

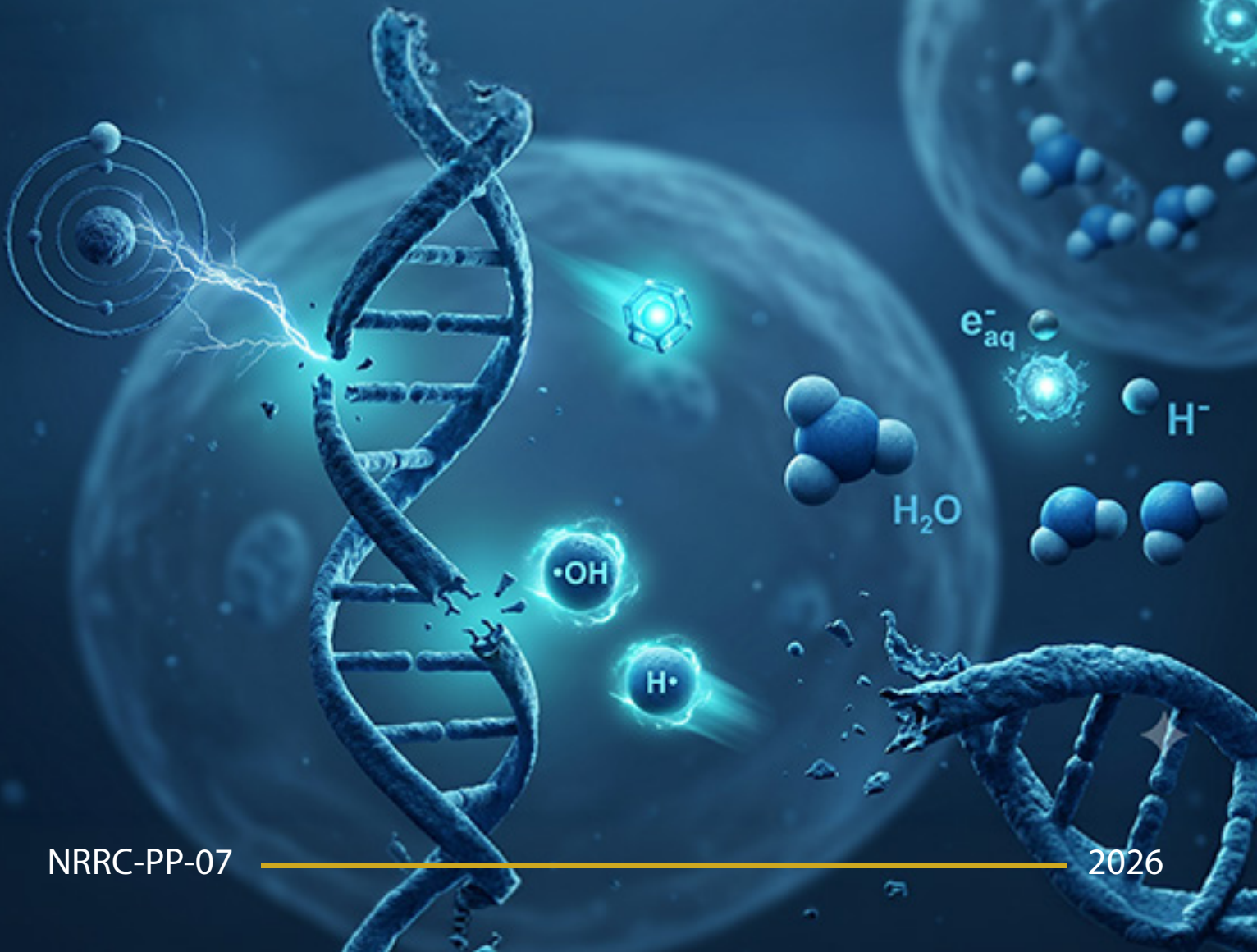


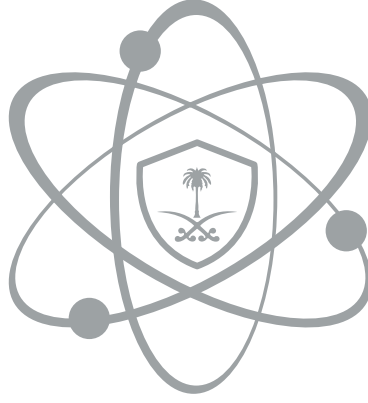
هيئة الرقابة النووية والإشعاعية

Nuclear and Radiological Regulatory Commission

NRRC Public Publication

مفاهيم عن تأثيرات الجرعات الإشعاعية المؤينة وأخطارها ومعايير الحماية منها





هيئة الرقابة النووية والإشعاعية
Nuclear and Radiological Regulatory Commission

Concepts of Ionizing Radiation Effects,
Hazards, and Protection Standards

2026
NRRC-PP-07

مفاهيم عن تأثيرات الجرعات
الإشعاعية المؤينة وأخطارها
ومعايير الحماية منها

2026
NRRC-PP-07

تمهيد

تسعى هيئة الرقابة النووية والإشعاعية إلى التوعية في شأن مخاطر الإشعاعات المؤينة إنفاذاً لمهامها الواردة في تنظيمها الصادر بقرار مجلس الوزراء رقم 334 وتاريخ 1439/7/25 هـ وتعتمد الهيئة في سبيل تحقيق هذه المهمة وفي تطوير وتعزيز ثقافة الأمان النووي، على أحد أهدافها الإستراتيجية في خطتها الاستراتيجية (2026-2030) التي اعتمدها مجلس إدارتها بالقرار رقم ق 2022/2/8 وتاريخ 1444/5/7 هـ. ويتفق ذلك مع إطار سياسة المفاهيم والتوجهات الإعلامية الوطنية في مجالات الرقابة النووية والإشعاعية، وبالاتزام بقرار مجلس الوزراء رقم 61596 بتاريخ 1443/9/30 ، والمعني في مجمله بنشر الأجهزة الحكومية لخدماتها بوسائل الإعلام الحديثة وتعزيز التواصل مع الجمهور.

وتهدف هذه الوثيقة إلى التعريف بالمفاهيم الأساسية المتعلقة بالجرعات الإشعاعية المؤينة، وأثارها الصحية المحتملة، ومعايير الحماية منها، من خلال عرض مبسط للأساس العلمي الذي تقوم عليه تأثيرات الإشعاع في الخلايا والأنسجة والكائنات الحية، وبيان تصنيفات هذه الآثار من حيث طبيعتها الجسدية والوراثية، ومن حيث كونها آثاراً عشوائية أو حتمية. كما تستعرض الوثيقة الجهود الدولية في تقييم مخاطر الإشعاع المؤين وتنظيم الحماية منه، ودور المنظمات والهيئات الدولية ذات الصلة في إرساء المبادئ والمعايير الرقابية، إضافة إلى إبراز الإطار الرقابي الوطني القانوني والتشغيلي في المملكة العربية السعودية، وجهود هيئة الرقابة النووية والإشعاعية في تطوير السياسات واللوائح والمتطلبات التي تكفل التحكم في مخاطر الجرعات الإشعاعية المؤينة وحماية الإنسان والبيئة.

مقدمة

اكتشف العالم الألماني فيلهلم رونتجن الأشعة السينية في نوفمبر 1895م. وبعد بضعة أشهر فقط، في الولايات المتحدة الأمريكية لوحظ التهاب الجلد الناتج عن التعرض لهذه الأشعة وسرعان ما ظهرت ملاحظات مماثلة في العديد من البلدان؛ فعلى سبيل المثال، وصف عدد من العلماء مشاهداتهم عن أضرار الإشعاع التي لحقت بأيدي وأصابع الباحثين التجريبيين الأوائل. وأدى اكتشاف العالم بيكريل في 1896م للنشاط الإشعاعي، وما تلاه من اكتشاف كيوري للراديو مشع في 1898م، إلى ظهور العديد من حالات الضرر الإشعاعي، الأمر الذي مهد لفكرة إحداث هذا الضرر عمداً في أنسجة محددة من أجل علاجها إشعاعياً. وكانت أولى حالات الشفاء المؤكدة لمرضى السرطان على يد العالم سيوجرين وستينبيك في السويد عام 1899م. كما استُخدمت الأشعة السينية في المستشفيات الميدانية العسكرية منذ عام 1897م، على الرغم من ازدياد عدد الإصابات الناجمة عن التعرض للأشعة السينية، خلال الحرب العالمية الأولى، عند استخدام أجهزة الأشعة السينية المتنقلة البدائية في الميدان. وفي السنوات العشر التالية، نُشرت العديد من الأبحاث حول ضرر الأنسجة الناتج عن التعرض للإشعاع. ومع ذلك، وخلال العقدين الأولين اللذين أعقبا اكتشاف الأشعة السينية والراديو مشع، تسبب الجهل بمخاطر الإشعاع في العديد من الإصابات. على ما يبدو، كان أخصائيو الأشعة الأوائل يستخدمون أيديهم غالباً لتركيز شعاع أجهزة الأشعة السينية الخاصة بهم، وتم وصف سرطان الجلد كنتيجة مباشرة لهذا التعرض في غضون 6 سنوات من اكتشاف رونتجن للأشعة السينية. وقد تكون الآثار الضارة على اليدين والجلد مروعة، وسرعان ما تبين أن هذه الآثار قد تكون قاتلة.

يعتبر النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية نتيجة تحلل نواة الذرة نتيجة عدم استقرارها مما يحولها بهذا التحلل إلى نواة ذرة مادة أخرى، وينطلق من هذا التحلل إشعاعات. وفي الطبيعة مواد مشعة طبيعية الوجود، تمثل أحد مكونات الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الفرد من مصادرها الطبيعية، إضافة إلى الإشعاعات التي ترد من الفضاء وتعرف بالأشعة الكونية. وللإشعاع والمواد المشعة تطبيقات عديدة مفيدة، منها التطبيقات والاستخدامات في الطب والصناعة والزراعة. ويجب تقييم مخاطر الإشعاع التي قد يتعرض لها العاملون في المجال الإشعاعي، والجمهور والبيئة، جراء هذه التطبيقات، والسيطرة عليها عند الضرورة. ولذلك، يجب أن تخضع أنشطة مثل الاستخدامات الطبية للإشعاع، وتشغيل المرافق النووية، وإنتاج المواد المشعة ونقلها واستخدامها، وإدارة النفايات المشعة، لمعايير السلامة (الأمان). وتقاس الجرعة الإشعاعية في تقييم أثرها الصحي بوحدة السيبرت (Sv – Siver).

تناول هذه الوثيقة المفاهيم الأساسية للتأثيرات الضارة للإشعاعات المؤينة على الكائنات الحية، كما سيتم تناول التجارب البشرية والمعرفة المتراكمة لهذه الآثار ومعايير التنظيم الدولي لها.

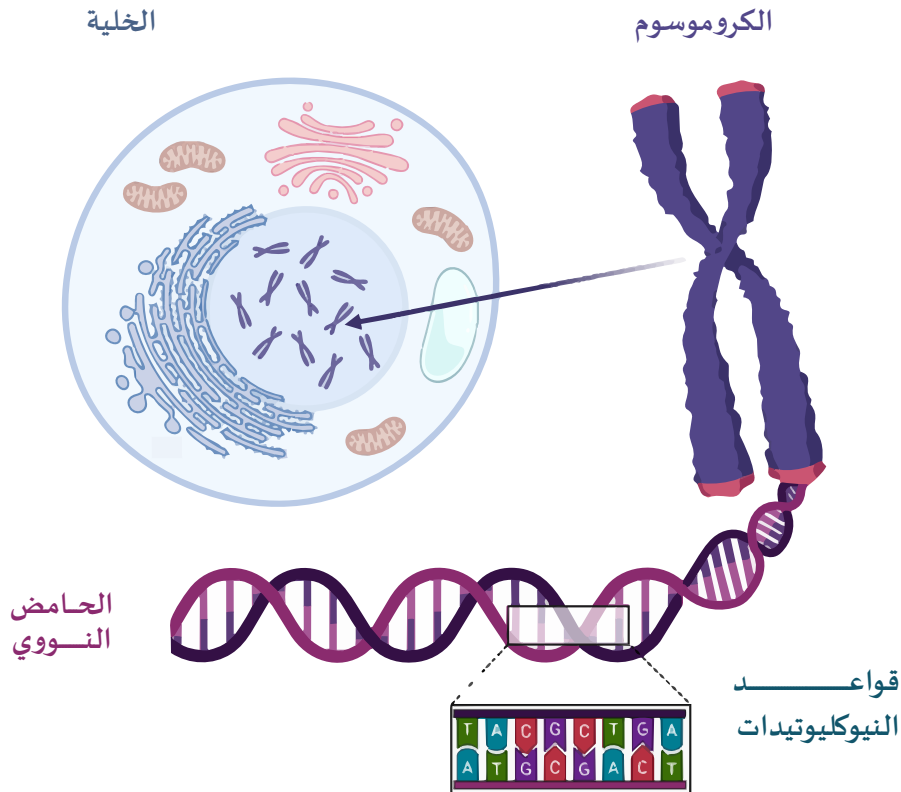
الآثار الصحية

تُصنّف الخلايا الجسدية (Somatic) إلى:

- الخلايا الجذعية (Stem)؛ وهي خلايا قادرة على التكاثر الذاتي وإنتاج خلايا لتكوين مجموعة خلوية متخصصة (مثل الخلايا الجذعية للجهاز المكون للدم، والبشرة، والبطانة المخاطية للأمعاء).
- الخلايا العابرة (Transit)؛ وهي خلايا تنتقل إلى مجموعة خلوية أخرى (مثل الخلية الشبكية التي تتخصص لتصبح خلية دم حمراء).
- الخلايا الناضجة (Mature)؛ وهي خلايا متخصصة تماماً ولا تُظهر نشاطاً انقسامياً (مثل خلايا العضلات، والنسيج العصبي).

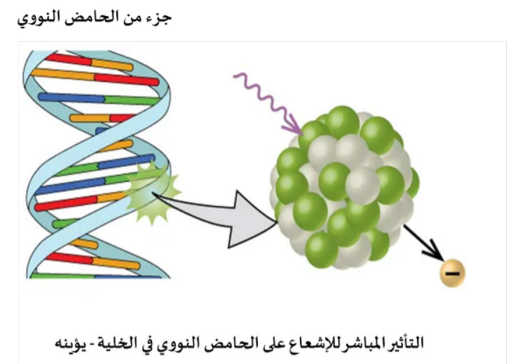
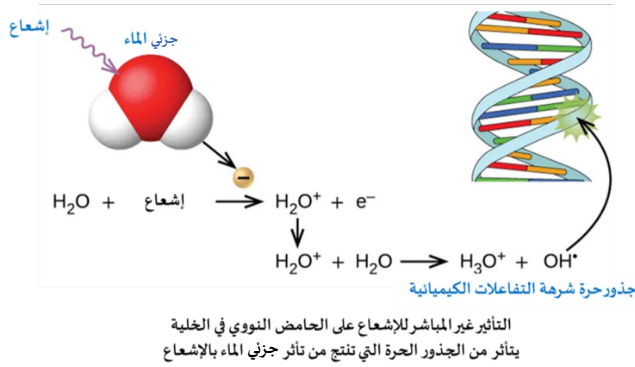
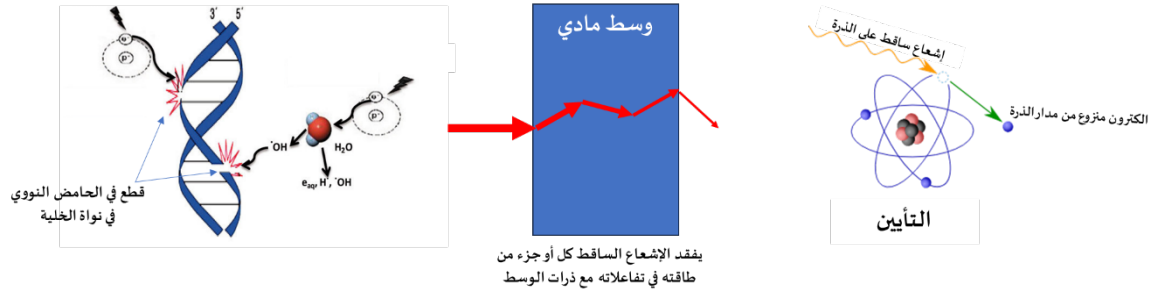
تتكون جميع الكائنات الحية من (البروتوبلازم)، وهو يتألف من مركبات عضوية وغير عضوية مذابة أو معلقة في الماء. أصغر وحدة من (البروتوبلازم) قادرة على الوجود المستقل هي الخلية. وتحتوي الخلايا على مركبات غير عضوية (ماء ومعادن) لإضافة إلى مركبات عضوية (بروتينات، وكربوهيدرات، وأحماض نووية، ودهون).

المكونان الرئيسيان للخلية هما (السيتوبلازم)، الذي يدعم جميع الوظائف الأيضية داخل الخلية، والنواة، التي تحتوي على المعلومات الوراثية (DNA). وتنقسم الخلايا البشرية إلى خلايا جسدية (Somatic) وخلايا جنسية أو تكاثرية (Germ). تتكاثر الخلايا عن طريق الانقسام؛ يُسمى انقسام الخلايا الجسدية بالانقسام المتساوي (mitosis)، وانقسام الخلايا الجنسية بالانقسام الاختزالي (meiosis). عند انقسام خلية جسدية، تنتج خليتان، تحمل كل منهما مجموعة كروموسومات مطابقة لتلك الموجودة في الخلية الأصلية. قد تخضع الخلايا الجديدة نفسها لمزيد من الانقسام، وتستمر هذه العملية.



عند امتصاص طاقة الإشعاع المؤين مباشرةً في المادة البيولوجية، قد يحدث الضرر للخلية بإحدى طريقتين: التأثير المباشر أو التأثير غير المباشر. ففي التأثير المباشر، يتفاعل الإشعاع مباشرةً مع الهدف الحرج داخل الخلية. وقد تتأين ذرات الهدف نفسه (تفقد إلكترونات) وتصبح بشحنة موجبة أو غير متعادلة كهربائياً (أيونات)، أو تُثار، مما يؤدي إلى سلسلة من الأحداث الفيزيائية والكيميائية التي تُسبب في النهاية الضرر البيولوجي. يُعد التفاعل المباشر هو العملية السائدة في تفاعل الإشعاعات الجسيمية (جسيمات ألفا وبيتا) والتي تفقد كميات كبيرة من طاقتها في مسارها في الخلية أو النسيج.

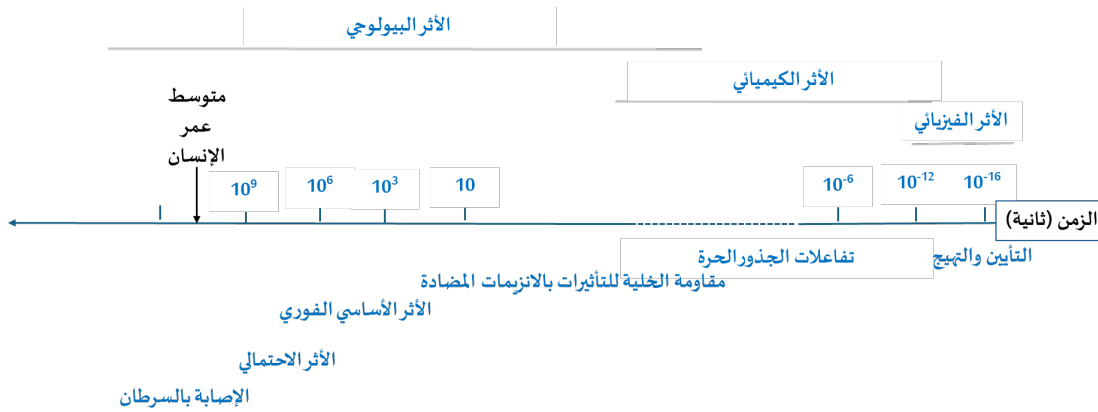
تُعرف مجموعة الخلايا التي تؤدي معاً وظيفة واحدة أو أكثر بالنسيج. وتُسمى مجموعة الأنسجة التي تؤدي معاً وظيفة واحدة أو أكثر بالعضو. في حين تُسمى مجموعة الأعضاء التي تؤدي وظيفة واحدة أو أكثر بجهاز عضوي أو كائن حي. عند تعرض الخلايا للإشعاع المؤين، تحدث أولاً، نتيجة عبور هذه الإشعاعات عبر الخلايا والأنسجة، التأثيرات الفيزيائية المعتادة بين الإشعاع وذرات أو جزيئات الخلية، ثم يتبع ذلك الضرر البيولوجي المحتمل لوظائف الخلية. تنجم التأثيرات البيولوجية للإشعاع بشكل رئيسي عن تلف الحمض النووي (DNA)، وهو الهدف الأكثر أهمية داخل الخلية؛ ومع ذلك، توجد أيضاً مواقع أخرى في الخلية قد يؤدي تلفها إلى موتها.



الروابط الكيميائية وتحدث تغيرات كيميائية تؤدي إلى أضرار بيولوجية، ويُعزى حوالي ثلثي الضرر البيولوجي الناتج عن الإشعاعات (الإشعاعات قليلة التأين مثل إشعاعات جاما والأشعة السينية)، إلى التأثير غير المباشر. يُمكن تعديل هذا التأثير غير المباشر باستخدام مُحسِّنات كيميائية أو واقيات من الإشعاع. وخطوات إحداث الضرر البيولوجي الناتج عن التأثير غير المباشر تنتهي في أثرها البيولوجي إلى عدم تأثر الخلية، أو تأخير انقسامها، أو موتها قبل الانقسام أو بعده بالتفتت إلى أجزاء أصغر تبتلعها الخلايا المجاورة، أو أنها تفشل التكاثر وتموت عند محاولتها الانقسام المتساوي الأول أو اللاحق.

وفي التأثير غير المباشر، يتفاعل الإشعاع مع جزيئات وذرات أخرى (خاصة الماء، إذ يشكل الماء 80% من الخلية) داخل الخلية، مُنتجًا جذورًا حرة (مركبات كيميائية شرهة في التفاعل الكيميائي ولا تكون مستقرة)، عبر انتشارها داخل الخلية، وهي قادرة على إلحاق الضرر بالهدف الحيوي داخلها. فعند تفاعل الإشعاع مع الماء، تتكون جذور حرة قصيرة العمر ولكنها شديدة التفاعل، مثل أيون الماء (H_2O^+) وجذر الهيدروكسيل ($OH\cdot$)، وهي بدورها، تُلحق هذه الجذور الحرة الضرر بالهدف داخل الخلية. تُعدّ هذه الجذور الحرة جزيئات شديدة التفاعل لاحتوائها على إلكترون تكافؤ غير مزدوج، وتعمل على تكسير

يتدرج الأثر الفيزيائي والكيميائي والبيولوجي في مراحل تفاعل الإشعاع في الوسط الحي وفق الإطار الزمني التقديري المبين أدناه.



ومثلما هناك آثار بيولوجية فورية تظهر في مستوى مرتفع نسبياً من الجرعات الإشعاعية، هناك آثار متأخرة إحصائية مثل الإصابة بالسرطان.

وتتمتع الخلية بالقدرة على مقاومة نسبية لهذه التأثيرات من خلال إطلاقها لإنزيمات (تعرف بالمخلبية Scavengers) تتولى التخلص من الجذور الحرة بفاعلية نسبية تعتمد على مقدار إنتاجها والذي يعتمد على مستوى الجرعة الإشعاعية.

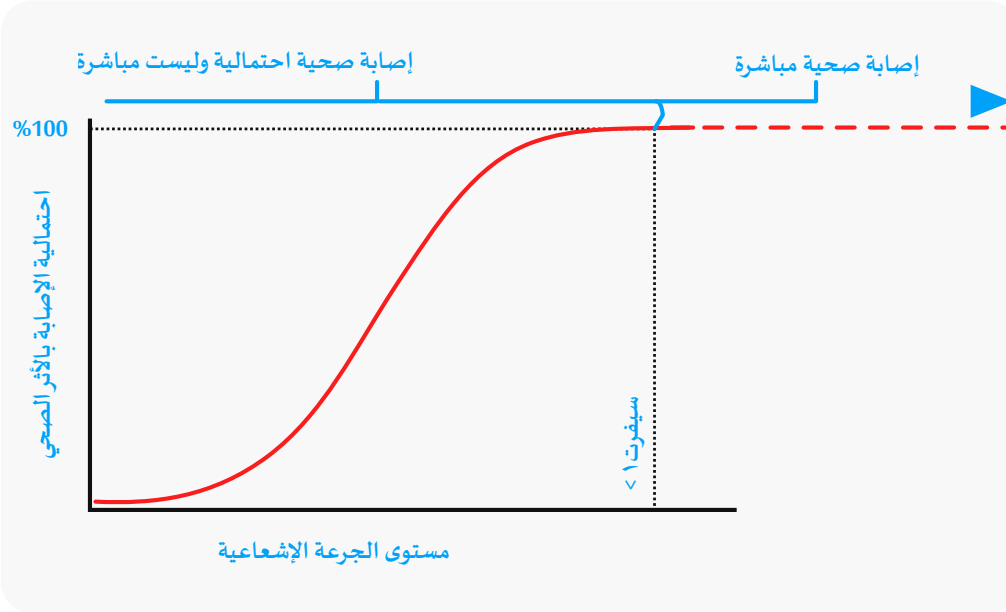
تعتبر الخلايا في بداية عمرها أكثر حساسية للتأثيرات الإشعاعية منها في مراحل متقدمة منه، كما أن الخلايا التي تتكاثر بسرعة (مثل خلايا الدم البيضاء) هي أكثر حساسية لهذه الآثار. ويعتبر الإنسان في عمر مبكر أكثر حساسية للآثار الإشعاعية الضارة منه

في مراحل عمر المتقدمة، ويصبح ذلك أكبر ما يكون للجنين في الثلث الأول من الحمل. ويمكن تصنيف الآثار الإشعاعية على خلايا الإنسان على النحو التالي:

- ◆ الضرر المميت غير قابل للعكس، ولا يمكن إصلاحه، ويؤدي إلى موت الخلية.
- ◆ الضرر دون المميت، يمكن إصلاحه في غضون ساعات ما لم يُضف ضرر دون مميت إضافي يؤدي في النهاية إلى ضرر مميت.
- ◆ يمكن التحكم في الضرر الذي يحتمل أن يكون مميتاً عن طريق الإصلاح عندما يُسمح للخلايا بالبقاء في حالة عدم الانقسام الإشعاعية.
- ◆ كما يمكن تصنيف الآثار الإشعاعية إلى جسدية على الإنسان ذاته أو وراثية تظهر في الأجيال القادمة للشخص المعرض للإشعاع:
- ◆ الآثار الجسدية هي الأضرار التي يعاني منها الأفراد المعرضون للإشعاع خلال حياتهم، مثل السرطانات الناجمة عن الإشعاع (السرطن)، والعُقم، وتعتيم عدسة العين، وقصر العمر.
- ◆ الآثار الوراثية هي طفرات تحدث في جينات الفرد وحمضه النووي نتيجة التعرض للإشعاع، والتي قد تُسهم في ولادة ذرية مصابة بعيوب خلقية.

منخفضة من الإشعاع، ومن دراسة حالات من الناجين من القنبلة الذرية في هيروشيما وناجازاكي، ومن حالات التعرض للإشعاع الطبي للمرضى وللعاملين (مثل أخصائي الأشعة في أوائل القرن الماضي).

تظهر عملية التسرطن كأثر جسدي متأخر، إما على شكل سرطان الدم النخاعي الحاد أو المزمن، أو بعض الأورام الصلبة، مثل أورام الجلد أو العظام أو الرئة أو الغدة الدرقية أو الثدي. وقد جُمعت البيانات البشرية المتعلقة بالتسرطن من بيانات التعرض المهني لمستويات



الجهود الدولية في التحكم بالإشعاعات المؤينة

والمنظمات غير الحكومية، وتُكلف متخصصين بتحليل هذه البيانات، ودراسة الأدبيات العلمية ذات الصلة، وإعداد تقييمات علمية. وقد أجرت اللجنة تقييمات عن السرطان الأولي الثانوي بعد العلاج الإشعاعي، والتعرض العام للإشعاع المؤين، والدراسات الوبائية للإشعاع والسرطان، وأمراض الجهاز الدوري الناتجة عن التعرض للإشعاع، وأمراض الجهاز العصبي وهي تعمل على التقييمات المتعلقة بعتامة عدسة العين، وتأثيرات الإشعاع على الجهاز المناعي، والآثار غير السرطانية للإشعاع المؤين. وتقوم اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) بجمع وتقييم ونشر المعلومات المتعلقة بالآثار الصحية للإشعاع ومستويات التعرض له من مصادر مختلفة. وتأخذ نتائجها وتوصياتها هيئات الخبراء الدولية، ولاسيما اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (International Commission on Radiation Protection - ICRP mission of Radiation Protection) في الاعتبار، عند وضع معايير السلامة الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة الذرية.

أنشأت الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام 1955م اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع الذري (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation - UNSCEAR). وتتمثل مهمتها في منظومة الأمم المتحدة في تقييم مستويات وأثار التعرض للإشعاع المؤين والإبلاغ عنها. وتعتمد الحكومات والمنظمات في جميع أنحاء العالم على تقديرات هذه اللجنة كأساس علمي لتقييم مخاطر الإشعاع ووضع التدابير الوقائية. وتوفر اللجنة الأسس العلمية لمعايير الحماية من الإشعاع على مستوى العالم. وتتألف اللجنة من خبراء من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، وتجمع الأبحاث، وتقيم البيانات، وتنشر تقارير شاملة عن التعرض للإشعاع من جميع المصادر، مما يجعلها مرجعاً علمياً أساسياً للحكومات والهيئات الدولية. ويُقرّ برنامج عمل اللجنة من قبل الجمعية العامة للأمم المتحدة، وهو يمتد عادةً على مدى أربع إلى خمس سنوات. كما تقوم الأمانة العامة بجمع البيانات ذات الصلة المقدمة من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة والمنظمات الدولية،



UNSCEAR



اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (International Commission of Radiation Protection - ICRP)

وقد كان تأسيس الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) قد تم خلال المؤتمر الدولي الثاني للأشعة المنعقد عام 1928م، استجابةً للمخاوف المتزايدة حينها بشأن آثار الإشعاع المؤين التي لوحظت في الأوساط الطبية. وقد كانت الهيئة تُعرف آنذاك باسم الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة السينية والراديو (IXRPC)، ولكن أُعيدت هيكلتها لتشمل استخدامات الإشعاع خارج المجال الطبي، وأصبحت باسمها الحالي عام 1950م.

هي منظمة عالمية مستقلة تضم أعضاء خبراء من جميع مجالات الحماية من الإشعاع. ويعمل هؤلاء الأعضاء كخبراء مستقلين، ولا يمثلون بلدانهم أو جهات عملهم عند العمل مع الهيئة. وتُعنى الهيئة الدولية بوضع توصيات لحماية الإنسان والحيوان والبيئة من الآثار الضارة للإشعاع المؤين من أي مصدر كان. وتُشكل توصيات الهيئة أساساً لمعايير الحماية من الإشعاع في جميع أنحاء العالم. وقد تأسست هذه الهيئة عام 1928م، وهي تقدم إرشادات شاملة بدءاً من التعرضات الإشعاعية الطبية، وصولاً إلى السلامة المهنية، وتُحدّث إرشاداتها دورياً لمواكبة أحدث المعارف العلمية.

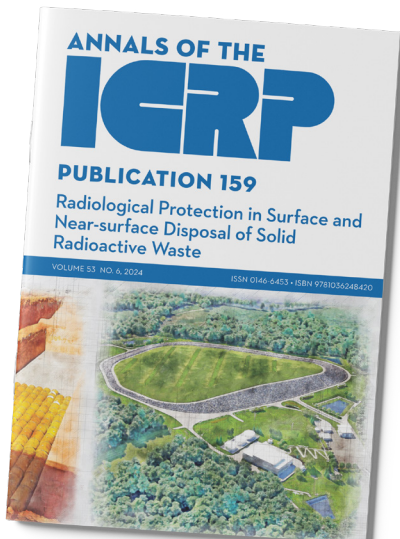
يستند نظام الحماية من الإشعاع، الذي وضعته الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP)، إلى قرابة قرن من الجهود التي بذلها العديد من العلماء والممارسين الذين عملوا معاً على الصعيد الدولي. ويرتكز هذا النظام على ثلاثة أركان أساسية: العلم، والأخلاق، والخبرة. وتدعم هذه الأركان المبادئ الثلاثة الجوهرية التي تُشكل استراتيجيات الحماية الإشعاعية:

نشرت الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع في بداية عملها توصياتها ونصائحها في أوراق بحثية في دوريات علمية مختلفة في مجالي الطب والفيزياء. إلا أنها ومنذ عام 1959م، أصدرت الهيئة سلسلة منشورات خاصة بها، وتحديدًا بدءاً من عام 1977م في شكل مجلة علمية بعنوان "حوليات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع" Annals of the ICRP.

◆ التبرير (تبرير تطبيق الإشعاع والتعرض له).

◆ التحسين (رفع قيمة الفوائد بأقل أضرار ممكنة).

◆ تطبيق حدود الجرعات الإشعاعية (الالتزام النظامي بالتوقف وعدم تجاوز حدود الجرعات الإشعاعية).



نموذج للمجلات الدورية للهيئة
الدولية للوقاية من الإشعاع



مبادئ الحماية من الإشعاع

مبدأ الحد الجرعة	مبدأ التحسين	مبدأ التبرير
أقصى قيمة للجرعة الإشعاعية لا يمكن تجاوزها	تعظيم الفائدة بالجرعة الأدنى المناسبة	تبرير التعرض الإشعاعي
ضمان عدم تعرض أي فرد لجرعة إشعاعية تتجاوز الحد المسموح به	الحفاظ على جرعة الإشعاع عند أدنى مستوى ممكن بشكل معقول	يجب أن يكون للإجراءات المتعلقة بالتعرض للإشعاع له فوائد شاملة تتجاوز الأخطار من ذلك

شكّل نظام الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) أساسًا للوائح الحماية من الإشعاع في جميع أنحاء العالم. وتُفيد الحماية الحديثة من الإشعاع ملايين المرضى الذين يخضعون للتشخيص والعلاج الإشعاعي، وملايين العاملين في المجال الإشعاعي المعرضين للإشعاع المؤين في أماكن عملهم، ومليارات الأشخاص المعرضين لمصادر الإشعاع المؤين من الطبيعة. وكذلك تُفيد كثيرًا في ضمان تطبيق متجانس للنظام على النحو المنشود - وهو أمر بالغ الأهمية في ظلّ الجدل العلمي والسياسي المحتدم وأثره على المحددات الرئيسة التي بني عليها النظام. تُنفذ تدابير الرقابة للحماية من الإشعاع عادةً من خلال لوائح فنية قانونية. مع أن توصيات الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) غير محدودة النطاق، إلا أنه يجب تحديد نطاق اللوائح لأسباب قانونية وعملية. ولأن توصيات الهيئة تُستخدم على نطاق واسع في صياغة اللوائح، فإنها تؤثر على تحديد النطاق التنظيمي. وتتمثل المبادئ الأساسية ذات الصلة بالتوصيات في تبرير تدابير الرقابة وتحسينها، ضمن حدود الجرعات الفردية، وهي تُشكل الأساس للتوصيات. ولا ينبغي تفسير هذه التوصيات على أنها تدخل في سيادة التشريعات الوطنية والحقوق الأساسية للهيئات التنظيمية الوطنية في تحديد نطاق تدابير الرقابة على الحماية الإشعاعية، إلا أن التناغم والمواءمة الدولية في شأنها يعد أمرًا مفيدًا جدًا.

يجب أن يُفهم تحسين الحماية من الإشعاع على أنه عملية مرنة ومراعية للسياق، تسمح بتحديد مستوى مناسب للحماية من الإشعاع، وليس مجرد أدنى جرعة، مع مراعاة العوامل الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وقد أثبت هذا النظام فعاليته في حماية العاملين في المجال الإشعاعي، والمرضى الذي يتلقون جرعات إشعاعية في الممارسات الإشعاعية الطبية المختلفة، وعامة الناس والبيئة في جميع حالات التعرض للإشعاع. ونادرًا ما تُلاحظ آثار الجرعات الإشعاعية المرتفعة، التي عندها تحدث إصابات حادة للأنسجة السليمة، والتي ترجع في الغالب إلى حوادث عرضية باستثناء الآثار الجانبية الحتمية للعلاج الإشعاعي. أما عند الجرعات الإشعاعية المنخفضة، فيدعم نظام الحماية من الإشعاع هذا تطبيق نموذج العلاقة الخطية بدون "عتبة" Linear Non-Threshold-LNT. يُمكن هذا النموذج من اتخاذ قرارات سياسية حكيمة (أي مدروسة بعناية في ضوء الغموض والشكوك القائمة) وتقدير المخاطر عند الجرعات الإشعاعية المنخفضة، عن طريق الاستقراء من البيانات الوبائية التي لوحظت عند جرعات الإشعاع المتوسطة والمرتفعة، مع الإقرار بعدم اليقين، دون تجاهل الضرر المحتمل.



الوكالة الدولية للطاقة الذرية
International Atomic Energy
Agency (IAEA)

أي آثار ضارة. ويُسهّل تحقيق التعاون الدولي، وجود الاتفاقيات الدولية المتعلقة بالسلامة، وقواعد السلوك، ومعايير السلامة.

وتوفر معايير السلامة الدولية التي تضعها الوكالة الدولية للطاقة الذرية الدعم للدول في الوفاء بالتزاماتها بموجب المبادئ العامة للقانون الدولي، مثل تلك المتعلقة بحماية البيئة، كما تعزز معايير السلامة الدولية الثقة في السلامة وتسهل التجارة الدولية. وتُطبّق الوكالة الدولية للطاقة الذرية معايير السلامة الخاصة بها، والتي تشمل أساسيات السلامة ومتطلباتها وأدلتها الإرشادية على عملياتها، كما تُوصى باستخدامها من قبل الدول والجهات الوطنية المختصة والمنظمات الدولية الأخرى في أنشطتها.

تعمل خمس لجان في الوكالة الدولية للطاقة الذرية على مراجعة معايير الأمان (Safety Standards Review Committees)، وهي مُشكّلة من خبراء من الدول الأعضاء في الوكالة بترشيحات من دولهم، وتنظم الوكالة أعمالها، ويراجع خبراء اللجان مسودات المعايير، ويسهلون التوصل إلى توافق في الآراء، ويشجعون على تطبيقها على مستوى العالم. ويشرف على هذه اللجان الخمس لجنة عليا لمعايير السلامة (Commission on Safety Standards - CSS) يرأسها المدير العام للوكالة، وهذه اللجان هي:

تُعد الوكالة الدولية للطاقة الذرية المنظمة الدولية الرائدة عالمياً في التنسيق للتعاون في المجالات النووية السلمية. وهي منظمة دولية مستقلة، ووفق نظامها الأساسي تساعد الدول الأعضاء فيها، في سياق الأهداف الاجتماعية والاقتصادية، على التخطيط لاستخدام العلوم والتقنية النووية في مختلف الأغراض السلمية، بما في ذلك توليد الكهرباء، وتُسهّل نقل هذه التقنية والمعرفة بطريقة مستدامة إلى الدول الأعضاء النامية؛ وتضع معايير السلامة النووية، وانطلاقاً من هذه المعايير، تُعزّز تحقيق مستويات عالية من السلامة والحفاظ عليها في تطبيقات التقنية النووية، فضلاً عن حماية صحة الإنسان والبيئة من الإشعاع المؤين. وتتحقق الوكالة أيضاً، من خلال نظام التفتيش التابع لها وفق اتفاقية الضمانات الشاملة، من امتثال الدول لالتزاماتها، بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية، باستخدام المواد النووية والمرافق النووية للأغراض السلمية فقط، وعدم تحريفها لأغراض أخرى. ويُعدّ تنظيم السلامة النووية والحماية من الإشعاع مسؤولية وطنية، إلا أن مخاطر الإشعاع قد تتجاوز الحدود الوطنية، لذا يُسهم التعاون الدولي في تعزيز السلامة على مستوى العالم من خلال تبادل الخبرات وتحسين القدرات على السيطرة على المخاطر، ومنع وقوع الحوادث، والاستجابة لحالات الطوارئ، والتخفيف من

اللجان الدولية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية لوضع المعايير الرقابية



أ. ممارسة صلاحية نظامية وافية، ومباشرة اختصاص تقني وإداري، وتدير الموارد البشرية والمالية اللازمة للإيفاء بمسؤولياتها.

ب. التمتع باستقلالية تامة فعلية عن المرخص له وعن أية هيئة أو جهة أخرى، بحيث تتحرر من أي ضغوط غير ضرورية من الأطراف المعنية.

ج. تهيئة سبل ملائمة لإحاطة الأطراف (في المناطق المجاورة والجمهور وسائر الأطراف المهتمة، ووسائل الإعلام)، علماً بجوانب الأمان (بما فيها الجوانب الصحية والبيئية) المتعلقة بالمرافق والأنشطة، وإبلاغها بالعمليات الرقابية.

د. التشاور مع الأطراف في المناطق المجاورة والجمهور وسائر الأطراف المهتمة، حسب الإقتضاء، في إطار من الصراحة والشفافية والشمولية.

هـ. في حال كون المرخص له جهة حكومية، يجب تحديد هذه الجهة بوضوح باعتبارها قائمة بذاتها ومستقلة فعلياً عن الهيئة الرقابية.

3. القيادة و الإدارة لأغراض الأمان: يجب إرساء وتعزيز مهارات القيادة والإدارة الفعالة لأغراض الأمان في المنظمات المعنية بالمخاطر الإشعاعية وفي المرافق والأنشطة المسببة لها.

4. تبرير المرافق والأنشطة: يجب أن تعود المرافق والأنشطة المسببة لمخاطر إشعاعية بالنفع العام.

عملت الوكالة الدولية للطاقة الذرية على وضع نص متفق عليه مع الدول الأعضاء فيها، وأصدرت وثيقة "مبادئ الأمان الأساسية". وتتشارك في صياغة هذه الوثيقة مع الوكالة عدد من المنظمات الدولية (الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية EUROATOM، ومنظمة الأغذية والزراعة FAO، ومنظمة العمل الدولية ILO، والمنظمة البحرية الدولية IMO، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD/NEA، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية PAHO، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، ومنظمة الصحة العالمية WHO).

وتتضمن هذه الوثيقة عشرة مبادئ للأمان يمكن تلخيصها في التالي :

1. المسؤولية عن الأمان: يجب أن تقع المسؤولية الرئيسية عن الأمان على الشخص، أو الجهة، المسؤول عن المرافق والأنشطة المسببة لمخاطر إشعاعية. ومن هنا تبدأ متطلبات يلتزم بتحقيقها هذا الشخص أو الجهة المستخدمة للتقنيات النووية أو الإشعاعية. واستيفاء لهذه المتطلبات يمكن من الحصول على رخصة (يسمى بالمرخص له) من الجهة الرقابية الوطنية (هيئة الرقابة النووية والإشعاعية في المملكة وفق أنظمتها).

2. الحوكمة: يجب وضع وتعزيز إطار قانوني وحكومي فعال للأمان، يشمل هيئة رقابية مستقلة. فالحكومات مسؤولة عن اعتماد تشريعات ولوائح وغيرها من المعايير والتدابير التي يقتضيها الوفاء بمسؤولياتها الوطنية والتزاماتها الدولية، وهي مسؤولة أيضاً عن إنشاء هيئة رقابية مستقلة. ويجب أن يكون لهذه الهيئة الرقابية السمات والاختصاصات التالية:

9. **التأهب للطوارئ والتصدي لها:** يجب اتخاذ ترتيبات للتأهب للطوارئ والتصدي لها فيما يخص الحوادث النووية والإشعاعية. فعلى المرخص له مسؤوليات الاستعداد والتصدي للطوارئ التي تقع في مرفقه أو نشاطه، وعلى الهيئة الرقابية والجهات الحكومية المعنية أن تتخذ ترتيبات تأهب وتصدي ملائمة (في المملكة خطة وطنية لإدارة الطوارئ النووية والإشعاعية)، على المستوى الوطني والإقليمي وحتى الدولي، ووفق الترتيبات الدولية المتفق عليها.

10. **الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص المخاطر القائمة أو غير الخاضعة للرقابة:** يجب أن تكون الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص المخاطر الإشعاعية القائمة وغير الخاضعة للرقابة مبررة وعند مستواها الأمثل. مثل مخاطر التعرض لغاز الرادون الطبيعي المشع في المساكن وأماكن العمل، واتخاذ ما قد يلزم من إجراءات علاجية، أو المخاطر التي تنشأ من ممارسات إشعاعية تتضمن مصادر إشعاعية قديمة لم تكن تخضع للرقابة، مثل المواد النووية والمواد المشعة الخارجة عن الإطار الرقابي - Ma-terials Out of Regulatory Control - MORC، أو السلع التي ترد من خارج البلاد ملوثة بمواد مشعة لم تكن خاضعة في دولها للرقابة.

شاركت الوكالة الدولية للطاقة الذرية في صياغة وثيقة مبادئ الأمان عدد من المنظمات الدولية كالإتحاد الأوروبي للطاقة، ومنظمة الأغذية والزراعة، ومنظمة العدل، والمنظمة البحرية الدولية، ووكالة الطاقة النووية، ومنظمة الصحة للبلدان الأوروبية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة الصحة العالمية.

5. **التحسين الأمثل للوقاية:** يجب تحسين الوقاية بالشكل الأمثل لتوفير أعلى مستوى من الأمان يمكن تحقيقه بدرجة معقولة. ويجب أن تخضع عمليات التحقق من المخاطر لاستخدام "النهج المتدرج - Grad-ed Approach". والنهج المتدرج هو أسلوب منظم متناسب فيه صرامة الرقابة أو التنظيم أو التحليل المطبق مع مستوى المخاطر وأهميتها على السلامة والعواقب المحتملة لفقدان السيطرة. وهذا النهج يُحسن استخدام الموارد من خلال تركيز الجهود على المجالات عالية المخاطر مع تقليل الأعباء على الأنشطة منخفضة المخاطر.

6. **الحد من المخاطر التي تهدد الأفراد:** يجب أن تضمن تدابير السيطرة على المخاطر الإشعاعية عدم تعرض أي فرد لخطر أذى غير مقبول.

7. **حماية أجيال اليوم والغد:** يجب حماية الناس والبيئة، اليوم ومستقبلاً من المخاطر الإشعاعية. ويشمل ذلك التصرف بالنفايات المشعة بشكل آمن يجب أن لا ينشأ عنه أعباء على الأجيال القادمة.

8. **منع وقوع الحوادث:** يجب بذل كافة الجهود العملية لتجنب وقوع الحوادث النووية أو الإشعاعية والتخفيف من حدتها إن وقعت. والوسيلة الرئيسية لتجنب عواقب الحوادث أو التخفيف منها هي "الدفاع في العمق Defense in Depth". والدفاع في العمق هو فلسفة أمان أساسية تستخدم طبقات متعددة ومستقلة ومتكاملة من الحماية - حواجز مادية وأنظمة وإجراءات - لمنع التسربات الإشعاعية والسيطرة عليها والتخفيف من أثارها. ويضمن هذا النهج أنه في حال فشل إحدى طبقات الأمان، توجد طبقات أخرى لحماية الجمهور والبيئة، وتغطي هذه الطبقات التشغيل العادي والأعطال والحوادث الخطيرة.

يعني ضمناً أنه لا توجد عتبة آمنة للتعرض، وأن الخطر تراكمي. ومن الجدير بالذكر أنه في السنوات الأخيرة، تزايدت الأدلة من معظم الدراسات الوبائية التي تشير إلى وجود خطر الإصابة بالسرطان الناتج عن الإشعاع لدى البشر في نطاق الجرعات المنخفضة، مع شكل استجابة للجرعة يتوافق مع النموذج الخطي.

لازال النموذج الخطي دون عتبة للأثر الإشعاعي المنخفض الجرعات يُعدّ النموذج الأساسي المقبول على نطاق واسع لتقييم المخاطر في مجال الحماية من الإشعاع، إذ يفترض أن أي جرعة من الإشعاع المؤين، مهما كانت ضئيلة، تنطوي على خطر مباشر ومتناسب (خطي) للإصابة بالسرطان أو الطفرات الجينية. وهذا



يُطلق على المفاهيم الرئيسية المرتبطة بنطاق لوائح الحماية من الإشعاع المصطلحين التاليين:

- ◆ **“الاستبعاد exclusion”** وهو يشير إلى الإبعاد المتعمد لحالات التعرض للإشعاع من نطاق المتطلبات التنظيمية، وذلك عندما تقل المخاطر وتصبح عند مستوى مقبول مما يصبح عندها الوضع لا يستدعي تطبيق معايير الأمان. يشير الاستبعاد في الحماية من الإشعاع إلى مصادر الإشعاع الطبيعية أو غير القابلة للتحكم، مثل الأشعة الكونية على مستوى سطح الأرض، والنويدات المشعة البدائية Primordial في جسم الإنسان، أو النشاط الإشعاعي البيئي غير المعدل، والتي تقع خارج نطاق الرقابة التنظيمية. هذه التعرضات غير قابلة للتحكم، وبالتالي فهي مستبعدة من المتطلبات التنظيمية.
- ◆ **“الإعفاء exemption”** وهو يشير إلى التنازل عن هذه المتطلبات إذا لم يكن لتطبيقها مبررًا من حيث المخاطر. وهناك حالة خاصة من الإعفاء تُسمى “رفع الرقابة clearance”، وهي التخلي عن الرقابة التنظيمية المطبقة إذا أصبحت غير مبررة. لأن المخاطر أصبحت في مستوى متدني إلى مستوى مقبول لا يتطلب تطبيق معايير الأمان.

يختلف تعريف نطاق لوائح الحماية من الإشعاع باختلاف أنواع حالات التعرض للإشعاع. وتشمل الحالات ذات الصلة ما يلي:

- ◆ **“حالات التعرض الإشعاعي المخطط لها planned exposure situations”**، وهي الحالات التي تنطوي على إدخال مصادر الإشعاع وتشغيلها عمدًا.
- ◆ **“حالات التعرض الإشعاعي الطارئة-emer-gency exposure situations”**، وهي الحالات التي قد تحدث أثناء تنفيذ حالة مخطط لها (وهي في الغالب حالات طوارئ واستجابة لها)، أو نتيجة عمل تخريبي، أو أي ظرف طارئ آخر، وتتطلب اتخاذ إجراءات عاجلة لتجنب العواقب غير المرغوب فيها أو الحد منها.

- ◆ **“حالات التعرض الإشعاعي القائمة existing exposure situations”**، وهي حالات التعرض الموجودة بالفعل عند اتخاذ قرار بشأن الرقابة، بما في ذلك حالات التعرض المطوّلة الناتجة عن النفايات المشعة التي قد تبقى على المدى الطويل بعد حالات الطوارئ.

تندرج حالات التعرض المخطط لها عادةً ضمن نطاق المتطلبات التنظيمية للحماية من الإشعاع، ولذلك؛ يمكن استخدام مفاهيم الاستبعاد والإعفاء والتصريح لتبرير الرقابة التنظيمية وتحسينها، من خلال تجنب تطبيق تدابير رقابية غير مناسبة أو غير مبررة. في المقابل، ليس لمفاهيم الاستبعاد والإعفاء ورفع الرقابة دورًا ذا مغزى في حالات التعرض الإشعاعي الطارئة؛ ومع ذلك، يمكن التعامل مع حالات التعرض الإشعاعي المطوّلة التي تستمر على المدى البعيد بعد حالة التعرض الإشعاعي الطارئة على أنها حالة تعرض قائمة بحكم الواقع. وتقع العديد من حالات التعرض الإشعاعي القائمة خارج نطاق المتطلبات التنظيمية نظرًا لاستيفاء معايير الاستبعاد؛ ومع ذلك، قد تكون الضوابط التنظيمية مطلوبة عندما يُعتبر أنها مبررة وضرورية.

قد تختلف مواقف المجتمع تجاه السيطرة على حالات التعرض الإشعاعي، وقد تكون متباينة. فعادةً ما يكون لدى الناس مطالب أكبر بالسيطرة على حالات التعرض الإشعاعي من المصادر الإشعاعية "الاصطناعية" مقارنةً بالتعامل مع حالات التعرض الإشعاعي للمصادر الإشعاعية "الطبيعية". وعند التعامل مع النشاط الإشعاعي الطبيعي، يُعد تحديد ما إذا كان ينبغي إخضاع حالة معينة لمتطلبات الحماية من الإشعاع أمرًا معقدًا للغاية. مع ذلك؛ من حيث المبدأ، فإن التحكم في مصادر التعرض للإشعاع من الطبيعية ينبغي أن يكون بشكل متسق مع المصادر الإشعاعية الأخرى، بغض النظر عن منشأها أو مقدارها. ووفق تنظيم هيئة الرقابة النووية والإشعاعية، ونظام الرقابة على الاستخدامات النووية والإشعاعية، فإن الرقابة على الآثار الضارة للإشعاعات تشمل المصدرين الطبيعي والاصطناعي للإشعاعات. وينبغي مراعاة ليس فقط تبرير تدابير التحكم وتحسينها، بل أيضًا اختلاف توقعات المتضررين من حالات التعرض.

بناءً على الأنظمة الوطنية في المملكة ذات الصلة، فإن هيئة الرقابة النووية والإشعاعية أثناء وضعها لمتطلباتها ولوائحها وسياساتها فتطبيق مفهوم "رفع الرقابة الاستبعاد exclusion" على أي حالة تعرض إشعاعي تُعتبر إما غير قابلة للتحكم، أو غير قابلة للتحكم من خلال التنظيم. وتشمل هذه الحالات العديد من حالات التعرض الإشعاعي الناجمة عن الإشعاعات من البيئة الطبيعية، بما في ذلك التعرض للإشعاع الكوني على مستوى سطح الأرض، ومن المكونات المشعة الطبيعية في جسم الإنسان. وقد تشمل أيضًا النفايات المشعة من الأنشطة والأحداث السابقة، والانبعاثات المشعة التي تم أو يتم تصريفها بشكل قانوني إلى البيئة من خلال أنشطة بشرية منظمة، ولكنها قد تكون أصبحت غير قابلة لمزيد من التحكم. كما يمكن النظر في تطبيق مفهوم الاستبعاد على المواد الخام المستخرجة من الأرض والتي تحتوي على نويدات مشعة من أصل طبيعي بتركيز أقل من قيمة محددة. وفي إطار المسؤوليات الرقابية تصنف التعرضات الإشعاعية للتالي:

أصناف التعرضات الإشعاعية

التعرض الإشعاعي الطبي

التعرض الإشعاعي للمرضى كجزء من التشخيص الطبي أو العلاج، أو بسبب المساعدة الطوعية في دعم المرضى وتخفيف معاناتهم.

تعرض الجمهور للإشعاع

التعرض الإشعاعي الذي يتعرض له أفراد الجمهور من مصادر الإشعاع، باستثناء التعرض الإشعاعي الطبي أو المهني

التعرض الإشعاعي المهني

التعرض الإشعاعي للعاملين في المجال الإشعاعي أثناء عملهم

الإطار الرقابي الوطني القانوني والتشغيلي

الوطنية المشار إليها، وبما يحقق جهود المملكة في منظومة منع الانتشار النووي والأمن والأمان النوويين الدولية. كما أعدت الهيئة بالاشتراك مع الجهات المختصة مشروع آليات تكامل الأدوار التي تصدر بقرارات وطنية، تساهم بصورة فعّالة في تطوير العمل الرقابي الوطني والإيفاء بالالتزامات الدولية. وطورت الهيئة واعتمدت عدداً من السياسات التنظيمية، واللوائح الفنية واللوائح الفنية الخاصة وأدلة استرشادية وإجراءات ضمن الإطار الرقابي الوطني القانوني والتشغيلي. كما تساهم الهيئة في اقتراح عدد من المواصفات الدولية في إطار تعزيز الإطار التنظيمي في المجالين النووي والإشعاعي وتسليمها للهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة، لتتخذ الإجراءات المتبعة والنظر في اعتمادها، بهدف استكمال البنية التحتية التنظيمية لمعايير الأمن والأمان النوويين، وتوطين المواصفات الدولية بما يدعم تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمهنة، والارتقاء بالعمل الرقابي الوطني النووي والإشعاعي ليكون في المستوى اللائق بالمملكة ومكاتها الدولية.

الإطار الرقابي النووي القانوني أساس المتطلبات الرقابية وهو المركز الرئيس لأعمال هيئة الرقابة النووية والإشعاعية مما يتطلب استكمالته ومراجعته وفق التطورات التشغيلية ومتغيرات المعايير الدولية. وتواصل الهيئة جهودها في استكمال الإطار الرقابي النووي والتشغيلي، بما يتماشى مع السياسات الوطنية والقرارات الوطنية الصادرة، ومن ذلك السياسة الوطنية لبرنامج الطاقة الذرية في المملكة، والسياسة الوطنية لإدارة النفايات المشعة، والسياسة الوطنية للسلامة والصحة المهنية. هذا إضافة إلى الأنظمة الوطنية التي ترتبط بالشأن الرقابي النووي والإشعاعي، ومنها نظام الرقابة على الاستخدامات النووية والإشعاعية، ونظام المسؤولية المدنية عن الأضرار النووية، ونظام مكافحة جرائم الإرهاب وتمويله، ونظام إدارة المواد الكيميائية وتعديله، ونظام الأجهزة والمستلزمات الطبية، وتنظيم هيئة الرقابة النووية والإشعاعية. وتلتزم المملكة بعدد من الصكوك الدولية (معاهدات واتفاقيات وقرارات دولية متعددة الأطراف وثنائية) تتضمن أحكاماً قانونية تم الأخذ بها عند وضع الأنظمة



ح) هيئة الرقابة النووية والإشعاعية ، ١٤٤٧ هـ

هيئة الرقابة النووية والإشعاعية

مفاهيم عن تأثيرات الجرعات الإشعاعية المؤينة وأخطارها

NRRC-PP-07 / هيئة الرقابة النووية

والاشعاعية - الرياض ، ١٤٤٧هـ

ص : سم ..

رقم الإيداع: ١٨٤٦٣/١٤٤٧

ردمك: ٧-٥٦-٨٤٩٢-٣-٦-٩٧٨



هيئة الرقابة النووية والإشعاعية

Nuclear and Radiological Regulatory Commission



Kingdom of Saudi Arabia

[f](#) [X](#) [in](#) [v](#) | @saudinrrc
[globe](#) nrrc.gov.sa