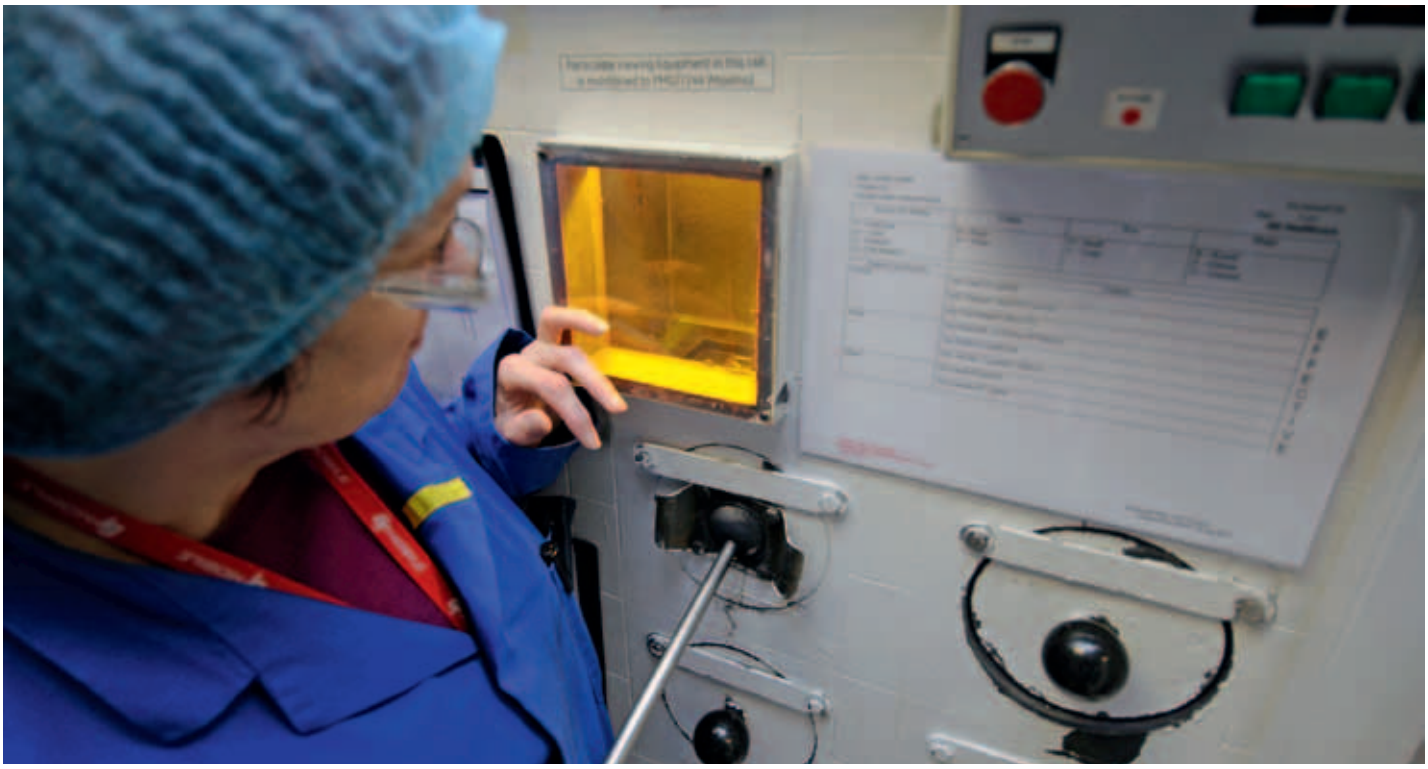
ماذا يكمنُ في الباطن

استخدامُ المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لكشف وتحديد الأمراض الكامنة داخل الجسم البشري



موظفة تنظر إلى داخل حاوية مدرَّعة، وهي تُعِدُّ مستحضرات صيدلانية إشعاعية لتعبئتها في قارورات زجاجية. (مصدر الصورة: دي. كالما/ الوكالة)

كانت المقدرةُ على تحديد موضع وحجم كتلةٍ سرطانية كامنة داخل جسم شخص مريض أمراً عصيًّا على التفكير قبل أقل من مائة عام خلت. وأما اليوم فقد أصبح بمستطاع الأطباء، بفضل الاستعانة بآلات خاصة للمسح الضوئي، أن يستخدموا العقاقير المشعَّة، المعروفة باسم المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية، أن ينظروا بلمحةٍ سريعة داخل الجسم البشري، كما يمكن أن تُستخدَم هذه المستحضرات الصيدلانية في معالجة كثير من الحالات الطبية. وأصبحت المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية تؤدي، في الطبّ النووي، دوراً لا غنى عنه في تطبيق أقل الأساليب اقتحاماً مزعجاً في إدارة الطرائق الإجرائية في التشخيص، والعلاج والرعاية الصحية بشأن كثير من الأمراض، وبخاصةٍ السرطان، وكذلك في التخفيف من الآلام المقترنة بأنواع معيَّنة من أمراض السرطان.

داخل المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية

المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية هي عقاقير تحتوي على مواد مشعَّة تسمى النظائر المشعَّة. والنظائر المشعَّة هي ذرات تبعث إشعاعات هي عبارة عن أشعة أو جُسيمات غاما. وفي بعض الحالات تُستخدَم في المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية نظائر مشعَّة تبعث توليفةً من هذه الأنواع من الإشعاعات جميعها.

والنظائر المشعَّة المستخدمة في المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية يمكن إنتاجها بتشعيع مادة مستهدفة محدَّدة داخل مفاعل بحوث نووي أو في معجِّلات للجُسيمات، ومنها مثلاً المعجِّلات السيكلوترونية[1]. ولدى إنتاج النظائر المشعَّة، تُوسم نظيرياً بجزيئات معيَّنة استناداً إلى خصائص أحيائية (بيولوجية)، تنتج عنها بعد ذلك مستحضرات صيدلانية إشعاعية.

كيف تعمل المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية، وكيف تُستخدم في الطبِّ

عندما يقرِّر طبيب أن يستخدم مستحضرات صيدلانية إشعاعية بحقنها في مريض لأغراض التشخيص أو العلاج أو كليهما معاً، فإنَّ هذه العقاقير تُقدَّم عموماً من خلال حقنها، شفوياً أو إدخالاً في تجويف في جسم المريض. وحالما تصبح داخل الجسم، تسبِّب الخصائص الفيزيائية المختلفة والخواص الكيميائية للمستحضرات

[1] السيكلوترون هو آلة مركَّبة تُعجِّل الجسيمات الذرّية المشحونة كهربائياً في حُجيرة مفرَّغة إلى الخارج من المركز في مسار دائري لولبي. وأثناء عملية التعجيل، تكتسب الجسيمات المشحونة طاقة عليا. ثم تتفاعل الجسيمات المشحونة بالطاقة مع المادة المستقرة الموضوعة في مسارها. ويحوّل التفاعل المواد المستقرّة إلى نظائر مشعَّة مفيدة طبياً تُستخدم لصنع مستحضرات صيدلانية إشعاعية.

الصيدلانية الإشعاعية تفاعلها أو ترابطها مع البروتينات (الزُلالات) أو السكريات داخل الجسم. وهذا يعني أيضاً أنَّ هذه العقاقير تتركَّز غالباً بقدر أكبر في أجزاء معيَّنة من الجسم تبعاً للخصائص البيولوجية (الأحيائية) لتلك المنطقة. ولذلك يصبح بمستطاع الأطباء أن يستهدفوا بدقةٍ مناطق من الجسم بانتقاء أنواع محدَّدة من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية.

وعلى سبيل المثال، يوجد حالياً عدَّة أنواع من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية التي تتراكم تفاضلياً في النُّسُج السرطانية، مما يجعل تلك المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية أدوات فعالة لتشخيص ومعالجة أنواع معيَّنة من السرطان. وهذا مماثل لمستحضرات صيدلانية إشعاعية أخرى.

وفي غضون بضع ساعات أو بضعة أيام، تتبعثر المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية على مستويات غير قابلة للكشف أو يُقضى عليها ولا تظل بعدُ داخل الجسم.

لأغراض التصوير التشخيصي

عندما تُستخدم المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لأغراض التصوير التشخيصي، ينتقي الطبيب مستحضراً صيدلانياً إشعاعياً يحتوي على نظير مشع يبتعث أشعة غاما أو إشعاعاً جسيمياً مما يُسمى بوزيترونات موجبة الشحنة، يمكن كشفها باستخدام آلة تصوير وميضية لأشعة غاما أو ماسحات ضوئية لتصوير أشعة غاما. ويمكن أن تكشف هذه الآلات أين تتركز المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية وتبتعث الإشعاعات، وذلك بترجمة هذه المعلومات إلى صور ثنائية أو ثلاثية الأبعاد تسلط الضوء على موضع وحجم العضو أو النسيج، بما في ذلك الآفات السرطانية. وتُستخدم تقنية التصوير التشخيصي على نطاق واسع واعتيادي في علم وطب الأمراض القلبية ولتشخيص اضطرابات الغدة الدَرقية؛ كما يُفحص كثير من الأجزاء الأخرى من الجسم (ومنها مثلاً الكبد والكِلى والدماغ والهيكل العظمى، وغيرها) باستخدام المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية التشخيصية.

وبالإضافة إلى جمع المعلومات الدقيقة عن حجم وشكل وموضع العديد من الأعضاء والأورام المختلفة، تُستخدم المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية وتقنية التصوير التشخيصي للحصول على معلومات عن وظائف مختلف المنظومات أو الأجهزة في جسدنا. وعلى سبيل المثال، تستخدم تقنية التصوير القلبي لتقييم وظائف القلب وقدراته، ولرؤية كيف يُضخ الدم من خلال القلب، ولفحص القلب بحثاً عن أيِّ نُسج ميتة أو متضررة. وهذا الاختبار التشخيصي هو أشيع هذه الاختبارات استخداماً من أجل مساعدة مرضى القلب على تلقِّي العلاج الملائم في الوقت المناسب، ومن أجل متابعة حالتهم الصحية دورياً. وأما بالنسبة إلى مرضى السرطان، فتُستخدم هذه التقنية التصويرية لتقييم

المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية هي عقاقير تحتوي على مواد مشعَّة. وهي تُحقَن في المريض، فموياً أو تُدخل في جوف الجسم.
(مصدر الصورة: دي.كالما/ الوكالة)

كيفية استجابة السرطان للمعالجة، وللسهر على مراقبة المريض لالتقاط صورة تكشف أي ورم سرطاني متكرر بغية تقديم العلاج في حينه لمنع تطور الحالة السرطانية أكثر من ذلك.

والمستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لأغراض التصوير التشخيصي تبتعث مقادير صغيرة من الإشعاعات التي تُعتبر ذات فائدة صافية للمريض. وتكنولوجيتا التصوير المستخدمتان في المقام الأول مع المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية هما الجهاز الماسح للتصوير المقطعي الحاسوبي بالابتعاث الفوتوني المفرد (SPECT) لكشف أشعة غاما، والجهاز الماسح للتصوير المقطعي بالابتعاث البوزيتروني (PET) لكشف البوزيترونات. وعندما يُستخدم الجهازان الماسحان (PET) و/أو (SPECT) في توليفة تجمع معهما تقنية التصوير المقطعي المحوسَب التقليدي، وهي نوع آخر من تكنولوجيات المسح الضوئي، يمكن كشف الإشعاعات المبتعثة من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية من أجل ضبط دقة التحديد في التصوير.

وأشيع المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية استخداماً في التصوير المقطعي الحاسوبي بالابتعاث الفوتوني المفرد (SPECT) هي التي تحتوي على التكنيتيوم-٩٩م. فهي تستخدم في أكثر مما نسبته ٨٠ في المائة من مجموع الطرائق الإجرائية التشخيصية في الطبِّ النووي؛ وفي أكثر الأحيان تُستخدم للمسح الضوئي للقلب والعظام. ويُنتج التكنيتيوم-٩٩م من نظيره المشع الأصلي المسمى موليبدنوم-٩٩ من خلال نظام مولِّد. ويمكن أن يُوسم التكنيتيوم-٩٩م بعدة جزيئات مختلفة لإنتاج عدد من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية المصمَّمة لاستهداف أعضاء أو أمراض معيَّنة.

أما فيما يخص التصوير المقطعي بالابتعاث البوزيتروني (PET) فإنَّ المستحضر الصيدلاني الإشعاعي المستخدم على أوسع نطاق هو الفلورو ديوكسي غلوكوز الفلور-١٨ (FDG)، مماثِل للغلوكوز يُمتص بسهولة أكثر في خلايا السرطان الناشطة جداً من

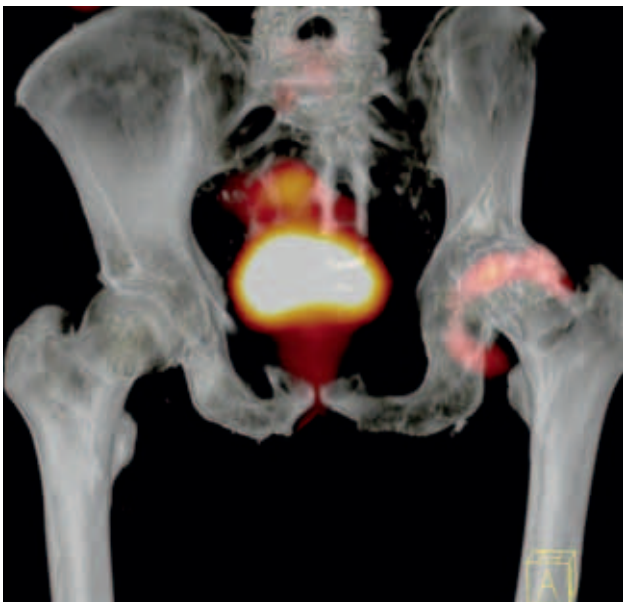
أطباء يحقنون مستحضراً صيدلانياً إشعاعياً داخل مريض، ثم يُكشف بآلة مسح ضوئي. وبعد ذلك يُحلِّل الأطباء الصور المستخرجة من الماسحة الضوئية، وذلك من أجل تحديد مسار العمل التالي في معالجة المريض.
(مصدر الصورة: إنريك إسترادا لوباتو/ الوكالة)

امتصاصه في الخلايا الصحيحة، ويحتوي على نظير مشع يُسمى الفلور-١٨. وهذا الفلور-١٨ يُنتج بواسطة قصف إشعاعي على الأُكسيجين-١٨ باستخدام بروتونات عالية الطاقة داخل جهاز سيكلوتروني معجِّل، وهو نوع من معجِّلات الجُسيمات. ثم يُوسم الفلور-١٨ بعدَّة جزيئات مختلفة لإنتاج عدد من المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية المعيَّنة التي تُستخدم في التصوير المقطعي بالابتعاث البوزيتروني (PET) بخصوص بعض الأعضاء والأمراض.

لأغراض التطبيقات العلاجية

بعد أن يتم تشخيصُ مرضٍ ما، قد يكون العلاج باستخدام المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية، في بعض الحالات، أفضل مسار للمعالجة. ويختار الأطباء المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية العِلاجية لأنَّ هذه العقاقير تحتوي على نظائر مشعَّة تبتعث إشعاعات جُسيمية قوية المفعول بقدر كاف لتدمير الخلايا المريضة. ويعتمد العلاج بالمستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لتصوير وتشخيص الأمراض على مدى الفعالية التي يمكن بها أن تحدِّد هذه المستحضرات الصيدلانية موضع النسيج أو العضو المراد معالجته، والتي تتوقف هي أيضاً على كيفية تفاعل الجسم مع هذه المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية. ولدى انتقاء هذه المستحضرات تُحقَن بجُرعات أكبر فأكبر بغية إيصال الجرعات المستهدَفة من الإشعاعات إلى المناطق الإشكالية من جسم المريض.

وعلى سبيل المثال، فإنَّ يوديد الصوديوم-١٣١ المشع في شكل اليود، هو مستحضر صيدلاني إشعاعي يُستخدم على نحو شائع في معالجة سرطان الغدة الدرقية، وحسبما تبيَّن للعلماء فإنَّ كل اليود تقريباً من الدم يتراكم في الغدة الدرقية. وهذا يعني أنه حينما يحقن الطبيب جرعةً من يوديد الصوديوم-١٣١ فإن الغدة الدرقية تمتص العقَّار تقريباً على وجه الحصر، مما يدع الجسم فعلياً في منأىً عن التأثر به. ولدى امتصاص هذه المادة داخل الغدة الدرقية، تطلق الجرعة العالية من اليود المشع إشعاعات تدمر خلايا الغدة، ومن ثم الخلايا السرطانية ضمناً. وليس ثمة من معالجة تقليدية يمكن الاستعاضة بها عن استخدام يوديد الصوديوم-١٣١ من أجل معالجة سرطانات الغدة الدرقية أو حالات الغدة الدرقية المفرِطة النشاط.



الإشعاعات التي يطلقها مستحضر صيدلاني إشعاعي تُكشف بواسطة جهاز متخصِّص، قادر على إنتاج صورة شبيهة بهذه الصورة. وتبيِّن هذه الصورة التشخيصية نتائج المسح بالتصوير المقطعي الحاسوبي بالابتعاث الفوتوني المفرد (SPECT) والتصوير المقطعي الحاسوبي (CT) للهيكل العظمي لمريضة تعاني من التهاب حاد في الورك الأيسر من جراء تصلُّب الأوعية والأعصاب.
(مصدر الصورة: إنريك إسترادا لوباتو/ الوكالة)

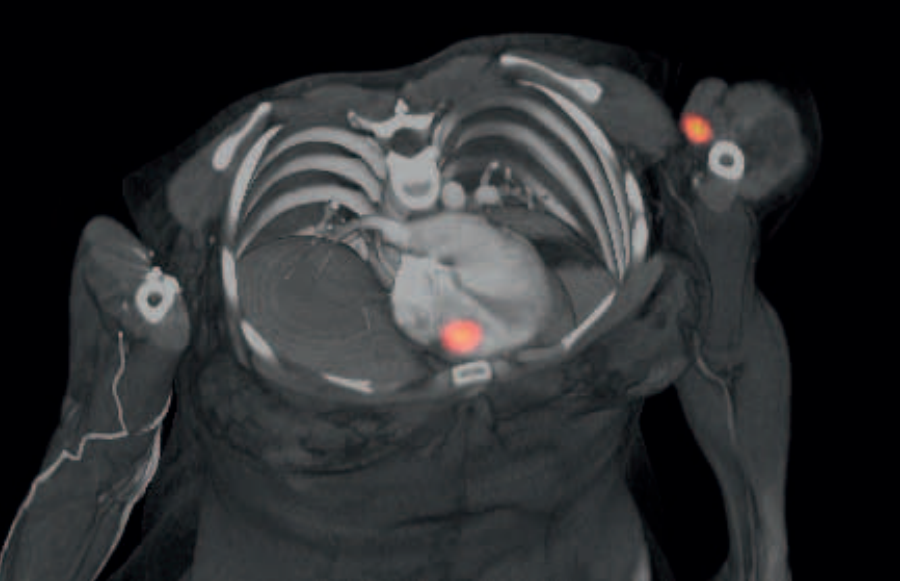
وعلى نحو مماثل، فإنَّ الراديوم-٢٢٣، وهو مبتعِث إشعاعات جُسيمية آخر، يُستخدم بنجاح في شكل كلوريد الراديوم من أجل معالجة المرضى المصابين بسرطانات العظام من جرَّاء سرطان غدة البروستاتا المتقدِّم، حيث يؤدي ذلك إلى تحسين معدَّلات بقاء المرضى على قيد الحياة.

الوكالة الدولية للطاقة الذرّية والصيدلة الإشعاعية

تدعم الوكالةُ، من خلال مجموعة من المشاريع والبرامج والاتفاقات، دولها الأعضاء في تطوير قدراتها في مجال الصيدلة الإشعاعية. فتقدِّم الوكالة المساعدة في تنمية الموارد البشرية، من خلال سُبل مثل الزمالات الدراسية وزيارات الخبراء؛ كما توفِّر المعدات ووسائل نقل التكنولوجيا والدورات التدريبية والأدوات التعليمية. وأعدَّت الوكالة أيضاً وثائق إرشادية تبين بتفصيل متطلَّبات إنشاء مرافق لإنتاج المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية، تكون آمنة وموثوقة. والهدف من هذه الأنشطة هو المساعدة على ضمان إنتاج مستحضرات صيدلانية إشعاعية تفي على نحو متسق بمعايير جودة النوعية اللازمة لاتّباع ممارسات موثوقة وآمنة في الطبِّ النووي.

البحث والتطوير: من خلال مشاريع بحثية منسَّقة (CRPs) التي تضطلع بها الوكالة، تستطيع الدول الأعضاء أن تمضي قُدُماً في أنشطتها المعنية بالبحث والتطوير في مجال المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية، وأن تركِّز على المواضيع الرئيسية التي حدَّدها الخبراء بأنها مواضيع مجالات مفيدة. ويمكن أن يساعد ذلك على تشجيع مبادلات المعرفة العلمية والتقنية، وكذلك على تنشيط مسار التقدُّم في ميدان الصيدلة الإشعاعية، وعلى نطاق أوسع، في ميدان التكنولوجيا والتطبيقات النووية.

وعلى سبيل المثال، أدَّى مشروع بحوث منسَّقة بشأن التصوير من خلال عُقْدةٍ من وسائط الرصد التصويري إلى ظهور مستحضرات صيدلانية إشعاعية مطوَّرة حديثاً أثبتت فعاليتها في تعقُّب مسار انتشار السرطان من خلال الجهاز اللمْفي. وعلى نحو مماثل، أدَّى مشروع بحثي منسَّق بشأن مستحضرات صيدلانية إشعاعية من الفلور-١٨ والغاليوم-٦٨ إلى تيسير الجهود التعاونية في العمل بين مراكز الامتياز والمراكز التي باشرت تطوير هذه المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لأول مرة. وهذه الأمثلة تسلِّط الضوء على أنواع من النتائج التي يمكن أن تنبثق من هذه المشاريع البحثية المنسَّقة.

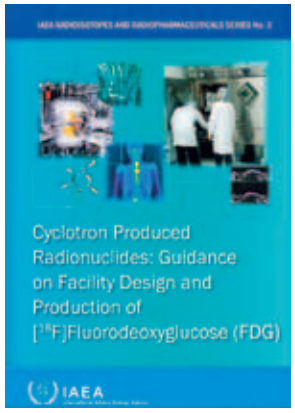


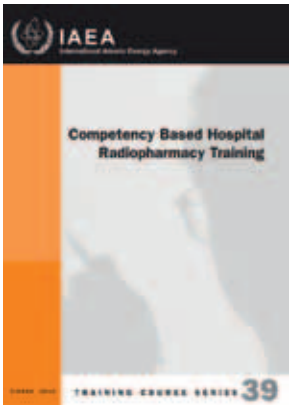
بعد أن تم حقن مريض بمستحضر صيدلاني إشعاعي، تكشف صورة مسح ضوئي بالتصوير المقطعي بالابتعاث البوزيتروني/التصوير المقطعي الحاسوبي (PET-CT) الإشعاع المطلَق من العقَّار، وتبيّن الصورة التشخيصية الناتجة أنَّ المريض الذكر يعاني من سرطان رئوي ونقائل في العقدة اللمفاوية بالقرب من القلب.
(مصدر الصورة: إنريك إسترادا لوباتو/الوكالة)

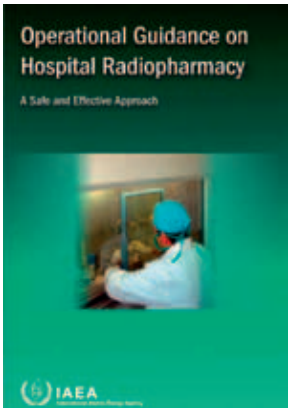
بناء القدرات: من المجالات الرئيسية التي تركِّز عليها الوكالة المساعدة على بناء قدرات الدول الأعضاء في مجالات كثيرة ذات صلة بالطاقة النووية. ومن خلال برنامج التعاون التقني الذي تضطلع به الوكالة، تتلقى الدول الأعضاء دعم الخبراء من أجل تنمية مقدراتها على استخدام الأدوات النووية، ومنها المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية. ومن الأمثلة الحديثة على ذلك برنامج تعاون تقني بشأن وضع برنامج تدريبي كبير يستند إلى طرائق التعلُّم الإلكتروني للمتخصصين في تكنولوجيا صيدلة المستحضرات المشعَّة ولصيادلة المستحضرات المشعة، وذلك بواسطة التنسيق بين المؤسسات الأكاديمية والمؤسسات العلمية المهنية.

معايير الأمان: بالنسبة إلى الوكالة الدولية للطاقة الذرّية، يحظى أمان المرضى والموظفين وأفراد الجمهور العام، وكذلك البيئة، بأهمية قصوى. وقد أصدرت الوكالة عدة منشورات وإرشادات توجيهية لصالح الدول الأعضاء التي تعمل في مجال الصيدلة الإشعاعية. والهدف من ذلك تزويد الدول الأعضاء بإرشادات توجيهية بشأن معايير الأمان اللازمة لضمان الأمان وجودة النوعية والفعالية في المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية.

نيكول جاويرث، مكتب الإعلام العام والاتصالات في الوكالة، بالتعاون في العمل مع قسم منتجات النظائر المشعَّة وتكنولوجيا الإشعاعات، إدارة العلوم والتطبيقات النووية في الوكالة.







تصدِر الوكالةُ منشورات وإرشادات توجيهية بشأن الصيدلة الإشعاعية.