

السلامة الإشعاعية

Radiation Safety

Jadwiga (Jodi) Strzelczyk

Assistant Professor of Radiology, Radiological Sciences Division, University of Colorado,
Health Sciences Center, Denver, CO

مراجعة تاريخية مختصرة لأهم اكتشافات الإشعاع

Brief Historical Review of Major Radiation Discoveries

بدأت قصة الإشعاع في نهاية القرن التاسع عشر. اكتشف الفيزيائي الألماني/البولندي Wilhelm Conard Rontgen في نوفمبر من عام ١٨٩٥ أشعة غامضة قادرة على الاختراق عندما كان يبحث في مرور تفريغ شحنة كهربائية من ملف تحريض خلال أنبوب زجاجي مُفرغ جزئياً. وقد سُمي هذا الفيزيائي هذه الأشعة بـ "أشعة إكس". بعد بضعة أشهر وفي مارس من عام ١٨٩٦ اكتشف أستاذ الفيزياء الفرنسي Antoine Henri Becquerel خاصية غريبة في مواد فلورية معينة حيث كانت قادرة على إحداث صور خاصة بها على لوحات فوتوغرافية ملفوفة بورق أسود بشكل مُحكم ضد الضوء. أعطيت هذه الظواهر المكتشفة حديثاً صيغة "النشاط الإشعاعي" من قبل السيدة Maria Sklodowska-Curie. قامت هذه العالمة البولندية في ديسمبر من عام ١٨٩٨ (بينما كانت تعمل مع زوجها البروفيسور الفرنسي Pierre Curie على تنقية اليورانيوم الأسود الخام) بفصل عنصر الراديوم المشع (Strzelczyk، ١٩٩٩). لاقت هذه الاكتشافات تطبيقات فورية وربما كان أهمها في مجال الطب.

إلا أن لأي تقدم ثمنه. فمثلما يحدث مع التكنولوجيات الجديدة، لم تُعرف على الفور الآثار الضارة الناجمة عن التعرض الطويل للإشعاع. في حين عُرفت بعض الآثار السلبية بشكل واضح بعد أشهر فقط من اكتشاف Roentgen، إلا أن معرفة الآثار الأخرى جاءت في وقت لاحق نظراً لفترة الكمون. كان هذا الأخير من دون أي شك أحد العوامل الرئيسية التي ساهمت في تأخير قبول إجراءات الحماية من الإشعاع. بينما كان عدم وجود وحدة قياس الإشعاع عاملاً آخر حيث تم لعدة سنوات اعتبار وجود الحمامي على جلد المريض مؤشراً على الجرعة المناسبة. تم في

نهاية المطاف اعتماد تدابير عامة للحماية من الإشعاع بعد إنشاء اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP) في عام ١٩٢٨. كانت توصياتها الأولية موجهة نحو الممارسة الطبية إلا أن توصياتها الحالية قابلة للتطبيق على نطاق واسع من استخدامات الإشعاع. تم بعد وقت قصير من تشكيل الـ ICRP إنشاء المجلس الوطني للحماية من الإشعاع وقياساته (NCRP) في الولايات المتحدة في مهمة مماثلة لمهمة الـ ICRP.

ثم جاءت الحرب العالمية الثانية. شهد العالم عام ١٩٤٥ (وهو الذكرى الخمسين لاكتشاف Roentgen) ثلاثة انفجارات مدمرة لأسلحة جديدة. انفجرت أول قنبلة اختبار نووية فوق منطقة عسكرية في صحراء White Sand في New Mexico (موقع Trinity). لقد كانت هذه القنبلة مملوءة بعنصر البلوتونيوم الانشطاري الذي تم اكتشافه من قبل فريق من العلماء بقيادة العالم أمريكي من أصل سويدي Glen Seaborg في عام ١٩٤١. أما القنبلتان التاليتان التي احتوت إحداهما على اليورانيوم والأخرى على البلوتونيوم فقد دمرت مدينتين من مدن اليابان وهما هيروشيما وناغازاكي. وعلى الرغم من الخسائر البشرية الهائلة لهذه التفجيرات فقد تم تنفيذ أكثر من ١٠٠ تجربة تفجيرات فوق سطح الأرض من قبل الولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي وبريطانيا العظمى والصين وفرنسا في أعقاب الحرب العالمية الثانية. استمرت هذه الأحداث حتى تم التفاوض على معاهدة "حظر انتشار الأسلحة النووية (NPT) من جانب الدول الأعضاء في الأمم المتحدة (UN). دخلت معاهدة حظر الانتشار الأسلحة النووية حيز التنفيذ في عام ١٩٧٠ (Henderickx، 1998).

هناك سوء فهم شائع بأن الأبحاث خلال الحرب العالمية الثانية كانت تقتصر على تطوير قنبلة ذرية. ولئن كان التأكيد على هذا الجانب صحيحاً، فإن أبحاث الحرب العالمية الثانية وحقبة ما بعد الحرب شملت العمل على تطبيقات واكتشافات سلمية جديدة مثل التوليد النظيف للطاقة الكهربائية وتطوير تقنيات وأجهزة قياس الإشعاع ودراسات متعمقة لآثار الإشعاع حيث لا يزال العالم يستفيد من هذه الاكتشافات.

في ميدان الطب، تجاوز الإشعاع كما تجاوزت النظائر المشعة الاحتمالات التي كان يتأملها الباحثون في وقت مبكر. إن أكثر من نصف المرضى الذين يتم إدخالهم إلى مستشفيات الولايات المتحدة حالياً يتم تشخيصهم أو علاجهم باستخدام النظائر المشعة. إن الكثير من النظائر المشعة هي من المشتقات التي تنشأ أثناء تشغيل المفاعلات النووية.

يتطلب استخدام الأشعة والمواد المشعة احتياطات خاصة ولكن هناك العديد من الفوائد الممكنة عندما يُنفَّذ استخدامها بطريقة مسؤولة. ومع تزايد تطبيقات الأشعة والنظائر المشعة في الطب لأغراض التشخيص والعلاج فإن دور ونطاق وتنظيم وهيكلية برامج الحماية من الإشعاع في المرافق الطبية يستمر بالتطور.

فلسفة برنامج السلامة الإشعاعية

Radiation Safety Program Philosophy

استعرضت المنشور ٧٣ الحديث للـ ICRP (١٩٩٦) إطار العمل الموصى به للحماية من الإشعاع. يعزز هذا المنشور الرأي القائل بأن الهدف الأساسي من الحماية من الإشعاع هو توفير مستوى مناسب من الحماية للإنسان دون التقييد غير ملائم للممارسات المفيدة للإشعاع.

يقوم نظام الحماية من الإشعاع على أساس الأهداف الثلاثة التالية:

- ١- منع تعرض الأفراد للإشعاع ما لم يمكن برهنة النفع للأفراد المعرضين وللمجتمع وأن يكون التعرض كافياً لتحقيق التوازن مع أي ضرر.
 - ٢- توفير الحماية الكافية لتعظيم الفائدة الصافية مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية.
 - ٣- الحد من الجرعة (غير التعرض الطبي) التي يتلقاها الأفراد نتيجة لجميع استخدامات الإشعاع.
- تتطلب اللوائح الصادرة عن السلطات التنظيمية في الولايات المتحدة وفي كثير من البلدان في جميع أنحاء العالم من المنشآت الطبية الحفاظ على برامج السلامة من الإشعاع. في حين أن هذه البرامج تختلف عن بعضها وهو ما يتوقف على نوع الصناعة ونطاق الأنشطة، فإن كل برنامج يستند إلى قالب عام ويجب أن يحتوي على المكونات الرئيسية الموصوفة في نظام الـ ICRP. بالإضافة إلى ذلك، يجب على كل برامج أن يلبي العديد من المتطلبات الإلزامية.

الترخيص والتسجيل

Licensing and Registration

يتطلب وضع برنامج سلامة إشعاعية طبي مُنظم بشكل جيد (والمحافظة عليه) معرفة تشغيلية وتقنية من فيزيائي خبير في الصحة الطبية. يمكن الحصول على برنامج نموذجي للاستخدامات الطبية للمواد المشعة في دليل اللجنة التنظيمية النووية الولايات المتحدة (NRC) رقم 10.8 (USNRC، ١٩٨٧).

يجب على أي فرد (أو مؤسسة) في الولايات المتحدة ينوي الدخول في مثل هذه الاستخدامات أن يحصل على خدمات فيزيائي مؤهل وهو الذي سوف يقوم بالنيابة عن هذا الشخص (أو المؤسسة) بإعداد وتقديم طلب إلى وكالة تنظيمية مناسبة (الـ NRC أو وكالة اتفاق تابعة للولاية "Agreement State"). دخلت غالبية الولايات في اتفاق مع الـ NRC لتطوير برنامج ضبط الإشعاع الخاص بولاياتهم وهي تشرف على ترخيص المواد المشعة في ولاياتهم. على الرغم من أن إعداد طلبات ترخيص المواد المشعة (RAM) هو أمر واضح ومباشر إلا أنه عملية شاقة. ينبغي عند إكمال هذه الطلبات للاستخدامات الطبية الإشارة إلى الدليل 10.8 من الـ NRC وكذلك الأجزاء المناسبة من الـ U.S. NRC (قانون اللوائح الفيدرالية) و/أو لوائح الولاية ذات الصلة بضبط الإشعاع.

لا يمكن المبالغة في دعم إدارة المؤسسة في هذه العملية. وتجدر الإشارة إلى حقيقة أن أي تصريح يُذكر في الطلب يُحتمل أن يُصبح جزءاً من شروط الرخصة التي تخضع لعمليات التفتيش التنظيمية للامثال. وهكذا، في حين أن الهدف هو برنامج سلامة إشعاعية سليم، ينبغي عدم الالتزام بالسياسات والإجراءات التي لا يتوفر لها موارد أو التي لا توافق عليها إدارة المؤسسة بشكل صريح (Furr و Trueblood، ١٩٩٣).

ينطبق على التجهيزات المنتجة للإشعاعات المؤينة متطلبات مختلفة بعض الشيء. تتطلب الـ FDA (داخل وزارة الصحة والخدمات البشرية HHS) أن تستوفي مثل هذه التجهيزات المعدة للاستخدام البشري معايير "مقياس الأداء الاتحادي". يلتزم مالك أو مشغل التجهيزات المنتجة للإشعاع أن يُسجل هذه التجهيزات مع وكالة مناسبة للولاية وأن يُشغلها وفقاً للأحكام التنظيمية.

اللوائح والسياسات والإجراءات

Regulations, Policies, and Procedures

يجب عند النظر في مسألة الحماية والوقاية من الأمراض النظر في الاختلافات بين أهداف معايير الصحة العامة و"الصحة في القطاع الخاص" (الطب الإكلينيكي). إن صاحب المصلحة في "الصحة العامة" هو المجتمع أو المجتمع المحلي، أما في "الصحة في القطاع الخاص" فهو الفرد. تضع الصحة العامة كهدف لها الوقاية من الأمراض من خلال تعزيز الظروف الصحية مثل البيئة وسلوك الفريق بالنسبة للمجتمع ككل، في حين أن هدف الطب الإكلينيكي هو علاج المرضى الفرديين (Laska، ١٩٩٧) وقد يشمل تغيير السلوك على المستوى الفردي.

تتعلق مسألة الحماية من الإشعاع بالصحة العامة لعدد من الأسباب. إن الآثار الصحية للإشعاع هي ليست فريدة من نوعها. ما عدا حالات التعرض للإشعاع الحادة، لا يمكن كشف آثار الإشعاع في مجموعة السكان إلا على أساس الإحصاءات وعلم الأوبئة. أما السبب الآخر وراء النظر في الحماية من الإشعاع على أنه مسألة تتعلق بالصحة العامة فهو أن للأفراد مقدرة محدودة فقط على هيكلة أو ضبط البيئة الخاصة بهم (Cember، ١٩٩٨).

أصبح التنظيم المجتمعي (أي الحكومي) لمصادر الإشعاع ضرورة ملحة لضمان عدم تعرض صحة عامة الناس للخطر بسبب التكنولوجيا الجديدة التي ظهرت من رماد الحرب العالمية الثانية. اكتسبت لجنة الطاقة الذرية في الولايات المتحدة (AEC) (التي أنشأها قانون الطاقة الذرية الذي اعتمده الكونغرس الأمريكي في عام ١٩٤٦) صلاحيات واسعة لتنظيم المفاعلات النووية واستخدام "مشتقات" المواد المشعة الناتجة عن تشغيل المفاعلات النووية (Cember، ١٩٩٨). تم في عام ١٩٥٦ تشكيل الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) على الصعيد الدولي وذلك مع تطور تطبيقات التكنولوجيا النووية في جميع أنحاء العالم.

تم إحداث الـ U.S. NRC كوكالة فيدرالية مستقلة بموجب قانون إعادة تنظيم قطاع الطاقة لعام ١٩٧٤. يمكن الحصول على وصف مهمة الـ NRC في الخطة الإستراتيجية ١٩٩٧-٢٠٠٢ للـ NRC. أنه يعكس فلسفة الـ ICRP: إن رسالة الـ NRC هي تنظيم الاستخدام المدني للمشتقات والمصادر والمواد النووية الخاصة على صعيد الولايات المتحدة لضمان الحماية الكافية للصحة والسلامة العامة ومن أجل تعزيز الأمن والدفاع المشترك وحماية البيئة (Jones و Raddatz، ١٩٩٨).

إن لدى الـ NRC موقع واسع النطاق على شبكة الإنترنت يحتوي على النص الكامل للبيانات الصحفية وملخصات للقواعد المقترحة والنهائية وغيرها من المعلومات ذات الصلة (www.nrc.org). تنعكس رسالة الـ NRC في برامج السلامة من الإشعاع للـ "Agreement States" الذي يضبط معظم استخدامات مواد المشتقات. تُشكل المفاعلات النووية والمنشآت الاتحادية مثل مستشفيات إدارة المحاربين القدامى وقواعد الجيش والمنشآت التي توزع كميات استثنائية من مشتقات المواد بعض الأمثلة عن الاستخدامات التي لا تزال خاضعة للـ NRC. يُعتبر مؤتمر مديري برنامج ضبط الإشعاع (CRCPD) الذي أنشئ عام ١٩٦٨ بمثابة منتدى مشترك لبرامج ضبط الإشعاع على مستوى الولاية.

يجب أن تكون برامج السلامة الإشعاعية الجيدة على مستوى صاحب الرخصة متوازنة بين هندسة السلامة وتدريب الأفراد مع الأخذ بعين الاعتبار للجوانب التقنية والعلمية والاقتصادية والبشرية والأخلاقية لاستخدام الإشعاع. تُشكل السياسات والإجراءات (القائمة على أساس اللوائح السارية) والتي تُقرها الإدارة والمستخدمون الرئيسيون صميم البرنامج الناجح.

البرنامج المتكامل للسلامة الإشعاعية: التنظيم والهيكلية

Integrated Radiation Safety Program: Organization and Structure

يجب على برنامج السلامة الإشعاعية الطبي أن يوفر حماية كافية للمرضى ومقدمي الرعاية والزوار وعامة الناس. يتأصل وضع وتنفيذ وصيانة هذه البرامج في التعاون على جميع المستويات الإدارية والتنسيق الفعال للجهود والتبادل الممتاز للأراء.

الإدارة Management

إن إدارة المنشأة الطبية (بغض النظر عن حجمها) مسئولة في نهاية الأمر عن نجاح أو فشل برنامج السلامة الإشعاعية. قد تتكون الإدارة في المؤسسة الكبيرة من مسئول رفيع المستوى أو فريق من المديرين أو أنها قد تكون محدودة لطبيب أشعة أو المالك لجهة ممارسة مستقلة صغيرة (Vetter، ١٩٩٨). طورت الـ NRC في معالجتها الممتازة لإدارة البرامج الطبية مفهوم مثلث الإدارة للتأكيد على ثلاث كيانات مسئولة: الإدارة التنفيذية وموظف السلامة

الإشعاعية (RSO) ولجنة السلامة الإشعاعية (RSC) (USNRC ، ١٩٩٧). هناك توقعات واضحة بأن الإدارة التنفيذية سوف تعتمد على الـ RSC والـ RSO في الأعمال اليومية ولكنها لا تُفوض المسؤولية النهائية للبرنامج.

لجنة السلامة الإشعاعية (RSC) The Radiation Safety Committee

تتطلب الـ U.S. NRC والولايات المتفقة من المؤسسات الطبية أن تُنشئ لجنة السلامة الإشعاعية (RSC). تقوم الإدارة التنفيذية في المنشآت التي تشمل رعاية مرضى داخليين بتعيين أعضاء الـ RSC. يجب أن تمثل اللجنة قطاعاً عريضاً من مجالات الاستخدام والخبرة الطبية. تتطلب الـ NCR أن تشمل العضوية على الـ RSO ومسئول لديه سلطة لتخصيص الموارد وممرضة وممثلين عن كل مجال من المجالات الرئيسية التي تستخدم المواد المشعة مثل الطب النووي أو الأشعة التشخيصية ومعالجة الأورام بالأشعة وأمراض القلب والبحوث الإشعاعية (USNRC ، ١٩٩٧). تُكَلَّف الـ RSC بالإشراف (وذلك بمساعدة من RSO) على استخدام جميع المواد المشعة والتجهيزات المنتجة للإشعاع. تقوم هذه اللجنة في بعض الحالات بالإشراف على مصادر واستخدامات الإشعاع غير المؤيّن. ينبغي أن يكون لدى الـ RSC للخبرة اللازمة للاضطلاع بجميع المسؤوليات التي تُكَلَّف بها.

غالباً ما يكون لرئيس الـ RSC تأثيراً كبيراً على فحوى وفعالية اللجنة. يجب أن يكون الرئيس قائداً وكذلك خبيراً في الإشعاع (Vetter ، ١٩٩٨). يجب تدوير هذه الوظيفة كل بضع سنوات لتوفير طاقة وأفكار جديدة. وبالمثل ، يجب تدوير بعض أعضاء اللجنة للسماح لدعم جديد لمناصري السلامة الإشعاعية من داخل مجتمع مستخدمي الإشعاع.

ينبغي على الإدارة أن تكون حذرة بشأن تعيين الـ RSO في منصب رئيس الـ RSC رغم أن ذلك يعمل بشكل جيد في بعض المنظمات. يكون الـ RSO مسئول عن العمليات اليومية وربما يكون مشغولاً جداً لتشغيل لجنة الـ RSC على نحو فعال أو قد يكون على علاقة وثيقة بالأنشطة المرخصة بحيث لا يمكن أن يكون موضوعياً بهذا الخصوص. يمكن اعتماداً على ثقافة المؤسسة تعيين إما مُستخدم ذو صلاحية من قسم رئيسي مُستخدم للأشعة (طبيب) أو فيزيائي طبي أو ممثل عن الإدارة. يمكن أن يؤدي اختيار مُستخدم ذو صلاحية إلى تضارب في المصالح إذا ظهرت مشكلة ذات علاقة بالسلامة الإشعاعية في القسم الذي يعمل به هذا الشخص. عادة ما يُشكل الفيزيائيون الطبيون ذوي المهارات القيادية رؤساء فعالين لهذه اللجان لأن لديهم قدراً كبيراً من المعرفة بخصوص تطبيقات الإشعاع ومبادئ السلامة الإشعاعية. سواء عينت الإدارة طبيباً أو فيزيائياً لرئاسة الـ RSC فإنها يجب أن تفوض مستوى مناسب من السلطة إلى هذه اللجنة لدعم وتمكين برنامج الوقاية الإشعاعية (Vetter ، ١٩٩٨).

تتطلب الأنظمة أن تعقد الـ RSC على الأقل اجتماعاً واحداً كل ثلاثة أشهر وكذلك تسجيل محاضر الاجتماعات والحفاظ عليها (قانون الأنظمة الاتحادية). يشمل جدول الأعمال النموذجية لهذه الاجتماعات على

ما يلي: (١) طلبات تعديل رخصة الـ RAM، (٢) التعديلات التي أدخلت على البرنامج، (٣) الحوادث، (٤) الجرعات الإشعاعية المهنية لموظفي المؤسسة، (٥) جرد النظائر المشعة، (٦) الموافقة على المستخدمين المرخصين، (٧) استعراض بروتوكولات الاستخدام على الإنسان، (٨) بنود لجنة أبحاث العقاقير المشعة (RDRC) إذا كان للمنشأة موافقة على الـ RDRC (FDA). يجب على الـ RSO في معظم البرامج أن يقوم بتجميع هذه المعلومات من أجل الـ RSC ويجب أن يضمن تلقي أعضاء هذه اللجنة لجدول الأعمال وأية معلومات إضافية تُسهل المناقشة الفعالة واتخاذ القرارات بتوافق الآراء. تتم في البرامج الطبية الكبيرة وواسعة النطاق بشكل عام مساعدة الـ RSO من قِبَل نائب للـ RSO. يُشرف مثل هذا الشخص على عناصر معينة من البرنامج كما يُشارك في أنشطة الـ RSC ويمكن أن يُكلف بإعداد بنود جدول الأعمال للـ RSC.

يتحمل كل من الـ RSC والـ RSO مسؤولية مشتركة في تطوير وتنفيذ برنامج السلامة الإشعاعية والمحافظة عليه. يجب على لجنة الـ RSC (مع مساعدة الـ RSO) مراجعة البرنامج بأكمله بما في ذلك سياسة "الحد الأدنى المعقول الذي يمكن تحقيقه" (ALARA) على أساس سنوي.

موظف السلامة الإشعاعية (The Radiation Safety Officer (RSO))

إن أحد شروط الترخيص هو الالتزام الراسخ من جانب الإدارة بما يتعلق بالسلامة الإشعاعية. يكتسب التسلسل القيادي لبرنامج السلامة الإشعاعية الطبي وتعيين الـ RSO أهمية قصوى. ينبغي أن يرفع الـ RSO تقاريره مباشرة إلى المستوى الأعلى في الإدارة كون ذلك يمنع وضع الـ RSO في موضع المساومة مع المنتهكين المحتملين للممارسات الجيدة للسلامة الإشعاعية (Miller، ١٩٩٢). ينبغي النظر بعناية إلى مسؤوليات وسلطة الـ RSO وتوثيقها بشكل مكتوب وواضح. يجب تأمين إمكانية الوصول إلى جميع المناطق التي يتم فيها استخدام مصادر الإشعاع أو تخزينها. يجب منح الـ RSO سلطة تقديرية واسعة لإنهاء الأنشطة التي تنتهك ممارسات السلامة المعمول بها على الفور ودون التشاور مع الإدارة أو الـ RSC. تتطلب مثل هذه الحالات مراجعة من جانب الإدارة والـ RSC أو كليهما في أقرب وقت ممكن. تتركز أهداف هذه المراجعات على تحديد السبب الأساسي للمشكلة وتحديد الإجراءات التصحيحية الفعالة والنظر في البرنامج لاحتمال وجود مشكلة مماثلة في منطقة أخرى، وإذا أمكن إعطاء التصريح باستئناف الأنشطة (Vetter، ١٩٩٨).

تتمحور المسؤولية الرئيسية للـ RSO في ضمان استخدام الإشعاع بأمان وفقاً للمتطلبات التنظيمية ومتطلبات الاعتماد والسياسات والإجراءات الموافق عليها التي تعكس تلك المتطلبات. ينبغي أن يُعطى الـ RSO السلطة والمسئولية لمراجعة الأنشطة التي أُنجزت بموجب ترخيص الـ RAM لضمان الامتثال للسياسات والإجراءات المتبعة. كما أن الـ RSO مسئول عن تنفيذ مجموعة واسعة من الواجبات والمهام المشتركة لتراخيص محددة وتراخيص واسعة النطاق. تشمل هذه الواجبات المجالات الإدارية والتقنية والطبية والتعليمية. فيما يلي بعض أهم هذه الواجبات.

Regulatory Activities Related to RAM License الأنشطة التنظيمية المتعلقة بترخيص المواد المشعة

تشمل هذه الأنشطة الحصول على اللوائح والتعرف عليها ومواكبة التغيرات التنظيمية وإعداد وتقديم طلبات ترخيص الـ RAM وتجديد الرخصة والتعديلات. من واجب الـ RSO عقب استلام الرخصة ضمان الالتزام بشروط وبيانات الترخيص التي وردت في الطلب. يتحقق ذلك من خلال وضع وتنفيذ إجراءات عملية ومن خلال المحافظة على الوثائق المناسبة و/أو تطوير وتعبئة النماذج ذات الصلة. تخضع هذه السجلات إلى التفتيش التنظيمي. يُشارك الـ RSO وممثلو السلامة من الإشعاع في المناطق التي تستخدم المواد المشعة في عمليات المراجعة الداخلية والتفتيش التنظيمي.

تتألف هذه الأنشطة من دراسة الإجراءات والسجلات المُثَلَّة وقياسات مستويات الإشعاع في مناطق مختارة وإجراء مقابلات مع الموظفين و/أو المراقبات. إذا بينت نتائج التدقيق والفحص وجود ظروف عدم الامتثال (سواء كانت مُدرجة كانتهاكات أو كتوصيات) فلا بد من معالجة هذه الظروف في أقرب وقت ممكن. يتشارك المُستخدمون المخولون والـ RSO بمسؤولية التأكد من تنفيذ الإجراءات التصحيحية وأن احتمال تكرار هذه الانتهاكات هو في الحدود الدنيا.

إذا تطلبت البنود التصحيحية إنفاق غير مخطط له أو تطلبت موارد أخرى ليست متاحة للـ RSO، فإن الـ RSO سوف يُقدم هذه البنود ويقترح مسار العمل على الإدارة والـ RSC أو كليهما معاً. يجب توثيق الموافقة أو عدم الموافقة (مع الشرح) في محاضر اجتماعات الـ RSC.

Multilevel Radiation Safety Training التدريب متعدد المستويات على السلامة الإشعاعية

لا بد من أن يتلقى جميع الأشخاص الذين هم على علاقة باستخدام مصادر الإشعاع تدريباً وتعليماً خاصاً بمنطقة عملهم أو الجهاز/الطريقة التي يعملون بها. تُحدد النظم الفيدرالية (5) وأنظمة الولاية هذه المتطلبات كما يوفر التقرير رقم No. 105 للـ NCRP (NCRPM، ١٩٨٩) المبادئ التوجيهية العامة. يتحمل الـ RSO مسؤولية ضمان أن يمتلك المُستخدمين المرخصين المؤهلات المطلوبة (قانون الأنظمة الاتحادية) وأن يتلقى المُستخدمون الآخرون التعليمات اللازمة. يمكن للتدريب أن يأخذ عدة أشكال اعتماداً على نطاق العمليات حيث يمكن أن يكون التدريب عبارة عن سلسلة محاضرات رسمية (حية أو بمساعدة الحاسوب) أو أن يكون ذا علاقة بموضوع معين خلال الخدمات أو أن يكون عرض لأشرطة فيديو مع إشراف تليه جلسات أسئلة والأجوبة. يجب توفير التدريب لجميع الأفراد الذين من المحتمل أن يتلقوا جرعة مهنية بقيمة (١) ميليسيفرت (milliSievert) 100 mrem في السنة.

يجب أن تكون الموضوعات العامة التالية مشمولة في التدريب: (١) معلومات عن مكان ومصادر الإشعاع، (٢) أساسيات للإشعاع، (٣) الآثار الصحية الناجمة عن التعرض للإشعاع، (٤) مبادئ الحماية من الإشعاع،

(٥) سياسات وإجراءات خاصة بالمنطقة تعتمد على اللوائح وعلى الأسس العلمية ، (٦) معلومات عن المنشورات ، (٧) جهات الاتصال ذات الصلة بالسلامة من الإشعاع. يُقدّم المزيد من المعلومات التفصيلية كجزء من التعليمات الخاصة بالمنطقة/الطريقة (تزويد تعليمات قيود المرضى والزوار إلى موظفي التمرريض ، وتزويد تعليمات تقنيات التشغيل التي تقلل من جرعة المرضى والموظفين إلى جميع العاملين المشاركين في إجراءات أجهزة التصوير بأشعة). يجب الإيعاز إلى العاملين أن يُبلغوا الـ RSO عن أي حالة تُشكل أو تؤدي إلى وضع غير آمن و/أو تُخالف الإجراءات المتبعة.

تتطلب العديد من الإجراءات الطبية تعليمًا خاصًا للمريض. يمكن أن تُقدّم هذه التعليمات إما من قِبَل الـ RSO أو من قبل الطبيب المسئول عن الحالة أو من قبل موظفي رعاية صحية متدربين ويعتمد ذلك على نوع الإجراء.

مراقبة الجرعات الإشعاعية المهنية للموظفين Monitoring of Occupational Radiation Doses of Personnel

يتوجب على كل مُستخدم مُصرّح للمواد المشعة وكل مُسجّل لجهاز يولد أشعة مؤينة توفير أجهزة مراقبة شخصية لفئات معينة من الأفراد الذين يمكن أن يتعرضوا للإشعاع أثناء عملهم. تشمل هذه الفئات على وجه التحديد الأفراد الذين من المحتمل أن يتلقوا جرعة من الإشعاع تزيد عن ١٠٪ من الحد المهني المناسب المسموح أو الأفراد الذين يدخلون المناطق "عالية الإشعاع" و "ذات المستوى العالي جداً من الإشعاع" (قوانين الأنظمة الاتحادية) (تحديد حدود خاصة للقاصرين وللموظفات النساء الحوامل). تتوفر في السوق أنواع مختلفة من مقاييس الجرعات. يتخذ الـ RSO القرار النهائي بخصوص مدى ملائمة وأنواع مقاييس الجرعات المخصصة للأفراد الذين يعملون في المناطق المختلفة. على سبيل المثال ، تناسب مقاييس الجرعات الإشعاعية التي توضع على الياقة الموظفين الذين يعملون مع الكشف الفلوري بينما تُناسب مقاييس الجرعات الإشعاعية التي توضع على الإصبع أو المعصم الموظفين العاملين مع المواد المشعة في الطب النووي. تشمل العديد من التقنيات المطبقة لهذا الغرض على فيلم التلألؤ الحراري "thermoluminescence" (TLD) والتلألؤ المُحفّز ضوئياً (OLS). أياً كان الخيار ، يجب على مزود خدمة قياس الجرعات أن يكون حاصلاً على اعتماد من برنامج اعتماد المختبرات الاختياري الوطني (NVLAP) ومن المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا (NIST).

يتحمل الـ RSO مسؤولية تعقب الجرعات الإشعاعية للأفراد والتحقيق في كل الحالات التي تتجاوز فيها هذه الجرعات مستويات الـ ALARA الموضوعية. لاحظ أنه على الرغم من أن وجود برنامج ALARA في البيئة الطبية ومراجعتها السنوية من قِبَل الـ RSC هو أمر مُلزم ، فإن مستويات الجرعات التي يمكن بموجبها إجراء تحقيقٍ ما أو اتخاذ إجراءات أخرى تعتمد على قرار الـ RSC.

ضبط المواد المشعة Control of Radioactive Materials

يتحمل الـ RSO مسؤولية وضع (والمحافظة على) نظام مراقبة يتم بموجبه طلب وتلقي المواد من قبل المستخدمين المخولين فقط ووفقاً لشروط الترخيص. هناك على العموم أكثر من منطقة مُحددة يتم فيها التسليم الفعلي لهذه المواد. بالإضافة إلى التحقق من قبل المستخدم، يقوم الأفراد الذين يتلقون المواد المشعة بضمان عدم وجود أي تلوث خارجي على الطرود.

يتحمل المستخدمون المخولون مسؤولية استخدام المواد وفقاً للإجراءات الموضوعة والخاصة بالمنطقة. يجب تخزين المواد المشعة عندما لا تكون قيد الاستعمال، بأمان بطريقة تمنع الاستخدام غير المصرح به. ينصح عادة بالحفاظ على كمية من المواد كافية فقط لمتابعة التشغيل. يجب مسح جميع المناطق التي تستخدم المواد المشعة للتأكد من عدم وجود تلوث مُشع قابل للنقل. تتحدد أنواع وتواترات هذه الاستطلاعات وفقاً للمنطقة. يجب ألا يتم نقل المواد المشعة (داخلياً وخارجياً) إلا بإذن من الـ RSO. يجب ألا تتم مثل هذه التحويلات في جميع الأحوال إلا بين الجهات المخولة أو المرخص لها بالاستخدام.

يجب التخلص من المواد المشعة المُستخدمة (المستهلكة) بطريقة صحيحة. يتحمل الـ RSO مسؤولية تطوير برنامج إدارة النفايات الإشعاعية (radwaste) والإشراف عليه. باستثناء بعض النظائر المشعة طويلة الأمد (مثل الكربون 14) والمُستخدم في الأبحاث الإكلينيكية، فإن غالبية النظائر المشعة المُستخدمة في التطبيقات الإكلينيكية الروتينية تُصنف في فئتين: (١) النظائر المشعة قصيرة الأمد المُستخدمة في التشخيص (أي التكنيتيوم 99m) والإجراءات العلاجية (اليود 131)، (٢) المصادر المختومة المُستخدمة للأغراض العلاجية (أي إيريدיום 192). يتم عموماً التخلص من النفايات المشعة التي تحتوي على نظائر طويلة الأمد عن طريق استخدام متعاقدين خارجيين للنفايات. يمكن التخلص من النفايات المشعة التي تحتوي على نظائر قصيرة الأمد في الموقع بطريقة "الاضمحلال في التخزين" (DIS). أما المصادر المختومة التي لم تعد هناك حاجة إليها فتُعاد عموماً إلى مورديها. مهما كانت طريقة التخلص من هذه النفايات فيجب أن تُجرد جميع المواد كما يجب تسمية النفايات المُخزنة بشكل صحيح (قانون اللوائح الفيدرالية) كما يجب أن تُحقق المركبات التي تُستخدم لنقل النفايات (وطرود المصادر التي لا حاجة لها) المعايير المحلية والاتحادية الملائمة (USDOT). كما يجب أن تخضع المنشآت التي لم تعد تُستخدم فيها النظائر المشعة إلى التطهير السليم، إذا لزم الأمر وقفها عن العمل تحت إشراف الـ RSO.

المشاركة الفعالة في تخطيط المنشآت الجديدة المُجددة**Active Participation in Planning of New or Remodeled Facilities**

يجب قبل إجراء أي تغييرات هيكلية في المناطق التي تحتوي على المواد المشعة و/أو التجهيزات المُنتجة للإشعاع إخطار الـ RSO لكي يقوم بتزويد تقييم عن كفاية الحماية من الإشعاع بالنسبة إلى التغييرات المقترحة. يجب على الإدارة من أجل تسهيل هذا التقييم أن توفر كل التفاصيل المطلوبة إلى الـ RSO. يجب أن يشمل تقييم الكفاية

(وتوصيات التصحيح إذا اقتضت الحاجة) على الجانب المتعلق بحماية عامة الناس (قانون الأنظمة الاتحادية). يجب تعطيل أي جهاز مُنتج للإشعاع إذا لم يعد قيد الاستخدام.

الاستجابة إلى الحوادث/الحالات والتحقيق فيها Eponse to and Investigation of Incidents/Accidents

يجب التحقيق بجميع الحوادث المتعلقة بالإشعاع (مثل سوء الإعطاء والجرعات المهنية التي تتجاوز مستويات الـ ALARA للمؤسسة) على الفور. تتطلب بعض الحالات المعينة ضرورة إبلاغها إلى الوكالات التنظيمية في غضون ٢٤ ساعة من وقوعها (قانون الأنظمة الاتحادية). بالإضافة إلى بذل الجهود من أجل التعرف على السبب واقتراح الإجراءات التصحيحية، يجب على الـ RSO وضع خطة لمنع تكرار مثل هذه الحوادث.

وبالمثل، تتطلب جميع الحوادث (مثل فقدان السيطرة على المواد المشعة والمريض الذي تلوّث بالإشعاع خارج الموقع وتواجد في غرفة الطوارئ) استجابة سريعة من الـ RSO و/أو الكادر المعين للسلامة من الإشعاع. إن الاستجابة الإشعاعية في معظم المنشآت الطبية هي جزء من خطة حالات الطوارئ العامة (أو حالات الكوارث). يُعتبر التدريب والتدريب التجريبي المناسب ضرورياً لاختبار فعالية مثل هذه الخطط.

برنامج إدارة الجودة Quality Management Program (QMP)

تتطلب معظم برامج السلامة الإشعاعية الطبية من الإدارات المستخدمة الفردية أن تضع وتنفذ برنامج لإدارة الجودة (QMP). يهدف هذا النهج إلى الوقاية من التعرض غير اللازم للإشعاع ويوسع استمرارية أنشطة الحماية إلى الموظفين وعامة الناس والمرضى دون التعدي على حقوق الأطباء في الممارسة. يجب على إدارة المنظمة من أجل إنجاز هذه المهام أن تضمن توفر الموارد المناسبة لبرنامج السلامة الإشعاعية.

موارد برنامج السلامة الإشعاعية الطبية واستعمالها

Medical Radiation safety Program Resources and their Utilization

تعتمد احتياجات تشغيل برنامج السلامة الإشعاعية الطبي الفعال على حجم ونطاق المنظمة. ومع ذلك فإن هناك بعض الموارد العامة اللازمة لعمل البرنامج. تشمل هذه الموارد على ما يلي:

- ١- تهيئة الكادر الملائم.
- ٢- مكتب السلامة من الإشعاع.
- ٣- مختبر الفيزياء الصحية (أو الوصول إلى أحد هذه المختبرات في البرامج المشتركة التي توجد في العديد من المراكز الجامعية).
- ٤- مرافق وتجهيزات للتعامل مع التخزين والنفايات المشعة.
- ٥- الموارد المالية والوسائل اللوجستية لتنفيذ البرنامج.

توفير الكادر الملائم Appropriate Staffing

ينبغي أن يكون الـ RSO المعين فيزيائياً في الصحة الطبية وذا معرفة تقنية وتشغيلية وثيقة الصلة في المجال. يمكن في البيئات الصغيرة تخصيص طبيب مناسب (أي طبيب أشعة أو طبيب أورام) لديه خبرة في التعامل مع المواد في منصب الـ RSO. يجب على هذا الشخص لكي يكون مقبولاً في هذا المنصب أن يكون حاصلاً على المؤهلات المناسبة والمحددة بالتنظيمات الفدرالية و/أو أنظمة الولاية (٥). ومن المستحسن بالنسبة إلى الشخص الذي سيشغل هذا المنصب أن يكون مُنظماً بشكل جيد وأن يمتلك المهارات وأن يكون جيد التواصل. بالإضافة إلى ذلك، يجب على الـ RSO أن يكون ذا طبع جيد بجانب السرير (أو عليه تطوير هذا الطبع) الذي يُعتبر أمراً أساسياً في البيئة الإشعاعية. مهما يكن حجم برنامج السلامة الإشعاعية، فيجب أن يكون للـ RSO نائباً احتياطياً مناسباً. يحتاج هذا الشخص (أو هؤلاء الأشخاص) لأن يكون على دراية وأن يكون قادراً على أن يحل محل الـ RSO في الوظائف الروتينية والطارئة لضمان استمرارية البرنامج في جميع الحالات. تضم البرامج الكبيرة مساعدين متعددين (أي نواب أو مناوين). بالإضافة إلى ذلك، يحتاج البرنامج إلى موظفين فنيين وكتاب يؤدون مهام يومية واضحة. يتحدد عدد ومستوى الموظفين بنطاق التشغيل وعدد ونوع الخدمات الداخلية المطلوب في بيئة مُحددة.

مكتب السلامة الإشعاعية The Radiation Safety Office

- يُعتبر مكتب الـ RSO قلب تشغيل برنامج السلامة من الإشعاع. إنه المكان الذي تُجمَع فيه جميع الوثائق المناسبة وتُخزن. تشمل معظم الوثائق الأساسية على ما يلي:
- ١- رخص المواد المشعة وتعديلاتها وتجديداتها والمواد الداعمة.
 - ٢- سجلات الاتصالات مع الوكالات التنظيمية فيما يتعلق بكافة جوانب البرنامج (مثل الترخيص والتفتيش).
 - ٣- سجلات التفاعل مع الإدارة والـ RSC (بما في ذلك محاضر الجلسات ومواد الدعم) والمستخدمين المرخصين وغيرهم من الأشخاص من حيث صلتهم بالسلامة الإشعاعية.
 - ٤- نتائج المراجعة الداخلية والتفتيش.
 - ٥- سجلات مراقبة الإشعاع للموظفين.
 - ٦- سجلات الحالات (مثل الإدارة السيئة) والحوادث (مثل فقدان السيطرة على المواد المشعة) بحيث تشمل التاريخ والمكان وأسماء الأفراد المشاركين/المسؤولين/المتضررين ووصف للحوادث ونتائج التحقيق والإجراءات المتخذة (والمعلقة) والحل والقرار (والإجراءات المتخذة/المعلقة) لمنع تكرار الحوادث.
 - ٧- الوثائق ذات الصلة بضبط المواد المشعة من تلقاها إلى التخلص السليم منها.
 - ٨- سجلات الامتثال التي تعكس الإجراءات الروتينية والدورية للسلامة الإشعاعية (مثل مسح المناطق ومعايرة الأدوات وسلامة نتائج اختبار المصادر المختومة).

٩- مواد التدريب على السلامة من الإشعاع والسجلات متعددة المستويات خلال الخدمات والمحاضرات.

١٠- الرسوم التوضيحية للمنشآت وتقارير التدريب (عند الاقتضاء).

يمكن حالياً توليد عدد من هذه الوثائق وتخزينها في ملفات الكمبيوتر، ولكن باعتبار أن بعض السجلات المعينة (مثل التراخيص الأصلية وطلبات الجرعة المهنية) تحمل توقيعات فيجب أن تكون مخزنة على شكل ملفات مطبوعة.

مختبر الفيزياء الصحية Health Physics Laboratory

يُعتبر هذا المختبر ضرورياً لكادر السلامة الإشعاعية لتنفيذ عمليات المراقبة والتقييم لظروف بيئة العمل. يجب أن تتوفر بعض أو جميع التجهيزات التالية (١٥):

١- أجهزة المراقبة المحمولة مثل عدادات G-M وغرف التأين وكاشفات النيوترونات وأجهزة أخذ عينات الهواء ومقاييس السرعة (velometers).

٢- تجهيزات جمع وتحضير العينات مثل أنظمة أخذ عينات الهواء أو أنظمة المراقبة وحوايات محمية وغيرها من المعدات المتخصصة لأخذ العينات مثل الخلايا الساخنة وأجهزة التعامل عن بعد من أجل الصيدلة الإشعاعية (radiopharmacy).

٣- تجهيزات العد مثل عدادات التلألؤ السائلة ومقاييس الطيف غاما وما يرتبط بها من تجهيزات التحليل المحوسبة والبرمجيات وأجهزة معايرة/تحليل النشاط الإشعاعي.

٤- مركبات متخصصة إذا تم التخطيط لنقل أي نوع من أنواع المواد الإشعاعية وأخذ العينات ومراقبة البيئة الخارجية.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يكون للمنشأة الطبية القدرة على المعايرة/الإصلاح. يمكن تحقيق ذلك عن طريق التعاقد مع شركة خارجية أو عن طريق الخدمة الداخلية. من الضروري في الحالة الأخيرة وجود ارتباط وثيق لبرنامج السلامة من الإشعاع مع برنامج الهندسة الإكلينيكية.

مرافق تخزين النفايات الإشعاعية والتعامل معها Storage and Radwaste Handling Facilities

مرة أخرى، يتطلب تخزين ومعالجة النفايات المشعة دراسة متأنية وتخصيص مساحات/تجهيزات وذلك اعتماداً على نطاق وحجم العملية. يجب حالياً الأخذ بعين الاعتبار استعدادات الترميد وتوفير المساحة المضبوطة للنظائر المشعة قصيرة الأمد والتخزين مُخَفَّض الحجم (التراص والتصلب) في الموقع للنظائر المشعة طويلة الأمد وذلك بسبب تصاعد تكاليف التخلص من النفايات وعدم اليقين من الدفن الأرضي.

الموارد المالية والوسائل اللوجستية اللازمة لتنفيذ البرنامج

Financial Resources and Logistical Means to Conduct the Program

تُعتبر الموارد المالية ضرورية لشراء التجهيزات المناسبة والخدمات والإمدادات اللازمة من أجل تنفيذ هذا البرنامج (مثل أجهزة مراقبة الأفراد وإصلاح/ معايرة التجهيزات). وبالإضافة إلى ذلك، فإن هناك رسوماً لإصدار التراخيص والتفتيش. يجب أن يُزوّد الـ RSO بالوسائل اللوجستية من أجل الحصول على الأموال اللازمة على نحو ملائم.

يُعتبر التعليم المستمر عنصراً أساسياً في برامج السلامة الإشعاعية. إنه ينطوي على نفقات مالية يجب أن تُدرج في الميزانية العامة. يجب توفير الموارد المالية والوقت للـ RSO من أجل حضور المؤتمرات والدورات المهنية ولشراء و/أو وضع المواد التعليمية. يتعين على الـ RSO وضع إجراءات سلامة إشعاعية مُحددة كلما تم تقديم إجراء جديد كما يتوجب عليه توفير تدريب استهلاكي وإعادة تدريب للموظفين المعنيين.

مستقبل السلامة الإشعاعية

The Future of Radiation Safety

يتطلب المجال مستمر النمو للاستخدامات الطبية للمواد المشعة والتجهيزات المنتجة للإشعاع لأغراض التشخيص والعلاج وتحديثات وتحسينات مستمرة لبرامج السلامة من الإشعاع. تتطلب الاستخدامات الجديدة من الـ RSO ومن كادر السلامة الإشعاعية ليس فقط مواكبة الأنظمة ذات الصلة وإنما أيضاً الاطلاع على التطورات الجديدة في مجال التطبيقات الطبية. يتحقق ذلك بالجزء الأكبر من خلال المشاركة في المؤتمرات والدورات للجمعيات المهنية (مثل جمعية الفيزياء الصحية (HPS) والرابطة الأمريكية للفيزيائيين في الطب (AAPM) وجمعية الطب النووي (NMS)). يقوم مُصنعين وموزعين التجهيزات المتخصصة في بعض الحالات (مثل أنظمة High Dose Rate Brachytherapy) بتوفير تدريب مكثف في الموقع كجزء من عقد البيع أو الخدمة. فمن الضروري بالنسبة إلى الـ RSO أن يُشارك في مثل هذا التدريب وأن يتم ضمان مشاركة جميع الأفراد الذين سيشاركون في الاستخدامات الإشعاعية لمثل هذه التجهيزات.

تشمل العديد من التطبيقات الجديدة للإشعاع والمواد المشعة على استخدامات أخرى غير التشخيص أو علاج أمراض السرطان. إن آخر مثال على ذلك هو العلاج الإشعاعي الموضعي داخل الأوعية الدموية والذي يتعلق بإدخال المصادر المشعة في النظام التاجي لمنع عودة تضيق الشريان. تتطلب هذه التطبيقات من الـ RSO أن يكون جزءاً من فريق متعدد التخصصات.

أما المجال الآخر الذي يتوسع فيه دور الـ RSO فهو المشاركة في المجتمع المحلي. نظراً لتعدد خبرات الأفراد الذين يشغلون هذه المناصب في المؤسسات الطبية فإنهم يناسبون تماماً للعمل في المجالس الاستشارية التنظيمية ومشاركة

معرفتهم بالإشعاع مع المنظمات المحلية والوطنية والدولية (على سبيل المثال، أقسام الإطفاء المحلية والاستعداد الوطني للطوارئ الإشعاعية) ومع المدارس الثانوية المحلية ورابطات المعلمين، والأهم من ذلك مع وسائل الإعلام. تتصف بداية القرن الواحد والعشرون بأنها حقبة نقص في موارد الطاقة، وبذلك فإنه من المهم بالنسبة إلى مهنيي الإشعاع أن يعملوا بجد في الجهود الرامية إلى وقف تيار الجهل والخوف غير المعقول وسوء الفهم للإشعاع.

المراجع

References

- Cember H. Evolution of Radiation Safety Standards and Regulations. In Roessler CE (ed). Management and Administration of Radiation Safety Programs, Health Physics Society 1998 Summer School. Madison, WI, Medical Physics Publishing, 1998.
- Code of Federal Regulations, Energy, Title 10: NRC, Parts 1-50. Washington, DC, US NRC,
- FDA. Code of Federal Regulations, Federal Performance Standards, Title 21. Rockville, MD, FDA,
- FDA. The Code of Federal Regulations, Food and Drug Administration, Title 21, Part 361.
- Henderickx H. (Roos E. transl) Plutonium: Blessing or Curse? Denver, The Cooper Beach, 1998.
- International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73; Ann ICRP 26(2). Oxford, Pergamon Press, 1996.
- Jones CG, Raddatz CT. The U.S. Nuclear Regulatory Commission's Regulatory Program. In Roessler CE (ed). Management and Administration of Radiation Safety Programs, Health Physics Society 1998 Summer School. Madison, WI, Medical Physics Publishing, 1998.
- Laska RD. Medicine and Public Health. New York, New York Academy of Medicine, 1997.
- Miller KL. Handbook of Management of Radiation Protection Programs, 2nd Edition. Boca Raton, FL, CRC Press, 1992.
- National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Protection for Medical and Allied Health Personnel, NCRP Report No. 105. Bethesda, MD, NCRP, 1989.
- Rockville, MD, FDA,
- Strzelczyk J. Radiogenic Health Effects: Communicating Risks to the General Public. In Kappas C, Del Guerra A, Kolitsi Z, et al (eds). VI International Conference on Medical Physics, Patras, Greece, September 1999. Bologna, Italy, Monduzzi Editore, 1999.
- Trueblood JH, Furr WL. Hospital Health Physics Organization. In Eichholz GG, Shonka JJ (eds). Hospital Health Physics: Proceedings of the 1993 Health Physics Summer School. Richland, WA, Research Enterprises, 1993.
- USDOT. The Code of Federal Regulations, U.S. Department of Transportation, Title 49. Washington, DC, USDOT,
- USNRC. Management of Radioactive Material Safety Programs at Medical Facilities. Washington, DC, National Technical Information Service, 1997.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. Regulatory Guide 10.8: Guide for the Preparation of Applications for Medical Use Programs. Washington, DC, USNRC Office of Nuclear Regulatory Research, 1987.
- Vetter RJ. Radiation Safety in a Medical Facility. In Roessler CE (ed). Management and Administration of Radiation Safety Programs, Health Physics Society 1998 Summer School. Madison, WI, Medical Physics Publishing, 1998.