوجية، أو ظرف التعرض. ثانياً، كما نوقش أعلاه، إن عامل تثقيل الإشعاع هو كمية نقطية موصوفة، بدون رِيبَة، التي تستخدم في الحماية من الإشعاع لحساب الجرعات المكافئة، لكن ليست مخصصة للاستخدام لتقدير أخطار السرطان والحِصَص المُخَصَّصَة في أفراد ممكن تحديدهم الذين تلقوا تعرضات معروفة. علاوة على ذلك، إن أخطار السرطان والحِصَص المُخَصَّصَة تقدر اعتماداً على تقديرات الجرعة بدون الحاجة لتقدير الجرعات المكافئة، ومن الأساسي أن يؤخذ بالحسبان الرِّيبات في الفعالية البيولوجية لأنماط الإشعاع المرجعي المحدد. يُظهِر الشكل د.5 تطبيقات هذه الاعتبارات باستخدام مثال سرطان المعدة لدى امرأة. يقدم الشكل المثال المتعلق بسرطان المعدة المُستخدَم في الأشكال د.1 ود.2 ود.4، مع تصحيح من أجل جرعة الأشعة السينية الطبية.

إن توزعات الاحتمال لعوامل فعالية الإشعاع المستخدمة في تقرير المعهد الوطني للسرطان/مركز مكافحة الأمراض (NCI/CDC) وُضِعت من قِبَل Kocher et al., (2005) بموجب عقد مع المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH)، وأخذته بالحسبان المراجعات النظيرة للعمل من قِبَل مستشاري نفس المعهد (NIOSH). يتضمن

الجدول د.6 ملخصاً لتوزعات الاحتمال المفترضة لعوامل فعالية الإشعاع من أجل الفوتونات والإلكترونات، وثمة ملخص للتوزعات من أجل جسيمات ألفا في الجدول IV.H.2, وملخص للتوزعات من أجل النترونات في الجدول IV.H.3 لِـ Land et al., (2003). من أجل الفوتونات والإلكترونات، فإن توزعات الاحتمال لعوامل فعالية الإشعاع تطبق على كافة السرطانات، في حين أن توزعات احتمال منفصلة وُضِعت من أجل الابيضاضات (بما في ذلك اللمفومات والسرطانات اللمفية) في حالات التعرض لجسيمات ألفا والنترونات. للأغراض الحالية، يُفْتَرَض أن أي تعرض لإشعاع البروتون سيكون عند طاقات عليا للبروتون، مع الفعالية البيولوجية النسبية RBE =1 المتعلقة بفوتونات عالية الطاقة. إن توزعات الاحتمال للتصحيح من أجل الأثر العكسي للجرعة-المعدل مُتَضَمَّنَة في الجداول من أجل جسيمات ألفا والنترونات.

الجدول د.6 الفوتونات والإلكترونات: خلاصة لتوزعات الاحتمال لعوامل فعالية الإشعاع التي يتعين استخدامها في تقدير أخطار السرطان والحصص المُخَصَّصَة وفقاً لـ[أ] (IV.H.4) أو (IV.H.3) أو (IV.H.1) eq.

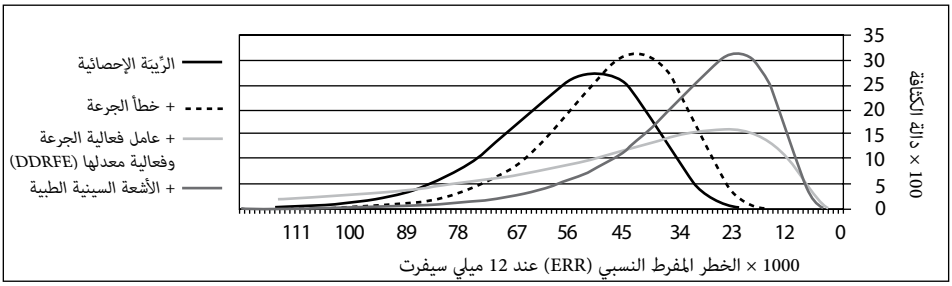
نمط الإشعاع	التعرض	توزع الاحتمال لعامل فعالية الإشعاع (REF_L)
الفوتونات	مزمن أو حاد[ب]	
E أكبر من 250 ألف إلكترون فُلْط		وحيد القيمة عند 1.0 (الفوتونات ذات طاقة أعلى هي الإشعاع المرجعي المفترض)
E = 30-250 ألف إلكترون فُلْط		توزع هجين مع: • 25% احتمال مخصص لقيمة 1.0 • 75% احتمال مخصص لتوزع لوغاريتمي نظامي مع 95% احتمال بين 1.0 و5.0
E أقل من 30 ألف إلكترون فُلْط		ناتج توزعين: (1) توزع هجين من أجل E = 30–250 ألف إلكترون فُلْط؛ و (2) توزع مثلثي مع حد أدنى مقداره 1.0، ومنوال مقداره 1.3، وحد أعلى مقداره 1.6
الإلكترونات	مزمن أو حاد[ب]	
E أكبر من 15 ألف إلكترون فُلْط		وحيد القيمة عند 1.0 (يفترض أن يكون نفسه كقيمة من أجل الفوتونات المرجعية ذات طاقة أعلى)
E أصغر من 15 ألف إلكترون فُلْط [ج]		توزع لوغاريتمي نظامي مع فاصلة ثقة 95% مقدارها 1.2 و5.0

أ المعادلات واردة في القسم IV.H لِـ Land et al., (2003). تطبق المعادلة (IV.H.1) على الأورام الصلبة، و(IV.H.3) .eq على الابيضاضات تحت ظروف التعرض المزمن، و(IV.H.4) .eq على الابيضاضات ضمن ظروف التعرض الحاد.

ب عندما تُستخدَم معادلة (IV.H.1) ، فإن عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) يطبق دوماً ضمن ظروف التعرض المزمن. عند الجرعات الحادة الأكبر من 2 ميلي غراي، يُفْتَرَض أن يكون ذلك العامل (DDREF) مساوياً لِـ 1.0؛ أما في التعرضات الحادة أقل من 2 ميلي غراي، فإنه يطبق ذلك العامل (DDREF). الذي يفوق 1.0، وتوزع قيم الاحتمال يقارب توزع الاحتمال لذلك العامل (DDREF) الذي يطبق على كافة التعرضات المزمنة لأن الجرعة تقارب الصفر.

ج يعتمد توزع الاحتمال على بيانات الفعالية البيولوجية النسبية (RBE) من أجل جسيمات بيتا منخفضة الطاقة التي تصدر من اضمحلال الترتيوم (3H)؛ إن التوزع يطبق على إلكترونات أخرى طاقتها أقل من 15 ألف إلكترون فُلْط، باستثناء إلكترونات أوجيه (Auger) التي تصدر بواسطة النوكليدات المدمجة في الحمض الريبي النووي المنزوع الأوكسجين (DNA).

الشكل د.5 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، تابع لما قبله): عامل فعالية الإشعاع (REF) من أجل 30-250 ألف إلكترون فُلْط من الفوتونات تُوَزَّع وفقاً للتوزع العجين الذي يحدد احتمالاً مقداره 25% إلى واحد واحتمالاً مقداره 75% إلى متغير عشوائي مُوَزَّع توزعاً لوغاريتمياً نظامياً مع متوسط هندسي (GM) مقداره 5.5 وانحراف معياري هندسي مقداره (GSD) 1.51



ملاحظة: إن التصحيح المقدر للخطر المفرط النسبي(60) (60)ERR من أجل جرعة مزمنة من الأشعة السينية مقدارها 0.12 سيفرت هو لوغاريتمي نظامي تقريباً، مع متوسط هندسي (GM) مقداره 0.435 وانحراف معياري هندسي (GSD) مقداره 2.13.

د.5 انتقال الخطر المفرط النسبي ERR من السكان اليابانيين إلى سكان الولايات المتحدة

ثمة قلق كبير بشأن استخدام البيانات من الناجين اليابانيين من القنبلة الذرة لتقدير الأخطار من أجل سرطانات معينة لدى سكان الولايات المتحدة (أو غيرها) وهو أن الأخطار القاعدية تختلف بين المجموعتين السكانيتين واعتماد أخطار الإشعاع على الأخطار القاعدية غير معروف بدقة. على سبيل المثال، إن المعدلات القاعدية للسرطان من أجل سرطان الثدي والرئة والقولون أقل في اليابان بالمقارنة مع الولايات المتحدة، في حين أن المعدلات من أجل سرطان المعدة والكبد أعلى كثيراً في اليابان. إن تقدير الخطر من أجل سكان الولايات المتحدة المعتمد على مُعامِلات الاستجابة للجرعة المشتقة من بيانات الناجي من القنبلة الذرية غالباً ما يُشار إليه كمشكلة «الانتقال» أو «النقل». ثمة مزيد من المناقشة المفصلة لمشكلة الانتقال في NCRP (1997).

حلان بسيطان يدعيان بنموذجي الانتقال «التضاعفي» و«الجمعي»، اللذين فيهما تقديرات الخطر المفرط النسبي (ERR) (النسبة بين الخطرين المفرط والقاعدي) والخطر المطلق (الاختلاف بين معدلات السرطان المقدرة مع وبدون التعرض)، يطبقان على التوالي على المجموعة السكانية الثانية (في هذه الحالة، سكان الولايات المتحدة). إن النموذج التضاعفي للانتقال معقول بيولوجياً لدرجة أن التعرض للإشعاع المُؤَيِّن يمكن أن يُفْتَرَض أن يفعل كَـ «مُبْدِئ» للعملية التي احتمال حدوث السرطان يعتمد فيها على فعل عوامل «التعزيز»، إذا ما كانت عوامل «التعزيز» تلك مسؤولة عن الاختلاف في المعدلات القاعدية بين المجموعتين السكانيتين، أو، بدلاً من ذلك، إذا ما كان يتعين لإشعاع أن يفعل كَـ «مُبْدِئ» للآثار المسرطنة لعوامل أخرى التي هي فعالة بصورة مختلفة في المجموعتين السكانيتين. في هذا الرأي، إن الخطر المفرط من التعرض للإشعاع سيكون أكبر في مجموعة سكانية عالية الخطر على نحو سوي من مجموعة سكانية منخفضة الخطر على نحو سوي. إن نموذج الانتقال الجمعي معقول لدرجة أن الإشعاع يمكن أن يُفْتَرَض أن يفعل بصورة رئيسة كمُبْدَئ والاختلاف بين المعدلات القاعدية للسكان يمكن أن يُفْتَرَض أن يكون بسبب الآثار التفريقية في المجموعتين السكانيتين للمسرطنات «المُبْدِئة» الأخرى التي تفعل بصورة مماثلة للإشعاع. في هذا الرأي، إن عبء الخطر الجمعي للسرطان للتعرض للإشعاع سيكون مستقلاً عن المعدل القاعدي للسكان.

أُستخدِمت أساليب عديدة لتقدير انتقال الخطر اعتماداً على بيانات الناجين اليابانيين من القنبلة الذرية إلى مجموعات سكانية أخرى. أُستخدِم النموذج التضاعفي للانتقال من قِبَل اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (1988) (UNSCEAR) من أجل سكان العالم وفي التقرير الخامس للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن BEIR V (NRC, 1990) من أجل سكان الولايات المتحدة. أُستُخدِم النموذج الجمعي للانتقال في التقرير الثالث للآثار البيولوجية للإشعاع BEIR III (NRC, 1980) وتقرير المعهد الوطني للصحة (1985) NIH. إن نموذجي الانتقال يمكن أن يؤديا إلى تقديرات مختلفة جداً للخطر المتعلق بالإشعاع من أجل بعض السرطانات التي من أجلها الأخطار القاعدية تختلف كثيراً بين اليابان والولايات المتحدة (Land, 1990). يتلقى كل نموذج بعض الدعم من مقارنات نوعية للموقع، لكن ثمة مواقع قليلة التي من أجلها يمكن إجراء مقارنات تحليلية ذات معنى. في حال أن اختلافات السكان في معدلات السرطان يمكن أن تكون بسبب كلا العاملين المُبْدِئ والمُعَزِّز، فإنه من المحتمل أن تآثرات النموذج الجمعي والتضاعفي مع الإشعاع قد تحدث، وأن نوعاً من النموذج الممزوج قد يكون ملائماً. على سبيل المثال، استخدمت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (1991) ICRP المتوسط الحسابي لقيم الخطر المفرط النسبي (ERR) التي تم الحصول عليها عبر نموذجي الانتقال لكافة الأنماط الصلبة للسرطان المشتركة (Land and Sinclair, 1991) واستخدمت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (Puskin and Nelson, 1995) المتوسط الحسابي [باستثناء سرطان الكبد المرتبط بالتعرض لثوروتراست

(ثنائي أكسيد الثوريوم) المشع وسرطان العظم من التعرض للراديوم. 224 (224Ra)، التي من أجلها أُنتقِي النموذج الجمعي للانتقال]. استخدمت تقارير أحدث توليفات خطية أو هندسية غير مؤكدة (أي مختارة عشوائياً)، مُثَقَّلَة بطرق مختلفة، للنماذج الجمعية والتضاعفية للانتقال من أجل تقدير الخطر الكلي لوفيات السرطان (EPA, 1999).

إن معدلات الوفيات من أجل كافة أنماط السرطان المشتركة تتباين على نحو قليل نسبياً بحسب الأمة، بالمقارنة مع الاختلاف النوعي للموقع. إن قيمة الخطر المفرط النسبي$_{\text{سيفرت}1}$ (ERR_{1SV}) الأولية من أجل الوفيات من كافة السرطانات المشتركة المستخدمة في تقرير NCRP (1997) كان الوسطي المدور لتقديرات النموذج الجمعي والتضاعفي للانتقال من بيانات الوفيات لدراسة فترة الحياة (LSS) من أجل خمس مجموعات سكانية وطنية مختلفة (ICRP, 1991; Land and Sinclair, 1991). وبالتالي، لم تكن مشكلة هذا التقرير كيفية تقدير الخطر المفرط النسبي$_{\text{سيفرت}1}$ (ERR_{1SV}) من أجل سكان الولايات المتحدة لكن لتحديد عامل الرِّيبَة $f(T)$ موزعاً كَـ In(1.3 ,1).

بالنسبة لِـ Land et al., (2003)، كانت المشكلة كيفية تقدير قيم الخطر المفرط النسبي1 سيفرت (ERR_{1SV}) النوعي للموقع والنوعي للعمر من أجل مجموعة سكانية معينة بوجود اختلافات كبيرة بصورة ممكنة في المعدلات القاعدية وبغياب المعلومات المفيدة بشأن أي نموذج يمكن تصحيحه. إن الأسلوب المختار كان لاستخدام توليفة خطية عشوائية بين النماذج الجمعية والتضاعفية،

$$(ERR_{1Sv})_{US} = y \times (ERR_{1Sv})_{mult} + (1 - y) \times (ERR_{1Sv})_{add}$$

حيث يتراوح Y المتغير العشوائي بين -0.1 و1.1. هنا، إن الخطر المفرط النسبي$_{\text{سيفرت}1\text{ جمعي}}$ (ERR_{1Sv})$_{mult}$ هو الخطر المفرط النسبي النوعي للموقع ونوع الجنس والعمر عند 1 سيفرت الذي يتم الحصول عليه من التحليل الإحصائي لبيانات اليابانيين الناجين من القنبلة الذرية ومُصَحَّح من أجل الأخطاء العشوائية والمنهجية في الجرعة إلى الناجين من القنبلة الذرية (انظر أعلاه). إن الخطر المفرط النسبي$_{\text{سيفرت 1 جمعي}}$ (ERR_{1Sv})$_{mult}$ هو نفس القيمة مُصَحَّحَة من أجل النسبة المتعلقة بين المعدلات القاعدية في بلدين:

$$(\text{ERR}_{1Sv})_{add} = (\text{ERR}_{1Sv})_{add} \cdot \left(\frac{B_{Japan}}{B_{US}} \right)$$

هنا، إن B_{Japan} وB_{other} هما معدلات وقوع سرطان الخلفية المُصَحَّح وفقاً للعمر والموقع ونوع الجنس في اليابان [بديل لأَتْراب (Cohort) الناجين من القنبلة الذرية] والمجموعة السكانية المستهدفة، على التوالي، كلاهما المُقَيَّسَة تبعاً للعمر وفقاً لتوزع عمر سكان العالم (Parkin et al., 2002).

إن المُعامِل y للتوليفة الخطية يمكن أن يُستخدَم ليدعم أحد النموذجين وفقاً لثقل البَيِّنَة. على سبيل المثال، y = 0 تتعلق بالنموذج الجمعي، وy = 1 تتعلق بالنموذج التضاعفي، وy = 0.5 تتعلق بالوسطي الحسابي للاثنين. تُستخدَم محاكاة مونت كارلو Monte Carlo simulation للتعبير عن الرِّيبَة بشأن y، مع قيم y التي تم اعتيانها وفقاً لتوزع كثافة الاحتمال التالية:

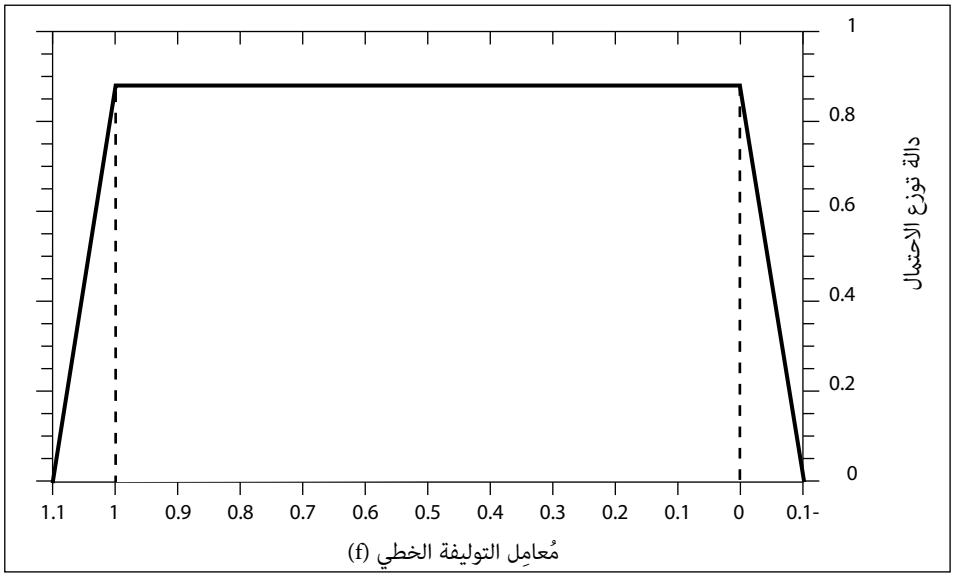
$$f(y) = 0.9091 \times \begin{cases} (y + 0.1) & -0.1 < y < 0 \\ 1 & 0 \le y \le 1 \\ (1.1 - y) & 1.0 < y < 1.1 \end{cases} \quad (3)$$

إن كثافة الاحتمال الثابتة الواردة أعلاه من أجل قيم y بين الصفر والواحد تعكس نقصاً تاماً بالمعرفة المتعلقة بمُلاءَمَة الوسطيات المُثَقَّلَة لنماذج الانتقال الجمعية والتضاعفية، وتخصيص ثقل خفيف للاحتمال (9 بالمئة) لقيم أقل من الصفر وأكبر من الواحد يمنح (من غير المرجح ذاتياً) للاحتمال أن خطر السرطان المتعلق بالإشعاع يمكن أن يكون مترابطاً سلبياً مع الخطر القاعدي للسكان.

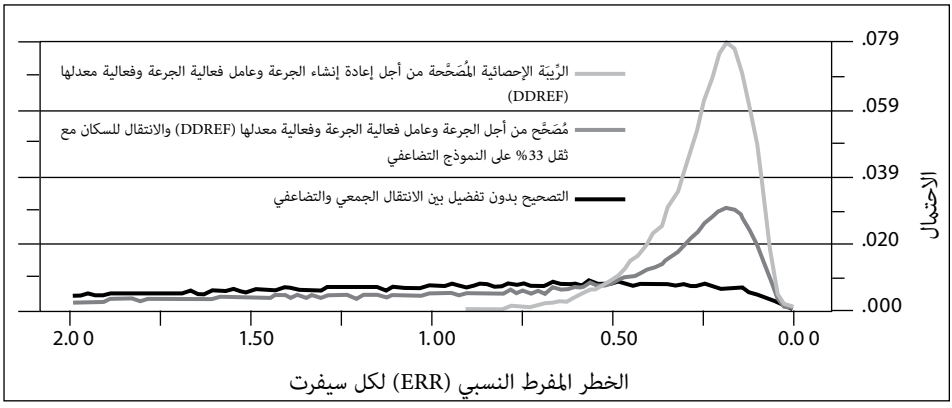
بالنسبة لسرطان الثدي والدرقية والمعدة، فإنه تتوفر معلومات أكثر ولهذا فإن الكثافة ذات الشكل شبه

المنحرف «الموحدة» المذكور أعلاه وفي Land et al., (2003) يمكن تعديلها عبر إعادة توزيع بعض الثقل إلى النموذج الجمعي للانتقال في حالة سرطان الثدي (Preston et al., 2002; Little and Boice, 1999; Land et al., 1980) أو النموذج التضاعفي من أجل سرطان الدرقية وسرطان المعدة (Carr et al., 2002; Ron et al., 1995; Griem et al., 1994). وبالتالي من أجل سرطان الثدي، إن ثقل احتمال مقداره 50 بالمئة خُصِّص للنموذج الجمعي للانتقال (y = 0)، و50% خصص إلى توزع كثافة الاحتمال ذي الشكل شبه المنحرف. من أجل سرطان المعدة، فإن ثقل احتمال مقداره 33 بالمئة خُصِّص للنموذج التضاعفي (y = 1)، و66% للتوزع ذي الشكل شبه المنحرف في الشكل د.6 (Land et al., 2003). إن دالات التوزع التراكمي من أجل تلك التوزعات تُقارَن مع تلك من أجل التوزع «المنتظم» في الشكل IV.G.2 of Land et al. (2003). من أجل سرطان الدرقية، أُستُخدِم النموذج التضاعفي الذي يعكس التحيز الدولي Ron et al., (1995).

الشكل د.6 دالة كثافة الاحتمال ذات الشكل شبه المنحرف $f(y)$ من أجل مُعامِل الخطر الخطي غير المؤكد y بين النماذج الجمعية ($y = 0$) والتضاعفية ($y = 1$) من أجل انتقال الخطر المفرط النسبي (ERR) من مجموعة سكانية إلى أخرى، لمعظم أنماط السرطان



الشكل د.7 مثال (سرطان معدة لدى امرأة، مُستَنتَج): أثر التصحيح من أجل الانتقال للسكان



ملاحظة: إن نسبة معدلات سرطان المعدة المُقَيَّسَة وفقاً للعمر لدى امرأة في اليابان مقارنة مع الولايات المتحدة هي حوالي 12. وبالتالي، إن النموذج التضاعفي للانتقال يعطي نفس قيمة الخطر المفرط النسبي(60) ERR(60) من أجل كلا البلدين، في حين أن الانتقال الجمعي يخصص قيمة أعلى مقدارها 12 ضعفاً للخطر المفرط النسبي(60) ERR(60) من أجل امرأة أمريكية. عبر تخصيص احتمال مقداره الثلث للنموذج التضاعفي للانتقال والثلثين للمزيج العشوائي لتلك القيمة والنموذج الجمعي للانتقال الوارد في الفقرة السابقة (المعادلة 3)، فقد حصلنا على تقدير مُصَحَّح توزعه لوغاريتمي نظامي جداً مع متوسط هندسي (GM) مقداره 0.1 وانحراف معياري هندسي (GSD) مقداره 4.0. إنه مثال متطرف لكنه واقعي يوضح المدى الذي الجهل بشأن الخطر المتعلق بالإشعاع النوعي للموقع في مجموعتين سكانيتين مختلفتين يمكن أن يؤدي إلى ريبَة كبيرة في الخطر المُقَدَّر.

يظهر الشكل د.7 المثال الختامي لسرطان معدة لدى امرأة، هنا أيضاً مُصَحَّح من أجل الانتقال للسكان.

كما نوقش أدناه، وجد Pierce et al. (2003) أن، بين الناجين من القنبلة الذرية مع كلٍ من تقديرات جرعة الإشعاع وبيانات تاريخ التدخين، كان خطر سرطان الرئة «منسجماً تماماً» مع النموذج الجمعي من أجل التآثر بين الإشعاع وتدخين التبغ، لكن لم يكن منسجماً إحصائياً مع النموذج التضاعفي. بالأخذ بالاعتبار هذه النتائج، والاعتماد الشديد لمعدلات سرطان الرئة لدى السكان على استهلاك السجائر (Blot and Fraumeni, 1996)، خَلُصَت مجموعة العمل إلى أن النموذج «المستنير» للانتقال المستخدم من أجل سرطان الثدي، مع احتمال مقداره 50 بالمئة مخصص للنموذج الجمعي، كان أيضاً ملائماً لسرطان الرئة.

د.6 التعديل عبر عوامل الخطر الوبائية

إن الدراسات النوعية للموقع لجرعة الإشعاع وخطر السرطان، في عينة دراسة فترة الحياة (LSS) وفي المجموعات السكانية المُعَرَّضة الأخرى التي توبعت بصورة متواصلة على مدى الزمن، تمضي عموماً قدماً في سلسلة من الخطوات تبدأ بتقييم بَيِّنَة أن الخطر المفرط المتعلق بالجرعة موجود فعلاً. عادة، إن المُعَدِّلات الأولى للاستجابة للجرعة التي يتعين أخذها بعين الاعتبار هي نوع الجنس، والعمر عند التعرض، والعمر عند المراقبة (العمر المُحْرَز)، والزمن بعد التعرض، لأن المعلومات بشأنها عادة ما يتم الحصول عليها في نفس الوقت كما هو الحال بالنسبة للمعلومات بشأن التعرض للإشعاع وحدوث المرض. إن تعديل الاستجابة للجرعة عبر عوامل أخرى هو مشكلة أكثر صعوبة، لأنها عادة ما تتطلب جهوداً خاصة لجمع البيانات، كَدراسة الحالات والشواهد. إن الدراسات الغنية بالمعلومات للتآثر بين جرعة الإشعاع وعوامل الخطر الوبائية أجريت من أجل التاريخ الإنجابي في حالة سرطان الثدي ومن أجل تاريخ التدخين في حالة سرطان الرئة.

د.1.6 الصياغة العامة

في حال أن الجرعة D والعامل f هما تضاعفيان في الأثر، فإن الخطر المفرط النسبي المتعلق بجرعة التعرض D مستقل عن العامل f، أي $ERR_{D|f} = ERR_D$. في حال أن الجرعة D والعامل f هما جمعيان في الأثر، فإن الخطر المفرط النسبي (ERR) المشروط المتعلق بـ D تعرض مفترض f هو:

$$ERR_{D|f} = ERR_D/(1 + ERR_f)$$

د.2.6 سرطان الثدي: تآثر الإشعاع والعمر في الحمل الأول كامل الأجل

من المعروف أن التاريخ الإنجابي هو عامل خطر هام لسرطان الثدي. على وجه الخصوص، لقد أُظِهر أن العمر المبكر في الحمل الأول كامل الأجل، في كل مجموعة سكانية دُرِست، يمارس دوراً وقائياً. إن دراسة الحالات والشواهد من نمط المقابلة للناجيات من القنبلة الذرية فحصت تآثر عامل الخطر هذا مع جرعة الإشعاع، (Land, 1994) ووجدت أن النموذج الجمعي للتآثر رُفِض، في حين أن أن النموذج التضاعفي للتآثر كان منسجماً مع البيانات. إن النموذج العام للخطر،

$$R_{mix}(D,X;\beta,\xi) = (1 + \alpha_E D)(1 + \beta X/\{1 + \alpha_E D\}^{\xi})$$

أُستخدِم للتمييز بين النموذج التضاعفي (مقابل لِـ $\xi = 0$))

$$R_{mult}(D,X;\beta) = (1 + \alpha_E D)(1 + \beta X)$$

والنموذج الجمعي (مقابل لِـ $\xi = 1$)،

$$R_{add}(D,X;\beta) = 1 + \alpha_E D + \beta X$$

هنا، D هي جرعة الإشعاع، وX هي العمر عند الحمل الأول كامل الأجل، و a_E هي دالة متثابتة (بارامترية) تصف الاستجابة لجرعة الإشعاع كدالة للعمر عند التعرض a، وβ متثابتة (بارامتر) غير معروفة مقابلة لـ X. لقد كان تقدير الترجيح الأعظمي للمتثابتة (بارامتر) ξ سلبياً (0.25-) (Land, 1994) وتوزع الترجيح الموضوع أقل من 10 بالمئة احتمال بشأن قيم أكبر من الصفر في الحسابات المجراة من أجل التقرير الحالي. وبالتالي، يبدو أن رِيبَة إضافية قليلة جداً سيساهم بها السماح من أجل الانحرافات عن النموذج التضاعفي للتآثر، الذي من أجله لا يلزم تصحيح الخطر المفرط النسبي$_{1 \text{ سيفرت}}$ (ERR_{1SV}) من أجل العمر عند الحمل الأول كامل الأجل. لذلك لم يجرِ Land et al., (2003) تصحيحاً للرِّيبَة من أجل هذا العامل.

د.3.6 سرطان الرئة: تآثر جرعة الإشعاع مع تاريخ التدخين

إن تحاليل التآثر للناجين من القنبلة الذرية (Blot et al., 1984) وعمال مناجم اليورانيوم (NRC, 1988) فشلت في التمييز بين النماذج الجمعية والتضاعفية للتآثر، رغم أن لجنة الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيَّن (BEIR IV) خَلُصَت إلى أن البيانات كانت أكثر انسجاماً مع التآثر التضاعفي (NRC, 1988).

في موضوع أحدث، نَمْذَج Lubin and Steindorf (1995) الأخطار النسبية المشتركة من أجل تاريخ التدخين (دوماً مقابل أبداً) والتعرض لنواتج اضمحلال الرادون المستنشقة بين ستة أَتْراب (Cohort) لعمال المناجم في الولايات المتحدة الذين توفرت من أجلهم مثل هذه المعلومات. لقد استنتج الباحث أن، في ذلك المستوى لتفصيل تاريخ التدخين، نموذج التآثر المُسَوَّى على أفضل نحو كان متوسطاً بين النماذج الجمعية والتضاعفية للتآثر. طبقت لجنة الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيَّن (BEIR IV) (NRC, 1999) أسلوب Lubin and Steindorf (1995) باستخدام بيانات أحدث، واستنتجت أن النماذج الجمعية (بشكل خاص) والتضاعفية للتآثر كانت غير منسجمة بصورة جوهرية مع البيانات. لقد نوقشت أعلاه معالجة حالة التدخين من أجل خطر سرطان الرئة المتعلق بالرادون.

إن تحليلاً جديداً لسرطان الرئة وتاريخ التدخين بين الناجين من القنبلة الذرية من قِبَل Pierce and Preston اعتمد على 45,113 ناجٍ تواصل العمل من أجلهم في عام 1994، بما في ذلك 592 حالة سرطان رئة، الذين كانت من أجلهم متاحة معلومات تاريخ التدخين من الإجابات على الاستبيانات والمقابلات السريرية. أشارت الموجودات الرئيسة إلى أن آثار الإشعاع والتدخين على خطر سرطان الرئة لم تكن منسجمة بصورة جوهرية مع النموذج التضاعفي للتآثر، وكانت «منسجمة تماماً» مع النموذج الجمعي. في طلب مجموعة العمل، أجرى Dr Pierce تحاليل الجرعة–الاستجابة على مجموعة بياناته وفقاً للنموذج (1) التي أظهرت أن قيم β = 0.843، وγ = 0.5255-، وδ = 1.62- المستخدمة في الأسلوب (2) في القسم لِـ IV.D.1 (2003) Land et al., كانت منسجمة بصورة جوهرية مع بيانات سرطان الرئة. قَدَّر أيضاً أن توزع مرتسم الترجيح من أجل المتثابتة (البارامتر) α على افتراض قيم المتثابتة (البارامتر) أعلاه، بحيث أن الأسلوب (2) يمكن تطبيقه على سرطان الرئة (الجدول د.7) كما وُصِف في القسم IV.D.1 لِـ Land et al., (2003). مع ذلك، لأن التحليل دعم بوضوح النموذج الجمعي للتآثر، فإن التحليل صُحِّح من أجل التدخين والمرتسم الواردة معلوماته في جداول تتعلق بالخطر بين غير المدخنين طيلة العمر. أيضاً، من أجل سرطان الرئة يُصَحَّح المرتسم الواردة معلوماته في جداول ليكون في المنتصف بين القيم من أجل نوعي الجنس مقابل لِـ β = 0.843.

في تقرير المعهد الوطني للصحة NIH (1985) افْتُرِض أن تآثر التدخين والتعرض للإشعاع منخفض الطاقة كان جمعياً، مع حِصَص مُخَصَّصَة ملائمة يتم الحصول عليها عبر ضرب الأخطار المفرطة النسبية (ERRs) بالعوامل التي أشير إليها في العمودين 2 و3 للجدول لِـ IV.I.1 لِـ Land et al., (2003). حُسِبَت هذه العوامل كما وُصِف في الصفحات 48-51 Rogot and Murray (1980) للمعهد الوطني للصحة (1985) NIH) واعتمدت على الأخطار

النسبية لسرطان الرئة عبر فئة التدخين التي أعطاها وتوزع السكان في الولايات المتحدة بحسب حالة التدخين في عامي 1964 و1965 كما نُشِر من قِبَل المركز الوطني للإحصاءات الصحية (1967). من أجل Land et al., (2003)،

الجدول د-7 حساب توزع الرِّيبَة للخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت. توزعات مرتسم الترجيح α من أجل سرطان الرئة والأعضاء التناسلية الأنثوية غير المبيض المتعلقة بالتعرض للإشعاع منخفض الطاقة

قيم التقسيمات الجزئية للمرتسم	الرئة (غير مدخنين على الإطلاق)	الأعضاء التناسلية الأنثوية (غير المبيض)
	نوعا الجنس[§]	الإناث[†]
0.9975	1.822	0.172
0.995	1.724	0.136
0.9875	1.590	0.0866
0.975	1.482	0.0791
0.95	1.368	0.0607
0.875	1.200	0.0463
0.8413	1.152	0.0030
0.5	0.8603	0.189–
0.1587	0.6127	0.278–
0.125	0.5792	0.289–
0.05	0.4750	أقل من 0
0.025	0.4133	أقل من 0
0.0125	0.3610	أقل من 0
0.005	0.3024	أقل من 0
0.0025	0.2642	أقل من 0

§ من أجل سرطان الرئة، إن الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت $h^*(s, e, a; \beta, \gamma, \delta) = \alpha \times h^*(s, e, a; \beta, \gamma, \delta)$ حيث يفترض الاستقلال بين α و

$= \exp\{\beta \times s + \gamma \times f(e) + \delta \times g(a)\}$. وحيث $s = -0.5$ للذكور و0.5 للإناث. يُفتَرَض أن تكون $h^*(s, e, a; \beta, \gamma, \delta)$ موزعة على نحو لوغاريتمي نظامي مع:

$GM = \exp\{0.843s - 0.05255f(e) - 1.626g(a)\}$

$GSD = \exp\{[0.0625s^2 - 2 \times 0.000347s \times f(e) + 2 \times 0.00830s \times g(a) + 0.000330 \times f(e)^2 - 2 \times 0.00708f(e) \times g(a) + 0.562g(a)^2]^{1/2}\}$

† من أجل سرطانات الإناث غير المبيض، التي من أجلها γ وδ أُفتُرِضَتا أن تكونا صفراً، فإن توزع الرِّيبَة الإحصائي لِـ α= الخطر المفرط النسبي (ERR) عند 1 سيفرت موصوف على نحو كامل عبر توزع مرتسم الترجيح المنظم في جداول.

إن هذه العوامل حُدِّثَت باستعمال معلومات عام 1993 بشأن توزع حالة التدخين الذي وفره مركز مكافحة الأمراض (1995) (CDC). يختلف جوهرياً التوزع المُحَدَّث عن ذلك المستخدم في تقرير عام 1985 كما يُظهِر الجدول د.8. لأن تقرير مركز مكافحة الأمراض (CDC) لم يوفر بيانات بشأن المقدار المستهلك من التبغ، فقد أُفتُرِض أن التوزع بحسب المقدار المستهلك بين المدخنين الحاليين كان نفس ذلك المستخدم في تقرير عام 1985 (NIH, 1985, p. 50). أُفتُرِض أيضاً أن الأخطار النسبية بحسب فئة التدخين ظلت ملائمة. إن العوامل المُنقَّحة من أجل التآثر الجمعي مع المجموعة السكانية الإجمالية كالمعيار، موجودة في العمودين الأخيرين للجدول د.8.

مع عدم الأخذ بالحسبان موجودات Pierce et al. (2003)، إن الأسلوب الذي أرشدت إليه موجودات الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR VI) لخطر سرطان الرئة المتعلق بالرادون سيكون بضرب الخطر المفرط النسبي $(ERR_{1SV})_{\text{1 سيفرت}}$ لسرطان الرئة، غير المُصَحَّح من أجل التدخين، بالعامل W_S مأخوذاً ليكون $x + (1 - x)\ W_S\delta$، حيث S مناسِب فئات التدخين، و$W_S\delta$ هي العوامل الواردة في العمودين 4 و5 من الجدول د.7، وX يُفترَض أن تتبع توزعاً مثلثياً (0, 1, 1.1). إن توزع الرِّيبَة هذا من أجل x يسمح للخطر المفرط النسبي $(ERR_{1SV})_{\text{1 سيفرت}}$، لسرطان الرئة أن يتراوح من ذلك الذي يتم الحصول عليه مع تآثر جمعي (x = 0) إلى ذلك الذي يتم الحصول عليه مع تآثر تضاعفي ($X = 1$)، مع احتمال مقداره حوالي 0.10 من أجل التآثر التضاعفي الفائق (x أكبر من 1). إن وسيط توزع الرِّيبَة هو 0.74، وعند هذه القيمة، $W_S = 1.97$ من أجل الذكور غير المدخنين على الإطلاق، و 0.87 من أجل الذكور المدخنين، و1.75 من أجل النساء غير المدخنات على الإطلاق، و0.85 من أجل النساء المدخنات. وبالتالي، عند قيمة الوسيط، فإن الخطر المفرط النسبي $(ERR_{1SV})_{\text{1 سيفرت}}$ المُقدَّر من أجل غير المدخنين على الإطلاق سيكون أكثر قليلاً من مرتين لذلك الخطر من أجل المدخنين. إن نسبة مقدارها 2 أُستخدِمت من قِبَل لجنة الآثار البيولوجية للإشعاع

المُؤَيِّـن(BEIR VI)، وتـم الحصـول مـن تحاليـل بيانات عامل مناجـم اليورانيـوم (NRC, 1999, P. 154).

الجدول د.8 عوامل من أجل تصحيح الخطر المفرط النسبي سيفرت1 (ERR_{1SV}) لسرطان الرئة من أجل حالة التدخين بموجب الافتراض للنموذج الجمعي للتأثر

فئة التدخين (S)	مستخدمة في تقرير 1985		مستخدمة من اشتقاق توزع الرِّيبَة من أجل هذا التقرير (WS*)	
	ذكور	إناث	ذكور	إناث
إجمالي	1.00	1.00	1.00	1.00
غير المدخنين على الإطلاق	6.81	4.64	4.74	3.90
مدخنون سابقاً	1.71	1.17	1.19	0.98
مدخنون حاليون (الجميع)	0.604	0.411	0.42	0.35
أقل من 10 سجائر/يوم	1.75	1.19	1.22	1.00
10-20 سيجارة/يوم	0.71	0.48	0.49	0.41
21-39 سيجارة/يوم	0.41	0.28	0.28	0.23
40 سيجارة فأكثر/يوم	0.29	0.20	0.20	0.16
المدخنون (الحاليون والسابقون)	0.73	0.47	0.51	0.41

* تم الحصول على هذه النسب المئوية عبر الافتراض أن التوزع بحسب المقدار المُستهلَك من التبغ بين المدخنين الحاليين كان نفس التوزع المستخدم في تقرير 1985 (Land et al., 2003, p. 41).

مع ذلك، يقترح Pierce et al., (2003) أن تأثر الإشعاع-التدخين بين أفراد دراسة فترة الحياة (LSS) هو جمعي تقريباً أكثر من الذي قُدِّر من أجل عمال مناجم اليورانيوم. وفقاً لذلك، من أجل الإشعاع الخارجي تبنت مجموعة العمل نموذج رِيبَة من أجل التأثر الذي يضع احتمالاً مقداره 50 بالمئة على النموذج الجمعي و50 بالمئة على النموذج الموصوف في الفقرة السابقة. طبعاً، لأن المرتسم في الجدول د.7 مقابل لغير المدخنين على الإطلاق، فإن القيم الواردة في جدول δW_S سُوِّيَت إلى معيار غير المدخنين على الإطلاق؛ أي، قُسْمَته على 4.74 من أجل الذكور وعلى 3.90 من أجل الإناث.

د.4.6 سرطانة (كارسينوما) الجلد غير الورم الميلانيني: التآثر بين الإشعاع المُؤَيِّن والإشعاع فوق البنفسجية

وجد Ron et al., (1998) اختلافاً مُعْتداً به إحصائياً (P أقل من 0.02) لقيم الخطر المفرط النسبي سيفرت1 (ERR_{1SV}) لسرطانة (كارسينوما) الجلد قاعدية الخلايا (BCSC) التي تحدث على الوجه واليدين (0.4، 90 بالمئة فاصلة الثقة مقدارها -0.1 إلى 2.1) وعلى ما تبقى من الجسم (4.7، 1.2 إلى 1.3)، مقترحة تآثراً تضاعفياً جزئياً، أو حتى جمعياً بصورة ممكنة، بين الإشعاع فوق البنفسجية والإشعاع المُؤَيِّن. تقترح هذه الموجودات أن الخطر المفرط النسبي (ERR)/ سيفرت في المجموعة السكانية ذات الجلد الأفتح لوناً، ولذلك فهي أكثر حساسية تجاه فوق البنفسجية، قد يكون أقل من ذلك الخطر المُلاحَظ في المجموعة السكانية لدراسة فترة الحياة (LSS). من ناحية أخرى، أبلغ Shore et al., (2002) عن 124 حالة لسرطانة (كارسينوما) الجلد قاعدية الخلايا (BCSC) بين 1,699 مريضاً أبيضاً معالجين بالأشعة السينية خلال الطفولة بسبب سعفة الفروة، مقارنة بـ 21 بين 1,035 مريضاً أبيضاً غير مُعَرَّضين. مع ذلك، شوهدت بين الأمريكيين الأفارقة 3 حالات فقط من سرطانة (كارسينوما) الجلد قاعدية الخلايا (BCSC) بين 525 مريضاً مُعَرَّضاً بالمقارنة مع ولا حالة بين 345 مريضاً غير مُعَرَّض. هذه النتيجة، المُغايِرَة تماماً لِـ Ron et al., (1998)، غير منسجمة مع التآثر الجمعي بين الإشعاع المُؤَيِّن والوقاية من الإشعاع فوق البنفسجية من خلال تصبغ الجلد أو الملابس، كعوامل خطر من أجل هذه السرطانة (الكارسينوما). على اعتبار أنه ليس لدينا حالياً أساس حسن لتقييم هذا التآثر، اختارت مجموعة العمل كي تَستخدِم نموذج الرِّيبَة «الجهل التام» العام الذي نوقش في القسم IV.G لِـ Land et al., (2003) من أجل انتقال تقديرات الخطر من مجموعة سكانية إلى أخرى، ومن أجل انتقال تقديرات الخطر المفرط النسبي سيفرت1 (ERR_{1SV}) لسرطان الجلد غير الورم الميلانيني من المجموعة السكانية لدراسة فترة الحياة (LSS) إلى مجموعات سكانية فرعية للولايات المتحدة قابلة للتحديد مع (في الوسطي) مستويات مختلفة لتصبغ الجلد.

يُظْهِر الجدول د.9 معدلات وقوع سرطان الجلد غير الورم الميلانيني لدى السكان (الحالات لكل 100,000 لكل سنة، المُقَيَّس مباشرة إلى توزع العمر لسكان الولايات المتحدة في عام 1970) من أجل الأمريكيين الأفارقة، والأمريكيين البيض اللاتينيين وغير اللاتينيين (Scotto et al., 1996, table 60) واليابانيين (Muir et al., 1987).

الجدول د.9 معدلات وقوع سرطان الجلد غير الورم الميلانيني (الحالات لكل 100,000 لكل سنة) في الولايات المتحدة واليابان، بحسب الأثنيّة (الولايات المتحدة) ونوع الجنس (توزع العمر المقيّس لسكان الولايات المتحدة لعام 1970)

		الولايات المتحدة			اليابان
		الأمريكي-الإفريقي	اللاتيني	البيض غير الأسبان	
ذكور	المعدل	4.1	61.6	461.2	6.05
	الخطأ المعياري	0.83	4.77	4.38	0.65
إناث	المعدل	4.5	45.1	246.1	4.42
	الخطأ المعياري	0.76	3.49	2.86	0.48

وبالتالي، من أجل انتقال النموذج الجمعي للتآثر للخطر المفرط النسبي ERR_{1SV} (1 سيفرت) المعتمد على دراسة فترة الحياة (LSS) إلى الذكور اللاتينيين في الولايات المتحدة، فإن الخطر المفرط النسبي (1 سيفرت) ضُرِب بنسبة = 0.098 (6.05/61.6)، ومن أجل الانتقال الجمعي إلى الإناث الأمريكيات-الإفريقيات في الولايات المتحدة، فإن رقم الضرب كان 4.42/4.5 = 0.98. إن معدلات السرطان غير الورم الميلانيني لم تكن متاحة في تعداد الولايات المتحدة للسكان من أجل المجموعتين العرقيتين الأثنينيتين المتبقيتين، والآسيويين وسكان جزر الهادئ، والأمريكيين الأصليين، وتقدير الخطر المفرط النسبي ERR_{1SV} (1 سيفرت) لدراسة فترة الحياة (LSS)، وطُبِّق على تلك المجموعات بدون تصحيح من أجل الانتقال (أي، أُفتُرِض التآثر التضاعفي). أخيراً، إن عدد الضرب للنموذج الجمعي للتآثر من أجل فئة اختيارية، «كافة العروق/العرق غير محددة» حُسِب كالمتوسط المُثَقَّل لأعداد الضرب النوعية للمجموعات السكانية الفرعية وفقاً لتوزع عام 2000 المُسْقَط للسكان في الولايات المتحدة: 12 بالمئة للأمريكيين-الإفريقيين، و11 بالمئة للاتينيين، و72 بالمئة للبيض غير اللاتينيين، و5 بالمئة للأمريكيين الأصليين والآسيويين وسكان جزر الهادئ.

د.5.6 البرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP)

استبدل تقرير المعهد الوطني للسرطان/مركز مكافحة الأمراض (NCI/CDC) (Land et al., 2003) الجداول الشاملة في تقرير الجداول الوبائية الإشعاعية الأصلية (NIH,1985) بالبرنامج الوبائي الإشعاعي التفاعلي (IREP) الذي يستخدم محاكاة مونتي كارلو لحساب الحِصَّة المُخَصَّصَة التي يمكن أن تتعلق بحالات فردية. إن توزع الرِّيبَة الناتج يحتوي بشكل رئيس على كافة المعلومات ذات الصلة، الوبائية (أي، المعتمِدة على البيانات الأصلية)، تفسيرية ذاتياً [مثلاً، بما يتعلق بنسبة النوعيات المختلفة للإشعاع، أو عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDRFF)، أو الانتقال السكاني للخطر]، المتعلقة بالحِصَّة المُخَصَّصَة وريبَتها. كان الهدف من البرنامج الوبائي والإشعاعي التفاعلي (IREP) التحديث المؤقت لتقرير عام 1985، الذي يتطلب تنقيحاً بعد نشر التقرير السابع للآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن (BEIR VII) في عام 2006 (NCR, 2006) والتقرير الثاني الشامل لمؤسسة بحوث آثار الإشعاع (RERF) المعتمد على سجل الأورام لتلك المؤسسة، ولذلك صُمِّم لضم بيانات جديدة، الوبائية والتفسيرية على السواء، ونماذج جديدة للخطر.

الملحق هـ: برمجيات نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD)

هـ.1 تقديم توضيحي عام لأداة الحساب

إن هذه البرمجيات هي أداة بسيطة تعتمد على برنامج ويندوز للحواسيب الشخصية وضعها بشكل مشترك كلٌّ من المركز الفرنسي للدراسة بشأن الوقاية في المجال النووي (CEPN) ووكالة المملكة المتحدة لحماية الصحة (HPA) [سابقاً المجلس الوطني للحماية من الإشعاع (NRPB)] ضمن برنامج المفوضية الأوروبية (EC) لبحوث الحماية من الإشعاع في منتصف تسعينيات القرن الماضي (Degrange et al., 1997; Schneider et al., 1994). إن هذه البرمجيات مكرسة لحساب خطر الإشعاع خلال العمر التي تأخذ بالحسبان توليفة قاعدتي بيانات أساسيتين: المتثابتات (البارامترات) الديموغرافية ومُعامِلات خطر الأثر الصحي للإشعاع.

- تشمل المتثابتات (البارامترات) الديموغرافية توزع العمر والجنس للسكان، بالإضافة إلى معدلات الوفيات من كافة الأسباب ومن الأنماط المختلفة للسرطان، وكسور الإماتة للسرطان أو معدلات الوقوع.
- إن مُعامِلات خطر الأثر الصحي للإشعاع هي تقديرات الخطر المُحَدَّثَة التي أوصت بها حديثاً اللجان الدولية [اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR)، ولجنة الآثار البيولوجية للإشعاع المُؤَيِّن [(BEIR).

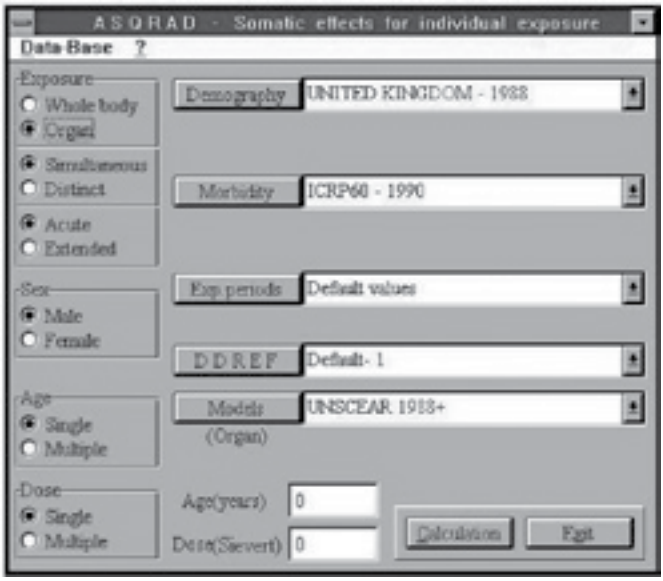
توفر هذه البرمجيات تقديرات الخطر على فرد أو مجموعة سكانية في مواقع مختلفة للتعرض، أي التعرض الحاد أو المديد؛ كامل الجسم أو تعرض عضو معين. يمكن أن يُعَبَّر عن الضرر على أنه العدد المتوقع للوفيات الزائدة بالإضافة إلى نقص توقع العمر وعدد السرطانات المميتة الزائدة. توفر هذه البرمجيات جداول وعروض بيانية وتأخذ بالحسبان تحليل الحساسية بشأن متثابتات (بارامترات) السكان، ومُعامِلات خطر الأثر الصحي، والعمر عند التعرض، ومستوى الجرعة، وهلم جراً. يتضمن الشكل هـ.1 الشاشة الرئيسة لحساب الخطر الفردي.

علاوة على ذلك، إن نظام إدارة قاعدة البيانات يسمح بإدخال بيانات ديموغرافية جديدة ومُعامِلات خطر الأثر الصحي للإشعاع.

هـ.2 مثال للتطبيق

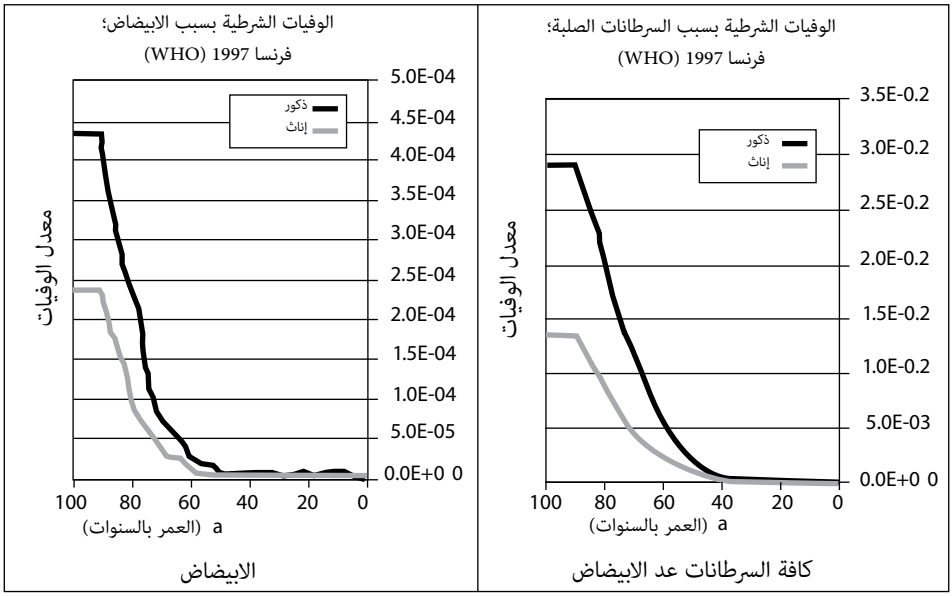
من منظور تقييم الخطر المعزو إلى التعرض المهني للإشعاع، فإن استعمال هذه البرمجيات (ASQRAD) يسمح لنا بوصف الخطوات المختلفة للحساب من أجل مجموعة سكانية معينة، لوضعها في المنظور، ولإجراء تحليل الحساسية بشأن المتثابتات (البارامترات) الرئيسة (Lepicard et al., 2004). بهدف توضيح هذا النمط من النتيجة، فيما يلي أدناه مثال للحساب اعتماداً على البيانات الديموغرافية الفرنسية للسنة المرجعية 1997 (WHO, 2000). أُجْرِي الحساب بنموذج اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) من أجل الابيضاض (نموذج الخطر المطلق) وكافة أنماط السرطان عدا الابيضاض (نموذج الخطر النسبي) (UNSCEAR, 1994) واعتبار أن ذكراً أو أنثى مُعَرَّض في العمل عند عمر من 20 إلى 55 سنة عند 20 ميلي سيفرت لكل سنة. طُبِّق على النموذج الأولي من أجل الحسابات عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) الذي مقداره 2.

الشكل هـ.1 اختيار من أجل حساب الخطر الفردي في نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD)



بخصوص المعدلات الخلفية للوفيات، يُظْهِر الشكل هـ.2 توزع معدلات الوفاة بحسب العمر والجنس، بافتراض أن الفرد حي عند العمر a. بين كافة أسباب الوفاة، تمثل السرطانات 30 بالمئة من أجل الذكور و19 بالمئة من أجل الإناث، في حين أن الابيضاض يمثل 0.97 بالمئة من أجل الذكور و0.82 بالمئة من أجل الإناث.

الشكل هـ.2 توزع وفيات الخلفية من أجل سرطان معين (فرنسا، 1997)



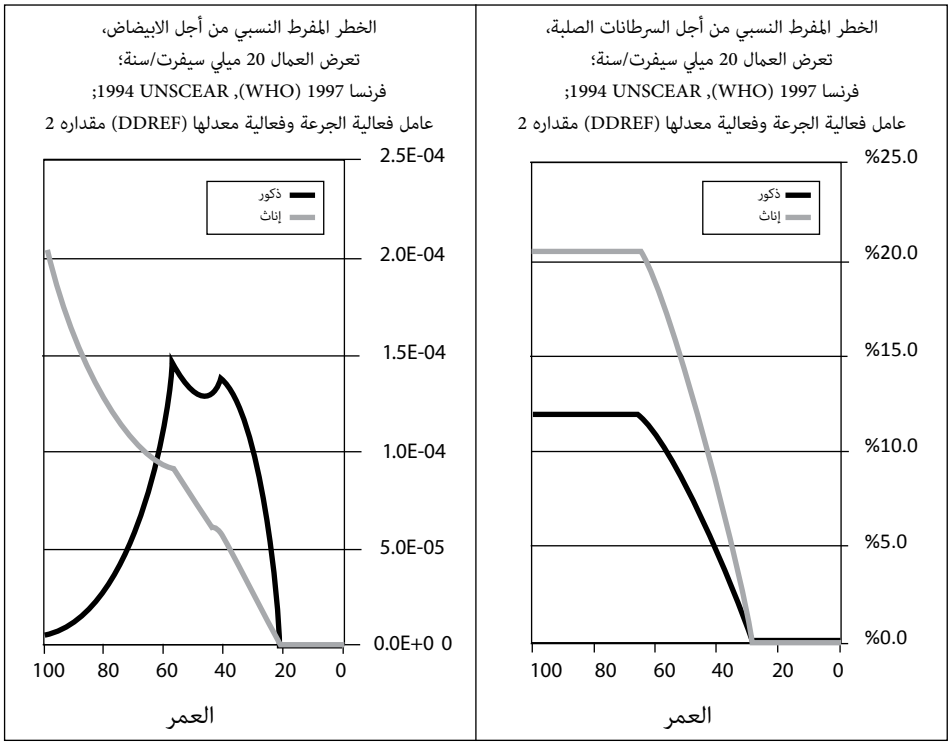
من هذه البيانات الديموغرافية، وتطبيق نموذج اللجنة العلمية للأمم المتحدة بشأن آثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) المنشور في عام 1994، أُشتُقت القيم التالية من هذه البرمجيات (ASQRAD) من أجل الخطر المفرط للوفيات [هو نسبي من أجل كافة السرطانات عدا الابيضاض ومطلق من أجل الابيضاض وتطبيق عامل فعالية الجرعة وفعالية معدلها (DDREF) مقداره 2]، مماثل لِـ:

ERR (D, s, e, a) من أجل كافة السرطانات عدا الابيضاض (الخطر المفرط النسبي)

EAR (D, s, e, a) من أجل الابيضاض (الخطر المفرط المطلق)

مع: D = الجرعة، s = الجنس، e = العمر عند التعرض، a = العمر المحرز

الشكل هـ.3 توزع الخطر المفرط النسبي/الخطر المطلق من أجل التعرض المهني عند 20 ميلي سيفرت/سنة من عمر 20 إلى 55 سنة (فرنسا، 1997)



بخصوص الخطر المفرط للعمر، أُشتُقت النتائج التالية:

	كافة السرطانات عدا الابيضاض (%)	الابيضاض (%)
ذكور	3.3	0.51
إناث	3.6	0.49

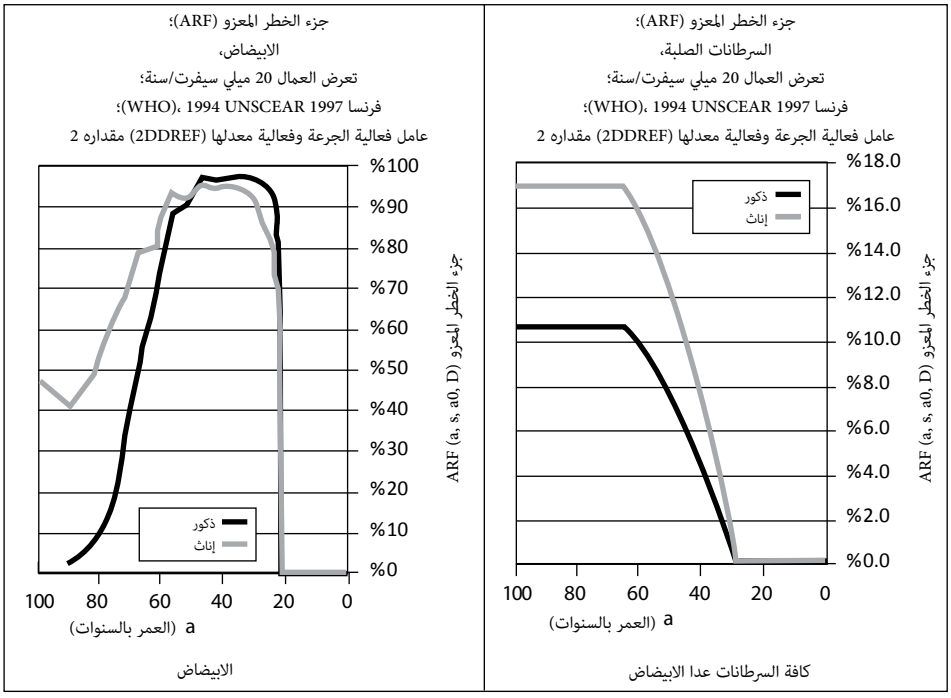
اعتماداً على هذه النتائج، بهدف اشتقاق الحِصَّة المُخَصَّصَة (AS) من الممكن استخدام الصيغة التالية:

لكافة السرطانات عدا الابيضاض: $AS = ERR/(ERR + 1)$

للابيضاض: $AS = EAR/(B_c + EAR)$

إن النتائج هي الواردة في الشكل هـ.4 من أجل الذكور والإناث بما يتعلق بالأعمار المُحْرَزَة المختلفة لكافة السرطانات عدا الابيضاض وللابيضاض.

الشكل هـ-4 توزع جزء الخطر المعزو إلى الإشعاع من أجل التعرض المهني عند 20 ميلي سيفرت/سنة من عمر 20 إلى 55 سنة (فرنسا، 1997)



من هذا الشكل، يمكن الاستنتاج أنه عندما يحدث سرطان (عدا الابيضاض) لدى رجل (وامرأة على التوالي) عند عمر 60 سنة، فإن الحِصَّة المُخَصَّصَة تكون حوالي 10 بالمئة (17 بالمئة على التوالي) من أجل التعرض المهني عند 20 ميلي سيفرت لكل سنة من عمر 20 إلى 55 سنة. ستكون النتيجة حوالي 70 بالمئة من أجل الابيضاض.

هـ-3 ملاحظات ختامية

في نطاق حسابات الخطر المعزو، فإن برمجيات نظام التقييم من أجل القياس الكمي لضرر الإشعاع (ASQRAD) توفر المقدرة على وصف توزع الخطر وفقاً للعمر وتضعها حسب الأهمية النسبية مع خطر الخلفية لكل سبب للوفاة. إنها تسمح أيضاً باستخدام الأنماط المختلفة من المؤشرات وإجراء حسابات نوعية من أجل السكان المعنيين. من الممكن لهذا الأسلوب أن يكون نافعاً لفتح الحوار بشأن حسابات الخطر مع العمال المُعَرَّضين.

علاوة على ذلك، كما ذُكِر أعلاه، توفر هذه البرمجيات (ASQRAD) نظاماً مفيداً لإدارة قاعدة البيانات بغية إجراء تحاليل الحساسية على النماذج المختلفة للخطر (القدرة على التعامل مع نماذج جديدة)، والبيانات الديموغرافية (تحديث منتظم ومقدرة لمُلاءَمَة سمات المجموعة السكانية المعنية)، وسيناريو التعرض.

أخيراً، يمكن استخدام هذه البرمجيات (ASQRAD) من أجل حسابات الخطر الاستباقي بشأن حدوث السرطانات المُحْدَثَة بالإشعاع بين المجموعات السكانية المُعَرَّضة، مع الأخذ بالحسبان التعرض السابق للمجموعة السكانية وسيناريوهات التعرض المختلفة من أجل المستقبل.

في المستقبل، يمكن تصور تطورات جديدة بغية تحديث البيانات المتاحة (الجداول الديموغرافية ونماذج الخطر) وبيئة البرمجيات، بالإضافة إلى التعامل مع حسابات الوقوع.

المساهمون في وضع المسودة والمراجعة

Billard, J.	Trades Union Congress, United Kingdom
Carr, Z.	World Health Organization
Deboodt, P.	International Atomic Energy Agency
Foster, P.	International Confederation of Free Trade Unions
Gentner, N.	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
Gonzalez, A.	Nuclear Regulatory Authority, Argentina
Gustafsson, M.	International Atomic Energy Agency
Kutkov, V.A.	Russian Research Centre, Kurchatov Institute, Russian Federation
Land, C.E.	National Cancer Institute, United States
Landfermann, H.H.	Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany
Lewis, M.D.	British Nuclear Fuels Plc, United Kingdom
Müller, W.-U.	University of Essen, Germany
Neton, J.W.	National Institute for Occupational Safety and Health, United States
Niu, S.	International Labour Office
Owen, D.	International Organisation of Employers
Pérez, M.	World Health Organization
Repacholi, M.	World Health Organization
Schneider, T.	Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire, France
Schubauer-Berigan, M.	National Institute for Occupational Safety and Health, United States
Seitz, G.	German Trade Association for Precision Mechanics and Electrical Engineering, Germany
Tanaka, T.	Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan
Valentin, J.	International Commission on Radiological Protection
Wakeford, R.	British Nuclear Fuels Plc, United Kingdom
Westerholm, P.	Uppsala University, Sweden
Zeeb, H.	World Health Organization

المراجع

Blot, W.J.; Fraumeni, J.F.Jr. 1996. “Cancers of the lung and pleura”, in D. Schottenfeld and J.F. Fraumeni Jr (eds): *Cancer Epidemiology and Prevention*, 2nd edn (New York, Oxford University Press), pp. 637–665.

—; Akiba, S.; Kato, H. 1984. “Ionizing radiation and lung cancer: A review including preliminary results from a case-control study among A-bomb survivors”, in R.L. Prentice and D.J. Thompson (eds): *Atomic Bomb Survivor Data: Utilization and Analysis* (Philadelphia, PA, Society for Industrial and Applied Mathematics), pp. 235–248.

Caisse Nationale de l’Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS). 2005. *Statistiques Nationales des Accidents du Travail, des Accidents de Trajet et des Maladies Professionnelles. Année 2003* (Paris).

Carr, Z.A.; Kleinerman, R.A.; Stovall, M. 2002. “Malignant neoplasms after radiation therapy for peptic ulcer”, in *Radiation Research*, Vol. 157, No. 6, pp. 668–677.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 1995. “Morbidity and Mortality Weekly Report, Atlanta, GA – Cigarette smoking among adults – United States 1993”, in *Journal of the American Medical Association* (Excerpt), Vol. 273, No. 5, pp. 369–370.

Degrange J.P. et al. 1997. “ASQRAD: un logiciel pour l’évaluation du risque radiologique”, in *Radioprotection*, Vol. 32, No. 2, pp. 237–244.

Department of Health and Human Services (DHHS). 1991. *The International Classification of Diseases Clinical Modification (9th Revision)*, Department of Health and Human Services Publication No. (PHS) 91-1260 (Washington, DC, US Government Printing Office).

—. 2002a. *Guidelines for Determining the Probability of Causation Under the Energy Employees Occupational Illness Compensation Programme Act of 2000*, Final Rule, 42 CFR Part 81 RIN 0920-ZA01, Federal Register, Vol. 67, No. 85.

—. 2002b. *Methods for Radiation Dose Reconstruction Under the Energy Employees Occupational Illness Compensation Programme Act of 2000,* Final Rule*,* 42 CFR Part 82 RIN 0920-ZA00, Federal Register, Vol. 67, No. 85.

Department of Justice. 1996. *Final Report of the Radiation Exposure Compensation Act Committee, submitted to the Human Radiation Interagency Working Group.*

Edwards, A.A.; Lloyd, D.C. 1996. “Risk from deterministic effects of ionizing radiation”, in Docs NRPB, Vol. 7, No. 3, pp. 1–31.

Elliott, L.J. 2003. *Occupational harm attributed to ionizing radiation: An overview of current compensation schemes and dose reconstruction techniques,* Proceedings of the International Conference on Occupational Radiation Protection (Vienna, IAEA).

Environmental Protection Agency (EPA). 1999. *Estimating Radiogenic Cancer Risks, EPA Report 402-R-99-003* (Washington, DC).

Fenech, M. 1993. “The cytokinesis-block micronucleus technique: a detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations”, in *Mutation Research*, Vol. 285, No. 1, pp. 35–44.

Greenland, S. 2000. “Resolved: The probability of causation can be used in an equitable manner to resolve radiation tort claims and design compensation schemes”, in *Radiation Research*, Vol. 154, No. 6, pp. 718–719.

Griem, M.L. et al. 1994. “Cancer following radiotherapy for peptic ulcer”, in *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 86, No. 11, pp. 842–849.

International Atomic Energy Agency (IAEA). 1996a. *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources.* Safety Series No. 115 (Vienna).

—. 1996b. *Methods for estimating the probability of cancer from occupational radiation exposure: IAEA-TECDOC-870* (Vienna).

—. 2001. *Cytogenetic analysis for radiation dose assessment; IAEA, Technical Reports Series No. 405* (Vienna).

International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). 2002. *Retrospective Assessment of Exposures to Ionising Radiation (Report 68),* Journal of the ICRU, Vol. 2, pp. 1–144.

International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1977. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection,* ICRP Publication 26, Ann. ICRP 1 (3) (Oxford and New York, Pergamon Press).

—. 1984. *Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation,* ICRP Publication 41, Ann. ICRP 14 (3) (Oxford and New York, Pergamon Press).

—. 1991. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection,* ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3) (Oxford and New York, Pergamon Press).

—. 2005. *Biological and Epidemiological Information on Health Risks Attributable to Ionizing Radiation: A Summary of Judgements for the Purpose of Radiological Protection of Humans,* Committee Task Group Report: C1 Foundation Document (FD-C-1) (Ottawa).

Kocher, D.C.; Apostoaei, A.I.; Hoffman, F.O. 2005. “Radiation effectiveness factors (REFs) for use in calculating probability of causation of radiogenic cancers”, in *Health Physics*, Vol. 89, No. 1, pp. 3–32.

Kryscio, A. et al. 2001. “A cytogenetic analysis of the long-term effect of uranium mining on peripheral lymphocytes using the micronucleus-centromere assay”, in *International Journal of Radiation Biology*, Vol. 77, No. 11, pp. 1087–1093.

Kutkov, V.; Kochetkov, O.; Panfilov, A. 2003. “Strategy of control at source as a base for protecting workers against risks arising from exposure to ionizing radiation in the Russian Federation”, in *Proceedings of the International Conference on Occupational Radiation Protection: Protecting Workers against Exposure to Ionizing Radiation, Geneva, 26–30 August 2002* (Vienna, IAEA), pp. 39–44.

Land, C.E. 1990. “Projection of risk from one population to another”, in K. Renz (ed.): *Risk Estimates for Radiation Carcinogenesis* (Köln: Institut für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik und der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie), pp. 42–49.

—. 1994. “A case-control interview study of breast cancer among Japanese A-bomb survivors: II. Interactions with radiation dose”, in *Cancer Causes & Control*, Vol. 5, pp. 167–176.

—; Sinclair, W.H. 1991. “The relative contributions of different organ sites to the total cancer mortality associated with low-dose radiation exposure”, in *Annals of the ICRP*, Vol. 22, No. 1, pp. 31–57.

—. et al. 1980. “Breast cancer risk from low-dose exposures to ionizing radiation: results of parallel analysis of three exposed populations of women”, in *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 65, No. 2, pp. 353–376.

—. et al. 2003. *Report of the NCI-CDC Working Group to Revise the 1985 NIH Radioepidemiological Tables,* NIH Publication No. 03-5387 (US Department of Health and Human Services, Washington, DC).

Lepicard, S.; Schneider, T.; Degrange, J.P. 2004. *Analyse de mécanismes de compensation des risques associés aux faibles doses de rayonnements ionisants: Usage de concept de risque attributable, Report No. CEPN-NTE/04/01* (Fontenay aux Roses, CEPN).

Little, M.P.; Boice, J.D., Jr. 1999. "Comparison of breast cancer incidence in the Massachusetts tuberculosis fluoroscopy cohort and in the Japanese atomic bomb survivors", in *Radiation Research*, Vol. 151, No. 2, pp. 123–124.

Löbrich, M. et al. 2005. "In vivo formation and repair of DNA double-strand breaks after computed tomography examinations", in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 102, No. 25, pp. 8984–8989.

Lubin, J.H.; Steindorf, K. 1995. "Cigarette use and the estimation of lung cancer attributable to radon in the United States", in *Radiation Research*, Vol. 141, pp. 79–85.

Muir, C.S. et al. 1987. *Cancer Incidence in Five Continents, Vol. V, IARC Scientific Publications No. 88* (Lyon, IARC).

Müller, W.-U.; Rode, A. 2002. "The micronucleus assay in human lymphocytes after high radiation doses (5–15 Gy)", in *Mutation Research*, Vol. 502, No. 1-2, pp. 47–51.

Müller, W.-U.; Streffer, C. 1991. "Biological indicators for radiation damage", in *International Journal of Radiation Biology*, Vol. 59, No. 4, pp. 863–873.

—; Strett, C.1994. "Micronucleus assay", in G. Obe (ed.): *Advances in Mutagenesis Research*, Vol. 5, pp. 1–134.

—. et al. 2004. "Analysis of the action of the restriction endonuclease AluI using three different comet assay protocols", in *Strahlentherapie Onkologie*, Vol. 180, No. 10, pp. 655–664.

Mummery, P.W.; Alderson, B.A. 1989. "The BNFL Compensation Agreement for Radiation Linked Diseases", in *Journal of Radiological Protection*, Vol. 9, pp. 179–184.

Nakamura, A. et al. 2006. "Techniques for gamma-H2AX detection", in *Methods in Enzymology*, Vol. 409, pp. 236–250.

National Center for Health Statistics. 1967. *Cigarette smoking and health characteristics, U.S., July 1964 – June 1965*, Report No. 34, Series 10 (Washington, DC, US Department of Health Education and Welfare).

National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP). 1997. *Uncertainties in Fatal Cancer Risk Estimates used in Radiation Protection,* NCRP Report No. 126 (Bethesda, MD).

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2002. *NIOSH-Interactive Radioepidemiological Program (NIOSH-IREP) Technical Documentation*, Final Report (Cincinnati, OH).

National Institutes of Health (NIH). 1985. *Report of the National Institutes of Health Ad Hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables*, NIH Publication No. 85-2748 (Washington, DC, US Department of Health and Human Services).

National Research Council (NRC). 1980. *The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR III*, Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations of the National Academy of Sciences (Washington, DC).

—. 1988. *Health Risks of Radon and other Internally Deposited Alpha-Emitters: BEIR IV*, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, Board on Radiation Effects Research, Commission on Life Sciences (Washington, DC, National Academy Press).

—. 1990. *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR V,* Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, Board on Radiation Effects Research, Commission on Life Sciences (Washington, DC, National Academy Press).

—. 1999. *Health Effects of Exposure to Radon: BEIR VI*, Committee on Health Risks of Exposure to Radon Board on Radiation Effects Research, Commission on Life Sciences (Washington, DC, National Academy Press).

—. 2000. *A Review of the Draft Report of the NCI-CDC Working Group to Revise the 1985 Radioepidemiological Tables,* Committee on an Assessment of Centers for Disease Control and Prevention Radiation Studies from DOE Contractor Sites: Subcommittee to Review Radioepidemiological Tables (Washington, DC, National Academy Press).

—. 2006. *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2,* Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, Board on Radiation Effects, Research Division on Earth and Life Studies (Washington, DC, National Academy Press).

Pantelias, G.E.; Maillie, H.D. 1984. "The use of peripheral blood mononuclear cell prematurely condensed chromosomes for biological dosimetry", in *Radiation Research*, Vol. 99, No. 1, pp. 140–150.

Parkin, D.M. et al. (eds). 1997. *Cancer Incidence in Five Continents*, Volume VII, IARC Scientific Publications, Vol. 143 (Lyon, IARC).

Pierce, D.A.; Preston, D.L. 1993. "Joint analysis of site-specific cancer risks for the atomic bomb survivors", in *Radiation Research*, Vol. 134, pp. 134–142.

Pierce, D.A. et al. 1996. "Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950–1990", in *Radiation Research*, Vol. 146, No. 1, pp. 1–27.

Pierce, D.A.; Sharp, G.B.; Mabuchi, K. 2003. "Joint effects of radiation and smoking on lung cancer risk among atomic bomb survivors", in *Radiation Research*, Vol. 159, pp. 511–520.

Preston, D.L. et al. 1994. "Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: Leukemia, lymphoma, and multiple myeloma, 1950–1987", in *Radiation Research*, Vol. 137, pp. S68–S97.

—. D.L. et al. 2002. "Radiation effects on breast cancer risk: A pooled analysis of eight cohorts", in *Radiation Research*, Vol. 158, No. 2, pp. 220–235.

Puskin, J.S.; Nelson, C.B. 1995. "Estimates of radiogenic cancer risk", in *Health Physics*, Vol. 69, pp. 93–101.

Rannou, A.; Couasnon, O. 2005. *La radioprotection des travailleurs. Bilan 2004. Rapport DRHP 2005-09* (Fontenay-aux-Roses, France, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire [IRSN]).

Ries, L.A.G. et al. (eds). 1997. *SEER Cancer Statistics Review, 1973–1994, NIH Pub. No. 97-2789* (Bethesda, MD, National Cancer Institute).

Rogot, E.; Murray, J.L. 1980. "Smoking and causes of death among U.S. veterans: 16 years of observation", in *Public Health Reports*, Vol. 95, No. 3, pp. 213–222.

Ron, E. et al. 1995. "Thyroid cancer after exposure to external radiation: A pooled analysis of seven studies", in *Radiation Research*, Vol. 141, No. 3, pp. 259–277.

—. et al. 1998. "Skin tumor risk among atomic-bomb survivors in Japan", in *Cancer Causes and Control*, Vol. 9, No. 4, pp. 393–401.

Schneider, T. et al. 1994. "Applying ASQRAD to Demonstrate the Sensitivity of Estimates of Radiation Detriment to the Assumptions Adopted", in *IRPA Regional Congress on Radiological Protection*, Portsmouth, England, 6–10 June 1994, pp. 225–228.

Schubauer-Berigan, M. et al. 2003. "Guidelines for Determining the Probability of Causation under the U.S. Energy Employees Occupational Illness Compensation Programme Act (EEOICPA) of 2000", in *Proceedings of the International Conference on Occupational Radiation Protection*, Geneva, 26–30 August 2002 (Vienna, IAEA).

Scott, B.R. 1993. "Early-occurring and continuing effects", in *Modification of Models Resulting from Addition of Effects of Exposure to Alpha-Emitting Nuclides, Rev. 1, Part II, NUREG/CR-4214, Addendum 2 (LMF-136)* (Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission).

— ; Hahn, F.F. 1989. "Early occurring and continuing effects", in *Health Effects Models for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis, Low LET Radiation, Rev. 1, Part II, NUREG/CR-4214, SAND85-7185* (Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission).

Scotto, J.; Fears, T.R.; Fraumeni, J.F. Jr. 1983. *Incidence of non-melanoma skin cancer in the United States,* NIH Publication No. 83-2433 (Bethesda, MD, Dept. of Health and Human Services, National Institutes of Health).

—. et al. 1996, "Nonmelanoma skin cancer", in D. Schottenfeld and J.F. Fraumeni Jr (eds): *Cancer Epidemiology and Prevention*, 2nd edn. (New York, Oxford University Press), pp. 1313–1330.

Shore, R.E. et al. 2002. "Skin cancer after X-ray treatment for scalp ringworm", in *Radiation Research*, Vol. 157, pp. 410–418.

Thompson, D.E. et al. 1994. "Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: Solid tumors, 1958–1987", in *Radiation Research*, Vol. 137 (2 Suppl.), pp. S17–67.

Tice, R.R. et al. 2000. "Single cell gel/comet assay: Guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing", in *Environmental and Molecular Mutagenesis*, Vol. 35, No. 3, pp. 206–221.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). 1982. *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects,* Report to the General Assembly (New York).

—. 1988. *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation,* Report to the General Assembly (New York).

—. 1993. *Sources and Effects of Ionizing Radiation,* Report to the General Assembly (New York).

—. 1994. *Sources and Effects of Ionizing Radiation,* Report to the General Assembly (New York).

—. 2000. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, Vols. I and II. Report to the General Assembly (New York).

World Health Organization (WHO). 1969. *International Classification of Diseases*, 8th ed. (ICD-8) (Geneva).

—. 2000. *WHO Mortality Database, 2000.* WHO Statistical Information System, see http://www.who.int/whosis/en/index.html

—. 2006. *Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes,* Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" (Geneva).

Wuttke, K.; Streffer, C.; Müller, W.-U. 1993. "Radiation induced micronuclei in subpopulations of human lymphocytes", in *Mutation Research*, Vol. 286, pp. 181–188.

أساليب لعزو
الآثار الصحية المضرة
إلى التعرض المهني للإشعاع المُؤَيِّن
وتطبيقها
في برامج التعويض
عن السرطان

قد يُطالِب العمالُ المعرضون للإشعاع المُؤَيِّن خلال عملهم بالتعويض في حال حدوث سرطان لديهم. مع ذلك، إن السرطان مرض شائع، لاسيما في العمر المتقدم، وإن معظم السرطانات تنجم عن عوامل خطر غير مهنية. عبر تأليفه من قِبَل خبراء دوليين، فإن هذا الكتاب يفحص بالتفصيل الأساس العلمي من أجل عزو الخطر مُرَكِّزاً على وجه الخصوص على مسائل الطرائق المتعلقة بعزو السرطانات لدى الأفراد إلى تعرضات سابقة للإشعاع المهني. يقدم الكتاب أيضاً الملامح العامة لنُظُم التعويض بالإضافة إلى أمثلة لنُظُم التعويض من بلدان مختلفة توضح مجموعة متنوعة من الأساليب.

إن هذا الكتاب الذي نشرته بصورة مشتركة ثلاث منظمات دولية معنية بالصحة المهنية والإشعاع المؤين- منظمة العمل الدولية (ILO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) ومنظمة الصحة العالمية (WHO)-سيكون مفيداً للسلطات الوطنية، واتحادات العمال، وأصحاب العمل، وأطراف أخرى مع الاهتمام بضمان أسلوب منصف لتعويض العمال.