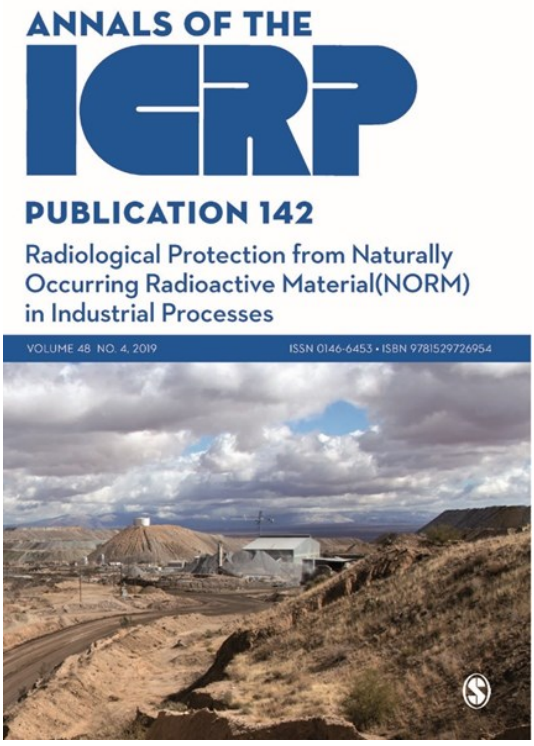
نشرة إعلامية فصلية يُعدّها قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية

في هذا العدد:

* ملخص موجز عن المنشور رقم ICRP 142 الوقاية الإشعاعية من المواد المشعة الطبيعية NORM في العمليات الصناعية
* التوجّهات الحديثة في نظم التصوير الشعاعي التشخيصي * التعليم والتدريب الإلكتروني في خدمة العلوم والتقانات النووية
* طرائق المتبعة في تحديد الجرعات بأثر رجعي في التعرضات الخارجية للأشعة المؤينة

ملخص موجز عن المنشور رقم ICRP 142 الوقاية الإشعاعية من المواد المشعة الطبيعية NORM في العمليات الصناعية

تحتوي المواد الخام الطبيعية جيولوجياً على نكليدات ذات منشأ طبيعي، إذ يعد ^{40}K والنكليدات الناتجة عن سلاسل تفكك ^{232}Th و^{238}U أهم هذه النكليدات المشعة. ففي معظم النشاطات البشرية التي لها علاقة بالمعادن والمواد الخام، تكون التعرضات لسلاسل تفكك النكليدات المشعة الطبيعية ضمن التعرضات للخلفية الطبيعية إلا أنه في بعض الحالات والتي تخضع فيها المواد الخام إلى عمليات معالجة فإن مثل هذه المواد قد تحتوي على نكليدات مشعة طبيعية يمكن أن تسبب زيادة في التعرضات الإشعاعية. تدعى هذه المواد في هذه الحالة بالمواد المشعة الطبيعية NORM naturally occurring radioactive materials، وتدعى الصناعات التي تعزز المواد المشعة الطبيعية بصناعات النورم NORM Industries. ومنها: المناجم، استخلاص المعادن، معالجة المياه، الفسفات، الأسمدة، والطاقة؛ مثل: الفحم، النفط، الغاز. على سبيل المثال، يمكن أن تحتوي خامات معادن محددة مثل النحاس أو الألمنيوم أو القصدير مستثمرة اقتصادياً على سلالة البوتاسيوم و/أو الثوريوم و/أو اليورانيوم بتراكيز مرتفعة، حيث يمكن من خلال عمليات استخلاص المعادن ومعالجتها أن تتبعثر النكليدات النشطة إشعاعياً (و/أو) بتغير خصائصها الفيزيوكيميائية وبذلك تصبح متوزعة بشكل غير منتظم إما بين المنتجات أو في المنتج ذاته أو في ناتج المعالجة أو في الترسبات أو في النفايات الناجمة عن عملية المعالجة.



ويمكن أن تزداد تراكيز الفعالية الإشعاعية للنكليدات عن تلك التي كانت في الخامات المعدنية الأولية وأحياناً يمكن أن تصل إلى عدة أضعاف بحيث يؤدي ذلك إلى زيادة تعرض العاملين و/أو أفراد من العامة وقد يؤدي ذلك إلى تلوث البيئة.

بينت اللجنة الدولية للحماية من الاشعاع International commission on radiological protection في المنشور ICRP 26, 1977 بأن بعض الممارسات يمكن أن تزيد من مستوى التعرض الناتج عن الخلفية الطبيعية للإشعاع ويمكن أن تكون المستويات الناجمة عن الإشعاع الطبيعي قريبة من قيمة المستويات الصادرة عن المنابع الصناعية والتي يجب أن تتم مراقبتها والتحكم بها، ولم تقدم اللجنة دليلاً عملياً للقواعد اللازمة لمثل هذه المراقبة في ذلك الوقت. وفي العام ذاته، قدمت اللجنة العلمية للأمم المتحدة المختصة بتأثيرات الإشعاع الذري UNSCEAR جزءاً خاصاً بعنوان "التعرضات المتزايدة للإشعاع الطبيعي المعزز تكنولوجياً" في تقريرها الموجه للجمعية العمومية UNSCEAR, 1977.

في السنوات الأخيرة، حددت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع وكذلك الوكالة الدولية للطاقة الذرية في نظام الوقاية الحالي حالات التعرض بالتعرضات "الحالية" و"المخطط لها" و"الطارئة". ولقد كان التحدي حينئذ يكمن في الاعتراف بأن سلاسل النكليدات المشعة الناتجة عن اليورانيوم

ملخص موجز عن المنشور رقم ICRP 142—تتمة

والثوريوم والتي توجد في عمليات صناعات النورم؛ أي المواد المشعة الطبيعية naturally occurring radioactive materials NORM المختلفة يمكن أن تؤدي إلى زيادة جرعة الإشعاع للعاملين والجمهور ويمكن أن تؤدي أيضاً إلى تلوث البيئة. على أية حال، وفقاً لمعايير الأمان الجديدة والتي صدرت عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 2014، نحن الآن أمام وجوب تطبيق قواعد "التبرير" و"الاستمثال" للوقاية من هذا التعرض وربما تطبيق "حدود الجرعة" بحسب علاقتها بمكان العمل. يمكن أن ينتج عن الأعمال الصناعية القديمة مواقع ملوثة تحتاج بشكل عاجل للتقييم وللتنظيف الكامل، ويمكن أن يكون القيام بأعمال الخدمة وإزالة التلوث والتخلص من النفاية المشعة باهظ التكلفة للغاية وخاصة عندما يتعلق الأمر بحجوم نفايات كبيرة، هذا الوضع غالباً يكون مع نفايات النورم.

يهدف المنشور 142 إلى توفير دليل للوقاية الإشعاعية في الصناعات التي لها علاقة بالمواد المشعة الطبيعية (النورم)، حيث يمكن أن تسبب هذه الصناعات أخطاراً متنوعة وتعرضاً إشعاعياً للعاملين ليس من الضروري السيطرة عليه، وكما يمكن أن تؤدي إلى تعرض الجمهور والبيئة بحيث يكون من الضروري أن تؤخذ في الحسبان تدابير وقائية. في بعض الحالات، توجد احتمالية لتعرض روتيني للعاملين وأفراد من الجمهور إذا لم تؤخذ التدابير الملائمة للمراقبة، ويمكن أن تسبب الإطلاقات الناتجة من الكميات الكبيرة من النورم آثاراً معروفة ومؤكدة في البيئة وذلك إما من المكونات الإشعاعية أو غير الإشعاعية. ولهذا يمكن أن تناقش مواضيع الوقاية الإشعاعية في صناعات النورم بشكل يتناسب مع أسس قواعد التبرير للتدابير المتخذة وعلى أسس استمثال الوقاية من خلال تطبيق المستويات المرجعية.

يحتوي هذا المنشور على معلومات ممتازة حول التعرضات النموذجية للإشعاع في قطاعات صناعات النورم المتعددة، إضافة إلى المراجع الداعمة لهذه المعلومات، وما إذا كانت التعرضات للإشعاع أو مستويات النشاط الإشعاعي تتطلب خطة لإدارة الوقاية من الإشعاع. يمكن أن تكون مثل هذه الخطة كمخطط تمهيدي للمعالجة المناسبة للنورم ومعدات قياسات الإشعاع وإجراءات مفصلة لإنجاز المسوحات والفحوصات الدورية وكيفية التغليف والشحن وبطاقات التعريف ونقل النورم المتضمنة المنتجات أو النفاية. وتاريخياً، وفي حالة مواد النورم التي ليست من النشاط البشري والتي لم تخضع لمراقبة المواد الناجمة عن المسرعات والمفاعلات تبحث السلطات العالمية والإقليمية المختصة بالوقاية الإشعاعية وتحاول السلطات التنظيمية مؤخراً تجاوز تلك الفجوة بينهما. ويزود هذا المنشور بمعلومات غنية والتي ستكون ذات نفع لهذه الهيئات التنظيمية إضافة إلى ممارسي مهنة الوقاية الإشعاعية.

يتضمن الجزء الثاني من المنشور 142 نظرة شاملة عن الصناعات والممارسات ذات العلاقة بالتعرض للنورم. ويصف الجزء الثالث نظام اللجنة المطبق في الوقاية من النشاط الإشعاعي متضمناً نموذجاً لحالة تعرض وفئة تعرض محتمل وتطبيق القواعد الأساسية. ويقدم الجزء الرابع دليلاً لإنجاز نظام الوقاية باستعمال طريقة متكاملة ومصنفة لمختلف العاملين المتعرضين وكذلك الجمهور والبيئة. أما الاستنتاجات والتوصيات فموجودة في الجزء الخامس، حيث شملت أهم توصيات اللجنة في المنشور التالي:

- إن التعرضات الناجمة عن النشاطات الصناعية المتعلقة بالمواد المشعة الطبيعية (النورم) قابلة للتحكم من خلال تنفيذ قواعد الوقاية وذلك بتبرير التدابير المتخذة للوقاية واستمثال الوقاية.
- يجب أن تكون التدابير الخاصة بوقاية العاملين والجمهور آخذة في الحسبان كلاً من التعرض الخارجي طويل الامد، ومقدار اندخال المواد المشعة إلى الجسم واستنشاق غازي الرادون والثورون، بحيث لا يشكل وجود النورم أية حالات إشعاعية طارئة تؤدي إلى تفاعلات الأنسجة أو خطر فوري على الحياة.
- ينصح بالطريقة المتكاملة والمتدرجة لوقاية العاملين والجمهور والبيئة بما في ذلك توصيف حالة التعرض واستمثال إجراءات الوقاية الإشعاعية لإتمام استراتيجية الوقاية سواء أكانت موجودة في المكان حالياً أم مخططاً لها مستقبلاً.
- يجب أن تعكس المستويات المرجعية باستثناء التعرض للرادون والثورون لوقاية العاملين توزع التعرضات ويجب في أغلب الحالات أن تكون أقل من بضعة mSv سنوياً كجرعة فعالة. من النادر جداً، أن يكون توقع الجرعة الفعالة لتكون بقيمة تتعدى الـ 10 mSv سنوياً.
- يجب أن تعكس المستويات المرجعية الخاصة بوقاية الجمهور توزع التعرضات وهي بشكل عام تكون أقل من بضعة mSv سنوياً كجرعة فعالة.
- يجب أن تُدار تعرضات الرادون والثورون باستعمال النهج المتدرج فيكون التركيز أولاً على منع الرادون وإجراءات المعالجة في الأبنية كما تم النصح به في المنشور ICRP 126.

تضمن الملحق A تفاصيل أكثر حول النشاطات التي يمكن أن تؤدي إلى تعرضات إشعاعية ناجمة عن النورم.

يمكن تحميل المنشور من الرابط:

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_48_4

إعداد الدكتور محمد سعيد المصري

التوجّهات الحديثة في نظم التصوير الشعاعي التشخيصي

واكبت تقنيات التصوير الشعاعي التشخيصية التطورات المتلاحقة في مجالات العلوم المختلفة ولاسيما في مجال الرقمنة ومعالجة الصور الطبية وغيرها. وفي هذا الإطار انتقلت تقنيات التصوير الشعاعية من شكلها التقليدي إلى الاعتماد الكلي على الكواشف الإشعاعية النصف ناقلة الرقمية، إضافة إلى توظيف طرائق خوارزميات معالجة الصور الرقمية الحديثة من أجل توليد صوراً تشخيصية أكثر دقة وبأقل جرعة إشعاعية ممكنة للمريض، كما وظفت إمكانيات الذكاء الصنعي في تقديم مساعدة إضافية مهمة لطبيب التشخيص الشعاعي من أجل الدلالة على الأنسجة وأكثر الأماكن خطورة في هذه الصور. وفيما يلي نلقي الضوء على عدد من هذه التقنيات الواعدة:

التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية ثنائي الطاقة أو الطيفي dual energy CT:

تستعمل هذه التقنية طيفين منفصلين من فوتونات الأشعة السينية في التصوير المقطعي المحوسب، مما يسمح باستعراض المواد التي لها خصائص توهين متباينة عند طاقات مختلفة، فبينما ينتج التصوير المقطعي المحوسب التقليدي أحادي الطاقة مجموعة واحدة من الصور، تستعمل البيانات الناتجة عن كلا الطاقتين قيم التوهين عند طيفي طاقة من أجل إعادة بناء أنواع عديدة من الصور. وفي مبدأ العمل، تكون لمعظم ذرات العناصر في جسم الإنسان حواف امتصاص K-edge منخفضة جدًا مقارنة بتلك الذرات عند العناصر الأخرى مثل اليود والكالسيوم والتي تمتلك حواف امتصاص 33.2 كيلو فولت و40 كيلو فولت على التوالي، مما يجعل لها أهمية كبيرة بشكل خاص في البيئة السريرية. ونظراً لأن الجهد المطبق على أنبوب الأشعة عند القيمة kVp80 يكون أقرب إلى حافة امتصاص اليود keV33.2 من قيمة الجهد kVp140، فإن الأوساط الحيوية التي تحتوي على اليود ستحتفظ بتوهين أقل مع زيادة قيمة الجهد kVp، لذلك من الممكن تحديد تلك الأوساط بدقة عند استخدام طاقتين بناءً على اختلافات التوهين الخاصة بها الناتجة فقط عند 80 كيلو فولت و140 كيلو فولت.

وتصنف تقنيات الاقتباس في الأشعة المقطعية ثنائية الطاقة إلى مجموعتين أساسيتين:

1. التقنيات الواجب تحديدها بشكل مسبق قبل مسح المريض بالإشعاع، ونجد منها:

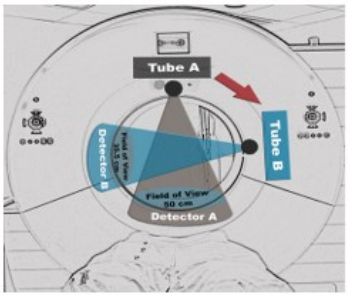
– مصدر الإشعاع المزدوج: يتمثل بوجود أنبوبين أشعة قادرين على توليد طاقتين لفوتونات الأشعة السينية عند جهدين مختلفين kVp يوضعان بشكل متقابل عند 90 درجة تقريباً.

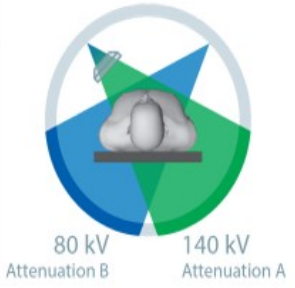
– مصدر الإشعاع المتتالي: يتم الحصول على مسحين حلزونيين على التوالي للمريض عند جهدين مختلفين لأنبوب الأشعة مع القيام بدمج الصور الناتجة للمعالجة اللاحقة.

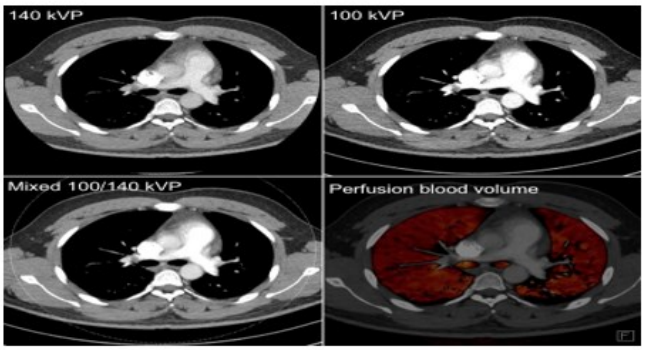
– التحويل السريع بين قيمتين مختلفتين لجهدَيْ تغذية أنبوب الأشعة جهد مرتفع وآخر منخفض عدة مرات خلال دوران الأنبوب أثناء مسح المريض.

2. التقنيات اللاحقة والتي تحدث بعد مسح المريض بالإشعاع ولا تحتاج بالتالي إلى التحديد المسبق لها ونجد فيها الكواشف ثنائية الطبقة حيث تمتص الطبقة العليا للكاشف الفوتونات منخفضة الطاقة بينما تمر الفوتونات عالية الطاقة إلى الطبقة السفلية، وتتميز هذه الطريقة بدقة زمنية عالية في الاقتباس نظراً لإمكانية الحصول على مجموعتي البيانات في الوقت نفسه.

وتستعمل أجهزة التصوير المقطعية ثنائية الطيف Dual Energy CT في العديد من التطبيقات الطبية المهمة مثل: تصوير وتوصيف الآفات بشكل أفضل، صور افتراضية أحادية الطاقة مثل التوهين عند طاقة فوتون واحدة بدلاً من طيف، صور تحليلية للمواد مثل رسم خرائط أو إزالة مواد ذات خصائص توهين معروفة كاليود أو الكالسيوم أو حمض اليوريك مع تخفيض من جرعة الإشعاع، صور افتراضية دون مادة ظليلة أي إزالة اليود، تركيز اليود (خرائط اليود)، تثبيط الكالسيوم وتثبيط حمض اليوريك (إزالة حمض اليوريك).







Dual energy CT chest

التوجّهات الحديثة في نظم التصوير الشعاعي التشخيصي—تتمة

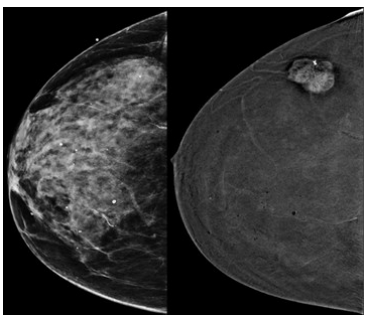
التصوير الشعاعي الطيفي للثدي ذو التباين المحسن contrast-enhanced spectral mammography CESM

يعتمد التصوير الشعاعي الطيفي للثدي ذو التباين المحسن على الاقتباس مزدوج الطاقة باستعمال طيف منخفض للطاقة كما هو في التصوير الشعاعي للثدي القياسي kV مع الترشيح، وعند طيف ذي طاقة أعلى من حافة امتصاص اليود k-edge مع ترشيح أقوى. يجري في هذه التقنية إنتاج صورتين عند كل عملية ضغط للثدي: الأولى منخفضة الطاقة تعادل صورة الثدي الشعاعية الرقمية القياسية؛ والثانية مع إزالة أنسجة الثدي الخلفية المعاد تجميعها لإظهار مناطق امتصاص التباين. ولإجراء التصوير في هذه التقنية يجري حقن المريضة بالمادة الظليلة من اليود عند جرعة نموذجية تقدر بـ 100 مل من مادة iopamidol 300 بمعدل 3 مل/ثانية عبر محقن في الحفرة المرفقية. وبعد حوالي الدقيقتين يتم الحصول على الصورة الأولى من الإسقاطين CC وMLO لكل ثدي.

يستعمل CESM كبديل عن التصوير الشعاعي للثدي الرقمي القياسي في حالات معينة، فعلى سبيل المثال عند ارتفاع الاشتباه السريري في الإصابة بسرطان الثدي. وهو مفيد أيضاً كبديل للتصوير بالرنين المغناطيسي لحل بعض الصعوبات التي تمنع من استخدامه مثل حساسية المريض للغادولينيوم أو رهاب الأماكن المغلقة، وذلك من أجل تحديد مرحلة العلاج أو متابعة ما بعد العلاج. وفي حين أن التصوير الشعاعي للثدي الرقمي القياسي يمتلك حساسية تصل إلى 80٪ ، فإن هذه النسبة تكون أقل في الثدي عالي الكثافة. ومع ذلك يتمتع CESM بحساسية عالية للغاية للكشف عن سرطان الثدي تصل إلى 98٪ ويكون التفريق والتخصيص في CESM أعلى بشكل عام مقارنة بتصوير الثدي بالرنين المغناطيسي، وبالتالي يمتلك التصوير الشعاعي الطيفي للثدي ذو التباين المحسن الخصائص التالية:

–تحسين عملية الكشف عن السرطان وزيادة الثقة في التشخيص.

–يعد مفيداً بشكل خاص في الثدي عالي الكثافة، حيث يكون التصوير الشعاعي للثدي التقليدي منخفض الحساسية.



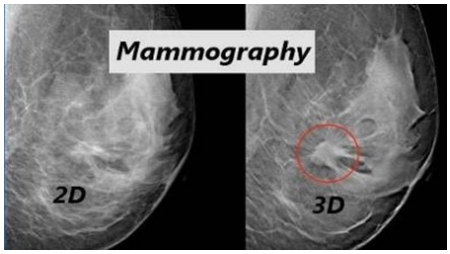
–تقييم أورام الثدي.

–متابعة التغييرات بعد العلاج، خصوصاً عند وجود ندبات بعد العلاج.

التصوير الشعاعي للثدي ثلاثي الأبعاد 3D mammography:

يعتمد التصوير الشعاعي للثدي ثلاثي الأبعاد المعروف أيضاً بالتصوير التركيبي المقطعي tomosynthesis على اقتباس صور متعددة لأنسجة الثدي من أجل توليد صورة ثلاثية الأبعاد يسهل اكتشاف السرطانات فيها عند المرضى الذين يعانون من أنسجة عالية الكثافة للثدي أو تاريخ عائلي للإصابة بسرطان الثدي وبالتالي قد يتطلب جرعة أعلى قليلاً من التعرض للإشعاع مع التصوير الشعاعي التقليدي للثدي.

فأثناء ضغط الثدي، يتحرك ذراع جهاز التصوير الشعاعي للثدي (أنبوب الأشعة السينية) في مسار قوسي فوق الثدي من أجل اقتباس العديد من الصور ثنائية الأبعاد منخفضة الجرعة للغاية من زوايا متعددة، ثم يعود أنبوب الأشعة السينية إلى خط الوسط للثدي ويسجل صورة شعاعية منتظمة للثدي، ومن ثم يجري تحرير الضغط عن الثدي. يقوم الحاسب فيما بعد بترتيب الصور في صورة ثلاثية الأبعاد من أجل قراءتها من قبل طبيب الأشعة. تستغرق العملية بأكملها حوالي سبع ثوانٍ لكل ثدي.



يؤمّن التصوير الشعاعي للثدي ثلاثي الأبعاد لمختصّي الأشعة صورة أكثر وضوحاً وتفصيلاً، مما يحسن من عملية الإظهار ويسهل في الكشف المبكر عن سرطان الثدي حيث ثبت أنه يمكن لهذه التقنية أن تكتشف من 20 إلى 65٪ من السرطانات. إضافة إلى ذلك، تخفض هذه التقنية من حالات إعادة التصوير بنسبة تصل إلى 40٪ مقارنة بالتصوير الشعاعي التقليدي للثدي، حيث تؤمّن دقة أكبر في تحديد الحجم والشكل والموقع الدقيق للتشوهات في نسيج الثدي مع تخفيض نسبة الإيجابية الكاذبة في الكشف، وتخفض من الحاجة إلى الخزعات غير الضرورية أو الاختبارات الإضافية الأخرى.

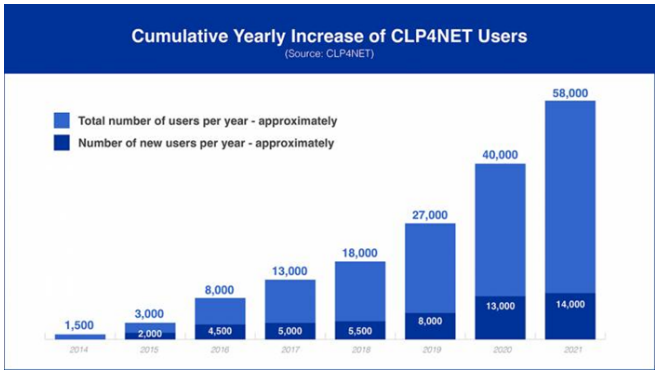
وتجدر الإشارة هنا إلى مشاركة هيئة الذرية السورية في فعاليات المؤتمر الدولي الثاني للهندسة الطبية والحيوية والذي أقيم في جامعة دمشق من 15 حتى 17 الجاري بمحاضرة علمية تخصصية حول التوجّهات الحديثة في نظم التصوير الشعاعي التشخيصي بهدف رفع سوية ثقافة الوقاية الإشعاعية والتعريف بأحدث تقنيات التصوير الشعاعي من حيث تعزيز التبرير واستمثال جرعة المريض فيها.

إعداد الدكتور المهندس يحيى لحفي

التعليم والتدريب الإلكتروني في خدمة العلوم والتقانات النووية

التعليم الإلكتروني هو طريقة للتعليم باستخدام آليات الاتصال الحديثة من حاسب وشبكاته ووسائطه المتعددة من نصوص مكتوبة أو منطوقة، مؤثرات صوتية، رسومات، صور ثابتة أو متحركة، لقطات فيديو، وكذلك بوابات الإنترنت سواء كان عن بعد أم في الفصل الدراسي؛ المهم المقصود هو استخدام التقنية بجميع أنواعها في إيصال المعلومة للمتعلم بأقصر وقت وأقل جهد وأكبر فائدة. والدراسة عن بعد هي جزء مشتق من الدراسة الإلكترونية وفي كلتا الحالتين فإن المتعلم يتلقى المعلومات من مكان بعيد عن المعلم مصدر المعلومات. فالتعليم الإلكتروني هو نظام تفاعلي تُقدم فيه المعلومات للمتعلم باستخدام تكنولوجيات الاتصال والمعلوماتية، ويعتمد على بيئة إلكترونية رقمية متكاملة تعرض المقررات الدراسية عبر الشبكات الإلكترونية، وتوفر سبل الإرشاد والتوجيه وتنظيم الاختبارات وكذلك إدارة المصادر والعمليات وتقويمها.

أتاحت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA منصة التعلُّم الإلكتروني لأغراض التعليم والتدريب في المجال النووي CLP4NET للمستخدمين بحيث يمكنهم العثور بسهولة على الموارد التعليمية المتعلقة بمواضيع تتراوح بين الطاقة النووية، والأمان النووي والعلوم والتكنولوجيا النووية، وتتألف المنصة من دورات يجريها مدرّسون وموارد دراسة ذاتية للتعلُّم الإلكتروني، وهي متاحة للمهتمين من الجمهور كخدمة مجانية.



وتهدف منصة CLP4NET إلى تيسير مثل هذا التعليم المستدام في القطاع النووي عبر تمكين التطوير على شبكة الإنترنت ونشر موارد التعلُّم الإلكتروني وبيئات التعلم عالية الجودة، بطريقة فعّالة من حيث التكلفة وقابلة للتطوير وسهلة الاستخدام والمكونات الرئيسية للمنصة هي:

- نظام إدارة التعلُّم الموجَّه ذاتياً والمصمَّم لتوفير مواد التعلُّم الإلكتروني للدراسة الذاتية لشريحة أوسع من الجمهور.
- نظام إدارة التعلُّم تحت إشراف مدرّسين والمطوَّر لدعم وتعزيز الدورات التدريبية التي يجريها مدرّسون لمجموعات مغلقة من الطلاب مع مزايا إدارة التعلُّم الإلكتروني.

وفّرت الوكالة أيضاً كتالوجاً لدورات التعلم الإلكتروني مما سيسهل على المستخدمين العثور على دورات الوكالة عبر الإنترنت والتسجيل فيها. شهدت هذه المواد التعليمية المجانية التي تغطي جميع مجالات الاستخدام السلمي للتكنولوجيا النووية من خلال منصة التعلم الإلكتروني التابعة للوكالة الدولية للطاقة الذرية للتعليم والتدريب على الشبكة CLP4NET زيادة في الاستخدام خلال جائحة COVID-19 ولديها 58000 مستخدم حتى آذار 2022.

من جهة ثانية، قال Yves Reynaud Barrios منسق الأدوات الإلكترونية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "لطالما كانت CLP4NET مهمة للمنظمة، ولكن خلال جائحة COVID-19 أصبحت مفيدة في دعم الوكالة الدولية للطاقة الذرية لمواصلة الوفاء بولايتها على الرغم من القيود المفروضة على السفر والتفاعلات الشخصية. يتمثل الدور الرئيسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية في مساعدة دولنا الأعضاء على تطوير قدراتها المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا النووية بما في ذلك السلامة والأمن. وتتحقق مهمتنا من خلال مجموعة من المنشورات والزيارات العلمية وورش العمل ومشاريع التعاون الفني، ومؤخراً، التعلم عن بعد".

يُسجِّل وسطياً حوالي 1000 مستخدم جديد في النظام الأساسي كل شهر. نظراً للتحول نحو المزيد من النُّهج الافتراضية القائمة على المسافات، فقد زاد عدد الندوات عبر الإنترنت التي تقودها الوكالة بشكل كبير ومن المتوقع أن تستمر في هذا الاتجاه خلال السنوات القليلة المقبلة، انظر الشكل.

يسمح كتالوج دورات التعليم الإلكتروني الجديد للمستخدمين بالبحث والعثور على المحتوى عبر الإنترنت بشكل أكثر سهولة من ذي قبل مع البحث عن الكلمات الرئيسية والمجال الموضوعي ونوع المحتوى وعوامل التصفية مما يتيح سهولة التصفح بين الدورات التدريبية والندوات عبر الإنترنت البالغ عددها حوالي 500.

كما يتم ترجمة بعض مواد التعلم الإلكتروني إلى اللغات العربية والصينية والفرنسية واليابانية والروسية والإسبانية، ويمكن الوصول إلى تفاصيل الدورة التدريبية من خلال ارتباط موجود في صفحة كتالوج الدورة التدريبية، والتي تعيد توجيه المستخدم إلى صفحة تحتوي على مزيد من معلومات الدورة التدريبية، مثل الموضوعات الرئيسية وطول الدورة التدريبية واللغات المتوافرة.

للوصول إلى جميع المحتويات الموجودة على CLP4NET، يحتاج المستخدمون الجدد إلى التسجيل من خلال إنشاء حساب مستخدم على نظام الدخول الموحد NUCLEUS التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية، ويمكن لأي مستخدم لنظام NUCLEUS التسجيل في جميع دورات التعلم الإلكتروني المجانية والمفتوحة أي الموجهة ذاتياً. في حالة الدورات التدريبية التي يقودها مدرّسٌ، يلزم وجود دعوة ورابط تسجيل من مدير الدورة التدريبية، وتتطلب مثل هذه الدورات التدريبية عادة دعوة رسمية للمشاركة.

يمكن لأي شخص مهتم بمعرفة المزيد أو الاطلاع على موارد التعلم الإلكتروني المتاحة على CLP4NET الوصول بسهولة إلى كتالوج الدورات من خلال هذا الرابط: https://www.iaea.org/online-courses

إعداد الدكتور عبد القادر بيطار

الطرائق المتبعة في تحديد الجرعات بأثر رجعي في التعرّضات الخارجية للأشعة

يستلزم الخطر المحتمل لوقوع حادث نووي غير متوقع أو هجوم إرهابي توافر أساليب وعمليات مناسبة تكون قابلة للتطبيق في حالات الطوارئ من أجل قياس الجرعة. يستعمل مصطلح "قياس الجرعات بأثر رجعي retrospective dosimetry للدلالة على تحديد جرعة الإشعاعية في مكان الحادث في الحالات التي لا تكون فيها مقاييس الجرعات التقليدية موجودة في مكان وزمان التعرض للإشعاع. تأتي كلمة retrospective بأثر رجعي من الكلمة اللاتينية retrospectare، "لننظر إلى الوراء". يمكن تعريف قياس الجرعات بأثر رجعي ببساطة على أنه "تقدير جرعة الإشعاع التي تلقاها فرد مؤخراً خلال الأسابيع القليلة الماضية، أو تاريخياً في الماضي أو بشكل مزمن على مدار سنوات عديدة"، بالتالي يمكن من خلال هذا التعريف تعريف العديد من تقانات قياس الجرعات بأنها ذات أثر رجعي لأنها تتضمن قياس جرعة تم تلقيها في الماضي حتى لو كانت قبل ساعات قليلة فقط. في المقابل، في السياق الوراثي الخلوي، غالباً ما يشير قياس الجرعات بأثر رجعي إلى نقاط نهاية مستقرة، أي تلك التي تستمر لفترة كافية لقياس الجرعات المتلقاة قبل شهور أو سنوات من أخذ عينات الدم.

هناك العديد من الطرائق التي يمكن استعمالها مباشرةً وبأثر رجعي بعد التعرض للإشعاع المؤين الخارجي. تشمل هذه الطرائق:

1. تقانات الوراثة الخلوية:
   a. تحليل الكروموسوم ثنائي القسيم.
   b. تكاثف الكروموسوم المبكر PCC.
   c. قياس النويات الصغيرة.
   d. التهجين الموضعي المتألق FISH.
2. تقانات جينية:
   a. الطفرات الجسدية: Glycophorin A GPA وhypoxanthine -guanine-phosphoribosyl transferase HPRT
   b. اختبارات التعبير الجيني
3. تقانات أمراض الدم.
4. الواسمات الحيوية البروتينية.
   a. γ-H2AX
   b. بروتين سي التفاعلي CRP
5. تقانات فيزيائية:
   a. التجاوب المغناطيسي الإلكتروني EPR
   b. قياس الجرعات بالتألق.
   c. التنشيط النتروني.
6. تقانات حاسوبية:
   a. إعادة بناء الجرعة التحليلية أي حسابات الوقت والحركة.
   b. إعادة بناء الجرعة بالطرق العددية.

إن مراجعة الخصائص الفردية لهذه التقانات ومحدودية استعمال كل منها وإمكانية تطويرها بشكل أكبر يساهم في تحديد فائدتها في سيناريوهات التعرّض المحددة. تجدر الإشارة هنا إلى أنه لا توجد تقانة واحدة من التقانات الآنفة الذكر تفي بمعايير مقياس جرعات المثالي، إلا أن النهج المتكامل باستعمال تقانات متعددة مصممة لسيناريو التعرض يمكن أن يغطي معظم المتطلبات.

تقليدياً، كانت مجتمعات قياس الجرعات الفيزيائية والبيولوجية منفصلة إلى حد ما. ومع ذلك، فإن التركيز الحالي على الشبكات العالمية والمساعدة المتبادلة أظهر أهمية النهج المشترك. ولهذه الغاية، أُنشئت مجموعة عمل أوروبية لقياس الجرعات الإشعاعية بشأن قياس الجرعات بأثر رجعي من قبل أفراد من مجموعة واسعة من التخصصات في جميع أنحاء أوروبا.

قليل من هذه التقانات يمكن استعمالها عند تقييم الجرعات المتلقاة من التعرضّات الداخلية. هذا ينطبق بشكل خاص في حال النكليدات المشعة التي لا تتوزع بشكل متجانس في جسم الإنسان.

أداء التقنيات في مختلف سيناريوهات التعرض للإشعاع

إن استقرار الإشارة المستعملة لقياس الجرعة له أثر مباشر على المجال الزمني الذي يمكن خلاله اتّباع اختبار ما. يمكن تصنيف القياسات البيولوجية إلى ثلاث فئات تتوافق مع الطبيعة البيولوجية للإشارة المستعملة في قياس الجرعات:

1. **تلف الحمض النووي الذي لم يتم إصلاحه والاستجابات المبكرة للضرر**: تمثل شظايا PCC وبؤر γ-H2AX فواصل الحمض النووي التي لم يتم إصلاحها، والتي تحدث بأعداد كبيرة عن طريق الإشعاع المؤين ولكن عادةً ما يتم إصلاحها بالكامل في غضون أيام قليلة بعد التعرض. وفقاً لذلك، من المحتمل أن يكون هذا القياس حساساً للغاية عند استخدامه في غضون ساعات قليلة بعد التعرض، ولكن يمثّل فقدان الإشارة السريع عائقا في وجه الاستفادة منها في حال التعرضات غير المخطط لها أو المزمنة. وبالمثل، فإن التغيرات في تعداد خلايا الدم والتعبير الجيني وبروتينات المصل تعكس التأثيرات الخلوية المبكرة واستجابات الأنسجة للتعرض للإشعاع وعادة ما تستمر فقط لعدد من الأيام.
2. **إعادة الترتيب غير المستقرة**: ثنائيات القسيم المركزي وحلقات PCC والنويات الصغيرة في الخلايا الليمفاوية ناتجة عن تلف الحمض النووي الناتج عن الإصلاح الخاطئ. تستمر عمليات إعادة الترتيب هذه في الخلايا غير المنقسمة ولكن لا يمكن نقلها إلى الخلايا الوليدة، وبالتالي يتم استنفادها بمعدل تجديد الخلايا الليمفاوية ولديها عمر نصف يتراوح من 0.5 إلى 3 سنوات.

الطرائق المتبعة في تحديد الجرعات بأثر رجعي في التعرّضات الخارجية للأشعة-تتمة

3. **إعادة الترتيب والطفرات المستقرة:** تكون التحولات والطفرات مستقرة بشكل عام ويمكن أن تنتقل من الخلايا الجذعية إلى خلايا الدم الناضجة، لذلك فإن أي استبدال مع مرور الوقت لخلايا الدم التي تعرضت للإشعاع في الأصل بخلايا ناضجة حديثاً لا يُتوقع أن يؤثر بشكل كبير على ترددات الانتقال أو الطفرات في الخلايا المستقرة.

يمكن تصنيف المواد المستخدمة أو المتوخاة للاستعمال في قياس الجرعات الفيزيائية في ثلاث فئات، وفقاً لعمر الإشارة الناتجة عن التعرض للإشعاع:

1. الجذور الحرة الناتجة عن الإشعاع في الأنسجة المتكلسة لها عائد منخفض جداً من إعادة التركيب، الأمر الذي يجعل تقدير الجرعة بواسطة EPR ممكناً على مدى عقود في مينا الأسنان الحية، بينما قد تتأثر العظام الحية بإعادة تشكيل العظام في السنوات التالية للتعرض للإشعاع. في حالة التعرض للنيوترون، جرى إثبات أن قياس الكالسيوم المنشط يسمح بتقدير الجرعة لمدة تصل إلى بضعة عقود بعد التعرض. بعض إشارات التألق في الكوارتز المستخرجة على سبيل المثال من الطوب أو الخرسانة مستقرة حرارياً على مدى عقود أو حتى مئات الآلاف من السنين وتستخدم أيضاً على نطاق واسع في التأريخ الأثري والجيولوجي.
2. تُظهر السكريات والأملاح والمواد المصنعة مثل الزجاج والمكونات الإلكترونية وبطاقات الرقاقة تلاشي الإشارة، ولكن مع عائد منخفض بدرجة كافية لإعادة التركيب للسماح بقياس الإشارة التي يسببها الإشعاع لمدة تصل إلى عدة أسابيع بعد التعرض. ومع ذلك، فإن مواصفات المواد المتغيرة بسرعة في العناصر الشخصية أي الأشياء التي تعود للشخص المتعرض والتي كانت بحوزته لحظة التعرض تجعل من الضروري الحفاظ على قاعدة بيانات محدثة للجرعة والاستجابة والبيانات الحركية للمواد شائعة الاستخدام.
3. تظهر المواد الاصطناعية والبيولوجية مثل البوليميرات والشعر والأظافر تلاشياً ملحوظاً للإشارة، مما يحد من تقديرات الجرعات إلى ساعات أو بضعة أيام بعد الحادث.

بالنسبة لمعظم سيناريوهات الحوادث الإشعاعيّة لا يمكن استخدام أي من الطرق المذكورة آنفاً بشكلٍ مرضٍ كأداة قائمة بذاتها. من المحتمل ألا يتغير هذا الواقع أبداً على الرغم من البحث المستمر لتحسين كل طريقة على حدة؛ السبب في ذلك هو أن كل طريقة لها محدودياتها المتعلقة بطبيعتها فيما يتعلق بمتطلبات مقياس جرعات (حيوي) مثالي وهي:

- خصوصية الإشعاع المؤين
- مجال واسع جداً للجرعات التي يمكن تمييزها تتراوح من بضعة ميكروغراي إلى عشرات من الغراي.
- استقرار إشارة جيد للسماح بتحليل حالات التعرض الحديثة والبعيدة.
- القدرة على تقدير مدى التعرض الجزئي للجسم.
- القدرة على التمييز بين التعرض الداخلي والخارجي.
- علاقات محددة جيداً للاستجابة للجرعات بين طبيعة الإشعاع المختلفة ومعدلات الجرعات.
- إمكانية إنشاء منحنى معايرة في المختبر.
- إمكانية تقييم مقدار الارتياب في تقدير الجرعة.
- أن تبدي تبايناً منخفضاً بين الأفراد.
- غياب العوامل المربكة.
- أن تكون طريقة الحصول على العينات غير جراحية أو بالحد الأدنى من التدخل الجراحي.
- أن تكون معالجة وتحليل العينات معيارية وسريعة آلية ورخيصة.

بالنظر إلى ذلك، قد يكون الطريق إلى الأمام هو تطوير نظام متكامل لقياس الجرعات يتكون من العديد من الطرائق التكميلية التي تفي فيما بينها بمعظم المتطلبات المذكورة آنفاً. سيتطلب إيجاد هكذا نظام وحدة تحليل قائمة على البرمجيات تجمع النتائج والارتيابات المرتبطة بها من كل أداة في محاولة لتوليد أفضل تقدير للجرعة الممتصة وسيناريو التعرض.

إعداد الدكتور محمد حسن عبيد

شارك في هذا العدد:

د. محمد سعيد المصري ، د. م. يحيى لحفي

د. عبد القادر بيطار ، د. محمد حسن عبيد

التدقيق اللغوي: ريما سنديان

الإخراج الفني: زهير شعيب وراما الكاج

للمراسلة:

هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان

دمشق - سوريا - ص.ب 6091

هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289

بريد إلكتروني: atomic@aec.org.sy