نشرة إعلامية فصلية تصدر عن قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية

في هذا العدد:

- تقدير الجرعات الداخلية باستخدام القياسات الإشعاعية المباشرة
- تحديد عمق التلوث بـ ^{226}Ra في التربة باستعمال طريقة القمم الضوئية المتعددة
- التعرضات الطبية العرضية وغير المقصودة
- ماذا بعد الحادثة الإشعاعية
- النشاط الإشعاعي في مياه الشرب
- علاج الطب النووي يبشر بالخير لعلاج السرطان

تقدير الجرعات الداخلية باستخدام القياسات الإشعاعية المباشرة

إن من المخاطر الإشعاعية التي تهدد البشرية تلك المخاطر التي قد تنجم عن الحوادث الإشعاعية، مما لها من آثار ضارة على صحة الإنسان وسلامة البيئة. تؤدي الحوادث الإشعاعية إلى تعرض أعداد كبيرة من الناس لخطر النكليدات المشعة تعرضاً داخلياً نتيجة الاستنشاق أو الابتلاع ويتناسب مقدار التعرض مع زمن التعرض والنشاط الإشعاعي للنكليدات المشعة التي دخلت الجسم. ومن جهة أخرى، يتعرّض العاملين المهنيين لخطر التلوث الداخلي نتيجة عملهم الروتيني مع المواد المشعة أو الحوادث التي تقع في مخابرهم. لذلك، من الضروري وضع خطط الاستعداد والمواجهة لتلك الحوادث لتخفيف عواقبها وكشفها في أسرع وقت ممكن ولهذا الغرض جرى تطوير وسائل للكشف عن التلوث الإشعاعي الداخلي فور وقوعه.

تستخدم القياسات الإشعاعية المباشرة لفوتونات الأشعة السينية أو غاما المنبعثة من النكليدات المشعة لتقدير التعرض الإشعاعي الداخلي للعاملين الإشعاعيين وعموم الناس، وتفيد القياسات المباشرة في التحديد الكمي والنوعي للنكليدات المشعة في جسم الإنسان بالإضافة إلى معرفة شكل الاندخال وتوزع النكليدات داخل الجسم. وكما تساعد هذه القياسات في تقرير مدى الحاجة إلى المعالجة الطبية للأشخاص الملوثين إشعاعيا داخلياً أو ضرورة إجراء قياسات إشعاعية أخرى من أجل تقديرات مجراعية أكثر دقة في حالات التلوث الإشعاعي الداخلي المرتفع. ومن الضروري أيضاً إجراء القياسات المباشرة في الحالات الطارئة (حادث مثلاً) بأقصر وقت ممكن بعد الحادث وذلك لتقديم الدعم المناسب وطمأنة عموم الناس.

يستخدم في الطرائق المباشرة كواشف غاما ذات خلفية طبيعية منخفضة جداً وكفاءة مرتفعة لكشف الفوتونات التي تخرج من الجسم وتوضع الكواشف بالقرب من جزء الجسم المراد قياس توضع المواد المشعة فيه كالغدة الدرقية. يعدُّ عداد كامل الجسم أو عداد العضو الطريقة الأكثر دقة وموثوقية لقياس التلوث الإشعاعي الداخلي الناجم عن اندخال النكليدات المشعة المصدرة لإشعاعات غاما.

جرى في قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية إنشاء مخبر عداد كامل الجسم لإجراء القياسات المباشرة للمهنيين ولعموم الناس إذا دعت الحاجة. ومن أجل تخفيض الخلفية الإشعاعية الطبيعية لحدها الأدنى ضمن غرفة عداد كامل الجسم وتحقيق الشروط المثلى للقياس الإشعاعي جرى استخدام مواد الإنشاء من الحديد القديم (من سكك الخط الحجازي للقطارات) والذي يعود تصنيعه إلى ما قبل التجارب النووية لضمان خلوه من أي تلوث إشعاعي بالإضافة إلى تصنيع السرير المستخدم اثناء عملية القياس محلياً.

يُستخدم حالياً مخبر عداد كامل الجسم في هيئة الطاقة الذرية السورية لقياس النشاط الإشعاعي للعاملين المهنيين المسؤولين عن تحضير وحقن جرعات كل من اليود المشع 131 واليود المشع 123 والتكنيشيوم ^{99m}. تتألف وحدة القياس المباشر هذه من كاشف جرمانيوم عالي النقاء HPGe ذو مقدرة فصل عالية وكفاءة نسبية قدرها 35% بالإضافة إلى تجهيزات إلكترونية ملحقة وفانتوم غدة درقية جرى تصنيعه وفق الأبعاد المعتمدة في منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أما حدود الكشف الدنيا للنشاط الإشعاعي لنظائر اليود في الغدة الدرقية فهي 1.05 و1.10 بيكرل/الغدة لكل من ^{123}I و^{131}I على الترتيب.

تحديد عمق التلوث بـ ^{226}Ra في التربة باستعمال طريقة القمم الضوئية المتعددة

يُعد التلوث بالمواد المشعة ذات المصدر الطبيعي (NORM) تحدياً كبيراً في العديد من الصناعات (الفسفات، الغاز والنفط)، وذلك بسبب التلوث الناجم عنها نتيجة آليات العمل والتخلص من النفايات المشعة الناتجة عنه. يلزم قياس التلوّث الإشعاعي في منطقة ملوثة ما في حقول النفط لتحديد استراتيجيات المعالجة والنقل والخزن المؤقت للنفايات المشعة. إذ تسمح طرائق تقييم ومراقبة التلوّث الموثوقة بوضع خطط أفضل للمعالجة مما يُقلّل تكاليف المعالجة والتخلص النهائي للنفايات المشعة الناجمة عن معالجة التلوث، ولا بد من أجل تقييم التلوث الإشعاعي في منطقة ما إجراء مسوحات إشعاعية بأجهزة المسح الإشعاعي ومن ثم اعتيان عينات التربة السطحية وأخذ سبور عمق لمعرفة مدى انتقال الملوثات الإشعاعية في عمق التربة مما يسمح في تقدير حجم التربة الملوثة. ويعرف عمق التلوث (h_c) للملوث ما في موضع ما بأنه العمق الذي ينخفض عنده تركيز الملوث إلى عُشر قيمته العظمى على طول السبر المدروس. يلعب تحديد (h_c) دوراً حيوياً هاماً في تقييم المواقع الملوثة، حيث يسمح بتقدير محتوى النشاطية. وتُحدد قيمة (h_c) تقليدياً بقياس توزع الملوث عبر العمق. تعطي هذه الطريقة نتائج دقيقة، لكنّها طويلة ومكلفة وتستغرق زمناً طويلاً. فضلاً عن ذلك، هناك حالات عديدة يصعب أو يستحيل فيها قياس التوزع العمقي. طُوِّرت في هيئة الطاقة الذرية السورية طرائق تعتمد على القمم الضوئية المتعددة لتحديد (h_c) ^{226}Ra في التربة الملوثة بـ NORM في حقول النفط باستعمال مطيافية غاما الحقلية. تعتمد الطريقة على الترابط الخطي بين عمق التلوث بـ ^{226}Ra ونسبة تعداد ^{214}Bi (1120 keV) إلى تعداد ^{214}Pb (351 keV) إن هذه الطريقة تقريبية، لكنها أسهل بكثير وأسرع وأرخص من الطريقة التقليدية التي تعتمد على أخذ العينات وتحليلها مخبرياً، ويمكن تطبيقها في حالة أي نكليد مشع مُصدر لإشعاعات غاما متعددة. استُثمرت هذه الطريقة بشكل فعال وناجح في تقييم التلوث في مواقع ملوثة بـ NORM في حقول النفط السورية. وأُجري القياس في الموضع دون الإخلال بالتربة.

التعرضات الطبية العرضية وغير المقصودة

تعرِّفُ معايير الأمان الأساسية (Basic Safety Standards) الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية التعرض الاحتمالي بأنه التعرض الذي لا يتوقع حدوثه بشكل أكيد ولكنه ربما يحصل كنتيجة لحادث في الأصل أو سلسلة من حوادث ذات طبيعة احتمالية، يمكن أن تكون نتيجة أعطال في أجهزة التصوير أو المعالجة الإشعاعية أو نتيجة أخطاء في الاستخدام. وللحد من هذه التعرضات غير المقصودة أو العرضية (ليست أكيدة الحصول) يجب أخذهم في الحسبان أثناء تصميم الأجهزة الشعاعية وكذلك أثناء صياغة الإجراءات التصويرية المستخدمة وخلال تطبيقها. ويتطلب التحكم بهذه الاعتبارات معرفة احتمالية حدوث مثل هذه التعرضات ومقدار الجرعة الإشعاعية الناتجة عنها وذلك ضمن الحدود العملية والمعقولة، فمثلاً يمكن أن تتضمن إجراءات تقييم الأمان المتعلقة بالوقاية الإشعاعية في منشآت التصوير الشعاعي الطبي مراحل مختلفة كما يلي:

1. اختيار موقع قسم الأشعة ضمن المشفى
2. تصميم القسم إنشائياً في المشفى وتقسيمه بما يضمن الفصل بين مناطقه المختلفة من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية.
3. البناء من حيث التدريع
4. تصنيع الجهاز الإشعاعي المستخدم
5. الإعداد لتركيب الجهاز الإشعاعي
6. الإعداد للتشغيل الأولي، التشغيل والصيانة للجهاز الإشعاعي وكذلك أسلوب إنهاء العمل به والتخلص منه.

ويتوجب على المسجّلين والمرَّخص لهم بحسب معايير الأمان الأساسية ضمان تخفيض احتمالية ومقدار التعرضات العرضية أو غير المرغوب بها إلى أدنى حد ممكن وبحيث إذا كان هذا الاحتمال للتعرض أكبر من السوية المحددة من قبل السلطة الرقابية المنظمة، فيجب تقييم الأمان الموجود فعلاً وتقديم ذلك إلى هذه السلطة الرقابية كجزء من الطلب أثناء الترخيص، مع التركيز بشكل خاص على المعالجة الإشعاعية دون إهمال الإجراءات الإشعاعية التشخيصية. كما يجب على المسجّلين والمرّخص لهم تحديد منطقة المراقبة الموجودة والتي تتطلب إجراءات وقائية أو احتياطات أمان إضافية من أجل التحكم بالجهاز وقياس مقدار التعرضات الإشعاعية العادية ومنع انتشار التلوث خلال ظروف العمل العادية. وعند تحديد الحدود الفاصلة لأي منطقة تحكم، يجب على المسجلين والمرخص لهم تقييم مقدار التعرض العادي المتوقع، وكذلك إمكانية حصول ومقدار التعرضات الاحتمالية، بالإضافة إلى طبيعة ومدى إجراءات الوقاية والأمان المطلوبة.

ومن النصائح العملية لضمان تخفيض مقدار الجرعات العرضية وغير المقصودة:

1. تسجيل الحوادث الإشعاعية وتحرّي الأسباب الموجبة لذلك واقتراح الإجراءات التصحيحية المناسبة عبر تدريب العاملين من أطباء وفيزيائيين وفنيين شعاعيين ونشر الدروس المكتسبة بالتعلّم.
2. نشر تعليمات العمل والإجراءات المكتوبة وبرامج ضمان جودة الوقاية الإشعاعية في أقسام الأشعة ومعايير القبول فيها.
3. التقيد بوجود إجراءات الأمان في تصميم الأجهزة الطبية الإشعاعية، وكذلك التقيد بإرشادات الأمان خلال التشييد وأثناء التركيب، بما يتوافق مع برنامج ضمان جودة شامل للوقاية الإشعاعية يتضمن خطة لضبط جودة أجهزة الأشعة المستخدمة.
4. إتباع الطرق الطبية الحديثة في التعرض الطبي والتدريب المستمر للكوادر البشرية الموجودة.

ماذا بعد الحادثة الإشعاعية

أصدرت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) المطبوعة رقم (111) في العام 2011 والتي تعرض توصيات اللجنة حول حماية عموم الناس الذين يعيشون لآماد طويلة في المناطق الملوثة إشعاعيا بعد وقوع حادث نووي أو عقب حالة طوارئ إشعاعية، ولقد صدرت هذه المطبوعة كلفتة إنسانية لمساعدة الشعب الياباني، ومساندته في التعافي العاجل من آثار الحادث الأليم نتيجة التسونامي والزلزال الأخير، الذي وقع في محطة فوكوشيما للطاقة النووية. وتحمل المطبوعة الرقم الدولي القياسي التسلسلي 6453 من المجلد 39-رقم 2009/3 (الترقيم الدولي المعياري للكتاب 978-0-7020-4191- 4).

تحوي المطبوعة الإرشادات والتوجيهات العامة والتوصيات اللازمة للتعامل العام مع مثل هذا النوع من الحوادث الإشعاعية ومن أهم هذه الإرشادات :

1. تحديد مستويات مرجعية للمساعدة في تخطيط استراتيجيات الوقاية على المدى الطويل.
2. تنفيذ أمثلة الإجراءات الوقائية.
3. إشراك أصحاب المصلحة بالمناطق المتضررة في تنفيذ تدابير الوقاية الإشعاعية.
4. تطوير الرصد الإشعاعي والمسح الصحي.
5. وأخيراً وضع تصور لكيفية إدارة السلع الملوثة بطريقة مميزة وآمنة.

وأوضحت المطبوعة أن حماية الناس الذين يعيشون لفترات طويلة ومتواصلة في المناطق الملوثة إشعاعيا بعد وقوع حادث نووي أو عقب حالة طوارئ إشعاعية أمر ضروري لما تتركه من آثار ضارة على السكان المحليين. كما عرضت مسارات التعرض الإشعاعي للإنسان، وطبيعة السكان المحتمل تعرضهم، بالإضافة إلى خصائص هذه التعرضات مع التركيز بصورة أساسية على اعتبارات الوقاية الإشعاعية والتعقيدات التي تطرأ في مرحلة ما بعد الحادث الإشعاعي والتي لا يمكن معالجتها بمعزل عن كافة المجالات المتضررة في الحياة اليومية، بما في ذلك النواحي البيئية والصحية والاقتصادية والاجتماعية والنفسية والثقافية والأخلاقية بل والسياسية.

تشرح المطبوعة أيضاً ضرورة الأخذ في الحسبان مبادئ التبرير والأمثلة في استراتيجيات الوقاية الإشعاعية لوضع وتطبيق مستويات مرجعية للقياسات الإشعاعية يتم الاقتداء بها في إدارة عمليات معالجة التلوث الإشعاعي، وشملت المطبوعة أيضاً الجوانب العملية التي يمكن إدراجها في استراتيجيات الوقاية بما في ذلك مهام السلطات المختصة والسكان المتضررين، تؤكد المطبوعة على إشراك السكان المتضررين والمتخصصين المحليين بشكل مباشر في إدارة الوضع القائم، ومسؤولية كافة السلطات المحلية والوطنية لخلق الظروف الملائمة وتوفير الوسائل المناسبة لدفع السكان إلى المشاركة وتمكينهم من ذلك. وانطلاقا من هذه النقطة فقد تم توضيح أهمية أدوات الرصد الإشعاعي، والمسح الصحي والإدارة الفعالة للقائمين على متابعة المواد الغذائية الملوثة وغيرها من السلع. ومن المهم التأكيد على أن المطبوعة عرضت الخبرات المتراكمة من تجارب الماضي على مدى طويل في المناطق الملوثة إشعاعيا والناتجة من الحوادث الإشعاعية أو النووية أو حالات الطوارئ الإشعاعية وما بعدها، ومعايير الوقاية الإشعاعية التي يجب إتباعها خلال تنفيذ التدابير الوقائية.

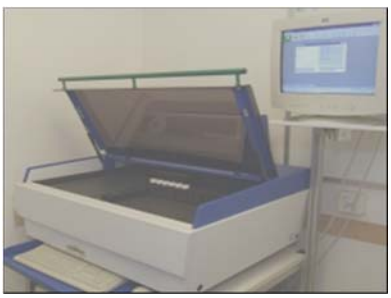
النشاط الإشعاعي في مياه الشرب

تحتوي مياه الشرب الطبيعية عادة على نشاط إشعاعي ينتج عن مصدرات ألفا (مثل ^{238}U، ^{230}Th، ^{226}Ra، ^{210}Po) وكذلك عن جسيمات بيتا (مثل ^{214}Bi، ^{214}Pb، ^{210}Pb) التي مصدرها عادة سلسلة التفكك الإشعاعي لليورانيوم والثوريوم، البوتاسيوم 40. ويُعدّ الراديوم 226 أكثرها خطورة لأنه يشابه الكالسيوم كيميائياً فيحل محله في العظام في حين يتفكك غاز الرادون ليعطي كل من البولونيوم 210 والرصاص 210 التي تتوضع في الرئتين أما خطورة اليورانيوم فتعود لتوضعه في الكلى. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تحتوي مياه الشرب على النظائر الصنعية مثل السترونسيوم 90 الذي يتركز بالعظام والسيزيوم 137 الذي يتركز بالعضلات واليود 131 الذي يتركز بالغدة الدرقية ويسبب سرطان الغدة وكميات ضئيلة من التريتيوم الناتج عن التجارب النووية ودورة الوقود النووي .

يُعدُّ تعيين النشاط الإشعاعي لإجمالي مصدرات ألفا وبيتا في العينات المائية وعلى وجه الخصوص مياه الشرب باستخدام التقنيات النووية واحداً من أكثر التحاليل أهمية لمعرفة تلوث المياه بالمواد المشعّة لأنها مصدر مهم يسهم بالجرعة الداخلية، وتكمن أهمية هذا التحليل في حالات الاشتباه بالتلوّث الإشعاعي إذ يكون من الضروري عندئذ أن ينجز هذا القياس بسرعة وبدرجة كبيرة من الثقة نظراً لانعكاس النتيجة التي يعطيها على صحّة الإنسان. يُعدُّ جهاز عداد وميض السائل أحد العدادات النووية التي تقوم بكشف وقياس النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة المصدرة لألفا وبيتا بسهولة وبسرعة وبتكلفة منخفضة.

يعتمد الجهاز على كشف الفوتونات الضوئية الناجمة عن تفاعل هذه الجسيمات مع المادة الوماضة مقارنة مع العدادات ذات التأثير الكهربائي التي تعتمد على التأين الغازي مثل العداد التناسبي وعداد غايغر مولر وحجرات التأين. ويتكون عداد وميض السائل من مضخمين ضوئيين مربوطين بدارة الكترونية بالإضافة إلى محلل متعدد الاقنية MCA وآلية لنقل العينات إلى الكاشف. ويتم التحكم بالجهاز بواسطة حاسب آلي يقوم بعرض نتائج القياس على شكل مخطط طيفي. تحضر مادة العينة المائية بتبخيرها و تركيز النظائر المشعة فيها ومن ثم مزج كمية صغيرة منها (10 مل) مع محلول الومضان في عبوة قياس بلاستيكية تقاس بواسطة عداد وميض السائل.

أوصت منظمة الصحة العالمية في إصدارها الرابع للعام 2011 أن لا يتجاوز نشاط مصدرات ألفا ومصدرات بيتا الإجماليين عن 0.5 بيكرل/ليتر و1 بيكرل/ليتر على الترتيب وهي الحدود العظمى المسموح بها وفق مشروع المواصفة السورية لمياه الشرب التي ستصدر قريباً. وتقوم هيئة الطاقة الذرية السورية بالتأكد من خلو مياه الشرب في سورية من تلك النكليدات بشكل دوري للمحافظة على السلامة العامة.



علاج الطب النووي يبشر بالخير لعلاج السرطان

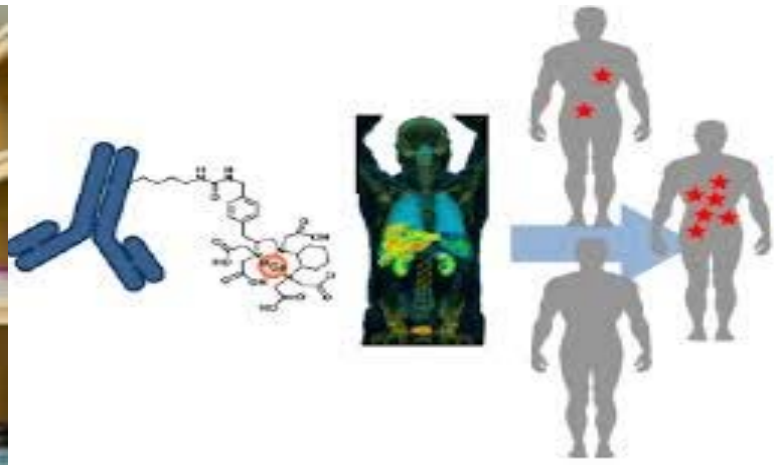
يمكن أن يكون علاج السرطان أكثر فعالية باستخدام طريقة جديدة تسمح بتخصيص المعالجة بالطب النووي، هذا ما قاله باحثون في مقالةٍ بحثيةٍ صادرةٍ في مجلد كانون الأول– ديسمبر للعام 2014. من مجلة الطب النووي The Journal of Nuclear Medicine. كما يمكن الاستفادة أيضاً من هذه الطريقة في معالجة أمراض أخرى قابلة للتداوي بالأشعة المستهدفة.

يتميز العلاج المستهدَف بالمستحضرات الصيدلانية المشعة – وهي مركبات مشعة مستخدمة في الطب النووي للتشخيص أو للعلاج– بإمكانات كبيرة في علاج السرطان، خاصةً بالنسبة للخلايا السرطانية التي هاجرت من الأورام الأولية إلى العقد الليمفاوية وإلى بعض الأعضاء الثانوية مثل نقي العظام. وتكون هذه الخلايا السرطانية المنتشرة في الجسم صعبة المعالجة عند الاعتماد على عامل علاجي وحيد ومستهدف لها بسبب وجود اختلافات كبيرة في عدد المستقبلات القابلة للاستهداف في كل خلية.

في هذه الدراسة، تم علاج خلايا سرطان الثدي باستخدام تراكيز مختلفة من خليط من أربعة أجسام مضادة وحيدة النسيلة ومترافقة بمركب فلوروكرم. وبواسطة تقنية التدفق الخلوي فقد تم تحديد كمية كل جسم مضاد سترتبط بكل خلية سرطانية. وقد تم تطوير صيغ دوائية بحيث توسم الأجسام المضادة بنكليدات مشعة ذات فعالية ونشاط محددين. وجرى حساب الجرعة الممتصة في كل خلية، وإجراء محاكاة حاسوبية رياضية للجزء المتبقي والحي من الخلايا السرطانية بعد التعرض لخليط مركب من الأجسام المضادة المختلفة. وأُجريت عمليات المحاكاة الرياضية على ثلاثة من مصدرات جسيمات ألفا.

يشرح الطبيب روجر هويل Roger Howell من جامعة نيوجيرسي University of New Jersey، وهو المسؤول عن هذا البحث الطبي، قائلاً: "يقوم نهجنا المتبعُ بنقل العلاج الإشعاعي الموجه لعلاج السرطان من المستوى الورمي إلى المستوى الجزيئي والخلوي باستخدام الطب النووي بوصفه الأداة العلاجية". "لا تقتصر طريقتنا فقط على علاج السرطان ولكن يمكن تطبيقها على نطاق أوسع في أمراض أخرى والتي يمكنها أن تستفيد من المنهج المستهدف والمكون من خليط من المستحضرات الصيدلانية المشعة. كما يمكن توسيع هذه الطريقة العلاجية إلى خلائط تحتوي على مستحضرات صيدلانية مشعة ومركبات دوائية غير مشعة".

ولقد تمت المقارنة بين مفعول الخلائط الصيدلانية الإشعاعية وبين مفعول الأجسام المضادة المستخدمة بمفردها. ففي مجالات معينة، تفوقت الخلائط بالفعالية على الأجسام المضادة المفردة بعامل يصل إلى 244. وتشير هذه النتائج إلى تحسن العلاج بأشعة ألفا المستهدفة باستخدام خلائط الأجسام المضادة المخصَصَة والموسومة بالأشعة والتي تؤدي إلى قتل الخلايا السرطانية من خلال الاعتماد على تركيبات مختلفة من الأجسام المضادة وعلى نشاط نوعي محدد من الأجسام المضادة والموسومة إشعاعياً. وتوفر هذه المنهجية المستخدمة في هذا التحليل مرحلة تأسيسية في التنبؤ بالعلاج الاستباقي للخلايا الحية السرطانية المتبقية في سياق معالجة تخصيصية لمرض السرطان. ويتابع هويل: "تعد هذه الطريقة مجدية، لأنها تفسر سلوك الأدوية في جسم المريض. وتتمثل فائدة هذه الطريقة بعدم تعرض المريض لأي حقن صيدلاني وإشعاعي خلال مرحلة التخطيط، والذي يستخدم فقط العقاقير الموسومة بالفلور. ولا يتم حقن المريض بالمواد المشعة إلا عند بدء مرحلة العلاج، وعندها يُعطى المريض فقط على وجه التحديد الخليط الأمثل، وهذا يجنب المريض من الحصول على خلائط غير فعالة قد تتلف الأنسجة الطبيعية وتحول دون المزيد من متابعة العلاج".



شارك في هذا العدد:

د. محمد سعيد المصري

د.م. يحيى لحفي — **د. عبد القادر بيطار**

د. خالد حداد — **د. زاهر البركة**

ك. فواز القباني — **ك. عامر نشواتي**

للمراسلة:

هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان

دمشق - سوريا - ص.ب 6091

هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289

بريد إلكتروني: protection@aec.org.sy

الموقع الالكتروني: www.aec.org.sy