أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

سلسلة

معايير الأمان

تقويم التعرض المهني الناجم عن اندخالات النويدات المشعة

رعاية مشتركة من
الوكالة الدولية للطاقة الذرية
ومكتب العمل الدولي

دليل الأمان

رقم RS-G-1.2

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
فيينا

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

نشرات الوكالة الدولية للطاقة الذرية المرتبطة بالأمان

معايير الأمان للوكالة الدولية للطاقة الذرية

وفقاً لنص المادة الثالثة من النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية، فوضت الوكالة بتأسيس معايير الأمان للوقاية ضد الإشعاعات المؤينة، والنهوض بتطبيق هذه المعايير في الأنشطة النووية السلمية.

وتصدر النشرات المرتبطة بالتنظيم، التي بواسطتها تؤسس الوكالة معايير ومقاييس الأمان **في سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة**. وتغطي هذه السلسلة الأمان النووي، والأمان الإشعاعي، وأمان النقل، وأمان النفايات، وكذلك الأمان العام (الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً باثنين أو أكثر من المجالات الأربعة)، والفئات التي تتدرج تحتها هي: **أسس الأمان، ومتطلبات الأمان، وأدلة الأمان**.

أسس الأمان (الغلاف الأزرق): وتمثل الأهداف الأساسية ومفاهيم ومبادئ الأمان والوقاية في تطوير وتطبيق الطاقة النووية للأغراض السلمية.

متطلبات الأمان (الغلاف الأحمر): وتؤسس المتطلبات التي يجب أن تستوفي لضمان الأمان. وهذه المتطلبات التي يعبر عنها ببيانات، يسبقها كلمة "يجب shall ": محكومة بالأهداف والمبادئ الواردة في أسس الأمان.

أدلة الأمان (الغلاف الأخضر): وتوصي بالأفعال أو الظروف أو النهج اللازمة لاستيفاء متطلبات الأمان. ويعبر عن التوصيات في أدلة الأمان ببيانات يسبقها كلمة "ينبغي shoul "، مع تضمين أنه من الضروري اتخاذ الإجراءات الموصي بها، أو إجراءات بديلة أخرى مكافئة للامتثال للمتطلبات.

ومعايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية ليست ملزمة، من الناحية القانونية، للدول الأعضاء، إلا أن هذه الدول قد تقر استخدامها، ببعض التصرف، في تنظيماتها الوطنية بالنسبة لأنشطتها الخاصة. والمعايير ملزمة بالنسبة للوكالة الدولية للطاقة الذرية في جميع عملياتها الخاصة، وهي ملزمة، كذلك، للدول بالنسبة للعمليات التي تدعمها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

والمعلومات حول برنامج معايير الأمان التي تصدرها الوكالة (بما في ذلك الطبعات الصادرة بلغات أخرى غير الإنجليزية) متوفرة في موقع الإنترنت الخاص بالوكالة وهو:

www.iaea.org/ns/coordinet

و يمكن طلبها من قسم تنسيق الأمان على العنوان التالي:

Safety co-ordination section, IAEA, P.O. Box 100A-1400, Vienna, Austria

نشرات أخرى مرتبطة بالأمان

وفقاً لنص المادة الثالثة والمادة الثامنة الفقرة ج من النظام الأساس للوكالة الدولية للطاقة الذرية، تتيح الوكالة تبادل المعلومات وترعاه بالنسبة للأنشطة النووية السلمية، وتقوم لهذا الغرض، بدور الوسيط بين الدول الأعضاء.

وتصدر التقارير حول الأمان والوقاية في الأنشطة النووية في سلسلة أخرى، وهي **سلسلة تقارير الأمان للوكالة الدولية للطاقة الذرية**، كنشرات معلوماتية. وقد تصف تقارير الأمان ممارسات جيدة، وتعطي أمثلة عملية وطرائق تفصيلية، يمكن استخدامها لاستيفاء متطلبات الأمان. ولا تؤسس هذه التقارير متطلبات، ولا تقدم توصيات.

والسلسلة الأخرى التي تصدرها الوكالة الدولية للطاقة الذرية، التي تتضمن بيع المنشورات المرتبطة بالأمان هي **سلسلة التقارير الفنية، وسلسلة تقارير التقويم الإشعاعي، وسلسلة الإسناج INSAG**. كما تصدر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، كذلك، تقارير حول الحوادث الإشعاعية، ومنشورات خاصة أخرى للبيع. وتصدر المنشورات المرتبطة بالأمان وغير المخصصة للبيع في **سلسلة التقارير الفنية TECDOC، وسلسلة معايير الأمان المؤقتة، وسلسلة المناهج التدريبية، وسلسلة الخدمات** التي تقدمها الوكالة الدولية للطاقة الذرية، **وسلسلة كتب الحاسب الآلي، وكتب الأمان الإشعاعي العملي، والكتب الفنية الإشعاعية العملية**.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تقويم
التعرض المهني
الناجم عن اندخالات
النويدات المشعة

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

بيان الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الاتحاد الروسي
إثيوبيا
الأرجنتين
الأردن
أرمينيا
أسبانيا
استراليا
استونيا
إسرائيل
أفغانستان
إكوادور
ألبانيا
ألمانيا
الإمارات العربية المتحدة
اندونيسيا
أورغواي
أوزبكستان
أوغندا
أوكرانيا
إيران (جمهورية-الإسلامية)
أيرلندا
أيسلندا
إيطاليا
باراغواي
باكستان
البرازيل
البرتغال
بلجيكا
بلغاريا
بنغلادش
بنما
بنن
بوركينا فاصو
البوسنة والهرسك
بولندا
بوليفيا
بيرو
بيلاروس
تايلند
تركيا
تونس
جامايكا
الجزائر
جزر مارشال

الجماهيرية العربية الليبية
الجمهورية التشيكية
جمهورية تنزانيا المتحدة
الجمهورية الدومينيكية
الجمهورية العربية السورية
جمهورية كوريا
جمهورية الكونغو الديمقراطية
جمهورية مقدونيا اليوغوسلافية سابقاً
جمهورية ملدوفا
جنوب أفريقيا
جورجيا
الدانمرك
رومانيا
زامبيا
زمبابوي
سري لانكا
السلفادور
سلوفاكيا
سلوفينيا
سنغافورة
السنغال
السودان
السويد
سويسرا
سيراليون
شيلي
الصين
العراق
غابون
غانا
غواتيمالا
فرنسا
الفلبين
فنزويلا
فنلندا
فييت نام
قبرص
قطر
كازخستان
الكاميرون
الكرسي الرسولي
كرواتيا
كمبوديا

كندا
كوبا
كوت ديفوار
كوستاريكا
كولومبيا
الكويت
كينيا
لاتفيا
لبنان
لكسمبورغ
ليبيريا
ليتوانيا
ليختنشتاين
مالطا
مالي
ماليزيا
مدغشقر
مصر
المغرب
المكسيك
المملكة العربية السعودية
المملكة المتحدة
منغوليا
موريشيوس
موناكو
ميانمار
ناميبيا
النرويج
النمسا
النيجر
نيجيريا
نيكاراغوا
نيوزيلندا
هايتي
الهند
هنغاريا
هولندا
الولايات المتحدة الأمريكية
اليابان
اليمن
يوغوسلافيا
اليونان

اعتمد النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية في 23 ديسمبر 1956م بواسطة المؤتمر الخاص بالنظام الأساسي، المنعقد في مقر الجمعية العامة للأمم المتحدة في نيويورك. وقد أصبح هذا النظام ساري المفعول في 29 يوليو 1957م. وتقع رئاسة الوكالة في فيينا. والأهداف الرئيسة للوكالة هي تعجيل وتضخيم إسهام الطاقة الذرية في السلام والصحة والممتلكات في العالم كله.

IAEA, 1999

يمكن الحصول على الإذن باستنساخ أو ترجمة المعلومات المحتواة في هذه النشرة بالكتابة إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرية، على العنوان التالي: Wagramer Strasse 5, P. O. Box 100, A - 1400 Vienna, Austria

طبعت بمعرفة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في النمسا
أكتوبر 1999م
تحت رقم STI/PUB/1077

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

سلسلة الأمان رقم RS-G-1.2

تقويـــم التعرض المهني الناجم عن اندخـــالات النويدات المشعة

دليل الأمان

برعاية مشتركة من
الوكالة الدولية للطاقة الذرية
ومكتب العمل الدولي

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
فيينا 2001

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تمهيد
بقلم محمد البرادعي
المدير العام

إن أحد المهام الواردة في النظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية هو تأسيس أو تبني معايير أمان لوقاية الصحة والحياة والممتلكات، عند تطوير وتطبيق الطاقة النووية للأغراض السلمية، والنهوض بتطبيق هذه المعايير في عملياتها الخاصة، وفي العمليات المدعومة للأطراف الأخرى، عند الطلب، وفي العمليات التي تتم تحت ترتيبات ثنائية أو متعددة الأطراف، أو في أنشطة دولة ما في مجال الطاقة النووية، بطلب من هذه الدولة.

ويشرف على تطوير معايير الأمان الكيانات الاستشارية التالية: اللجنة الاستشارية حول معايير الأمان(ACSS) ، واللجنة الاستشارية لمعايير الأمان النووي(NUSSAC)، واللجنة الاستشارية لمعايير الأمان الإشعاعي(RASSAC)، واللجنة الاستشارية لمعايير أمان النقل (TRANSSAC)، واللجنة الاستشارية لمعايير أمان النفايات(WASSAC). وتمثل الدول الأعضاء في هذه اللجان تمثيلاً واسعاً.

ولضمان إجماع دولي عريض، تقدم معايير الأمان، كذلك، لجميع الدول الأعضاء، للتعليق، قبل التصديق عليها من مجلس المحافظين للوكالة (بالنسبة لأسس الأمان، ومتطلبات الأمان)، أو بالنيابة عن المدير العام من لجنة النشرات (بالنسبة لأدلة الأمان).

ومعايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية ليست ملزمة، من الناحية القانونية، للدول الأعضاء، ولكن يمكن لهذه الدول أن تقر استخدامها، ببعض التصرف، في تنظيماتها الوطنية المعنية بأنشطتها. والمعايير ملزمة للوكالة في جميع عملياتها، وملزمة، كذلك، للدول الأعضاء في العمليات التي تدعمها الوكالة. وأية دولة ترغب في إبرام اتفاقية مع الوكالة لمعاونتها في أمر يتعلق باختيار موقع، أو تصميم أو إنشاء، أو بدء تشغيل، أو تشغيل، أو إنهاء تشغيل، أي مرفق نووي أو أية أنشطة أخرى، فسيطلب منها اتباع تلك الأجزاء من معايير الأمان، التي تتعلق بالأنشطة التي تغطيها الاتفاقية. ومع ذلك، فإنه ينبغي إعادة التنويه، بأن القرارات النهائية والمسؤوليات القانونية في نهج الترخيص تقع على عاتق الدول الأعضاء.

وعلى الرغم من أن معايير الأمان تؤسس القواعد الجوهرية بالنسبة للأمان، إلا أنه قد يكون من الضروري تضمين متطلبات تفصيلية أكثر، وذلك وفقاً للممارسات الوطنية. وفضلاً عن ذلك، فسوف يكون هناك، بصفة عامة، جوانب خاصة يلزم تقويمها بواسطة خبراء، على أساس دراسة حالة بحالة.

وقد ورد ذكر الحماية المادية للمواد الانشطارية والمشعة، ولمحطات القدرة النووية ككل، حيثما تلاءم، إلا أنها لم تعالج بالتفصيل. وينبغي أن تنصب التزامات الدول، في هذا الصدد، على أساس الأدوات الملائمة والنشرات المطورة برعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ولم تؤخذ الجوانب غير الإشعاعية للأمان الصناعي والوقاية البيئية على نحو منفصل، حيث أنه من المعول عليه أن الدول ينبغي أن تنفذ التزاماتها وتدابيرها الدولية بالنسبة لهذا الأمر.

إن المتطلبات والتوصيات الواردة في معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية قد لا تستوفي بالكامل، بالنسبة لبعض المرافق التي بنيت وفق معايير سابقة. والقرارات الخاصة بالطريقة التي تطبق بها معايير الأمان على مثل هذه المرافق سوف تتخذ بواسطة كل دولة على حدة.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

وقد وجهت عناية الدول نحو الحقيقة التي مفادها، أنه رغم أن معايير الأمان الصادرة عن الوكالة غير ملزمة، قانونياً، للدول الأعضاء، إلا أنه تم تطويرها بغرض ضمان أن الاستخدامات السلمية للطاقة النووية وللمواد المشعة، تتم بطريقة تمكن الدول من استيفاء التزاماتها، وفق مبادئ مقبولة، بصفة عامة، للقانون والقواعد الدولية، كتلك المبادئ المرتبطة بحماية البيئة. ووفقاً لمثل هذا المبدأ العام، يجب ألا تستخدم أرض دولة بطريقة تسبب الضرر في دولة أخرى. بذلك، فإنه يقع على الدول التزام بالنسبة لمعايير الرعاية.

وتخضع الأنشطة النووية المدنية، الواقعة ضمن سيادة الدولة، شأنها شأن الأنشطة الأخرى، للالتزامات التي قد تلتزم بها الدولة ضمن اتفاقيات دولية، فضلاً عن المبادئ المقبولة للقانون الدولي، على وجه العموم. ومن المتوقع، أن تقر الدول ضمن نظمها القانونية الوطنية مثل هذه التشريعات (بما فيها التنظيمات) والمعايير والإجراءات الأخرى، وفق ما يلزم لاستيفاء جميع التزاماتها الدولية بفعالية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تقديم

يمكن أن يحدث التعرض المهني للإشعاعات المؤينة في عدد من الصناعات، وفي المنشآت الطبية والمؤسسات البحثية والتعليمية، وفي مرافق دورة الوقود النووي. والوقاية الإشعاعية الكافية للعاملين هي أمر جوهري، بالنسبة للاستخدام الآمن والمقبول للإشعاعات والمواد المشعة والطاقة النووية.

وفي عام 1996م ، نشرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية أسس الأمان حول الوقاية الإشعاعية وأمان مصادر الإشعاع (سلسلة الأمان رقم 120)، ومعايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية ضد الإشعاعات المؤينة ولأمان مصادر الإشعاع (سلسلة الأمان رقم 115)، وقد رعت كلا النشرتين كل من منظمة الزراعة والأغذية التابعة للأمم المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، ومنظمة العمل الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون الأوربي(OECD) ، ومنظمة الصحة عبر الأمريكتين، ومنظمة الصحة العالمية. وتستعرض هذه النشرات أهداف ومبادئ الأمان الإشعاعي، والمتطلبات التي يجب استيفاءها لتطبيق المبادئ وإنجاز الأهداف.

إن تأسيس متطلبات وإرشادات الأمان حول الوقاية الإشعاعية المهنية هو ركن هام لدعم الأمان الإشعاعي، الذي توفره الوكالة الدولية للطاقة الذرية للدول الأعضاء. والهدف من برنامج الوقاية المهنية للوكالة هو تزكية اقتراب دولي متوافق لأمثلة الوقاية الإشعاعية المهنية، من خلال تطوير وتطبيق إرشادات لتقييد التعرضات الإشعاعية، وتطبيق تقنيات حديثة للوقاية الإشعاعية في أماكن العمل.

والإرشادات حول استيفاء متطلبات معايير الأمان الأساسية للوقاية المهنية موجودة في ثلاثة أدلة مرتبطة بالأمان، أحدها يعطي الإرشادات العامة حول تطوير برامج الوقاية الإشعاعية المهنية، والآخران يعطيان إرشادات تفصيلية أكثر، حول رصد وتقويم تعرض العاملين من المصادر الخارجية للإشعاع ومن اندخال النويدات المشعة على الترتيب. وتعكس هذه الأدلة معاً المبادئ الحالية المقبولة، دولياً، والممارسات الموصي بها في الوقاية الإشعاعية المهنية. مع أخذ التغيرات الرئيسة التي وقعت خلال العقد الماضي في الحسبان.

وقد رعى الأدلة الثلاثة، حول الوقاية الإشعاعية المهنية، كل من الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومكتب العمل الدولي.

ويختص دليل الأمان الحالي بتقويم التعرض الإشعاعي الناجم عن اندخال النويدات المشعة في أماكن العمل. ويمكن أن تحدث مثل هذه الاندخالات من خلال عدد من المسالك، حيثما توجد مصادر مشعة غير محكمة الإغلاق، ويكون رصد العاملين ومكان العمل في مثل هذه الأوضاع جزءا لا يتجزأ من أي برنامج للوقاية الإشعاعية المهنية. ويعتمد تقويم التعرض الناجم عن الاندخالات، بصورة حرجة، على معرفة الحركية الحيوية للنويدات المشعة، ويعكس دليل الأمان الحالي التغيرات الرئيسة خلال العقد الماضي في الممارسة الدولية في موضوع تقويم الجرعات الداخلية .

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ملاحظة للمحرر

حيثما يضمن ملحق، فإنه يشكل جزءا مكملا للمعايير، ويكون له نفس قوة وموقف النص الرئيس، وأما التذييلات (annexes) ، والملاحظات وثبت المراجع فإنها تستخدم، عند تضمينها، لتوفير معلومات إضافية أو أمثلة عملية، قد تكون معاونة للمستخدم.

تستخدم معايير الأمان مصطلح "يجب" "shall" عند عمل بيان حول المتطلبات والمسؤوليات والالتزامات. ويستخدم المصطلح "ينبغي" "should" ليعني توصيات لخيار مرغوب.
إن النسخة الإنجليزية من هذا النص هي النسخة الرسمية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

المحتويات

1- **مقدمة** 1

الخلفية (1-1 حتى 1-4) 1
الهدف (1-5) 1
المجال (1-6 حتى 1-8) 1
البنية (1-9 حتى 1-10) 2

2- **كميات قياس الجرعة** (2-1 حتى 2-9) 2

3- **برامج الرصد** 4

الهدف العام (3-1 حتى 3-2) 4
تقويم الجرعة الفردية (3-3 حتى 3-44) 4
التقويم عقب حوادث أو أحداث (3-45 حتى 3-55) 13

4- **الطرائق المباشرة** 16

مقدمة (4-1 حتى 4-2) 16
الأوضاع الهندسية للقياس (4-3 حتى 4-5) 16
طرائق الكشف (4-6 حتى 4-10) 18
نهج القياس (4-11 حتى 4-13) 19

5- **الطرائق غير المباشرة** 20

مقدمة (5-1 حتى 5-2) 20
العينات البيولوجية (5-3 حتى 5-14) 20
العينات المادية (5-15 حتى 5-21) 22
تداول العينات (5-22 حتى 5-26) 23
طرائق التحليل (5-27 حتى 5-33) 24

6- **لنماذج الحركية الحيوية لقياس الجرعة الداخلية** 25

مقدمة (6-1 حتى 6-6) 25
نماذج لطرق مختلفة للدخول (6-7 حتى 6-22) 28
النشاط الشامل للجهاز (6-23 حتى 6-25) 33
الإخراج (6-26 حتى 6-27) 34
معاملات الجرعة (6-28 حتى 6-29) 37

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

التقويمات النوعية لأماكن العمل (6-30 حتى 6-31) 38

7- **تفسير القياسات** 40

مقدمة (7-1 حتى 7-4) 40
مثال لتقويم الجرعة لاندخال اليود 131 (7-5 حتى 7-17) 40
اللايقينيات في تقويمات الجرعة (7-18 حتى 7-23) 44
معاملات الجرعة والتركيز المشتق للهواء (7-24) 45

8- **حفظ سجلات الجرعة ورفع التقارير** 46

عام (8-1 حتى 8-2) 46
حفظ سجلات الرصد الفردي (8-3 حتى 8-4) 46
حفظ سجلات رصد أماكن العمل (8-5 حتى 8-6) 47
رفع تقارير المعلومات للإدارة (8-7 حتى 8-8) 47

9- **توكيد الجودة** 47

مقدمة (9-1) 47
التطبيق والإدارة (9-2 حتى 9-12) 48
تقويم الأداء (9-13 حتى 9-17) 49
إبرام عقود خدمات الرصد (9-18) 50

ملحق I – المعايير المقترحة للرصد الفردي 52

ملحق II – حدود الكشف لطرائق القياس 56

المراجع 59

تذييل: بيانات أساسية 63

تعاريف 69

المشاركون في الصياغة والمراجعة 72

الكيانات الاستشارية لدعم معايير الأمان 73

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

1- مقدمة

الخلفية

1-1 يمكن حدوث تعرض مهني عن المواد المشعة نتيجة لأنشطة بشرية متعددة. وتتضمن هذه الأنشطة العمل المترافق مع المراحل المختلفة لدورة الوقود النووي ولاستخدام المصادر المشعة في الطب والبحث العلمي والزراعة والصناعة، والمهن التي تتضمن تداول مواد تحوي تركيزات مزادة من النويدات المشعة الطبيعية. ولمراقبة هذا التعرض فإنه من الضروري وجود قدرة على تقويم مقدار الجرعات المتضمنة.

2-1 تمثل منشورات أسس الأمان التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية حول الوقاية الإشعاعية وأمان مصادر الإشعاع [1] أهداف ومفاهيم ومبادئ الوقاية الإشعاعية والأمان. والمتطلبات المصممة بحيث تستوفي الأهداف وتطبق المبادئ المحددة في أسس الأمان، بما فيها متطلبات وقاية العاملين المعرضين لمصادر الإشعاع، قد تأسست في معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الأشعة المؤينة ولأمان مصادر الإشعاع [2] (يشار إليها عادة بمعايير الأمان الأساسية أو BSS)، الصادرة برعاية مشتركة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، مع خمس منظمات دولية أخرى.

3-1 إن أدلة الأمان المترابطة الثلاثة، التي أعدتها الوكالة الدولية بالمشاركة مع مكتب العمل الدولي، توفر إرشادات حول تطبيق معايير الأمان الأساسية بالنسبة للتعرض المهني. ويعطي المرجع [3] نصائح عامة عن ظروف التعرض-التي ينبغي وضع برامج رصد لها لتقويم الجرعات الإشعاعية التي تنشأ من الإشعاع الخارجي ومن اندخالات النويدات المشعة للعاملين. ويمكن الحصول على إرشادات متخصصة حول تقويم الجرعات من المصادر الخارجية للإشعاع في المرجع [4] ، بينما يتعامل دليل الأمان الحالي مع اندخالات المواد المشعة.

4-1 إن التوصيات المرتبطة بالوقاية الإشعاعية المهنية قد طورت، كذلك، بواسطة الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية[5] (ICRP) وقد أخذت هذه التوصيات والتوصيات الحالية الأخرى للجنة الدولية للوقاية الإشعاعية [6]في الحسبان أثناء إعداد دليل الأمان هذا.

الهدف

5-1 إن الغرض من دليل الأمان هذا هو توفير إرشادات للسلطات الرقابية حول إجراء تقويمات اندخالات المواد المشعة الناجمة عن التعرض المهني. وهذا الدليل مفيد، كذلك، لهؤلاء المعنيين بتخطيط وإدارة وتشغيل برامج الرصد المهني، ولهؤلاء المساهمين في تصميم معدات تستخدم في قياس جرع التعرض الداخلي وفي رصد أماكن العمل.

المجال

6-1 يقدم دليل الأمان هذا الاعتبارات الرئيسة للرصد بالنسبة للتعرضات الداخلية في حالتي التعرض الروتيني وتعرض الحوادث، باستخدام طرائق مباشرة وغير مباشرة. وهو يقدم، كذلك، رصد مستويات النويدات المشعة في بيئة العمل كأساس لتقويم الاندخالات. إن النماذج الحركية الحيوية ونماذج قياس الجرعة، اللازمة بالنسبة للتقديرات النوعية لجرعات الأفراد، التي تستخدم

في حالة الحوادث أو الأحداث، أو حيثما يمكن أن يؤدي التشغيل إلى جرعات تقترب من الحدود التنظيمية، واردة، كذلك.

1-7 لا يغطي دليل الأمان هذا التعرض الطبي للمرضى أو تعرض أفراد الجمهور، كما لا يعطي نصائح معينة حول رصد العاملين في مجال التعدين والطحن.

1-8 نشرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية تفاصيل فنية ونصائح حول تقويم التلوث الداخلي بالطرائق المباشرة[7] . وفي المستقبل سوف تعطى الوكالة الدولية في نشراتها نصائح عملية حول استخدام طرائق غير مباشرة وحول تفسير القياسات بدلالة كمية المادة المشعة المأخوذة داخل الجسم، والجرعات الإشعاعية المرافقة لها.

البنية

1-9 يلخص الفصل 2 الكميات الأولية والمشتقة والتشغيلية لقياس الجرعات المستخدمة في الوقاية الإشعاعية، التي ترتبط بتقويم الجرعات من اندخالات النويدات المشعة. ويناقش الفصل 3 المبادئ المتضمنة في تطوير برامج الرصد والحاجة للرصد الفردي أو المكاني. كما يلخص الفصل 3 أيضاً انتقاء الأفراد واختيار إحدى الطريقتين المباشرة أو غير المباشرة لتقويم مدى التلوث الداخلي في الأوضاع الروتينية وفي حالات الحوادث. أما الطرائق التي طورت للتقويم المباشر لمحتوى الجسم أو العضو أو النسيج من النويدات المشعة بواسطة العدّ الخارجي للانبعاث الفوتوني المنبثق من الجسم فيرد في الفصل 4 . ويتناول الفصل 5 استخدام الطرائق غير المباشرة لتقويم محتوى الجسم من النويدات المشعة، أو لتقصي ما إذا كان الاندخال الذي قد حدث من العينات البيولوجية أو الفيزيائية محسوس . وقد لخص الفصل 6 النماذج التي تصف سلوك النويدات المشعة داخل الجسم. وأما تطبيق هذه النماذج في حساب مستويات النويدات المشعة في الجسم، وبالتالي حساب الجرعات الإشعاعية من القياسات التي أجريت باستخدام الطرائق المباشرة أو غير المباشرة فيرد في الفصل 7 . ويتضمن الفصل 8 المتطلبات بالنسبة لحفظ السجلات للقياسات، لكل من الرصد الفردي والمكاني. وأخيراً، ترد إرشادات نهج توكيد الجودة في الفصل 9.

1-10 يوفر ملحقان وتذييل معلومات إضافية. فالملحق 1 يوفر المعايير المقترحة لتبيان ما إذا كان الرصد الفردي ضروريا. أما الملحق 2 فيحدد إجراءات حساب حدود الكشف لطرائق القياس. ويوفر التذييل، كمرجع سهل، بعض البيانات الأساسية المتعلقة بتقويم التعرض المهني الناجم عن اندخالات النويدات المشعة، وتحديداً عوامل المرجحة للنسيج، ومعاملات الجرعة (الجرعات الملازمة لوحدة الاندخال)، وتركيزات الهواء المشتقة (DAC) لصيغ كيميائية مختارة لبعض النويدات المشعة الشائعة.

2- كميات قياس الجرعة

2-1 إن الكميات المتبناة في معايير الأمان الأساسية للتعبير عن الجرعات المتحصلة من اندخالات النويدات المشعة بالنسبة لأغراض الوقاية الإشعاعية هي الجرعة الفعالة E والجرعة المكافئة H_T في نسيج أو عضو T. وتناقش هذه الكميات باختصار في دليل الأمان المرتبط بها[3] كما تم تعريفها سابقاً في معايير الأمان الأساسية .[2] والكمية ذات الأهمية الأساسية بالنسبة لتقويم الجرعة الداخلية هي الإندخال، التي تعرف هنا على أنها النشاط الإشعاعي للنويدة المشعة المأخوذة

داخل الجسم[1] . ويستخدم معامل الجرعة (الجرعة الفعالة الملازمة لوحدة الاندخال) للنويدة المشعة j عن طريق الابتلاع $e(g)_{j,ing}$ ، أو الاستنشاق $e(g)_{j,inh}$ ، كيفما يتلاءم، لتحديد الجرعة الفعالة الملازمة من اندخال مقدر. وبالنسبة للتعرض المهني، يكون معظم الأشخاص المعرضين هم من البالغين، ولذلك تكون الفترة الزمنية التي يتم خلالها تقويم الجرعة الفعالة الملازمة هي 50 سنة بغض النظر عن العمر عند الاندخال.

2-2 لا يمكن قياس الجرعة الداخلية مباشرة، لكن يمكن استنتاجها فقط من الكميات المقيسة مثل محتوى الجسم من النشاط الإشعاعي ومعدلات الإخراج وتركيز المواد المشعة في العوالق الهوائية. ويوفر فصل 7 عرضا لتقويم الجرعة من مثل هذه القياسات.

2-3 في حالات التعرض الناجم عن نويدة مشعة منفردة بالاستنشاق أو الابتلاع ، بدون تعرض خارجي، فإن الحد للاندخال $I_{j,L}$ المقابل للحد الملائم L للجرعة الفعالة يعطى بالعلاقة:

$$I_{j,L} = L / e(g)_j$$

حيث $e(g)_j$ هي القيمة الملائمة للجرعة الفعالة الملازمة لوحدة الاندخال. وعندما يكون هناك تعرض ناجم عن عدة نويدات مشعة و/ أو عن تعرض خارجي، فإنه يلزم حساب الجرعة الفعالة الكلية. إن المتطلبات بالنسبة لتقويم الجرعة والإرشادات الخاصة بذلك في هذه الظروف، واردة في معايير الأمان الأساسية [2] وفي المرجع [3] .

2-4 يورد الجدول II – III من معايير الأمان الأساسية [2] قيم الجرعة الفعالة الملازمة لوحدة الاندخال عن طريق الابتلاع أو الاستنشاق لأغراض التعرض المهني (باستثناء نواتج الرادون والثورون). والجدول أ-1 الوارد مع تذييل دليل الأمان هذا يستنسخ بعض القيم لنويدات مشعة مختارة.

2-5 إن حدود الاندخال والتعرض لنواتج الرادون والثورون معطاة في الجدول I– II من معايير الأمان الأساسية [2] وهي ملخصة في دليل الأمان المرافق[3] .

2-6 يمكن أن يُرمز لكسر الاندخال المتبقي في الجسم (بالنسبة للطرائق المباشرة) أو للكسر الذي يخرجه الجسم (للطرائق غير المباشرة) عند الزمن t بعد حدوث الاندخال بالرمز $m(t)$ [8,9]. ويعتمد هذا الكسر على النويدة المشعة وعلى صيغتها الكيميائية والفيزيائية وعلى مسلك الاندخال بالإضافة إلى الزمن t. ولتقدير الاندخال بالنسبة لتقويم الجرعة، يجب عندئذ تقسيم المحتوى المقيس في الجسم أو معدل الإخراج المقيس على قيمة مناسبة للمقدار $m(t)$ (انظر الفصل7). ويمكن أن يكون تقدير الجرعة الملازمة دون مقدارها بنسبة عالية إذا طُبق معامل الجرعة $e(g)_j$ بشكل مباشر على المحتوى المقيس وليس على الاندخال المستنتج.

2-7 يجب أن يقوم الاحتمال بالنسبة لاستنشاق النويدات المشعة، عند الضرورة، وذلك بقياس مستويات النشاط الإشعاعي في عينات الهواء. ويعين تركيز الهواء المشتق (DAC معبرا عنه بوحدة بكرل/متر مكعب) على أنه تركيز النشاط الإشعاعي في العوالق الهوائية الذي يمكن أن ينتج

---

[1] يعرف الاندخال، في معايير الأمان الأساسية على أنه "عملية دخول النويدة المشعة إلى الجسم بواسطة الاستنشاق أو الابتلاع أو عن طريق الجلد". وتستخدم عبارة الاندخال، في هذا الدليل، بهذا المعنى الوصفي وبالمعنى الأكثر تحديدا الموصوف في النص.

عن اندخال $I_{j,inh,L}$ بسبب التعرض المستمر لمدة سنة كاملة (تؤخذ على أنها 2000 ساعة عمل). وبالنسبة لمعدل التنفس المعياري وهو 1,2 متر مكعب للساعة يعطى تركيز الهواء المشتق بالعلاقة:

$$DAC = 1.2 \times I_{j,inh,L}/2000$$

8-2 على سبيل المثال فإنه بالنسبة لاستنشاق عامل للسيزيوم 137 في صورة رذاذ يبلغ قطر نشاط الحركية الهوائية(AMAD) لحبيباته 5 ميكرون، تكون $e(g)_{j,inh}$ هي 6.7×10^{-9} سيفرت/بكرل، وبفرض أن L هو حد الجرعة المهنية الذي يساوي 20 مللي سيفرت/سنة [3] ، فإن:

$$I_{j,inh,L} = 0.02/6.7 \times 10^{-9} = 3 \times 10^{6} \quad Bq$$

وبالتالي يكون تركيز الهواء المشتق هو:

$$DAC = 3 \times 10^{6}/2000 \times 1.2 = 1.3 \times 10^{3} \quad Bq/m^3$$

وعملياً، يمكن تقريب (تدوير) تركيز الهواء المشتق إلى 1×10^3 بكرل/ م^3. ويعطي الجدول أ- 2 الوارد بالتذييل أمثلة عن هذه التركيزات.

9-2 إن تركيز النشاط الإشعاعي المقيس في عوالق الهواء، والمعبر عنها ككسر من، تركيز الهواء المشتق يمكن أن يضرب في زمن التعرض المقدر بالساعات للحصول على تقدير للاندخال معبرا عنه بوحدات.DAC.h. ومن التعريف فإن تركيزا للهواء المشتق مضروبا في الزمن مقداره 2000 DAC.h يقابل إندخالاً قدره $I_{j,inh,L}$.

3- برنامج الرصد

الهدف العام

1-3 إن الهدف العام من برامج الرصد التشغيلية هو تقويم ظروف أماكن العمل والتعرضات الفردية. وتقويم الجرعات للعاملين المعرضين للإشعاع روتينيا أو في الحوادث من خلال اندخالات المادة المشعة يشكل جزءا لا يتجزأ من أي برنامج وقاية إشعاعية، ويساعد على ضمان توفر ظروف إشعاعية مرضية وآمنة، بشكل مقبول، في مكان العمل.

3-2 إن الإجراءات التي تستوفي المتطلبات العامة بالنسبة للوقاية الإشعاعية للعاملين موصوفة في دليل الأمان المتعلق بتطبيق مبادئ الوقاية الإشعاعية المهنية[3]. وفيما يلي وصف للجوانب النوعية الخاصة بالرصد والمتعلقة بالتعرض الناجم عن اندخال المواد المشعة.

تقويم الجرعة الفردية

3-3 إن الطرائق النمطية للرصد الفردي للاندخال هي عد كامل الجسم والعد للعضو (مثل رصد الغدة الدرقية أو الرئة) وتحليل عينات الإخراج. كما تستخدم أيضاً عينات لمنطقة التنفس بواسطة جوامع هواء شخصية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

3-4 في كثير من الحالات التي تتضمن تعرضا بسبب النويدات المشعة، فإنه يلزم رصد أماكن العمل. ويمكن إدخال نهج الرصد لإثبات أن ظروف العمل مرضية، أو في الحالات التي يكون فيها الرصد الفردي غير قادر على توفير وقاية كافية للعامل. وقد يكون رصد مثل هذه الأماكن ملائما، عندما تكون مستويات التلوث منخفضة، مثل المختبرات البحثية التي تستخدم كميات صغيرة من مقتفيات الأثر المشعة.

3-5 إن الرصد بهدف تقدير الجرعات الناجمة عن اندخالات النويدات المشعة قد يتضمن تقنية أو أكثر من التقنيات التالية:

(أ) القياسات المتتالية للنويدات المشعة في كامل الجسم أو في أعضاء معينة.
(ب) قياسات النويدات المشعة في العينات البيولوجية. مثل عينات الإخراج أو التنفس؛
(ج) قياس النويدات المشعة في عينات مادية، مثل المرشحات من جوامع عينات هواء شخصية أو ثابتة، أو من مسحات السطوح.

ويمكن استخدام هذه القياسات لحساب اندخال النويدة المشعة، الذي يؤدي إلى تقدير الجرعة الفعالة الملازمة عندما يضرب بمعامل الجرعة الملائم. ومعاملات الجرعة للعديد من النويدات المشعة واردة في معايير الأمان الأساسية [2] ، وقد تم استنساخها في الجدول أ-1 من التذييل لنويدات مشعة منتقاة. ويمكن، في بعض الحالات، استخدام نتائج القياس المباشر لحساب معدلات الجرعة لكامل الجسم أو لكل عضو على حدة.

الحاجة للرصد

3-6 إن تصنيف المناطق كمناطق مراقبة أو مناطق خاضعة للإشراف والحاجة للرصد الفردي يتعين من معرفة الظروف في مكان العمل واحتمال تعرض العاملين. وعموما، فإن قرار إشراك العامل في برنامج لرصد التعرض الداخلي ينبغي أن يؤسس على احتمال إمكانية تلقي الفرد لاندخال مادة مشعة أعلى من مستوى محدد سلفا. ويعطي دليل الأمان ذو الصلة بالموضوع[3] لإرشادات الخاصة بتصنيف المناطق المراقبة والمناطق الخاضعة للإشراف. فإذا وضعت النهج التشغيلية لمنع أو تخفيض إمكانية الاندخال، فإنه يلزم، بصفة عامة، تأسيس منطقة مراقبة[3].

3-7 إن الحاجة من عدمها للرصد الفردي أو المكاني للتعرض الداخلي تعتمد على كمية المادة المشعة الموجودة، وعلى النويدات المشعة المتضمنة، وعلى الصيغة الفيزيائية والكيميائية للمادة المشعة، ونوع الاحتواء المستعمل، والأعمال المنفذة، وعلى الظروف العامة للعمل. فعلى سبيل المثال، فإن العاملين الذين يتداولون مصادر محكمة الإغلاق أو غير محكمة الإغلاق في حاوية يعول عليها، قد يلزمهم رصد التعرض الخارجي، ولكن ليس من الضروري رصد التعرض الداخلي لهم. وعلى العكس، فإنه بالنسبة للعاملين الذين يتعاملون مع نويدات مشعة مثل التريتيوم أو اليود 125 أو البلوتونيم 239 ، فيمكن أن تكون هناك حاجة لرصد التعرض الداخلي وليس التعرض الخارجي.

3-8 قد يكون من الصعب تحديد ما إذا كان من الضروري رصد عامل بالنسبة لاندخالات المادة المشعة. لذلك، ينبغي استخدام مثل هذا الرصد، بشكل روتيني، فقط للعاملين الذين يعملون في أماكن مصنفة كمناطق مراقبة، وتحديدا فيما يتعلق بمراقبة التلوث، والتي يتوفر لها دوافع لتوقع

اندخالات هامة. وإذا أظهرت الخبرة العملية أن الجرعات الفعالة الملازمة الناتجة عن الاندخال السنوي للنويدات المشعة من التعرض المهني لا يحتمل أن تزيد على 1 مللي سيفرت، عندئذ قد يكون الرصد الفردي غير ضروري، ولكن ينبغي إجراء رصد لمكان العمل.

3-9 من أمثلة الأوضاع التي أظهرت الخبرة العملية أنه من الضروري توجيه اعتبار للرصد الفردي الروتيني بالنسبة للتعرض الداخلي ما يلي:

(أ) تداول كميات كبيرة من مواد غازية أو متطايرة، مثل التريتيوم ومركباته في عمليات الإنتاج الواسعة، وفي مفاعلات الماء الثقيل وفي أعمال التألق.
(ب) معالجة البلوتونيوم وعناصر ما وراء اليورانيوم.
(ج) استخراج وطحن ومعالجة خامات الثوريوم. واستخدام الثوريوم ومركباته (الذي يمكن أن يؤدي إلى تعرض داخلي بسبب الغبار المشع والثورون 220 ونواتجه).
(د) استخراج وطحن وتكرير خامات اليورانيوم عالية الرتبة.
(هـ) معالجة اليورانيوم الطبيعي وخفيف الإثراء، وتصنيع وقود المفاعل.
(و) إنتاج النظائر المشعة بكميات كبيرة.
(ز) العمل في المناجم وأماكن أخرى حيث تزيد فيها مستويات الرادون عن مستوى العمل المسموح به.
(ح) تداول كميات كبيرة من المواد الصيدلانية المشعة، مثل اليود 131 في العلاج.
(ط) صيانة المفاعلات، التي يمكن أن تؤدي إلى تعرض بسبب نواتج الانشطار والتنشيط.

3-10 بالنسبة لبعض النويدات المشعة، قد يكون الرصد الفردي غير عملي بسبب نوع (أنواع) الإشعاع المنبعث وحساسية الكشف الخاصة بطرائق الرصد، ويجب الاعتماد على رصد مكان العمل. وعلى العكس، فإنه بالنسبة لبعض النويدات الأخرى مثل التريتيوم، قد يكون الرصد الفردي أكثر حساسية من رصد مكان العمل.

3-11 بالنسبة لعمليات التشغيل الجديدة، هناك حاجة للرصد الفردي وينبغي أن يوضع في الاعتبار. ومع تراكم الخبرة العملية في مكان العمل، ينبغي أن تبقى الحاجة للرصد الفردي الروتيني قيد المراجعة. وقد يتضح أن رصد مكان العمل كاف لأغراض الوقاية الإشعاعية.

3-12 بعض الإرشادات والأمثلة حول معايير تعيين مدى ضرورة الرصد الفردي واردة في الملحق 1.

تصميم برنامج مراقبة روتيني

3-13 إن رصد التعرض الداخلي الروتيني هو ذلك الذي يجري وفق مخطط ثابت لمجموعة مختارة من العاملين، ولرصد التعرض الداخلي قيود عديدة ينبغي وضعها في الاعتبار عند تصميم برنامج رصد كاف.

3-14 أولاً، إن الرصد لا يقيس الجرعة الفعالة الملازمة للفرد، مباشرة. فهناك حاجة للنماذج الحركية الحيوية لربط مستوى النشاط في عينة إخراج مع تلك التي في الجسم وقت أخذ العينة، ولربط محتوى الجسم وقت أخذ العينة بالاندخال الأصلي، ولحساب الجرعة الفعالة الملازمة من الاندخال المقدر.

3-15 ثانياً، قد تخضع القياسات للتداخل مع نويدات مشعة أخرى موجودة في الجسم مثل البوتاسيوم 40 الموجود طبيعياً، أو السيزيوم 137 من التساقط العالمي أو اليورانيوم الطبيعي الموجود في الغذاء، أو المواد الصيدلانية المشعة المستخدمة لأغراض التشخيص أو العلاج. لذلك، فإنه من المهم تعيين محتوى الجسم من النويدات المشعة الطبيعية والصنعية من الاندخالات السابقة. وهذا الأمر ضروري، بصفة خاصة، عندما تكون الاندخالات غير المهنية مرتفعة، مثل مناطق استخراج الخامات التي يكون فيها معدل التعرض أعلى من المعدل المتوسط بسبب الرادون. وينبغي أن يخضع جميع العاملين لفحص حيوي قبل مباشرة العمل مع المواد المشعة، وذلك لتحديد مستوى الخلفية.

3-16 قد تتداخل المواد الصيدلانية المشعة مع قياسات الفحص الحيوية لفترة من الزمن بعد تعاطي هذه الصيدلانيات، تبعا لخصائص المركب المتعاطى وعلى النويدات المشعة الموجودة في مكان العمل. وينبغي أن يطلب من العاملين تقديم تقرير إلى مشرفيهم عن أي تعاطي للمواد الصيدلانية المشعة، لتحديد إمكانية إجراء رصد كاف للتعرض الداخلي من عدمه.

3-17 ثالثاً، إن نتائج برنامج الرصد الفردي بالنسبة لتقدير الاندخالات المزمنة قد تعتمد على الوقت الذي أُجري خلاله الرصد. وبالنسبة لبعض النويدات المشعة ذات المعدلات العالية للإخراج، قد يكون هناك فرق هام بين القياسات المأخوذة قبل وبعد عطلة نهاية الأسبوع. وينبغي مراجعة مثل هذه الحالات بصفة شخصية، إذا كان التعرض المزمن ممكناً [10 – 8] . بالإضافة إلى ذلك، فإنه بالنسبة للنويدات ذات عمر النصف الفعال الطويل، فإن الكمية الموجودة في الجسم والكمية المخرجة تعتمدان على، عدد السنوات التي تعرض خلالها العامل، وتزدادان بزيادتها. وبشكل عام، فإن النشاط المتبقي من اندخالات السنوات السابقة ينبغي أن يؤخذ على أنه جزء من الخلفية للسنة الجارية.

3-18 أخيراً، إن الطرائق التحليلية المستخدمة للرصد الفردي ليست لها، في بعض الأحيان، حساسية مناسبة لكشف مستويات النشاط ذات الأهمية (انظر الملحق 2). فإذا كان الرصد الفردي غير عملي، عندئذ يجب استخدام نظام لرصد مكان العمل والرصد الشخصي لتعيين، كميات النويدات المشعة التي تكون قد دخلت في شخص ما، بقدر المستطاع. ويمكن استخدام جوامع عينات هواء ثابتة (ساكنة) أو جوامع عينات هواء شخصية، لتحديد تركيز المواد المشعة في عوالق الهواء، التي يمكن أن توحد مع الفرضيات المعيارية أو النوعية المكانية حول الصيغة الفيزيوكيميائية للمادة، ومع معدل التنفس وزمن تعرض العامل، لتقدير الاندخالات بالتنفس. وبنفس الأسلوب، يمكن استخدام الرصد السطحي لتبيان إمكانية الاندخال، أو الحاجة لرصد مكاني أكثر تفصيلا، إلا أن نماذج تقدير الاندخالات من تلوث السطح هي غير مؤكدة بشكل خاص.

3-19 إنّ للتعرض الناجم عن الرادون أهمية خاصة في المناجم تحت الأرضية، وفي المباني المبنية بمواد تحوي مستويات هامة من الراديوم، في المكاتب والمصانع والمباني الأخرى ذات المستويات المرتفعة من اليورانيوم في الأرض، وفي المباني التي تعالج فيها كميات كبيرة من المياه الجوفية. وفي عام 1993 أصدرت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية، توصياتها للوقاية من الرادون 222 في المنازل وأماكن العمل[13] . وتغطي سلسلة الأمان رقم 26 [12] الوقاية الإشعاعية عند استخراج وطحن الخامات المشعة.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

طرق القياس

3-20 يمكن تعيين اندخالات النويدات المشعة إما باستخدام طرائق قياس مباشرة أو غير مباشرة. وغالباً ما يشار للقياسات المباشرة لفوتونات أشعة جاما أو الأشعة السينية (بما فيها أشعة الانكباح) الصادرة عن النويدات المشعة المترسبة داخلياً كقياسات النشاط الإشعاعي للجسم، أو رصد كامل الجسم، أو عد كامل الجسم. أما القياسات غير المباشرة فهي قياسات النشاط الإشعاعي في العينات التي يمكن أن تكون إما بيولوجية (مثل الإخراج) أو مادية (مثل مرشحات الهواء). ولكل نوع من هذه القياسات مزايا ومساوئ، واختيار أحدهما دون الآخر يعتمد كثيراً على طبيعة الأشعة المراد قياسها. والطرق المباشرة مفيدة، فقط، لتلك النويدات المشعة التي تصدر فوتونات ذات طاقة كافية، وبأعداد كافية، لتهرب من الجسم، ومن ثم تقاس بواسطة كاشف خارجي. وتدخل العديد من نواتج الانشطار والتنشيط ضمن هذه الفئة. أما النويدات المشعة التي لا تصدر فوتونات ذات طاقة كافية (مثل التريتيوم ، والكربون 14 والاسترونشيوم 90 والإيتريوم 90 والبلوتونيوم 239 (فيمكن قياسها عادة باستخدام الطرق غير المباشرة فقط. إلا أن بعض بواعث بيتا، خصوصاً ذات الانبعاثات عالية الطاقة مثل الفسفور 32 والسترونشيوم 90 والإيتريوم 90 ، يمكن في بعض الأحيان قياسها مباشرة عن طريق أشعة الانكباح الناتجة. ولا تستخدم قياسات الانكباح هذه، عادة، للرصد الروتيني بسبب ارتفاع الحد الأدنى للنشاطات القابلة للكشف (انظر الملحق 2).

3-21 إن القياسات المباشرة، حيثما تكون ممكنة، توفر مزايا التقدير السريع والمريح للنشاط الكلي في الجسم، أو في جزء محدد من الجسم، وقت إجراء القياس، وذلك عندما تكون حساسة بدرجة كافية. وكمثال على ذلك، فإنه بالنسبة لليود 131 والسيزيوم 137 ، يفضل إجراء القياس المباشر لمحتوى الجسم أو لمحتوى العضو. إن قياسات كامل الجسم أو العضو هي أقل اعتماداً على النماذج الحركية الحيوية من قياسات الرصد غير المباشر، إلا أنها تعاني من لايقينيات أكبر للمعايرة، خاصة، بالنسبة لبواعث الفوتونات منخفضة الطاقة. ويمكن أن تستلزم القياسات المباشرة نقل العامل من الأعمال التي تتضمن تعرضا للإشعاع وذلك خلال الفترة التي تقاس فيها المادة المتبقية، وهي تحتاج عادة، مرافق ومعدات خاصة جيدة التدريع (لذلك فهي مرتفعة الثمن).

3-22 إن القياسات المباشرة مفيدة في التعيين النوعي والكمي للنويدات المشعة في المزيج الذي يمكن أن يكون قد أستنشق أو ابتلع أو حقن. فضلا عن ذلك فإن القياسات المباشرة يمكن أن تساعد في التعرف على نمط الاندخال وذلك بتعيين توزع النشاط في الجسم[14-13] . ويمكن أن تظهر القياسات المتتالية، حيثما تكون ممكنة، إعادة توزع النشاط الإشعاعي، وأن تعطي معلومات حول الكميات المحتجزة في كامل الجسم وحول السلوك الحركي الحيوي للنويدات المشعة في الجسم.

3-23 إن القياسات غير المباشرة، أقل تداخل، بشكل عام، مع مهام العامل، إلا أنها تتطلب وجود مختبر للتحاليل الكيميائية الإشعاعية. ويمكن أن يستخدم مثل هذا المختبر، كذلك، لقياس عينات بيئية، إلا أن قياسات العينات عالية المستوى (مثل كيمياء ماء المفاعل) ومنخفضة المستوى (مثل عينات الفحص الحيوي أو العينات البيئية) ينبغي إجراؤها في مختبرات منفصلة. وتُعين قياسات الإخراج معدل فقد المواد المشعة من الجسم بواسطة مسلك معين، ويجب ربطها إلى محتوى الجسم والاندخال بواسطة نموذج حركي حيوي. ونظراً لقدرة التحاليل الكيميائية الإشعاعية على كشف مستويات منخفضة للنشاط الإشعاعي، فإن قياسات الإخراج تمثل، عادة، كشفاً حساساً لهذا النشاط في الجسم.

3-24 قد يكون من الصعب تفسير قياسات عينات الهواء، وذلك لأنها تقيس تركيز النويدات المشعة في الهواء عند موضع جامع العينات، وليس من الضروري في منطقة التنفس للعامل. إلا أن جامع العينات الشخصي الموضوع على طية سترة العامل أو على خوذة رأسه يمكنه جمع عينة تمثل تركيز النشاط في الهواء الذي استنشقه، باستثناء الحالات التي تكون فيها العينة مؤلفة فقط من بضعة جسيمات. ويمكن استخدام قياسات تركيز الهواء، مع فرضيات حول معدلات التنفس وأحجام الهواء وأزمنة التعرض المقيسة، لتقدير الاندخال. إلا أن استخدام الجامع الشخصي للهواء يسمح، فقط، بتقديرات الاندخال، ولا يمكن استخدامه لتحسين تقدير الجرعة المبني على أساس خصائص الاحتجاز الفردية. فضلا عن ذلك فإنه لا يمكن تكرار القياسات بالجامع الشخصي للهواء عند الشك في نتيجة التحليل أو عند فقدها. ومع ذلك فإن هذه القياسات يمكن أن توفر تقديرات للاندخالات بالنسبة لبعض النويدات مثل الكربون 14 (في صيغ معينه) والبلوتونيوم 239 والثوريوم 232 واليورانيوم 235 ، حيث تكون الطرق المباشرة وبعض الطرق غير المباشرة لتقويم النشاط في الجسم غير حساسة بشكل كافٍ. وتعتمد طريقة الرصد هذه، من حيث تفسيرها، على معاملات الجرعة وعلى التراكيز المشتقة للهواء التي تم تعريفها في الفصل 2 ، وستناقش بالتفصيل في الفصل 7. وتوجد معاملات الجرعة، وتراكيز الهواء المشتقة لصيغ كيميائية متعددة لنويدات مشعة مختارة في الجدولين أ-1، أ-2.

3-25 يؤثر حجم الجسيمات على ترسب الدقائق المستنشقة في الجهاز التنفسي، لذلك فإن توفر معلومات حول توزع أحجام الجسيمات ضروري للتفسير الصحيح لنتائج التحليل الحيوي، وبالتالي لتقويم الجرعة. وينبغي، في العديد من الحالات، تحديد توزع أحجام جسيمات عوالق الهواء وذلك باستخدام الصادمات التعاقبية أو باستخدام طرق أخرى. وينبغي أن تتضمن قياسات عينات الهواء، كحد أدنى، قياس تركيز الجزء القابل للتنفس من دقائق عوالق الهواء. وتستطيع بعض النماذج الخاصة بتفسير نتائج جامع الهواء الشخصي أن تُميز الجسيمات غير القابلة للتنفس [15] . وعموما، فإنه كلما كانت المعلومات المتوفرة عن المكان وعن نوع المادة أكثر، كلما كان تقويم الجرعة أفضل.

3-26 لطرائق القياس حدود كشف تنجم عن وجود مواد مشعة طبيعيا، وعن التراوحات الإحصائية في معدلات العد، وعن عوامل متعلقة بتحضير العينة وتحليلها. ويصف الملحق 2 مفهوم الحد الأدنى للنشاط المهم والحد الأدنى للنشاط القابل للكشف اللذين يستخدمان لتمييز حدود الكشف لأية طريقة قياس.

تكرارية الرصد

3-27 جاء في نص الفقرة 1-35 (من الملحق I)[2] من معايير الأمان الأساسية أنه "يجب تحديد طبيعة وتكرارية ودقة الرصد الفردي مع الأخذ في الحسبان مقدار وإمكانية تراوحات مستويات التعرض واحتمال ومقدار التعرضات الكامنة ". ولتعيين التكرارية الملائمة للرصد الفردي ونمطه، ينبغي تعيين خصائص مكان العمل. ذلك، ينبغي معرفة النويدات المشعة المستخدمة وصيغها الكيميائية والفيزيائية، إن أمكن ذلك. فإذا كان من المحتمل أن تتغير هذه الصيغ في ظروف الحوادث (مثل تحرر سداسي فلوريد اليورانيوم للجو الذي يؤدي إلى إنتاج فلوريد الهيدروجين HF وفلوريد اليورانيل)، فإنه ينبغي أن يؤخذ هذا، كذلك، في الحسبان. وتعين الصيغ الكيميائية والفيزيائية للمادة (مثل حجم الجسيمات) سلوكها في الاندخال، ومن ثم حركيتها الحيوية لاحقاً في جسم الإنسان. وهذه الأمور، بدورها، تحدد مسالك الإخراج ومعدلاتها، وبالتالي نوع عينات الإخراج المطلوب جمعها وتكراريته.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

3-28 إن الاعتبار عند وضع مخطط لأخذ عينات الفحص الحيوي هو خفض اللايقين في تقديرات الاندخال الناجم عن الزمن المجهول للاندخال خلال فترة الرصد، وذلك للحد الأدنى. لقد أوصت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية [9-8] بأنه ينبغي، عادة، أن تختار فترات الرصد، بحيث يفترض بأن الاندخال الذي حدث عند النقطة الوسطى لفترة الرصد لا يؤدي إلى خفض تقدير الاندخال بعامل يزيد على ثلاثة.

3-29 إن الاعتبار الآخر عند وضع مخطط لوضع عامل قيد الرصد، سواءً بالطرق المباشرة أو غير المباشرة، هو ضمان أن الاندخال فوق مستوى مقدر سلفا لا يتم تجاوزه [16]. ويمكن تجاوز الاندخال إذا كان محتوى الجسيم أو الإخراج اليومي للنويدة المشعة نتيجة للتفكك الإشعاعي وللإخراج البيولوجي قد انخفضت إلى مستوى أقل من الحد الأدنى للنشاط المهم للقياس، خلال الفترة الزمنية بين الاندخال والقياس (لمزيد من الإيضاح انظر الملحق 2). إن كسر الاندخال المتبقي في الجسم بالنسبة للقياس المباشر أو الذي أخرجه الجسم للقياس غير المباشر $m(t)$، يعتمد على كل من عمر النصف وعلى الحركية الحيوية للنويدة المشعة، وهو دالة في الزمن من لحظة الاندخال. وهكذا فإن الاندخال I، والجرعة الفعالة الملازمة الناتجة $E(50)$ يتم تجاوزهما إذا كان الناتج $I\,x\,m(t)$ أقل من الحد الأدنى للنشاط المهم. ونمطيا، ينبغي ضبط تكرارية الرصد بحيث لا تفقد الاندخالات لما لا يزيد على 5 % من حد الجرعة السنوية.

3-30 وهكذا، تشتق تكرارية الرصد، لمدى كبير، من حساسية تقنية القياس. وبالرغم من أن تقنيات القياسات ينبغي أن تكون حساسة بقدر الإمكان، إلا أنه ينبغي الموازنة بين الكلفة الناجمة عن استخدام تقنيات أكثر حساسية وأزمنة أقصر لجمع العينات، وبين ما يقابلها من الضرر الإشعاعي المرتبط بالجرعات التي يمكن أن تقدر دون قيمتها أو المفقودة بسبب استخدام الطرائق الأقل حساسية أو القياسات الأقل تكراراً.

3-31 في جميع الأحوال، فإن طريقة الفحص الحيوي وتكرارية القياس المتبناة ينبغي أن تكون قادرة على الكشف عن أي اندخال ينتج عنه كسر معين من حد الجرعة. وفي بعض الأحيان لا يمكن تحقيق هذا الهدف بسبب نقص الحساسية التحليلية، أو زمن العد الطويل بشكل غير مقبول، للقياسات المباشرة، أو الفترات الزمنية القصيرة غير المقبولة لجمع عينات الإخراج، وخاصة، في حالة جمع عينات البراز لمراقبة استنشاق الدقائق غير القابلة للذوبان. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي استخدام طرائق إضافية لتحسين رصد مكان العمل وجمع عينات الهواء الشخصية، وذلك لضمان وقاية كافية للعاملين.

المستويات المرجعية

3-32 إن المستويات المرجعية مفيدة في إدارة التشغيل. ويمكن التعبير عنها بدلالة الكميات المقيسة أو بدلالة كميات أخرى ترتبط بالكميات المقيسة، وإذا ما تم تجاوزها، ينبغي اتخاذ إجراء أو قرار معين. والأنواع المتعددة للمستويات المرجعية موصوفة في دليل الأمان المرتبط بالموضوع [3]. وفيما يتعلق باندخالات النويدات المشعة، فإن المستويات المرجعية، عموما، تؤسس على الجرعة الفعالة الملازمة $E(50)$. وينبغي أن يؤسس الكسر الملائم من حد الجرعة المقابل لكل نوع من المستويات المرجعية (انظر تاليه) مع أخذ المصادر الأخرى للتعرض في الحسبان. وتعتبر مستويات التقصي ومستويات التسجيل ذات صلة برصد التلوث الداخلي في حالة التعرضات المهنية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

مستوى التقصي

3-33 مستوى التقصي هو "قيمة لكمية مثل الجرعة الفعالة أو الاندخال أو التلوث لوحدة المساحة أو الحجم التي ينبغي إجراء تقصي عندها أو عند تجاوزها" [2]. وبالنسبة لاندخالات النويدات المشعة فإن مستوى التقصي يتعلق بقيمة الجرعة الفعالة الملازمة التي تعتبر بعدها نتيجة الرصد على قدر كاف من الأهمية لتبرير تقصي أوسع. ويعتمد مستوى التقصي الذي تحدده الإدارة على أهداف البرنامج وعلى نوع التقصي المراد تنفيذه.

3-34 بالنسبة للرصد الروتيني، فإن مستوى التقصي لاندخال نويدة مشعة يوضع بما يتفق مع نوع وتكرارية الرصد، بالإضافة إلى المستوى المتوقع ومدى تفاوت الاندخالات. وتعتمد القيمة العددية لمستوى التقصي على معرفة الظروف في مكان العمل. ويمكن وضع مستوى تقصي معين للأفراد المتضمنين في عملية خاصة، إما روتينيا أو على أسس تقتضي ذلك، أو قد تستنبط بالنسبة للأفراد داخل مكان العمل دون الارتباط بعملية معينة.

3-35 كمثال على التشغيل الروتيني مع الرصد الروتيني، يمكن تعيين مستوى تقصي IL على أساس جرعة فعالة ملازمة مقدارها 5 ملّي سيفرت من الاندخالات السنوية. وهكذا، فإنه بالنسبة لفترات رصد N في السنة، يعطى مستوى التقصي (مقدراً بالبكرل) لاندخال أية نويدة j في أي فترة رصد بالعلاقة:

$$IL_j = 0.005 / N\ e(g)_j$$

حيث $e(g)_j$ هو معامل الجرعة الملائم بالنسبة للاستنشاق أو الابتلاع.

مستوى التسجيل

3-36 يعرَّف مستوى التسجيل بأنه " مستوى الجرعة أو التعرض أو الاندخال المعين من قبل السلطة الرقابية، الذي عنده أو فوقه يجب تسجيل قيم الجرعة أو التعرض أو الاندخال المودعة في العاملين في سجلات تعرضهم الفردية " [2]. وكمثال، فإن مستوى التسجيل RL لاندخال نويدة مشعة يمكن تعيينه بحيث يقابل جرعة فعالة ملازمة مقدارها 1 ملّي سيفرت من الإندخالات السنوية. وهكذا، فإنه بالنسبة لفترات رصد Nفي السنة يعطى مستوى التسجيل لاندخال نويدة مشعة jفي فترة الرصد، بالعلاقة:

$$RL_j = 0.001 / N\ e(g)_j$$

المستويات المشتقة

3-37 إنّ الكميات المقيسة واقعيا، في برامج الفحص الحيوي الفردية هي النشاط الإشعاعي للنويدات في الجسم أو في عينات الإخراج، لذلك، فإنه من المناسب تأسيس مستويات مرجعية لنتائج القياس ذاتها. ويعبر عن هذه المستويات بمستويات التقصي المشتقة (DILs) ومستويات التسجيل المشتقة(DRLs) . وهي نتائج القياس التي تتضمن اندخالات النويدات أو الجرعات الفعالة الملازمة عند المستويات المرجعية المناظرة. وتحسب مستويات التقصي والتسجيل المشتقة بشكل منفصل لكل نويدة مشعة. وهذه المستويات تتعين وفقا للصيغة الكيميائية الإشعاعية في مكان العمل، وهي عبارة عن دالة من الزمن منذ لحظة الاندخال. وبالنسبة للأمثلة المعطاة سابقاً يكون:

$$DIL_i = [\ 0.005 / N\,e(g)_i\ ] \times m(t_0)$$

حيث t_0 هو الزمن الفعلي المنقضي منذ لحظة الاندخال عند أخذ عينة الفحص الحيوي، ويحسب عادة على أنه (N2/365) يوم، ويقوم على أساس الافتراض بأن الاندخال يحدث عند النقطة الوسطى لفترة الرصد، ويكون :

$$DRL_j = [\ 0.001 / N\,e(g)_j\ ] \times m(t_0)$$

وحتى إذا كانت الجرعة الناتجة أقل من تلك المرتبطة بمستوى التسجيل، ينبغي أن يحتفظ، دائما، بنتائج القياس في سجلات الرصد الإشعاعي بالنسبة لمكان العمل وللفرد [20] (انظر أيضا الفصل 8). وفي حالات تعرض العاملين لإشعاع خارجي أو لنويدات مشعة متعددة يمكن للإدارة أن تقرر تخفيضاً مناسباً للمستويات المشتقة للنويدات المشعة كل على حدة بصورة ملائمة.

استخدام البيانات المميزة للمادة وللفرد

3-38 إن النماذج الحركية الحيوية لمعظم النويدات المشعة بصيغها الأكثر انتشارا، مع القيم المرجعية للبارامترات، قد نشرت بواسطة اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (انظر الفصل 6). وهذه النماذج مبنية على أساس الإنسان المرجعي[18] ، وعلى السلوك الملاحظ للنويدات المشعة داخل جسم الإنسان والحيوان. وقد تم تطوير هذه النماذج لصيغ كيميائية محددة للنويدات المشعة، وتستخدم عادة لأغراض التخطيط. وكما ورد سابقاً، فإنه ينبغي تعيين خصائص ظروف مكان العمل، لتعيين أي من الصيغ موجودة بالفعل. ومن المرجح، في بعض الظروف، أن لا تتوافق الصيغ الكيميائية أو الفيزيائية للنويدات المشعة المستخدمة في مكان عمل معين مع النماذج الحركية الحيوية المرجعية. في هذه الظروف قد يلزم تطوير نماذج نوعية مميزة للمادة.

3-39 إذا كانت الاندخالات صغيرة، مثل الانخالات المقابلة لعدد قليل بالمائة من حدود الجرعة، تكون النماذج المرجعية، على الأرجح، كافية لتقدير الجرعات الناتجة. ومع ذلك، فإنه إذا كان تقدير اندخال ما يقابل حوالي ربع حد الجرعة أو أكثر، عندئذ فإن بارامترات النموذج الحركي الحيوي المميز للمادة (المواد) وللفرد (للأفراد) المعنية قد يحتاج إلى تطوير لتقدير الجرعة الفعالة الملازمة بشكل أكثر دقة. ويمكن تطوير مثل هذه النماذج الحركية الحيوية من القياسات المتتالية المباشرة وغير المباشرة للعاملين المتعرضين. ويمكن أن تساعد تحاليل عينات هواء مكان العمل وتلوث السطح في تفسير قياسات الفحص الحيوي، بقياس نسبة الأمريشيوم 241 إلى البلوتونيوم 239 + 240 ، على سبيل المثال، عند استخدام القياس المباشر للأمريشيوم 241 في الرئة في تقويم اندخالات البلوتونيوم أو لتقويم قابلية الجسيمات المستنشقة للذوبان[13-14] .

3-40 أحد الأمثلة الشائعة عن الحاجة لمعلومات مميزة للمادة هو عندما يتغير حجم الجسيمات التي يُحتمل أن يستنشقها عامل، تغيرا كبيرا، عن فرضية قطر نشاط الحركية الهوائية(AMAD) للجسيمات، الذي يساوي 5 ميكرومتر، والذي أوصت به اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية كقيمة افتراضية لمكان العمل19 .[[في هذه الحالة، ينبغي أن يتم تحديد الكسور من المواد المشعة المستنشقة والمترسبة في مختلف مسار الجهاز التنفسي من نموذج اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية للجهاز التنفسي (أنظر الفصل 6) [19]، ومن معاملات جرعة ملائمة محسوبة. وقد تلزم، كذلك، معلومات نوعية أكثر عن خصائص ذوبان المواد بعد استنشاقها أو ابتلاعها وفق ما يتلاءم. ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الدراسات التجريبية على الحيوانات أو بواسطة دراسات القابلية للذوبان في

أنابيب الاختبار. وقد يكون من الصعب تعيين خصائص الجسيمات عقب التعرض، وينبغي أن يؤخذ في الحسبان الحصول على معلومات مميزة للمادة عند وضع برامج رصد العاملين.

3-41 حتى إذا كانت جميع الفرضيات في النماذج الحركية المرجعية ملائمة لمكان عمل معين، فإنه تبقى هناك فروق بين الأفراد في معدلات الإخراج وفي البارامترات الحركية الحيوية الأخرى لنفس الاندخال من النويدة المشعة. وغالباً، ما يكون الاختلاف بين الأفراد، وحتى في معدل الإخراج اليومي لنفس الفرد، أكثر أهمية من الفرق بين النموذج الحركي الحيوي المرجعي والنموذج المطور خصيصاً لفرد معين. ولتقليل بعض هذا الاختلاف، يجب أن تكون فترات جمع عينات الإخراج طويلة بشكل كافٍ، وفي حدود24 ساعة، مثلا، للبول، 72 ساعة للبراز. وفي الظروف الروتينية، ينبغي أن يكون استخدام بارامترات النموذج النوعي للفرد نادراً.

الرصد المرتبط بمهمة

3-42 إنّ الرصد المرتبط بمهمة هو، بالتعريف، رصد غير روتيني، أي أنه غير مخطط له بانتظام. ويجرى مثل هذا الرصد لتوفير معلومات عن تشغيل معيّن وليوفر، عند الضرورة، أساسا لاتخاذ القرارات حول إجراء التشغيل. وهو مفيد، بصفة خاصة، عند تنفيذ نهج قصيرة الأمد، تحت ظروف يمكن أن تكون غير مرضية بالنسبة للاستخدام طويل الأمد. ويجرى الرصد المرتبط بمهمة، عادة، بنفس طريقة إجراء الرصد الروتيني، ما لم تملي ظروف التشغيل طريقة أخرى، وعلى سبيل المثال، عندما قد تختلف النويدات المشعة المتضمنة أو عندما يكون احتمال أو مقدار التعرض الداخلي أكبر بشكل ملحوظ.

الرصد الخاص

3-43 قد يكون الرصد الخاص ضروريا كنتيجة لتعرض معلوم أو متوقع، أو لحدث غير عادي، مثل فقدان الاحتواء للمواد المشعة، مثل ما يتبين من عينة هواء أو عينة سطحية، أو عقب حادث. ويكون على الأغلب محثوثا بنتيجة قياس الفحص الحيوي الروتيني، الذي يتجاوز مستوى التقصي المشتق. ويمكن أن ينتج، كذلك، عن عينات عرضية مثل نفخة الأنف أو المسحات أو غيرها من وسائط الرصد.

3-44 لا يختلف، عادة، إجراء الرصد الخاص تلو حدث عن القياس الروتيني بدلالة تقنيات القياس، على الرغم من أنه قد يلزم تحسين الحساسية أو تخفيض زمن المعالجة. وينبغي أن ينصح المختبر بأن تحليل العينة أو القياس المباشر لها له الأولوية على القياسات الروتينية، وقد تغيير تكرارية الرصد المتتابع. وينبغي أن يبلغ المختبر، كذلك، بأنه قد يكون للعينات نشاطات إشعاعية أعلى من المستوى الطبيعي، بحيث يمكن أن تُفصَّل تقنية القياس وفقا للوضع الخاص للرصد، وأن تتخذ المحاذير الضرورية لمنع تلوث العينات الأخرى.

التقويم عقب حوادث أو أحداث

3-45 هناك أوضاع تتضمن استخدام المادة المشعة وتتعطل فيها ضوابط التشغيل. ويمكن أن ينتج عن الحوادث أو الأحداث انطلاق مواد مشعة إلى بيئة العمل مع احتمال إيداع جرعات عالية للعاملين.

3-46 بعد وقوع الحادث، قد تكون التبعات الإشعاعية معقدة بسبب الإصابة أو التأثيرات الصحية الأخرى التي يتكبدها العاملون. وتحتل، عادةً، المعالجة الطبية للإصابات، خاصة تلك التي قد تهدد الحياة، الأولوية على العمليات الإشعاعية، بما فيها تقويم التعرض. ففي مثل هذه الحالات، ينبغي إجراء تقويم التعرض لما بعد الحادث عندما تتم السيطرة على الوضع.

3-47 طالما بدأ تقويم التعرض الداخلي، ينبغي جمع أكبر قدر ممكن، عمليا، من المعلومات، فعلى سبيل المثال تلزم معلومات عن وقت وطبيعة الحادث والنويدات المشعة المتضمنة، وعن توقيت عينات الفحص الحيوي وقياسات النشاط الإشعاعي للجسم. وقد تكون هذه المعلومات ضرورية ليس لتقويم التعرض فحسب، ولكن كذلك، للمساعدة في التقويم الطبي والمعالجة الطبية للمصاب (والتي يمكن أن تتضمن العلاج التمخلبي أو استئصال الجرح)، ولتساعد، فيما بعد، في إعادة بناء الحادث أو الحدث نفسه وفي المتابعة الطبية طويلة الأمد للضحية[21-20] .

3-48 حيث أن الاندخالات المرتبطة بالحوادث أو الأحداث يمكن أن تُنتج جرعات فعالة ملازمة تقترب من حدود الجرعة أو تفوقها، لذا فإنه، عادة، ما تلزم بيانات نوعية عن الأفراد والمواد بالنسبة لتقويم التعرض. وتتضمن هذه البيانات معلومات عن الصيغ الكيميائية والفيزيائية للنويدة (النويدات) المشعة، وحجم الجسيمات، وتركيز عوالق الهواء، ومستويات تلوث السطح، وخصائص الاستبقاء في الشخص المصاب، وعن نفخة الأنف ومسوحات الوجه، وعن مستويات التلوث الأخرى للجلد، ونتائج قياسات الجرعة الخارجية. وغالباً ما تبدو البنود المختلفة للبيانات متضاربة أو متناقضة، خصوصاً إذا كانت فترة الاندخال غير مؤكدة. ويمكن عمل تقويم كاف للجرعة، فقط، بعد الأخذ جميع البيانات في الحسبان، وحل مصادر التضارب بقدر الإمكان، وتحديد السيناريوهات الأكثر ملاءمة والأسوأ احتمالاً للتعرض ولمقدار أي اندخال.

الطرائق المباشرة وغير المباشرة

3-49 إن العامل الأول في الاختيار بين طرائق القياس المباشرة وغير المباشرة لرصد التعرض الداخلي بعد الحادث أو الحدث هو الخواص الإشعاعية للنويدات المشعة المتضمنة. فإذا كان المصاب ملوثاً من الخارج بنويدات باعثة لإشعاعات جاما فإنه ينبغي، عادة، تأخير القياسات المباشرة حتى يتم إزالة التلوث عن المصاب، وذلك لمنع التداخل مع القياسات، وكذلك، لتجنب تلوث معدات القياس المباشرة[23-22] . وفي بعض الأحيان، فإن الاستعجال في التقويم يمكن أن يعوق إكمال إزالة التلوث؛ وفي مثل هذه الحالة يمكن لف الفرد بغطاء من القماش النظيف للتقليل من تلوث المعدات للحد الأدنى. إن نتيجة هذا القياس المباشر الابتدائي ستضع حدا أعلى بالنسبة لمحتوى الجسم، إلا أنه يلزم إجراء قياسات أكثر بعد إزالة أكثر للتلوث [24]. أما التلوث الخارجي ببواعث ألفا أو بيتا نقية فإنه، عادة، لا تداخل مع القياسات المباشرة، إلا إذا نتجت أشعة انكباح عن بواعث بيتا. ولا يتداخل التلوث الخارجي مع الطرائق غير المباشرة، شريطة توجيه العناية لتجنب انتقال التلوث إلى عينات الإخراج. وفي بعض الحالات النادرة، يمكن أن تكون الاندخالات مرتفعة إلى حد يلزم معه استخدام تقنيات خاصة لأي من القياسات المباشرة أو غير المباشرة، وذلك لتجنب التداخل مع استجابة الجهاز، مثل الأزمنة الميتة الإلكترونية الزائدة[23-22].

3-50 بعد الحادث أو الحدث، ينبغي أن يؤخذ في الحسبان تحاليل عينات من البول والبراز، وذلك للتحقق من اندخال المادة المشعة. إلا أن نتائج مثل هذه التحاليل، غالبا ما يصعب تفسيرها، بسبب إمكانية تعدد مسارات الاندخال، والمعرفة غير الدقيقة لكمية النويدات المشعة المنتقلة إلى الدم من نقاط الاندخال. وتكون قياسات عينات الإخراج، عادة غير مفيدة لتقويم الاندخال، فورا بعد

الحادث أو الحدث، وذلك بسبب التأخر بين الاندخال والإخراج، وهذا ما يحدث، خاصة، في حالة البراز. فضلا عن ذلك، فإنه قد يصعب تفسير المركبات المبكرة السريعة للإفراز البولي لكونها غير محددة بشكل كامل في بعض النماذج الحركية الحيوية. وعلى الرغم من ذلك، فإنه ينبغي جمع عينات الإخراج عقب الحادث أو الحدث، فالكشف المبكر للمواد المشعة في عينة من البول قد يكون مؤشرا مفيدا لقابلية المادة المشعة المتضمنة للذوبان ولإمكانية المعالجة الفعالة. وتحاليل نواتج الإخراج قد يكون الطريقة الوحيدة التي يعول عليها لتقويم الاندخالات، إذا تداخلت كميات كبيرة من التلوث الخارجي مع القياسات المباشرة.

3-51 بالنظر إلى المبدأ العام لتوكيد النهج غير المتفشية، فإن النهج المتفشية مثل أخذ عينات الدم تكون، عادة، مبررة في أوضاع الحوادث التي تحدث فيها اندخالات كبيرة فقط. ويمكن أن يوفر أخذ عينات الدم بيانات عن قابلية الذوبان، وعن الحركية الحيوية للمواد المتضمنة، إلا أن هذا الأمر يكون، عموماً، ذا قيمة محدودة لتوفير تقديرات كميّة للاندخال بسبب التناقص السريع لمعظم النويدات المشعة وانتقالها إلى أنسجة أخرى.

3-52 ينبغي تحليل عينات رصد مكان العمل، مثل مرشحات الهواء ومسحات تلوث السطح، لتعيين النويدات المشعة المتضمنة، وخصائصها الفيزيوكيميائية، وتحديد النسب النظائرية.

رصد المتابعة

3-53 ينبغي إجراء برنامجي الرصد المباشر وغير المباشر لأغراض المتابعة بفواصل زمنية مناسبة ولفترة ممتدة بعد الحادث أو الحدث. وتساعد هذه المعلومات في تعيين أعمار النصف البيولوجية للنويدات المشعة في أنسجة الجسم ومعدلات الإخراج لها. ويساعد هذا، بدوره، في تحسين دقة تقويم الجرعة.

مخطط أخذ العينات

3-54 عند متابعة أي حادث أو حدث ينبغي جمع عينات الإخراج للرصد غير المباشر، لفترة زمنية إلى أن يمكن الحصول على تقدير كافٍ يمكن بواسطته وضع نمط زمني للإخراج. فإذا استخدم علاج التناقص مثل تناول عوامل التمخلب [20]، فينبغي الاستمزار في جمع العينات لتحديد فعالية المعالجة. وبمجرد استقرار أنماط الإخراج، يمكن جمع العينات الفردية على مدار اليوم وتجميعها في عينات 24 ساعة، ويؤخذ قاسم ملائم بالنسبة للتحليل.

3-55 إذا كانت القياسات المباشرة عملية، فينبغي استمرارها بفواصل زمنية منتظمة، إذا سمحت بذلك الظروف الطبية المرعية. وتتعين تكرارية القياسات المباشرة من معدلات الإزالة والتفكك للمواد المشعة المترسبة داخلياً. ويمكن للقياسات المباشرة المتتالية لأعضاء الجسم أو لمناطق محددة منه أن تساعد، كذلك في تعيين الحركية الحيوية للنشاط الإشعاعي. فعلى سبيل المثال، فإن القياسات المتتالية للأمريشيوم 241 المستنشق يوضح طريقة إزالته من الرئة وانتقاله إلى العظام والكبد[25] . وفي حالة ترسب بعض صيغ المواد المشعة، غير القابلة للذوبان، في الجروح أو الخدوش، فإن متابعة الرصد يمكن أن تُظهر ترسباً في العقد الليمفاوية للمنطقة، كنتيجة لاحقة للإزالة الليمفاوية، مع تخلص بطيء من هذه المواقع [26-27] .

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

4- الطرائق المباشرة

مقدمة

4-1 إن التقويمات الأكثر دقة للجرعة الداخلية يمكن أن يتم عندما يمكن تعيين توزع النويدة المشعة المتضمنة ومحتوى كامل الجسم منها، بدرجة عول عالية، بواسطة العد المباشر للانبعاث من الجسم. وعلى الرغم من ذلك، فإن النمذجة الحركية الحيوية للاستبقاء، والنمذجة الفيزيائية الحيوية لإيداع الطاقة قد يظلا لازمين لحساب الانتقال والجرعة الفعالة الملازمة، وهكذا، فإن الطرق المباشرة يمكن أن تعتمد، كذلك، على تفسير معدلات الإخراج التي، غالبا، ما تتغير بشكل ملحوظ خلال الزمن ومن فرد لآخر.

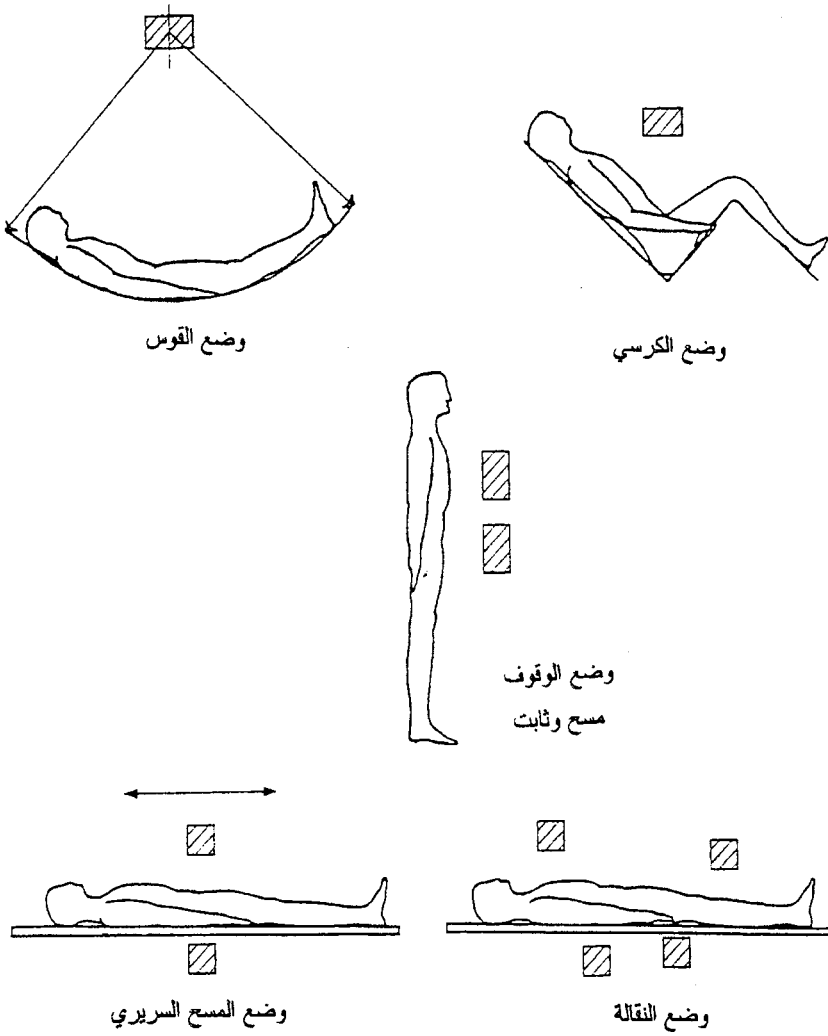
4-2 إن القياسات المباشرة ممكنة عندما تصدر النويدة (النويدات) المشعة إشعاع نافذ (عادة فوتونات الأشعة السينية أو جاما، بما فيها أشعة الانكباح) بطاقة ومردود كافيين بحيث يمكن الكشف عنه (الملحق 2) خارج الجسم. ويمكن إيجاد الوصف التفصيلي للطرائق شائعة الاستخدام في القياسات المباشرة في المرجع[7]. وبالنسبة لمعظم تطبيقات العد من داخل جسم الكائن الحي توضع كواشف الفوتونات في أوضاع معينة حول الجسم، وعادة، مع تدريع جزئي على الأقل للكاشف و/أو الجسم، لخفض التداخل من المصادر الخارجية المحيطة.

الأوضاع الهندسية للقياس

4-3 تم تطوير العديد من الترتيبات الفيزيائية للكواشف لتخدم أغراضاً معينة .وبالنسبة للنويدات المشعة التي تكون متوزعة خلال الجسم، فإن عد كامل الجسم، أو الجزء الأعظم منه، يوفر أعلى حساسية. وينفذ عد كامل الجسم باستخدام وضع هندسي ساكن، بكاشف واحد أو بعدة كواشف، أو بواسطة المسح بتحريك الجسم بالنسبة للكواشف الساكنة أو بتحريك الكواشف حول الجسم الساكن. ويتألف الوضع الهندسي الساكن، عادة من صف من الكواشف موزعة على طول جسم واقف أو مستلقي ، أو كاشف أحادي موجه باتجاه مركز الجسم موضوع على كرسي مائل أو إطار منحني . ويوضح شكل 1 بعض الأمثلة عن الأوضاع الهندسية للعد.

4-4 بالنسبة لبعض النويدات المشعة الأخرى، التي تتركز ، مؤقتا على الأقل، في أعضاء أو أنسجة معينة من الجسم، فإنه ينصح برصد مواقع محددة. ومن الأمثلة على ذلك اليود المشع، الذي يتركز في الغدد الدرقية، والجسيمات المشعة المستنشقة المحتجزة في الرئتين. كما ينصح أيضاً بالرصد الموضعي عندما يحدث الاندخال من خلال جرح، أو عندما تكون هناك أسباب أخرى لتعيين توزع النويدة (النويدات) المشعة داخل الجسم.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.



شكل ١: أوضاع هندسية متنوعة تستخدم لرصد كامل الجسم

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

4-5 في جميع الحالات، ينبغي أن تقارن الطريقة الإشارة المقيسة من الجسم مع تلك التي يتم الحصول عليها، تحت نفس الظروف، من دمية مجسم بشري مماثلة تماما للجسم، أو من بديل آخر مماثل،يحتوي كميات معلومة من النويدة المشعة المعنية. وينبغي أن يتطابق توزع النويدة المشعة في الدمية المعيارية، بقدر الإمكان، مع ذلك التوزع المتوقع في جسم الإنسان، رغم أن بعض تقنيات القياس تعتبر أكثر حساسية من غيرها لقياس هذا التوزع. ومن غير المعتاد، أن يفشل عد كامل الجسم في الكشف عن كمية هامة من النشاط المتمركز، إلا أنه قد لا يوفر تقديراً دقيقاً للكمية أو قد لا يعطي معلومات جيدة عن توزعها المكاني.

طرائق الكشف

4-6 تستخدم العديد من أنظمة الكشف لأغراض مختلفة. وتستخدم البلورات غير العضوية لمواد ذات عدد ذري مرتفع، مثل بلورة يوديد الصوديوم المنشطة بالثاليوم،NaI (Tl)، عادة ، للكشف عن الفوتونات ذات الطاقة العالية (أعلى من100keV)، كتلك المنبعثة عن العديد من النواتج الانشطارية ونواتج التنشيط. ويتم الكشف عن الومضات الناتجة عن التأثير المتبادل بين البلورة والفوتونات عالية الطاقة بواسطة أنابيب التضاعف الفوتوني، التي تولد نبضات كهربائية، تعالج بدورها لتنتج طيفا يعكس تلك الإشعاعات الممتصة في البلورة. وهذا النوع من نظم القياس يكون مناسبا للحالات التي يوجد فيها عدد صغير من النويدات المشعة، حيث أن تمييزه للطاقة محدود، وقد لا تكون لتقنيات إعادة تركيب الطيف القدرة على تحديد النويدات المشعة التي تؤدي إلى تكوين طيف معقد، مثل ذلك الذي ينبعث عن خليط طازج من النواتج الانشطارية. إلا أن هذا الاقتراب يعتبر أكثر الطرائق حساسية للتعيين الكمي لمحتوى الجسم.

4-7 لكواشف أشباه الموصلات (أنصاف النواقل) مزايا رئيسة في تمييز الطاقة، وبذلك فهي تسمح على الأغلب بعدم الالتباس في تحديد النويدات المشعة في الخليط، إلا أنها غير مريحة لاحتاجها للتبريد إلى درجة حرارة النيتروجين السائل. أما كواشف الجرمانيوم فائق النقاوة (HPGe) فتستطيع تحمل درجة حرارة الغرفة لفترات طويلة من الزمن، ولكنها تحتاج إلى تبريد أثناء التشغيل. هذا بالإضافة، إلى أن العديد من كواشف أشباه الموصلات متوفرة فقط بأحجام صغيرة لحد ما، بحيث أن حساسيتها منخفضة بالنسبة للبلورات غير العضوية والوماضات الأخرى. وقد أصبح قياسياً استخدام صف متكامل من ثلاثة إلى ستة كواشف لرصد التلوث في أعضاء معينة، مثل الرئتين.

4-8 يمكن الكشف عن الفوتونات منخفضة الطاقة، كتلك المنبعثة عن البلوتونيوم 239 (بطاقة 13-20 ك.إ.ف) وعن الأمريشيوم 241 (بطاقة 60 ك.إ.ف)، بواسطة بلورات رقيقة من يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم، التي لها كفاءة كشف مشابهة للبلورات الأكبر ولكن بخلفية أكثر انخفاضا. إن إضافة بلورة ثانية، عادة يوديد السيزيوم المنشط بالثاليوم CsI(Tl) ، كحارس مضاد للتطابق، يحسّن من حساسية الكشف وذلك عن طريق إزالة مساهمة الفوتونات عالية الطاقة. مثل هذا الجهاز، الذي يعرف عادة بكاشف فوسويتش (سندويتش الفسفور)، يستطيع خفض حدود الكشف لتلك الفوتونات بأكثر من مرتبة في القيمة. وتستخدم مجموعة كواشف الجرمانيوم فائقة النقاوة باطراد للكشف عن الفوتونات منخفضة الطاقة، وذلك بسبب تمييزها العالي للطاقة وخلفيتها المنخفضة. وبالنسبة لعد الفوتونات منخفضة الطاقة (باستخدام كواشف الفوسويتش أو كواشف الجرمانيوم فائقة النقاوة مثلا)، يجب أن تؤخذ سماكة النسج المتراكب في الاعتبار عند تحديد كفاءة الكشف.

4-9 لقد أصبحت كواشف أشباه الموصلات المنمنمة متوفرة بكثرة، وخصوصا تلك التي تستخدم تلوريد الكادميوم (CdTe) التي تعمل عند درجات حرارة الغرفة. إن هذه الكواشف الأخيرة

توفر حساسية عالية للكشف عن الفوتونات منخفضة الطاقة. وحجمها الصغير (تقريبا بقطر 10 مم وسماكة 2 مم) يجعلها مثالية لرصد الجروح الموضعية. ومن مزاياها الإضافية الأخرى هي أنها لا تحتاج لحجز العامل في سياج واقي وفي أنها من الممكن أن تعطي تقويما سريعا لنجاح إجراء الاستئصال الجراحي. ومع ذلك، فهذه الكواشف صغيرة الحجم، غير مناسبة لتعيين هوية كمية النويدات المشعة أو تحديد كميتها بواسطة طرق القياس الطيفي.

4-10 عند تركيب معدة رصد متطورة للرصد داخل جسم الكائن الحي، ينصح عموما بتركيب نظم كشف متنوعة ملائمة للنويدة (النويدات) المشعة الأكثر اعتبارا.

نهج القياس

4-11 بالنسبة للقياسات المباشرة، ينبغي أن تكون الأجسام خالية من التلوث السطحي الخارجي وموجودة في غطاء حديث، غالبا ما يكون ورقي يرمى بعد الاستعمال. كما ينبغي نزع الأشياء الكمالية مثل المجوهرات والساعات والنظارات. وتساعد مثل هذه المحاذير على تجنب التعرف الخاطئ على هوية النشاط الإشعاعي الداخلي، وتمنع كذلك انتقال التلوث إلى معدة العد. وينبغي أن يكون الأفراد، إلى اكبر مدى عملي، في موضع العد المحدد، لضمان تكرارية النتيجة في القياسات المتسلسلة، ولتحسين المقارنة مع نتائج المعايرة. وفي بعض الحالات، يحتاج الجسم أن يبقى ساكنا لفترات زمنية قد تصل إلى ساعة للحصول على دقة مرضية للقياس. وينبغي توفير بعض وسائل الاتصال للأجسام الموجودة داخل درع مغلق، وخاصة عندما تلزم فترات عد ممتدة.

4-12 تعود قراءة الخلفية الإشعاعية الناتجة في الكاشف، عادة، إلى أربعة مصادر:

(أ) أشعة الخلفية المحيطة من المصادر الطبيعية، مثل الأشعة الكونية أو الرادون ونواتج تفككه.
(ب) أشعة الخلفية من النشاط الإشعاعي الموجود في الدرع ومعدات أخرى،
(ج) أشعة من النشاط الإشعاعي الطبيعي في الجسم،
(د) الأشعة المتشتتة إلى داخل الكاشف بسبب التأثير المتبادل بين الجسم والأشعة المحيطة.

وبالنسبة لأنظمة العد القائمة على العد الوميضي (كواشف بلورات يوديد الصوديوم أو كواشف الفوسويتش)، ينبغي عد الخلفية فإن عد الخلفية لنظام الكشف باستخدام دمية ملائمة، مشابهة، ما أمكن، للجسم الخاضع للعد، مع وضعها في نفس الموضع المعين للعد. وبالنسبة لعد كامل الجسم، فإن عد الخلفية المعين باستخدام أجسام غير ملوثة متطابقة من حيث الجنس والارتفاع والوزن يؤدي إلى تحسين النتائج. ومع ذلك، فإنه من غير الممكن الحصول على تطابق تام، ولا يمكن التحكم في عوامل مثل محتوى البوتاسيوم 40 ، لذلك يمكن الحصول على نتائج أفضل من مجموعات تحكم مرجعية مطابقة، أو من قياسات للفرد المعني. تؤخذ قبل بدء العمل. وينبغي إجراء قياسات الخلفية بالعداد خلال فترة زمنية أقرب ما يمكن لزمن إجراء قياس الجسم، ويكون نموذجيا إذا أجريت تماما قبل أوبعد قياس الجسم مباشرة. وعند استخدام كواشف أشباه الموصلات، فمن غير الضروري مطابقة عد الخلفية مع الدمية.

4-13 تتم مناقشة متطلبات توكيد الجودة في الفصل 9.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

5- الطرائق غير المباشرة

مقدمة

5-1 يقوم الرصد غير المباشر على تعيين تراكيز النشاط الإشعاعي في المواد البيولوجية المنفصلة عن الجسم، مثل البول أو البراز أو الزفير أو الدم، أو في عينات مادية مأخوذة من بيئة العمل، مثل عينات الهواء أو عينات التلوث من السطوح.

5-2 إن الطرائق غير المباشرة أكثر ملائمة للنويدات المشعة مثل التريتيوم، التي لا تصدر إشعاعات شديدة النفاذ لأي مدى مهم. وبالنسبة لبعض النويدات المشعة الأخرى، كتلك التي تصدر فوتونات منخفضة الطاقة فقط، قد تكون عدم الحساسية وعدم الدقة في قياس الرصد المباشر محسوستين، بحيث يمكن أن توفر الطريقة غير المباشرة موثوقية أكثر في تقدير الاندخال، رغم اعتمادها على تفسير القياسات من خلال النماذج الحركية الحيوية للعمليات، التي قد تتغير مع الزمن ومن فرد لآخر. وفي حالات أخرى، يمكن أن تكون الطرائق غير المباشرة عملية أكثر من الرصد المباشر ودقيقة إلى حد ما.

العينات البيولوجية

5-3 إن العينات البيولوجية الأكثر استخداما، عموما، في تقدير الاندخالات هي عينات البول والبراز، أما التنفس، أو الدم أو أية عينات أخرى فتستخدم في حالات خاصة. فمثلا تحليل النشاط الإشعاعي باستخدام نفخة الأنف أو مسحة الأنف يوفر تقديرا مبكرا عن كنية النويدات المشعة ومستوياتها النسبية في الخليط المستنشق. وفي هذه الحالة مع ذلك، تكون العلاقة بين تركيز النشاط في العينة والاندخال غير مؤكد لدرجة أن مثل هذه البيانات تعطي فقط مؤشرا فجا عن حجم الاندخال.

5-4 يعتمد اختيار عينة الفحص الحيوي ليس فقط على المسار الرئيس للإخراج، المحدد من الصيغة الفيزيوكيميائية للاندخال ومن النموذج الحركي الحيوي للعنصر (للعناصر) المتضمنة، فحسب، وإنما يعتمد كذلك على عوامل أخرى كسهولة الجمع والتحليل والتفسير. إن عينات البول سهلة المنال والتحليل، وتوفر، عموما، معلومات عن اندخال النويدات المشعة بالصيغ الكيميائية التي تنقل بها للدم. أما اندخالات المواد غير القابلة للذوبان، فغالبا، ما يمكن تقويم بموثوقية من عينات البراز فقط.

البول

5-5 بعد دخول النويدات المشعة إلى الدم وسريانها ضمن دورته، تكون إزالة تلك النويدات المشعة من الجسم، عموما، عن طريق البول. ويحتوي البول على نفايات ومواد أخرى بما فيها الماء، تستخلصها الكليتين من الدم، وتجمع لفترة بضع ساعات أو أكثر في المثانة قبل إفراغها. وبسبب هذا الخلط في المثانة، فإنه ينبغي أن تفسر مستويات النويدات المشعة في عينات البول، المتحصل عليها بعد الاندخال الحاد مباشرة، بحذر كبير. وينبغي تفريغ المثانة فورا بعد الاندخال، بعدئذ يتم جمع العينة الثانية والعينات اللاحقة. وينبغي تحليل جميع العينات.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

5-6 عد مرور عدة أيام من الأيام الأولى، فإن عينة من البول مجموعة لمدة 24 ساعة، توفر، عادة، أفضل أساس لتقويم الاندخال. وفي الظروف التي لا يتم فيها الحصول على عينة 24 ساعة، فإنه يمكن تقدير الإخراج الكلي من قياسات اللحمين (الكرياتنين). وفي الرصد الروتيني للنويدات المشعة باستخدام مركبات فورية للإخراج، ينبغي توجيه الأهمية لليوم الذي تم فيه أخذ العينات، حيث يمكن أن تكون هناك فوارق هامة بين العينات المأخوذة قبل وبعد فترات قصيرة خالية من التعرض.

5-7 بالنسبة لاندخالات الماء التريتيومي، يكون تركز التريتيوم في البول هو نفس التركيز الموجود في ماء الجسم، ويمكن استخدامه لتقويم محتوى الجسم ومعدل الجرعة دون الرجوع لنموذج للإخراج.

البراز

5-8 تحتوي عينات البراز على الماء، وعلى بقايا خلوية مفقودة من جدار المجرى الهضمي وتنتقل نواتج الفضلات غير الممتصة عبر المجرى المعدي المعوي متضمنة مواد غير ذائبة مزالة من الرئتين، ونواتج أيضية مزالة من الكبد عبر قناة الصفراء ويمكن أن تكون كتلة وتركيبة براز الأفراد المطرود متغيرين كليا، وتعتمدان بشدة على الغذاء. لهذا السبب، فإن التقديرات التي يعول عليها لمعدلات الإخراج اليومي للمواد المشعة مع البراز تكون، عادة، قائمة على أساس تجميع للبراز خلال 3-4 أيام. وينبغي استخدام العينات المنفردة، في معظم الحالات، لأغراض الحجب فقط.

5-9 تسمح قياسات ما بعد الإجازة بالتمييز بين كسر النويدات المستنشقة والمزالة بسرعة خلال مجرى الهضم ،وبين الإزالة المتأخرة للنشاط المنتظم والترسبات طويلة الأمد للصيغ غير الذائبة للنويدات في الرئة. لذلك، ينبغي عند رصد العاملين المتعرضين بطريقة مزمنة إلى نويدات طويلة العمر، جمع عينات البراز يجب جمعا مثاليا بعد الإجازة (على الأقل بعد غياب عشرة أيام عن العمل) وقبل العودة إلى بيئة العمل.

التنفس

5-10 إن التنفس هو مسار هام للإخراج بالنسبة فقط لعدد قليل من مواد تنطلق مباشرة أو تتأيض إلى غازات أو سوائل متطايرة. ومع ذلك فإنه بالنسبة لهذه الحالات، قد توفر عينات التنفس طريقة مريحة لقياس النشاط الإشعاعي في نواتج الإخراج الخالي من معظم المصادر الأخرى للتلوث الإشعاعي. وبالنسبة للرادون والثورون الناتجين في الجسم من اندخالات نظيري الراديوم 226، 228 فإنه توجد نماذج تستخدم لتقويم الجرعة[28] .

الـــدم

5-11 توفر عينات الدم أكثر المصادر المباشرة لتقدير النويدات المشعة الموجودة في الدورة الدموية، إلا أنها لا تستخدم، غالبا، بسبب القيود الطبية على عمليات أخذ العينات. إن عينات الدم، باستثناءات قليلة فقط (مثل HTO والحديد 59 والكروم 51 في الكريات الحمراء الموسومة)، توفر معلومات محدودة للغاية عن النشاط الإشعاعي الكلي اللاحق للاندخال، وذلك بسبب الإزالة السريعة من جريان الدم والترسب في النسج .

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

نفخة الأنف

5-12 لا ينبغي استخدام نفخة الأنف لتقدير الإندخال، إلا أنها يمكن أن تكون مفيدة للغاية في مهام مرتبطة بهذا الاستخدام، وفي الرصد الخاص لتبيان الحاجة لجمع عينات ولتحاليل إضافية، خاصة عندما يحدث التعرض عن الأكتينيدات. كما يمكن استخدامها أيضا لتمييز المركبات في خليط من النويدات المشعة.

عينات النسيج البشري

5-13 بالنسبة للترسبات الموضعية للنويدات المشعة ذات السمية الإشعاعية المرتفعة (مثل عناصر ما وراء اليورانيوم) في جرح، فإنه ينصح بعد النصح الطبي، عادة، باستئصال النلوث من الجرح مباشرة بعد الاندخال. ويمكن أن توفر تحاليل الكيمياء الإشعاعية للنسيج المستأصل بواسطة الطرق اللاإتلافية أو الإتلافية معلومات عن النويدات المشعة وتراكيزها النسبية، ويمكن أن تساعد في تقويم الأخذ للدم، وفي تعيين منهج الإجراءات اللاحقة.

5-14 يمكن استخدام عينات بيولوجية أخرى، مثل الشعر والأسنان، لتقويم الاندخالات. وعموما، فإنه لا يمكن استخدامها للتقويم الكمي للجرعة. ومن الممكن أيضا استخدام عينات النسيج المأخوذة أثناء التشريح لتقويم محتوى الجسم من النويدات المشعة.

العينات المادية

5-15 يمكن استخدام عينات مادية، بما فيها عينات الهواء والمسحات وأغطية السطح ومواد أخرى من مكان العمل من تلك التي يمكن أن تستخدم للتعرف على الصيغة الفيزيوكيميائية للملوثات المشعة. إن تقويمات الاندخالات المبنية على أساس النشاط الإشعاعي في العينات المادية غير مؤكدة، بشكل خاص، بسبب التغير الكبير في ظروف مكان العمل في احتمالات الاندخال بواسطة الأفراد. وفضلا عن ذلك يجب أن يقوم التقويم، عادة، على أساس عينة منفردة من الخطوة الأولية لعملية التعرض، التي لا يمكن تكرارها. ومع ذلك، فإنه بالنسبة لتلك النويدات التي تصدر إشعاعات غير شديدة النفاذية والتي توجد، فقط، بتراكيز منخفضة في الإخراج، مثل بعض الأكتينيدات المستنشقة، يمكن أن يوفرتفسير مثل تلك العينات المادية أساسا للتقويم. ويمكن أن تخدم هذه العينات، كذلك كمؤشر للحاجة إلى الرصد الفردي الإضافي.

عينات الهواء

5-16 يمكن أخذ عينات الهواء من جو الغرفة المحيط بواسطة جوامع عينات ثابتة، أو من مناطق تنفس العاملين بواسطة جوامع هواء شخصية. وبالنسبة للمركبات التي تنتشر بسرعة في الهواء، مثل الغازات والأبخرة المشعة (مثل $^{14}CO_2$ والماء التريتيومي)، فإن العينات من جوامع العينات الساكنة توفر تمثيلا معقولا للمادة المشعة المستنشقة، خصوصا في الغرف الصغيرة. ومع ذلك، فإنه للمصادر الأخرى، مثل الجسيمات العالقة ثانية، فإن مثل تلك العينات يمكن أن تقود لتقديرات خاطئة للمادة المستنشقة بمرتبة واحدة في القيمة أو أكثر، تبعا للأوضاع النسبية للمصدر وجامع العينات والعامل .

5-17 يمكن أن تسحب عينات أكثر تمثيلا من جامعات الهواء الشخصية، التي تعتبر نظما ذاتية التغذية يحملها العامل الذي يسحب العينات رأسا من منطقة التنفس بمعدل منتظم. وحتى تلك العينات، مع ذلك، يمكن أن تقود إلى تقدير أقل أو أعلى للاندخالات، تبعا لإمكانية تطبيق الافتراضات حجم الجسيمات ومعدلات التنفس. ولخفض هذه اللايقينيات، فإن بعض أنظمة جامعات الهواء الشخصية تمنع الجسيمات ذات الحجم غير القابل للتنفس من الوصول إلى المرشح [15].

5-18 ن كلا صيغتي جمع العينات يعتمد على استخلاص المادة المشعة من الهواء المار على وسط التجميع. ويكون هذا الوسط خاصا، لحد ما، للمادة المراد جمعها. فعلى سبيل المثال، يمكن إزالة المادة الجسيمية بمرشحات ليفية خشنة، بينما تستخدم حبيبات الفحم المنشط لأخذ عينات غاز الرادون وبخار اليود، كما يمكن جمع الماء التريتيومي في مصيدة مائية.

5-19 يمكن أن يساعد تحليل حجم الجسيم وقابلية ذوبان عينات المادة المشعة في عوالق الهواء في تطوير نماذج حركية حيوية لتقويم الجرعة (فصل 6). ويمكن استخدام المقارنة المباشرة لعينات الهواء مع قيم تراكيز الهواء المستنشقة (قسم 2) كمدخل لتقدير ظروف مكان العمل وتقدير الجرعات.

عينات السطح

5-20 حيث أن نمذجة انتقال المواد المشعة من السطوح إلى داخل الجسم غير مؤكدة، بشكل خاص، فإنه تستخدم عينات لتراكيز النويدة المشعة على السطوح لتبيان احتمالات للاندخالات الهامة، والحاجة للرصد الفردي. ويمكن أن تبين مثل تلك العينات، كذلك، الكميات النسبية لمختلف النويدات المشعة في خليط، ووجود أي نويدات مشعة لم تكتشف في عينة الفحص الحيوي.

5-21 يتم عادة الحصول على عينات السطح بواسطة مسح مساحة محددة من السطح بمواد مثل ورق الترشيح أو ممسحة قطنية. وتختار هذه المواد لمقدرتها على نقل الملوثات المتوقعة من السطح، ولتحريرها عند الحاجة لتحليلها. وينبغي تعيين كفاءة التجميع لتركيبة محددة من السطح ومادة المسح، إلا أنه من المعتاد أن تكون حوالي 10% بالنسبة للمسح الرطب على سطح متوسط النفاذية.

تداول العينات

5-22 ينبغي توجيه عناية خاصة عند تداول العينات المستخدمة لتقويم التعرض الداخلي، أولا، لمنع انتقال التلوث الإشعاعي أو البيولوجي أثناء التداول، وثانيا، للتأكد من وجود صلة تتبعية بين النتيجة التحليلية والعينة الأصلية، وفق ما يتطلب برنامج توكيد الجودة (انظر فصل 9).

5-23 فيما يتعلق بالضرر الكامن من التلوث، ينبغي أخذ كلا الملوثات البيولوجية والمشعة في الحسبان. فيمكن أن تحتوي العينات البيولوجية على ممرضات، مثل البكتريا والفيروسات. وتبقى هذه الممرضات نشطة، بشكل كامن، إلى أن تتحول كل العينة إلى رماد، أو يكون قد جرى تعقيمها، لذلك، يجب حفظ جميع تلك العينات عند درجة حرارة منخفضة، ويفضل تجميدها، إلى أن يتم قياسها. ويجب أن تخفض هذه المعالجة، كذلك، من الانحطاط البيولوجي غير المرغوب فيه لتلك المواد، كالتريتيوم ذي الرابطة العضوية، التي تكون فيها الصيغة الجزيئية عاملا مهما في التحليل اللاحق. والطريقة الأخرى لتجنب الانحطاط هي معالجة العينة بحمض.

5-24 لتأسيس إمكانية التعقب، ينبغي المحافظة على سلسلة نظارة، بحيث يتم عمل توثيق عند كل خطوة تجميع أو نقل أو تحليل للعينة، لوصف الانتقالات التي حدثت والتحقق منها.

5-25 ينبغي أن لا تجمع عينات البول والبراز والعينات البيولوجية الأخرى في الأماكن الملوثة، وذلك لتأكيد أن النشاط المقيس في العينة يمثل إخراج الجسم. كما ينبغي وضع علامة واضحة على العينة تبين هوية العامل وتاريخ ووقت جمع العينة.

5-26 ينبغي إبلاغ المسؤولين أصحاب القرار المتعلق بنوع (بأنواع) التحليل اللازم إجراؤه على العينة عن المناطق التي يمكن أن يكون العامل قد تعرض فيها، خاصة، إذا كان من المحتمل أن تحتوي العينة على مستويات عالية للنشاط الإشعاعي، كما قد يكون الحال بالنسبة للرصد الخاص (فصل 3): ومن المهم أيضا أن يكونوا واعين باستخدام أية معالجة يمكن أن تتداخل مع تحليل العينة أو تفسيرها.

طرائق التحليل

5-27 إن تحليل العينات البيولوجية أو المادية يتضمن الكشف عن الإنبعاثات من النويدات المشعة الموجودة وتعيين كميتها بتجهيزات ملائمة. وفي معظم الحالات، يجب فصل النويدات المشعة، أولا، من مصفوفة العينة للسماح بحساسية عالية للكشف وتكراريته. وفي بعض الحالات الأخرى، تمنع قيود الكواشف التمييز بين النويدات المشعة ذات الانبعاثات المتشابهة (مثل بعض الأكتينيدات)، وعندئذ يجب أن تخضع هذه العينات لفصل كيميائي للعناصر (فصل كيميائي إشعاعي) قبل العد.

الكشف

5-28 يمكن تقسيم أجهزة تقويم القياس الإشعاعي إلى ثلاثة أصناف، منها ما يستخدم لقياس جسيمات ألفا، والثاني لقياس جسيمات بيتا، والأخير لقياس انبعاث الفوتونات.

5-29 يمكن الكشف عن جسيمات ألفا بتقنيات مختلفة، ولكل منها مزايا ومساوئ. ويمكن إجراء أبسط عد شامل لنشاط ألفا الكلي باستخدام كاشف كبريتيد الخارصين أو العداد التناسبي ذي التدفق الغازي. وتعتبر هذه الطرائق فعالة، إلا أنها لا تميز بين جسيمات ألفا ذات الطاقات المختلفة، ولذلك فهي لا تستطيع أن تميز أو تحدد كمية النويدات المشعة الفردية في خليط. وبعد الفصل الكيميائي، تستطيع الطرق الطيفية لقياس جسيمات ألفا، التي تستخدم كواشف من أشباه الموصلات أو غرف تأين شبكية أن تحدد كمية كل نويدة مشعة على حدة، شريطة أن تكون طاقاتها مختلفة بشكل كاف، إلا أنها تحتاج، عموما، إلى زمن عد طويل للوصول إلى دقة ملائمة. والطرق الأخرى، مثل حفر مسار ألفا فهي أكثر حساسية لتطبيقات خاصة، إلا أنها قد تتطلب فترات تصل إلى شهر أو أكثر لتحليل كامل وقد لا تكون قادرة على فصل طاقات جسيمات ألفا المختلفة.

5-30 يعتبر العداد الوميضي السائل من أكثر الكواشف شيوعا للكشف عن جسيمات بيتا، خاصة بالنسبة لبواعث بيتا منخفضة الطاقة. وفي بعض الحالات، يمكن أن يتم فصل مصدرين أو أكثر لبواعث بيتا في خليط، مثل التريتيوم والكربون 14 والفسفور 32 بواسطة ضبط نوافذ الطاقة في استجابة الكاشف. ويمكن الحصول على قياسات شاملة لبواعث بيتا مرتفعة الطاقة، المترسبة

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

على لوحات صغيرة أو مرشحات باستخدام كواشف جيجر ومولر التناسبية أو العدادات التناسبية ذات التدفق الغازي.

5-31 يتم الكشف عادة عن الانبعاث الفوتوني من العينات المادية أو البيولوجية باستخدام كواشف يوديد الصوديوم الوميضية NaI(Tl) أو كواشف أشباه الموصلات مثل الجرمانيوم عالي النقاوة (انظر فصل 4). ويحتاج الأمر إلى طرق عد خاصة للطاقات شديدة الانخفاض للأشعة السينية، كتلك التي تصدر عن بضعة نظائر مشعة لعناصر ما وراء اليورانيوم.

5-32 توجد، كذلك، تقنيات قياس غير إشعاعي. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام فلورة الأشعة فوق البنفسجية لفحص وتقدير اليورانيوم، بغض النظر عن درجة إثرائه. ويمكن أن تستخدم تقنيات أخرى، مثل تحليل أثر الانشطار،والتحليل بالتنشيط النيتروني، والقياسات الطيفية الكتلية للبلازما المترابطة التحريضية (ICP.MS) لقياس نويدات مشعة معينة، ولكن هذه التقنيات غالية الثمن وهي ضرورية فقط في ظروف خاصة. وتعتمد أزمنة العد لجميع هذه الطرائق على النشاط الإشعاعي للعينة وعلى أجهزة القياس المستخدمة وعلى الدقة المطلوبة (انظر الملحق 2).

الفصل الكيميائي

5-33 في كثير من الحالات، ينبغي فصل النويدات المشعة عن مصفوفة العينة أو عن النظائر المشعة لعناصر أخرى، قبل العد، لتحديد كمية النشاط بموثوقية. وهذه العملية هي عملية نوعية، إلى حد بعيد، بالنسبة للعناصر الخاضعة للفصل، إلا أنها تتضمن، عموما، تحضير العينة وتركيزها مسبقا، وتنقية وتحضير المصدر وتعيين المردود. وبشكل عام، يمكن تطبيق العديد من المداخل لفصل نويدة مشعة معينة عن مصادر التدخل، لتحسين الكشف. إن العنصر الرئيس للعملية هو تتبع استعادة النويدة المشعة خلال كل مرحلة بحيث يمكن ربط النتيجة النهائية بموثوقية بالتركيز في العينة الابتدائية. كما ينبغي تحضير عينات فارغة ملائمة لقياس الخلفية.

6- النماذج الحركية الحيوية لقياس الجرعة الداخلية

مقدمة

6-1 يمكن أن تحدث اندخالات النويدات المشعة خلال عدة مسالك. ففي التعرض المهني، يكون المسلك الرئيس للاندخال هو الاستنشاق، على الرغم من أن ترسب جزء من أي مادة في النظام التنفسي سينتقل إلى الحنجرة ويبتلع، معطيا الفرصة للامتصاص في المجرى الهضمي. كما يمكن أن تحدث اندخالات بواسطة الابتلاع مباشرة، كما أن بعض النويدات المشعة، يمكن امتصاصها عبر الجلد السليم. وإصابة الجلد بخدوش، أو بجروح أخرى يمكن أن يؤدي أيضا إلى اندخالات للنويدات المشعة (شكل 2-أ).

6-2 وضعت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية توصيات حول طرائق تقويم اندخالات النويدات المشعة، والجرعات التي تنتج عنها، من بيانات الرصد [19-18] وبالنسبة للعاملين المعرضين مهنيا،

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

طورت اللجنة مجموعة نماذج لتمثيل سلوك النويدات المشعة التي دخلت الجسم إما بواسطة الاستنشاق أو الابتلاع (البلع). ويمكن تطبيق هذه النماذج للتحكم الرقابي في مكان العمل.

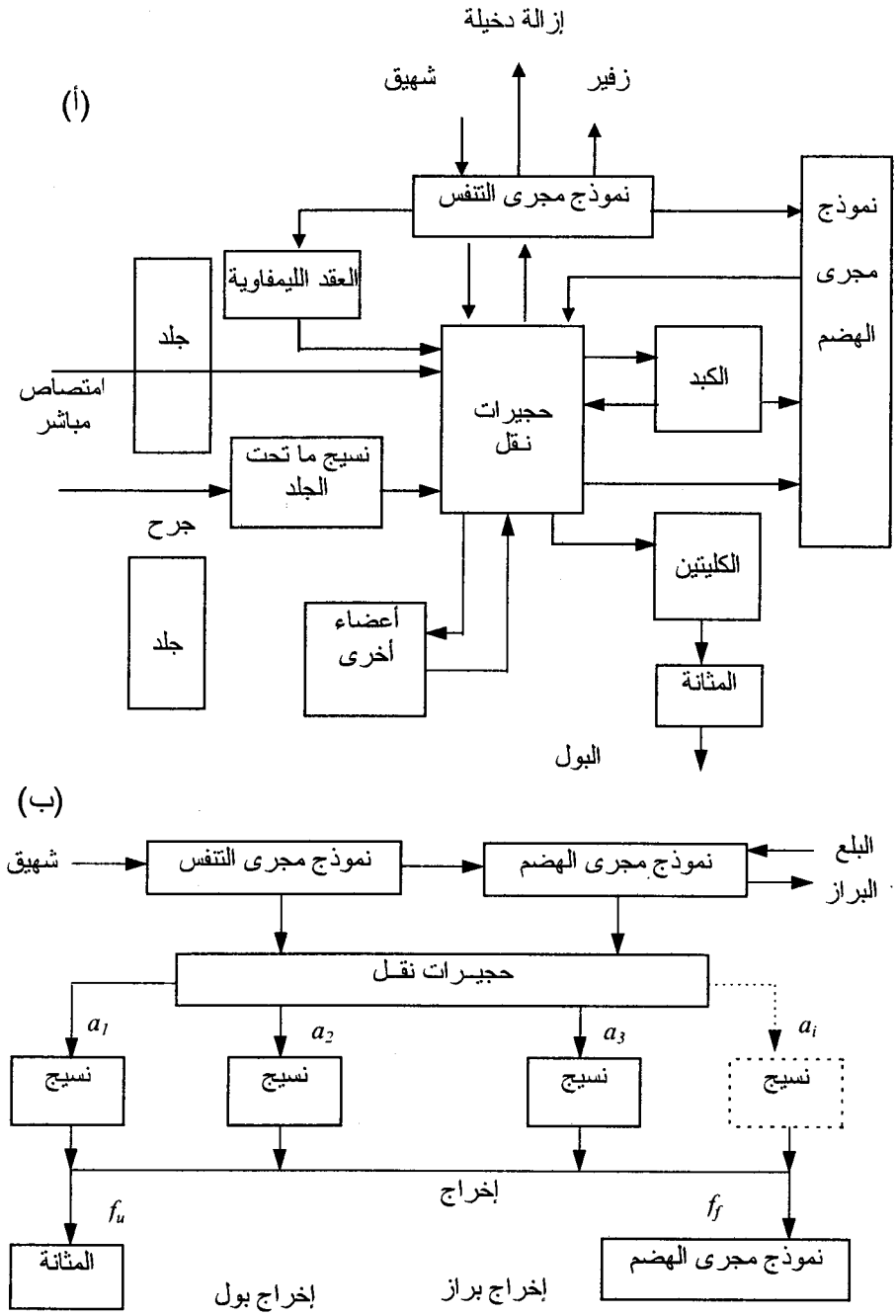
3-6 بالنسبة للطرق الأخرى للتعرض، يمكن أن تحدث الاندخالات، فقط، نتيجة للحوادث، التي يصعب التنبؤ بطبيعتها الدقيقة. ولا يوجد، على الأغلب، نماذج مقبولة دوليا مطورة لتربط دخول النويدات المشعة من خلال الجلد السليم أو خلال الجروح، على الرغم من أنه قد تم نشر بعض المعلومات عن هذه الأخيرة[26] . ويستثنى من ذلك الماء التريتيومي، الذي يمتص بسرعة عبر الجلد السليم. ويمكن الافتراض بأن هذا يؤدي إلى اندخال إضافي للتريتيوم، مساو إلى 50 % من نشاط التريتيوم المستنشق، للتعرض في مكان العمل [29] ويتم تنظيمه بوضع تركيزات مشتقة للهواءDACs . وهكذا، فإن القيمة المرجعية الأكثر إفادة للماء التريتيومي في الهواء هي ثلثا قيمة التركيزات المشتقة الواردة في الجدول أ -3.

4-6 في نشرتها رقم 26 ، أدخلت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية [30] استعمال عوامل الترجيح (للنسيج) Wt لحساب مكافئ الجرعة الفعالة الملازمة من مكافئات جرع الأنسجة الفردية. وهذا يوفر طريقة عامة للتعبير عن جرعات الإشعاع الخارجي، الذي يكون نسبيا متجانسا على كل نسيج من أنسجة الجسم، ومن إندخالات النويدات المشعة، التي يمكن أن تكون غير متجانسة الخواص تماما. وقد طبقت اللجنة الدولية هذه النصيحة في أجزاء عديدة وفي مكملات نشرتها [30 [29،33-31، حيث تصف النماذج الحركية الحيوية المستخدمة لحساب مكافئات الجرعة للأعضاء والأنسجة والناتجة عن الاندخال بواسطة الاستنشاق والابتلاع لمدى عريض من النويدات المشعة بصيغ كيميائية مختلفة. ولا تصف النماذج الواردة في النشرة رقم 30 ، بشكل كامل، الحركيات الحيوية للنويدات المشعة داخل الجسم. وعموما، لقد كانت تلك النماذج مبنية على حجيرات بسيطة، حيث انتقال المادة بين الحجيرات قد تم نمذجته بحركيات من المرتبة الأولى. ويوضح الشكل 2-ب المبدأ الأساسي لبنية النموذج التي تبنتها اللجنة الدولية في نشرتها رقم 30. لقد صممت هذه النماذج أساسا لأغراض حساب الجرعات المتوقعة من النويدات المشعة المدخلة ووضع حدود على الاندخال. ولم تكن هذه النماذج تهدف إلى تفسير بيانات الفحص الحيوي، رغم أنها استخدمت لهذا الغرض في النشرة رقم 54[8] ، وهي ملائمة لأغراض الوقاية عندما تكون اندخالات النويدات المشعة منخفضة. ويتم استبدال هذه النماذج تدريجيا بنماذج مبنية أكثر على أساس متين فيزيولوجيا [9].

5-6 في معايير الأمان الأساسية [2] ، وفي توصيات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية لعام 1990 [6] ، فإن الاقتراب نحو حساب الجرعة الفعالة الملازمة مبنى على أساس ذلك المستخدم لحساب مكافئ الجرعة الفعالة الملازمة، رغم أنه نتيجة للمعلومات المتطورة عن التأثيرات المتأخرة للأشعة على أنسجة الجسم قد أجريت بعض التغيرات على قيم العوامل المرجحة للنسج، كما حددت عوامل ترجيح لعدد كبير من الأنسجة (انظر الجدول أ-3).

6-6 إن النماذج الحركية الحيوية المطورة من قبل اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية يقصد بها استخدامها في الأوضاع العادية، على سبيل المثال، لتقدير الجرعات من القياسات المنفذة وفقا لبرامج الرصد الروتيني. ويتطلب تقدير الجرعات في أوضاع الحوادث معلومات أكثر تحديدا حول وقت ونمط الاندخال، والصيغة الفيزيوكيميائية للنويدات المشعة، وحول الخصائص الفردية (مثل كتلة الجسم). ويمكن الحصول على بيانات النوعية عن الحركية الحيوية للنويدة (النويدات) المشعة من خلال الرصد الخاص، أي بإعادة القياسات المباشرة للجسم ككل أو لأماكن معينة وبقياسات الإخراج.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.



شكل 2: أ) طرق الادخال والانتقال والإخراج على أساس المرجع [8]
ب) النموذج العام المستخدم لتمثيل حركية النويدات المشعة في أقسام الجسم

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

نماذج لطرق مختلفة للدخول

الاستنشاق

6-7 إن تفاصيل النموذج الجديد لمجرى التنفس للإنسان، لأغراض الوقاية الإشعاعية قد صدر عن اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية [19] ، وترد وصف الملامح الرئيسة لهذا النموذج أدناه. وقد استخدم هذا النموذج في حساب معاملات جرعة الاستنشاق الواردة في معايير الأمان الأساسية [2]. وكما كان الأمر في النموذج القديم [29] يتم معاملة الترسب والإزالة بشكل منفصل .

6-8 إن الاختلاف الرئيس في الاقتراب هو، أنه بينما كان نموذج اللجنة الدولية الصادر في النشرة رقم 30 يحسب، فقط، الجرعة المتوسطة للرئتين، فإن النموذج الجديد يحسب الجرعات لأنسجة معينة من المجرى التنفسي، ويأخذ في الحسبان الاختلافات في الحساسية الإشعاعية. وفي النموذج الجديد، يمثل المجرى التنفسي بخمس مناطق (شكل 3). ويقسم الممر الهوائي خارج القفص الصدري إلى ممرات أنفية ET_1 ، التي تتألف من ممر أنفي أمامي وآخر خلفي، ومن البلعوم الذي يشمل تجويفي الأنف والفم، والحنجرة. أما الممرات في منطقة القفص الصدري فهي القصبة الهوائية (BB) والشعب والشعيبات الهوائية (bb) والحويصلات البينية الهوائية (AI) ، ومنطقة تبادل الغازات. ويكون النسيج اللمفاوي مترافقا مع الممرات خارج القفص الصدري والممرات داخله بالترتيب (LN_{TH}، LN_{ET}) . والقيم المرجعية لعوامل الأبعاد والمقاييس محددة في النموذج.

6-9 يحسب ترسب الجسيمات المستنشقة لكل منطقة من مجرى التنفس على حدة ، مع أخذ كل من الشهيق والزفير في الحسبان. ويتم حساب ذلك كدالة من حجم الجسيمات، وبارامترات التنفس و/أو حمل العمل، ويفترض أنه (أي الترسب) لا يعتمد على الصيغة الكيميائية. إن بارامترات الترسب الافتراضي المعتمدة على العمر معطاة لمدى من أحجام الجسيمات يمتد من 0,6 نانومتر، كقطر لنشاط الحركية الحرارية الوسطية (AMTD) وحتى 100 ميكرومتر كقطر لنشاط الحركية الهوائية الوسطي . (AMAD) كما أن بارامترات الترسب الافتراضية للأفراد المعرضين مهنيا معطاة، وتقوم على أساس الأنماط اليومية الوسطية للنشاط. ومعاملات جرعة الاستنشاق واردة في معايير الأمان الأساسية [2] ، لقطر نشاط الحركية الهوائية الوسطي(AMAD) مقداره 5 ميكرونات، الذي يعتبر الآن أكثر قيمة افتراضية ملائمة لحجم الجسيمات للنويدات المشعة في مكان العمل[19] . ومعاملات الجرعة واردة، كذلك، لقطر نشاط الحركية الهوائية الوسطي مقداره 1 ميكرون، وهي القيمة الافتراضية المستخدمة في النشرة رقم 30 (جدول III-II من معايير الأمان الأساسية). ويستخدم قطر نشاط الحركية الهوائية الوسطي مقداره 1 ميكرون لأفراد الجمهور (جدول VII-II من معايير الأمان الأساسية).

6-10 تعامل الإزالة من الجهاز التنفسي كعمليتين متنافستين: هما انتقال الجسيمات (بواسطة الإزالة المخاطية أو الانتقال إلى العقد اللمفاوية)، والامتصاص في الدم.

6-11 يعامل انتقال الجسيمات كدالة من موقع الترسب في مجرى التنفس إلا أنه يؤخذ على أنه لا يعتمد على حجم الجسيمات والمادة. وبالنسبة لمعظم المناطق، يوضع للانتقال الميكانيكي المعتمد على الزمن نموذج، باعتبار أن المنطقة مكونة من بضعة حجيرات ذات أعمار نصفية مختلفة للإزالة. فمثلا المنطقة) AI شكل 3 (تكون مقسمة إلى ثلاث حجيرات، تزال إلى المنطقة bb بعمر نصفي بيولوجي يبلغ حوالي 35 ، 700 ، 7000 يوم. وبشكل مشابه فإن للمناطق bb و BB حجيرات إزالة سريعة وبطيئة. كما أن الإزالة من المنطقة AI تتضمن، كذلك، الانتقال إلى النسيج الليمفاوي.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

وبالنسبة للمناطقbb، BB، ET توجد حجيرات تمثل المادة المحتجزة في النسيج وتنتقل إلى النسيج الليمفاوي.

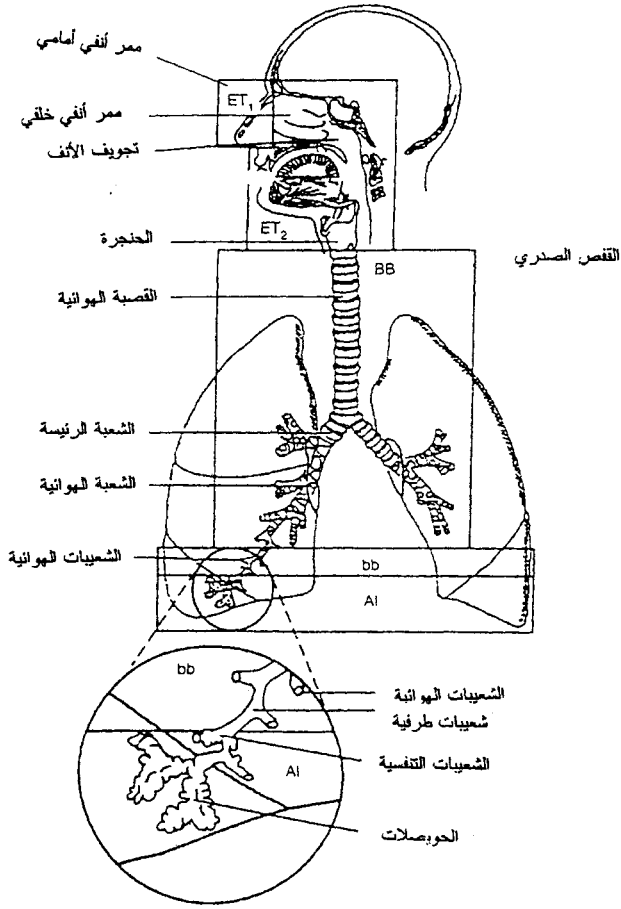
12-6 يعتمد الامتصاص في الدم على الصيغة الفيزيوكميائية للنويدة المشعة المترسبة في النظام التنفسي، ولكنه يؤخذ على أنه مستقل عن موقع الترسب مع استثناء المنطقة ET_1، التي لا يفترض حدوث امتصاص فيها. ويسمح النموذج بالتغيرات في التحلل والامتصاص داخل الدم كدالة من الزمن. وينصح باستخدام معدلات تحلل مميزة للمادة، إلا أن هناك بارامترات امتصاص افتراضية، معطاة لاستخدامها عندما لا تتوفر معلومات نوعية، وهي بالتحديد الأنواع F (سريع) و M (معتدل) و S (بطيء). وهذه تقابل، بشكل واسع، بيانات النشرة 30 حول الرئة الافتراضية، وهيD(يوم) و W (أسبوع) و Y (سنة) على الترتيب، بالرغم من أن فئات الرئة تشير إلى معدلات إزالة كلية من الرئة.

13-6 إن معدلات الامتصاص لأنواع الامتصاص المختلفة يمكن التعبير عنها كتقريب لأعمار النصف البيولوجية وللكميات المناظرة للمادة المترسبة في كل منطقة، التي تصل إلى سوائل الجسم، كما هو مبين في جدول1. وبالنسبة لجميع أنواع الامتصاص الثلاث، تزال جميع المواد المترسبة في المنطقة ET_1 بوسائل خارجية، مثل نفخات الأنف. وفي المناطق الأخرى، فإن أغلب المواد المترسبة غير الممتصة تزال إلى مجرى الهضم بواسطة انتقال الجسيمات. وتستمر الكميات القليلة المنتقلة إلى العقد الليمفاوية في الامتصاص داخل سوائل الجسم بنفس المعدل الذي تمتص به في مجرى التنفس.

14-6 لون في صورة جسيمات، فإنه يفترض أن دخولها إلى مجرى التنفس والترسب الموضعي فيه يكون محكوما، فقط، بالتوزع الحجمي لجسيمات الرذاذ. ويختلف الأمر بالنسبة للغازات والأبخرة، حيث تكون الترسبات في مجرى التنفس خاصة بالمادة. وعلى الأغلب، فإن جميع الجزيئات الغازية المستنشقة تلامس سطوح الممرات الهوائية، لكنها تعود عادة إلى الهواء ما لم تذب في القشرة السطحية، أو تتفاعل معها. إن جزء الغاز أو البخار المستنشق والمترسب في كل منطقة يعتمد، بالتالي، على قابليته للذوبان وعلى نشاطه الكيميائي. وعموما، فإن الترسب الموضعي للغاز أو البخار لا يمكن التنبؤ به على أساس ميكانيكي، من معرفة خواصه الفيزيائية والكيميائية، ولكن يجب الحصول عليه من دراسة تجريبية في جسم الكائن الحي.

15-6 تخصص النماذج الجديدة الغازات والأبخرة ضمن ثلاث درجات افتراضية بالنسبة لقابلية الذوبان والنشاط الكيميائي (التفاعلية) (SR)، وذلك على أساس النمط

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.



شكل ٣: مناطق المجرى التنفسي المحددة في نموذج اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (المرجع ١٩)

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

جدول 1: أنواع الامتصاص

أمثلة	عمر النصف البيولوجي	
جميع مركبات السيزيوم واليود.	امتصاص 100 % مع عمر نصف بيولوجي 10 دقائق. وهناك امتصاص سريع لأغلب المواد المترسبة في المناطق BB وbb و AI . نصف المادة المترسبة في ET_2 تزال إلى مجرى الهضم بانتقال الجسيمات والنصف الآخر يمتص.	النوع F
جميع مركبات الراديوم والأمريشيوم	يمتص 10 % بعمر نصف بيولوجي 10 دقائق و 90% بعمر نصف بيولوجي 140 يوم. هناك امتصاص سريع لحوالي 10 % من المترسب في المناطق BB و bb وحوالي 5 % من المادة تترسب في ET_2 . حوالي 70 % من المترسب في المنطقة AI ويصل في آخر المطاف إلى سوائل الجسم بالامتصاص.	النوع M
المركبات غير القابلة للذوبان لليورانيوم والبلوتونيوم	يمتص 0.1 % بعمر نصف بيولوجي 10 دقائق و 99.9 % بعمر نصف بيولوجي 7000 يوم. يوجد امتصاص صغير من المناطق ETأو BB أوbb ، وحوالي 10 % من المترسب في المنطقة AI يصل في آخر المطاف إلى سوائل الجسم بالامتصاص.	النوع S

الابتدائي للترسب في مجرى التنفس، كما هو مبين بالجدول 2. وبالتالي، يتعين الاستبقاء اللاحق في مجرى التنفس والامتصاص إلى سوائل الجسم بواسطة الخواص الكيميائية للغاز أو البخار. إن استخدام النموذج لحساب معاملات الجرعة للعاملين وارد في نشرة اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية رقم 6 [34].

جدول 2: درجات قابلية الذوبان والنشاط الكيميائي (التفاعلية)

أمثلة	الوصف	
^{41}Ar، ^{85}Kr، ^{133}Xe	غير قابل للذوبان وغير نشط: ترسب مهمل في مجرى التنفس.	الدرجة SR-0
غاز التريتيوم، ^{14}CO وبخار ^{131}I وبخار ^{195}Hg	قابل للذوبان أو نشط: قد يحدث ترسب خلال مجرى التنفس.	الدرجة SR-1
^{3}H في المركبات العضوية والماء التريتيومي	شديد الذوبان أو النشاط: ترسب كامل في الممرات الهوائية خارج القفص الصدري أي المنطقة (ET_2). ولغرض الحساب فإنها تعامل كأنها قد حقنت مباشرة للدم.	الدرجة SR-2

16-6 إن الإرشادات الواردة في نشرات اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية وفي معايير الأمان الأساسية [2] عن ترسب وإزالة الغازات والأبخرة مشابهة لتلك الإرشادات الخاصة بإزالة النويدات المشعة المستنشقة من مجرى التنفس على صورة جسيمات. وبالنسبة لتلك العناصر التي يكون استنشاق النويدات المشعة في صورة غاز أو بخار ذا أهمية كامنة، ينصح باستخدام درجات الذوبان

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

والنشاط الافتراضية (SR) وأنواع الامتصاص الافتراضي (النوع F ، أو النوع V امتصاص سريع جدا)، بالنسبة للغازات والأبخرة في حالة غياب معلومات إضافية. ويوجه الاهتمام، فقط، لسلوك الغازات والأبخرة عند تراكيز كتلية منخفضة. ومعاملات الجرعة بالنسبة لاستنشاق الغازات والأبخرة القابلة للذوبان أو النشطة واردة في جدول IX-II من معايير الأمان الأساسية[2] .

6-17 إن نموذج مجرى التنفس الجديد للإنسان أكثر تعقيدا من نموذج الرئة المعرف في نشرة اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية رقم 30[29] ، وله مزايا هامة، تتمثل في أنه وصف أكثر واقعية لسلوك المواد المشعة المستنشقة، ويمكن استخدامه مع بيانات مميزة للمادة، وذلك لكل من تقويم الجرعات ولتفسير معلومات الفحص الحيوي.

الابتلاع

6-18 إن النموذج المستخدم في معايير الأمان الأساسية [2] لوصف سلوك ابتلاع النويدات المشعة من قبل العاملين هو ذلك الوارد في نشرة اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية رقم 30 [29] . وهو يحتوي على أربع حجيرات، تمثل المعدة، والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة العليا والسفلى. إن متوسط أزمنة البقاء في حجيرات مجرى الهضم هي 1 و 4 و 13 و 24 ساعة على الترتيب. ويتم الأخذ إلى الدم من الأمعاء الدقيقة ويحدد بقيم الأخذ الجزئية (f_1) . إن التغيرات الوحيدة في بارامترات النموذج المستخدم في حساب معاملات الجرعة للعاملين الواردة في معايير الأمان الأساسية [2] بالمقارنة مع تلك الواردة في نشرة اللجنة الدولية رقم 30 [29] كانت لبعض قيم f_1.

الدخول عبر الجروح والجلد السليم

6-19 إن الدخول عبر الجروح وخلال الجلد السليم هي مسالك إضافية يمكن من خلالها أن تدخل النويدات المشعة للجسم. ورغم أن كثيرا من المواد يمكن أن تحتجز في موقع الجرح، فإن المواد القابلة للذوبان يمكنها الانتقال إلى الدم وبالتالي إلى أجزاء الجسم الأخرى. أما المواد غير القابلة للذوبان فستنتقل ببطء إلى النسيج الليمفاوي الموضعي حيث تذوب تدريجيا وتدخل الدم أخيرا. ويمكن أن يحتجز أجزاء متغيرة من المادة غير القابلة للذوبان في مكان الجرح أو في النسيج الليمفاوي لما تبقى من حياة الفرد. وإذا دخلت المادة الجسيمية الدم مباشرة فإنها تترسب مبدئيا بالخلايا البلعمية في الكبد والطحال ونخاع العظام.

6-20 بالنسبة للمواد المشعة غير القابلة للذوبان المحتجزة في مكان الجرح، فإن الأنسجة المحيطة بالجرح ستكون هي الأكثر تعرضا للإشعاع. وقد يلزم أن يؤخذ في الحسبان، بالتشاور مع الطبيب، إمكانية استئصال الأنسجة الموضعية الملوثة. لهذا الغرض، يجب تحديد تغير التلوث، بدقة، مع العمق عند الجرح. ويمكن تقويم الجرعة الممتصة عند موقع الجرح وفي منطقة العقد اللمفاوية من النشاط الإشعاعي للمادة المترسبة، ومن خصائص النويدات المتضمنة، ومن كتلة النسيج المشعع والزمن منذ لحظة التعرض. فإذا كانت المواد قابلة للذوبان، عندئذ يمكنها الانتقال من مكان الجرح إلى الدم بمعدل يعتمد على قابليتها للذوبان. ويكون توزع هذا المركب المذاب، في معظم الحالات، مشابها لتوزع المادة التي تدخل الدم من الرئتين أو مجرى الهضم، إلا أنه قد يوجد استثناء لبعض الصيغ الكيميائية للنويدات المشعة التي تدخل الدم مباشرة

6-21 يمكن لعدد من المواد، مثل المركبات الموسومة بالتريتيوم ومركبات الكربون العضويه ومركبات اليود، أن تخترق الجلد السليم. وفي هذه الحالات، فإن جزءا من النشاط الإشعاعي يدخل

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

الدم. عندئذ يلزم تطوير نماذج نوعية لتقويم الجرعات من مثل تلك الاندخالات[35] . فمثلا، يختلف سلوك المركبات العضوية الموسومة بالتريتيوم الذي يلي امتصاصها المباشر عبر الجلد اختلافا كبيرا عن السلوك بعد الاستنشاق أو الابتلاع. وبالنسبة لتلوث الجلد، يجب أن يؤخذ في الحسبان كل من الجرعة المكافئة لمنطقة الجلد الملوث والجرعة الفعالة.

6-22 يمكن استخدام النماذج الحركية الحيوية التي طورتها اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية، فقط، لحساب الجرعة الفعالة الناجمة عن المركب المذاب، حالما يتم تحديد الأخذ المنتظم [26].

النشاط الشامل للجهاز

6-23 يعرف كسر الاندخال الذي يدخل ضمن الدورة المنتظمة للدم بالأخذ. ولحساب معاملات الجرعة في معايير الأمان الأساسية [2] ، فإن النماذج الموصى بها من قبل اللجنة الدولية قد استخدمت لوصف سلوك النويدات المشعة التي دخلت الدورة. ونتيجة لمراجعة البيانات المتوفرة عن سلوك النويدات المشعة في الجسم، فقد تم تنقيح النماذج التي أوصت بها نشرة اللجنة الدولية رقم 30 لعدد من العناصر[29,31-33] ، كما هو وارد في النشرات أرقام 56 و 67 و 69 و 71-39] .[36كما استخدمت، كذلك، هذه النماذج المنقحة في حساب معاملات الجرعة للعاملين الواردة في معايير الأمان الأساسية[2] . ويبين جدول 3 مصادر النماذج الحركية الحيوية المستخدمة للبالغين.

6-24 يحتفظ عدد من النماذج المعدلة للبالغين ببنية النموذج الواردة في نشرة اللجنة الدولية رقم 30، ولكن بتغيرات طفيفة لتوزع النويدات المشعة بين حجيرات الجسم ودوال الاستبقاء. فضلا عن ذلك، فإن النماذج، لعدد من العناصر، قد نقحت تنقيحا شاملا، وخاصة لتأخذ في الحسبان إعادة تدوير النويدات المشعة بين الحجيرات. ففي نشرة اللجنة الدولية رقم 30، افترض أن عددا من النويدات المشعة (مثل البلوتونيوم 239) باحثة عن سطح العظام، أي تحتجز على سطوح العظام. وقد تبين أن هذا افتراض متحفظ، خصوصا بالنسبة للنويدات الباعثة لجسيمات ألفا. وقد أظهرت أدلة، من الدراسات على الحيوانات ومن البيانات التي توفرت عن الإنسان، أن جزءا من البلوتونيوم يصبح مدفونا نتيجة لنمو وتحول العظام، في حين يتحرر جزء آخر ويدخل الدم ثانية. وبسبب ذلك، يمكن لبعض منه أن يترسب ثانية في الهيكل العظمي والكبد، أو يمكن أن يخرج في عمليات الإخراج. وعلى العكس، فإن النويدات الباحثة عن صلب العظام، مثل السترونشيوم 90 ، والراديوم 226 قد افترض، في النشرة رقم 30، أنها تتوزع فورا خلال صلب العظام. وفي الواقع، فإن العملية تدرجية، رغم حدوثها أسرع مما يحدث لبعض النويدات الباحثة عن سطح العظام، كالبلوتونيوم. وللسماح للسلوك الذي عرف للنويدات المشعة، وللأخذ في الحسبان للمعرفة الحالية لفسيولوجيا العظام، فقد تم تطوير نماذج عمومية للبلوتونيوم والأكتينيدات الأخرى (مثل Cm و Am و Np و Th) [37-39] وللفلزات الأرضية القلوية (مثل Ca و Sr و Ba و Ra) [37-39]. ويطبق النموذج الخاص بالعناصر الأرضية القلوية، مع بعض التعديلات، كذلك على الرصاص واليورانيوم[37-38]

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

6-25 يتفكك عدد من النويدات المشعة إلى نويدات هي نفسها مشعة. وقد كان الافتراض المعتاد في نشرة اللجنة الدولية رقم 30 هو أن نواتج هذه التفككات ستتبع الحركية الحيوية لأمهاتها، رغم وجود بعض الاستثناء لنواتج تفكك، هي نظائر لغازات نبيلة أو لليود. وفي النماذج الحركية الحيوية المنقحة طبقت حركيات حيوية منفصلة، على النويدة الأم ونواتج تفككها لاندخالات نظائر الرصاص والراديوم والثوريوم واليورانيوم.

الإخراج

6-26 ي النماذج الحركية الحيوية الواردة في نشرة اللجنة الدولية رقم 30، لم ترد معلومات محددة عن الإخراج في البول والبراز، رغم استخدام هذه النماذج في النشرة رقم 54 [8] لتفسير بيانات الإخراج. وفي توصيات عام 1990 للجنة الدولية[6] ، أعطيت قيم w_1 خاصة للمثانة والقولون، وفي النماذج الحركية الحيوية المنقحة للعاملين الواردة بواسطة اللجنة الدولية[34] ، توجد معلومات نوعية عن مسالك الإخراج في البول والبراز.

6-27 لتقويم جرعات النشاط الشامل للجهاز المفقودة داخل البراز، يستخدم نموذج مجرى الهضم، بفرض إفراز النويدات المشعة من الدم إلى داخل الأمعاء الغليظة العلوية. وقد تم اعتماد نموذج للمثانة لحساب الجرعات لجدار المثانة[37] .

جدول 3: أنواع الامتصاص في الرئتين ومصادر النماذج الحركية الحيوية لبعض النشاط المستخدم لحساب معاملات الجرعة للتنفس للعاملين

العنصر	نوع الامتصاص في الرئتين	رقم نشرة اللجنة الدولية حول تفاصيل النموذج
هيدروجين	G	56
بريليوم	M,S	30، جزء 3
كربون	G	56
فلور	F,M,S	30، جزء 2
صوديوم	F	30، جزء 2
مغنيسيوم	F,M	30، جزء 3
ألمونيوم	F,M	30، جزء 3
سليكون	F,M,S	30، جزء 3
فسفور	F,M	30، جزء 1
كبريت	F,M,G	67
كلور	F,M	30، جزء 2
بوتاسيوم	F	30، جزء 2
كالسيوم	M	30، جزء 2
سكانديوم	S	30، جزء 3
تيتانيوم	F,M,S	30، جزء 3
فناديوم	F,M	30، جزء 3
كروم	F,M,S	30، جزء 2
منجنيز	F,M	30، جزء 1

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

العنصر	نوع الامتصاص في الرئتين	رقم نشرة اللجنة الدولية حول تفاصيل النموذج
حديد	F,M	69
كوبلت	M,S	67
نيكل	F,M,G	67
نحاس	F,M,S	30، جزء 2
خارصين	F,M,S	67
جاليوم	F,M,	30، جزء 3
جرمانيوم	F,M,	30، جزء 3
زرنيخ	M	30، جزء 3
سلينيوم	F, M	69
بروم	F, M	30، جزء 2
روبيديوم	F	30، جزء 2
سترونشيوم	F, S	67
إيتريوم	M, S	30، جزء 2
زركونيوم	F, M, S	56، 67
نيوبيوم	M, S	56، 67
مولبدنم	F, S	67
تكنيشيوم	F	67
روثينيوم	F, S, G	56، 67
روديوم	F, M, S	30، جزء 2
بالاديوم	F, M, S	30، جزء 3
فضة	F, M, S	67
كادميوم	F, M, S	30، جزء 2
إنديوم	F, M	30، جزء 2
قصدير	F, M	30، جزء 3
أنتيمون	F, M	69
تيلوريوم	F, M, G	67
يود	F, G	56، 67
سيزيوم	F	56، 67
باريوم	F	67
لانثانوم	F, M	30، جزء 3
سيريوم	M	56، 67
براسوديميوم	M, S	30، جزء 3
نيوديميوم	M, S	30، جزء 3
بروميثيوم	M, S	30، جزء 3
سماريوم	M	30، جزء 3
يوروبيوم	M	30، جزء 3
جادولينيوم	F, M	30، جزء 3
تربيوم	M	30، جزء 3
ديسبورسيوم	M	30، جزء 3

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

العنصر	نوع الامتصاص في الرنتين	رقم نشرة اللجنة الدولية حول تفاصيل النموذج
هلميوم	M	30، جزء 3
إربيوم	M	30، جزء 3
ثوليوم	M	30، جزء 3
إتربيوم	M, S	30، جزء 3
لوتيتيوم	M, S	30، جزء 3
هافنيوم	F, M	30، جزء 3
تانتالوم	M, S	30، جزء 3
تنجستن	F	30، جزء 3
رينيوم	F, M	30، جزء 2
أوسميوم	F, M, S	30، جزء 2
إيريديوم	F, M, S	30، جزء 2
بلاتين	F	30، جزء 3
ذهب	F, M, S	30، جزء 2
زئبق (غير عضوي)	F, M	30، جزء 2
زئبق (عضوي)	F	30، جزء 2
ثاليوم	F	30، جزء 3
رصاص	F	67
بسموت	F, M	30، جزء 2
بولونيوم	F, M	67
أستاتين	F, M	30، جزء 3
فرانسيوم	F	30، جزء 3
راديوم	M	67
أكتينيوم	M, S	30، جزء 3
ثوريوم	F, M, S	69
بروتاكتينيوم	M, S	30، جزء 3
يورانيوم	F, M, S	69
نبتونيوم	M,	67
بلوتونيوم	M, S	67
أمريشيوم	M	67
كوريوم	M	71
بيركليوم	M	30، جزء 4
كاليفورنيوم	M	30، جزء 4
إينشتينيوم	M	30، جزء 4
فيرميوم	M	30، جزء 4
مندليفيوم	M	30، جزء 4

أ- بالنسبة للجسيمات F تعني سريع، M معتدل، S بطيء ، G للغاز والبخار.
ب- b تعني لمعاملات جرعة البلع كذلك.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

معاملات الجرعة

6-28 إن معاملات الجرعة (الجرعات الفعالة الملازمة لوحدة الاندخال) واردة في معايير الأمان الأساسية [2] للاندخالات للبلع والاستنشاق. وترد معاملات الجرعة لنويدات مختارة في الجدول أ-1 من هذا التقرير. وهذه القيم للجرعة الفعالة الملازمة هي لمسارات معينة للاندخال، ولا يمكن استخدامها مباشرة لتقويم الجرعات من الحقن داخل الدم أو من الانتقال إلى الدم من أماكن الجروح أو من الامتصاص عبر الجلد.

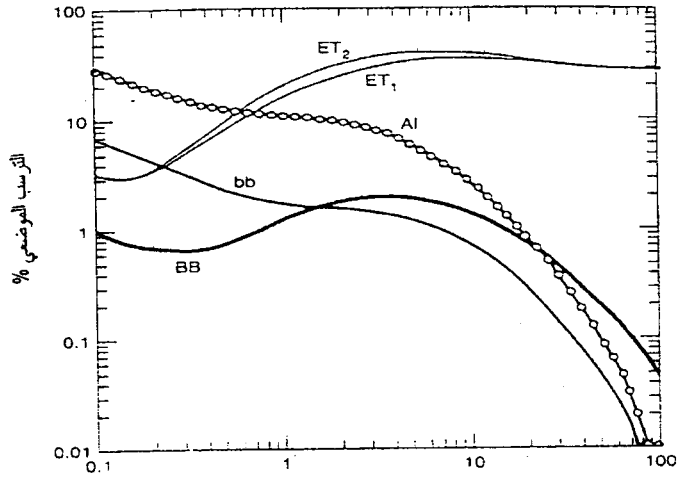
6-29 بالنسبة للعديد من النويدات المشعة، وردت معاملات الجرعة لأنواع امتصاص رئوية مختلفة ولقيم f_1 مختلفة. إن الاختيار الأكثر ملاءمة للقيمة بالنسبة لوضع معين ينبغي أن يقوم على أساس معرفة الخصائص الفيزيوكيميائية للمواد الموجودة في مكان العمل. وقد وردت إرشادات في معايير الأمان الأساسية (الجداول IV-II وV-II) حول قيم عوامل انتقال القناة الهضمية (f_1) وأنواع الامتصاص الرئوية لصيغ كيميائية متنوعة للعناصر. وفي بعض الحالات، يمكن أن تتوفر معلومات قليلة حول خواص الاندخال، وعندئذ، ينبغي استخدام القيمة الأكثر تقييدا (أي تلك التي تعطي الجرعة الأعلى).

التقويمات النوعية لأماكن العمل

6-30 في حالة التعرضات الهامة الناجمة عن حوادث، غالبا ما يكون من الضروري استخدام قيم البارامترات عند حساب الجرعات المكافئة للنسيج أو للعضو، والجرعة الفعالة اللاتي تميز ظروف التعرض والفرد. وبالمثل، في الأوضاع الروتينية، فإنه قد يكون من الضروري أخذ الظروف الخاصة للتعرض في الحسبان بدلا من استخدام البارامترات الافتراضية. لقد اعتمد النموذج الجديد لمجرى التنفس [34] قيمة لقطر النشاط الحركي الهوائي الوسطي (AMAD) تساوي 5 ميكرونات كقطر جسيم افتراضي، عند عدم توفر معلومات محددة. إن الترسب الموضعي لجسيمات عوالق الهواء يخضع لآليات الترسب والتصادم والانتشار. ويعتمد الترسب عبر النظام التنفسي وبالتالي معاملات جرعة الاستنشاق على بارا مترات الرذاذ، مثل قطر النشاط الحركي الهوائي. وبالمثل فإن معاملات جرعة البلع تعتمد على اختيار القيمة الملائمة للمقدار f_1.

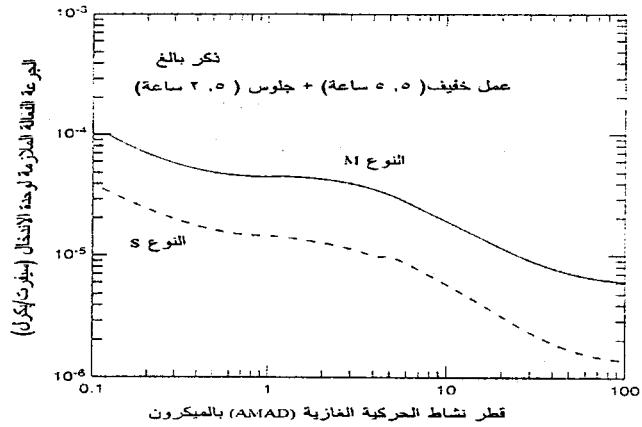
أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

6-31 بناء على النموذج الجديد لمجرى التنفس[19] ، فإن ترسب الرذاذ في التجويف الصدري مهنيا يكون عند أعلى قيمة له في المنطقة) AI شكل 3)، ولكنه يتناقص تدريجيا مع ازدياد حجم الجسيم (شكل 4). إن مدى الترسب في كل منطقة، وكذلك الصيغة الكيميائية للمادة المستنشقة، لهما تأثير محسوس على الجرعة الفعالة. وهكذا، فإنه بالنسبة للبلوتونيوم 239 ، فإن الجرعة الفعالة الملازمة لكلا النوعين، المعتدل Mوالبطيء S تتناقص تدريجيا مع ازدياد قطر النشاط الحركي الهوائي (AMAD) ، مما يعكس تناقص الترسب في المنطقة AIومسالك التوصيل(B و (bb) (شكل4 و5). وبالنسبة لهذا المثال، فإن افتراض خصائص النوع المعتدل Mأكثر تقييدا من النوع البطيءS لحساب الجرعة الفعالة. وتبين الحسابات أن خصائص الرذاذ الأخرى، مثل كثافة الجسيمات وعامل الشكل، لها تأثير طفيف على الجرعة الفعالة الملازمة.[40]



شكل ٤: تأثير حجم الجسيمات على الترسب في مناطق متنوعة من مجرى التنفس (مرجع ١٩)

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.



شكل ٥

تأثير قطر الجسيمات على الجرعة الفعالة الملازمة بالنسبة للبلوتونيوم ٢٣٩ المستنشق

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

7- تفسير القياسات

مقدمة

7-1 وفر طرائق القياسات المباشرة أو غير المباشرة معلومات حول كمية (كميات) النويدات المشعة الموجودة في الجسم، أو في أجزاء من الجسم كأعضاء أو أنسجة معينة، أو في عينة بيولوجية، أو في عينة مأخوذة من بيئة العمل. إن أول استخدام لهذه البيانات يرجح أن يكون لتقدير اندخال النويدة المشعة للعامل. والنماذج الحركية الحيوية التي تصف محتويات الجسم والعضو، والنشاط في الإخراج كدالة من الزمن الذي يلي الاندخال، ونماذج التعرض التي تربط الاندخال بظروف مكان العمل، تستخدم جميعا لهذا الغرض. وكبديل، فإن قياسات النشاط الإشعاعي في الجسم يمكن أن تستخدم لتقدير معدلات الجرعة مباشرة. إن حساب الجرعات الملازمة من القياسات المباشرة مازال يتضمن افتراض نموذج حركي حيوي، إذا لم تتوفر قياسات كافية لتحديد وظائف الاحتجاز .

7-2 إن الهدف من هذا الفصل هو توفير نظرة شاملة حول تفسير القياسات، وتوضيح هذه العملية باستخدام مثال بسيط لتقويم الجرعة الناتجة عن اندخال اليود 131، المبني على نتائج كل من الرصد المباشر وغير المباشر. ويلخص الشكل 6 التصور العام .

7-3 لتقدير الاندخال، فإن محتوى الجسم أو معدل الإخراج المقيسانM، يقسم على الكسر m(t) للاندخال المحتجز في الجسم ككل (القياس المباشر) أو الذي تم إخراجه من الجسم (القياس غير المباشر) عند الزمن t (عادة بالأيام) بعد الاندخال، هو:

$$\text{الاندخال} = M / m(t)$$

وقد نشرت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية قيما عمومية للمقدار m(t) لنويدات مشعة مختارة في الأنسجة أو الإخراج مع على دوال الاحتجاز للنشاط الإشعاعي [8] . وتوجد معلومات أكثر في نشرة اللجنة الدولية رقم 78 [9] باستخدام نماذج حركية حيوية أكثر حداثة.

7-4 عندما يتوقع حدوث اندخالات هامة، ينبغي عمل حسابات أكثر تمحيصا مبنية على بارامترات فردية نوعية (قياسات خاصة للجرعة) (فصل 3). وإذا توفرت قياسات متعددة، يمكن الحصول على تقدير أفضل أحادي للاندخال، مثلا بطريقة أصغر المربعات[41 -42] .

مثال لتقويم الجرعة لاندخال اليود 131

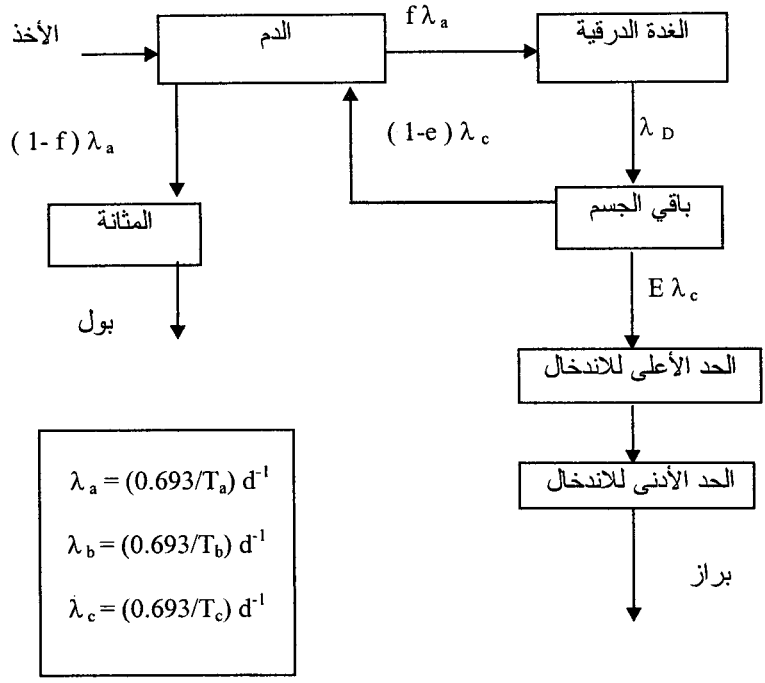
مصادر بيانات القياس

7-5 يحدث التعرض المهني عن النويدات المشعة في الصناعة النووية والطب النووي وفي الأبحاث. وأحد التعرضات الشائعة هي الناجم عن اليود 131 ، وهو نظير مشع قصير العمر (عمر نصفه 8 أيام) يتفكك بإصدار جسيمات بيتا (ذات طاقة متوسطة للانبعاث الرئيس الرئيسي مقدارها 0,19 م.إ.ف) وفوتونات جاما (بطاقة للخط الرئيس مقدارها0,36 م.إ.ف .[43]) (ويمتص اليود بسرعة إلى داخل الدورة إثر الاستنشاق والابتلاع، ويتركز في الغدة الدرقية، ويفرز غالبا في

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

البول .[34-36] وهكذا، فإنه بعد الاندخال، يمكن كشف اليود 131 مباشرة بقياس النشاط الإشعاعي في الغدة الدرقية، أو بشكل غير مباشر في عينات البول .

6-7 حيثما يوجد تعرض مهني عن اليود 131 ، يؤسس برنامج رصد روتيني قد يكون مبنيا على أساس القياس المباشر للغدة الدرقية أو على الرصد غير المباشر لعينات البول أو مكان العمل. واختيار طريقة الرصد يعتمد على عدة عوامل مثل توفر الأجهزة محليا (نظرا لقص العمر النصفي النظير) والتكاليف النسبية للتحاليل فضلا عن الحساسية اللازمة (انظر فصل 3). ورغم أن القياس المباشر للنشاط الإشعاعي في الغدة الدرقية يوفر الأساس للتقويم الأكثر دقة للجرعة، إلا أن هناك طرقا أخرى توفر رصدا كافيا وقد تلائم بشكل أفضل بعض الظروف الخاصة.



بارامترات النموذج لليود

العمر	f_1	أخذ في الغدد	إخراج مع البراز	عمر النصف البيولوجي (يوم)		
				غدة T_a	غدة T_b	باقي الجسم T_c
بالغ	1	3, 0	2, 0	25, 0	80	12

شكل 7: النموذج الحيوي الحركي لليود في البالغين (على أساس المرجع) [36]

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

معلومات الحركية الحيوية

7-7 إن جميع الأشكال الشائعة لليود تؤخذ سريعا بواسطة الجسم. وبالنسبة لاستنشاق اليود على شكل جسيمات، يفترض أن الامتصاص الرئوي من النوع السريع F بينما ينسب بخار عنصر اليود إلى الدرجة SR-1 (ذائب أو نشط) وبامتصاص من النوع السريع F. ويفترض اعتبار امتصاص اليود بواسطة القناة الهضمية على أنه كامل، أي أن $f_1 = 1$. ويبين الجدول أ-1 معاملات الجرعة لهذه الصيغ من الاندخال.

8-7 إن أحدث نموذج حركي حيوي بالنسبة لليود، الذي أوصت به اللجنة الدولية [36] (شكل 7) مشابه لذلك النموذج الموصوف في نشرة اللجنة رقم 30 [29] . وبالنسبة للبالغين، يفترض أن 30% من اليود الذي يصل الدم ينتقل إلى الغدة الدرقية، وأن 70% الباقية منه تخرج مباشرة مع البول عن طريق المثانة البولية. ويؤخذ عمر النصف البيولوجي في الدم على أنه 6 ساعات. واليود المندمج مع هرمونات الغدة الدرقية يغادر الغدة بعمر نصف بيولوجي قدره 80 يوما ليدخل أنسجة أخرى، حيث يحتجز هناك بعمر نصف بيولوجي يساوي 12 يوما. ويتحرر معظم اليوم (80%) لاحقا ويكون متوفرا في الدورة للأخذ بواسطة الغدة الدرقية أو للخروج مباشرة مع الإفراز البولي، أما ما يبقى من اليود فيفرز عن طريق الأمعاء الغليظة إلى البراز. ونظرا لعمر النصف الفيزيائي القصير لليود 131، فإن تكرار دورته هذه غير مهم، من حيث الجرعة الفعالة الملازمة.

القياسات المباشرة

9-7 يتم رصد اليود 131 في الجسم، عادة بصورة مباشرة، بقياس النشاط الإشعاعي في الغدة الدرقية باستخدام كاشف بسيط ببلورة يوديد الصوديوم[9] NaI(T1) . وحيثما يتوقع وجود خليط من النظائر المشعة لليود قد يكون من الضروري اللجوء إلى التعيين الطيفي لانبعاث أشعة جاما من اليود 131 .

10-7 كمثال، افترض أنه في برنامج رصد روتيني، بفترة رصد تبلغ 14 يوم، تم الكشف عن محتوى اليود 131 في الغدة الدرقية مقداره 3000 بكرل في أحد العاملين الذكور. ومن طبيعة الأعمال الجارية في مكان العمل هذا، يفترض أن أي تعرضات تكون ناجمة عن استنشاق الصيغة الجسيمية أكثر من عن البخار (رغم أنه قد لا يكون هذا الافتراض حتميا لليود). وبالمثل، فإن الاندخالات عن طريق البلع تؤدي، كذلك، إلى نفس نمط الاحتجاز والإخراج[8-9] ، وإلى نفس الجرعة الفعالة الملازمة المحسوبة من بيانات الرصد.

11-7 إذا لم يكن نمط الاندخال معروفا، ولم تكن فترة الرصد منسجمة مع الإرشادات الواردة في الفصل 3، ينبغي افتراض أن اندخالا حادا قد حدث عند منتصف فترة المراقبة، بشرط أن تكون الاندخالات غير شائعة. بهذا الافتراض، يمكن تبيان أنه بناءا على النموذج الحركي الحيوي فإن 7.4% من المادة المشعة المستنشقة على شكل جسيمات (النوع F ، بقطر نشاط حركي هوائي (AMAD)افتراضي يساوي 5 ميكرومتر، تحتجز في الغدة الدرقية بعد 7 أيام [8]. وهكذا فإن m(7) =0.074 ، وتبين نتيجة رصد المثال من الفقرة السابقة حدوث اندخال قدرة 41 كيلوبكرل. وتطبيق معاملات الجرعة الواردة في معايير الأمان الأساسية [2] وفي جدول أ-1 يعطي جرعة فعالة قدرها 450 ميكروسيفرت من مثل هذا الاندخال. وقد تتطلب مثل هذه الجرعة متابعة التقصي (انظر الفصل 3).

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

القياسات غير المباشرة

البول

7-12 بعد مرور يوم واحد من القياس المباشر للغدة الدرقية، يقدم العامل في المثال، عينة بول مأخوذة لمدة 24 ساعة، حيث يتبين أنها تحتوي على 30 بكرل من اليود 131. ومن النموذج الحركي الحيوي للجسيمات من النوع F، يكون m(8) للإخراج البولي هو 1.1×10^{-4} [9]. وعلى هذا الأساس فإن اندخالا قدره 270 كيلوبكرل وجرعة فعالة ملازمة قدرها 3 مللي سيفرت (لرذاذ قطر النشاط الحركي الهوائي له 5 ميكرون) يمكن حسابهما. وفي هذا المثال، لم تؤخذ في الحسبان أية اندخالات مسبقة.

قياسات هواء مكان العمل

7-13 في المثال، أظهرت مراجعة قياسات هواء مكان العمل خلال فترة الرصد في المرافق حيثما يكون التعرض قد حدث، أن تراكيز اليود 131 كانت منخفضة بشكل عام ولكنها متغيرة. فقد سجلت تركيزات قصوى بين 10 و 20 كيلوبكرل/متر مكعب (من 12 إلى 25 ضعفا لقيمة تركيز الهواء المشتقDAC، انظر الجدول أ-2) لفترات قصيرة ولعدة مرات خلال الفترة، وفي عدة مواضع. ولمعدل التنفس الذي يبلغ 1,2 متر مكعب/ساعة يمكن للعامل أن يحصل على اندخال قدرة 24 كيلوبكرل، عندما يعمل لمدة ساعة دون وجود وسائل وقاية للتنفس إذا كان التركيز 20 كيلوبكرل/$م^3$. وحيثما يجب على العامل أن يفعل ذلك أو يجب عليه أن يعمل فترة زمنية أطول بوقاية تنفسية محدودة، فإن الاندخال المحسوب من رصد الهواء يكون منسجما، في حدود الدقة المنجزة، عادة بمثل هذه الطرائق، مع تلك المحسوبة من قياسات الفحص الحيوي.

تقويم الجرعة

7-14 إن التفاوت الكبير بين تقديرات الاندخال المحسوب على أساس القياس المباشر للغدة الدرقية وبين قياس المادة المشعة المخرجة في البول يؤدي إلى الاقتراح بأن أحد القيم الافتراضية،على الأقل، المستخدمة لاستنشاق تلك التقديرات غير صحيح. ورغم وجود فروق فردية هامة في أخذ اليود وفي العمليات الأيضية له، فإن هذه الفروق لا يمكن، بشكل عام، أن تبرر التفاوت بمعامل يساوي حوالي عشرة. ومن ناحية أخرى، فان معدل إخراج اليود 131 في البول يتناقص بشكل ملحوظ مع الزمن بعد الاندخال، وبمعامل يزيد على 1000 خلال فترة الرصد، لذلك فإن الافتراض المتعلق بزمن الاندخال هو المصدر المحتمل للخطأ. وبفرض أن الاندخال قد حدث قبل ثلاثة أيام من تسليم عينة البول (أي يومان قبل نهاية فترة الرصد)، بدلا من منتصف فترة الرصد (ثمانية أيام قبل أخذ العينة)، يكون الاندخال المقدر من قياس البول هو 21 كيلوبكرل، ويكون الاندخال المقدر من قياس الغدة الدرقية هو 25 كيلو بكرل، وهو توافق مقبول.

7-15 وفقا للنموذج الحركي الحيوي، فإن الجزء المستنشق من اليود 131 والمحتجز في الغدة الدرقية يتغير، فقط، بعامل يبلغ ثلاثة تقريبا، خلال كامل فترة الرصد. وفي غياب شواهد أفضل من مراجعة المصادر الممكنة للتعرض في مكان العمل، فإن هذا الافتراض المحسن يوفر أساسا أكثر عولا لتقويم الجرعة. عندئذ تكون الجرعة الفعالة الملازمة، لهذا المثال، هي 270 ميكروسيفرت. وينبغي استخدام عينة بول ثانية يتم الحصول عليها بعد بضعة أيام للتحقق من هذا الاستنتاج.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

7-16 إن الجرعة الفعالة الملازمة المحسوبة من نتائج الرصد المباشر للغدة الدرقية هي، نسبيا، غير حساسة للفرضيات المتعلقة بوقت الاندخال. ويرجع ذلك للتغير السريع في الإخراج البولي مع الزمن منذ التعرض، حيث يوفر القياس المباشر أساسا أكثر عولا لتفسير قياسات الرصد الروتيني لليود المشع، بالرغم أن فرز البول قد يبقى ملائما لكشف الاندخالات الهامة.

7-17 إن قياس تراكيز في الهواء تزيد جوهريا عن التركيز المشتق للهواء DAC يستدعي الرصد الفردي للعاملين الموجودين في مكان العمل. ومع ذلك، فإن تقديرات الاندخال المبنية على أساس رصد اليود 131 في الهواء هي أقل عولا بكثير من تلك المبنية على أساس القياسات الفردية، نظرا لاعتمادها المباشر على فترة التعرض، ومعدلات التنفس ومستويات الوقاية وعلى عوامل أخرى معروفة بشكل تقريبي فقط.

اللايقينيات في تقويمات الجرعة

7-18 إن النماذج التي طورتها اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية لوصف سلوك النويدات المشعة في الجسم، لتقويم الاندخالات، توفر أحدث الطرائق المتاحة لتقويم الجرعة. ومع ذلك، هناك عدد من اللايقينيات التي ينبغي أن تؤخذ في الحسبان عند تفسير بيانات الرصد.

7-19 تعول الطرائق المباشرة على نتائج الرصد إما للجسم ككل أو لجزء منه. وتعتمد دقة أي قياس، مبدئيا، على مستوى النشاط الإشعاعي، وكذلك على دقة معايرة معدات الرصد. ويمكن حساب حدود الكشف لأية نويدة مشعة معينة من معرفة حساسية المعدات ومن عد الخلفية في المنطقة المعنية.

7-20 بالنسبة للطرائق غير المباشرة تعتمد دقة القياسات لمستويات النشاط في العينات المادية أو البيولوجية على اعتبارات مشابهة. ومع ذلك، فإنه من الممكن، عموما، تعيين الوضع الهندسي للعد بدقة، كما يمكن إطالة أزمنة العد عندما يلزم للحصول على إحصائيات عد مقبولة لجميع العينات باستثناء العينات ذات النشاط شديد الانخفاض (أو تلك ذات أعمار النصف القصيرة جدا).

7-21 من تقويم النشاط الإشعاعي في كامل الجسم أو في عينات أنسجة أو إخراج، فإن النماذج المستخدمة لوصف سلوك النويدات المشعة في الجسم تستخدم عندئذ لتقويم الاندخال والجرعة. لذلك فإن موثوقية تقديرات الجرعة تعتمد على دقة النماذج، وعلى الحدود والقيود الموضوعة لتطبيقاتها في ظروف خاصة. وهذا يعتمد على عدة عوامل، خاصة، معرفة وقت الاندخال (الاندخالات) وعلى ما إذا كان الاندخال حادا أو مزمنا وهي أمور أساسية لتقدير موثوق للجرعة.

7-22 عندما لا تمكن فترة جمع العينة من تقدير عمر النصف البيولوجي للنويدة المشعة المعنية، فإن افتراض فترة طويلة للاحتجاز في الجسم لغرض تقويم الجرعة يمكن أن يؤدي إلى تقدير أقل للاندخال، وبالتالي، للجرعة الفعالة الملازمة. إن درجة التقدير الأعلى أو الأقل للجرعة تعتمد على النمط العام للاحتجاز في الجسم.

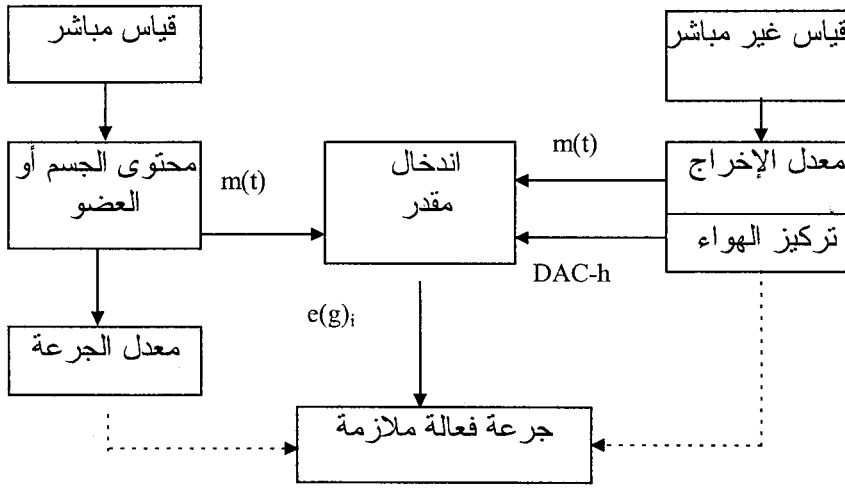
7-23 يعتمد سلوك النويدات المشعة التي تدخل الجسم بالابتلاع أو الاستنشاق على خصائصها الفيزيوكيميائية. وبالنسبة للنويدات المستنشقة، يكون حجم الجسيم هاما خاصة في التأثير على الترسب في النظام التنفسي، بينما في حالة الابتلاع، فإن عامل الامتصاص في القناة الهضمية f_1 يمكن أن يؤثر بشكل رئيس على الجرعة الفعالة. وبالنسبة للرصد الروتيني، وعندما يكون التعرض

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ضمن الحدود على الاندخال، فإن البارامترات الافتراضية الموصى بها في معايير الأمان الأساسية [2] كافية لتقويم الاندخالات. وبالنسبة للتعرضات التي تقترب من تلك الحدود أو تفوقها، فإنه قد تلزم معلومات أكثر نوعية عن الصيغ الفيزيائية والكيميائية للاندخال، وعن الخواص الفردية وذلك لتحسين دقة التنبؤات للنموذج.

معاملات الجرعة والتركيز المشتق للهواء

7-24 يعطي التذييل معاملات الجرعة $e(g)_j$ من معايير الأمان الأساسية [2] وتراكيز الهواء المشتقة (DACs) لنويدات مشعة مختارة التي غالبا ما تكون ذات اهتمام في مكان العمل. لقد حسبت تراكيز الهواء المشتقة DACs على أساس حد للجرعة الفعالة مقداره 20 مللي سيفرت في السنة، وزمن عمل يبلغ 2000 ساعة في السنة، ومعدل تنفس معياري مقداره 1,2 متر مكعب/ساعة، وهي معطاة لجسيمات ذات أقطار نشاط حركي هوائي (AMAD) قيمها 1 ، 5 ميكرومتر.



شكل 6: مخطط عام لتفسير نتائج قياسات الرصد
(البديل الممكن مبين بالخط المتقطع)

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

8- حفظ سجلات الجرعة ورفع التقارير

عـــام

8-1 حفظ سجلات الجرعة يعني عمل سجلات للجرعات الفردية للعاملين بالإشعاع والاحتفاظ بها. وحفظ السجلات جزء أساسي لعمليات رصد تعرضات الأفراد للإشعاع ويدعم الأهداف الشاملة (فصل 3). ويعطي دليل الأمان [3] الإرشادات العامة حول حفظ السجلات وتبليغ تقارير الجرعات. وترد فيما يلي معلومات إضافية تتعلق بالجرعات الناجمة عن النويدات المشعة المتضمنة.

8-2 ينبغي أن توفر السجلات الدعم لصنع القرار، وتبين وتيسر الامتثال للتنظيمات وأن توفر إمكانية إعادة تشكيل النتائج عند أي زمن لاحق، وتيسر التنسيق مع أية سجلات مطلوبة أخرى، كتلك الخاصة بالرصد الخارجي ورصد المنطقة. لذلك ينبغي أن تكون سهلة الاسترجاع ومحمية ضد الفقد. ويمكن الحصول على مثل تلك الحماية، عادة، عن طريق الاحتفاظ بأكثر من نسخة من نفس السجل في مواضع منفصلة تماما، بحيث لا يمكن تلف كلتا النسختين في حادثة واحدة. وينبغي تعزيز السجلات لكل فرد خاضع للرصد، بحيث تحدد هوية المكان والغرض والتاريخ والمؤسس، كما ينبغي أن تكون واضحة وسهلة القراءة ومفهومة للشخص المؤهل، وأن تكون كاملة ودقيقة. وقد تكون هناك حاجة لتوجيه العناية لأية متطلبات وطنية أو اتفاقيات دولية تتعلق بخصوصية سجلات البيانات الفردية.

حفظ سجلات الرصد الفردي

8-3 إن الغرض من حفظ السجلات، وطبيعتها ومجالها ومدى نظم حفظها، تعتمد على المتطلبات الوطنية. وينبغي أن تتضمن السجلات نتائج الرصد الفردي لكل من الإشعاع الخارجي واندخالات المواد المشعة.

8-4 إن السجلات النمطية المنشأة في برنامج رصد للتعرض الداخلي تتضمن كلا من البيانات ذات الصلة بالموضوع مباشرة وكذلك الوثائق الداعمة. وينبغي أن تكفل السجلات إمكانية تتبع القياسات وتقويم الجرعة . وتتضمن المعلومات ذات الصلة المباشرة بالموضوع بيانات العينة، مثل تاريخ ووقت التجميع وشواهد "سلسلة الحجز" والبيانات الخام من أجهزة القياس، مثل معدلات العد ضمن شرائح محددة للطاقة، وقياسات الخلفية وبيانات المصادر المعيارية والمعايرة للعدادات، والنتائج المحسوبة مثل محتوى النشاط في الجسم أو معدلات الإخراج اليومية وتحاليلها الإحصائية، والتقديرات المحسوبة للاندخال، والنماذج الحركية الحيوية التي اشتقت منها، والجرعات الفعالة الملازمة المقدرة، ومعاملات تحويل الجرعة المستخدمة. وتتضمن الوثائق الداعمة نهج العمل وممارساته، وسجلات التدريب، ونهج توكيد الجودة، وبيانات اختبار الجودة مثل نزعة الخلفية، وتقديرات النشاط الأدنى القابل للكشف، ونتائج تحاليل العينات، ونهج معايرة الأجهزة وسجلاتها، وإمكانية تتبع اثر المصادر المعيارية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

حفظ سجلات رصد أماكن العمل

8-5 بالنسبة لحفظ سجلات رصد المناطق، مثل سجلات المسح لعينات الهواء والتلوث السطحي، فإن المتطلبات مشابهة لمتطلبات سجلات الرصد الفردي. ورغم أنه قد يحتفظ بمثل تلك السجلات لأغراض الوقاية الإشعاعية المتعلقة بالتشغيل، فإن هذه المناقشة مقصورة على استخدامها لتقويم التعرض الداخلي. فإذا تأسس تقويم التعرض الداخلي على عينة الهواء، عندئذ، ينبغي الاحتفاظ بجميع البيانات المتعلقة بالعينة والأجهزة التي استخدمت لجمعها، تماما مثلما تحفظ بيانات القياسات المباشرة أو تحليل الإخراج. وحتى إذا لم تستخدم بيانات رصد المنطقة لتقويم التعرض الداخلي، فينبغي الاحتفاظ بها للتحقق في المستقبل من ظروف مكان العمل.

8-6 ينبغي الاحتفاظ بالسجلات التي توثق تصنيف وتخصيص المناطق المراقبة والخاضعة للإشراف. كما ينبغي الاحتفاظ، كذلك بسجلات المسح الإشعاعي متضمنة التاريخ والوقت والموقع ومستويات الإشعاع المقيسة، مع أية تعليقات خاصة بالقياسات المنفذة. وينبغي أن تحدد السجلات هوية الجهاز (الأجهزة) المستخدمة، والشخص القائم بالمسح.

رفع تقارير المعلومات للإدارة

8-7 إن النهج والمعايير المطلوب استخدامها عند تسجيل وتبليغ تقارير نتائج الرصد الفردي ورصد مكان العمل ينبغي أن تحدد بوضوح من قبل الإدارة أو السلطة الرقابية وينبغي أن تكون المعلومات المتضمنة في التقرير محددة بوضوح ومفهومة. وعادة ما تبلغ النتائج النهائية فقط.

8-8 في أوضاع الحوادث أو بالنسبة للاندخال الكامن الذي قد يكون قريبا من حد تنظيمي أو أعلى منه، ينبغي التزويد بنتائج مؤقتة، بحيث يمكن البدء بأعمال إدارية ملائمة ولممارسة أعمال استجابة أخرى. وينبغي أن تتضمن النتائج على نتيجة القياس، وقيمة الاندخال، مبنية على نموذج حركي حيوي ملائم، والجرعة الفعالة الملازمة على أساس معامل الجرعة المناظر $e(g)_j$. وقد يتم عمل توصيات، كلما تلاءم ذلك، لمتابعة الرصد وللقيود على مكان العمل. وينبغي أن يكون مصدر المعلومات المبلغة محددا بوضوح، وكذلك نقطة الاتصال بالنسبة لأية معلومات إضافية. وأخيرا، ينبغي دائما تبليغ اللايقين في القيم المقيسة والمحسوبة، وأن يرفق ذلك ببيان يبين مصادر التغيرات التي أخذت في الحسبان وتحديد مقدارها، وامتدادها في اللايقين المذكور.

9- توكيد الجودة

مقدمة

9-1 إن الفعالية المستمرة لأي برنامج للوقاية الإشعاعية تعول على أولئك المسؤولين عن تطبيق مكوناته المتعددة، بما فيها تبني برنامج فعال لتوكيد الجودة. والمتطلبات العامة لتوكيد الجودة المتعلقة بالتعرض المهني واردة في معايير الأمان الأساسية [2] كما ترد الإرشادات العامة في دليل الأمان ذي الصلة بالموضوع [3]. ويتناول الفصل التالي، على وجه الخصوص، القضايا المتعلقة بتقويم التعرض الناجم عن اندخالات النويدات المشعة.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

التطبيق والإدارة

2-9 إن طبيعة برنامج توكيد الجودة وامتداده ينبغي أن تتسق مع عدد العاملين الخاضعين للرصد ومع مقدار واحتمال التعرضات المتوقعة في أماكن العمل المراد تغطيتها ببرنامج الرصد.

3-9 إن جميع الأشخاص المتضمنين في برنامج تقويم التعرض الداخلي مسؤولون عن جودته، وبالتالي عن تطبيق برنامج توكيد الجودة له ونهج مراقبة الجودة. وينبغي أن تفوض المسؤولية بالنسبة لجودة تشغيل معين إلى الشخص الذي ينفذ التشغيل فعليا. وينبغي أن يكون مثل هؤلاء الأشخاص مشتركين بفعالية في تطوير نهج مراقبة الجودة، ومدربين على طرائق الكشف عن عدم الامتثال. وينبغي أن تحفز الإدارة الأعضاء على الكشف عن عدم الامتثال والتبليغ عنه وتصحيحه. إن توكيد الجودة الموجود المبني ضمن برنامج من الأسفل إلى أعلى يكون أكثر فعالية من برنامج توكيد الجودة المفروض من القمة لأسفل. ولكي يكون برنامج توكيد الجودة فعالا، يجب أن يكون جميع الأشخاص واثقين من أن الإدارة تتوقع وتشجع الأداء الذي يستوفي أهدافها.

4-9 ينبغي أن يخصص المختبر التحليلي أو مرفق القياس المباشر ممثلا لتوكيد الجودة. وينبغي على هذا الممثل رصد نهج توكيد الجودة وتنفيذ التدقيق الداخلي للبرنامج، وأن يكون مسؤولا عن تدريب جميع الأشخاص في توكيد الجودة، في كل من البنود العامة وفي الجوانب النوعية الخاصة بعملهم الفردي.

5-9 إن معايير توكيد الجودة بالنسبة للطرائق المباشرة لتقويم التعرضات الداخلية موجودة في المرجع .[7] وقد تتطلب الأنظمة الوطنية أن تكون المرافق المعنية بالقياس وتقويم الجرعة الداخلية معتمدة. ولبرامج الاعتماد هذه مواصفات بالنسبة لتوكيد ومراقبة الجودة المراد تطبيقها.

التوثيق

6-9 ينبغي أن يوثق برنامج توكيد الجودة المتعلق بتقويم التعرض الداخلي بشكل كامل. وينبغي إعداد خطة لتوكيد الجودة تتضمن تعليمات عامة لتطبيق البرنامج والخطوات المختلفة في تشغيله. وينبغي أن تصف النهج المكتوبة كل مهمة، وأن تعين معايير توكيد الجودة. فعلى سبيل المثال، ينبغي أن يشمل نهج التحليل الكيميائي الإشعاعي حدودا مقبولة للمردود الكيميائي. وينبغي أن توثق مراقبة الجودة استخدام مخططات المراقبة والطرائق الأخرى لتتبع خلفيات الأجهزة وكفاءاتها ومعايير الأداء الأخرى لها، وينبغي أن تتضمن تعليمات خاصة برفع التقارير وتصحيح الانحرافات، وكذلك أن تأخذ في الحسبان التغيرات في التشغيل. وينبغي ، كذلك إعداد النهج الخاصة بالتوثيق وتبليغ النتائج، وكذلك بالنسبة لنهج إعداد السجلات وصيانتها وأرشفتها. وينبغي أن يوفر التوثيق معلومات كافية للمدقق، لتتبع التشغيل من البداية للنهاية ولتقويم صلاحيته. وبعد اعتماد النهج المكتوبة فإن أي خروج عنها أو تعديل فيها ينبغي أن يخضع للتصديق والتوثيق.

تدريب الكوادر

7-9 إن التدريب الكافي لكوادر خدمة قياس الجرعة هو ضروري للضمان أنهم قادرون على تنفيذ أعمالهم بموثوقية. وينبغي أن يتضمن مثل هذا التدريب:

(أ) مسئوليتهم الخاصة ضمن نظام الجودة

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

(ب) الفلسفة الأساسية والاستراتيجية لتقويم الجرعة الداخلية
(ج) مبادئ وتفصيلات الطرائق والنهج المستخدمة، وقيودها
(د) التفصيلات التقنية والمشاكل الكامنة للعمليات التي يشاركون فيها
(هـ) علاقة عملهم بالأجزاء الأخرى للبرنامج
(و) إرشادات عن التعرف على المشاكل التي تظهر والتبليغ عنها
(ز) معرفة نظام الجودة الشامل وأهدافه.

مرافق المختبرات

9-8 من الصعب الوصول إلى نتائج ذات جودة عالية في بيئة دون المعيارية. وينبغي توفر مختبر كافي وحيز مكتبي مناسب لاستيعاب المعدات الضرورية والأشخاص. وينبغي أن تكون المعدات على درجة عالية من العول، ومستقرة وملائمة للمهام المخصصة لها، وينبغي أن تتوفر النهج لمنع تلوث معدات القياس بالنويدات المشعة. وينبغي تأسيس برنامج صيانة وقائي للتقليل من فرصة فشل المعدات في لحظة حرجة، مثل حالة الطوارئ. وينبغي فصل الأنشطة غير المرتبطة مباشرة بتنفيذ عمليات خدمة قياس الجرعة لتجنب التداخلات غير الضرورية. كما ينبغي أن يؤخذ في الحسبان الأمان العام لظروف العمل .

9-9 إن التهوية ودواليب الغازات وطاولات المختبرات ضرورية لأعمال الكيمياء الإشعاعية. وينبغي توفر مرافق مدرعة لكواشف الإشعاع، بما فيها تلك المستخدمة في مرافق التقويم المباشر. والسيطرة على طرق الاقتراب لجميع المرافق هو أمر ضروري، لحماية المعدات الحساسة وللمحافظة على السرية الملائمة للسجلات معا. وينبغي أن يكون لأرضية المختبر غطاء ممتد (فينيل مثلا) لتيسير التنظيف وإزالة التلوث.

9-10 ينبغي أن تكون مراقبة مكان العمل كافية لضمان أن أية معدة غير معرضة لظروف قد تؤثر على أدائها. والعوامل التي ينبغي مراقبتها تتضمن درجة الحرارة، والرطوبة، ومستويات الضوء، والغبار والأبخرة الكيميائية النشطة.

9-11 هناك حاجة إلى منبع قدرة مستقر وذلك للإبقاء على جهد (فولطية) وتردد التيار المتناوب ضمن المواصفات للأجهزة المستخدمة. وينبغي خفض المجالات الكهربائية والمغناطيسية الشاردة للحد الأدنى لتجنب التأثير على المعدات.

9-12 ينبغي توفير غرف لتغيير الملابس ومرشات للاستحمام (أدشاش) في المرافق المستخدمة لأغراض القياسات المباشرة.

تقويم الأداء

9-13 ينبغي تأسيس نظام لتأمين مؤشر جودة لأداء جميع خدمات قياسات الجرعة الداخلية. وأحد مثل هذه الأنظمة هو البرنامج الروتيني لاختبار المعدات والنهج. وينبغي توثيق جميع نتائج الاختبار مع أية تعديلات ناتجة عن النهج.

9-14 كجزء من برنامجه لتوكيد الجودة، قد يؤسس مرفق القياس معايير أداء تطبق على تحليل العينات الموسومة، أي العينات التي يكون محتوى النويدة المشعة فيها معلوما مسبقا. وينبغي تعيين

معايير الأداء ضمن حدود محددة جيدا على مدى قبول نتائج القياس كدوال من محتوى النويدة المشعة في العينة بدلالة الحد الأدنى للنشاط الإشعاعي المكتشف (MDA)للطريقة. فعلى سبيل المثال، قد تكون النتيجة المقبولة لتحليل البلوتونيوم 239 في البراز قيمة مقيسة ضمن المدى من 0.75 إلى 1.5 ضعف القيمة الحقيقية، عندما تكون القيمة الحقيقية، على الأقل، خمسة أضعاف الحد الأدنى للطريقة. وبالمثل، فإن النتيجة المقبولة بالنسبة للقياس المباشر للأمريشيوم 241 في الرئتين لدمية قد تكون قيمة مقيسة ضمن المدى من 0.75 إلى 1.5 ضعف القيمة الحقيقية، عندما تكون القيمة عشرة أضعاف الحد الأدنى للكشف للطريقة [44] .

9-15 ينبغي، كذلك، وضع معايير أداء لدقة القياسات المتكررة، مثلا بتغيير لا يزيد على 30 % في القياسات المتتالية لنفس العينة، إذا كان المحتوى الحقيقي هو خمسة أضعاف الحد الأدنى للكشف للطريقة. فإذا كان النشاط منخفضاً إلى حد تكون فيه الأخطاء الإحصائية العشوائية هي الغالبة، عندها لا يمكن أن تكون معايير الأداء أكثر تقييدا مما تسمح به التراوحات الإحصائية.

9-16 إن تحليل العينات بقصد تقويم الأداء ينبغي تنفيذها، على الأقل، بطريقة عمياء منفردة، أي يجب على المحلل أن لا يعرف القيمة الحقيقية مسبقا، رغم أن عينة التقويم قد تكون موصفة على أنها بقصد تقويم الأداء. وفي التقويم الأعمى المزدوج، لا يبلغ المحلل سوى أن العينة هي أي شيء بخلاف العينة الروتينية. ورغم أن التقويم الأعمى المزدوج قد يعطي صورة أقرب للحقيقة عن قدرة المختبر، إلا أن مثل هذه التقويمات صعبة التنفيذ منطقيا.

9-17 تنبغي أن تشارك المختبرات التي تنفذ القياسات المباشرة أو غير المباشرة لقياسات الجرعة الداخلية في تمارين مقارنة متبادلة وطنية ودولية. وبرامج المقارنة المتبادلة الوطنية للقياسات المباشرة في العديد من الدول، وكذلك يوجد تنسيق في المقارنة المتبادلة الدولية[45-49]. وبطريقة مماثلة، يوجد تنسيق في المقارنات المتبادلة الوطنية والدولية للقياس غير المباشر، مثلا عن طريق لجنة الطاقة الذرية الفرنسية [50] (CEA). فضلا عن ذلك، ينبغي أن تنفذ تدقيقات أو مراجعات دورية، للتحقق من الالتزام ببرنامج توكيد الجودة وفعالية برنامج قياسات الجرعة الداخلية. وترد الإرشادات لتنفيذ التدقيقات والمراجعات في دليل الأمان [3] ذو الصلة بالموضوع.

إبرام عقود خدمة الرصد

9-18 قد يكون من الضروري للعديد من المشغلين (المسجلين والمرخصين) أن يحصلوا على خدمات قياس الجرعة ضمن عقد من موردين تجاريين. وهذا الأمر حقيقي، خاصة للمشغلين ذوي قوى العمل الصغيرة، مثل المختبرات الجامعية والمستشفيات الصغيرة، والذين قد تكون لهم معرفة أو خبرة محدودة في الوقاية الإشعاعية وفي قياسات الجرعة الداخلية. ورغم ذلك، فإنه عند إبرام عقد للحصول على خدمات تجارية لقياس الجرعة، فإنه ينبغي أن يضمنوا وجود اتصال وتفاهم كافيين لدى الموردين لضمان برنامج فعال لقياس الجرعة. وينبغي أن تؤخذ البنود التالية في الحسبان:

(أ) المتطلبات الرقابية
(ب) أنواع الطرائق المباشرة وغير المباشرة لتقويم الجرعة، وحدودها
(ج) سجلات الجودة، أو المراجع والشهادات بالنسبة للمعدات والخدمات
(د) اختيار فترات الرصد
(هـ) طرائق جمع عينات الفحص الحيوي أو الإعداد لرصد الجسم

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

(و) حفظ سجلات الجرعة وتبليغ النتائج، ومدخلات الجرعة للعميل، وسهولة المنال والسرية
(ز) تفسير النتائج (الكميات، وحدود الجرعة، والخلفية الطبيعية، والجرعة الصافية، والحد الأدنى والأعلى للكشف لنظام قياس الجرعة، الخ،)
(ح) نهج تقديم الطلب، وتغيير وإلغاء خدمات الرصد
(ط) المعلومات المطلوبة من المشغل
(ي) التكلفة
(ك) مقدار الزمن المسموح به لتفعيل الطلب (أو إلغائه(
(ل) معلومات عن الخدمات الروتينية و/أو الخاصة التي يقدمها المنفذ التجاري للخدمة، مثل التبليغ الفوري بالهاتف أو الفاكس في حالة الجرعات العالية غير العادية وفي حالة الطوارئ، والمشورة حول المسائل التقنية والعلمية والقانونية.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ملحق 1
المعايير المقترحة للرصد الفردي

1-1 تتطلب معايير الأمان الأساسية [2، فقرة I.33] أنه " بالنسبة لأي عامل يعمل عادة في منطقة مراقبة أو يعمل أحيانا في منطقة مراقبة وقد يتلقى تعرضا مهينا هاما، فإنه يجب إجراء رصد فردي، حيثما يكون ذلك ملائما وكافيا وممكنا."

2-1 ينبغي أن يؤخذ في الحسبان العديد من العوامل عند تحديد ملاءمة الرصد الفردي. ويتضمن ذلك، ولكن ليس محدودا به، كمية المادة المشعة الموجودة، والسمية الإشعاعية للمادة، وطبيعة التشغيل الخاضع للتنفيذ والاحتواء المستخدم. وقد يستعان بنصيحة خبير مؤهل للمساعدة في اتخاذ القرارات حول الرصد.

3-1 عند تقويم فيما إذا كان الرصد الفردي مطلوب، على أساس احتمال جرعة فعالة ملازمة مقدارها 1 ملليسيفرت أو أكثر في السنة، فإنه يلزم أن يؤخذ في الحسبان عدد من العوامل بما فيها التالي:

(أ) عامل أمان الصيغة الفيزيائية f_{fs} القائم على أساس الخواص الكيميائية والفيزيائية للمادة المتداولة. وفي غالبية الحالات، ينبغي اعتبار قيمة f_{fs} مساوية 0.01 . إلا أنه، في بعض الحالات، حيثما يمكن تبريرها، قد تستخدم القيمة 0.001

(ب) عامل الأمان للتداول f_{hs} ، القائم على أساس خبرة التشغيل المنفذ وعلى شكل المادة

(ج) عامل الأمان الوقائي fps ، المبني على أساس استخدام معدات وقائية مخبرية دائمة (مثل صندوق القفازات، ودولاب الغازات).

4-1 رغم أن التدابير الوقائية الشخصية (مثل استخدام قناع الوجه) توفر عنصرا إضافيا للأمان، إلا أنها لا ينبغي أن تؤخذ في الحسبان في القرارات حول الحاجة للرصد الفردي. فإذا استخدمت التدابير الوقائية الشخصية، ينبغي إجراء رصد فردي لتأكيد فعاليتها.

جدول4: عوامل أمان التداول

العملية	عامل أمان التداول f_{hs}
التخزين (تخزين محاليل)	0.01
تشغيل رطب بسيط جدا	0.1
تشغيل كيميائي عادي	1
تشغيل رطب معقد مع مخاطر انتشار	10
تشغيل جاف بسيط	10
تداول مركبات متطايرة	100
تشغيل جاف ومغبر	100

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

جدول 5 عوامل أمان الوقاية

تدبير الوقاية	عامل أمان الوقاية f_{ps}
تشغيل على طاولة مكشوفة	1
دولاب غازات	0.1
صندوق قفازات	0.01

5-1 إن القيم المقترحة لكل من f_{hs} و f_{ps} للتطبيقات العامة واردة في الجدولين 4، 5 على الترتيب[51] ، ولكن ينبغي توجيه عناية خاصة للظروف المؤثرة على الحالات الفردية. إن صورة المادة المستخدمة (مثل السوائل المتطايرة، والمساحيق) قد تؤخذ أحيانا في الحسبان، بصورة مباشرة (أي من خلال f_{fs} وغير مباشرة، من خلال الكفاءة النسبية للتدابير الوقائية المتخذة (أي من خلال f_{hs} و/أو f_{ps}) .ويوضح ما يلي كيف يمكن تطبيق العوامل المذكورة أعلاه لتحديد فيما إذا كان الرصد مطلوبا .

6-1 يمكن تعريف عامل القرار، d_j لنويدة مشعة معينة لممارسة معينة كما يلي:

$$dj = \frac{A_j e(g)_{j,inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}}{0.001}$$

حيث Aj هو النشاط التراكمي للنويدة المشعة jالموجودة في مكان العمل خلال عام، $e(g)_{j,in}$ هو معامل الجرعة (سيفرت/بكرل) لاستنشاق النويدة المشعة j (من جدول III-II من معايير الأمان الأساسية [2]، مع قطر نشاط حركي هوائي (AMAD) يؤخذ عادة على أنه 5 ميكرون لمكان العمل)، 0.001 هو عامل التحويل من سيفرت إلى مللي سيفرت. فإذا كان للمقدار f_{fs} قيمة افتراضية تبلغ 0.01، فيمكن عندئذ تبسيط المعادلة أعلاه إلى:

$$d_j = 10 A_j e(g)_{j,inh} f_{hs} f_{ps}$$

يعطى عامل القرار D لجميع النويدات المشعة في مكان العمل بالعلاقة:

$$D = \sum_j d_j$$

عندئذ، إذا كان D يساوي 1 أو أكثر، فإن الحاجة للرصد الفردي تكون محققة، وإذا كان D اقل من 1، عندئذ قد يكون الرصد الفردي غير ضروري.

7-1 في حالة تداول نويدة مشعة أحادية على طاولة مختبر مكشوفة ($f_{hs}=1$) مع تشغيل كيميائي عادي ($f_{ps}=1$) ومع قيم افتراضية للمقدار f_{fs} تساوي 0.01، فإن النشاط اللازم لإعطاء قيمة dj = 1 سيكون 5 أضعاف الحد الملائم للاندخال (فصل 2).

8-1 في حالة وجود أكثر من نويدة مشعة واحدة في مكان العمل، فإن القرار حول إجراء رصد فردي للنويدات المشعة المنفصلة يمكن أن يكون مبنيا على المعايير التالية:

(أ) يجب رصد جميع النويدات المشعة حيثما يكون $d_j = 1$

(ب) عندما يكون $D = 1$ يجب رصد جميع النويدات المشعة التي يتحقق لها $d_j = 0.3$.

(ج) رصد النويدات المشعة التي يكون d_j لها أقل من 0.1 غير ضروري.

9-1 لنأخذ كمثال مكان عمل يتم فيه تداول البلوتونيوم 239 كأكسيد غير قابل للذوبان خلال التشغيلات الكيميائية العادية في دولاب غازات. وتؤخذ القيمة الافتراضية للقطر الحركي الحراري في مكان العمل مساوية 5 ميكرون. وتؤخذ القيم f_{fs} و f_{hs} و f_{ps} على أنها مساوية 0.01 و 1.0 و 0.1 على الترتيب. عندئذ تصبح المعادلة، أعلاه:

$$d_{pu239} = 10A_{pu239} \times 8.3\times10^{-6} \times 1\times 0.1$$
$$= 8.3 \times 10^{-6} A_{pu\ 239}$$

من هنا نجد أن الرصد يكون مطلوبا إذا كان Ap_{u239} ، وهو نشاط البلوتونيوم 239، أكبر من:

$$\frac{1}{8.3\times10^{-6}} = 1.2\times10^{5}\,\mathrm{Bq}$$

وفي الحالات الأخرى يكون الرصد الفردي غير مطلوب.

10-1 إذا تم كذلك تداول السيزيوم 137 في نفس مكان العمل فإن عامل القرار للبلوتونيوم 239 $\left(d_{pu239}\right)$ يبقى كما هو من قبل، أما عامل القرار للسيزيوم 137 فيعطى بالعلاقة:

$$d_{Cs137} = 6.7\times10^{-9} A_{Cs137}$$

حيث A_{cs137} هو النشاط الإشعاعي للسيزيوم 137 الموجود في مكان العمل، فإذا كان:

$$D = 8.3\times10^{-6} A_{Pu239} + 6.7\times10^{-9} A_{Cs137} \geq 1$$

فإن الرصد الفردي ينبغي أن ينفذ لأية نويدة يكون لها $d_j = 0.3$ ، أي للبلوتونيوم 239 إذا كان A_{Pu239} أكبر من 36 كيلوبكرل، وللسيزيوم إذا كان A_{Cs137} أكبر من 45 ميغابكرل. وإذا كان D=1، عندئذ يكون الرصد الفردي ضروريا للبلوتونيوم 239 إذا كان A_{Pu239} أقل كثيرا من12 كيلو بكرل وللسيزيوم 137 إذا كان A_{Cs137} أقل كثيرا من 15 ميغا بكرل.

11-1 بالنسبة للتشغيلات التي تستوفي المعايير السابقة، ينبغي أن يخضع العاملون للرصد الفردي، إما كجزء من برنامج الرصد الروتيني إذا كان العمل ينفذ بشكل مستمر، أو كجزء من برنامج رصد متعلق بمهمة، إذا كان التشغيل ينفذ أحيانا. فضلا عن ذلك، فإنه إذا وقع حدث قد يسبب اندخالا لمادة المشعة (مثل تعطل عمل دولاب الغازات أو انكسار الحاوية)، ينبغي إجراء

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

رصد خاص للأشخاص المتضمنين في الحدث، سواءا كانوا جزءا من برنامج الرصد الروتيني أم لم يكونوا.

12-1 بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن توكل لبعض العاملين مهام متعددة في أماكن عمل مختلفة. وينبغي أن يستند القرار حول الحاجة للرصد الفردي للعامل على مراجعة دقيقة لجميع واجبات هذا العامل.

13-1 هناك إرشادات تفصيلية أكثر عن تصنيف مكان العمل ومتطلبات الرصد في المرجع [52].

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ملحق2
حدود الكشف لطرائق القياس

2-1 لجميع طرائق القياس حدود كشف. وتنشأ هذه الحدود عن عدد من العوامل، مثل النشاط الإشعاعي الطبيعي، التراوحات الإحصائية في معدلات العد والعوامل المرتبطة بتحضير وتحليل العينة. وبالتالي، فإن الكشف عن الاندخالات هو محدود، كذلك. إن الجرعة الناتجة عن اندخال أقل من حد الكشف لطريقة القياس ستفقد.

2-2 عند وضع التقارير وتفسير القياسات التحليلية، فإن فهم المبادئ الأساسية لإمكانية الكشف الإحصائي يعد عنصرا هاما. هذا الفهم مطلوب لصنع القرارات المتعلقة بمدي قبول الطرائق المختلفة للقياس المباشر وغير المباشر لتقويم اندخالات النويدات المشعة. ويرد فيما يلي ملخص للمفاهيم، ويمكن الرجوع لتفصيلات أكثر في المراجعات التي أعدها كوري [53] وألتشولر وباسترناك[54] . وهناك تحليل شامل للطرائق الإحصائية الملائمة للتطبيق لكل من الرصد المباشر وغير المباشر في معايير جمعية الفيزياء الصحية رقم13.30 [44].

2-3 إن النشاط الأدنى المميز(MSA) ، الذي غالبا ما يسمى بحد القرار أو المستوى الحرج (L_c)(أو الحد الأدنى للنشاط المميز)، يقابل أصغر إشارة تزيد بطريقة محسوسة على الاستجابة للخلفية بالنسبة لطريقة قياس محددة. وهو يقابل مستوى التراوح العشوائي لاستجابة الخلفية، الذي يتم تجاوزه، فقط، في غياب العينة المشعة مع بعض الاحتمال الضعيف .α وتؤخذ ل ، اصطلاحيا، على أنها 0.05، بحيث يمكن للإشارة الصافية المناظرة للنشاط المترسب عند مستوى النشاط الأدنى، أن تؤخذ للدلالة على وجود عينة مشعة باحتمال قدره 95%. وإذا خضعت التراوحات العشوائية في العد الصافي لتوزع عادي، فإن النشاط الأدنى المميز يناظر 1.65 σ ، حيث، هي الانحراف المعياري للتوزع. "إن التقارير التقويمات التي تقع دون هذا المستوى يمكن بشكل مبرر أن تنص على أن المادة المشعة "لم يتم كشفها" أو على أن النشاط "دون حدود الكشف". إن المادة المشعة الموجودة عند مستوى الحد الأدنى للنشاط قد لا يكون من الممكن كشفها: وفي مثل تلك الحالة، يكون هناك احتمال قدره 50 % بأنه يتم الحصول على إشارة صافية تناظر ترسبا عند النشاط الأدنى أو دونه.

2-4 إن الحد الأدنى للكشف(MDA) ، الذي غالبا ما يسمى بحد الكشف(L_D) ، يناظر مستوى النشاط اللازم لضمان كشف الإشارة الصافية، مع اختيار مستوى ما للثقة β ، وفقا للمعيار بأنها تعدت مستوى النشاط الأدنى المميز .(MCA) إن المعالجة الرياضية تكون مبسطة، كما سيرد الفصل التالي، إذا كان (ββ= α)، ووفقا للاصطلاح السائد يتم تبني 0.05 للاثنين.

تقدير النشاط الأدنى المميز والحد الأدنى للكشف MSA وMDA

2-5 يمكن اشتقاق الصيغ التالية كما في المرجعين [53,54] أو بالمعالجات المماثلة، وربطها بالمقارنات البسيطة لمعدلات العد للعينة والخلفية. وفي ما يلي سوف يؤخذ في الحسبان، فقط، التغيرات المرتبطة بإحصائيات العد. فإذا كان n_b هو معدل العد للخلفية، و t_s و t_b هما على الترتيب، أزمنة العد للعينة ولقياس مرافق للخلفية، Fهو عامل المعايرة (معدل العد لوحدة النشاط في العينة) وبفرض تطبيق مستوى ثقة يبلغ 95%، أي أن :(α = ββ = 0.05) K عندئذ:

$$MSA = \frac{1.56}{F}\sqrt{\frac{n_b}{t_s}\left(1+\frac{t_s}{t_b}\right)} \qquad 56$$

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

وعند قياس العينة والخلفية بأزمنة عد متساوية، أي $t_s = t_b$ ، تبسط هذه العلاقة إلى:

$$MSA = \frac{2.33\sigma_b}{F}$$

حيث σ_b هي الانحراف المعياري لمعدل عد الخلفية، ويعطي بالعلاقة:

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{n_b}{t_b}}$$

يعطي قياس الحد الأدنى للكشف MDA بالعلاقة:

$$MDA = \frac{3}{F_{ts}} + 2MSA$$

يمثل الحد الأول في هذه العلاقة تصحيحا لعدم الاعتيادية في إحصائيات عد بواسون عند عد كلي منخفض [44] ويمكن إهماله، عموما، إذا ما تحقق:

$$n_v t_s \gg \frac{0.7}{1 + \frac{t_s}{t_b}}$$

6-2 إن هذه المعادلات بالنسبة للنشاط الأدنى المميز والحد الأدنى للكشف MSA و MDA تأخذ في الحسبان التغير في عملية الكشف فقط. ويمكن أن يرتبطا بالحدود الصغرى الشاملة، للطريقة، بالضرب في عوامل تحويل مناسبة، بالنسبة لناتج كيميائي مشع ولكفاءة لعد جزئية، مثلا. إلا أن القيم الناتجة لن تأخذ في الحسبان التغير في هذه العوامل الإضافية، وهذا يمكن أن يقلل من تقدير الحد الأدنى للكشف. ويعطي معيار الفيزياء الصحية رقم N13.30 شرحا تفصيليا للتحليل الذي يمكن استخدامه عندما تكون هذه التغيرات الإضافية هامة[44] .

7-2 رغم أنه، في العديد من الأوضاع، يكون التغير في عد الخلفية والعينة أكبر من ذلك المتوقع من تغير بواسون في إحصائيات العد بمفرده. وقد ينجم هذا التغير الإضافي مثلا، عن وجود مستويات طبيعية متغيرة للنشاط الإشعاعي في العينة. وفي مثل هذه الظروف، قد يكون توزع العد المقيس للخلفية (والعينة) طبيعيا تقريبا، وفي هذه الحالة يمكن اشتقاق تصحيح مباشر [55] باستخدام الانحراف المعياري المقيس $\sigma_{m,}$ وفي حالات أخرى قد لا يكون التوزع طبيعيا كأن يكون طبيعي

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

لوغاريتمي، وفي مثل هذه الحالة ما زال من الممكن اشتقاق تصحيح مناسب ولكنه ليس بسيط. مثل هذا المثال يمكن أن يتمثل في وجود سيزيوم 137 في سكان ما عقب اختبارات جوية للأسلحة النووية أو عقب حادث تشرنوبل، الذي يجب تمييزه عن التلوث الداخلي من المصادر المهنية.

8-2 ينبغي التركيز على أنه عندما لا يأخذ تعيين حدود الكشف أو الحسابات الهامة جميع مصادر التغيرات في الحسبان، فإن مقدرة الكشف للطريقة تقدر بقيمة أعلى.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

المراجع

[1] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HELATH ORGANIZATION, radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 120, IAEA, Vienna (1996).

[2] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNTITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. WORLD HELATH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation protection, Safety Standards Series No. RS-G-1.1, IAEA, Vienna (1999).

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATION LABOUR OFFICE, Assessment of Occupational Exposure due to External Sources of Radiation, Safety Standards Series No RS-G-1.3, IAEA, Vienna (1999).

[5] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, General Principles for the Radiation Protection of Workers, Publication No. 75, Elsevier Science, Oxford and new York (1997).

[6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological protection, Publication No.60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Direct Methods for Measuring Radionuclides in the Human body, Safety Series No. 114, IAEA, Vienna (1996).

[8] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation, Publication No. 54, Pergamon Press, Oxford and New York (1998).

[9] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers: Replacement of ICRP publication 54, ICRP Publication No. 78, Elsevier Science, Oxford and New York (1997).

[10] LIPSZTEIN, J.L., GRYNSPAY, D., DANTAS, B.M., BERTELLI, L., WRENN, M.E., Thorium exposure: problems in bioassay interpretation, J. Radioanal. Nucl. Chem. 156 2 (1992) 389-400.

[11] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Publication No. 65, Elsevier Science, Oxford and New York (1993).

[12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation protection of Workers in the Mining and Milling of Radioactive Ores, 1983 Edition, code of Practice and Technical Addendum sponsored by IAEA, ILO, WHO, Safety Series No. 26, IAEA, Vienna (1983).

[13] HARIDASAN, T.K., SURENDRAN, T., SHARMA, R.C., KRISHNAMONY, S., Detection systems for monitoring intakes of actinides at Trombay, Radiat. Prot. Dosim. **51** 1 (1994) 47-58.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

[14] SURENDRAN, T., HARIDASAN, T.K., SHARMA, R.C., KRISHNAMONY, S., Experiences at Trombay in monitoring actinide intakes by occupational workers by direct external counting, Radiat. Prot. Dosim. **59** 1 (1995) 15-24.

[15] RAABE, O.G., "Characterization of radioactive airborne particles". , Internal Radiation Dosimetry (RAABE, O.G., Ed.), Medical Physics Publishing, Madison, WI (1994) 111-142.

[16] SKRABLE, K.W., CHABOT, G.E., FRENCH, C.S., LABONE, T.R., "Use of multi-compartment models of retention for internally deposited radionuclides", Internal Radiation Dosimetry (RAABE, O.G., Ed.), Medical Physics Publishing, Madison, WI (1994) 271-354.

[17] EUROPEAN UNION, Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down the basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation, Official journal of the European Communities No. L159L1, Luxembourg (1996).

[18] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Report of the Task Group on Reference Man, Publication No. 23, Pergamon Press, Oxford and New York (11975).

[19] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Human respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication no. 66, Elsevier Science, Oxford and New York (1994).

[20] International atomic energy agency, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna (1996).

[21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No.2, IAEA, Vienna (1998).

[22] THOMPSON, R.C, 1976 Hanford americium exposure incident: overview and perspective, Health Phys. **45** (1983) 837-845.

[23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1989).

[24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Rapid Monitoring of Large Groups of internally Contaminated People Following a radiation Accident, IAEA-TECDOC-746, Vienna (1994).

[25] BREITENSTEIN, B.D., PALMER, H.E., Lifetime follow-up of the 1976 americium accident victim, Radiat. Prot. Dosim. **26** (1989) 317-322.

[26] PIECHOWSKI, J., Evaluation of systemic exposure resulting from wounds contaminated by radioactive products, Indian Bull. Radiat. Prot. **18** 1-2 (1995) 8-14.

[27] SHARMA, R.C., HARIDASAN, T.K., SURENDRAN, T., False indications of a actinide lung burden arising from a contaminated finger wound, Health Phys. **73** 5 (1997) 820-825.

[28] TOOHEY, R.E., KEANE, A.T., RUNDO, J., Measurement techniques for radium and the actinides in man at the Center for Human Radiobiology, Health Phys. **44** Suppl. 1 (1983) 323-341.

[29] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication no. 30, Part 1, Pergamon press, Oxford and New York (1979).

[30] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 26, Pergamon Press, Oxford and New York (1997).

[31] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication No. 30, Part 2, Pergamon Press, Oxford and New York (1980).

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

[32] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication No. 30, Part 3 (including Addendum to Parts 1 and 2), Pergamon press, Oxford and new York (1981).

[33] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers: An Addendum, Publication No. 30, Part 4, Pergamon Press, Oxford and new York (1988).

[34] INTERNATION COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication No. 68, Elsevier Science, Oxford (1994).

[35] EAKINS, J.D., HUTCHINSON, W.P., LALLY, A.F., The radiological hazard from tritium sorbed onto metal surfaces, Health Phys. **28** (1975) 213-224.

[36] INTERNATION COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1, Publication No. 56, Pergamon press, Oxford and New York (1989).

[37] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members f the Public from Intake of Radionuclides: Part 2, Ingestion Dose Coefficients, Publication No. 67, Elsevier Science, Oxford and New York (1993).

[38] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3, Ingestion Dose Coefficients, Publication No. 69, Elsevier Science, Oxford and New York (1995).

[39] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4, Inhalation Dose Coefficients, Publication No. 71, elsevier Science, Oxford and New York (1995).

[40] ISHIGURE, N., INABA, J., Effect of aerosol characteristics on internal dose of inhaled ^{239}Pu according to the new ICRP respiratory tract model, Jpn J. Health Phys. **30** (1995)227-239.

[41] LESSARD, E.T., et al., Interpretation of Bioassay measurements, NUREGLCR-4884, Nuclear Regulatory commission, Washington, DC (1987).

[42] SKRABLE, K.W., CHABOT, G.E., FRENCH, C.S., LABONE, T.R., "Estimation of intake form repetitive bioassay measurements", Internal Radiation Dosimetry (RAABE, O.G., Ed.), Medical Physics publishing, Madison, WI (1994) 431-460.

[43] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radionuclide Transformations: Energy and Intensity of Emissions, Publication No, 38, Pergamon press, Oxford and New York (1983).

[44] HEALTH PHYSICS SOCIETY, Performance Criteria for Radiobioassay: American national Standards Institute HPs N13.30- 1996, Health Physics Society, McLean, VA (1996).

[45} RAMSDEN, D., et al., Laboratory intercomparison of methods used for the assessment of systemic burdens of plutonium, Radiat. Prot. Dosim. **30** 2 (1990) 95-99.

[46] RAMSDEN, D., et al., Laboratory intercomparison of Method used for the assessment of systemic burdens of plutonium, Radiat. Prot. Dosim. **30** 2 (1990) 95-99.

[47] GIBSON, J.A.B., et al., A European Intercomparison of methods used of the Assessment of Intakes of Internally Deposited Radionuclides, EUR 14195, European commission, Luxembourg (1994).

[48] HUI, T.E., LOESCH, R.M., RADDATZ, C., FISHER, D.R., MCDONALD, J.C., An internal dosimetry intercomparison study, Health Phy. **67** 3 (1994) 217-225.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

[49] KRAMER, G.H., LOESCH, R.M., OLSEN, P.C., "The Canadian National Calibration Reference Center for In Vivo Monitoring and the United States Department of Energy's International In Vivo Intercomparison", IRPA 9, 1996 International congress on Radiation protection (Proc. Congr. Vienna, 1996), Vol.2, International Radiation Protection Association, Vienna (1996) 409-411.

[50] DERARD, P., CAVADORE, D., HARDUIN, J.C., Inter-laboratory comparisons: determination of actinides in excreta, J. Radioan. Nucl. Chem. **197** 2 (1995) 357-368.

[51] STEERE, N.V.(Ed.), Handbook of Laboratory Safety, 2nd Edition, chemical Rubber Company, cleveland, OH (1971) 4435-441.

[52] HUDSON, A.P., SHAW, J., Categorisation and Designation of Working Areas in which unsealed Radioactive Materials are Used, NRPB-M443, National Radiation Protection Board, Chilton (1993).

[53] CURRIE, L.A., Limits for qualitative detection and quantitative determination, Anal. Chem.40 (1968) 586-593.

[54] ALTSHULER, B., PASTERNACK, B. Statistical measures of the lower limit of a radioactivity counter, Health Phys. 9 (1963) 293-298.

[55] BUCINA, I., MALATOVA, I., "Some remarks on statistical measures for the lower limit of detection", Low-level Counting and Spectrometry (Proc. Third International Conf. Bratislava,, 1985), VEDA, Bratislava (1987).

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تذييل
بيانات أساسية

جدول أ-1: معاملات الجرعة لنويدات مشعة مختارة [من(A-1)]

النويدة المشعة	الاستنشاق			الابتلاع
	النوع الشكل[أ]	$e(g)_{inh}$ (Sv/Bg)		f_1	$e(g)_{ing}$ (Sv/Bq)
		قطر حركي 1 ميكرون	قطر حركي 5 ميكرون		
H-3	HTO[ج]	8, 1×10^{-11} [ب]		1	8, 1×10^{-11}
	OBT	1, 4×10^{-11} [ب]		1	2, 4×10^{-11}
	Gas	8, 1×10^{-15} [ب]			
C-14	Vapor	8, 5×10^{-10} [ب]		1	8, 5×10^{-10}
	CO_2	2, 6×10^{-12} [ب]			
	CO	0, 8×10^{-13} [ب]			
P-32	F	0, 8×10^{-10}	1, 1×10^{-9}	8, 0	3, 2×10^{-10}
	M	2, 3×10^{-9}	9, 2×10^{-9}		
Fe-55	F	7, 7×10^{-10}	2, 9×10^{-10}	1, 0	3, 3×10^{-10}
	M	7, 3×10^{-10}	3, 3×10^{-10}		
Fe-59	F	2, 2×10^{-9}	0, 3×10^{-9}	1, 0	8, 1×10^{-9}
	M	5, 3×10^{-9}	2, 3×10^{-9}		
Co-60	M	6, 9×10^{-9}	1, 7×10^{-9}	1, 0	4, 3×10^{-9}
	S	9, 2×10^{-8}	7, 1×10^{-8}	05, 0	5, 2×10^{-9}
Sr-85	F	9, 3×10^{-10}	6, 5×10^{-10}	3, 0	6, 5×10^{-10}
	S	7, 7×10^{-10}	4, 6×10^{-10}	01, 0	3, 3×10^{-10}
Sr-89	F	0, 1×10^{-9}	4, 1×10^{-9}	3, 0	6, 2×10^{-9}
	S	5, 7×10^{-9}	6, 5×10^{-9}	01, 0	3, 2×10^{-9}
Sr-90	F	4, 2×10^{-8}	0, 3×10^{-8}	3, 0	8, 2×10^{-8}
	S	5, 1×10^{-7}	7, 7×10^{-8}	01, 0	7, 2×10^{-9}
Zr-95	F	5, 2×10^{-9}	0, 3×10^{-9}	002, 0	8, 8×10^{-10}
	M	5, 4×10^{-9}	6, 3×10^{9}		
	S	5, 5×10^{-9}	2, 4×10^{-9}		
Nb-95	M	4, 1×10^{-9}	3, 1×10^{-9}	01, 0	8, 5×10^{-10}
	S	6, 1×10^{-9}	3, 1×10^{-9}		
Ru-106	F	0, 8×10^{-9}	8, 9×10^{-9}	05, 0	0, 7×10^{-9}
	M	6, 2×10^{-8}	7, 1×10^{-8}		
	S	2, 6×10^{-8}	5, 3×10^{-8}		
Sb-125	F	4, 1×10^{-9}	7, 1×10^{-9}	1, 0	1, 1×10^{-9}
	M	5, 4×10^{-9}	3, 3×10^{-9}		
I-125	F	3, 5×10^{-9}	3, 7×10^{-9}	1	5, 1×10^{-8}
	V	4, 1×10^{-8} [ب]			
I-131	F	6, 7×10^{-9}	1, 1×10^{-8}	1	2, 2×10^{-8}
	V	0, 2×10^{-8} [ب]			

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

النويدة المشعة	الاستنشاق			الابتلاع
	النوع الشكل[أ]	$e(g)_{inh}$ (Sv/Bg)		f_1	$e(g)_{ing}$ (Sv/Bq)
		قطر حركي 1 ميكرون	قطر حركي 5 ميكرون		
Cs-134	F	$8,6\times10^{-9}$	$6,9\times10^{-9}$	1	$9,1\times10^{-8}$
Cs-137	F	$8,4\times10^{-9}$	$7,6\times10^{-9}$	1	$3,1\times10^{-8}$
Ce-144	M	$4,3\times10^{-8}$	$3,2\times10^{-8}$	5×10^{-4}	$2,5\times10^{-9}$
	S	$9,4\times10^{-8}$	$9,2\times10^{-8}$		
Po-210	F	$0,6\times10^{-7}$	$1,7\times10^{-7}$	1, 0	$4,2\times10^{-7}$
	M	$0,3\times10^{-6}$	$2,2\times10^{-6}$		
Pb-210	F	$9,8\times10^{-7}$	$1,1\times10^{-6}$	2, 0	$8,6\times10^{-7}$
Ra-226	M	$2,3\times10^{-6}$	$2,2\times10^{-6}$	2, 0	$8,2\times10^{-7}$
Ra-228	M	$6,2\times10^{-6}$	$7,1\times10^{-6}$	2, 0	$7,6\times10^{-7}$
Th-228	M	$1,3\times10^{-5}$	$3,2\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$0,7\times10^{-8}$
	S	$9,3\times10^{-5}$	$2,3\times10^{-5}$	2×10^{-4}	$5,3\times10^{-8}$
Th-232	M	$2,4\times10^{-5}$	$9,2\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$2,2\times10^{-7}$
	S	$3,2\times10^{-5}$	$2,1\times10^{-5}$	2×10^{-4}	$2,9\times10^{-8}$
U-234	F	$5,5\times10^{-7}$	$4,6\times10^{-7}$	02, 0	$9,4\times10^{-8}$
	M	$1,3\times10^{-6}$	$1,2\times10^{-6}$	002, 0	$3,8\times10^{-9}$
	S	$5,8\times10^{-6}$	$8,6\times10^{-6}$		
U-235	F	$1,5\times10^{-7}$	$0,6\times10^{-7}$	02, 0	$6,4\times10^{-8}$
	M	$8,2\times10^{-6}$	$8,1\times10^{-6}$	002, 0	$3,8\times10^{-9}$
	S	$7,7\times10^{-6}$	$1,6\times10^{-6}$		
U-238	F	$9,4\times10^{-7}$	$8,5\times10^{-7}$	02, 0	$4,4\times10^{-8}$
	M	$6,2\times10^{-6}$	$6,1\times10^{-6}$	002, 0	$6,7\times10^{-9}$
	S	$3,7\times10^{-6}$	$7,5\times10^{-6}$		
Np-237	M	$1,2\times10^{-5}$	5, 1×10-5	5×10^{-4}	$1,1\times10^{-7}$
Np-239	M	$0,9\times10^{-10}$	$1,1\times10^{-9}$	5×10^{-4}	$0,8\times10^{-10}$
Pu-238	M	$3,4\times10^{-10}$	$0,3\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$3,2\times10^{-7}$
	S	$5,1\times10^{-5}$	$1,1\times10^{-5}$	1×10^{-5}	$8,8\times10^{-9}$
				1×10^{-4}	$9,4\times10^{-8}$
Pu-239	M	$7,4\times10^{-5}$	$2,3\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$5,2\times10^{-7}$
	S	$5,1\times10^{-5}$	$3,8\times10^{-5}$	1×10^{-5}	$0,9\times10^{-9}$
				1×10^{-4}	$3,5\times10^{-8}$
Pu-240	M	$7,4\times10^{-5}$	$2,3\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$5,2\times10^{-7}$
	S	$5,1\times10^{-5}$	$3,8\times10^{-6}$	1×10^{-5}	$0,9\times10^{-9}$
				1×10^{-4}	$3,5\times10^{-8}$
Pu-241	M	$5,8\times10^{-7}$	$8,5\times10^{-7}$	5×10^{-4}	$7,4\times10^{-9}$
	S	$6,1\times10^{-7}$	$4,8\times10^{-8}$	1×10^{-5}	$1,1\times10^{-10}$
				1×10^{-4}	$6,9\times10^{-10}$
Am-241	M	$9,3\times10^{-5}$	7, 2×10-5	5×10^{-4}	$0,2\times10^{-7}$
Cm-242	M	$8,4\times10^{-6}$	$7,3\times10^{-6}$	5×10^{-4}	$2,1\times10^{-8}$
Cm-244	M	$5,2\times10^{-5}$	$7,1\times10^{-5}$	5×10^{-4}	$2,1\times10^{-7}$

أ) بالنسبة لأنواع امتصاص الرئة انظر الفقرة 6-13.

ب) لاستنشاق الغازات والأبخرة، فإنه لا يطبق القطر على هذه الصيغة

ج) HTOالماء التريتيومي، – OBT تريتيوم مرتبط عضويا.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

جدول أ-2 تراكيز الهواء المشتقة (DACs) لنويدات مشعة مختارة

النويدة المشعة	النوع الشكل[1]	DAC (Bq/m^3)		غاز/بخار
		لقطر 1 ميكرون	لقطر 1 ميكرون	
H-3	HTO ب			5×10^5
	OBT			2×10^5
	Gas			5×10^9
C-14	Vapor			1×10^4
	CO_2			1×10^6
	CO			1×10^7
P-32	F	1×10^4	8×10^3	
	M	3×10^3	3×10^3	
Fe-55	F	1×10^4	9×10^3	
	M	2×10^4	3×10^4	
Fe-59	F	4×10^3	3×10^3	
	M	2×10^3	3×10^3	
Co-60	M	9×10^2	1×10^3	
	S	3×10^2	5×10^2	
Sr-85	F	2×10^4	1×10^4	
	S	1×10^4	1×10^4	
Sr-89	F	8×10^3	6×10^3	
	S	1×10^3	1×10^3	
Sr-90	F	3×10^2	3×10^2	
	S	6×10^1	1×10^2	
Zr-95	F	3×10^3	3×10^3	
	M	2×10^3	2×10^3	
	S	2×10^3	2×10^3	
Nb-95	M	6×10^3	6×10^3	
	S	5×10^3	6×10^3	
Ru-106	F	1×10^3	9×10^2	
	M	3×10^2	5×10^2	
	S	1×10^2	2×10^2	
Sb-125	F	6×10^3	5×10^3	
	M	2×10^3	3×10^3	
I-125	F	2×10^3	1×10^3	
	V			6×10^2
I-131	F	1×10^3	8×10^2	
	V			4×10^2
Cs-134	F	1×10^3	9×10^2	
Cs-137	F	2×10^3	1×10^3	
Ce-144	M	2×10^2	4×10^2	
	S	2×10^2	3×10^2	
Po-210	F	1×10^1	1×10^1	
	M	3×10^0	4×10^0	
Pb-210	F	9×10^0	8×10^0	
Ra-226	M	3×10^0	4×10^0	
Ra-228	M	3×10^0	5×10^0	

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

النويدة المشعة	النوع الشكل[أ]	DAC (Bq/m^3)		غاز/بخار
		لقطر 1 ميكرون	لقطر 1 ميكرون	
Th-228	M	3×10^{-1}	4×10^{-1}	
	S	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
Th-232	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	4×10^{-1}	7×10^{-1}	
U-234	F	2×10^{1}	1×10^{1}	
	M	3×10^{0}	4×10^{0}	
	S	1×10^{0}	1×10^{0}	
U-235	F	2×10^{1}	1×10^{1}	
	M	3×10^{0}	5×10^{0}	
	S	1×10^{0}	1×10^{0}	
U-238	F	2×10^{1}	1×10^{1}	
	M	3×10^{0}	5×10^{0}	
	S	1×10^{0}	1×10^{0}	
Np-237	M	4×10^{-1}	6×10^{-1}	
Np-239	M	9×10^{3}	8×10^{3}	
Pu-238	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	8×10^{-1}	
Pu-239	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	1×10^{0}	
Pu-240	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
	S	6×10^{-1}	5×10^{0}	
Pu-241	M	1×10^{1}	1×10^{1}	
	S	5×10^{1}	1×10^{2}	
Am-241	M	2×10^{-1}	3×10^{-1}	
Cm-241	M	2×10^{0}	1×10^{0}	
Cm-244	M	3×10^{-1}	5×10^{-1}	

(أ) بالنسبة لأنواع امتصاص الرئة انظر الفقرة 6- 13.

(ب) التركيز المشتق للهواء لا يسمح بامتصاص عبر الجلد السليم.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

جدول أ-3 : عوامل الترجيح للنسيج [من[A-1

النسيج أو العضو	عامل الترجيح للنسيج (W_t) [أ][ب]
الغدد التناسلية	0.20
نخاع العظام (الأحمر)	0.12
القولون [ج]	0.12
الرئتين [د]	0.12
المعدة	0.12
المثانة	0.05
الثدي	0.05
الكبد	0.05
المريء	0.05
الغدة الدرقية	0.05
الجلد	0.01
سطح العظام	0.01
باقي الأعضاء [هـ]	0.05

أ) قيم Wt هي في الأصل من نشرة اللجنة الدولية رقم 60[2-A] .

ب) تطورت القيم لمجموعة بشرية مرجعية ولعدد متساو من كلا الجنسين ولمدى واسع من الأعمار. وفي تعريف الجرعة الفعالة فهذه الأرقام تطبق على العاملين، وعلى عموم الجمهور للجنسين(A-2) .

ج) الجرعات محسوبة كمتوسطات موزونة كتليا للأمعاء الغليظة العلوية والسفلية:

$$H_{colon} = 0.57H_{ULI} + 0.43H_{LLI}\left[A-3\right]$$

د) منطقة الصدر للجهاز التنفسي

هـ) لأغراض الحساب، فإن باقي الأعضاء يتكون من الغدد الكظرية، والمخ، والمنطقة فوق الصدرية لمجرى التنفس، والأمعاء الدقيقة، والكليتين والعضلات والبنكرياس والطحال، والغدة الصعترية والرحم. وفي تلك الحالات التي يتلقى فيها أي نسيج منها أعلى جرعة مكافئة ملازمة، يجب أن يطبق عامل ترجيح مقداره 0.025 على ذلك النسيج أو العضو وعامل ترجيح 0.025 على المتوسط الموزون كتليا للجرعة لما تبقى من باقي الأعضاء وفقا للتعريف[4-A] .

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

مراجع التذييل

[A-1] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[A-2] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 RECOMMENDATIONS OF THE International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).

[A-3] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2, Ingestion Dose Coefficients publication No. 67, Elsevier Science, Oxford and New York (1993).

[A-4] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3, Ingestion Dose Coefficients, Publication No. 69, elsevier Science, Oxford and New York (1995).

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تعاريف

تطبق التعاريف التالية لأغراض النشرة الحالية وما لم يشر إلى غير ذلك، فإن قائمة المصطلحات الواردة في مسرد المصطلحات لمعايير الأمان الأساسية لها نفس التعاريف الواردة في ذلك المسرد.

اندخال حاد : Acute intake اندخال وحيد يفترض حدوثه بشكل لحظي.

فحص حيوي : Bioassay أي نهج يستخدم لتحديد نوع وكمية وموضع النويدات المشعة و/أو احتجازها في الجسم بالقياسات المباشرة (في جسم الكائن الحي) أو بتحليل عينات مادية من الجسم أو من إخراجه

نموذج حركي حيوي : Biokinetic model نموذج رياضي يصف الاندخال، والأخذ والاحتجاز للنويدة المشعة في مختلف أعضاء أو أنسجة الجسم وما يتبع ذلك من إخراج من الجسم بمختلف المسالك.

عمر النصف البيولوجي : Biological half-life هو الزمن اللازم لنظام بيولوجي،كحجيرة نسيج أو كامل الجسم ، للتخلص من 50% من كمية النويدة المشعة التي دخلت إليه، عن طريق عمليات الإخراج وليس بالتفكك الإشعاعي.

اندخال مزمن : Chronic intake الاندخال خلال فترة طويلة من الزمن، لا يمكن افتراضها بأنها لحظية.

تركيز الهواء المشتق : Derived Air Concentration هو حد مشتق لتركيز النشاط الإشعاعي في الهواء لنويدة مشعة معينة، محسوب بحيث أن العامل النمطي الذي، يستنشق الهواء الملوث بنويدة مشعة، بهذا التركيز، أثناء تنفيذه أنشطة بدنية خفيفة، خلال سنة عمل، يتلقى الحد السنوي لاندخال تلك النويدة. ويحسب بتقسيم الحد السنوي للجرعة الفعالة على معامل الجرعة، $e(50)_{inh}$ ، وعلى حجم الهواء الذي استنشقه عامل مرجعي بالغ خلال سنة عمل (2400 متر مكعب)، ووحدة التركيز المشتق هي بكرل/م^3.

معامل الجرعة: Dose Coefficient هي الجرعة المكافئة الملازمة للنسيج لوحدة الاندخال عند عمر t_o، ويرمز إليها بالرمز $h_T(\tau\tau)$ ، أو هي الجرعة الفعالة الملازمة لوحدة الإندخال، $e(\tau\tau)$، حيث $\tau\tau$ هي الفترة الزمنية بالسنوات التي تم خلالها حساب الجرعة، أي 50 سنة للبالغين و $(70-t_o)$ سنة للأطفال, وحدة قياسهما هي سيفرت/بكرل.

عمر النصف الفعال : Effective half-life (T_e) هو الزمن اللازم كي تنخفض كمية نويدة مشعة مترسبة في عضو حي إلى 50% من قيمتها الأصلية نتيجة للتأثير المركب للتفكك الإشعاعي والإخراج البيولوجي أي أن:

$$T_e = \frac{T_b T_p}{T_b + T_p}$$

حيث T_b هو عمر النصف البيولوجي و T_p هو عمر النصف الفيزيائي.

اندخال : Intake هو عملية دخول النويدات المشعة إلى داخل الجسم عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع أو من خلال الجلد، أو هو النشاط الإشعاعي المأخوذ إلى داخل الجسم بواسطة هذه الفعل العملية.

النشاط الأدنى للكشف : (MDA) هو ذلك النشاط الإشعاعي في عينة الذي ينتج معدل عد يمكن كشفه (أي ما يعتبر فوق الخلفية) بمستوى معين من الثقة. ففي عينة تحوي نشاطا مساويا للنشاط الأدنى، فإن التراوحات العشوائية تنتج معدل عد أقل من مستوى القرار

وباحتمالية محددة ββ تؤخذ عادة على أنها 5 %)، مؤديا بذلك إلى قيمة سلبية كاذبة (خطأ من النوع II). وتعرف هذه الكمية أيضا **بحد الكشف** أو **الحد الأدنى للكشف**، ويعرف معدل العد عند تلك القيمة، كذلك، بمستوى التعيين. وتؤخذ العينة الحاوية على قيمة مساوية تماما للحد الأدنى للكشف على أنها خالية من النشاط في 5 % فقط من الزمن (انظر الملحق 2).

النشاط الأدنى المميز : MSA هو ذلك النشاط الإشعاعي في عينة الذي ينتج معدل عد يمكن تمييزه عن الخلفية بمستوى معين من الثقة. فالتراوحات العشوائية في القياسات لعينة فارغة مناسبة(تتضمن جميع مصادر التغير) تنتج معدل عد عند أو أعلى من هذا المستوى باحتمالية معينة) α تؤخذ عادة على أنها 5 %). وهكذا فإن ملاحظة معدل عد مساو للنشاط الأدنى المميز يؤدي إلى خطأ موجب (خطأ من نوع I) في 5 % من الحالات فقط. ويشار إلى هذا المقدار، كذلك، بحد القرار كما يشار لمعدل العد عند هذا المقدار بالمستوى الحرج. وتؤخذ العينة التي تحتوي بالضبط على هذا الحد على أنها خالية من النشاط في 50 % من الزمن (أي إن معدل العد يكون أقل من ذلك المناظر لمستوى القرار)، ولكن تؤخذ عينة خلفية حقيقية على أنها تحوي نشاطا قدره 5 % فقط من الزمن (انظر الملحق 2).

عمر النصف الفيزيائي : (T_p) هو الزمن اللازم كي ينخفض النشاط الإشعاعي للنويدة المشعة بمقدار 50 % نتيجة للتفكك الإشعاعي.

أخذ : Uptake هو العمليات التي تدخل بواسطتها النويدات المشعة إلى سوائل الجسم عبر مجرى التنفس أو مجرى الهضم أو من خلال الجلد، أو هو جزء الاندخال الذي يدخل إلى سوائل الجسم عن طريق تلك العمليات.

نموذج مجرى التنفس للإنسان Human Respiratory Tract Model

منطقة الحويصلات البينية الهوائية : Alveolar-Interstitial Region (AI) هي الشعب الهوائية التنفسية والقنوات الحويصلية والأكياس مع حويصلاتها والأنسجة البينية المتصلة بها.

قطر النشاط الحركي الهوائي الوسطي :AMAD هو قيمة القطر الحركي الهوائي بحيث يكون 50 % من نشاط عوالق الهواء في رذاذ معين مترافقا مع جسيمات أصغر من هذا القطر، 50 % من النشاط يكون مترافقا مع جسيمات أكبر من. ويستخدم عندما يعتمد الترسب، أساسا، على التصادم القاصر ذاتيا(العطالي)، وعادة، عندما يكون القطر أكبر من حوالي 5, 0 ميكرون. وبالنسبة للجسيمات الأصغر، فإن الترسب يعتمد، أولا، على الانتشار، ويعرف **القطر الحركي الحراري الوسطي AMTD** بنفس الطريقة، ولكن مع الإشارة إلى القطر الحركي الحراري للجسيمات.

ملاحظة : قطر النشاط الحركي الهوائي لجسيمات عالقة في الهواء هو القطر لكرة كثافتها الوحدة تلزم للحصول على نفس السرعة النهائية، عندما يستقر في الهواء كجسيم معني. والقطر الحركي الحراري هو القطر للكرة بنفس الكثافة التي تلزم للحصول على نفس معامل الانتشار في الهواء كجسيم معني.

منطقة الشعيبات : BB هي القصبة الهوائية (الرغامي) والقصيبات

منطقة الشعب الهوائية : bb هي الشعب الهوائية وأطرافها.

إزالة : Clearance هو انتقال المادة من مجرى التنفس عن طريق الانتقال الجسيمي أو بواسطة الأخذ.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ترسب : Deposition هي العمليات الابتدائية التي تحدد كمية المادة في الهواء المستنشق المتبقية في مجرى التنفس بعد الزفير. ويمكن أن يحدث ترسب المادة من خلال كل من الشهيق والزفير.

ممرات هوائية خارج الصدر : ET (Extrathoracic (ET) airways) هو الممرات الأنفية الأمامية (ET_1) والممرات الأنفية الخلفية والفم والبلعوم والحنجرة (ET_2).

انتقال الجسيمات : Particle transport هي العمليات التي تزيل المادة من مجرى التنفس إلى مجرى الهضم والى العقد الليمفاوية، والتي تنقل المادة من أحد أجزاء مجرى التنفس إلى جزء آخر.

ممرات هوائية صدرية : TH Thoracic airways هي مناطق الشعيبات (BB) ومناطق الشعب الهوائية (bb) ومناطق الحويصلات البينية الهوائية.(AI)

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

المساهمون في الصياغة والمراجعة

Chevalier, C.	Electricite de France General de medicine du Travail, France
Gustafsson, M.	International Atomic Energy Agency
Ishigure, N.	National institute of radiological sciences, Japan
Lipsztein, J.	Instituto de Radioprotecao e Dosimetria/CNN< Brazil
Malatova, I.	National Radiation Protection Institute, Czech Republic
Nosske, D.	Bundesamt fur Strahlenschutz, Germany
Rahola, T.	Center for Radiation and Nuclear Safety, Finland
Stather, J. W.	National Radiological Protection Board, United Kingdom
Suredran, T.	Bhabha Atomic Research Center, India
Tohey, R. E.	Oak Ridge Institute for Science and education, USA
Wernli, C.	Paul Scherrer Institute< Switzerland
Whillans, D.	Ontario Hydro, Canada
Wrixon, A. D.	National Radiological Protection Board, United Kingdom
Xia, Y.	Institute of Atomic Energy, China

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

الكيانات الاستشارية
لمساندة معايير الأمان

اللجنة الاستشارية لمعايير الأمان الإشعاعي

Canada: Measures, M.; China: Ziqiang, P.; France: Pieckowski, J.; Ghana: Fletcher, J.J.Germany: Landfermann, H-H.; Ireland: Turvey, F.J.; Japan: Matsumoto, Y.; Russian Federation:Kutkov, V.A.; South Africa: Olivier, J.H.I.; Spain: Butragueno, J.L.; Switzerland Jeschki, W.; Ukraine: Rudy, C.G.; United Kingdom: Creswell, L. (Chair); United States of America: Cool, D.A.; European Commission: Fraser, G.; IAEA: Mason, C. (Co-ordinator) International Commission on Radiological Protection:Valentin, J.; International Labor Office Niu, S.;OECD Nuclear Energy Agency: Lazo,E.; Pan American Health Organization:Borras C.; World Health Organization: Souchkevitch, G.

اللجنة الاستشارية لمعايير الأمان

Argentina: Beninson, D.; Australia: Lokan, K, Burns, P; Canada: Bishop, A. (Chair) Duncan, R. M.; China: Huang, Q., Zhao, C.; France: Lacoste, A-C., Asty, M.; Germany Hennenhofer, G., Wendling, R. D,; Japan: Sumita, K., Sato, K.; Republic of Korea: Lim, Y.K. Slovakia: Lipar, M., Misak, J.; Spain: Alonso, A., Trueba, P.; Sweden: Holm, L-E Switzerland: Pretre, S.; United Kingdom: Williams, L.G., Harbison, S.A.; United States o America: Travers, W.D., Callan, L.J., Taylor, J.M.; IAEA: Karbassioun, A. (Co-ordinator) International Commission on Radiological Protection: Valentin, J.; OECD Nuclear Energy Agency: Frescura, G.

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

تم طبع هذا الكتاب في شهر جوان 2002
بشركة «أوربيس للطباعة» - قصر سعيد تونس
الهاتف : 71 547 701 - الفاكس : 71 546 235

أُلغي هذا المنشور وحلَّ محلَّه العدد GSG-7.

ISBN : 9973-854-01-2