مستخلص رسالة ماجستير

بعنوان

" دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع "

مقدمة من الطالبة

نادية محمود احمد سراج

قسم الهندسة البيئية

معهد الدراسات والبحوث البيئية

جامعة عين شمس

لجنة الإشراف

د. ماجده إكرام عبيد	أستاذ مساعد الهندسة البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية جامعة عين شمس
أ.د على إسلام متولي على	أستاذ الهندسة الكيميائية – مدير المركز الإقليمي للنظائر المشعة
د. سامح محمد عبد الوهاب	مدرس الأشعة التشخيصية –كلية طب جامعة عين شمس

دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع

رسالة مقدمة من الطالبة

نادية محمود احمد سراج

بكالوريوس فنون جميلة – قسم عمارة داخلية – جامعة حلوان 1990

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

في الهندسة البيئية

تحت إشراف :

1– أ.م. ماجده اكرام عبيد

2– أ.د. على اسلام متولى على

3– د. سامح محمد عبد الوهاب

ختم الإجازة

أجيزت الرسالة بتاريخ / / 2000

موافقة مجلس المعهد **موافقة الجامعة**

/ / 2000 **/ / 2000**

مقدمة

أن كل تقدم تكنولوجي له إيجابياته وله سلبياته ومخاطرة على البيئة وبالتالي على الإنسان ،ونتيجة لتقدم التكنولوجيا في الاستخدامات السلمية في مجال الإشعاع وخاصة في المجال الطبي سواء العلاجي أو التشخيصى أدى إلى طفرة كبيرة في علاج أمراض خطيرة وتشخيص العديد من الحالات المرضية فعمل على خدمة البشرية ،و بالرغم من دلك فسلبياتها قد تؤدى إلى أضرار إشعاعية نتيجة للتعرض لجرعة إشعاعية زائدة سواء من حدوث تسرب إشعاعي من الأجهزة المستخدمة في العلاج والتشخيص الإشعاعي أو من المواد المشعة المستخدمة في هدا النوع من العلاج وقد يكون نتيجة تجاوز حدود الجرعة المسموح بها .

وتعانى معظم أقسام الأشعة بالمستشفيات من مشكلات في التصميم الهندسي المتخصص لوحدات العلاج والتشخيص الإشعاعي مما قد يعرض المتعاملين مع هده الأقسام سواء العاملين في المجال الطبي أو المرضى أو الزائرين لأضرار جسدية وقد تكون في بعض الأحيان وراثية تظهر في الأجيال المستقبلية .

ونظرا لخطورة هدا النوع من التلوث البيئي وهو التلوث الإشعاعي ،وجد أن هناك إشكاليه للتوصل إلى حل مناسب للحد من التأثيرات الضارة للإشعاعات على عناصر البيئة مثل الإشعاعات التي تنبعث من المباني التي يستخدم فيها المواد المشعة بمختلف أنواعها ،لدلك كان الاتجاه نحو دراسة معايير الوقاية الإشعاعية وتطبيقها من الاتجاه الهندسي على المنشأ المعماري .

الهدف :-

الهدف من الرسالة الاهتمام بالبعد البيئي عن طريق منع أو الحد من التلوث البيئي من خلال دراسة وتحليل الحيز المعماري والبعد الطبي للوصول إلى نظرة شمولية اكثر كفاءة .

ودلك بوضع تصور لمعايير بيئية وهندسية الغرض منها تحديد المتطلبات الأساسية للوقاية من المخاطر المرتبطة بالتعرض للأشعة المؤينة التي قد تسبب الضرر الناتج من التعرض الإشعاعي للمرضى أو للعاملين بالمجال الطبي وللجمهور بشكل عام ،لتوفير نوع من الوقاية الإشعاعية بتخفيف الأثر الإشعاعي عن طريق التصميم الهندسي الجيد الدى تطبق فيه معايير الوقاية الإشعاعية .

وبدلك تتكامل وظائف وحدات العلاج الإشعاعي المختلفة مع الدراسة البيئية الهندسية لعناصر المنشآت المتخصصة في العلاج والتشخيص بالإشعاع .

وتمت الدراسة بالرسالة المقدمة بشقين متكاملين :

شق نظري :-

- مراجعة ودراسة معايير الأمان النووي الخاصة بالاستخدامات الإشعاعية .
- دراسة التأثيرات البيولوجية للاستخدامات الإشعاعية .

شق عملي :-

- دراسة لبعض أقسام الأشعة بالمستشفيات .
- عمل دليل مبسط للمهندسين والمتخصصين لتصميم وحدات العلاج و التشخيص .

وتتضمن الرسالة المقدمة خمس أبواب رئيسية تتفرع إلى إحدى عشر فصل يحتوى كل منهم على النقاط الأساسية لخطة البحث وهى كالتالي:-

أولا تعريف بماهية الإشعاع والتأثيرات البيولوجية له على الإنسان .

ثانيا دراسة معايير الأمان النووي الخاصة بالوقاية في المباني الإشعاعية .

ثالثا دراسة تفاعلات الإشعاعات مع المادة .

رابعا الاعتبارات الأساسية في تصميم أقسام الأشعة بالمستشفيات .

خامسا التوصيات العامة ومتطلبات أقسام الأشعة.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY FOR DIAGNOSTIC AND RADIOTHERAPY UNIT

BY

NADIA MAHMOD AHMED SIRAG

Dr. Magda Ekram Ebaad — Prof.Asistant of Environmental Engineering
Prof.Dr. Aly Eslam Metwally Aly — Prof.Dr. of Chemical Engineer
Dr. Sameh Mohamed Abdel-wahab — Dr. of Diagnostic Radiation

دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع

رسالة مقدمة من الطالبة

نادية محمود احمد سراج

بكالوريوس فنون جميلة – قسم عمارة داخلية – جامعة حلوان 1990

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

في العلوم البيئية

قسم الهندسة البيئية

معهد الدراسات والبحوث البيئية

جامعة عين شمس

القاهرة 2000

دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع

رسالة مقدمة من الطالبة

نادية محمود احمد سراج

بكالوريوس فنون جميلة – قسم عمارة داخلية – جامعة حلوان 1990

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

في الهندسة البيئية

وقد تمت مناقشة الرسالة والموافقة عليها

اللجنة :

4– أ.د. زكيه حسن شافعى أستاذ الهندسة المعمارية – كلية الهندسة جامعة القاهرة

5– أ.د. ماجدة اكرام عبيد أستاذ مساعد الهندسة البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية جامعة عين شمس

6– أ.د. هبه محمد خليل الديب أستاذ الاشعة التشخيصية – كلية الطب جامعة عين شمس

4–أ.د على اسلام متولى على أستاذ الهندسة الكميائية – المركز الاقليمى للنظائر المشعة

دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع

رسالة مقدمة من الطالبة

نادية محمود احمد سراج

بكالوريوس فنون جميلة – قسم عمارة داخلية – جامعة حلوان 1990

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

في الهندسة البيئية

قسم الهندسة البيئية

تحت إشراف :

7– أ.د.

8– أ.د.

9– أ.د.

ختم الإجازة

أجيزت الرسالة بتاريخ / / 2000

موافقة مجلس المعهد **موافقة الجامعة**

/ / **2000** / /

مقدمة :

ترتكز التكنولوجيا في العالم المعاصر على قاعدة تمتد لأكثر من ثلاثمائة عام من التطور فلاشك أن التنمية التكنولوجية هي جزء هام من مشكلة التنمية الشاملة و من هنا كانت أهمية التطور التكنولوجي و تساهم العلوم و المعارف النووية بقسط كبير في قضايا التطور الطبي على محاور عديدة .

ومن هنا يبرز و يتميز الدور الذي تلعبه العلوم و الثقافة النووية في تطوير التكنولوجيا الوطنية بما يؤدى إلى اللحاق بالركب ويعتبر اكتشاف النشاط الإشعاعي و دراسة خواص خطوة هامة ليس فقط لفهم التركيب النووي و الطبيعة النووية و إنما أيضا لتطويع استخدامه لصالح البشرية و خاصة في مجال العلاج والتشخيص الإشعاعي .

ولقد بدأ تطور الأبحاث عن النشاط الإشعاعي و خواصه منذ نهاية القرن التاسع عشر الميلادي ، فقد عرف منذ الدراسات الأولى عن الأشعة السينية والمعادن المشعة أن التعرض لمستويات عالية من الإشعاعات يمكن أن يسبب أضرارا سريريه (إكلينيكية) لأنسجة جسم الإنسان ، وبالإضافة إلى ذلك أوضحت الدراسات الوبائية الطويلة المدى للسكان الذين تعرضوا للإشعاعات ولاسيما الباقين على قيد الحياة بعد ضرب هيروشيما ونجازاكى في اليابان بالقنابل الذرية عام 1945.

أن التعرض للإشعاعات ينطوي أيضا على تأثير بطئ المفعول يتمثل في حث تكوين الأورام الخبيثة لذلك يلزم إخضاع الأنشطة التي تنطوي على التعرض للإشعاعات مثل إنتاج واستخدام المصادر المشعة و المواد المشعة وتشغيل المنشآت النووية بما في ذلك التعرض للنفايات المشعة لمعايير معينة للأمان وذلك لوقاية الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاعات .

و الإشعاعات و المواد المشعة هي سمات طبيعية ودائمة للبيئة ، لذلك فان المخاطر المرتبطة بالتعرض للإشعاعات يمكن الحد منها فقط وليس إزالتها تماما وعلاوة على ذلك فان استخدام الإشعاعات التي من صنع الإنسان بدأ ينتشر على نطاق واسع ، فمصادر الإشعاعات ضرورية للرعاية الصحية الحديثة واللوازم الطبية الوحيدة الاستخدام والتي تعقم بواسطة الإشعاع الكثيف أصبحت وسيلة أساسية لمكافحة الأمراض ، ويمثل الطب الإشعاعي أداه تشخيص حيوية والعلاج بالأشعة هو عموما جزء من معالجة الأورام الخبيثة ، واستخدام الطاقة النووية وتطبيقات منتجاتها الثانوية أي الإشعاعات والمواد المشعة آخذ في الزيادة في جميع أنحاء العالم مما يفيد الملايين من الناس .

ويتوقف قبول المجتمع للمخاطر المرتبطة بالإشعاع على الفوائد التي تتحقق من استخدام الإشعاعات ومع ذلك يجب الحد من هذه المخاطر و الوقاية منها عن طريق تطبيق معايير الأمان الإشعاعي وتكفل هذه المعايير تحقيق التوافق الدولي المرغوب لبلوغ هذا الغرض .

وتعتمد هذه المعايير على المعلومات المستخلصة من أعمال البحث التطويري المستفيضة التي اضطلعت بها منظمات علمية وهندسية على الصعيدين الوطني والدولي عن الآثار الصحية للإشعاعات وعن التقنيات اللازمة لامان تصميم وتشغيل المصادر المشعة والأماكن المستخدمة منها ،كما تعتمد على الخبرة المكتسبة في بلدان كثيرة في مجال استخدام التقنيات الإشعاعية و النووية ، وتقوم لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرى UNSCEAR وهى هيئة أنشأتها الأمم المتحدة في 1955 بجمع وتقويم ونشر المعلومات المتعلقة بالآثار الصحية للإشعاعات وبمستويات التعرض للإشعاعات من مختلف المصادر وقد أخذت هذه المعلومات في الاعتبار عند وضع هذه المعايير وتشجع هذه المعايير بطريقة ضمنية صانعي القرارات على تقدير الأهمية النسبية للمخاطر المختلفة الأنواع وللموازنة بين المخاطر و الفوائد ، وباتجاه التقدم العلمي و التكنولوجي في مجال الإشعاع و استخداماته الأمر الذي يجعل من الضرورة بمكان وضع معايير و أسس و قواعد لحماية مستخدمي الإشعاع و عموم الناس من آثاره الضارة من قبل كل مستخدم للإشعاع أو من يمارس عملا يقتضي استخدام مصدر مشع في الأبحاث و التطبيقات العلمية بكافة فروعها .

وسوف يتعرض هدا الباب لتعريف النشاط الاشعاعى وانواع التعرض وكدلك وحدات القياس التى يمكن عن طريقها حساب كمية الاشعاع التى سوف يتعرض لها الانسان حسب طبيعة التعرض و منه يمكن التنبؤ بالمخاطر الاشعاعية التى سوف يتعرض لها وعلى اساس دلك يمكن الوقاية من اخطار الاشعاع كما سيتضح فى الباب الثالث .

كدلك نستعرض اسباب حدوث الاثار البيئية عن طريق معرفة كيفية دخول المواد المشعة لجسم الانسان و انواع الاضرار و التأثيرات البيولوجية على الانسان.

1-1-1 النشاط الإشعاعي و الإشعاع Activity

النشاط الإشعاعي هو ظاهرة تنتج عن عدم استقرار نويدات بعض الذرات و يتمثل في الانبعاث التلقائي للإشعاعات نتيجة للتحويلات أو الانتقالات النووية ، وقد تكون الإشعاعات مثل جسيمات آلفا و بيتا أو البروتونات أو النيوترونات أو انوية اصغر كما في حالة الانشطار النووي أو موجات كهربية ومغناطيسية فائقة القصر مثل أشعة جاما ، ويقصد أيضا بالإشعاع انبعاث و انتشار الطاقة خلال الفضاء أو الوسط المادي و ينقسم الإشعاع إلى نوعين :

-الإشعاع الجسمي و فيه تنتقل الطاقة بواسطة الجسيمات السيارة .

-الإشعاع الكهرومغناطيسى وهو شكل لانتقال الطاقة يرتبط بتردد هذا الإشعاع و شدته على المستويات الذرية .

فالإنسان يعيش في بحر الأشعة فكل شئ حوله ينبعث منه إشعاعات و تنبعث الأشعة المؤبنة في الطبيعة من الصخور و التربة و الأشجار حتى بعض المواد داخل جسم الإنسان فيتعرض الإنسان في حياته اليومية للأشعة الكونية من الفضاء الخارجي و من الشمس ،كما تجد المصادر الإشعاعية الصناعية مجالا كبيرا في الاستخدام في حياة الإنسان اليومية .ويعتبر النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية لبعض ذرات العناصر غير المستقرة و تنطلق في هذه العملية الطاقة الداخلية الفائضة في صورة إشعاعات .

وفى محاولة معرفة الصفات الخاصة بالمواد المشعة سنتعرف على بعض الأساسيات عن تركيب الذرة .

الذرة

المادة في ابسط صورها توجد في صورة ذرات و تعتبر الذرة وحدة أساسية للمادة و تتركب من نواة محاطة بعدد من الإلكترونات و يعتبر الإلكترون جسيما صغيرا جدا وكتلته صغيرة جدا و يحمل شحنة سالبة و تعتبر الإلكترونات هي الأجزاء المسؤولة عن النشاط الكيميائي للمادة على سبيل المثال الاحتراق و الذوبان و تدور الإلكترونات حول النواة مثلما تدور الكواكب حول الشمس كما فى الشكل(1) .

النواة

تعتبر النواة ذات كثافة عالية و يوجد عليها شحنات موجبة و تمثل خواص النواة في مكوناتها من البروتونات والنيترونات وكل بروتون يحمل شحنة موجبة بينما لاتحمل النيترونات أي شحنات (متعادلة كهربيا) و تتحدد الخصائص الإشعاعية لأي ذرة بعدد البروتونات والنيوترونات داخل نواة الذرة ونادرا ما تلعب الإلكترونات الموجودة في الذرة جزءا من الخصائص الإشعاعية للذرة * الشكل (2) .

وطريقة التمييز بين ذرة و أخرى هي أن تحدد عدد البروتونات في كل نواه و يعتبر عدد البروتونات محددا ويطلق عليه العدد الذرى و يرمز له بالرمز Z وعلى سبيل المثال فان ذرة تحتوى فقط على بروتون واحد يكون عددها الذرى 1 و ذرة أخرى تحتوى على ثمانية بروتونات يكون عددها الذرى 8 وهكذا.

شكل (1) يوضح مكونات الدرة و شكل (2) يوضح حركة مكونات الدرة

*

العناصر Elements

إن الذرات التي لها نفس العدد الذرى تتجمع مع بعضها و تسمى عناصر و يتعرف على العناصر بأسمائها على سبيل المثال فأن العنصر الذي يحتوى على عدد الذرات عددها 8 هو الأكسجين و هناك عدد من العناصر المعروفة في الطبيعة يصل عددها إلى 103 عنصر .

النظائر Isotopes

تحتوى ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات إلا أنها قد تحتوى على أعداد مختلفة من النيترونات و يعنى هذا أن العدد الذرى للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير العدد الكتلى تبعا لعدد النيترونات و يقال في هذه الحالة أن العنصر الواحد له عدة نظائر .

وعموما يمكن أن يوجد العنصر في الطبيعة في شكل خليط من بعض نظائره أما بعضها الآخر فلا يوجد في الطبيعة و إنما يمكن إنتاجه صناعيا باستخدام المفاعلات أو المعجلات النووية .

الإشعاع واضمحلال المواد المشعة Radiation Decay

يطلق على العناصر أو المواد التي تحتوى على نويدات غير مستقرة و لها خاصية الاضمحلال و المواد المشعة هي المواد التي تنبعث منها أشعة مؤبنة .

فترة نصف العمر Half life

هي الفترة الزمنية اللازمة لتصل كمية المواد المشعة إلى نصف كميتها الأصلية و ذلك عن طريق الاضمحلال الإشعاعي و فترة العمر تتغير طبقا لنوعية المواد المشعة فبعض هذه العناصر المشعة لها فترة نصف عمر عبارة عن جزء من الثانية و البعض الآخر من المواد المشعة تكون فترة نصف العمر آلاف السنوات .

الخلفية الإشعاعية الطبيعية و المصنعة Natural and Artifical Background Radiation

– الخلفية الإشعاعية الطبيعية Natural Background Radiation

الأشعة المؤبنة الكونية هي عامل بيئي هام يتعرض له الإنسان دائما و تتكون هذه الأشعة المؤبنة الطبيعية من أجزاء مختلفة و من مصادر مختلفة و جزء من هذا الإشعاع يتولد في الفضاء الخارجي للكون و بالتالي يخترق منطقة الغلاف الجوى و يصل إلى سطح الكرة الأرضية و هي ما تسمى بالأشعة الكونية Cosmic Rays ، وجزء آخر من الأشعة المؤبنة يرفع قيمة الخلفية الإشعاعية بتولده على سطح الأرض من خلال اضمحلال المواد المشعة التي تتواجد على سطح الأرض و تسمى الأشعة الأرضية Terrestrial rays و هذه المواد المشعة تدخل جسم الإنسان طبقا للدورة الغذائية و تسمى الأشعة الداخلية وتتغير الأشعة الطبيعية من مكان إلى آخر و قيمة الأشعة الكونية تزداد بزيادة الارتفاع إلى أعلى و الأشعة الأرضية كما سبق ذكره تعتمد على مكان وجودها وقيمة ما يوجد من مواد مشعة داخل الأرض .

وعموما فان الجرعة المكافئة للإنسان لا يجب أن تزيد عن قيمة تتراوح من 0.37 – 2 مبللي سيفرت و على هذا فيجب أن تحدد كل بلد قيمة الجرعة المكافئة طبقا للخلفية الإشعاعية الطبيعية و طبيعة العمل بالمنشآت النووية التابعة لها *.

– النشاط الإشعاعي التصنيعي Artifical Radiation

طبقا للتطور التكنولوجي الكبير في مجالات نووية كثيرة فقد استخدمت المواد المشعة و المصادر المشعة و مصادر أشعة اكس في مجالات كثيرة و بالتالي فان الإنسان فيجب أن يتعرض لهذه الأشعة المؤبنة إلا بقيم محددة .

مصادر تعرض الإنسان للإشعاعات المؤبنة

1ي **الإشعاع الطبيعي القاعدي** ينقسم هذا إلي نوعين هما الإشعاع الكوني و الإشعاع الأرضي

الإشعاع الكوني

و يتكون هذا من إشعاعات مؤينة ذات طاقة عالية الطاقة نابعة من الفضاء الخارجي متكونة من إشعاعات أساسية مؤينة و متكونة أيضا من نيوترونات عالية الطاقة و يتكون أيضا من نويدات مشعة تكونت في الغلاف الجوى للأرض نتيجة تعامل الإشعاعات عالية الطاقة الساقطة من الغلاف الفضاء الخارجي مع عناصر الغلاف الجوى و أهم هذه النويدات المشعة المتكونة هي الصوديوم –22 التريتيوم –3 البريليوم –7 الكربون –14 هذه ضمن مجموعة مكونة من حوالي خمسة عشر عنصرا مشعا و تسمى نويدات مشعة مستحثة .

*

الإشعاع الأرضي

و مصادر هذه الإشعاعات هي النويدات المشعة الموجودة في قشرة الأرض طبيعيا و من أهم هذه النويدات هي سلسلة اليورانيوم و سلسلة الثور يوم و كذلك بوتاسيوم 40 و روبيديوم 87 ، والجرعة الإشعاعية المكافئة التي يتعرض لها الإنسان نتيجة الإشعاع الطبيعي القاعدي هي 1-2 مللي سيفرت في السنة على سطح البحر و يوجد مناطق في العالم تزيد فيها الجرعة الإشعاعية المكافئة للإشعاع الطبيعي القاعدي عن المعدل المذكور لتصل إلى 5-7 مللي سيفرت في السنة و ذلك نتيجة وجود آبار بها مياه معدنية تحتوى على نسبة عالية في نويدات سلسلة اليورانيوم أو وجود تجمعات رملية تحتوى على نسبة عالية من نويدات سلسلة الثور يوم .

ومن المعروف علميا أن الإشعاع الطبيعي القاعدي لا يسبب أضرار صحية في الإنسان حيث أن الإشعاع الطبيعي القاعدي يعتبر من ضمن الميزان الخلقي للكون .

1. المصادر الطبيعية التي طورت تكنولوجيا

و من أهم المصادر الآتي :-

-منجمة و تعدين المواد المشعة (اليورانيوم و الثور يوم).

-العناصر المشعة الطبيعية الخارجة من باطن الأرض أثناء عمليات استخراج البترول .

-استخراج الطاقة من باطن الأرض .

3-المصادر من صنع الإنسان

-جميع عمليات الصناعة النووية و دورة الوقود النووي .

-المصادر المشعة المستعملة في الطب النووي (التشخيص و العلاج) .

-المصادر المشعة المستعملة في الصناعة .

-المعجلات مثل أجهزة الأشعة السينية و المعجل الخطى اليسكلترون .

-المخلفات المشعة .

-إنتاج النظائر المشعة للبحوث و التطبيقات الطبية و الصناعية .

-التلوث الإشعاعي للبيئة .

أنواع الإشعاع

و تنقسم الإشعاعات إلى قسمين رئيسيين الإشعاعات غير المؤينة و المؤينة :

- الإشعاعات الغير مؤينة : مثل أشعة الميكروويف التي تستخدم في الطهي و الأمواج التي تنطلق من الإرسال الإذاعي و التلفزيوني و الأشعة الفوق بنفسجية و تحت الحمراء و المجالات المغناطيسية و الكهربية .
- أما الأشعة المؤينة :فتتمثل في تلك الأنواع المرتبطة بالصناعة النووية و لكن بجانب ذلك توجد مصادر أخرى عديدة لهذه الأشعة مثل :

-جسيمات آلفا .

-جسيمات بيتا .

-أشعة جاما .

-الأشعة السينية (أشعة اكس) .

-النيوترونات .

و تعتبر هذه الإشعاعات ضارة و يختلف كل منها في الطريقة التي يتفاعل بها مع الأنسجة الحية كما يمثلها الشكل (3) .

جسيمات آلفا Alpha Particles

مشعات آلفا عبارة عن نواة ذرة الهليوم وتخرج مشعات آلفا من الذرات المشعة أثناء اضمحلال نويدات الذرات الثقيلة و تقل قوتها وطاقتها باختراقها للمواد و مدى اختراق مشعات آلفا يقل عن 10 سم و تعتبر جسيمات آلفا ذات قدرة نفاذية ضعيفة و يمكن إيقافها بوضع شريحة رفيعة من الورق في مسار الجسيمات ولا تخترق الطبقة السطحية للجلد و على الجانب الآخر فأن جميع العناصر التي تشع جسيمات آلفا لها سمومية عالية و شديدة و لاتمثل هذه الجسيمات خطورة نتيجة التعرض الخارجي و لكن تتمثل خطورتها عن طريق الاستنشاق أو البلع أي التعرض الداخلي .

جسيمات بيتا Beta Particles

هي عبارة عن إلكترونات سريعة و يعتمد مدى اختراق جسيمات بيتا على الطاقة المحملة عليه ويمكن لجسيمات بيتا أن تخترق جلد الإنسان نظرا لصغر كتلتها وكبر طاقتها كما أن لها قدرة ضعيفة على الاختراق ولكنها ذات نفاذية اكبر من جسيمات آلفا و يمكن إيقاف مسارها باستخدام شريحة رفيعة من معدن أو قطعة من البلاستيك أو الملابس و تتمثل خطورة جسيمات بيتا في قدرتها على اختراق الأنسجة الحية نتيجة لطاقتها العالية لذلك فهي تعتبر كمصدر للتعرض الخارجي و يمكن أن تسبب حروقا للجلد و تختلف شدة الإصابة بها على درجات متفاوتة على حسب طاقتها .

أشعة جاما و الأشعة السينية (أشعة اكس) X- Rays (فوتونات أو إلكترونات)

أشعة جاما عبارة عن موجات كهر ومغناطيسية لها طول موجة قصير جدا و تردد عالي جدا و لها مقدرة اختراق عالية جدا خلال المواد الثقيلة شكل (4).

و الأشعة السينية (أشعة اكس) هي أيضا أشعة كهر ومغناطيسية مثل أشعة جاما لها طول موجة قصير و تردد عالي و تختلف قوة وطاقة الأشعة السينية باختلاف مصدر انطلاقها فهي ليست جسيمات و لكن أمواجا شبيهة بأمواج الضوء ولها قابلية كبيرة جدا على اختراق المواد و تتولد عندما تصطدم إلكترونات لها طاقة عالية و بسريعة كبيرة بمادة صلبة و نتيجة هذا التصادم تثار ذرات مادة الهدف و تظهر هذه الاستثارة على شكل أشعة سينية و يتكون طيف الأشعة السينية من خطوط طيفية مميزة تعتمد على نوع مادة الهدف ويمكن إقلال طاقات هذه الأشعة باستخدام مواد لها عدد ذرى عالي أو اسماك مختلفة كبيرة و يستخدم الرصاص و الصلب و الأسمنت والباريت المسلح و الحديد المسلح بالأسمنت كحواجز وقائية للحماية من هذه الإشعاعات و مع أن العلماء يضعون فروقا بين أشعة جاما والأشعة السينية فان هذه الفروق تتمثل في أن أشعة جاما اكثر طاقة و بالتالي اكثر نفاذية .

وعند استخدام الماء أو الهواء أو الألومنيوم كحواجز وقائية فتقل كمية الإشعاع بحد ضئيل جدا و يجب أن نعين كمية الإشعاع لتحديد السمك المناسب و المادة المناسبة .

النيوترونات تسلك النيوترونات سلوكا مشابها لأشعة جاما حيث أن النيوترونات لها قابلية للاختراق و لذلك تستخدم المواد ذو العدد الذرى الصغير مثل الماء و البولي ايثيلين و الأسمنت المسلح و الحديد و الرصاص كحواجز وقائية هامة في مثل هذا الشأن .

جسيمات البوزيترون (بيتا الموجبة) Positrons

و هي عبارة عن إلكترونات سريعة محملة بشحنة موجبة و من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية فتسلك البوزيترونات مسلك جسيمات بيتا تماما .

النيترونات Neutrons

النيترونات هي عبارة عن جسيمات متعادلة الشحنة و لها وزن يعادل تقريبا وزن ذرة الهيدروجين و النيترونات لها خاصية اختراق المواد و أيضا جلد الإنسان.

من أمثلة المصادر المشعة المستخدمة في المعالجة الإشعاعية الخارجية

1- الكوبالت 60

يعتبر من اكثر العناصر المشعة موائمة للمعالجة الإشعاعية للسرطان و ذلك لارتفاع طاقة أشعة جاما المنبعثة منه (1,25مليون إلكترون فولتMeV) مما يجعل قدرة اختراقها عالية كما أن جرعة التعرض لكل واحد كوري من المصدر المشع و على بعد متر منه تعادل 1,23 راد كذلك فأن العمر النصفي للكوبالت 60 هو 5,3 عام و يمكن الحصول عليه بإشعاعية نوعية تعادل 200 كوري /جرام مما يتيح الحصول على مصدر إشعاعي ذو كفاءة عالية جدا وفي حجم ووزن مناسب يجعل من السهل نقلة و تحريكه في أوضاع مختلفة حول جسم المريض و على سبيل المثال يتم المعالجة الإشعاعية باستخدام هذا المصدر بتعريض العضو أو النسيج المصاب إلي جرعة مقدارها من 200-400 راد في خلال فترة زمنية قصيرة كل أسبوع بجرعة تراكمية لا تزيد عن سبعة آلاف راد .

2- السيزيوم 137

عمره النصفي 30 عام و طاقة أشعة جاما المنبعثة منه 662, (م.ا.ف)من مميزاته أن عمره النصفي كبير يمكن الحصول عليه بإشعاعية نوعية مقداراها 20 كوري /جرام ولا يمكن استخدام هذا المصدر في المعالجة الإشعاعية للأورام السرطانية العميقة و ذلك لضعف طاقة أشعة جاما المنبعثة منه .

أنواع المصادر المستخدمة في المجالات المختلفة (التطبيقات الطبية)

- أجهزة توليد الأشعة السينية .
- المسرعات النووية (المعجلات) .
- النظائر المشعة .
- المفاعلات النووية .

1-1-2 وحدات القياس

- السيفرت Sivert (SV)

الجرعة المكافئة (SV) = الجرعة الممتصة × معامل النوعية أي أن 1 سيفرت = 100 رم .

- الكيورى Curi (CI)

يعرف بأنه كمية الإشعاع المؤينة الصادرة من جرام واحد من الراديوم في الثانية الواحدة أي انه يساوى 3,7 × 10 10 إشعاع مؤين في الثانية وهو وحدة النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة و هو يساوى 3,7 × 10 10 بيكريل .

-البيكريل هو وحدة التفكك النووي الواحد في الثانية 1 كيورى = 3,7 × 1010 بيكريل *.

---

*

وسائل قياس الجرعات الإشعاعية

يعتبر قياس المستوى الإشعاعي في بيئة العمل و المناطق المحيطة بها جزء أساسي من برنامج الوقاية الإشعاعية الفعلية و ذلك للتأكد من أن الأفراد المشتغلين بالإشعاع و الجمهور أو المرضى لا يتعرضون لجرعات إشعاعية تزيد عن حد التعرض السنوي و يعتمد نوع وحدود برنامج القياسات البيئية لمنشأة إشعاعية بدرجة كبيرة على ظروف هذه المنشأة و بعض العوامل الإرشادية و طبيعة العمل بالإشعاع و المواد المشعة و نوع وكمية المواد المشعة التي يتم تداولها والطرق و المسارات المحتملة التي قد تتسرب عن طريقها المواد المشعة إلي البيئة و استمرارية تقييم الموقف الإشعاعي في بيئة العمل يعتبر ضروري للتأكد من أن العمل يجرى في ظروف آمنة و هذه القياسات تعتبر ضرورة متزامنة مع نظام القياسات الشخصية .

يستلزم العمل في مجال الإشعاعات المؤينة استخدام أجهزة أو وسائل لقياس الإشعاع لتقديرها أو وسائل للإنذار و التحذير ولذا وجب عمل أجهزة للحذر من تخطى النسب المسموح التعرض لها للأشخاص أو المنطقة و تستخدم هذه الوسائل لتقدير الجرعات الإشعاعية الشخصية للمتعرضين للإشعاعات المؤينة ويحملها الشخص المتعرض .

1- شارة الفيلم الحساس Film Badge

2- مقياس الجرعة الجيبى Pocket Dosimeter

3- مقياس الجرعة الحساس Thermal Luminscent Dosimeter

4- جهاز المسح الإشعاعي للمنطقة (عداد جيجر) Radiation Survey Meter

5- عداد الوميض Scintillation Counter

6- العداد الكامل للإنسان Whole Body Counter

بالإضافة إلى قياس المنطقة و اكتشاف و قياس تلوث الأسطح فان تقدير درجة تلوث الهواء يعتبر عامل أساسي و مهم في مناطق العمل حيث يتم تداول المصادر الإشعاعية المفتوحة .

وهناك طريقة بسيطة للكشف عن وجود مواد مشعة في الهواء وذلك بشفط الهواء لكي يمر خلال ورق ترشيح ذات ثقوب دقيقة جدا و بذلك فان أي مواد مشعة معلقة في الهواء سوف يحجز و يرسب على ورق ترشيح و بقياس درجة النشاط الإشعاعي على ورقة الترشيح يمكن حساب النشاط الإشعاعي في عينة الهواء المسحوبة .

3-1-1 التعرض Exposure

نتيجة لان الكائنات الحية لا تحس بالإشعاعات المؤينة الساقطة عليها و ذلك لقدرتها العالية على اختراق الأجسام و هي تفقد طاقتها عن طريق تأين جزيئات الماء الموجود بالجسم فعند تعرض الخلايا الحية للإشعاعات المؤينة تمتص هذه الخلايا جزء من الطاقة التي تحملها و ربما تمتص الطاقة كلها و الطاقة الممتصة داخل الخلايا هي التي تؤدى إلي تلفها أو تدميرها .

و التعرض عبارة عن كمية الإشعاعات المؤينة التي يتعرض لها جسم الكائن ألحي ووحدة قياسه هي الرونتجن بالنسبة للأشعة السينية و أشعة جاما .

طرق التعرض الإشعاعي

- تعرض مباشر من المصدر .
- تعرض مباشر من الأرض أو من سطوح مترسب عليها مواد مشعة .
- استنشاق المواد المشعة المتولدة في الهواء و الأبخرة .
- تلوث الجلد أو الملابس .
- هضم مواد غذائية ملوثة بالإشعاعات.

كما أستخدم في هذه المعايير تعرض أي إنسان للإشعاع المؤين و هناك فوارق بين التعرض الخارجي :

- وهو التعرض الناتج عن منابع خارج الجسم .
- وهو التعرض الناتج عن منابع داخل جسم الإنسان .
- التعرض الكلى وهو مجموع التعرضين الخارجي و الداخلي .

حالات التعرض للإشعاع :- Condition Of Exposure .

-تميز معايير الأمان الأساسية للوقاية الإشعاعية حالتين واضحتين من التعرض للإشعاع و هما :

1-الحالات التي يمكن التنبؤ بها و الحد منها عن طريق التحكم بمنبع الإشعاع بتطبيق نظام تحديد الجرعات و تطوير إجراءات التشغيل المرضية وهذا يشكل الحالات العادية للتعرض و التي تطبق فيها نظام التبليغ و التسجيل أو الترخيص و تعرض عموم الناس للإشعاع باستثناء التعرضات الطبية .

2-الحالات التي لا يمكن فيها التحكم بمنبع الإشعاع بحيث أن أي تعرض لاحق للإشعاع يمكن الحد من حجمه إن أمكن ذلك .

أنواع التعرض للإشعاع

من الناحية العلمية نجد أن بعض أنواع التعرض للإشعاع تحدث نتيجة الأداء العادي للممارسات و أن حجم هذا التعرض يمكن التنبؤ به ولو بدرجة معينه من عدم اليقين ويشار إلى مثل هذه التعرضات المتوقعة في هذه المعايير باعتبارها " تعرضات عادية "كما أنه يمكن وضع تصورات التعرض يمكن حدوثه ولكن لا يوجد يقين بأنه سوف يحدث بالفعل و تسمى مثل هذه التعرضات الغير متوقعة و التي يمكن حدوثها " تعرضات ممكنة " و قد تصبح التعرضات الممكنة تعرضات فعلية إذا حدثت الحالة الغير متوقعة بالفعل كأن تحدث نتيجة تعطيل الأجهزة أو أخطاء في التصميم أو قصور في التشغيل أو حدوث تغيرات غير مرتقبة في الظروف البيئية و الوسيلة الموضحة في هذه المعايير للتحكم في التعرضات العادية هي تقييد الجرعات المتلقاه و الوسيلة الأولى للتحكم في التعرضات الممكنة هي التصميم الجيد للمنشآت و المعدات و طرق التشغيل و الهدف من ذلك هو الحد من احتمال وقوع أحداث يمكن أن تؤدى إلى تعرضات غير متوقعة و الحد من مقدار التعرضات التي يمكن أن تنتج إذا تحتم وقوع مثل هذه الأحداث .

وتشتمل التعرضات الإشعاعية ذات الصلة التي تتضمنها هذه المعايير التعرضات العادية و الممكنة على السواء للعاملين أثناء ممارسة أعمالهم و تعرض المرضى أثناء التشخيص أو العلاج و تعرض أفراد الجمهور الذين قد يتأثرون عن طريق ممارسه أو عن طريق تدخل ما وبالنسبة لحالات التدخل يمكن أن يكون التعرض مزمنا و يمكن أن يكون مؤقتا في بعض حالات الطوارئ وهكذا تنقسم التعرضات إلى :

" تعرض مهني " أثناء العمل .

" تعرض طبي " وهو يشمل بصورة رئيسية تعرض المرضى أثناء التشخيص أو العلاج .

" تعرض الجمهور " الذي يضم كل أنواع التعرضات الأخرى .

و الغرض من هذه المعايير هو أن تشمل جميع الأفراد الذين قد يتعرضون للإشعاعات بما في ذلك الأفراد من الأجيال المقبلة الذين قد يتأثرون من ممارسات أوتدخلات حالية .

تعرض العاملين للإشعاع في عدة منشآت Exposure Of Workers In Several Installations

عندما يباشر العاملون أعمالهم في المناطق المتحكم بها في عدة منشآت يجب علي السلطة المختصة تهيئة إجراءات حفظ السجلات التي تمكن من :-

1-معرفة مكافئ الجرعة ألا فرادى الذي يتلقاه العاملون و المستخدمون خلال تنفيذ أعمالهم في تلك المنشآت المختلفة .

2-إطلاع إدارة كل منشأة تقوم بتشغيل هؤلاء العمال علي مكافئات الجرعة الافرادية للسنة الجارية في بداية عملهم و معرفة الجرعات المتلقاه خلال فترة عملهم في تلك المنشآت .

يجب على السلطة المختصة أن تحدد قيم مستويات التسجيل لمكافئ الجرعة أو لمكافئ الجرعة الفعال أو للجرعة المتناولة بحيث تكون القيم التي تفوقها علي درجة من الأهمية تجعلها تستحق التسجيل و الحفظ أما القيم الأقل من مستوى التسجيل فيصرح عنها بأنها لم تتجاوز المستوى المحدد للتسجيل و يمكن معاملتها علي أنها " صفر " لتقويم مكافئ الجرعة الافرادية لكل عامل هذا و يمكن الاستفادة من معطيات المراقبة في الأبحاث كالدراسات المتعلقة بالأمراض الوبائية أو لتقويم الجرعات المتراكمة .

يجب أن تتضمن سجلات نتائج الفحوص الطبية جميع المعلومات الضرورية لتقويم حالة العامل الصحية .

تعرض المتدربين و الطلاب Exposure Of Apprentices And Students

1-تكون حدود مكافئ الجرعة و حدود مكافئ الجرعة الفعال للمتدربين و الطلاب الذين يتبعون دورة متخصصة بمواضيع تتعلق بالإشعاعات و استخداماتها مساويا لحدود التعرض المهني و يمكن للمتدربين و الطلاب الذين تتراوح أعمارهم ما بين 16 – 18 سنة أو أكثر أن يتعرضوا للإشعاع في ظروف العمل (ب) و هي الظروف التي يستبعد أن تتجاوز فيها التعرض للإشعاع ثلاثة أعشار حدود الجرعة المكافئة و بالنسبة لأغراض هذه المعايير فأنه لا يسمح لأي شخص يقل عمره عن ستة عشر سنه ممارسة الأعمال التي تؤدى إلي تعرضه للإشعاع و تتم وقايتهم كما هو الحال بالنسبة للتعرض المهني علاوة على ذلك فأنه يجب في كل الأحوال تنظيم تعرض الفرد للإشعاع و مراقبته طبيا .

و يمكن فقط لمن تتجاوز أعمارهم 18 سنة أن يتعرضوا في ظروف العمل (أ) و هي الظروف التي قد يتجاوز فيها التعرض السنوي للإشعاع ثلاثة أعشار 3/10 حدود ومكافئ الجرعة و يخضع العاملون في هذه الحالة إلي مراقبة صحية خاصة و إلي تقويم مكافئ الجرعة لكل منهم و يتم عادة تقويم مكافئ الجرعة بواسطة المراقبة الانفرادية للتلوث الإشعاعي الداخلي و الخارجي حيثما يكون ذلك مناسبا و من الممكن أن يتم تنفيذ ذلك بطرق غير مباشرة .

و فيما يتعلق بالأغراض التدريبية فأنه يمكن السماح للعمال أو الطلاب أو المتدربين الذين تقع أعمارهم بين 16-18 سنه ممارسة العمل في ظروف الحالة 2- تكون حدود مكافئ الجرعة و حدود مكافئ الجرعة الفعال بالنسبة للمتدربين و الطلاب الذين لا يتبعون دورة متخصصة بمواضيع تتعلق بالإشعاعات و استخداماتها مساويا لحدود الفرد من عامة الناس و مع ذلك فأنه يجب ألا تتجاوز مساهمة مكافئات الجرعة السنوية و مكافئ الجرعة الفعال المتعلقة بتدريبهم عشر 1/10 هذه الحدود .

تعرض الجمهور

تطبق معايير الأمان كما تحددها الهيئة الرقابية علي أي تعرض للجمهور يتم عن طريق تعرض لممارسة أو مصدر مشع فتوضع سياسات و إجراءات وترتيبات تنظيمية للوقاية و الأمان بشأن تعرض الجمهور لتكفل ما يلي :-

- إخضاع تصميمات الطوابق و تنسيق المعدات الخاصة بكفاءة المنشآت الجديدة و كافة التعديلات الهامة في المنشآت القائمة التي تستخدم فيها المصادر المشعة للمراجعة من جانب الهيئة الرقابية بغرض اعتمادها قبل الإعداد للتشغيل .
- توفير تدابير التدرع و غيرها عن التدابير الوقائية بغرض تقييد تعرض الجمهور .
- وضع قيود محددة للجرعات بشأن تشغيل مثل هذه المصادر علي النحو المناسب .
- مراعاة التغيرات الممكنة في أي وضع يمكن أن يؤثر علي تعرض الجمهور مثل التغيرات التي تحدث في خصائص المصدر و تشغيله أو التغيرات في مسارات التعرض أو التغيرات في عادات السكان أو تعديل المجموعات الحرجة أو التغيرات في الظروف البيئية .
- مراعاة الجرعات الناجمة عن المصدر بما في ذلك المصادر و الممارسات التي قد تظهر مستقبلا و يتم تقويمها .
- مراعاة الاحتمالات في التعرضات إذا كان هناك فاصل مكاني أو زمني بين المصدر و المجموعة الحرجة .
- معدات الرصد و برامج المراقبة الملائمة لتقويم تعرض الجمهور و عمل سجلات وافية على النحو الذي تقتضيه المعايير .
- التدريب الملائم علي الوقاية و الأمان للعاملين الذين يضطلعون بوظائف تتصل بوقاية الجمهور .
- المرافق و المعدات و الخدمات المناسبة و الكافية لوقاية الجمهور بحيث تتناسب طبيعتها و مداها مع مقدار التعرض و احتماله .
- تحقيق أمان المصادر حتى يمكن مراقبة احتمال تعرضات الجمهور .

- وقاية أفراد الجمهور الذين يعزى تعرضهم إلى هذه المصادر و الحد من التعرض العادي للمجموعة الحرجة بحيث لا يتجاوز التعرض الكلى حدود الجرعات الخاصة بالجمهور و عند اختيار المجموعة الحرجة يؤخذ في الاعتبار جميع أولئك الذين يند رجون في الأجيال الحالية و المستقبلية سواء في البلدان أو الأماكن التي تقع بها المصادر .

رقابة الزوار

يقوم المسجلون و المرخص لهم بالتعاون مع المستخدمين عند الاقتضاء بما يلي :-

-ضمان أن يكون الزوار برفقة شخص على دراية بتدابير الوقاية و الأمان الخاص بأي منطقة خاضعة للرقابة أثناء تواجدهم في تلك المنطقة .

-توفير المعلومات و التعليمات و الإرشادات الكافية للزوار قبل دخولهم أي منطقة خاضعة للرقابة لضمان الوقاية الملائمة للزوار و لغيرهم من الأفراد الذين قد يتأثرون بتصرفاتهم مع ضمان استمرار مراقبة دخول الزوار إلى أي منطقة خاضعة للإشراف على النحو اللائم .

المستويات الإرشادية للتعرض الطبي

توضع مستويات إرشادية للتعرض الطبي لاستخدامها من قبل الممارسين الطبيين و يقصد بهذه المستويات الإرشادية ما يلي :-

-أن تكون مؤشرا معقولا للجرعات للمرضى ذوى الأحجام المتوسطة .
-أن تضعها الهيئات المهنية ذات الصلة بالتشاور مع الهيئة الرقابية تبعا للمتطلبات و المستويات الإرشادية .
-أن توفر إرشادات عما يمكن تحقيقه باستخدام الممارسات الجيدة الحالية بدلا مما ينبغي اعتباره أداء أمثل .
-أن تستخدم بمرونة للسماح بالتعرضات العالية إذا كانت الآراء الطبية السليمة تشير بذلك .
-وأن يتم تنقيحها مع تحسين التكنولوجيا و التقنيات .

تعرض عموم الناس للإشعاع باستثناء التعرضات الطبية Exposures Of The Public Excluding Medical Exposures

لا تخضع عموم الناس عادة للمراقبة و لهذا فان تعرضهم يكون مرتبطا بالتحكم بمصدر الإشعاع و هذا يختلف عن مراقبة تعرض العاملين الذين يخضعون للمراقبة و من المهم في تقويم تعرض عموم الناس و مراقبتهم ملاحظة الفوارق بين العامة و العاملين فيما يتعلق بتوزيع الأعمار و معاملات الايض والمسارات الحرجة وآليات التناول .....الخ

وعلي هذا ففي الحالات الخاصة التي يحدث فيها تعرض داخلي للرضع و الأطفال ناشئ عن العوامل الاستقلالية و الحيوية الأكثر تقييدا في هذه الحالات يجب اختيار قيم التناول كما يلي:-

- يمكن استخدام واحد بالمائة من القيمة المعيرة للحدود السنوية للتناول A LIو حيثما يكون ذلك مناسبا كمقدار مقبول للحد الثانوي في الحالات التي يستبعد أن يتكرر فيها التعرض خلال فترات زمنية طويلة ويتكون هذا الجزء من مركبتين

المركبة الأولى (العشر الأول 1/10) و يجب أن تطبق على قيم الحدود السنوية للتناول A L I كي تؤخذ بعين الاعتبار الحدود الدنيا للجرعة في حالة عموم الناس المنصوص عنها (5 مللي سيفرت) .

المركبة الثانية هي (عشر 1/10) إضافي كي تؤخذ بعين الاعتبار الحجوم الصغيرة لأعضاء الرضيع أو الطفل الحرج .

- يمكن استخدام 1% من القيمة المعتبرة للحدود الثانوية للتناول A L I كمقدار يتعلق بمتوسط قيم التناول في حالات يستمر فيها تعرض الأشخاص من الفئة الحرجة مدة طويلة من الزمن التي قد تبلغ حياة الفرد و يتكون هذا الجزء من مركبتين :

1- هي 1/50 و يجب أن تطبق على قيم الحدود السنوية للتناول كي تؤخذ بعين الاعتبار متوسط القيمة الدنيا للتعرض السنوي لعموم الناس .

2- هي النصف 1/2 و يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار متوسط كتلة الأعضاء علي مدى الحياة لان حجم الأعضاء يزداد عندما يكتمل نمو الأفراد .

و مع ذلك فقد تم توضيح حدود مكافئ الجرعة السنوية الفعالة و متوسط القيم السنوية أي 5 مللي سيفرت = 05, ريم عندما يكون التعرض محددا لفترة زمنية قصيرة من عمر الفرد أو متوسط 1 مللي سيفرت (1, ريم) علي مدى حياة الفرد .

- قد يكون من الضروري قبل ممارسة عمل يتضمن تعريض أفراد من عامة الناس للإشعاع القيام بالدراسات المناسبة قبل التشغيل و ذلك لتوفير المعلومات اللازمة المتعلقة بمعاملات مسالك التعرض الملائمة و لوضع خطة المراقبة اللازمة خلال عملية التشغيل .

- لا تنفذ الأعمال المتضمنة تعرض عموم الناس للإشعاع ألا وفق متطلبات نظام تحديد الجرعة فقط و تطبيق حدود الجرعة لأفراد عموم الناس قياسا علي الجرعة المطبقة علي الفئة الحرجة و التي يتطلب اختيارها موافقة السلطة المختصة .

التعرض بإطلاق المواد المشعة في البيئة

يتطلب إطلاق المواد المشعة في البيئة عند مستويات أعلي من الحدود المستثناة التي وضعتها السلطة المختصة أخذ موافقة مسبقة من هذه السلطة و يجب إجراء دراسات تسبق التشغيل غايتها تعريف الفئة الحرجة و المسالك الحرجة بشكل يرضى السلطة المختصة و يجب علي إدارة أي منشأة تطلق مواد مشعة في البيئة أن تكون مسؤولة عن التحكم بإطلاق تلك المواد و ذلك للتقيد بحدود الإطلاق المعتمدة ولإظهار هذا التقيد تكون المنشأة مسؤولة عن القيام بمراقبة كافية و تسجيل مقادير المواد المشعة المنطلقة كذلك يجب أجراء مراقبة النفايات المنبعثة بوضع برنامج مناسب لمراقبة البيئة عندما تطلب السلطة المختصة ذلك

التعرض من المنتجات الاستهلاكية

يجب على السلطة المختصة أن تنظم إدخال المنتجات الاستهلاكية التي تؤدى إلي التعرض للإشعاع و عليها أن توفر الوسائل لتقويم مثل تلك المنتجات حتى وان كانت المتاجرة بها أو استخدامها مستثناة من هذه التنظيمات و عند الموافقة علي طرح سلعة جديدة و يجب الأخذ بالاعتبار عملية التخلص منها في المستقبل .

التعرضات الإشعاعية من المنابع الطبيعية المعززة تقنيا

تطبق أسس التبرير و الأمثلة بشكل عام علي الأساليب التي تؤثر في التعرض من منابع طبيعية و على الرغم من أن حدود مكافئ الجرعة لا يطبق مبدئيا علي جرعات إشعاع الخلفية الطبيعية فانه يمكن للسلطة المختصة أن تحدد الحالات القابلة للمراقبة إداريا و التي تكون فيها التعرضات الإشعاعية الطبيعية المعززة خاضعة لحدود مكافئ الجرعة المشار إليها في (حدود مكافئ الجرعة الأولية – العاملون بالإشعاع – التعرض الخاص المبرمج – عموم الناس) أو لحدود أي جرعة خاصة أخرى و يجب تقويم المستويات العالية من إشعاع الخلفية الطبيعية علي أساس الفائدة الأكيدة المتوقعة من الأنشطة في تخفيف التعرض للإشعاع و تقرر السلطة المختصة مستويات التدخل المناسبة لكل حالة مع ملاحظة أن حدود مكافئ الجرعة ذات صلة ضعيفة بهذه الحالة .

التعرض العرضي و الطارئ Accident And Emergency Exposure

تميز هذه المعايير بين ظروف التعرض المراقب الذي يجب أن يطبق عليه نظام تحديد الجرعات و بين التعرضات الناجمة عن ظروف غير مراقبة حيث يجب أخذ اعتبارات مختلفة بالحسبان و يمكن إلي حد ما إنقاص احتمال حدوث تعرضات شاذة نابجة عن الظروف العرضية و كذلك إنقاص شدة تلك التعرضات بواسطة التصميم المناسب و مزايا الأمان الهندسي .

و بالنسبة للحوادث العرضية التي تتميز بمقدار صغير نسبيا من الأضرار الإشعاعية العشوائية و احتمال كبير في حدوثها .

توفر القيمة المتوقعة للتأثير الكلي علي الصحة مقياسا (القيمة المتوقعة للتأثير الكلى على الصحة هي مجموع جزاءات الشدة و الاحتمال لجميع مثل هذه الحوادث ذات الاحتمال الكبير) يستخدم لمقارنة مثل هذه التأثيرات مع أخطار أخرى و طرائق بديلة للمراقبة و توفر تحليلات هذه المقاييس أسلوبا لبلوغ الحدود المقبولة و علي العكس من ذلك لا تخضع لمثل هذه التحاليل القيمة المتوقعة للحوادث ذات الشدة الكبيرة و الاحتمال الضئيل و التي قد تنتج عنها عدد كبير من الإصابات غير العشوائية و يتم التحكم في هذه الحوادث بتخفيض احتمال حدوثها أو بأضعاف شدة النتائج أو بكليهما معا و يتم تحديد الجرعة عند حدوث الحادث بالإجراءات العلاجية فقط و التي تحتاج لخطوات تختلف أصلا عن الإجراءات المعتادة و تسمى مثل هذه الخطوات (التدخل) .

التعرض المهني في الحالات الشاذة

– تكون الجرعات أو كميات التناول للعاملين المتعرضين مهنيا للإشعاع خلال أحداث شاذة عرضة للاستقصاء عن أسباب و عواقب تناولها .

– يخضع العامل المتعرض مهنيا لجرعة أو لكمية متناولة من المواد المشعة قدرت بأنها تجاوزت ضعف الحد السنوي إلي مراجعة طبية مناسبة من قبل الطبيب الممارس المعتمد .

– تشتمل الترتيبات الإدارية الواجب اتباعها بعد حادث ما علي قرارات تبين ضرورة تجنب من أصيبوا في الحادث من التعرض المهني في المستقبل.

و قد يسمح للعامل بالاستمرار بالأعمال الروتينية إن لم يكن هناك مانع من وجهة النظر الطبية مع الأخذ بعين الاعتبار التعرضات السابقة للإشعاع و الحالة الصحية و السن و المهارات الخاصة بالإضافة إلي المسؤوليات الاقتصادية و الاجتماعية يجب تسجيل كل جرعات الحوادث و الطوارئ و كميات التناول العرضية و الطارئة معا كما يجب تميزها بوضوح عن التعرض العادي للإشعاع .

الإخبار عن التعرض الشاذ

– يجب أن تعرف السلطة المختصة الحالات الشاذة الواجب إخبارها عنها .

–إذا حدث تجاوز التعرض حدود الجرعة المعطاة (الحدود السنوية لمكافئ الجرعة – العاملون بالإشعاع – التعرض الخاص المبرمج – النساء في سن الإخصاب عموم الناس) أو اشتبه في حدوثه فانه يجب الاستقصاء عن الظروف التي حدث فيها التعرض و ضرورة الإخبار عن النتائج و إبلاغها للإدارة و للجهات المختصة

التعرض الخاص المبرمج Planned Special Exposure

يجب أن تخضع هذه التعرضات إلي ما يلي :-

1- الحصول علي الإذن اللازم من قبل الإدارة التي لا تمنح مثل هذه الاذونات الافي حالات استثنائية فقط خلال العمليات و عندما لا يمكن استخدام الأساليب البديلة في تلك الحالات .

2- عدم تجاوز ضعف الحد السنوي المعتمد و المحدد لمكافئ الجرعة أو لمكافئ الجرعة المودع و ذلك خلال التعرض الخاص المبرمج في أي حدث منفرد و عدم تجاوزها خمسة أضعاف ذلك الحد خلال فترة الحياة .

3- ضرورة التشاور مع العاملين المشاركين في عملية التعرض الخاص المبرمج قبل البدء بتنفيذها وإعلامهم مسبقا عن الأخطار المهنية الكامنة وتزويدهم بالتعليمات الواجب اتباعها لجعل التعرض للإشعاع منخفضا إلي ادني حد ممكن معقول .

- يجب اعتبار المشاركة في التعرض الخاص المبرمج عملا في ظروف العمل (أ) .

- يجب إخبار كل من العامل و الجهة الطبية المعتمدة و السلطة المختصة عن مكافئات الجرعة أو مكافئات الجرعة المودعة الناتجة عن التعرض الخاص المبرمج - ويجب كذلك أن تكون التعرضات الخاصة المبرمجة خاضعة للتدقيق من قبل السلطة المختصة .

التعرض المهني للإشعاع Occupational Exposure

المسؤوليات و المتطلبات الإدارية

تقع على عاتق الإدارة في أي مؤسسة مسؤولية الوقاية الإشعاعية و عليها تأمين موظف العمل في الوقاية الإشعاعية ليشرف على تطبيق الأنظمة الوقائية المناسبة و ليقدم النصح في كافة جوانب الوقاية الإشعاعية بما في ذلك التعرض المهني و تعرض عموم الناس المسؤولين عن سير العمل في المؤسسة .

1-يجب علي المسؤول عن الوقاية الإشعاعية التماس نصائح الخبراء المؤهلين كلما اقتضت الحاجة و أن يكون على اتصال مباشرة بإدارة المؤسسة التي تقوم بدورها باستشارته فيما يتعلق بكافة مواضيع الأمان علي أن يكون لديه المؤهلات الكافية لإنجاز الأعمال التي أقرتها السلطة .

2-يجب أن يكون صاحب العمل مسؤولا عن عمليات الوقاية الإشعاعية التي تؤدى إلي التعرض و عليه أن يقدم الأطر البشرية و التسهيلات و الخدمات المناسبة و الكافية للوقاية الإشعاعية و تتعلق طبيعة و مدى إجراءات الوقاية الإشعاعية بحجم الأخطار الإشعاعية إذ يجب أن يشمل التدريب و إجراءات الحد من التعرض و التنظيم الإداري و المسح الفيزيائي.

3-يجب أن تتوفر لدى العاملين التعليمات الطبية و التقنية و الإدارية الضرورية للأجهزة المستخدمة و التي تتعلق بأخطار الإشعاع و الممارسة الآمنة للأعمال المطلوبة منهم .

4-يجب أن يتلقى العامل في أي مؤسسة قد يحدث فيها تعرض للإشعاع المؤين التدريب المناسب المتعلق بضرورة مراقبة الأخطار الإشعاعية و الوقاية منها كما يجب توفير دورات علي فترات زمنية مناسبة تهدف إلي إعادة تدريب العامل و تجديد معلوماته حسب الضرورة علي أن يؤخذ في الحسبان نوع عمله وطبيعة و مقدار الأخطار الإشعاعية و حجمها و تخضع طبيعة و تكرار التدريب على العمليات المختلفة لموافقة السلطة .

5-يجب على الإدارة أن تضع لمؤسساتها سياسة محددة تتضمن حيثما يكن ذلك مناسبا المستويات المرجعية أو الحدود المسموح بها لمكافئ الجرعة كما وضعتها السلطة المختصة وفقا للمتطلبات الواردة (الحدود المعتمدة من السلطة المختصة) Authorized Limitsو (الحدود المستخدمة في الوقاية الإشعاعية) و (المستويات المرجعية المستخدمة في الوقاية الإشعاعية) كما تتضمن المتطلبات اللازمة للتحري و الإخبار عن أي ظروف تؤدى إلي تجاوز الحدود أو يشتبه في أنها تتجاوزها .

ويجب ألا يسمح للعمال أو للطلاب أو المتدربين أو للممارسين الذين تقل أعمارهم عن ثمانية عشر سنة من ممارسة العمل في ظروف العمل (أ) و هي الظروف التي قد يتجاوز فيها التعرض السنوي للإشعاع ثلاثة أعشار 3/10 حدود مكافئ الجرعة و يخضع العاملون في هذه الحالة إلي مراقبة صحية خاصة وإلي تقويم مكافئ الجرعة لكل منهم و يتم عادة تقويم مكافئ الجرعة بواسطة المراقبة الانفرادية للتلوث الإشعاعي الداخلي و الخارجي حيثما يكون ذلك مناسبا و من الممكن أن يتم تنفيذ ذلك بطرق غير مباشرة .

و فيما يتعلق بالأغراض التدريبية فأنه يمكن السماح للعمال أو الطلاب أو المتدربين الذين تقع أعمارهم بين 16-18 سنه ممارسة العمل في ظروف الحالة (ب) وهي الظروف التي يستبعد أن تتجاوز فيها التعرض للإشعاع ثلاثة أعشار حدود الجرعة المكافئة و بالنسبة لأغراض هذه المعايير فأنه لا يسمح لأي شخص يقل عمره عن ستة عشر سنه ممارسة الأعمال التي تؤدى إلي تعرضه للإشعاع .

6-يجب علي العامل أن يكون مسؤولا عن تنفيذ عمله بطريقة آمنة و ذلك بأتباع الإجراءات المناسبة لوقايته ووقاية الآخرين من الإشعاع .

7-يجب تطبيق الحدود الممكن استخدامها على عموم الناس عندما لا يكون منبع الإشعاع متصلا بالعمل أو في المواقع التي لا تحتوى المنابع الإشعاعية المسببة للتعرض .

المسح الفيزيائي Physical Surveillance

من الواجب على المستخدم إنشاء نظام للمسح الفيزيائي لتحديد طبيعة الاحتياطات الواجب اتخاذها لضمان ملاءمتها مع نظام تحديد الجرعات المبين في معايير الأمان الأساسية و لتقييم فعالية تلك الاحتياطات و لتأمين استمرار تحقيق هذه الأهداف يجب إجراء مراجعة دورية لبرامج المتابعة و المسح و ذلك في ضوء الخبرة و في حالة حدوث أي تعديلات رئيسية في إنجاز الأعمال بما في ذلك المحطات أو الأعمال الحديثة منها أو المعدلة يجب أن يتم تحديد مدى إجراءات الوقاية الإشعاعية تبعا لشدة الخطر المتوقع .

المسح الفيزيائي في المناطق الخاضعة للإشراف Physical Surveillance In Supervised Areas

تشمل ظروف العمل (ب) جميع ظروف العمل التي يستبعد أن تتجاوز حدود الجرعة الأساسية 3/10 قيمتها بالنسبة للعمال و ليس من الضروري وجود مراقبة عينية أو إدارية حين يكون التعرض للإشعاع غير مرتبط بالعمل و حين يتضمن مكان العمل منبعا مشعا و ذلك لان التحكم بالمنبع و تدر يعه كافيان لضمان التقيد بحدود الجرعة لعامة الناس و تكون عملية المراقبة الفردية غير ضرورية عادة في ظروف العمل (ب) ضمن المناطق الواقعة تحت المراقبة الإدارية للإدارة المسؤولة عن منبع الإشعاع .

ولكن يمكن أجراؤها كتكملة لمراقبة المنطقة في المناطق الخاضعة للإشراف و ذلك للتأكد من أن تلك الظروف مرضية كذلك لا حاجة للمراقبة في مناطق عمل التجهيزات التي تضم منابع إشعاعية إذا لم تكن هذه المناطق تحت المراقبة أو خاضعة للإشراف .

المسح الطبي Medical Surveillance

– يقوم صاحب العمل بعد التشاور مع طبيب ممارس معتمد أن يقوم بكل الإجراءات اللازمة لإحالة الأفراد المعرضين للإشعاع أو التلوث الإشعاعي أو يشك بتعرضهم لجرعة كبيرة تزيد على الحد المسموح به سنويا إلي المستشفيات الطبية في الوقت المناسب بما في ذلك الإحالة إلي المراكز الطبية المختصة حسبما تقتضي الحالة .

– تحدد مثل هذه الترتيبات تحديدا واضحا و أن تكون معلومة من قبل السلطات المختصة و العاملين في المؤسسة .

– يؤمن المستخدم مسحا طبيا للعاملين وأن يتأكد من تنفيذ برنامج هذا المسح و يعتمد المسح الطبي للعاملين المعرضين للإشعاع علي الأسس العامة للطب المهني و يجب عدم تشغيل العاملين أو الاستمرار بتشغيلهم في عمل يعرضهم للإشعاع المؤين خلافا للإرشادات الطبية المحددة مع الأخذ في الاعتبار الظروف الحالية أو السابقة للتعرض للمواد الكيمائية السامة و للظروف الفيزيائية الخطرة الأخرى .

يحق للطبيب الممارس المعتمد الحصول علي المعلومات المتضمنة تفاصيل وصف العمل للتحقيق من الحالة الصحية للعاملين الخاضعين للمسح الطبي و كذلك لتقويم الظروف البيئية في موقع العمل التي يمكن أن تؤثر علي صحة العاملين يجب أن تتضمن سجلات نتائج الفحوص الطبية جميع المعلومات الضرورية لتقويم حالة العامل الصحية .

التعرض المهني للإشعاع Occupational Exposure

– تطبق المبادئ الأساسية في تحديد التعرضات المهنية للإشعاع و الإبقاء علي الجرعة الناجمة من كل عملية منخفضة إلي أدنى قدر ممكن معقول و ينبغي وقاية كل عامل وقاية إضافية وفقا لحدود مكافئ الجرعة .

– ينبغي أن تكون الإجراءات اللازمة لحصر التعرض المهني للإشعاع هي ذاتها المطبقة على مصدر الإشعاع و خصائص مكان العمل بقدر ما يكون ذلك معقولا عمليا و يجب التشديد على الأمان الذاتي في مكان العمل أولا و من ثم علي الوقاية التي تتعلق بتصرفات العمل الذاتية و كذلك يجب بوجه عام أن تكون استخدام تجهيزات وقائية شخصية مكملا للتدابير الوقائية الأساسية .

– يمكن حصر التعرض الخارجي للإشعاع بواسطة التدريع و المسافة و الحد من مدة التعرض فأن التدرع الكافي للمنابع الإشعاعية يهيئ ظروف أمان ذاتية داخل مكان العمل أما المسافة و الحد من مدة التعرض فانهما يحتاجان إلي التدريب اليقظ و الإشراف على العمال و يجب عند تصميم دروع الوقاية الإشعاعية أن يراعى مراعاة دقيقة تيسير نزع مثل تلك الدروع لإصلاحها أو الاستغناء عنها و إلا فان الجرعات الإشعاعية التي يمكن أن تتلقى في مثل هذه المراحل الأخيرة قد تفوق ما تم توفيره (من عدم التعرض) خلال فترة التشغيل .

– يمكن حصر التلوث الناتج من المواد المشعة عن طريق الاحتواء و النظافة و يتكون الاحتواء الذي يوفر أمانا ذاتيا من حاجز واحد أو أكثر و يتوقف عدد الحواجز على شدة الأضرار الناتجة ولا يكون الاحتواء الكلى دائما عمليا أو مبررا و قد يكون الاحتواء الجزئي كافيا شريطة أن يكمل بمستوى عال من النظافة و تقوم التهوية بدور هام في كل من الاحتواء و النظافة و عندما يتعذر استبعاد التلوث عن مكان العمل يقوم جهاز الوقاية الشخصية بدوره في وقاية العمال .

تعرض عموم الناس باستثناء التعرض الطبي

Exposure Of The Public Excluding Medical Exposure

أن المبادئ الأساسية للتبرير و الأمثلة للظروف المثلى و حدود الجرعة الفردية يمكن أن تطبق في تحديد تعرض أفراد عموم الناس لذلك فان تحديد التعرض هذا يأخذ في الاعتبار ما يلي :–

أ–معايير الوقاية الإشعاعية الفردية و مراعاة حدود الجرعة المخصصة لعموم الناس .

ب–معايير الوقاية الإشعاعية المتعلقة بالمنبع و يجب أن يبرر كل منبع أو ممارسة وان تخضع لمبادئ الأمثلة .

و لتقويم الوقاية المتعلقة بالمنبع يكون من المفيد تطوير التنبؤ الطويل الأمد باتجاهات الإسهامات المختلفة في مكافئ الجرعة الكلية و مكافئ الجرعة الفردية من مصادر التعرض المختلفة .

التعرضات الشاذة في الحالات المهنية **Abnormal Exposure In Occupational Situations**

– قد يحدث التعرض الشاذ في الحالات المهنية نتيجة لأوضاع شاذة (حالات التعرض للإشعاع سبق الإشارة إليه) بما في ذلك الطوارئ و الحوادث وقد تنتج التعرضات الطارئة عن عمليات طارئة مبررة خلال الحادث أو بعد حدوثه مباشرة وتختلف تعرضات الحوادث عن التعرضات الطارئة بأنه لا يمكن التنبؤ بحدوثها .

– قد يؤدى التدخل من قبل فرق الطوارئ في عمليات طارئة أثناء الحادث أو بعده مباشرة إلى تلقى جرعات تتجاوز الحدود الملائمة المحددة (الحدود السنوية لمكافئ الجرعة) (المستويات المرجعية المستخدمة في الوقاية الإشعاعية) و يجب تحديد الجرعات التي يمكن تلقيها إثناء التدخل من قبل خبراء متخصصين لذلك يجب أن تعرف تعريفا واضحا مستويات التدخل المحددة على هذا النحو بالإضافة إلى الإجراءات المناسبة للحد من التعرض و ذلك في تعليمات التشغيل ضمن حدود التعرض الخاص المبرمج .

– إذا احتاجت إحدى عمليات الطوارئ أن يتعرض بعض العمال لمقادير تتجاوز الحدود المطبقة في التعرضات الخاصة المبرمجة فأنه لا يمكن اعتبار مثل ذلك التعرضات مبررة إلا إذا كان يجب أن يتم بشكل عاجل لانقاذ الأفراد المصابين أو المحتجزين أو منع الإصابات الجسدية أو منع استفحال الحادث بما في ذلك انقاذ المواد ذات القيمة الثمينة و على أي حال يجب أن يكون هؤلاء العمال :–

ا– متطوعين .

ب– على علم بالأخطار التي يتضمنها التعرض لمقادير تزيد على الحد المسموح به .

عندما يصاب أفراد من العاملين بتعرض أو تلوث شديد بسبب أوضاع شاذة فأنه يجب اتخاذ الإجراءات الآتية :–

1– تجميع مقاييس الجرعة و المعلومات التي تساعد في تقدير الجرعات و القيم المتناولة .

2– الحصول على عينات المفرزات وفقا للحالة لإجراء التحليل الحيوي .

3– البدء بالاختبارات الطبية و إجراء التشخيصات اللاحقة .

4– تجميع معلومات حول ظروف الحادث .

– عندما يتلقى العامل جرعة تتجاوز ضعف الحد السنوي أو إذا تجاوز مكافئ الجرعة الفعال ضعف الحد السنوي يجب أن يخضع هذا العامل للمعينة الطبية المناسبة من قبل الطبيب الممارس المعتمد كما يجب التحري عن الأسباب و العواقب الناتجة عن الحدث الشاذ كذلك يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار ضرورة أن يتجنب التعرض للإشعاع في المستقبل من سبق أن تعرض له تعرضا شديدا و قد يسمح له أيضا أن يستمر في العمل الروتيني ما لم يكن هناك أي مانع طبي على أن تؤخذ في الحسبان تعرضاته السابقة و صحته و عمره وخبراته الخاصة بالإضافة إلي مسؤولياته الاجتماعية و الاقتصادية بما في ذلك وضعه الجسماني فيما يتصل بتعرضات مهنية أخرى .

التعرض الشاذ لعموم الناس و الإجراءات الوقائية **Abnormal Exposure Of Members Of The Public And Countermeasures**

– على السلطة الوطنية المختصة عند وضع إجراءات الوقاية أو إقرارها أن تأخذ بعين الاعتبار أن معظم تلك الإجراءات التي يمكن تطبيقها للتقليل من تعرض أفراد عموم الناس للإشعاع بعد الإطلاق العرضي للمواد المشعة تؤدى إلي إحداث بعض الأضرار للأشخاص من المعنيين سواء كانت هذه الأضرار صحية أو اضطرابات اجتماعية و لذلك يجب أن تتوازن فوائد اتباع تلك الإجراءات أي تقليل التعرض للإشعاع مع الأضرار الناجمة و يجب ألا يتم تطبيقها الاعندما يتوقع أن يكون النفع الصافي للسكان المعنيين أكيدا .

– على السلطة المختصة عند النظر في إجراءات الوقاية أن تضع في الحسبان حجم السكان المشمولين و سرعة إمكان تطبيق هذه الإجراءات و قد لا يكون الوقت كاف للقيام بإجراءات الوقاية الفعالة علي مساحة شاسعة أو على عدد كبير من السكان فمحاولة اتخاذ تلك الإجراءات في هذه الحالة قد تضر اكثر مما تنفع .

–يتضع السلطة المختصة مستويات يكون التدخل عند مستويات أدنى منها غير مبرر ويجب أن يعبر عن مستويات التدخل بمكافئات الجرعة الفردية أو التناول و لكن يجب كلما أمكن ذلك إعطاء مستويات التدخل المشتقة معبرا عنها بعلاقات يمكن تطبيقها علي نتائج القياسات التي تشكل جزءا من برنامج المراقبة الخاصة المذكورة فيما سيأتي .

التعرض الطبي للإشعاع Medical Exposure

يطبق تعريف التعرض الطبي للإشعاع علي حالات تعرض الأفراد للإشعاع الناتج عن الفحوصات الطبية أو المعالجة المرتبطة مباشرة بالمرض و من الفحوصات الصحية النظامية التى تجرى لأغراض الحجر الجماعي أو الاختبارات الطبية الدورية أو من الفحوصات التي تؤلف جزءا من المسح الطبي للعاملين أو التي تنفذ لأغراض الطب الشرعي أو التأمين أو من الفحوصات أو المعالجات الطبية التي تؤلف جزءا من برنامج البحوث الطبية .

عندما يكون الفحص الطبي أو المعالجة مرتبطا مباشرة بالمرض فأنه يمكن تطبيق نظام تحديد الجرعة باستثناء حدود الجرعة و مع ذلك ففي كل حالة تعرض فردية خلافا لحالة العمال أو أفراد عامة الناس يكون الفرد الذي تعرض للخطر هو أيضا الفرد الذي يستفيد من الفحص أو المعالجة و لهذا فأنه لا حاجة لوضع شروط إضافية على حدود الجرعة لأنه يجب أن تكون إجراءات التبرير و الأمثلة علي الدوام لصالح الفرد الذي يتعرض للخطر عند مستوى من مستويات الجرعة .

إن اتخاذ قرار تبرير الفحص الطبي المتضمن إعطاء جرعة إشعاعية للمريض هو في بعض الأحيان من مسؤولية الطبيب الذي طلب ذلك الفحص و في أحيان أخرى من مسؤولية الطبيب الممارس الذي نفذ ذلك الإجراء و من الأفضل في أية حالة أن يعتمد ذلك القرار على تقدير سليم لدواعي إجراء الفحص والنتائج المقيدة المتوقعة منه و الطريقة التي من المحتمل أن تؤثر فيها النتائج على تشخيص المريض و ما يتلو ذلك من العناية الطبية به .

عندما يكون تعرض المرضى ناشئا عن برنامج أبحاث طبية ينعدم فيه نفع الأشخاص المعرضين للإشعاع أو يندر يجب ألا تجرى عملية التشعيع الا لأشخاص مؤهلين فنيا و مدربون تدريبا دقيقا يتلاءم و حدود الجرعة التي عينتها السلطات المختصة في برنامج الأبحاث و يجب على السلطات عند تحديد مثل تلك الحالات و حدود الجرعة أن تأخذ بعين الاعتبار الإرشادات التفصيلية لإجراءات البحث الطبي على الجنس البشرى و التي توجد في منشورات منظمة الصحة العالمية *.

" استعمال الإشعاع المؤين و النويدات المشعة للكائن البشرى في الأبحاث الطبية و في التدريب و الأغراض غير الطبية – منظمة الصحة العالمية WHOجنيف 1977. WHO, Technical Report Series 611

– عليها تحديد الحالات و حدود الجرعة التي يبقى الضرر ضمنها مقبولا للفرد المتعرض للإشعاع .

– شرح أخطار الإشعاع المخمنة للمتطوعين القادرين على التعبير عن قرارهم بحرية .

– يجب أن يكون التعرض الطبي للإشعاع خاضعا للمبررات و الاستخدامات المثلي من نظام تحديد الجرعات أي يجب أن نتجنب استخدام الإشعاع في الأغراض الطبية ما لم يكن مبررا و أن تكون الوقاية على النحو الأمثل بحيث يكون تعريض المريض للإشعاع منخفضا إلي أدنى حد ممكن و معقول و متلائم مع النتائج المتوخاة من هذا التعرض .

–لاتطبق حدود مكافئ الجرعة على المرضى الذين يخضعون للإجراءات التشخيصية و العلاجية و مع ذلك يجب تطبيق حدود الجرعة الموضوعة من قبل السلطة المختصة على أشخاص تم تعريضهم نتيجة لأبحاث تطبيقية للإشعاع المؤين أو للمواد المشعة و ذلك عندما لا يكون هناك منفعة مباشرة للفرد المعرضات للإشعاع .

– على الطبيب الممارس في جميع الحالات أن يكون مقتنعا و متأكد من أن المعلومات الضرورية ليست متوفرة من فحوصات أو استقصاءات سابقة أو أن هذه المعلومات لا يمكن الحصول عليها عبر استقصاءات تعتمد على تقنية أخرى ذات خطورة اقل و على الطبيب الممارس الذي يجرى الفحوصات أن يستخدم الظروف المثلى لوقاية المريض من الإشعاع و عليه أن يكون متدربا في مجال الوقاية الإشعاعية بشكل تقبله السلطة المختصة .

– عند مراجعة السلطة المختصة للفحوصات القائمة أو المعالجات التي تتضمن التعرض للإشعاع أو اقتراحات لإجراء فحوصات أو علاجات جديدة فأنه يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار الأضرار الجسدية و الوراثية التي قد تنشأ عن هذه التعرضات و من المهم أن يكون تقدير هذه الأضرار واقعيا إذا يمكن أن تؤدى المبالغة في تقدير الأضرار ألي رفض الفحوصات و العلاجات المبررة .

– نظرا لأخطار تعرض الجنين أو التكوين الجنيني في مرحلة الإخصاب للإشعاع فأنه يجب الانتباه دائما إلي التفاصيل التقنية الإشعاعية التي تضمن الإقلال من تعرض أي جنين أو تكوين جنيني يمكن أن يكون موجودا و ذلك بغض النظر عن معرفة ما إذا كانت المرأة حاملا أم لم تكن .

مبادئ توجيهية لمستويات التدخل و مستويات الإجراء في حالات التعرض الطارئ *

يعبر عن مستويات التدخل بدلالة الجرعة الممكن تفاديها أي انه يقرر إجراء وقائي إذا تجاوزت الجرعة الممكن تفاديها مستوى التدخل المتصل بذلك وعند تحديد الجرعة الممكن تفاديها ينبغي مراعاة احتمالات التأخير في اتخاذ إجراء وقائي و أي عوامل أخرى قد تعرقل الإجراءات أو تحد من فاعليتة .

– تشير قيم الجرعة التي يمكن تفاديها علي النحو المحدد في مستويات التدخل إلي المتوسط المأخوذ من عينات مختارة من السكان بصورة مناسبة لا إلي الأفراد الأكثر تعرضا (أي الأفراد في إطار مستويات الجرعة المحددة) .

– أوصت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات *بمبادئ عامة تنظم اختيار مستويات التدخل في حالات الطوارئ الإشعاعية كما أوصت بالإطار العام للقيم التي يتوقع أن تدخل فيه مثل هذه المستويات .

– وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية فيما استخلصت من التطبيق العام لهذه المبادئ علي أشكال الإجراءات الوقائية الأكثر شيوعا**.

– قد تكون مستويات التدخل في موقع ما أعلى أو أقل في بعض حالات معينة من هذه القيم العامة المثلي بسبب العوامل الخاصة بالموقع أو بالحالة وقد تشمل هذه العوامل ضمن ما تشمل وجود مجموعات خاصة من السكان (مثل المرضى بالمستشفيات أو نزلاء دور المسنين أو السجناء)أو وجود ظروف جوية خطرة أو مجموعة أخطار مركبة (كالزلازل أو المواد الكيماوية الخطرة) و مشاكل خاصة ترتبط بالنقل أو بسبب الكثافة العالية للسكان و غير ذلك من الخصائص الفريدة للموقع أو الإطلاق العرضي للمواد المشعة .

---

*(سلسلة الآمان 115)

***في بعض البلدان تعتبر القيمة التي تبلغ 100 مللي سيفرت من الجرعة التي يمكن تفاديها مستوى اقرب إلى الواقعية لأغراض الإخلاء المؤقت و قد أوصت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات بأن يبرر الإخلاء في اغلب الحالات بالنسبة للجرعة الممكن تفاديها التي تبلغ قيمتها 500 مللي سيفرت (أو الجرعة المكافئة التي يتعرض لها الجلد و تبلغ قيمتها 5000 مللي سيفرت) كما أوصت بان يقل نطاق القيم التي تبلغ الحد الأمثل عن هذه القيم بعامل لا يزيد عن عشرة (انظر المنشور رقم 63 الصادر عن اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات (الحاشية 42 ص 89) و ترد توصيات عامة في منشور اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات "مبادئ مراقبة وقاية السكان من الإشعاعات " المنشور رقم 43 الصادر عن اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات ..(1984) Am.ICRP 15 1, Pergamon Press, Oxford

*International Commission Radiological Protection ,Principles for Int ervention for P rotection of t he public in a Radiological Emergency,ICRP publication No.63,Ann. Of the ICRP 22 4, pergamon press,oxford (1993).
**International Atomic Energy Agency,interveation criteria in a N uclear or Radiation Emergency .safety series No.109,IAEA,vienna(1994)

الإجراءات الوقائية العاجلة : الإيواء و الإخلاء و المعالجة الوقائية باليود

يبلغ مستوى التدخل العام الأمثل لأغراض الإيواء 10 مللي سيفرت من الجرعة الممكن تفاديها خلال فترة لا تتجاوز اليومين و قد ترغب السلطات في أن تنصح بالإيواء عند مستويات أقل من مستويات التدخل و لفترات أقصر أو لكي يتسنى اتخاذ المزيد من التدابير المضادة مثل الإخلاء فتبلغ قيمة التدخل العامة المثلي لأغراض الإخلاء المؤقت 50 مللي سيفرت من الجرعة الممكن تفاديها ***خلال فترة لا تتجاوز الأسبوع و قد ترغب السلطات في بدء الإخلاء عند مستويات التدخل أقل و لفترات أقصر و كذلك في الحالات التي يمكن فيها تنفيذ الإخلاء بسرعة و سهولة كما هو الحال بالنسبة لمجموعات صغيرة من السكان و قد تكون المستويات الأعلى للتدخل ملائمة في الحالات التي يصعب فيها الإخلاء كما في حالة وجود مجموعات كبيرة من السكان أو إذا كانت وسائل النقل غير كافية وتبلغ قيمة التدخل العامة المثلي لأغراض المعالجة الوقائية باليود 100 مللي سيفرت من الجرعة الممتصة المودعة الممكن تفاديها بالنسبة للغدة الدرقية بسب اليود المشع .

1-1-4 أنواع أجهزة الأشعة و أغراضها و جهدها

ا- أجهزة توليد الأشعة السينية .

وكما سبق معرفته أن للأشعة السينية هي أشعة كهر ومغناطيسية لها نفس خواص الأشعة الضوئية ما عدا أن طولها الموجي اصغر بعشرات المرات .

و قد وجد أن لهذه الأشعة قدرة عالية على اختراق المواد ذات الأعداد الذرية الصغيرة بينما يكون اختراقها للمواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة محدودا وتتفاوت قدرة الاختراق حسب الأعداد الذرية ولا تتأثر الأشعة السينية بالمجالات الكهربية و المغناطيسية و تسير في خطوط مستقيمة و لها قدرة على التأين .

ويشتمل مولد الأشعة السينية على أنبوب زجاجي مفرغ تفريغا عاليا و بها مولد إلكترونات و هو عبارة عن مهبط و فتيلة تحت درجة حرارة مرتفعة ويتكون المصعد من مادة ذات عدد ذرى مرتفع و تتحمل درجات حرارة مرتفعة مثل مادة التنجستن خلفها عاكس معدني مقعر لتركيز الأشعة و يجب تبريد المصعد دائما بالماء و الزيت أثناء التشغيل و يكون فرق الجهد بين المصعد و المهبط مرتفعا جدا يبلغ بضع مئات من الكيلو فولت و تنبعث الأشعة السينية من المصعد نتيجة ارتطام الإلكترونات المسرعة عليه و يمكن التحكم في شدة الأشعة السينية الخارجة من الأنبوب بالتحكم في عدد الإلكترونات الخارجة من الفتيل (التحكم في درجة الحرارة) بينما يتم التحكم في طاقة الأشعة السينية بفرق الجهد بين المصعد و المهبط .

و يستخدم أجهزة توليد الأشعة السينية في أغراض التشخيص المختلفة في الطب و كذلك في أعمال التصوير الإشعاعي .

أنواع أجهزة الأشعة المستخدمة في أقسام الأشعة

يمكن تصنيف أنواع أجهزة الأشعة حسب طاقتها الإشعاعية أو جهدها بصورة إجمالية و التي يعتمد عليها فيما سيأتي تصنيف أنواع الحواجز الوقائية و الأبعاد الهندسية لغرف العلاج و الفحص الإشعاعي فنجد أن :-

أجهزة التشخيص الإشعاعي يتراوح قوتها بالنسبة للتصوير الإشعاعي	50 – 150 K.V .
أجهزة العلاج الإشعاعي يتراوح قوتها بالنسبة لعلاج الأورام	250 – 5 00 K V .
أجهزة علاج سطحي	50 – 120 K V .
أجهزة علاج عميق	15- 500 K V .
معجلات خطية علاجية (مليون إلكترون فولت)	20 Mev .

أما تصنيفها بالنسبة للاستخدام :-

- أجهزة أشعة الأسنان .
- أجهزة أشعة تصوير Radiography .
- أجهزة أشعة تصوير و فحص نظري Radiography and fluoroscopy .

– أجهزة أشعة مقطعية بالكمبيوتر .
– أجهزة أشعة شرايين .
– أجهزة أشعة لتصوير الثدي .
– أجهزة أشعة للجراحة C – ARM .

في عام 1951 استخدمت أجهزة للعلاج الإشعاعي الخارجي (Teletherapy) تستخدم فيها المصادر المشعة مثل الراديوم 226 (Ru 226) و لكن التكاليف العالية و الجرعة المنخفضة لهذا المصدر لم يعمم و تطور ذلك في كندا عام 1951 باستخدام مصدر الكوبالت 60 و هذه الأجهزة تتكون من وعاء رصاصي حيث يوضع المصدر قرب المركز و تخرج الأشعة عندما يكون الجهاز في وضع التشغيل حيث يكون المصدر أمام الفتحة المخصصة لذلك في هذا الوعاء الواقي .

أجهزة الأشعة السينية السطحية

أجهزة أشعة تعمل بطاقة تتراوح من 50 إلي 120 ك .ف حيث تكون القدرة الاختراقية لأشعة اكس الناتجة منها ضعيفة جدا و بإضافة مرشحات ألومنيوم إضافية في مسار الشعاع الفعال ذات سمك مختلف تستطيع امتصاص الأشعة السينية الرخوة الغير قادرة على الاختراق للجسم و كذلك تقوى الشعاع الفعال القادر و هذه القدرة للشعاع الفعال تعتمد على الطاقة المنتج بها الشعاع و على سمك المرشح (H . V . T) .

و هذا الاسم الأشعة السطحية تنتج من استخدام هذه الأجهزة لعلاج مناطق في الجسم سطحية جدا و تتحدد فيها مجال العلاج بواسطة مخاريط تثبت برأس الجهاز قرب بؤرة الأنبوبة و ينتهى المخروط بوضعه على سطح الجلد للمريض و ذلك لتجميع الأشعة الساقطة على الجزء المراد علاجه .و بديلا لذلك يمكن استخدام رصاص لتغطية الأجزاء السليمة المحيطة بالمنطقة المصابة أثناء العلاج و تكون مسافة العلاج غالبا ما بين 15 سم إلي 20 سم لتقليل الجرعة العميقة حيث تكون معدل الجرعة عالي نسبيا لكبر هذه المسافة و تكون اكبر جرعة على سطح المريض مباشرة و تقل تدريجيا داخل الجسم و ذلك نتيجة للطاقة الضعيفة و المسافة بين مصدر الأشعة و السطح SSD .

أجهزة الأشعة السينية العميقة

أجهزة أشعة تعمل بطاقة تتراوح ما بين 150 ك .ف – 500 ك .ف و تستخدم مرشحات اكثر كثافة مما سبق لزيادة القوة الإشعاعية الاختراقية للشعاع و زيادة تجانسها مع امتصاص الإشعاعات الرخوة في حين تقوم بتقليل الجرعة لامتصاص جزء منها ولذا يجب اختيارها لتناسب فرق الجهد المستخدم و هي غالبا من النحاس (Cu) أو الثورياس (زنك + نحاس + ألومنيوم) (Sn + Cu + Al) المسافة المستخدمة في العلاج في هذه الأجهزة ما بين 50 سم إلي 70 سم و يمكن استخدامها بواسطة مجمعات (مخاريط أو خلافه) أو بدون ذلك باستخدام محدد للشعاع الفعال و كذلك كما هو في أجهزة الأشعة السطحية يمكن استخدام قطع من الرصاص للتحديد على الأماكن السليمة و تحديد الجزء المعرض فقط على المريض مباشرة .

و سمك قليل من الرصاص يستطيع خفض الجرعة بنسبة 95 % عند هذه الطاقة و لكن يعتمد هذا السمك على الكيلوفولتية المستخدمة و أقصى جرعة إشعاعية في هذه الأجهزة تكون اسفل الجلد مباشرة و تصل إلي 90 % تقريبا على بعد 2 سم و يكون معدل الجرعة الإشعاعية الناتج من هذه الأجهزة نسبيا اقل نتيجة للمسافة الكبيرة في العلاج و كذا سمك المرشحات المستخدمة .

جهاز الكوبالت 60

مصدر الكوبالت يصدر منه شعاعين بطاقتين 1,17 و 1,33 مليون إلكترون فولت حيث أن الطاقتين مفيدتين في العلاج الإشعاعي و فترة نصف عمره 5,26 سنة و في هذه الفترة يتقادم المصدر و تضعف قوته إلي النصف من القوة الإشعاعية الأصلية و كذلك الجرعة الإشعاعية الصادرة من الكوبالت 60 ويركب على رأس الجهاز محدد للمجال الإشعاعي من الرصاص المتحرك لاعطاء المساحة المراد فتحها و يدار أما يدويا أو بموتور و في مركزه لمبة لبيان هذا الحقل بواسطة مرايا عاكسة للضوء و تدار هذه الرأس حول مركز 360 درجة و تدور حول نفسها أيضا و يلحق بالجهاز سرير يدار في الثلاث الاتجاهات الأساسية حول نقطة ثابتة و حول مركز دائرة دوران المصدر المشع .

جهاز السيزيوم 137

جهاز أشعة علاجية تم اكتشافه عام 1956 وهو يشبه في تركيبه في رأس الجهاز و الحركة الميكانيكية للمصدر جهاز الكوبالت 60 و لكن القوة الإشعاعية للمصدر اضعف و لان الإشعاعية لهذه المصادر اقل من الكوبالت لذا فان مسافة العلاج المستخدم فيها تكون صغيرة من 20 إلي 30 سم و هذا يقلل النسبة المؤذية للتوزيع العميق للجرعة الإشعاعية و يصدر من مصدر السيزيوم إشعاعات جاما بطاقة لاتزيد عن 660, مليون إلكترون فولت و فترة نصف العمر له 27,6 سنه .

المعجل الخطى

أول معجل خطى تم تطويره عام 1928 و في عام 1955 تم إنتاج المعجلات الخطية المطورة و المتاحة حاليا و التي يتم تعجيل الإلكترونات فيها بطاقة عالية و تستخدم المعجلات الخطية تردد عالي جدا من الموجات الكهرومغناطيسية لتعجيل الإلكترونات بطاقات عالية جدا خلال أنابيب طويلة و هذه الإلكترونات يمكن خروجها مباشرة من المعجل و استخدامها في العلاج أو ضربها هدف للحصول على أشعة اكس بطاقة عالية .

1-1-5 مصادر الأخطار الإشعاعية :

تنتج الأخطار الخارجية عن المواد و المصادر المشعة الموجودة خارج جسم الكائن الحي و كذلك عن الأجهزة التي تصدر الإشعاعات كالمفاعلات والمعجلات و أنابيب الأشعة السينية .

وتعرف الأخطار الناتجة عن هذه المصادر بالأخطار الإشعاعية الخارجية إما عند دخول المواد المشعة داخل جسم الإنسان فإنها تؤدى إلي ما يعرف بالأخطار الإشعاعية الداخلية و تختلف أساليب الوقاية من الأخطار الداخلية اختلافا كبيرا عن أساليب الوقاية من الأخطار الخارجية .

الأخطار الإشعاعية الداخلية

تنشأ الأخطار الإشعاعية الداخلية عن التلوث بالمواد المشعة و دخولها للجسم و عموما تنقسم المصادر المشعة إلي مصادر مغلقة و أخرى غير مغلقة أومفتوحة .

المصادر المغلقة Sealed Sources

هي تلك المصادر التي تكون المادة المشعة فيها موضوعة داخل إناء مغلق تماما الإغلاق و غير قابل للكسر ولا يشكل هذا النوع من المصادر أيا من الأخطار الداخلية و لكنها يمكن أن تؤدى إلي أخطار خارجية نتيجة للتعرض للإشعاعات الصادرة عنها .

المصادر المفتوحة Unsealed Sources

و هي تلك المصادر التي تكون المادة المشعة فيها موضوعة داخل إناء غير محكم الغلق أو قابل للكسر و تشكل هذه المصادر خطورة كبيرة نظرا لإمكانية تسرب المواد المشعة من الوعاء الحاوي و تلويث المكان و الأجهزة و المعدات بها و انتقال هذه المواد إلي داخل الجسم البشرى أو جسم الكائن الحي و تزداد هذه الخطورة إذا كانت المادة المشعة في حالة سائلة أو غازية أو علي شكل مسحوق .

و تجدر الإشارة هنا إلي أن كمية صغيرة من المادة المشعة قد لا تشكل خطورة إشعاعية خارجية إلا أن الكمية نفسها من هذه المادة يمكن أن تشكل خطورة داخلية كبيرة في حالة حدوث تلوث بها و تسربها إلي داخل الجسم فعند دخول المواد المشعة للجسم تستمر في إصدار إشعاعاتها حتى يتم تفككها الإشعاعي أو خروجها من الجسم و يتفاوت معدل التفكك للمواد المشعة من عدة ثوان إلي عدة مليارات السنين تبعا للعمر النصفي للمادة المشعة كما يعتمد معدل إخراج هذه المواد من الجسم علي عدة عوامل أهمها نوع المادة المشعة و خصائصها الكيميائية و الطبية و يمكن أن يستغرق إخراج هذه المادة من الجسم فترات متفاوتة تتراوح بين عدة أيام و عدة عشرات من السنين .

مصادر الأخطار الداخلية

تتوقف الأخطار الإشعاعية الداخلية علي كمية المادة المشعة التي تدخل الجسم (أو العضو المعين) و كذلك علي نوع الإشعاعات التي تصدرها هذه المادة و طاقتها و علي الخصائص الفسيولوجية للجسم و تعتبر المواد التي تصدر جسيمات ألفا (وهى المصادر التي لا تشكل خطورة إشعاعية خارجية) من اخطر مصادر الأخطار الداخلية و يرجع السبب في ذلك إلي :-

1. صغر مدى جسيمات ألفا في الجسم البشرى حيث لا يتجاوز عدة أجزاء مئوية من المليمتر .
2. قدرة جسيمات ألفا الفائقة على التأين .

3. كبر الأثر البيولوجي النسبي لهذه الجسيمات .
4. طول العمر النصفي لجميع المصادر المشعة لجسيمات ألفا .
5. صعوبة إخراج هذه النظائر من الجسم البشرى .

و عند دخول أحد النظائر التي تصدر جسيمات ألفا إلي الجسم فأنها يمكن أن تتركز في أحد الأعضاء الحيوية و تؤدى بالتالي إلي تلفه لذلك لا تستخدم مصادر جسيمات ألفا خاصة المصادر ذات العمر النصفي الكبير في الأغراض التشخيصية .

أما بالنسبة للنظائر التي تصدر جسيمات بيتا فعلي الرغم من ضعف الأثر البيولوجي النسبي لهذه الجسيمات و كبر مداها (بالمقارنة بجسيمات ألفا) إلا انه عند دخول هذه النظائر للجسم فأنها يمكن أن تؤدى إلي حدوث أضرار جسيمة بالأعضاء التي تتركز فيها بل و بالأعضاء المحيطة بها .

أما بالنسبة لإشعاعات جاما فأن الخطورة الداخلية المترتبة عليها يمكن اعتبارها محدودة بالمقارنة بالخطورة المترتبة عن كل من جسيمات ألفا أو بيتا .

المفاهيم الأساسية للأضرار الصحية الناتجة من التعرض للإشعاعات المؤينة

أمكن دراسة التأثيرات البيولوجية علي الكائنات الحية و منها الإنسان بعد التعرض للإشعاعات المؤينة عن طريق المعلومات المتاحة نتيجة الدراسات التي تمت في هذا المجال و من اشهر منابع المعلومات الآتي :-

1-الدراسات الخاصة التي تمت بعد إلقاء القنابل الذرية علي مدينتي هيروشيما و نجازاكى عام 1945 و ما زالت هذه الدراسات مستمرة حتى ألان .

2-الدراسات التي تمت على العديد من الكائنات الحية و الإنسان بعد التفجير الذرى عام 1954 في جزر المارشال جنوب المحيط الهادي .

3-نتائج الدراسات علي الإنسان من جراء الحوادث الإشعاعية و النووية الأخرى و من أهمها الدراسات التي أجريت بعد حادثة شرنوبيل و الحوادث الإشعاعية و النووية الأخرى التي حدثت فيها إصابات للإنسان .

4-نتائج الدراسات التي تتم للآثار المترتبة علي تعرض الإنسان لجرعات إشعاعية مختلفة أثناء تعرض الإنسان للإشعاع أثناء العلاج الطبي و التطبيقات الطبية للإشعاعات المؤينة في التشخيص و العلاج و تعتبر هذه التعرضات من اكبر مصادر التعرض الإشعاعي للإنسان .

5-الأعمال المهنية التي يتعرض خلالها الإنسان للإشعاع .

6-صناعة توليد القوى الكهربية من الطاقة النووية .

7-نتائج الدراسات الخاصة التي تتم على حيوانات التجارب و تعتبر هذه الدراسات من أهم و اكثر منابع المعرفة لفهم تطور الإصابة الإشعاعية في الأنسجة البيولوجية و امتصاص الطاقة الإشعاعية في الجزيئات البيولوجية و مسارات النويدات المشعة داخل الجسم في حالة التعرض الإشعاعي الداخلي و طرق قياس الجرعة الإشعاعية الممتصة في الأنسجة .

حيث أن جميع أجسام الكائنات الحية تحتوى على نسبة عالية جدا من الهيدروجين فان طاقة النيترونات تنتقل إلي انويه الهيدروجين (البروتونات)، ثم تقوم هذه الأخيرة بعملية التأين في الجسم أما النيوترونات التي تمتص في ذرات الجسم فتؤدى بدورها إلي تكوين انويه جديدة ، وانطلاق إشعاعات جاما التي تؤدى بدورها لتأين ذرات الجسم .

وسواء أكانت الإشعاعات المؤينة صادرة عن مصدر خارجي أم عن التلوث الداخلي للجسم Iinternational contamination بالمواد المشعة فأنها تؤدى إلي آثار بيولوجية في جسم الكائن الحي يمكن أن تظهر فيما بعد في شكل أعراض إكلينيكية Clinical Symptons و تعتمد خطورة هذه الأعراض و الفترة الزمنية لظهورها علي كمية الإشعاعات الممتصة و علي معدل امتصاصها و تنقسم الآثار البيولوجية للإشعاعات في الكائنات الحية إلي نوعين :-

الأول يعرف بالآثار الذاتية Somatic و هي الآثار الناتجة في الكائن نفسه الذي تعرض للإشعاعات .

الثاني يعرف بالآثار الوراثية و هي الآثار الناتجة في ذرية الكائن نتيجة للتلف الإشعاعي لأعضائه التناسلية .

6-1-1 الضرر Detriment

يوجد عدة أنواع للآثار المؤذية الناجمة عن التعرض للإشعاع ومن بين الآثار التي تؤذى صحة الأفراد المعرضين للإشعاع وكذلك يمكن أن يكون هناك آثار مؤذية لا علاقة لها بالصحة مثل ضرورة التواجد في بعض المناطق أو استعمال بعض المنتجات .

تعبر فكرة الضرر الصحي عن الأذى الكلى الذي يصيب الإنسان من الآثار الحيوية التي يمكن أن تظهر بعد التعرض في ظروف تعرض محدودة تمام التحديد وعند مستوى جرعة معينة ، وفيما يتعلق بالأثر المرضى I يعرف بأنه حاصل ضرب احتمال حدوث الأثر Pi بعامل شدته g و لا يمكن تقييم عامل الشدة g

بسهولة إذا يجب أن تأخذ قيمة بالحسبان بالإضافة إلى عاقبة الأثر الضار كالموت والإعاقة والمعاناة ، ويعتبر متوسط المدة اللازمة لظهوره إذا قد تكون هذه المدة طويلة أحيانا ، وكذلك إمكانات العلاج و الآثار اللاحقة بعد الشفاء و بالرغم من إمكانية تطبيق فكرة الضرر الصحي علي الآثار العشوائية واللاعشوائية معا فأنها تستخدم بشكل رئيسي لتقدير الأذى الناجم عن الآثار العشوائية ، ويكون الاحتمال في هذه الحالة تابعا متزايد للجرعة ولا يتوقف عامل الشدة علي الجرعة وبافتراض علاقة خطية بدون أثر عند الجرعة المنخفضة بين احتمال الآثار البيولوجية العشوائية المختلفة للإشعاعات ، وبين مكافئ الجرعة فان الضرر الجماعي علي الصحة العامة يتناسب طرديا مع مكافئ الجرعة الفعال الجماعي أوجرعته المقترفة ومع ذلك فان الضرر على مستوى فئة من الأفراد أو المجتمع هو حقيقة معقدة لا يمكن اختزالها إلي مجرد مجموع ما يصيب الفرد من ضرر ، ويجب في الحالة المثالية أن ينظر المرء في توزيع مكافئات الجرعة الافرادية مع كون مكافئ الجرعة الجماعي أحد العوامل المختلفة ليس إلا .

الضرر الإشعاعي Radiation Injury

الطرق الأساسية للتأثير الإشعاعي البيولوجي Basic processes of biological radiation عند امتصاص الأشعة المؤينة داخل الجسم و التي بدورها تكون محملة بالطاقة فأنها تؤثر على الأنسجة المختلفة للجسم و بالتالي على ذرات و جزيئات خلايا الجسم و هذه الطاقة المنبعثة من الأشعة المؤينة تثير الذرات و يحدث لها حركات اهتزازية و يمكن أيضا خروج الإلكترونات من مستويات الطاقة الذرية و بالتالي تتأين الذرات و على ذلك فأن تركيب الجزيئات يتغير أو يتكسر إما بعمليات الإثارة أو عمليات التأين .

ونتيجة لتكوين جزيئات مثارة أو مؤينة فأنها تتفاعل بعضها مع البعض عن طريق تفاعلات كيميائية مع هذه الخلايا و ينتج بالتالي تلف كامل للخلايا و على كل فأن هذه الخلايا التي أضيرت بالإشعاع ليس لها خطورة إشعاعية كبيرة حيث أن أنسجة الجسم لها قابلية لطرد هذه الخلايا المصابة و تجديد خلايا بديلة ويقود التعرض الإشعاعي أي تأثير الأشعة المؤينة على الجسم إلي أضرار كثيرة و يجب أن يفرق بين الضرر الإشعاعي الجسدي و الضرر الإشعاعي الوراثي ويظهر الضرر الإشعاعي الجسدي بعد عملية التعرض مباشرة على أعضاء الجسم المختلفة و لكن الضرر الإشعاعي الوراثي يظهر في الأجيال المستقبلية .

الضرر الإشعاعي الجسدي Somatic effect

يجب أن يفرق بين الضرر الإشعاعي الحاد Acute Injury والذي يحدث بعد فترة قصيرة نسبيا بحد أقصى أسابيع قليلة وذلك بعد التعرض الإشعاعي والضرر المتأخر Late injury و هو الضرر الذي يحدث بعد فترات و أحقاب زمنية بعيدة و الضرر الإشعاعي الحاد Acute radiation injures وهو الذي يحدث بعد فترة زمنية قصيرة من خلال التعرض الإشعاعي لجرعة كبيرة .

وكلما زادت الجرعة الإشعاعية كلما زاد الضرر الحاد الخطير والضرر الإشعاعي الحاد بجانب كمية الجرعة الإشعاعية ، يعتمد أيضا على حجم العضو المتعرض للإشعاع و نوعية الأشعة وعلى كل فالأعضاء الداخلية للجسم لها حساسية عالية للتعرض الإشعاعي مثل الرئة و الغشاء الخلوي و الجنين في الرحم و يحدث الضرر الإشعاعي الحاد عند التعرض لمستوى إشعاعي معين Thresholdوهذه الجرعة تحدد تقريبا بحوالي قيمة 0,25 سيفرت أي 25 ريم حيث يحدث تغير كبير في عد الدم و تناقص خطير في كرات الدم الحمراء .

تطور الضرر الإشعاعي

- امتصاص الطاقة الإشعاعية و التي تسبب التأين و الإثارة على مستوى الذرة و الجزيء في النظام البيولوجي .
- التدمير الجزئي بفعل الطاقة الإشعاعية الممتصة بطرق مباشرة و غير مباشرة .
- التدمير البيولوجي النهائي و الذي يحدده الأثر البيولوجي النسبي .

ويعتمد هذا الأثر البيولوجي النسبي على نوع الإشعاع و القيمة الخاصة بانتقال الطاقة و قيمة الجرعة الإشعاعية و كذلك معدل الجرعة الإشعاعية كما يعتمد أيضا على قدرة النظام البيولوجي على إصلاح التدمير الجزئي الحادث و درجة حدوث هذا الإصلاح .

1-2-1 تحليل لبعض الحوادث الإشعاعية

أصبحت المواد المشعة أو المصادر الإشعاعية من الإمكانات التي نصادفها في الحياة اليومية في جميع بلدان العالم وشاع استخدامها في الكثير من المجالات الطبية العلاجية أوالتشخيصية ، وفي عديد من المعاهد و المراكز البحثية توافق هذا التطور الهائل من الاستخدامات مع تطور مماثل في أساليب الوقاية الإشعاعية وتطبيق واسع الانتشار لأسس ومبادئ الأمان الإشعاعي وعلى الرغم من كل الاحتياطات المتخذة في هذه المجالات فان الحوادث يمكن أن تحدث و يمكن أن ينتج عنها تعرض زائد للعاملين أو الأفراد المعرضين (المرضى) أو أفراد الجمهور .

و قد أوضحت الإحصائيات أن الحوادث الإشعاعية في المجالات الطبية اقل حدوثا منها في التطبيقات الصناعية و كان نصيب المجالات الطبية 15 % من الحوادث و المجالات الصناعية 85 % من إجمالي الحوادث الإشعاعية .

و بالنسبة للمجالات الطبية قام معهد كيورى بفرنسا بمتابعة 250 مريضا على مدى 25 عاما و خلصت إلي الاحصائيه التالية :

التشخيص بالأشعة السينية 20 %

طب الأسنان 10 %

العلاج بالأشعة السينية 40 %

العلاج بالكوبالت 60 – 20 %

العلاج الموضعي بالأشعة 5 %

و يتضح من هذا أن 65 % من الحوادث في المجال الطبي ناتجة عن العلاج الإشعاعي و من أهم المتضررين في هذا المجال هم الأطباء و الممرضون و عمال الصيانة وفي بعض الأحيان المرضى أنفسهم و تنتج معظم التعرضات الزائدة في هذا المجال عن أخطاء في حسابات الجرعة أو أخطاء في توجيه حزمة الأشعة أوقصور في تصميم حجرات الأشعة من حيث الأبعاد الهندسية أو الحواجز الوقائية أو التهوية و مراعاة مسارات الحركة و توزيع الأقسام حسب خطورة وأهمية المصدر الإشعاعي المستخدم و اكثر المهنيين الذين يتعرضون لمواقف خطرة هم الذين يقومون باستبدال أو شحن مصادر العلاج الإشعاعي (الكوبالت أو السيزيوم) .

وبعرض لبعض الأمثلة للحوادث الإشعاعية التي حدثت في عديد من المجالات حتى يمكن التعلم منها في كيفية منع حدوثها و مجابهتها .

ونبدأ ببعض التعريفات لحالة الطوارئ و الحادث الإشعاعي ثم طرق تصنيف الحوادث و طرق التعرض الإشعاعي .

تعريف حالة الطوارئ

هو وضع غير متوقع أو حدث له طبيعة خطرة يتطلب تدخلا فوريا .

تعريف الحادث الإشعاعي

هو وضع لا يمكن فيه السيطرة على مصدر التعرض و قد يمكن التحكم في الجرعات الناتج عن المصدر و لكن مستوى الجرعات يكون دائما أعلى منه في الظروف العادية .

طرق تصنيف الحوادث

أولا طبقا للانتشار الجغرافي للعواقب

المستوى الأول :عواقب محدودة بغرفة أو معمل أو مبنى .

المستوى الثاني :عواقب داخل حدود المنشأة – المستشفى – غرفة العلاج الإشعاعي .

المستوى الثالث :عواقب يمكن أن يكون لها تأثير خارج حدود المنشأة .

المستوى الرابع :عواقب يمكن أن يكون لها تأثير خارج حدود الدولة .

ثانيا طبقا للعواقب الإشعاعية

- تلوث خارجي .
- تلوث داخلي .
- جرعة جماعية عالية .

طرق التعرض الإشعاعي

- تعرض مباشر من المصدر .
- تعرض مباشر من الأرض أو من السطوح المترسب عليها مواد مشعة .
- استنشاق المواد المشعة المتولدة في الهواء أو الأبخرة .
- تلوث الجلد أو الملابس .
- هضم مواد غذائية ملوثة بالإشعاعات و له أهمية ثانوية .

حوادث مصادر العلاج الإشعاعي :

الحوادث التي أدت إلي تلوث الأفراد نتيجة لمصادر إشعاعية مستخدمة في العلاج بالأشعة اقل كثيرا من الحوادث التي تؤدى إلي تعرض إشعاعي شامل أوجزئي لعدة أسباب أهمها :

- قلة عددهم .
- لا يتأثر بها عدد كبير من الأشخاص لأنها تحدث عادة بين المهنيين .
- الجرعات الملزمة نادرا ما تكون عالية معدل الجرعة غالبا لا يكفى لحدوث تأثيرات تحديدية و بالطبع توجد حالات شاذة و من أهمها حادث المكسيك 1983 و حادث البرازيل 1987 اللذان سببا تعرض عدد كبير من الأشخاص لجرعات عالية ففي حادث المكسيك تعرض حوالي 400 شخص لجرعات في حدود من 5, ريم (5 مللي سيفرت) إلي 700 ريم (7 سيفرت) و على الرغم من حدوث وفيات إلا أن بعض الأشخاص تعرضوا إلي آثار بيولوجية خطيرة .

حوادث المعجلات الخطية المستخدمة في العلاج الطبي

في الفترة من1987 حدثت 5 حوادث تعرض زائدة نتيجة لأخطاء شخصية على نوع واحد من المعجلات THERAC – 2 .

♦ في 4 يونيو 1985 بمستشفى ماريتا بولاية جورجيا تعرضت مريضة عمرها 63 عاما كانت تعالج من سرطان الثدي لجرعة زائدة أدت إلي فقد الحركة في أحد الذراعين .

♦في 25 يوليو 1985 بمستشفى هاميلتون بولاية اونتاريو تعرضت مريضة أخرى لجرعة زائدة أثناء العلاج من السرطان لعنق الرحم أدت إلي تليف الرحم وتوفيت المريضة .

كما حدثت حوادث مماثلة في كل من مركز علاج السرطان بشرق تكساس في 21 مارس 1986 في مستشفى ياكيما بواشنطن .

الخلاصة :

نتجت معظم هذه الحوادث الإشعاعية عن الأسباب الآتية :

1-أخطاء بشرية أو إهمال في تداول المصادر المشعة .

2-النقص في اجر آت الوقاية الإشعاعية .3-النقص في التدريب على الاستعمال الآمن للمصادر الإشعاعية و المواد المشعة .

1-2-2 آثار الإشعاع

يمكن أن يسبب التعرض للإشعاع بجرعات عالية آثار تظهر من الناحية السريرية لدى الأشخاص المعرضين للإشعاعات بعد وقت قصير من التعرض مثل الغثيان أو احمرار الجلد ، أو في الحالات الشديدة أعراض حادة وتسمى هذه الآثار " أثار قطعية " لأنها تحدث بصورة حتمية إذا تجاوزت الجرعة المستوى الحدي ويمكن أن يحدث الإشعاع أيضا آثار جسدية مثل الأورام الخبيثة التي تظهر بعد فترة كمون ويمكن كشفها في المجموعات السكانية بالطرق الوبائية ويفترض أن يحدث هذا على مدى النطاق الكامل للجرعات دون وجود مستوى حدي ، وقد تبين إحصائيا وجود آثار وراثية تعزى إلى التعرض للإشعاع في ثدييات أخرى ويفترض إنها تحدث أيضا في الإنسان وتسمى هذه الآثار التي يمكن كشفها بالطرق الوبائية وهي الأورام الخبيثة و الآثار الوراثية " آثار عشوائية " بسبب اعتمادها علي المصادفة .

وتحدث الآثار القطعية بسبب عمليات مختلفة أهمها موت الخلايا وتأخير انقسامها نتيجة تعرضها لمستويات عالية من الإشعاع و إذا كان الإشعاع مركز بقدر كاف فقد يضعف وظيفة النسيج المتعرض وتزداد شدة الأثر المؤكد لدى الفرد المتعرض كلما تجاوزت الجرعة المستوى الحدي لحدوث هذا الأثر ، وقد تظهر الآثار العشوائية إذا حدث تحور في الخلية المشعة دون أن تقتل ، وقدتتطور الخلايا المتحورة بعد عملية طويلة إلى سرطان و مع تضاؤل الجرعات فان آليات الجسم الخاصة بالتحديد والدفاع تجعل هذه النتيجة غير محتملة إلى حد كبير غير أنه لا يوجد ما يدل علي أن هناك حدا للجرعة لا يمكن للسرطان أن يحدث دونه ويزداد احتمال الإصابة بالسرطان كلما زادت الجرعات ، لكن شدة أي سرطان ناشئ من التشعيع لا تتوقف علي الجرعة وإذا كانت الخلية التي أتلفها التعرض للإشعاع خلية جرثومية وظيفتها نقل الشفرة الوراثية الذرية فانه يمكن تصور ظهور آثار وراثية متنوعة في ذرية الشخص الذي تعرض للإشعاع وعلي الأرجح أن تتناسب الآثار العشوائية مع الجرعة المتلقاه وذلك بدون مستوى حدي للجرعة .

بالإضافة إلى الآثار الصحية المذكورة أعلاه يمكن حدوث آثار صحية في الرضع بسبب تعرض الأجنة للإشعاع ، وتشمل هذه الآثار زيادة احتمال الإصابة بسرطان الدم وكذلك الإصابة بالتخلف العقلي الشديد والتشوهات الخلقية إذا تجاوز التعرض القيم الحدية للجرعات في فترات معينة من الحمل ، ونظرا لأنه يفترض وجود احتمال ضعيف لحدوث الآثار العشوائية حتى عند أقل الجرعات فان هذه المعايير تشتمل نطاق الجرعات بأكمله وذلك بهدف تقييد أي ضرر إشعاعي يمكن أن يسببه .

و تعدد جوانب مفهوم الضرر الإشعاعي يجعل من غير المستوصب اختيار أي كمية واحدة لتمثله لذلك تقوم هذه المعايير على مفهوم الضرر كما جاء في توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات ICRP و الذي يتضمن بالنسبة للآثار العشوائية الكميات التالية :

– احتمال حدوث سرطان مميت يعزى إلى التعرض للإشعاعات .

– الاحتمال المرجح للإصابة بالسرطان غير مميت .

– الاحتمال المرجح لحدوث آثار وراثية شديدة وطول الفترة المفقودة من العمر إذا حدث الضرر .

و من ذلك نجد أن التأثير النهائي للتعرض الإشعاعي يعتمد على استجابة الخلايا المكونة للنظام النسيجي لكل عضو متعرض للأثر الإشعاعي ويؤدى هذا الأثر إلي إصابات خلوية معقدة ومتعددة الدرجات سواء لحدوث التدمير البيوكيميائى الجزئي في الخلية أو تدمير جزيئات ذات أهمية خاصة مثل الأحماض النووية (DNA – RNA) أو فقد القدرة على التكاثر للخلايا المنقسمة أو التأثير على الكفاءة الوظيفية للخلية أو النهاية الوظيفية للخلية .

هذا و يعتمد التدمير البيولوجي للخلية على جرعة ومعدل جرعة الإشعاع فكلما زادت الجرعة أو معدلها زاد التدمير للخلية و تؤدى الجرعات القاتلة إلي القضاء على الخلية ، وكلما زاد عدد الخلايا المعرضة لهذه الجرعات القاتلة في الأنسجة المختلفة وبالتالي الأعضاء المختلفة زاد الأثر الباثولوجي على الكائن .

و تعتمد نماذج الأمراض الناشئة عن هذا الفشل الخلوي أو تعرض الخلية لجرعات قاتلة على العوامل المختلفة التي تؤثر على استجابة الخلية تجاه الإشعاع والاستجابة الخلوية للتعرض الإشعاعي .

هذا و تحدد ميكانيكية الاستجابة العضوية للجرعات العالية طبقا لنظام التكاثر الخلوي للعضو المتأثر إذا ما كان له نظام تجديد خلوي سريع أو بطئ وكذلك تحدد طبقا للاستجابة الإشعاعية له ، ويحدث القضاء النهائي على الخلية في العضو بعد التعرض الإشعاعي الحاد لجرعات كبيرة من الإشعاع و تؤدى إلي ما يعرف بأعراض الإشعاع الحاد المحددة بجرعة إشعاعية معينة ، وتعتمد نوعية هذه الأعراض على قيمة الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الجسم و العضو المتأثر وحجم الجسم المتعرض ، وهذا يؤدى لتعرض الجسم لجرعات اقل من القاتلة أو صغيرة إلي حدوث نماذج مرضية حادة .

و مع هذا فمن المحتمل حدوث تدمير لمكونات الخلية أو للجزيئات المسؤولة عن التمثل الطاقى أو فقد الأنزيمات الخلوية أو آثار على التركيب الخلوي الوراثي و ميكانيكية التدمير الخلوي له طبيعة مزمنة و متأخرة الحدوث و تتميز هذه التأثيرات بفترة تأخير من وقت التعرض كما أنها قد تحدث بعد تعرض متكرر لجرعات من الإشعاع و تخضع هذه التأثيرات لقانون الاحتمال .

و بناء على ما سبق من اعتبارات أولية فأن التأثيرات الإشعاعية على الإنسان يمكن تصنيفها إلي نوعين من التأثيرات اعتمادا على معيار التصنيف المستخدم .

التصنيف الأول

يستخدم قيمة الجرعة الإشعاعية و حجم الجسم المتأثر و تقسم إلي :

- تأثيرات نتيجة لتعرض حاد و تظهر خلال أيام أو أسابيع بعد التعرض الحاد لجرعة إشعاعية عالية و يتعرض فيها الجسم كله أو حجم كبير من الجسم أو عضو له أهمية خاصة .
- تأثيرات ذات طبيعة متأخرة و التي تظهر بعد فترة تأخير لمدة عدة سنوات بعد التعرض لإشعاع منخفض المستوى .

التصنيف الثاني

يستخدم الحد الأدنى للجرعة و هو الأحدث و ألا دق حيث يعتمد على مبدأ الحد الأدنى للجرعة التي تسبب استجابة مؤثرة و هذا يعنى وجود أو عدم وجود حد معين من الجرعة الإشعاعية لحدوث تأثير و يطلق على التأثير الإشعاعي الناتج عن حد أدني من الجرعة الإشعاعية .

طرق دخول المواد المشعة للجسم

تدخل المواد المشعة إلي الجسم بالطرق الأربعة التالية :-

1. استنشاق الهواء الملوث بالمواد المشعة .
2. بلع المواد المشعة أو دخولها مع الطعام بسبب تلوث اليدين .
3. الدخول عن طريق الجلد أو الجروح أو الخدوش .
4. التشعيع المباشر للجلد .

فعند تلوث الهواء الجوي بالمواد المشعة تدخل هذه المواد إلي الرئتين و يمر جزء إلي الدم مباشرة عن طريق الحويصلات الهوائية ، وهناك جزء آخر يمكن أن يترسب في الرئة و القصبة الهوائية ثم يصل إلي البلعوم و يدخل إلي المعدة و تتوقف نسبة الجزء الممتص مباشرة في الدم إلي الجزء الذي يصل للمعدة علي نوع المادة المشعة وحالتها وخواصها الكيميائية و الفيزيائية وكذلك علي فسيولوجية الشخص ذاته .

أما عند بلع المواد المشعة فأنها تصل بدورها للمعدة و منها إلي للأمعاء حيث يتم امتصاصها مع الغذاء ومرورها إلي الدم أما في حالة تلوث الجلد الخارجي أو الجروح بالمواد المشعة فأنها تصل مباشرة للدم و تنتقل معه إلي جميع أجزاء الجسم .

قياس التلوث الداخلي للجسم Body burden measurements

- التقنين البيولوجي Bioassay

تستعمل كلمة التقنين البيولوجي في الوقاية الإشعاعية بحيث تعنى مجال تحليل المواد ذات السمية الإشعاعية باستخدام برنامج " التقنين البيولوجي "، ويمكن اكتشاف أي إدخال حاد للمواد المشعة التي لم تكن متوقعة وتتبع تراكم بطئ للمادة المشعة في الجسم والناتجة من تعرض مستمر مزمن لتعرضات إشعاعية منخفضة المستوى وبعض الأجزاء من المواد المشعة التي أخذت بالجسم تستخرج في البول و البراز لذلك فأن اخذ العينات من البول و البراز وهواء الزفير و العرق و اللعاب وتحليل الدم على فترات منتظمة هو الأساس لبرامج التقنين البيولوجي الروتيني .

مواصفات الشخص العيارى

تتفاوت الخصائص الفسيولوجية للبشر تفاوتا ملحوظا من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية لذا حددت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية إنسانا عياريا بمواصفات معينة و هي المواصفات المبينة في الجداول (1) (2).

و يستخدم هذا الشخص العيارى في أجراء الحسابات الخاصة بالجرعات الإشعاعية و تعتبر القيم الناتجة بمثابة متوسط حسابي للبشر عموما .

و قد سبقت الإشارة إلي أن بعض المواد المشعة تتركز في أعضاء بشرية معينة فعلي سبيل المثال يتركز اليود في الغدد في حين يتركز السترونشيوم في العظام و البلوتونيوم في الرئتين و العظام و تتوزع بعض المواد المشعة توزيعا متجانسا على جميع أعضاء الجسم .

لذلك فأنه عند إجراء الحسابات الخاصة بحدود الجرعات يأخذ المعامل الوزنى للعضو المعين في الاعتبار .

اسم العضو	الكتلة (كجم)	النسبة الوزنية	نصف القطر الفعال (متر)

الجسم ككل	70	% 100	0,30
الهيكل العظمى (بدون نخاع)	7	%10	0,05
العضلات	30	% 43	0,30
الدهن	10	%14	0,20
الدم	5,4	% 7,7	_
الأمعاء	2,0	% 2,9	0,30
الغدد	0,02	%0,029	0,03

جدول (1) يوضح مواصفات الشخص العيارى

العملية	الكمية
السعة الحيوية للرئة عند الرجل	3-4 لتر
السعة الحيوية للرئة عند المرأة	2-3 لتر
حجم الهواء المستنشق خلال ساعات العمل الثمانية	10 متر مكعب
حجم الهواء المستنشق خلال الساعات الست عشر الأخرى	10 متر مكعب
حجم الهواء المستنشق في اليوم	20 متر مكعب

جدول (2) يوضح كمية الهواء المستنشق

منظور تطور الإصابة الناتجة من التعرض للإشعاعات المؤينة

التعرض للإشعاعات المؤينة

هو أول مراحل احتمالية حدوث إصابة ناتجة عن هذا التعرض و ينقسم التعرض الإشعاعي إلي تعرض خارجي و تعرض داخلي و التعرض الخارجي هو التعرض للطاقة الإشعاعية من الفوتونات أو الجسيمات الإشعاعية المنبعثة من مصدر موجود خارج الجسم و أن الطاقة الإشعاعية تمتص من خارج الجسم إلي داخله طبقا لآليات امتصاص الطاقة الإشعاعية و القوانين المحددة لها أما التعرض الداخلي فهو التعرض داخليا نتيجة دخول مادة مشعة إلي داخل الجسم عن طريق التنفس أو البلع أو عبر الجلد و هذه المادة المشعة تسرى في داخل الجسم من مكان للآخر طبقا لخصائصها الكيميائية و تتعرض أنسجة الجسم إلى نتائج انحلال المادة المشعة الموجود بداخله (فوتونات جاما جسيمات ألفا جسيمات بيتا) و هذه الإشعاعات تعطى طاقاتها المختلفة إلى أنسجة الجسم القريبة من مكان تواجد المادة المشعة داخل الجسم و يعتبر التعرض الإشعاعي الداخلي اكثر تعقيدا من التعرض الإشعاعي الخارجي فيما يخص صعوبة تقدير الجرعة الداخلية و صعوبة السيطرة على سلوك المادة المشعة داخل الجسم و يستعان في هذا الأمر بسبل التقنين البيولوجي لإفرازات الجسم و كذلك العداد الكامل للإنسان لمعرفة مواقع المادة المشعة داخل الجسم و كمياتها .

امتصاص الطاقة الإشعاعية

ويتم ذلك عن طريق انتقال الطاقة من الأشعة إلي الأنسجة و يتم بدقة متناهية و تعتمد على أصول علم ميكانيكية الكم و تختلف الآليات باختلاف نوع الأشعة (فوتونات – جسيمات مشحونة ألفا و بيتا – جسيمات متعادلة – نيوترونات) و لكل نوع من هذه الأنواع آليات معروفة وتحسب الجرعة الممتصة حسب مقدار الطاقة الممتصة داخل وحدة كتلة من الأنسجة .

المرحلة الفيزيوكيمائية

وهذه المرحلة في تطور الإصابة الإشعاعية تخص امتصاص الطاقة الإشعاعية داخل روابط الجزيئات الكيمائية في الحيز البيولوجي و ينتج عن ذلك حدوث توتر أو تأين لهذه الروابط البيوكيمائية في الجزيئات الكيمائية الموجودة في الحيز البيولوجي الذي تعرض و الذي حدثت فيه عمليات امتصاص للطاقة وينتج عن ذلك حدوث تغيرات في أداء ووظيفة الجزيئات الكيمائية التي حدث توتر و تأين لروابطها و تسمى تغيرات في الجزيئات و تعتبر هذه المرحلة الأساس الذي سوف يترتب عليه تطور و ظهور و نوعية الإصابة الناتجة من التعرض الإشعاعي و هذه المرحلة مهمة فيما يخص حدوث عمليات إصلاح في الجزيئات الكيمائية التي تأثرت بالتعرض الإشعاعي و امتصاص الطاقة الإشعاعية و تطور الإصابة الإشعاعية و منتهاها يتوقف علي مدى هذا الإصلاح و مقدار و حجم الأثر المتبقي بعد الإصلاح الذي يتم في الجزيئات .

1-2-3 فسيولوجية الإنسان و كيفية دخول المواد المشعة :-

إن معرفة فسيولوجية الإنسان (وظائف أعضاء جسم الإنسان و أجهزته المختلفة) ضرورية لفهم طرق و صول المواد المشعة لأعضاء الجسم و توزيعها داخله و عموما يتكون جسم الإنسان من عدة أعضاء و أجهزة يقوم كل منها بوظيفة معينة .

تفاعل الإشعاعات مع الخلية Interaction of Radiation With Cell

عند سقوط الإشعاعات المؤينة علي الخلية فأنها تؤدى إلي تأين بعض مكوناتها و خصوصا جزيئات الماء الذي يمثل الجزء الأكبر في أي خلية حية و يؤدى تأين جزيئات الماء إلي حدوث تغيرات كيميائية تؤدى بدورها إلي إحداث تغيرات في تركيب ووظيفة الخلية و يمكن أن تظهر نتائج هذه التغيرات في الإنسان في شكل أعراض إكلينيكية كالمرض الإشعاعي Radiation Sickness أو إعتام عدسة العين Cataract أو في الإصابة بالسرطان علي المدى الطويل .

وهكذا تؤدى الإشعاعات المؤينة إلي إتلاف Damage الخلية من خلال عدة مراحل مختلفة و معقدة .

1-المرحلة الفيزيائية و هي تتم خلال زمن قصير جدا 10 -16ثانية و فيها تنقل الطاقة من الإشعاعات إلي جزيئات الماء بالخلية و التأين .

2-المرحلة الفزيوكيميائية و هي تتم خلال زمن قصير 10-6 ثانية بعد حدوث التأين و يحدث خلالها تفاعل الأيونات الموجبة و السالبة مع جزيئات الماء فينتج عدة مركبات جديدة .

3-المرحلة الكيميائية .

4-المرحلة البيولوجية .

المرحلة البيولوجية Biological Stage

يتراوح زمن هذه المرحلة بين عدة دقائق و عدة عشرات السنوات و تبداء في هذه المرحلة ظهور آثار التغيرات الكيميائية التي حدثت للخلية و بعض هذه الآثار هي :-

1-موت الخلية . 2-منع أو تأخر انقسام الخلية أو زيادة معدل انقسامها .

3-حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا إلي الخلايا الوليدة .

وهكذا فأن الأثر الإشعاعي علي الإنسان و الكائنات الحية الأخرى ناتجة عن إتلاف الخلايا .

تطور الإصابة إلي مستوى الخلايا و الأنسجة و الأعضاء

التغيرات التي تحدث للجزيئات الكيمائية تشكل الأساس الذي يترتب عليه تطور و ظهور الآثار الإشعاعية في الخلايا و الأنسجة و يتوقف حجم ونوعية و شدة هذه الآثار على عوامل كثيرة تخص النظام البيولوجي المتعرض للإشعاع و تخص أيضا النظام الفيزيائي للأشعة الساقطة بكل جوانبه وجميع الأساسيات في هذا الشأن تقع تحت أسس البيولوجيا الطبية الإشعاعية التي تدرس بالتفصيل تطور الإصابة من تغيرات في الجزيئات الكيمائية إلي آثار تشكل خللا في الخلايا و الأنسجة و الأعضاء الذي لا ينعكس على الجسم كله و جميع مراحل تطور الإصابة مرتبط بعوامل كيمائية و فسيولوجية ووظيفة ومناعية كثيرة ومرتبطة بالأجهزة الكلية المسيطرة على كافة النظم البيولوجية في الجسم و على رأس العوامل المسيطرة علي تطوير الإصابة الإشعاعية و ظهورها هو مقدار الجرعة الإشعاعية الذي تعرض لها الجسم و حجم الحيز المتعرض من الجسم .

1-2-4 أسس البيولوجيا الطبية الإشعاعية

تفيد هذه الأسس أن تطور الإصابة الناتجة في الجسم البيولوجي بعد التعرض الإشعاعي يتوقف علي خصائص نوع الإشعاعات التي يتعرض لها الفرد ومقدار الطاقة الممتصة في الحيز البيولوجي و الجرعة الإشعاعية و معدل تلك الجرعة و تتوقف كذلك علي مدى استجابة خلايا الحيز البيولوجي المتعرض للجرعة الإشعاعية الممتصة داخل هذا الحيز .

و كما سبق الذكر أول مراحل تطور الإصابة الإشعاعية هو التعرض الإشعاعي الخارجي أو الداخلي ثم امتصاص كمية من الطاقة الإشعاعية داخل الحيز البيولوجي التي تسمى الجرعة الإشعاعية الممتصة ، وتختلف آليات امتصاص الطاقة الإشعاعية داخل الحيز البيولوجي باختلاف أنواع الأشعة و يترتب على ذلك معرفة مفهوم" انتقال الطاقة الخطى " وهو متوسط كمية الطاقة المنقولة من الأشعة الساقطة إلي الحيز البيولوجي في خط استقامة الأشعة الساقطة و ذلك بوحدة الإلكترون فولت في الميكرون و تمتص هذه الطاقة في روابط الجزيئات المكونة للخلايا في الحيز البيولوجي .

و نتيجة امتصاص الطاقة في الروابط تصبح هذه الروابط متوترة أو متأينة وفي هذه الحالة تصبح الجزيئات في الحيز البيولوجي الذي تعرض للإشعاع و الذي تم فيه امتصاص مقدار من الطاقة الإشعاعية جزيئات بها روابط متوترة وروابط متأينة و تعتبر هذه جزيئات متغيرة ، ويتوقف عدد الجزيئات المتغيرة علي مقدار الطاقة الإشعاعية الممتصة في الحيز البيولوجي ، وتنعكس التغيرات في الجزيئات علي خلايا الأنسجة طبقا لعدة عوامل أساسية هي :

عدد الجزيئات المتغيرة ونوعية الجزئي المتغير وحجم التغير والإصابة المتبقية بعد عمليات الإصلاح التي تتم علي مستوى الجزيئات في الحيز البيولوجي .

وعمليات الإصلاح هذه تتوقف علي قدرة الجزيئات على إصلاح الإصابة الغير قاتلة ،وبعد كل هذه العوامل التي تتحكم في تأثير الخلايا و إلي المدى الذي يتم به ذلك تبداء الخلايا في إظهار جوانب التأثير المختلفة وهي تغيرات في الأداء و المسارات البيوكيمائية وتغيرات فسيولوجية وتغيرات وظيفية و بعد ذلك قد تبداء الخلايا في إظهار تغيرات تركيبية وذلك في حالات أن يكون التعرض لجرعة عالية كافية لان تؤدى إلي هذه التغيرات التركيبية .

وتعتبر التغيرات و الآثار و الضرر الذي يحدث في الخلايا من أهم واعقد الاليآت وتنطوي في أساسه علي تغيرات في المسارات البيوكيمائية داخل الخلية وإصابة الأحماض النووية والنظام الجدارى للخلية وفقدان الخلية القدرة علي الانقسام و اندثار الخلية وحدوث كل هذه الآثار أو بعضها يتوقف علي مقدار الجرعة الإشعاعية ، وتنعكس الآثار التي تحدث في الخلايا على الأنسجة و الأعضاء طبقا لنوع وخواص الخلايا المكونة لهذه الأنسجة و الأعضاء و الأجهزة وبناء على ذلك :

تنقسم الأجهزة المختلفة إلى نوعين أجهزة ذات الخلايا المتجددة وأجهزة ذات الخلايا الثابتة وخصائص الخلايا المتجددة أنها ذات معدلات انقسام عالية وبذلك تكون لها استجابة عالية للأثر الإشعاعي ،ومن أمثلة هذه الخلايا المتجددة خلايا نخاع العظام – خلايا الغشاء المخاطي – و خلايا المناسل وهذه الخلايا استجابتها لأثر الجرعة الإشعاعية استجابة عالية تؤدى إلى نقص أو انعدام في معدلات الانقسام أو وفاة الخلية في حالة التعرض لجرعة عالية ، وفي هذه الحالة تتكون ظواهر مرضية تشكل آثار مرضية حادة تتوقف شدتها على مقدار الجرعة الإشعاعية التي تعرض لها الجسم .

أما الخلايا الثابتة فأن درجة استجابتها للأثر الإشعاعي ضئيل و من أمثلة هذه الخلايا خلايا المخ و الأعصاب و العضلات وهذه الخلايا تحتاج إلى جرعة إشعاعية عالية (أعلى من التي تؤثر على الخلايا المتجددة) حتى تستجيب للأثر الإشعاعي ، وهذه الاستجابة عند الجرعات الأعلى تظهر على هيئة تغيرات في فسيولوجية ووظيفة الخلية و تسبب اضطراب في وظيفة النسيج ، وذلك دون حدوث وفاة حقيقية للخلية وهذه التغيرات في فسيولوجية ووظيفة الخلية تؤدى هي أيضا إلى ظواهر مرضية تشكل آثار مرضية حادة نتيجة الخلل الذي أصاب الأنسجة ذات الخلايا الثابتة مثل أنسجة المخ و الأعصاب والعضلات والفرق الوحيد بين استجابة الخلايا المتجددة و الخلايا الثابتة في إحداث الأعراض المرضية الحادة هي مقدار الجرعة فأن الخلايا المتجددة تحتاج إلى جرعة إشعاعية حوالي 3-6 جراي و الخلايا الثابتة تحتاج إلى اكثر من 10 جراي حتى تظهر الأعراض المرضية الناتجة من تعرض أجهزة الجسم ذات الخلايا الثابتة .

و الجانب الثاني للتعرض الإشعاعي هو التعرض لجرعات منخفضة عن طريق التعرض الإشعاعي الداخلي أو التعرض الإشعاعي الخارجي و بناء على ذلك يصبح هناك تعرض إشعاعي لجرعات عالية تبداء من 1,5الى 2 جراي فأعلى و هذه تؤدى إلى آثار مرضية حادة تسمى آثار مرضية مؤكدة تحديدية غير عشوائية .

أما النوع الثاني هو التعرض لجرعات إشعاعية منخفضة الذي ينتج عنه آثار متأخرة احتماليه عشوائية و هذه الآثار تخضع لقانون الاحتمالات و غير مؤكدة الحدوث و لا تخضع لوجود عتبة أو حد أدني للجرعة و حدوثها داخل الخلايا و الأنسجة حدوث عشوائي و من أهم هذه الآثار هي التحول السرطاني للأنسجة و الآثار الوراثية و تغيرات أخرى في الخلايا و الأنسجة .

العوامل التي تؤثر على الاستجابة لحدوث الأثر الإشعاعي

تنقسم هذه العوامل إلى نوعين عوامل بيولوجية و عوامل فيزيائية

العوامل البيولوجية

1.حجم الحيز البيولوجي المتعرض فكلما زاد الحجم كلما زادت الاستجابة للأثر الإشعاعي .

2.معدلات انقسام الخلايا كلما ارتفع معدل انقسام الخلايا كلما زادت درجة استجابة النسيج للأثر الإشعاعي .

3.السن تعتبر مرحلة تكوين و نمو الجنين هي اكثر مراحل حياة الإنسان استجابة و تأثير للضرر الإشعاعي .

4.نوعية الأنسجة التي تعرضت للإشعاع حيث أن الأنسجة ذات الخلايا المتجددة اكثر استجابة للأثر الإشعاعي عن الأنسجة ذات الخلايا الثابتة .

5.نوعية الإصابة الإشعاعية التي حدثت على مستوى الجزيئات الكيمائية و درجة هذه الإصابة وعدد الجزيئات المصابة .

6.درجة القدرة الكامنة في الخلايا و الأنسجة على إصلاح الإصابة التي حدثت الحيز البيولوجي .

العوامل الفيزيائية

1.مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة و معدل هذه الجرعة .

2.نوع الإشعاع فوتونات أو جسيمات .

3.الطاقة الإشعاعية المصاحبة للإشعاع .

4.مقدار الطاقة الإشعاعية المنقولة خطيا من الإشعاع الساقط إلى الحيز البيولوجي .

5.نوعية التعرض الإشعاعي تعرض داخلي أو تعرض خارجي .

6.الخواص الفيزيائية و الكيمائية للنويدات المشعة التي تتسبب في التعرض الإشعاعي الداخلي .

1-2-5 أنواع الأضرار الصحية الناتجة من التعرض الإشعاعي

تنقسم الآثار المرضية الناتجة من التعرض الإشعاعي إلى خمس أنواع رئيسية هي:-

الآثار الوراثية , تشوهات في الجنين , الطفرات في الجينات , الآثار الحادة التحديدية , الآثار المتأخرة الاحتمالية و يتضمن ذلك الآثار الناتجة عن التعرض الإشعاعي الداخلي و فيما يلي ملخص لأهم الخواص لكل نوع على حدة .

الآثار الوراثية

وهذه الآثار هي التي تنتقل إلي الأبناء من الأباء الذين حدث فيهم أثر إشعاعي في خلايا المناسل وقد تظهر هذه الآثار الوراثية في الجيل الأول أو في الأجيال التالية و قد تظهر في الصفات الخارجية للفرد أو قد تكون كامنة و تعتبر هذه الآثار متأخرة تخضع لقانون الاحتمال و معظمها آثار ذات صفات متنحية وتفيد الدراسات أن هذه الآثار نادرة الحدوث في الإنسان حتى ألان و لكنها درست في حيوانات التجارب .

تشوهات الجنين

وهذه الآثار الناتجة عن التعرض الإشعاعي للجنين أثناء فترة التكوين و النمو داخل رحم ألام و يتوقف درجة و نوعية الأثر الناتج على مقدار الجرعة الإشعاعية و أيضا على الفترة الزمنية لعمر الجنين و تهتم جميع الدوائر العلمية بهذا الشأن و التوصيات الدولية تمنع التعرض الإشعاعي لمنطقة البطن والحوض للمرأة الحامل خلال التسعة اشهر للحمل و حتى الولادة و تعتبر المدة طوال فترة الحمل مرحلة يكون فيها الجنين ذات حساسية و استجابة عالية للأثر الإشعاعي نظرا لمعدلات الانقسام العالية للخلايا و عمليات التميز و التحول وباقي العمليات المعقدة الدقيقة جدا التي تتم أثناء تكوين الجنين و تعتبر جميع أنسجة الجنين ذات حساسية عالية للضرر الإشعاعي وخاصة أنسجة الجهاز العصبي و الهيكل العظمى و العضلات في مرحلة تكوين الأعضاء في الجنين وأنسجة خلايا نخاع العظم وغيرها في مرحلة نمو الجنين .

الآثار على الجينات

وهذه الآثار تنتج من التعرض الإشعاعي للمادة الجنينية (الأحماض النووية) وخاصة المادة المكونة للمشط الوراثي التي تمثل الشفرة الوراثية ، وتسمى هذه الآثار في المشط الوراثي طفرات إشعاعية وتعرف الطفرة بأنها تغير ثابت في الصفات الكيمائية و الفيزيائية و الوظيفية و التركيبية للأحماض النووية.

وتنقسم هذه الآثار إلي طفرات في الجينات واصابات في تركيب المشط الوراثي وخطورة هذه الطفرات أنها قد تشكل أساس لتطور غير سليم للخلية التي يحدث فيها هذه الطفرات ،وهذه العلاقة علاقة احتمالية عشوائية ومن بين هذه الطفرات ما هو مميت للخلية ومنها ما يعطى إشارات غير صحيحة نتيجة الشفرة الخطأ الناتجة من وجود الطفرة .

الآثار الحادة التحديدية الغير عشوائية

هذه الآثار تحدث عادة بعد التعرض لجرعة إشعاعية عالية نسبيا تبدأ بعتبة للجرعة في حدود 1,5-2 جراى للجسم كله أو حجم كبير للجسم ، وهذا التعرض يحدث من جراء ظروف غير عادية مثل الحوادث الإشعاعية أو النووية مختلفة الحجم ،واحتمال حدوث مثل هذه الآثار الحادة صفر عند الجرعات المنخفضة التي تكون دون الجرعة العتبة بكثير ومن خواص هذه الآثار أنها مصحوبة بنسبة كبيرة لوفاة الخلايا المتجددة أو بتغيرات فسيولوجية ووظيفة في الخلايا الثابتة ، وكل نسيج من أنسجة هذه الخلايا المختلفة يحتاج إلى جرعة إشعاعية معينة لحدوث الأثر الإشعاعي الحاد في هذا النسيج و عند التعرض الإشعاعي لكامل الجسم أو الحجم الأكبر من الجسم (الجذع و الصدر و الرأس) لجرعة عالية (الجرعة العتبة و اكثر) ، تبدأ ظهور أعراض مرضية تتفق مع جهاز الجسم الأكثر إصابة بالجرعة وتتفق أيضا مع مقدار الجرعة وهناك ثمانية مظاهر مرضية مطابقة لأجهزة الجسم وهي :-

1. الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا نخاع العظام .
2. الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز الهضمي .
3. الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة القلب و الأوعية الدموية .
4. الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز التنفسي .
5. الحالة المرضية المصاحبة لتأثير خلايا و أنسجة الجهاز العصبي المركزي .

وجميع هذه الحالات يصحبها حروق إشعاعية في الجلد و هبوط شديد في وظيفة جهاز المناعة و بعض حالات الاضطراب النفسي و ظهور أي من هذه الحالات المرضية يتوقف على صفة الخلايا المكونة لأنسجة الجهاز (خلايا متجددة مثل خلايا نخاع العظم و خلايا الجهاز الهضمي) .

أوخلايا ثابتة مثل خلايا القلب و الجهاز التنفسي و الجهاز العصبي و يتوقف أيضا علي مقدار الجرعة الإشعاعية الممتصة ففي حالة أنسجة الخلايا المتجددة تكون الجرعة العتبة اللازمة من 2-5 جراى و في حالة أنسجة الخلايا الثابتة تكون الجرعة العتبة اللازمة من 7-10 جراى و تقدر الجرعة الإشعاعية المميتة للإنسان حوالي 5-7 جراى لكامل الجسم .

الآثار المتأخرة الاحتمالية العشوائية (الاستوكاستيكية)

هذه الآثار تظهر متأخرة بعد التعرض الإشعاعي لجرعة منخفضة بدرجات معينة من الاحتمالية و ظهور هذه الآثار غير مرتبط بحد أدنى للجرعة واحتمالية الظهور موجود مع أي جرعة إشعاعية من مصدر إشعاعي من صنع أو تدخل الإنسان .

وهذه الآثار لها فترة كمون لكي تظهر من 10-25 سنة و قد دلت الدراسات أن الحدث المسبب لهذه الآثار هو إصابة ابتدائية في جزئي كيمائي ذات أهمية خاصة في الخلية مثل الأحماض النووية أو الجزيئات المكونة للجهاز الجدارى للخلية و هذه الإصابة تتطور مع الوقت حتى تظهر في هيئة وضع مرضى معين وهناك الكثير من العوامل الغير معروفة و الاستفسارات حول تطور مثل هذه الحالة و لهذه الأسباب سميت هذه الآثار احتمالية وعشوائية .

ومن أهم أمثلة هذه الآثار المتأخرة الاحتمالية هو التحول السرطاني للخلايا و الأنسجة و الشيخوخة المبكرة و عتامة عدسة العين و النقص في الخصوبة وتعتبر جميع مراحل تطور هذه الآثار ناتجة عن عمليات بيولوجية عشوائية احتمالية لاتحديدية إطلاقا لحدوثها و قد وضعت الهيئات الدولية علاقة أساسية تربط بين الجرعة الإشعاعية المنخفضة و بين احتمال حدوث أثر إشعاعي متأخر .

التأثيرات اللاعشوائية الحادة Non stochastic effects

تظهر هذه التأثيرات اللاعشوائية في حالات التعرض لطاقة عالية من الإشعاع المؤين خلال وقت قصير أو متوسط في أي عضو أو نسيج و قد تصل الجرعة إلى 2 جراى أو اكثر و غالبا ما يكون ذلك في أعقاب حادثة إشعاعية أو خطاء بشرى جسيم .

الأعضاء و الأنسجة التي تتعرض لهذه التأثيرات هي نخاع العظام – الرئة – الغدة الدرقية تتأثر تأثيرا رئيسيا ، و يمكن تعرض أعضاء أو أنسجة أخرى مثل الجهاز الهضمي اقل تأثيرا أي غير مميتة وكل هذا يتوقف على عتبة التعرض Threshold dose ، وقد ثبت من الناحية البيولوجية أن الجرعة اللازمة لإحداث اثر معين تختلف عندما يغطى بصورة مجزأة أو موزعة على الزمن ويعتمد تأثير تجزئة الجرعة على النسيج المتأثر من المهم تعيين الفترات الزمنية التي يحسب لها مجموع الجرعات من اجل تقدير التأثيرات اللاعشوائية ويرجح أن تسبب الجرعات الموزعة على الزمن معدل حدوث اقل للتأثيرات اللاعشوائية .

من أمثلة التعرض الحاد :

تعرض الجسم كله بعد التشعع الحاد للجسم كله ترتبط التوقعات الانذارية بشكل مباشر بالجرعة التي تلقاها جهاز تكوين الدم أي نخاع العظام وهو أحد اكثر أجهزة الجسم حساسية وهو مصدر معظم الخلايا الدوارة مثل الخلايا الليمفاوية المحببات و الكريات الحمراء و الصفائح الدموية .

في خلال أربع ساعات من التشعيع ينخفض عدد الخلايا الليمفاوية و عدد الخلايا الأخرى في بضعة أيام و ذلك للتعرض لجرعة تتراوح من 3-5 جراى وعند تعرض الجسم لجرعة 2 جراى مرة واحدة خلال فترة قصيرة يبدأ خطر الموت ، و تكون الأعراض السريرية شديدة دائما و تزداد مع زيادة الجرعة وتظهر هذه الأعراض وهي شدة و تواتر الاضطرابات الدموية في خلال أسبوع إلى أسبوع ونصف و تتميز بانخفاض عدد الخلايا الليمفاوية و المحببات والصفائح ، وتصل عدد الخلايا الليمفية بسرعة إلى حد أدنى و يكون التعرض اشد خطورة كلما كان ميل هذا الانخفاض اشد حدة .

تعرض الرئتين الرئة هي اكثر أعضاء الصدر حساسية و بالرغم من احتياطاتها الوظيفية الكبيرة فأن أنسجتها لا تتوفر فيها سوى احتمالات ضعيفة للتجدد بعد فقد كمية كبيرة من الخلايا أثر الجرعة للضرر غير المميت تزيد من 5 جراى و الجرعة المميتة تبلغ 10 جراى ، ويظهر التهاب الرئة المتسبب عن الإشعاع بعد التعرض ببضعة أسابيع أو اشهر و موت الخلايا و التقشر الخلوي و إفراز الفبرين في الحجيرات الهوائية و تلف في الشعيرات والأوردة الدموية الدقيقة وأثره الرئيسي غير المميت الذي يظهر هو التليف الرئوي الناشئ من تلف الشعيرات الدموية الدقيقة ، و يتأثر تكون الآفات بشدة بمدة التشعيع و سرعته وحجم العضو الذي تعرض للإشعاع ويقدر أن خطر الوفاة نتيجة تعرض الرئتين ابتداء من جرعة تقدر بنحو 15 جراى يتلقاها العضو بأكمله .

التأثيرات العشوائية المتأخرة Delaryed effect stochostic effects

ربما تكون التأثيرات العشوائية جسيمة أو وراثية فاحتمالية ظهور التأثيرات العشوائية قد تظهر متأخرا و قد يمتد إلى عشرات السنين و ليست لها عتبة محددة للتعرض ممكن حدوثها أو عدم حدوثها أي أن فرصة التأثيرات احتمالية .

الجرعات المنخفضة لا ينتج عنها تأثيرات ملحوظة خلال فترات قصيرة و لكن على مر الوقت يلاحظ أن هذه التأثيرات ترتبط بالتغيرات التي تحدث في تركيب DNA لنوايا الخلايا (DNAهي أحماض أمينية تحمل الصفات الوراثية) ، و يوجد احتمالية أن جرعة إشعاعية عالية أو حتى جرعة إشعاعية ضعيفة جدا تستطيع أن تضر الخلية و تحول الخلية الطبيعية بتغير DNA إلى خلية سرطانية ، و التأثيرات العشوائية ليس لها عتبة محددة للتعرض و يمكن أن تكون عدة وحدات من ملليسيفرت لمكافئ الجرعة الفاعلة .

1-2-6 العوامل التي تزيد من احتمالية حدوث أثر ناتج من التعرض لجرعات منخفضة

-زيادة التعرض للفرد من الجرعات المنخفضة .

-زيادة عدد الناس المتعرضين لجرعة منخفضة و في هذا الخصوص فأن أهمية الجرعة الإشعاعية الجماعية أكبر من أهمية الجرعة الإشعاعية للفرد حيث أن الجرعة الإشعاعية الجماعية هي المؤشر الحقيقي لحقيقة المخاطر من التعرض الإشعاعي للجماعة .

-هذه المفاهيم تبين أغراض الوقاية الإشعاعية و الأمان النووي و هو الإقلال من التعرض الإشعاعي ما أمكن بالتالي انخفاض الجرعة للفرد و المجموع .

الضرر الإشعاعي طبقا لتوصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع

أقرت اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع وكذلك اللجنة العلمية لآثار الإشعاع بالأمم المتحدة فلسفة حدوث التأثيرات التحديدية والتأثيرات الاحتمالية بناء على وجود أو غياب حد أدنى للجرعة الإشعاعية ، وذلك للتفرقة بين الجرعات الإشعاعية العالية والجرعات الإشعاعية منخفضة المستوى وهذه التفرقة توضح مستوى التعرض والاستجابة البيولوجية المتوقعة سواء نتيجة التأثيرات التحديدية التي لها حد أدنى للجرعة أو التأثيرات الاحتمالية التي ليس لها حد أدني للجرعة .

وقد أقرت جميع المنظمات العلمية المعنية بآثار الإشعاعات المؤينة مبدأ العلاقة بدون حد أدنى للجرعة لبيان العلاقة بين الجرعات المنخفضة والاستجابة البيولوجية الاحتمالية وأن هذه العلاقة تشتمل على مجاهل عديدة تتعلق بالنظام البيولوجي بتعقيداته ومتغيراته كذلك الجرعة الإشعاعية المنخفضة ومعدلاتها وعواملها المختلفة وكذلك ميكانيكية الإصلاح الخلوي وآليات وميكانيكيات تطور الإصابة الناتجة من الجرعات المنخفضة خلال فترة الكمون الطويلة والآليات.

والعوامل العديدة المتداخلة في التحول السرطاني للأنسجة و بالتأكيد فأن الأمر يتطلب معلومات كثيرة أخرى لكي نفهم حقيقة ما يحدث داخل النظام البيولوجي في كل مراحل امتصاص الطاقة الإشعاعية حتى مراحله نشأة و تطور و ظهور الأثر الناتج و خاصة فيما يتعلق بالأثر الاحتمالية التي ليس لها حد أدنى للجرعة ، وفي بيان لتوصيات اللجنة الدواية للوقاية من الإشعاع *أعطيت اللجنة المفهوم العلمي الحديث للضرر الإشعاعي وتستعمل اللجنة تعبير الضرر ليمثل

جميع احتمالات حدوث أثر صحي مؤذى مع تقييم لشدة هذا الضرر وكذلك المفهوم متعدد الأبعاد للتعبير عن مفهوم الضرر ومكونات هذا المفهوم الإجمالي للضرر هي الكميات الاحتمالية التالية :-

1- احتمالات حدوث سرطان قاتل .

2- احتمالات حدوث سرطان غير قاتل .

3- احتمالات حدوث تأثيرات وراثية .

4- طول الفترة الفاقدة من العمر في حالة حدوث الضرر .

وقد كانت التقديرات مبنية على أساس الدراسات الحديثة التي تمت على الأفراد الذين تبقوا على قيد الحياة من بين الذين تعرضوا لقنبلة هيروشيما ونجازاكى حتى عام 1945 ، واستعمال نظام جديد لقياس الجرعة (D S86)وإسقاط الاحتمالات على مدى العمر باستعمال نماذج إحصائية وتحديد نوعية العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والاستجابة البيولوجية التي تؤدى إلي آثار احتمالية متأخرة والتي وجدت إنها خطية في أساسها ، وقد استخرج المعامل الخطى للجرعات المنخفضة و المعدلات المنخفضة للجرعة من مقادير المخاطر للجرعات العالية و المعدلات العالية للجرعة بالقسمة على 2 و هي قيمة " معامل تأثير الجرعة ومعدل الجرعة " ، وهناك صعوبات وتعقيدات وعدم تأكيدات كثيرة متداخلة في تقدير احتمال مخاطر حدوث سرطان بعد التعرض الإشعاعي ، لهذه الأسباب ولان اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية قد قامت بتقدير المخاطر لمجموعة معينة من الناس وأشكال محددة من التعرض الإشعاعي فقد استعملت اللجنة تعبير " معامل الاحتمال الأسمى " للتأثيرات الاحتمالية العشوائية وذلك للدلالة على " الاحتمال المقدر للآثار الاحتمالية لوحدة الجرعة المؤثرة " .

وقدقررت اللجنة إن معامل الاحتمالية لمجموع التأثيرات الاحتمالية المتأخر المشكلة " الضرر " في العاملين المهنيين بمقدار 5,6 / 10 2 سيفرت -1 ويقدر كذلك في عامة الجمهور بمقدار 7,3 لكل 10 2 سيفرت -1 وهذه التقديرات تخص الإشعاعات ذات الانتقال الخطى المنخفض والجرعة الإشعاعية الممتصة اقل من (0,2جراى) و معدل الجرعة (0,1جراى) في الساعة .

التعرض الإشعاعي الداخلي

يعتبر التعرض الإشعاعي الداخلي أحد أنواع التعرض الإشعاعي و أكثرها تعقيدا و هناك ثلاثة مداخل للتعرض الإشعاعي الداخلي و هي :-

1- عن طريق الجهاز التنفسي و يتم ذلك للنويدات المشعة الغازية مثل غاز الرادون أو أتربة النويدات المشعة و يتوقف كمية المادة المشعة الداخلة إلى الجسم عن طريق الجهاز التنفسي على حجم العوالق في الهواء و تنتقل هذه النويدات المشعة من الجهاز التنفسي إلى الدورة الدموية أو إلى الجهاز الهضمي و منه إلى الدورة الدموية .

---

* توصيات اللجنة الدواية للوقاية من الإشعاع (منشور رقم 60 لسنة 1991)

2- عن طريق الجهاز الهضمي و يتم ذلك للنويدات التي تصل إلى الفم عن طريق البلع للنويدات السائلة و الصلبة أو المأكولات الملوثة و تم هذه خلال الأجزاء المختلفة للجهاز الهضمي حيث يتم امتصاصها في منطقة الأمعاء الدقيقة و يتوقف درجة الامتصاص على درجة ذوبان هذه العناصر المشعة و على ذلك فان النويدات ذات قدرة عالية الذوبان يسهل امتصاصها و بعد الامتصاص تصل إلى الدورة الدموية و منها إلى سائر أعضاء و أنسجة الجسم .

3-عن طريق الجلد و يتم ذلك للنويدات الملامسة للجلد وخاصة جلد الأيدي الذي يكثر فيه التشققات والجروح و تصل هذه النويدات مباشرة إلى الدورة الدموية أو الدورة الليمفاوية ، وتعتبر الدورة الدموية بمثابة الحيز الناقل الذي تصل إليه جميع النويدات ثم تدور مع الدورة الدموية لتصل إلى الأنسجة المختلفة في الجسم و يتعامل الجسم مع هذه النويدات طبقا للخواص الكيمائية للعنصر ، وجميع التعاملات للعنصر المشع داخل الجسم يتوقف علىهذه الخاصية ومن الآليات الهامة التي تتم داخل الجسم هي الانتقال من عضو إلى عضو آخر و مدة التواجد داخل الجسم و مسارات الخروج من الجسم مثل البراز و البول و العرق ... الخ و الأثر الناتج من المادة المشعة داخل الجسم يتوقف على هذه العوامل .

ويتوقف أيضا على عمر النصف للمادة المشعة ونوع الإشعاعات المنبعثة والطاقة و قدرة نفاذيتها والطاقة الإشعاعية المصاحبة كما فى جدول (3)ولقد قامت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية بعمل نماذج للجهاز التنفسي والجهاز الهضمي وآليات مخارج المواد المشعة من الجسم وحساب الجرعة الإشعاعية الداخلة عن طريق معادلات رياضية لنماذج أعضاء الجسم التي تدخل في التعامل مع المادة المشعة ، وتعتبر هذه المعادلات الرياضية في غاية الصعوبة نظرا للمتغيرات الكثيرة المتداخلة فيما يخص المادة المشعة ونشاطها الإشعاعي ونوع الأشعة المنبعثة منها وطاقتها الإشعاعية ودرجة نفاذيتها وطول عمر النصف وكميتها و درجة السمية الكيمائية و فترة مكوثها في النسيج و فترة مكوثها في الجسم ، وتفيد الدراسات المختلفة أن التعرض الإشعاعي الداخلي لا يؤدى إلي آثار حادة تحديدية و ذلك

لعدم وصول كميات المواد المشعة الداخلة إلي الجسم إلى كمية النشاط الإشعاعي الذي يسبب امتصاص طاقة إشعاعية مساوية لمقدار 2 جراى و هي الحد الأدنى للجرعة التي تسبب الآثار التحديدية الحادة ، ولكن من الممكن أن يسبب التعرض الإشعاعي الداخلي إلى احتمالات آثار متأخرة طبقا لنوعية المادة المشعة في الجسم و الأنسجة الحاوية لهذه المواد و عوامل كثيرة أخرى و فيما يلي أهم النويدات المشعة التي لها أهمية بيولوجية و عمر النصف لها و النسيج الهدف الخاص بهذه النويدات :-

المادة	عمر النصف	النسيج الهدف للمادة
هيدروجين H-3	12 سنة	سوائل الجسم و الأحماض النووية .
الكير يبتون Kr -85	10 سنة	الرئة – أنسجة الجسم .
الاسترونثيوم Sr -90	28 سنة	الخلايا المبطنة للعظام .
الاسترونثيوم Sr –89	50 يوم	الخلايا المبطنة للعظام .
السيزيوم Cs –137	30 سنة	عضلات الجسم .
السيزيوم Cs –1 34	2 سنة	عضلات الجسم .
اليود I –131	8 أيام	الغدة الدرقية .
السير يوم Ce –144	285 يوم	الكبد – القولون – العظام – الرئة .
البلوتونيوم Pu –239	24000 سنة	الكبد – العظام – الطحال .
الراديوم Ra –226	1600 سنة	الخلايا المبطنة للعظام .
الرادون Rn –222	3,8 يوم	حويصلات الرئة غشاء الشعيبات .
الكربون C -14	5760 سنة	الخلايا المبطنة للعظام .

جدول (3) يوضح انواع المواد المشعة لكل نسيج او عضو بالجسم و عمر النصف لها

وتعتبر عمليات التقنين البيولوجي للمواد الخارجة من الجسم (البول – البراز) إحدى العمليات التي تتم للتعرف على المادة المشعة الموجودة في الجسم ومعدلات خروجها من الجسم و كذلك القياسات التي تتم باستعمال العداد الكامل للإنسان الذي يساعد كثيرا في عمليات تقدير و متابعة حالات التعرض الإشعاعي الداخلي و قياس الجرعة الإشعاعية الداخلية .

1-2-7 استخدامات الطرق الإشعاعية في التحاليل البيولوجية و الطب :

ا- استخدامات حيوية (معاملة الكائن الحي و الإنسان بالنظائر المشعة) .

ب- استخدامات في عينات بيولوجية خارج جسم الكائن الحي أو الإنسان .

الاستخدام الحيوي للنظائر المشعة في التحاليل البيولوجية و الطبية على عينات بيولوجية خارج الجسم :

هناك طرق مختلفة لاستخدام النظائر المشعة في التحاليل البيولوجية و الطبية تتلاءم و طبيعة المواد المراد تحليلها في العينات البيولوجية و الطبية كالآتي :-

1. طرق التحاليل يأستخدام التحليل الراديوكروماتوجرافى باستخدام النظائر المشعة للعينات البيولوجية .
2. طرق التحاليل باستخدام التصوير الذاتي الإشعاعي للأجزاء الداخلية للجسم باستخدام النظائر المشعة .
2. طرق التحاليل باستخدام التخفيف الإشعاعي للمحاليل البيولوجية باستخدام النظائر المشعة .
3. التشعيع الإشعاعي للمركبات البيولوجية في الدم باستخدام ظاهرة الإشعاع .
4. استخدام القدرات المناعية الإشعاعية في التحاليل للمركبات البيولوجية .
5. استخدام القدرات الأنزيمية و النظائر المشعة لتقدير النشاط الأنزيمي في المحاليل البيولوجية .

الاستخدام الحيوي للنظائر المشعة في الدراسات البيولوجية و الطبية داخل الجسم

1. التصوير الذاتي الإشعاعي للأجزاء و الأعضاء الداخلية للجسم باستخدام المركبات المرقمة بالنظائر المشعة مثل تصوير الغدة الدرقية – الكبد – المخ – الكلي – العظام – المعدة – الغدة الفوق درقية .
2. تعيين نسبة التقاط الغدة الدرقية لليود باستخدام اليود 131 المشع .
3. تعيين كفاءة عمل القلب في دفع الدم باستخدام المركبات المرقمة باليود 123 المشع .
4. تعيين كفاءة عمل الكلى باستخدام الهبوران المرقم باليود 131 أو الانديوم 130 المشع .
5. تعيين كفاءة عمل الرئتان باستخدام الأكسجين المشع .
6. تعيين كفاءة عمل الجهاز الهضمي و الأمعاء باستخدام فيتامين (ب) المرقم باليود 131 و الكوبالت 58 المشع .
7. تعيين كفاءة عمل الكبد باستخدام الانديوم 113 المشع و الذهب 198 المشع .
8. تعيين حجم الدم في الجسم باستخدام البروتين المرقم باليود 131 أو الكروم 59 المشع .

طرق التصوير الذاتي الإشعاعي

هذه الطريقة هي مزيج من التحليل الحيوي في الجسم و خارج الجسم فهي تعتمد أساسا على متابعة دخول و تواجد العناصر و المركبات اللازمة للإنسان في النسيج الحيوي و الأعضاء الحية باستخدام النظائر المشعة لهذه العناصر و المركبات و إدخالها في الجسم بواسطة التعاطي عن طريق الأكل أوالشرب أو الحقن ثم بعد ذلك يتم تصويرها لدراسة ميكانيكية التفاعلات البيولوجية داخل الخلية الحية .

تستخدم النظائر المشعةومركباتها بصورة مكثفة في المجالات الطبية المختلفة تشخيصا و علاجا و تطورت تقنيات استخدامها بصورة مذهلة مما جعلها تعتبر من افضل و سائل التشخيص و أكثرها قدرة على دراسة الأنشطة البيولوجية داخل جسم الإنسان كما استخدمت أشعتها المؤينة في تدمير الخلايا السرطانية الموجودة في الأنسجة و أعضاء الجسم .

استخدام النظائر المشعة في المعالجة الإشعاعية Radiotherapy

حيث يتم الاعتماد في هذا النوع من الاستخدامات على التأثير التدميرى للأشعة المؤينة التي تنطلق من تلك النظائر المشعة على الخلايا الحية في جسم الإنسان فمن المعروف أن إصابة أي إنسان بالسرطان الذي ما هو إلا نمو غير طبيعي و سريع لخلايا نسيج من أنسجة الجسم يصعب في كثير من الأحيان السيطرة عليه دون تدخل جراحي أو المعالجة الإشعاعية أو الكيمائية و لقد وجد أن تعريض تلك الأنسجة للإشعاعات المؤينة يؤدى إلى نتائج إيجابية وخصوصا إذا ما استخدمت بعد التدخل الجراحي الذي يهدف إلى إزالة تلك الأورام إذا ما أمكن ذلك .

أهم النظائر المشعة المستخدمة في المعالجة الإشعاعية بالامتصاص الانتقائي :-

1. اليود 131 .
2. الايتريوم 90 .
3. الفسفور .
4. الاسترانشيوم 89 .
5. الرينيوم 186 .
6. السمار يوم 153 .

وتوجد عدة طرق للمعالجة الإشعاعية للأنسجة المصابة بالسرطان يمكن إيجازها فيما يلي :-

أولا : المعالجة الإشعاعية الخارجية External Radiotherapy

حيث يتم تعريض العضو أو النسيج المصاب إلي حزمة من أشعة جاما ذات الطاقة العالية و التي تنبعث من مصدر مشع ضخم تلك الأشعة بجرعتها المحسوبة بدقة و الموجهة بدقة متناهية إلي النسيج أو العضو المصاب بالسرطان سوف تقوم بتدمير تلك الخلايا السرطانية .

المعالجة بأشعة جاما ذات الطاقة المرتفعة تتلخص تلك الطريقة في تعريض النسيج المصاب لجرعات محددة و محسوبة بدقة لفترة زمنية محددة حيث أن تلك الحسابات الدقيقة و التي تأخذ في الاعتبار أيضا الأعضاء المجاورة للنسيج أو العضو المصاب تعتبر من أهم مقومات النجاح في المعالجة الإشعاعية في مراحلها المختلفة و يجب أن يؤخذ في الاعتبار النقاط التالية :-

1- التقدير الدقيق لوضع و حجم العضو أو النسيج المصاب .

2- تقدير الجرعة اللازمة و عدد مرات تكرارها و الفترة الزمنية اللازمة للتعرض .

3- تثبيت وضع العضو أو النسيج المصاب بالنسبة للمصدر المشع عند تكرار عملية التعرض الإشعاعي على فترات زمنية متباعدة ضمانا لتوجيه حزمة الأشعة إلى نفس الموضع دون تعريض أعضاء أو أنسجة سليمة لجرعات إشعاعية غير مطلوبة .

4- تقدير الجرعة الإشعاعية الممتصة بواسطة النسيج أو العضو المصاب و كذلك الأنسجة المجاورة و التي تخترقها أشعة جاما .

من المعروف أن الخلايا السرطانية النشطة تتأثر بالأشعة المؤينة اكثر من الخلايا السليمة و ذلك لان الخلايا السرطانية تستهلك كثيرا من طاقتها في نشاطها الحيوي مما يضعف مقاومتها لتأثير العوامل الخارجية .

وفي بعض الحالات يمكن استخدام مصادر باعثة لأشعة بيتا في المعالجة الإشعاعية لبعض الأنسجة السطحية المصابة بالسرطان مثل الاسترنشيوم 90 و الذي تنبعث منه أشعة بيتا بطاقتها مقدارها 2,2 (م.أ.ف) و يفضل أن يتحرك المصدر المشع حول جسم المريض في دورة كاملة توجه فيها حزمة أشعة جاما في اتجاه النسيج المصاب من جميع الاتجاهات كلما كان ذلك ممكنا حتى يتم معالجة النسيج من جميع الاتجاهات .

ثانيا : المعالجة الإشعاعية الداخلية Internal Radiotherapy

تعتمد هذه الطريقة على الامتصاص الانتقائي لعنصر مشع أو أحد مركباته داخل عضو أو نسيج معين من أنسجة الجسم كما تعتمد أيضا على حقيقة أن الخلايا السرطانية تكون بمعدلات أنشطتها الفسيولوجية أعلى بكثير من الخلايا العادية و بالتالي فأن معدل امتصاصها للنظير المشع أو أحد مركباته يكون أعلى بكثير من معدلات امتصاص الخلايا العادية الموجودة في نفس العنصر المصاب .

1-2-8 العوامل التي تحدد تأثير الأشعة على الجسم

1- كمية الأشعة :كلما زادت كمية الأشعة التي يتعرض لها الجسم كلما زاد تأثيرها البيولوجي الذي يؤدى إلى ظهور تغيرات و أعراض فسيولوجية في الجسم البشرى المعرض .

2- مساحة الجزء المتعرض من الجسم للأشعة :كلما زادت المساحة المعرضة من الجسم الحي للإشعاع كلما زادت شدة التأثير الضار الناشئ عن التعرض ويبلغ الخطر أقصى مداه إذا ما تعرض الجسم كله للإشعاع و يسمى تعرض الجسم كله للإشعاع التعرض الحاد .

3- مدة التعرض :كلما قلت مدة التعرض للجسم كلما قل التأثير البيولوجي الضار و العكس صحيح .

4- معدل التعرض :كلما زادت الفترة الزمنية بين تعرض الجسم للجرعات الإشعاعية كلما قل التأثير البيولوجي لأنسجة الجسم المعرض و يرجع ذلك إلى قدرة الأنسجة الحية الذائبة على إعادة التكوين و الإصلاح .

5- عمر الجسم المعرض :و يعبر عن ذلك بشدة حساسية الأجسام في السن المبكرة للإشعاع عنها في السن المتقدمة لذلك فأن التغيرات البيولوجية الناتجة عن التعرض الإشعاعي في السن الجنيني تكون اكثر وضوحا عنها في سن البلوغ أو ما بعد البلوغ و هذا يعنى أن الأجنة و الأطفال تكون اكثر حساسية للإشعاع عن البالغين .

6- موضع التعرض :تختلف شدة حساسية الأنسجة الإشعاع وفقا لطبيعة تكوينها و معدل انقسام خلاياها فنجد أن عدسة العين و النخاع العظمى و الغدد التناسلية اكثر حساسية للإشعاع .

أسلوب التحكم في جرعات الأشعة

من خلال التعرف على العوامل التي تحدد تأثير الأشعة على الجسم تمكن العلماء من تحديد أسلوب التحكم في جرعات الأشعة و يعتمد هذا الأسلوب على مبدأ " الالارا " A. . L . A . R . A As low as reasonably achievable ويعرف مبدأ الالارا الأسلوب الوقائي اللازم اتباعه للتحكم في وصول اقل جرعة ممكنة للجسم المعرض و يعتمد أسلوب التحكم في جرعات الأشعة على :

1. **زمن التعرض** :كلما قل تعرض الجسم للأشعة كلما قل الأثر الضار الذي يصيبها و للتحكم في زمن التعرض يجب :

ا- تخطيط العمل مقدما .

ب- استخدام الأجهزة و المصدر المشعة المناسبة لسرعة إنهاء العمل .

2. **المسافة** :المسافة بين مصدر الأشعة و الجسم المعرض هي ابسط وسيلة للتحكم في خفض جرعة التعرض حيث أن شدة الأشعة و بالتالي الجرعة الإشعاعية النهائية التي تصل إلى الجسم المعرض تنخفض مع زيادة المسافة بين المصدر المشع و الجسم المعرض وفقا لقانون التربيع العكس أي انه إذا كانت جرعة الأشعة على بعد متر واحد من المصدر المشع هي 16 رو نتجن / الدقيقة فأنها تكون 4, رونتجين /دقيقة فقط على بعد مترين و تكون واحد رونتجين فقط في الدقيقة على بعد 4 أمتار و التحكم في المسافة يعتمد على :

ا- تخطيط العمل بما يضمن بعد الجسم المعرض عن المصدر المشع بالقدر اللازم لتحقيق أهداف التعرض .

ب- اختيار انسب الأجهزة التي تصدر عنها إشعاعات مؤينة المحكومة بمواصفات و عوامل تحدد مسافة التعرض .

3. **الحواجز الوقائية** : أي مادة تعترض طريق الأشعة تمتص جزءا منها و بالتالي تعمل على خفض شدتها و كلما زاد سمك المادة أو كثافتها كلما زادت كمية الأشعة الممتصة فيها و الحواجز الوقائية إما أن تكون ثابتة أو متحركة و من أمثلة الحواجز الوقائية :

- الغلاف الواقي لأنبوبة الأشعة .
- الحواجز الوقائية بغرف الأشعة مثل البرافان المرصوص – الجدران السميكة أو المرصوصة .
- ألواح الزجاج المرصوص المغطى للوحة الفحص النظري .
- الحواجز الوقائية الشخصية و التي يدخل في تركيبها مادة الرصاص لامتصاص الأشعة مثل المرايل و القفازات و النظارات .
- الحواجز الوقائية الشخصية للأجهزة الحساسة من الجسم .

حدود جرعات التعرض الإشعاعي

حدود جرعة التعرض للجسم كله أو جزء منه للإشعاع هي مجموع الجرعة المكافئة المؤثرة الناتجة عن تعرض إشعاعي خارجي مع الجرعة المكافئة الملزمة الناتجة عن نفاذ نظائر مشعة للجسم (تناول – استنشاق – نفاذ من الجلد و الغشاء المخاطي) في نفس العام و يتم حسابها على أساس :

1. طبيعة العمل في مجال الإشعاع .
2. عمر الشخص المتعرض .
3. نوع الشخص المتعرض (ذكر – أنثى) .
4. نوع العضو المتعرض .
5. التعرض العارض للعامة من غير العاملين في مجال الإشعاع .

1-حدود جرعة التعرض للجسم كله

- للعاملين في مجال الإشعاع من سن 18 سنة فأكثر (50 ملي سيفرت).
- للمتدربين تحت سن 18 سنة (15 ملي سيفرت) .
- للجمهور بصفة عامة (5 ملي سيفرت) .

2-حدود جرعة التعرض لعدسة العين

ويتم حسابها على أساس متوسط لمكافئ الجرعة الناشئة عن تعرض إشعاعي خارجي مع تعرض إشعاعي داخلي/ عام (و يكون بعد عدسة العين عن التعرض الداخلي 2,5 – 3,5 ملي متر خلف سطح العين.

- للعاملين في مجال الإشعاع من سن 18 سنة فأكثر (150 ملي سيفرت).
- للمتدربين تحت سن 18 سنة (45 ملي سيفرت) .
- للجمهور بصفة عامة (15 ملي سيفرت).

3-حدود جرعة التعرض للسيدات في سن الإخصاب

ويشترط أن تكون في منطقة البطن و يتم حسابها على أساس متوسط جرعة التعرض المكافئة الناتجة عن تعرض إشعاعي خارجي موزعة على مساحة البطن و تقدر بما يساوى (13 مللي سيفرت) كل ثلاثة اشهر متتابعة .

4–حدود جرعة التعرض للسيدات أثناء الحمل

و يشترط أن تكون في منطقة البطن أثناء الحمل للعاملات في مجال الإشعاع و يتم حسابها على أساس متوسط مكافئ الجرعة الناتج عن تعرض إشعاعي خارجي موزعة على مساحة البطن و تقدر بما يساوى (10 مللي سيفرت) عند اكتشاف الحمل .

الحد الأقصى للتعرض الإشعاعي و يعرف بأنه كمية الأشعة التي إذا تعرض لها العامل أسبوعيا لمدة لانهائية فأنها لاتحدث أي ضرر ملحوظ للشخص مدى حياته و لكن إذا تعرض العامل لأكثر منها فيكون معرضا لحدوث أخطار التعرض للأشعة كتغيرات الجلد و الدم و العين .

الحد السنوي للجرعة المكافئة المؤثرة للعاملين في مجال الأشعة و يتم حسابها على أساس إضافة حدود جرعة التعرض للجسم كله للعاملين في مجال الإشعاع (50 مللي سيفرت) إلى الحد السنوي للجرعة المكافئة لأي عضو من أعضاء الجسم أو أنسجته و يتم حسابه بما يعادل (500 مللي سيفرت) فيما عدا عدسة العين فيكون حدها السنوي 150 مللي سيفرت *.

1–2–9 التأثيرات البيولوجية Radiobiology

تأثير الأشعة على الجلد :

يعتبر الجلد أول الأنسجة و أكثرها شيوعا لتأثير الإشعاع حيث يكون الجلد هو الممر المباشر لمرور الأشعة الخارجية و يعتبر مجرد احمرار الجلد عند تعرضه للإشعاع مؤشرا لجرعة الإشعاع المعرض لها الجلد و لا يعتبر مقياسا للجرعة الإشعاعية .

الأثر البيولوجي النسبي (RBE) Relative biological Effect

يختلف التأثير البيولوجي الناتج في جسم الإنسان عن نفس الجرعة الممتصة باختلاف نوع الإشعاعات .

فمثلا التأثير البيولوجي الناتج عن جرعة مقدارها 1 جراى من النيوترونات السريعة اكبر من التأثير الناتج عن نفس الجرعة من الإشعاعات السينية بمقدار عشر مرات لذا يعرف التأثير البيولوجي النسبي (R B E) انه النسبة بين قيمة الجرعة الممتصة من إشعاعات جاما عند طاقة معينة إلى قيمة الجرعة الممتصة من النوع الآخر من الإشعاعات بحيث يكون التأثير البيولوجي الناتج عنهما واحد و يختلف الأثر البيولوجي النسبي لأي نوع من الإشعاعات باختلاف طاقة هذه الإشعاعات و كذلك باختلاف العضو البشرى .

---

*NCRP

العوامل التي تساعد في تأثير الأشعة على الجلد :

يختلف تأثير الأشعة على الجلد طبقا للعوامل التالية :

1- الجرعة الممتصة من الجلد و هذه تعتمد على نوع الإشعاع الخارجي المستخدم " أشعة سطحية – متوسطة – عميقة – فوق العميقة " .

2- حساسية الجلد للإشعاع و هذه تعتمد على :-

- لون الجلد المعرض فالجلد الأبيض اكثر تأثرا بالإشعاع عن الجلد الأسود .
- مكان التعرض حيث يكون تأثير الإشعاع اشد في الأماكن التالية :

المناطق من الجلد الرطبة أو المعرضة للاحتكاك مثل الإبط – منطقة الأعضاء التناسلية .

لجلد المغطى مباشرة للعظام و الغضاريف مثل الأنف و الأذن و مقدمة الساق .

المناطق ذات التدفق المحدود من الدم مثل ظهر كف اليد و القدم و الجزء الأوسط من الظهر .

3- زمن التعرض كلما زاد زمن التعرض للإشعاع كلما كان التأثير البيولوجي اشد و العكس صحيح .

4- حجم الجزء من الجلد المعرض كلما زادت المساحة من الجلد المعرضة للإشعاع و كانت الجرعة الإشعاعية الممتصة عالية و كان زمن التعرض لمدة طويلة كان التأثير البيولوجي اكثر و اشد .

5- العمر السني للشخص المعرض حيث يتلا حظ أن الجلد المعرض للإشعاع لصغار السن اقل تأثيرا و اكثر سرعة في الشفاء من آثار التعرض الإشعاعي عنه بكبار السن و يرجع ذلك إلي حيوية الجلد المعرض و كثرة تدفق الدم .

6- الحالة الصحية للجلد المعرض فكلما زادت حيوية الجلد المعرض للإشعاع و كانت نسبة الدم عالية و خلاياه تحتوى على نسبة عالية من الأكسجين كلما كان التأثير البيولوجي للإشعاع اقل كذلك فأن الجلد المصاب بفقر الدم أو الذي لا يتدفق إليه الدم بكميات مناسبة لأي أسباب مرضية تكون نسبة الأكسجين بخلاياه محدودة فيكون معرضا لتغيرات بيولوجية عند تعرضه للإشعاع .

التغيرات البيولوجية التي تحدث بالجلد عند تعرضه للإشعاع

يستخدم الإشعاع في علاج بعض الأمراض في مقدمتها الأمراض السرطانية و يستخدم في العلاج الإشعاعي تجهيزات تصدر عنها أنواع مختلفة من الإشعاع منها الأشعة السطحية التي تؤثر في الجلد مباشرة ومنها الأشعة المتوسطة و العميقة و فوق العميقة التي تخترق الجلد في طريقها إلى الأعضاء الداخلية من الجسم ، ووفقا لجرعة التعرض الكلية وجرعة التعرض المقسمة اليومية ونوع الإشعاع المستخدم تتحدد التغيرات البيولوجية التي تحدث بالجلد المعرض للإشعاع ، وعلى ذلك نجد انه عند تعرض الجلد لجرعة إشعاعية مقدارها 4000 راد مقسمة على أربعة أسابيع و الجرعة اليومية المعطاة 200 راد و الجهاز المستخدم يعطى أشعة سينية أو عند تعرض الجلد لجرعة إشعاعية مقدارها 5000 راد مقسمة على أربعة أسابيع و الجرعة اليومية المعطاة 250 راد و الجهاز المستخدم يعطى أشعة فوق العميقة فأن التغيرات البيولوجية التي تصيب الجلد تمر بالمراحل التالية :

أولا : التأثير الحاد و تسير أعراضه على النحو التالي :

- احمرار وقتي للجلد و يحدث خلال الأسبوع الأول للتعرض .
- تساقط جزئي للشعر و يحدث في مدة تتراوح بين 10-14 يوم من بدء التعرض .
- احمرار الجلد الدائم و يحدث في نهاية أسبوعين من تاريخ التعرض .
- عندما تخبو حدة الاحمرار الدائم للجلد يحدث جفاف بالجلد .
- تقشر الجلد الجاف و يظهر في نهاية الأسبوع الثالث للتعرض .
- تقشر الجلد الرطب و يحدث في نهاية الأسبوع الرابع .
- الحرق الإشعاعي و يحدث نتيجة لتعرض الجلد لجرعة إشعاعية عالية حيث يلون الجلد بلون احمر داكن و تتكون فقاقيع عميقة تتخلل طبقة الجلد بأكمله و تسبب الآم حادة نتيجة لتأثر الأعصاب الطرفية و قد يتساقط الجلد و يكون الالتآم بطئ.
- تأثير الإشعاع على الغدد العرقية يكون ناتج عن توقف عملها و ضمورها و يحدث ذلك مع نهاية الأسبوع الأول من التعرض للإشعاع .
- تأثير الأشعة على الغدد الدهنية غالبا ما يحدث نتيجة لجرعة مؤثرة مقدارها 3000 راد و الغدد الدهنية اكثر حساسية للإشعاع عن الغدد العرقية وغالبا ما يفقد الجلد قوامه نتيجة لإصابة الغدد الدهنية .
- تأثير الإشعاع على الأظافر و يكون على هيئة تغيرات ظاهرية حيث تصبح خشنة لامعة رقيقة بها شقوق طولية وعرضية و تفقد حيويتها .

ثانيا : التأثير المزمن غالبا ما ينتهي التعرض الحاد للإشعاع إلى إحداث تغيرات دائمة بالجلد عبارة عن :-

- حدوث تغير في لون الجلد يأتي بعد انكسار حدة الاحمرار حيث يختلف اللون من بنى فاتح إلى بنى غامق و غالبا ما يكون على هيئة بقع داكنة منتشرة بالجلد في مكان التعرض حولها بقع بيضاء خالية من مادة الميلانين .
- حدوث ضمور في الجلد و يحدث نتيجة للتعرضات التي تلتئم ثم تتساقط القشرة الرطبة و تتكون خلايا جديدة تختلف كلية عن الخلايا الطبيعية من حيث القوام و اللون لخلوها من مادة الميلانين و يكون الجلد شاحب اللون رقيق الملمس سهل التعرض للتقرحات .
- زيادة سمك الجلد و يفقد الجلد ليونته الطبيعية .
- التقرح المزمن قد ينتهي الجلد الضامر عند تعرضه لحكة أو جرح بسيط إلى تكوين قرحة مزمنة لا تلتئم و تسبب آلاما شديدة تستمر لشهور أوسنين في حالة عدم علاجها .
- تمدد الأوعية الدموية الطرفية بالجلد و يظهر على هيئة خطوط أرجوانية اللون (زرقاء) و تحدث بعد مرور أسابيع أو شهور أو سنين من تاريخ التعرض و يكون سببها حدوث ضيق بالشرايين المارة بالجلد تؤدى إلى اتساع بالشعيرات الدموية .
- التحول السرطاني بالجلد في حالة عدم أو التأخير في علاج التقرحات الناتجة عن التعرض الإشعاعي للجلد و قد تحدث تغيرات في تركيب خلايا الجلد .

نظام العلاج للجلد المعرض للإشعاع

1- علاج وقائي

يعرف الشخص المعرض للتحولات التي قد تحدث نتيجة لتعرضه للإشعاع و أسلوب متابعتها من حيث :

- عدم تعرض الأجزاء من الجلد المعرضة للإشعاع للغسيل بالماء أو الصابون .
- عدم استخدام المناشف أو المكمدات الدافئة و عدم التعرض لحرارة الشمس المباشرة أو التعرض للبرد الشديد و عدم استعمال المراهم المهيجة للجلد و كذلك المطهرات المهيجة للجلد .
- تحاشى الاحتكاك بأجسام حادة مثل موس الحلاقة أو ياقات الملابس .

2- علاج شفائي

- علاج احمرار الجلد أو التقشير الجاف باستعمال بمادة الجنشيانا المركزة بنسبة 2 % في الماء .
- يتم علاج الحكة باستخدام مسحوق النشا .
- بعض المناطق مثل الإبط و بين الفخذين يستخدم اللانولين النقي .
- علاج التقشر الرطب حيث يمكن أن تترك دون تدخل إذا كانت المنطقة المعرضة محدودة و صغيرة حيث تتكون قشرة تتساقط بعد فترة .
- وإذا كانت مساحة التعرض الإشعاعي كبيرة يستخدم شاش فازلين مع مضاد حيوي موضعي لمنع حدوث التهاب جلدي يؤثر في الالتآم .
- علاج الحرق الإشعاعي يكون مثل علاج التقشر الرطب و لكن لمدة أطول .
- علاج القرحة الإشعاعية إذا كانت صغيرة المساحة يستخدم شاش فازلين مع مضاد حيوي و إذا كانت كبيرة ولا تستجيب للعلاج يتم التدخل الجراحي حيث يتم عمل ترقيع للجلد .

متابعة ما بعد العلاج

بعد التأم آثار التعرض الإشعاعي للجلد يكون الجلد حساس و رقيق عن الطبيعي و يكون عرضة لحدوث جروح لذلك ينصح بعدم التعرض للإشعاع مرة أخرى و عدم التعرض للشمس المباشرة أو الحر الشديد أو البرد القارص أو المواد اللاسعة أو الاحتكاك.

تأثير الإشعاع على :

- الجهاز الهضمي (تجويف الفم – الحلقوم – الغدد اللعابية – الغدد المخاطية – المريء – المعدة – الأمعاء الدقيقة – الأمعاء الغليظة و الشرج).
- الجهاز البولي (الكليتين – المثانة) .
- تأثير الإشعاع على العين (الرموش – الجفون – الغدة الدمعية – القناة الأنفية الدمعية و الكيس الدمعي – قرنية العين – عدسة العين – الشبكية).
- تأثير الإشعاع على العظام .
- تأثير الإشعاع على المخ و الأعصاب .
- تأثير الإشعاع على الرئتين .

الأشعة المؤينة المنبعثة من النظير المشع الذي تم تركيزه في النسيج أو العضو المصاب سوف تعمل على تدمير الخلايا السرطانية و نجاح هذه الطريقة يعتمد على مدى كفاءة الامتصاص الانتقائي للنظير المشع داخل النسيج أو العضو المصاب و كذلك كمية الجرعة الإشعاعية التي تمتص بواسطة تلك الخلايا واستجابة الخلايا السرطانية للتعرض الإشعاعي .

أثير الإشعاع على الأغشية المخاطية

التأثير الحاد للإشعاع على الأغشية المخاطية بتكون قشرة رطبة تتحول تدريجيا إلى قرحة سطحية يغطيها غشاء ابيض اللون ناتج عن ترسبات متجلطة من السائل المصلى الذي تفرزه القرحة و تختلف الأعراض الناتجة عن هذا التأثير الحاد باختلاف العضو المعرض للإشعاع حيث تجد أن

- تأثير الأشعة على الفم يؤدى إلى جفاف الفم و فقدان حاسة التذوق .
- تأثير الأشعة على البلعوم يؤدى إلى جفاف الحلق و بحة في الصوت و صعوبة في البلع .
- تأثير الأشعة على المعدة و الأمعاء يؤدى إلى تقلصات و آلام حادة بالبطن و حدوث إسهال .

- تأثير الأشعة على الشرج يؤدى إلى آلام شديدة وتعنيه .
- تأثير الأشعة على المثانة يؤدى إلى صعوبة في التبول و آلام .

التأثير المزمن ينتج عن عدم العناية بعلاج التأثيرات الحادة للأغشية المخاطية تؤدى إلى الأعراض التالية :

- التليف المزمن للقرح الناتجة عن التعرض الإشعاعي ينتهي بإحداث ضيق بالقنوات المصابة مثل ضيق بالأمعاء أو بمجرى البول.
- تحدث التصاقات و انسداد بالقنوات التي تصاب بتقرحات و تليف مزمن مثل انسداد القناة الدمعية .
- قد تتحول القرح المزمنة إلى قرحة سرطانية .

تأثير الأشعة على الدم و مكوناته و الأنسجة المنتجة للدم

تأثير الأشعة على الأنسجة المنتجة للدم عند تعرض الجسم كله للإشعاع تحدث تغيرات في الدم و مكوناته نتيجة لحدوث تدمير أو خلل في الأمعاء والأنسجة المنتجة للدم و ينتج عن حدوث التغيرات في الدم و مكوناته حدوث تغيرات في أنسجة الجسم المختلفة.

- تأثير الأشعة على النخاع العظمى عند تعرض الجسم كله لجرعة إشعاعية مقدارها 450 راد وتسمى الجرعة المميتة تحدث التغيرات التالية في خلال نصف ساعة من التعرض :
- توقف الانقسام بخلايا النخاع العظمى .
- زيادة عدد كرات الدم الحمراء الكاملة النمو و نقص في عدد كرات الدم الحمراء التي تحتوى على نويدات و الغير كاملة النمو بسائل الدم .
- زيادة واضحة في عدد خلايا الدم الحمراء الضامرة بالنخاع العظمى .
- نقص في عدد الخلايا المحببة بدرجة بسيطة .
- يصبح النخاع العظمى ممتلئا بمادة جيلاتينية تحل محل الخلايا التي أصابها التدمير .
- خلال 24 ساعة من التعرض يصل عدد كرات الدم الحمراء التي تحتوى على نويدات و غير كاملة النمو إلى اقل معدل للانخفاض .
- في خلال 10-14 يوم من التعرض يعود النخاع العظمى في تكوين الخلايا من جديد و يبدأ تكون الخلايا الحمراء ثم يبدأ النخاع العظمى تدريجيا في تكوين الخلايا المحببة و بعد انقضاء 41 يوم يعود النخاع العظمى إلى وضعه الطبيعي .
- عند تعرض العظام لجرعات إشعاعية موضعية يعود النخاع العظمى إلى طبيعته بدرجة أسرع من تعرض جميع عظام الجسم للإشعاع .
- الجرعات الإشعاعية الموضعية العالية تؤدى إلى تحطيم النخاع العظمى فمثلا بالنسبة لعظام القفص الصدري تصل إلى 3000 راد و في حالة عدم عودة نخاع العظم إلى طبيعته في خلال شهر من التعرض يحل محل خلايا النخاع العظمى ترسبات دهنية و قد تصل إلى تحول سرطاني .

تأثير الإشعاع على الغدد الليمفاوية

تختلف خلايا نسيج الغدد الليمفاوية بدرجة ملحوظة في حساسيتها للإشعاع فيتوقف نشاط الغدد و عملها تدريجيا عند التعرض لجرعات إشعاعية تصل إلى 3000 راد و يتغير تركيبها و لكن يستمر سريان السائل الليمفاوي .

خلال ثلاثة أسابيع من التعرض الإشعاعي يبدأ تكوين الخلايا الليمفاوية في منطقة القشرة المحيطة و بعد مرور 4 شهور تعود القوة إلى طبيعتها و في حالة التعرض لجرعات من الإشعاع يكون تحطم و تغير الخلايا محدود و العودة إلى طبيعتها سريع .

تأثير الإشعاع على الطحال

عند تعرضه لجرعة إشعاعية ينتج تدمير لخلايا الطحال و ينكمش بدرجة ملحوظة و كذلك التأثير نشاط الطحال من حيث تخزين خلايا الدم الحمراء ومعدل تدفق وعملية إنتاج الخلايا الحمراء و تخزين مادة الحديد و إنتاج المضادات السمية .

تأثير الإشعاع على مكونات الدم

يعتمد تأثير الإشعاع على مكونات الدم على العوامل الثلاث الآتية :

- مدى تأثير الأشعة على الأنسجة المنتجة لخلايا الدم و مدى حساسية تلك الخلايا للإشعاع .
- مدى حركة الانقسام و النمو لخلايا المكونة للدم .
- عمر الخلايا السابحة في سائل الدم .

تأثير الإشعاع على خلايا الدم البيضاء

خلايا الدم البيضاء السابحة في سائل الدم يصل معدلها الطبيعي إلى 4000 خلية / مم مكعب من سائل الدم و يعتمد تأثرها بالإشعاع على جرعة التعرض و نوع الخلايا المعرضة فعند تعرض الجسم كله للإشعاع لجرعة إشعاعية غير مميتة يحدث هبوط فوري و لكن وقتي لخلايا الدم البيضاء ثم يحدث ارتفاع في عدد خلايا الدم البيضاء خلال ساعات قليلة من التعرض ثم يعود للهبوط بشدة خلال اليوم الثاني من التعرض و يجب التأكيد على أن ليست جميع خلايا الدم البيضاء تتأثر بمعدل واحد للإشعاع .

أما خلايا الدم الحمراء تعتبر كرات الدم الحمراء مثلها مثل باقي مكونات الدم السابحة في سائل الدم من الخلايا التي تقاوم التدمير المباشر للإشعاع العمر السني لها 120 يوم و معدل تغير الخلايا اليومي 83, % و عند تعرض الجسم لجرعات إشعاعية من المستخدمة في العلاج يكون هبوط كرات الدم الحمراء بطئ و الجرعات الإشعاعية الأعلى من الجرعات المستخدمة في العلاج الإشعاعي تزيد من القدرة على نفاذ جدار الأوعية الدموية فتسمح بذلك من خروج كرات الدم الحمراء إلى خارج سائل الدم و التي تتحطم خارج الوعاء الدموي .

الخلاصة :

مما سبق استعرضنا بعض التوجيهات اللازم لحماية الانسان من الاخطار الناجمة عن التأثيرات الضارة للاشعاع المؤين التى يتعرض لها سواء كان عاملا بالاشعاع او مستفيدا من تطبيقاتها عليه او اى انسان آخر يمكن ان يتعرض لها مع الاستمرار بالقيام بالاعمال المفيدة للتعرض للاشعاع .

واستكمالا لهده التوجيهات نتعرف فى الباب الثانى على معايير الامان الاشعاعى التى تتكامل مع المتطلبات الهندسية لتعطينا الحد الاقصى للوقاية الاشعاعية بالنسبة للاستخدامات الاشعاعية الطبية .

مقدمة :

باتجاه التقدم العلمي و التكنولوجي في مجال الإشعاع و استخداماته الأمر الذي يجعل من الضرورة بمكان وضع معايير و أسس و قواعد لحماية مستخدمي الإشعاع و عموم الناس من آثاره الضارة من قبل كل مستخدم للإشعاع أو من يمارس عملا يقتضي استخدام مصدر مشع في الأبحاث والتطبيقات العلمية بكافة فروعها بشكل عام و في المجالات الطبية بشكل خاص .

الهدف :

الغرض من هذه المعايير هو تحديد المتطلبات الأساسية للوقاية من المخاطر المرتبطة بالتعرض للأشعة المؤينة ولامان المصادر الإشعاعية التي قد تسبب مثل هذا الضرر الناتج من التعرض وقد أخذت هذه المعايير من مبادئ الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي المقبولة على نطاق واسع مثل تلك المبادئ المنشورة في سجلات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات وفي سلسلة وثائق الأمان التي تصدرها الوكالة الدولية ويقصد بهذه المعايير ضمان أمان جميع أنواع المصادر الإشعاعية و التوجيه اللازم لحماية الإنسان من الأخطار الناجمة عن التأثيرات الضارة للإشعاع المؤين التي يتعرض لها سواء كان عاملا بالأشعة أومستفيدا من تطبيقاتها علية أو أي إنسان آخر يمكن أن يتعرض لها مع الاستمرار بالقيام بالأعمال المفيدة التي تستوجب التعرض للإشعاع .

و تشكل معايير الأمان الأساسية الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينة و لامان المصادر الإشعاعية ثمرة جهود استمرت على مدى العقود العديدة الماضية بهدف تحقيق الاتساق لمعايير الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي على المستوى الدولي .

و المنظمات المشاركة في رعاية هذه المعايير هي منظمة الأمم المتحدة للأغذية و الزراعة (الفاو) – الوكالة الدولية للطاقة الذرية – منظمة الصحة العالمية – منظمة العمل الدولية – وكالة الطاقة النووية .

و هناك هيئات مسؤولة عن الوقاية من الإشعاع مثل المجلس القومي للوقاية من الإشعاع و تكون عام 1970 و المجلس يهتم بزيادة المعرفة حول وقاية الإنسان من أخطار الإشعاع و إعطاء المشورة و المعلومة في هذا الأمر كما انه مؤهل لإعطاء الخدمات الفنية و التكنولوجية نظير اجر كما يضم التنظيم البريطاني مؤسسة الصحة و الأمان و التي تتدرج تحتها المكاتب التنفيذية للصحة و الأمان و يتطلب للعمل بالإشعاع المؤين في المملكة المتحدة إبلاغ المكاتب التنفيذية للصحة و الأمان و تقوم المكاتب التنفيذية بالتفتيش على أماكن العمل .

و من أهم هذه اللجان :-

– اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP و تم تأسيس اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع عام 1928 و تقوم اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع حاليا بإصدار توصياتها سنويا كما تقوم بتعديل هذه التوصيات طبقا إلى ما توصل إليه العلماء في هذا المجال و تصدر عن هذه اللجنة منشورات و توصيات خاصة بالوقاية في مجالات عديدة .

– الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA تهتم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتقديم توصياتها من خلال سلسلة الأمان و التي تصدر بعد إقرارها من مجلس المحافظين للوكالة الدولية للطاقة الذرية و الذي يضم ممثلين عن الدول المشاركة و لقد صدر أخيرا للوكالة منشورا جديد تحت اسم International Basic safety standards و قد قام بالمشاركة في إعداد هذا المنشور خبراء دوليون يمثلون الهيئات الدولية التي تهتم بوقاية الإنسان و بالإضافة إلى خبراء الوكالة الدولية تضم خبراء من منظمة الصحة العالمية و منظمة العمل الدولية و منظمة الغذاء الزراعية و لجنة الطاقة الذرية للدول الأوروبية و منظمة الصحة الأمريكية .

الهيئات الرقابية

يقتضي تنفيذ هذه المعايير بالكامل بطريقة سليمة أن تنشئ الحكومات سلطه رقابية لتنظيم تطبيق وتنفيذ أي ممارسة تنطوي على مصادر إشعاعية و يجب تزويد مثل هذه الهيئة الرقابية بالصلاحيات ، والموارد الكافية التي تمكنها من الاضطلاع برقابة فعاله وينبغي أن تكون مستقلة عن أي إدارات و وكالات حكومية مسؤولة عن تنشيط وتطوير الممارسات الخاضعة للرقابة .

كما يجب أن تكون الهيئة الرقابية مستقلة عن الجهات المسجلة و المرخص لها و الجهات المسؤولة عن تصميم و تركيب المصادر الإشعاعي المستخدمة في الممارسات و يجب أن تكون الفصل الفعال بين مهام الهيئة الرقابية و مهام أي طرف آخر واضحا بحيث يحتفظ الرقباء باستقلالهم في الحكم و اتخاذ القرار بوصفهم سلطات مسئوله عن الأمان .

وقد أصبحت هذه المعايير بافتراض وجود هيئة رقابية واحدة مسؤولة عن جميع جوانب الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي في البلد الواحد ، غير انه يحدث في بعض البلدان أن تكون المسؤولية الرقابية عن مختلف الممارسات أو مختلف جوانب الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي موزعة على سلطات مختلفة لذلك يستخدم تعبير الهيئة الرقابية ، عموما في هذه المعايير ليعنى الهيئة الرقابية ذات الصلة بالمصدر أو الجانب المحدد المعنى بالأمان الإشعاعي ويصرف

النظر عن توزيع المسؤوليات الرقابية في أي بلد فانه يجب على الحكومة أن تكفل تغطية جميع الجوانب إذ يجب علي سبيل المثال أن تكفل الحكومة تكليف هيئة محدودة بالاضطلاع بمسؤولية الأشراف الرقابي على تدابير وقاية المرضى وأمانيهم في الأغراض الطبية للإشعاع .

ويعتمد نوع النظام الرقابي المتبع في بلد ما علي الآثار المترتبة على حجم الممارسات و المصادر الخاضعة للرقابة و علي تعقيدها وأمنها وكذلك علي الأساليب الرقابية المعتادة المتبعة في ذلك البلد ، وقد تختلف آلية تنفيذ المهام الرقابية فتكون بعض السلطات قائمة بذاتها تماما و البعض الآخر يسند بعض مهام التفتيش أو التقويم أو غيرها من المهام لمختلف الوكالات الحكومية أو العامة أو الخاصة ، وقد تكون الهيئة الرقابية قائمة بذاتها فيما يتعلق بالمعرفة التقنية المتخصصة أوقد تطلب مشورة الخبراء الاستشاريين واللجان الاستشارية و تشمل الوظائف العامة للهيئة الرقابية ما يلي :-

تقويم طلبات الترخيص بتنفيذ ممارسات تؤدى أو قد تؤدى إلى التعرض للإشعاعات و الترخيص بهذه الممارسات و المصادر الإشعاعية المرتبطة بها رهنا باستيفاء بعض الشروط المحددة وإجراء عمليات تفتيش دوري للتحقق من الالتزام بالشروط ، وتطبيق أي إجراءات ضرورية لضمان الالتزام باللوائح و المعايير و لتحقيق هذه الأغراض يلزم توفير آليات للإبلاغ عن المصادر المستخدمة في الممارسات ولتسجيلها والترخيص بها مع مراعاة استثناء أو إعفاء مصادر أوممارسات معينة من الاشتراطات الرقابية تحت ظروف معينة ،كما يلزم اتخاذ تدابير لمراقبة المصادر و رصدها و مراجعتها و التحقق منها والتفتيش عليها ولضمان وجود خطط مناسبة للتصدي للحوادث الإشعاعية أو إجراء التدخلات في حالات الطوارئ و يلزم تقويم فعالية تدابير الوقاية من الإشعاعات والأمان الإشعاعي لكل ممارسة تم ترخيصها ،وإجمالي الأثر المحتمل للممارسة المأذون بها .

ويجب مراعاة الدقة في تحديد صلاحيات المفتشين التابعين للهيئة الرقابية و الالتزام باتساق عملية تطبيق الإجراءات الرقابية مع كفالة حق النقض من جانب المسؤولين عن المصادر ، ويجب توخى الوضوح في التوجيهات المعطاة للمفتشين و الأشخاص القانونيين الخاضعين للرقابة علي حد سواء وقد يلزم أن توفر الهيئة الرقابية إرشادات عن كيفية استيفاء المتطلبات الرقابية المطلوبة في مختلف الممارسات وذلك علي سبيل المثال في وثائق خاصة بالمبادئ التوجيهية في مجال الرقابة و يجب تعزيز روح الانفتاح والتعاون بين الأشخاص القانونيين الخاضعين للرقابة والمفتشين وهو ما يتضمن تسهيل وصول المفتشين للمباني و المرافق وحصولهم علي المعلومات .

و هناك مسؤولية إضافية للهيئة الرقابية تتمثل في مطالبة جميع الأطراف المعنية بإكساب ثقافة تتعلق بالأمان ، وتتضمن الالتزام الفردي و الجماعي بالأمان من جانب العاملين و الإدارة و الرقباء و واجبات جميع الأفراد إزاء الوقاية و الأمان بمن فيهم الأفراد علي مستويات الإدارة العليا لتشجيع روح الاستفسار والتعلم و عدم التواكل فيما يتعلق بالأمان ، و يلزم أن تراعى كل من الهيئة الرقابية و الأشخاص القانونيين الخاضعين للرقابة علي النحو الواجب مثل الخبرة العامة و التطورات الجديدة في ميدان الوقاية من الإشعاعات و أمان المصادر .

كثير من المتطلبات الرئيسية لهذه المعايير ليست موجهة لطرف بذاته و المقصود بذلك انه ينبغي الوفاء بهذه المتطلبات من قبل الطرف المعنى فتحدد بشكل عام الطرف المعنى المسؤول عن تنفيذ المتطلبات .

و نخلص إلى أن هدف معايير الأمان الأساسية :-

1-هدف هذه المعايير تقديم التوجيه اللازم لحماية الإنسان من الأخطار الضارة الناجمة عن تأثيرات الإشعاع المؤين مع الاستمرار بالقيام بالأعمال المفيدة التي يصاحبها التعرض للإشعاع .

2-يجب تطبيق هذه المعايير على المنابع الجديدة أو الممارسات المحدثة و كذلك علي الممارسات القائمة و التي تؤدى إلي التعرض للإشعاع المؤين والخاضعة لرقابة السلطة المختصة . (*)

تشتمل هذه المعايير علي المواضيع التالية :-

-تعاريف و شروط نظام التبليغ و التسجيل أو الترخيص .

-نظام تحديد الجرعات .

-التعرض المهني للإشعاع .

-التعرض الطبي للإشعاع .

-تعرض عموم الناس للإشعاع باستثناء التعرضات الطبية و التعرض العرضي الطارئ .

-تعاريف المصطلحات المستخدمة و شرحها .

خلفيه :

قد أقر مجلس محافظي الوكالة أول تدابير للوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي في أزار – مارس 1960 *عندما أعلن أن "معايير الأمان الأساسية التي ستضعها الوكالة ستقوم بقدر الإمكان على توصيات اللجنة الدولية من الإشعاعات " .و أقر المجلس أول معايير أساسية للأمان في حزيران – يونيه 1962 و تولت الوكالة نشرها في العدد رقم 9 *من سلسلة وثائق الأمان و صدرت طبعه منقحة في 1967 * .

كما أصدرت الوكالة طبعه منقحه ثالثة باعتبارها طبعه 1982 للعدد رقم9 من سلسلة وثائق الأمان *.وشارك في رعاية هذه الطبعة كل من الوكالة ومنظمه العمل الدولية ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي ومنظمة الصحة العالمية و في 1990 اتخذت خطوه مهمة على طريق تنسيق الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي في المجال الدولي فقد أنشئت لجنه مشتركة بين الوكالات معنية بالأمان الإشعاعي (IACRS) لتكون محفلا للتشاور و التعاون في مسائل الأمان الإشعاعي بين المنظمات الدولية * .

وكانت اللجنة الدولية المشتركة تضم في البداية لجنة الاتحادات ألا وروبيه و مجلس التعاضد الاقتصادي (الذي لم يعد له وجود) و منظمة الفاو و الوكالة الدولية للطاقة الذرية و منظمة العمل الدولية ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون و التنمية في الميدان الاقتصادي و لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرى و منظمة الصحة العالمية و في وقت لاحق انضمت إلى اللجنة المشتركة منظمة الصحة للبلدان الامريكيه و يتمتع بمركز المراقب في اللجنة المشتركة كل من اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات ICRP و اللجنة الدولية للوحدات و المقاييس ألا شعاعيه و اللجنة الدولية للتقنيات الكهربائية .

و الرابطة الدولية للوقاية من الإشعاعات و المنظمة الدولية للتوحيد القياسي و تستهدف اللجنة المشتركة بين الوكالات المعنية بالأمان الإشعاعي تعزيز التوافق و التنسيق بين السياسات فيما يتعلق بمجالات الاهتمام المشترك التالية :

-تطبيق مبادئ الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي ومعاييرها و قواعدها و ترجمتها إلى قواعد رقابية .

-تنسيق البحث و التطوير و تحسين التعليم و التدريب .

-تعزيز و تبادل المعلومات على نطاق واسع وتسهيل نقل التكنولوجيا و المعرفة الفنية .

-تقديم خدمات الوقاية الإشعاعية و الأمان الإشعاعي .

وفى هذا الإطار أنشأت المنظمات الراعية امانه مشتركة لإعداد معايير الأمان الاساسيه الدولية للوقاية من الإشعاعات المؤينه ولامان المصادر ألا شعاعيه تسمى فيما يلي" معايير " التي يتضمنها هذا الباب .

وتولت الوكالة تنسيق أعمال الامانه المشتركة وتحل هذه المعايير محل المعايير الدولية الاساسيه السابقة و تتضمن المعرفة التي اكتسبت فيما بعد و التطورات التي حدثت عملي مجالي الوقاية من الإشعاعات و الأمان الإشعاعي و المجالات الأخرى ذات الصلة .

وتعتمد هذه المعايير بصوره أساسيه على توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات I CRP وهى منظمة علميه غير حكومية تأسست عملي 1928 لوضع مبادئ أساسية و توصيات للوقاية من الإشعاعات وصدرت أحدث توصيات للجنة عام 1991*.

وفضلا عن ذلك فانه فيما يتعلق بأي اختلاف تأخذ هذه المعايير علي اعتبار المبادئ التي أوصى بها الفريق الاستشاري الدولي للأمان النووي(INSAG) الذي يطور منذ عام 1985 تحت رعاية الوكالة "مفاهيم الأمان النووي "وكثير من هذه المبادئ له صله بمصادر ومنشآت إشعاعية بخلاف المنشآت النووية والكميات و الوحدات المستخدمة في هذه المعايير هي في المقام الأول الكميات و الوحدات التي أوصت بها اللجنة الدولية للوحدات و المقاييس

*الوكالة الدولية للطاقة الذرية وتدابير الصحة و الأمان التي وضعتها الوكالة (1960) .

انظر التقرير السنوي للوكالة لعام 1990,الوثيقة IAEA/GC(xxxv)/953 صفحة 117 .

"معايير الأمان و تدابير الأمان التي وضعتها الوكالة. INFCIR/18/Rev.1,IAEA,vienna 1976) . INFCIRC/18, IAEA,Vienna(1960)

*INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, basic safety standards for radiation protection, safety No .9, IAEA, Vienna (1962).

*INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, basic safety standards for radiation protection (1967Edition), safety No .9, IAEA, Vienna (1962).

*INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, basic safety standards for radiation protection (1982Edition), safety No .9, IAEA, Vienna (1982).

ألاشعاعيه وهي منظمه شقيقه للجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات وتم إصدار مدونات وأدله في مجالات مثل إصدار منظمة العمل الدولية مدونه لوقاية العاملين من الإشعاعات وكذلك مطبوعات أخرى ذات صله أصدرت منظمة الصحة العالمية عددا من الوثائق التي تتصل بأمان العاملين و المرضى في تطبيقات الإشعاع الطبية .

النطاق

تتضمن هذه المعايير متطلبات أساسية يتعين استيفاؤها في جميع ألا نشطه التي تنطوي على تعرض للإشعاعات وتستند قوة المتطلبات إلى الأحكام الدستورية للمنظمات الراعية ولا يترتب على المتطلبات أي التزام على الدول بأن تعدل تشريعاتها لكي تتفق معها ، كما أنه لا يقصد بها أن تحل محل أحكام القوانين و اللوائح أو المعايير الوطنية السارية ولكنها تستهدف أن تكون بمثابة دليل عملي للسلطات و الدوائر العامة وجهات العمل و العاملين و الهيئات المتخصصة المعنية بالوقاية من الإشعاعات و المؤسسات التجارية و اللجان المعنية بالأمان و الصحة ، وتغطى هذه المعايير نطاقا عريضا من الممارسات والمصادر التي تؤدى أو يمكن أن تؤدى إلى تعرض للإشعاعات ، ولذلك صيغت كثيرا من المتطلبات بعبارات عامة من هنا قد يتطلب الأمر تطبيق أحد المتطلبات بطريقه تختلف باختلاف أنواع الممارسات أو المصادر وتبعا لطبيعة العمليات واحتمالات التعرض .

ولا تنطبق المتطلبات جميعها على كل ممارسة أو على كل مصدر إشعاعي إذ أن الأمر متروك للهيئة الرقابية المناسبة لتحديد أي المتطلبات ينطبق في كل حاله ويقتصر نطاق هذه المعايير على وقاية البشر وحدهم ويعتقد أن معايير الوقاية التي تحقق هذا الغرض سوف تكفل أيضا ألا يتعرض أي نوع آخر من الأحياء للتهديد كمجموعة حتى لو تعرض بعض أفراد النوع للضرر .

وفضلا عن هذا لا تنطبق هذه المعايير إلا على الإشعاعات المؤينه وهى أشعة جاما والأشعة السينية وجسيمات ألفا و بيتا وغيرها من الجسيمات التي يمكن أن تستحث التأين وهى لا تنطبق على الإشعاعات غير المؤينة مثل الموجات الصغرى و الأشعة فوق البنفسجية و الضوء المنظور و الأشعة تحت الحمراء ، كما أنها مراقبة للجوانب غير الإشعاعية الأخرى للصحة و الأمان وتعترف هذه المعايير بأن الإشعاع ما هو ألا واحد من مصادر المخاطر العديدة في الحياة وبأنه ينبغي ألا يقتصر تقويم المخاطر المرتبطة بالإشعاعات على مقارنتها مع فوائدها وإنما يجب النظر إليها أيضا من منظور المخاطر الأخرى .

2-1-1 المبادئ و الأهداف الأساسية

عرف منذ الدراسات الأولى عن الأشعة السينية و المعادن المشعة أن التعرض لمستويات عالية من الإشعاعات يمكن أن يسبب أضرارا سريريه (إكلينيكية) لأنسجة جسم الإنسان وبالإضافة إلى ذلك أوضحت الدراسات الوبائية الطويلة المدى للسكان الذين تعرضوا للإشعاعات ولاسيما الباقين على قيد الحياة بعد ضرب هيروشيما ونجازاكى في اليابان بالقنابل الذرية عام 1945 أن التعرض للإشعاعات ينطوي أيضا على تأثير بطئ المفعول يتمثل في حث تكوين الأورام الخبيثة ، لذلك يلزم إخضاع الأنشطة التي تنطوي على التعرض للإشعاعات مثل إنتاج واستخدام المصادر المشعة والمواد المشعة وتشغيل المنشآت النووية بما في ذلك التصرف في النفايات المشعة لمعايير معينة للأمان وذلك لوقاية الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاعات .

و الإشعاعات و المواد المشعة هي سمات طبيعية ودائمة للبيئة لذلك فان المخاطر المرتبطة بالتعرض للإشعاعات يمكن الحد منها فقط وليس إزالتها تماما وعلاوة على ذلك فان استخدام الإشعاعات التي من صنع الإنسان بدأ ينتشر على نطاق واسع .

فمصادر الإشعاعات ضرورية للرعاية الصحية الحديثة و اللوازم الطبية الوحيدة الاستخدام و التي تعقم بواسطة الإشعاع الكثيف أصبحت وسيلة أساسية لمكافحة الأمراض ويمثل الطب الإشعاعي أداه تشخيص حيوية والعلاج بالأشعة هو عموما جزء من معالجة الأورام الخبيثة واستخدام الطاقة النووية وتطبيقات منتجاتها الثانوية أي الإشعاعات و المواد المشعة آخذ في الزيادة في جميع أنحاء العالم مما يفيد الملايين من الناس .

ويتوقف قبول المجتمع للمخاطر المرتبطة بالإشعاع على الفوائد التي تتحقق من استخدام الإشعاعات ومع ذلك يجب الحد من هذه المخاطر و الوقاية منها عن طريق تطبيق معايير الأمان الإشعاعي وتكفل هذه المعايير تحقيق التوافق الدولي المرغوب لبلوغ هذا الغرض .

وتعتمد هذه المعايير على المعلومات المستخلصة من أعمال البحث التطويري المستفيضة التي اضطلعت بها منظمات علمية وهندسية على الصعيدين الوطني والدولي عن الآثار الصحية للإشعاعات وعن التقنيات اللازمة لامان تصميم و تشغيل المصادر المشعة و الأماكن المستخدمة فيها كما تعتمد على الخبرة المكتسبة في بلدان كثيرة في مجال استخدام التقنيات الإشعاعية و النووية وتقوم لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذرى UNSCEAR وهى هيئة أنشأتها الأمم المتحدة في 1955 بجمع وتقويم ونشر المعلومات المتعلقة بالآثار الصحية للإشعاعات وبمستويات التعرض للإشعاعات من مختلف المصادر وقد أخذت هذه المعلومات في الاعتبار عند وضع هذه المعايير وتشجع هذه المعايير بطريقة ضمنية صانعي القرارات على تقدير الأهمية النسبية للمخاطر المختلفة الأنواع وللموازنة بين المخاطر و الفوائد .

و مما سبق نجد إن مبادئ الوقاية من الإشعاعات و مبادئ الأمان الإشعاعي التي تقوم عليها هذه المعايير هي المبادئ التي وضعتها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعات و وضعها الفريق الاستشاري الدولي للأمان النووي وضعت في تلخيص مبسط لهذه المبادئ :

ينبغي ألا تعتمد أي ممارسة تسبب أو يمكن أن تسبب التعرض للإشعاع ألا إذا كان النفع المتحقق منها للأفراد المعرضين أو المجتمع المعرض للإشعاع يفوق الضرر الإشعاعي الذي تسببه أو يمكن أن تسببه (أي أنه يجب أن يكون للممارسة ما يبررها فعادة ما يظهر الامتثال لمبدأ التبرير بشكل واضح فيما يتعلق بنوع النشاط

عن طريق وجود أو وضع تشريعات تتعلق خصيصا بنوع النشاط) ، وينبغي ألا تتجاوز الجرعات الفردية الناجمة عن الجمع بين التعرضات من جميع الممارسات ذات الصلة حدود جرعة معينة ، وينبغي أن تكون جميع المصادر و المنشآت الإشعاعية مزودة بأفضل ما يمكن من تدابير الوقاية و الأمان في ظل الظروف السائدة بحيث يكون حجم و احتمال التعرضات وعدد الأشخاص الذين يتعرضون للإشعاعات عند أدنى حد معقول مع مراعاة العوامل الاقتصادية و الاجتماعية ، وينبغي الحد من الجرعات الصادرة منها والمخاطر التي تنطوي عليها و ينبغي التقليل من التعرض للإشعاع بسبب المصادر الإشعاعية التي لاتشكل جزء من ممارسة عن طريق التدخل عندما يكون ذلك ما يبرره ، وينبغي أن تتحمل الشخصية القانونية (الاعتبارية) المأذون لها بأداء ممارسة ما تنطوي على مصدر إشعاعي المسؤولية الأولى عن الوقاية و الأمان و ينبغي غرس ثقافة تتعلق بالأمان لتنظيم المواقف والسلوك فيما يتصل بوقاية

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 RECOMMENDATIONS OF THE* INTERNATIONAL INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, PUBLICATION NO.60, PERGAMON PRESS, OXFORD AND New York .(1991)

وأمان جميع الأفراد و المنظمات الذين يتعاملون مع المصادر الإشعاعية كما ينبغي تأمين الوقاية والأمان من خلال الإدارة الجيدة و الهندسة السليمة و توكيد الجودة و تدريب العاملين و تأهيلهم و إجراء تقويمات شاملة للأمان و الاهتمام بالدروس المستخلصة من الخبرة و البحوث .

2-1-2 التشريعات الدولية للوقاية من الإشعاع

في الدراسة الحالية سوف نلقى الضوء على بعض التشريعات الدولية للوقاية من الإشعاع عامة و التشريعات المصرية خاصة :

التشريعات المصرية .

توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP .

توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA .

التشريعات المصرية

يمكن تصنيف التشريعات المصرية إلى القوانين و اللوائح التي تنظيم العمل بالإشعاعات المؤينة و الوقاية من أخطارها و لا يزال يطبق في مصر القانون رقم 59 لعام 1960 و الخاص بتنظيم العمل بالإشعاعات المؤينة و الوقاية من أخطارها و من أهم ملامح هذا القانون البنود التالية :

- البند الخاص بالترخيص الشخصي .

لا يجوز استعمال الإشعاعات المؤينة بأية صفة ألا للشخص المرخص له وتم تحديد الشروط الواجب توافرها طبقا لنوع النشاط الذي يقوم به و أن يكون قد أتم بنجاح دورة في مجال استخدام الإشعاع المؤين والوقاية من أخطاره من هيئة الطاقة الذرية المصرية أو من معهد معتمد .

ويتغير الشرط طبقا لنوع العمل الذي يقوم به الشخص إذا كان استخداما طبيا يجب توفير التأهيل المطلوب للاختصاص في هذا التخصص كما حدد القانون المصري التأهيل المناسب للعمل لفيزيائي صحي أو خبير في الوقاية الإشعاعية .

- البند الخاص بالترخيص المكاني .

اشترط القانون المصري ضرورة توافر وجود مشرف وقائي للهيئات و الشركات و غيرها التي يتوفر لديها مصادر إشعاعية و عليه التأكد من تطبيق اشتراطات الوقاية الإشعاعية .

البند الخاص بالهيئة المختصة

حدد القانون المصري كلا من وزارة الصحة و هيئة الطاقة الذرية بأنها الهيئات المختصة بتنظيم العمل بالإشعاعات المؤينة و الوقاية من أخطارها .

3-1-2 المتطلبات الرئيسة

الغرض : تحدد هذه المعايير المتطلبات الرئيسية اللازمة لوقاية الناس من التعرض للإشعاع المؤين ولامان المنشآت و تسمى فيما يلي الوقاية و الأمان .

الاستثناءات : يستثنى من هذه المعايير أي تعرض لا يمكن إخضاع مقداره أو احتمالاته للرقابة بصورة أساسية وفقا لمتطلبات هذه المعايير.

المصادر : تشتمل المصادر التي تقع في نطاق أي ممارسة تنطبق عليها متطلبات ممارسات هذه المعايير ما يلي :-

المواد المشعة والأجهزة التي تحتوى على مواد مشعة أو تنتج إشعاعات بما في ذلك المصادر المختومة و المصادر الغير مختومة ومولدات الإشعاع والمعدات النقالة للتصوير بالأشعة .

-المنشآت و المرافق التي تحتوى على مواد مشعة أو أجهزة تصدر عنها إشعاعات بما في ذلك وحدات المعالجة بالإشعاع .

-تطبيق متطلبات هذه المعايير على كل مصدر فردى للإشعاعات داخل المنشاءه أو مرفق أو علي المنشأة أو المرافق بالكامل إذا اعتبرت المنشأة أو المرفق مصدرا من المصادر حسب الاقتضاء وفقا لمتطلبات الهيئة الرقابية .

التعرضات : التعرضات التي تنطبق عليها متطلبات هذه المعايير هي أي شكل من أشكال التعرض المهني أو التعرض الطبي أو تعرض الجمهور بسبب أي ممارسة ذات صلة أو أي مصدر يقع في إطار الممارسة بما في ذلك التعرضات العادية و التعرضات الممكنة على السواء .

4-1-2 فلسفة الوقاية الإشعاعية

حيث أن أساس العلاقة بين الجرعة الإشعاعية المنخفضة و احتمالية حدوث أثر متأخر هي علاقة خطية في أساسها بدون عتبة للجرعة (بدون حد أدنى للجرعة) يجب أن يكون رسم السياسة العامة والفلسفة العلمية لعمليات الوقاية الإشعاعية والأمان النووي مبنية على هذا الأساس ، وحيث انه لا يوجد حد أدنى للجرعة المنخفضة يعنى انه لا يوجد جرعة آمنة مطلقا وأن أي قدر صغير من الجرعة الإشعاعية من خارج الأشعة الطبيعية القاعدية يقابله قدر صغير من الخطورة و المهم في هذا الشأن أن الخطورة الفردية ضئيلة ولكن الخطورة الجماعية قد تشكل أمر يجب أخذه في الاعتبار في رسم السياسات من ناحية الوقاية الإشعاعية والذي يجعل الموضوع ذات أهمية خاصة هي قلة المعلومات المتاحة لدينا علميا عن حقيقة الآثار المتأخرة المحتمل حدوثها نتيجة التعرض الإشعاعي لجرعة إشعاعية منخفضة ومعدل جرعة منخفض .

وهذا الأمر يجعل الاهتمام بمفاهيم الوقاية الإشعاعية و الأمان النووي أمرا ضروريا و اتباع التعاليم الوقائيةوالاحتياطات الآمنة أمرا لابد منه وذلك للإقلال من الخطورة الفردية و الخطورة الجماعية للإشعاعات المؤينة و من المعروف أن هذه التعاليم والاحتياطات للوقاية من مخاطر الإشعاعات المؤينة هي اكثر تطبيقا واهتماما من أي صناعة تكنولوجية أخرى.

قواعد و مبادئ الوقاية الإشعاعية Radiation Protection Rules

إن هدف الوقاية الإشعاعية هو منع التعرض الإشعاعي الحاد للعاملين و الحفاظ على أن تكون كمية الضرر الإشعاعي المتأخر سواء الجسدي أو الوراثي قليل بقدر الإمكان و كما أستخدم في هذه المعايير تعرض أي إنسان للإشعاع المؤين وهو التعرض الناتج عن منابع خارج الجسم و التعرض الناتج عن منابع داخل جسم الإنسان و التعرض الكلى وهو مجموع التعرضين الخارجي و الداخلي و الأنشطة المختلفة التي تستخدم الإشعاع أو المواد المشعة يجب التحكم فيها وذلك لمقارنة المزايا و العيوب و على ذلك فالوقاية الإشعاعية تعتمد على الأسس التالية :

- يجب تحاشى تماما التعرض الإشعاعي الغير ضروري .
- توجد حدود (تحدد طبقا لكل دوله و في حالة عدم توافر هذه الحدود فيرجع إلى اللوائح و قوانين الوكالة الدولية للطاقة الذرية) للجرعة الإشعاعية ولا يسمح لأي إنسان أن يتعدى الجرعة المسموح بها .
- عند تداول المصادر المشعة غير المغلقة فيجب أن تؤخذ احتياطات وقائية كثيرة لمنع خطورة التلوث بالمواد المشعة أما في حالة المصادر المشعة المغلقة فان حدوث التلوث الإشعاعي بواسطة استخدام هذه المصادر أمر غير ممكن الحدوث .
- يجب التحكم في التلوث الإشعاعي و ذلك بإجراء قياس دوري لتحديد المستوى الإشعاعي .
- يجب منع تناول الطعام أو الشراب أو التدخين في المناطق التي تستخدم المواد المشعة و يمنع تماما الأشخاص الذين بهم بعض الجروح من العمل .

الحدود المستخدمة في الوقاية الإشعاعية

- حدود مكافئ الجرعة الأولية * Primary Dose Equivalent Limits

تعتمد الحدود الأولية المتعلقة بمكافئ الجرعة Dose Equivalent وأن مكافئ الجرعة الفعال (H) هو حاصل ضرب الجرعة الممتصة (D) في عامل النوعية (Q) وفي (N) حيث أن N هو حاصل ضرب سائر العوامل المعدلة الأخرى .

- حدود مكافئ الجرعة الفعال e ffective Dose Equivalent

مكافئ الجرعة الفعال (He) يعرف كما يلي Ht هو متوسط مكافئ الجرعة في الأنسجة T .

Wt هو عامل الترجيح و الذي يمثل نسبة الأذى من التأثيرات العشوائية الناتجة في الأنسجة T إلي الأذى الكلى من هذه التأثيرات عندما يتعرض الجسم للتشعيع المتجانس .

تتغير الآثار الحيوية المختلفة بتغير مكافئات الجرعة لكل عضو أو نسيج و يمكن عامل المخاطرة من تقدير الضرر الناتج من تعرض كل عضو أو نسيج وكذلك الضرر الكلى و تمثل عوامل الترجيح الملائمة (W t) نسبة الضرر الناتج من التشعيع المنتظم لكامل الجسم و بالتالي فأن مكافئ الجرعة الفعال

$$He = Wt \quad Ht$$

و هو يتضمن قيمه معينه He هي نفس الضرر الكلى مهما كان توزيع الجرعة في الجسم و يتضح من هذه المراجعة الموجزة للمميزات الرئيسية للآثار الإشعاع الحيوية انه يمكن بلوغ الوقاية المطلقة من الآثار اللاعشوائية عن طريق وضع حدود الجرعة تكون أقل من قيمة الحد الأدنى أما في حالة الآثار العشوائية فقد أفترض بحذر شديد عدم و جود الحد الأدنى و بناء على ذلك فأنه حتى الجرعات المنخفضة جدا تتضمن زيادة معينة في احتمال حدوث مثل تلك الآثار .

و لهذا فان مشكلة الوقاية من الآثار العشوائية انقلبت إلي مشكلة اختيار مستوى مقبول من المخاطر و على هذا يمكن تلخيص الأهداف التي يجب بلوغها **عبر** الوقاية الإشعاعية كما يلي :-

-منع حدوث ضرر من الآثار اللاعشوائية .

-اختزال تكرار الآثار العشوائية إلي مستوى منخفض انخفاضا يعتبر مقبولا .

حددت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية مقادير عامل الترجيح W t (المنشور 26 للهيئةالدولية للوقاية الاشعاعية ICRP) كما هو موضح فى الجدول (4) :

النسيج	عامل الضرر النسبي	النسيج	عامل الضرر النسبي
الغدد التناسلية	,25	الغدة الدرقية	,03
الثديان	,15	سطوح العظم	,03
نقى العظم الأحمر	,12	الباقي	,30
الرئة	,12		

جدول (4) يوضح حدود مقادير عامل الترجيح

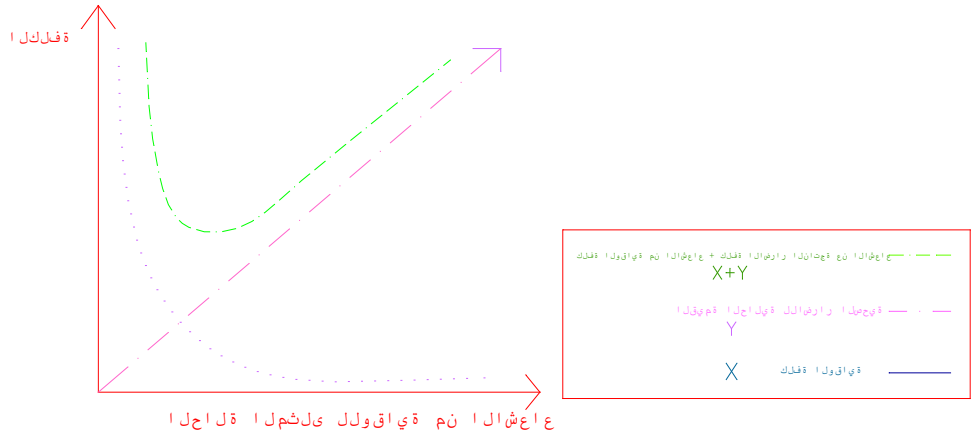
يستخدم المقدار 06, لعامل الترجيح لكل من الأعضاء أو الأنسجة الخمسة المتبقية التي تتلقى أعلى مكافئات للجرعة و يمكن إهمال تعرض كل الأنسجة المتبقية الأخرى و يجب معالجة الأقسام العائدة للجهاز الهضمي – المعدة – المعي الدقيقة – القولون الصاعد – القولون الهابط على أنها أربعة أعضاء مختلفة أما مكافئات الجرعة لليد و الساعد و الرجل و الكاحل و الجلد و عدسة العين فليست معتبرة في حساب مكافئ الجرعة الفعال ولكن يمكن استخدام عامل الترجيح 01, لتقدير الضرر الذي يصيب مجموعة من السكان من إشعاع قد ينجم عنه الإصابة بالسرطان المهلك نتيجة تعرض الجلد له .

---

*(المنشور 26 للهيئةالدولية للوقاية الاشعاعية ICRP)

الحالة المثلى في الوقاية الإشعاعية

يفترض في أي تعرض للإشعاع أن يتضمن بعض درجات المجازفة لذا يجب أن تجعل جميع التعرضات منخفضة إلي أدنى قدر ممكن معقول يمكن بلوغ هذا المطلب الأساسي بطريقة كيفية في العمل التشغيلي و بطريقة كمية في اختيار أسس التصميم أو حتى بالطريقة الكمية علي وجه التخصيص كدليل للسلطة المختصة عند و ضعها للمتطلبات الكمية مثل الحدود المرخص بها أو مستويات الإسناد للأعمال المتبعة و يجب أن يكون هدف التحليل الكمي تقويم مدى إمكانية تخفيض التعرضات و يمكن أن يتم هذا التقويم بتفاصيل تحليل النفع مقابل الكلفة أي التقويم الأمثل و الدى يوضحه الشكل (5) .



شكل (5) يوضح الحالة المثلى للوقاية للاشعاعية

بعد تنفيذ التقويم في الظروف المثلى قد ترغب السلطات القومية المختصة استخدام النتائج كأساس للحدود المرخصة مثال ذلك تعيين الحد الأدنى لتخانة الدروع الواقية وتحديد أكبر معدل للتعرض قرب مصادر الإشعاع ،وعلي هذا فأن أمثلة معامل الوقاية يمكنه أن يتخذ قيما مثل تخانة الدرع الوقائي .

تقوم اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRPو الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA بإعداد دليل مرشد يتعلق بالأمثلة الكمية لذلك سيكون من الضروري عندما يتيسر ذلك الرجوع إلي تقارير I CRP و IAEA فيما يتصل بالأمثلة الكمية .

من المتوقع أن تستخدم طريقة الأمثلة الكمية المشروحة سابقا بشكل أساسي في تصميم المنشأ ووضع البرامج الواسعة للوقاية الإشعاعية و تصبح الأمثلة أكثر نوعية عندما تطبق علي فكرة تشغيل منشأ قائمة .

أمثلة الوقاية الإشعاعية : Optimization Of Radiation Protection

يجب أن يتم إنجاز عمليات التصميم و التخطيط وتشغيل المنابع و المختبرات فيما بعد بشكل يضمن أن يكون التعرض للأشعة بأدنى حد يمكن التوصل إليه مع الأخذ في الاعتبار العوامل الاقتصادية و الاجتماعية في إنجاز هذه العمليات و من المستويات المرجعية المستخدمة في الوقاية الإشعاعية :-

1-مستوى التسجيل Recording Level

هو المستوى المعرف من قبل السلطة المختصة لمكافئ الجرعة أو لمكافئ الجرعة الفعال أو لما يتم تناوله من مواد مشعة بحيث تكون البيانات المسجلة فوق ذلك المستوى مهمة و جديرة بالتسجيل و الحفظ .

2-مستوى الاستقصاء Investigation Level

هي قيم مكافئ الجرعة أو مكافئ الجرعة الفعال أو ما يتم تناوله من مواد مشعة يجدر إجراء استقصاءات أخرى عند تجاوزها .

3-مستوى التدخل Intervention Level

تعين السلطة المختصة أو إدارة المنشأة مسبقا مستويات التدخل التي تستعمل عادة في حالات التعرض الشاذ .

4-المستوى المرجعي Reference Level

يمكن تعيين المستوى المرجعي لأي كمية مستخدمة في الوقاية الإشعاعية سواء كانت هناك حدود لهذه الكمية أو لم تكن .

5-الحدود السنوية لمكافئ الجرعة Annual Dose Equivalent Limits

يجب ألا يتعرض الفرد نتيجة لتعامله مع المنابع أو الممارسات المتحكم بها لجرعات تزيد على تلك القيم المذكورة في تعرض العاملون بالإشعاع .

يجب عدم السماح بالتعرض الخاص المبرمج بالنسبة للفئتين :-

1-العمال اللذين سبق أن تعرضوا للإشعاع تعرضات شاذة وأدت إلي مكافئات للجرعات تتجاوز خمسة أضعاف الحد السنوي المناسب .

2-النساء العاملات في سن الإخصاب Women Of Reproductive Capacity لا توجد تدابير احتياطية خاصة بالنساء في سن الإخصاب فيما عدا ضرورة أن يكون أي تعرض للإشعاع منتظما و موزعا قدر الإمكان علي فترات زمنية و ذلك بغية حماية الجنين قبل معرفة وجود حمل و في حالة معرفة السيدة بالحمل يجب عليها فقط العمل في ظروف العمل التي يستبعد أن يتجاوز فيها التعرض للإشعاع ثلاثة أعشار حدود الجرعة المكافئة .

و عندما يتعرض هؤلاء الأفراد أنفسهم إلي الحد السنوي لمكافئ الجرعة الفعال أو ما يقاربه مدة طويلة قد تصل إلي عدة سنوات فانه من الحكمة اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتحديد مكافئ الجرعة الفعال علي مدى حياتهم بقيمة تقابل متوسطا سنويا هو 1 مللي سيفرت = 1,ريم .

و لا تطبق حدود مكافئ الجرعة على الجرعات الناجمة عن التعرض الإشعاعي الطبي للمرضى أو عن الإشعاعي الطبيعي باستثناء ما يلي :-

1-المرضى الذين يخضعون للإجراءات التشخيصية و العلاجية و مع ذلك يجب تطبيق حدود الجرعة الموضعية من قبل السلطة المختصة على أشخاص تم تعريضهم نتيجة لأبحاث تطبيقية للإشعاع المؤين أو للمواد المشعة و ذلك عندما لا يكون هناك منفعة مباشرة للفرد المتعرض إذ يجب استخدام حدود مكافئ الجرعة كما حددتها السلطة المختصة عند تعريض المرضى المخصصين لدراسة الإشعاع المؤين أو المواد المشعة دراسة علمية .

2-يجب أن تخضع الفحوصات الإشعاعية الدورية للأفراد و التي تتم دون الرجوع إلي العلاجات السريرية (الإكلينيكية) إلي تقويم مبرر فيما يتصل بفائدة المعلومات التي يمكن الحصول عليها و أهمية هذه المعلومات بالنسبة لصحة الأفراد .

و بالنسبة للحالات التي يزداد فيها التعرض للإشعاع من المصادر الطبيعية لأسباب تقنية تضع لها السلطة المختصة شروطا خاصة .

2-1-5 هدف معايير الأمان الأساسية و مجالها .

هدف هذه المعايير تقديم التوجيه اللازم لحماية الإنسان من الأخطار الضارة الناجمة عن تأثيرات الإشعاع المؤين مع الاستمرار بالقيام بالأعمال المفيدة التي يصاحبها التعرض للإشعاع فيجب تطبيق هذه المعايير على المنابع الجديدة أو الممارسات المحدثة و كذلك علي الممارسات القائمة و التي تؤدى إلي التعرض للإشعاع المؤين الخاضعة لرقابة السلطة المختصة . (*)

تشتمل هذه المعايير علي المواضيع التالية :-

-نظام تحديد الجرعات .

-التعرض المهني للإشعاع .

-التعرض الطبي للإشعاع .

-تعرض عموم الناس للإشعاع باستثناء التعرضات الطبية و التعرض العرضي الطارئ .

معايير الوقاية الإشعاعية الفردية

-يهدف تقويم الجرعة الفردية إلي تقدير التعرض الإشعاعي الكلي الذي يصيب الأفراد من جميع المنابع و الممارسات التي تتضمن إشعاعا و التي تنطبق عليها حدود الجرعة الفردية .

-لا تعتبر حدود مكافئ الجرعة للعاملين و لعموم الناس معدة لأغراض تصميميه أو تخطيطية ولكنها الحد الأدنى لمجال القيم الذي يعد غير مقبول بشكل عام ويجب على وجه التحديد تجنب القيم التي تفوق هذه الحدود ولا يقتضي هذا بالضرورة أن يسمح بالقيم التي تقل عنها و من هذا المنطلق فان هذه الحدود مكرسة لعملية أمثلة الوقاية الإشعاعية .

-عندما يكون من المتوقع أن تساهم عدة ممارسات إسهاما ملحوظا في تعريض نفس الأشخاص المعرضين سابقا إما في آن واحد أو على التوالي فانه يجب أخذ هذه الإسهامات المنفصلة بعين الاعتبار عند تحديد الفئات الحرجة .

-يجب ملاحظة أن القيمة التي تكون حرجة بالنسبة لمنابع متعددة لاتكون بالضرورة مطابقة لأي من الفئات التي تكون حرجة بالنسبة لكل منبع على حدة وبشكل عام فأنه الفئة الحرجة بالنسبة لمنبع معين أو لمجموعة من المنابع هي مجموعة من الأفراد الذي يكون تعرضهم متجانسا نسبيا و نموذجا للأفراد الذين يتلقون أعلى الجرعات و هذه الفئة مستقلة عن الحدود الدولية .

-لا يمكن استخدام حدود الجرعة كحدود تشغيله لأنها تطبق على مجموع التعرضات من ممارسات متعددة و في الحقيقة فأن تعرض فئة حرجة لحد الجرعة من ممارسة مفردة لن يدع مجالا لتعرضات أخرى تصيب هذه الفئة و علاوة علي ذلك فأن استمرار الممارسة سنة بعد أخرى يمكن في بعض الحالات أن يسبب تعرضا من المتوقع تلقيه مستقبلا و يضاف إلي مساهمات السنوات الأخرى .

-من الممكن التحكم بمتوسط مكافئ الجرعة الفعال المستقبلي الناتج عن كل الممارسات و ذلك باستخدام حدود عملية لمكافئ الجرعة الفعال المودع لكل وحدة ممارسة من هذه الممارسات وقد استخدم هذا المفهوم في بعض البلدان لوضع الحدود المعتمدة لمكافئ الجرعة الفعال الجماعي المودع لكل ميجاوات /سنة من الطاقة الكهربائية المولدة بالوسائل النووية .

-يسمح استخدام النماذج البيئية بوضع علاقات بين عمليات الإطلاق و المستويات البيئية و الجرعات الناتجة عنها و يمكن بذلك الربط بين إطلاق المواد المشعة في البيئة و ما ينتج عنها من مكافئات الجرعة الفعالة في الفئات الحرجة هذا و يمكن تمثيل تعاقب الحوادث بداء من الإطلاق الأولى للمواد المشعة حتى تشعيع الأنسجة البشرية بمخططات تمثل بنماذج صندوقية يكون فيها معدل انتقال الإشعاع بين الصناديق محددا بثوابت أو بدوال زمنية و يؤدى استعمال النماذج الصندوقية علي الرغم من تعقيدها إلي تبسيط كبير في عمليات الانتقال الفعلي المجمل المسالك التي تربط الإطلاق أو المواد المشعة بالتعرض الإشعاعي.

-لتقويم الحالات الفردية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار المساهمات الإقليمية و المساهمات العالمية من المنابع أو الممارسات بقدر ما يؤثر التعرض علي نفس الفئة الحرجة و يجب بالإضافة إلي ذلك أن يحسب حساب تعرضات من أنواع أخرى على أن تؤخذ بالحسبان الظروف الحالية و المستقبلية لنفس الفئة الحرجة .

---

*Int A.E.A Generic Models and Parameters for the environmental transfer Of Radionuclides from Routine Releases.

*تعرضات المجموعات الحرجة سلسلة السلامة النووية .

2-1-6 الكميات و الوحدات

رغم أن معظم متطلبات هذه المعايير ذات طابع نوعى فإنها تضع أيضا حدودا كمية و مستويات إرشادية و لهذه الأغراض فان الكميات المادية الرئيسية المستخدمة في هذه المعايير تتمثل في معدل التحول النووي للنويدات المشعة (النشاط الإشعاعي) ، والطاقة التي تمتصها وحدة تمثل كتلة من مادة ما من الإشعاع الذي نتعرض له (الجرعة الممتصة) ووحدة النشاط هي مقلوب الثانية و هي تمثل عدد التحولات أو التفككات النووية في الثانية و التي تسمى "بكريل " ووحدة الجرعة الممتصة هي " الجول " لكل كيلوجرام و تسمى " جراى " .

الجرعة الممتصة هي الكمية الفيزيائية الأساسية لقياس الجرعات المستخدمة في هذه المعايير غير أن هذا ليس كافيا تماما لأغراض الوقاية من الإشعاعات لان فاعلية الأضرار التي تلحق بالنسيج البشرى تختلف باختلاف نوع الإشعاع المؤين ، وبالتالي فان الجرعة الممتصة التي توزع على نسيج أو عضو تضرب في عامل الإشعاع المرجح لمراعاة فاعلية نوع الإشعاع المعنى في إحداث الآثار الصحية و الكمية الناتجة تسمى " الجرعة المكافئة " وتستخدم الجرعة المكافئة عندما تشعع أعضاء أو أنسجة منفردة لكن احتمال حدوث آثار عشوائية ضارة بسبب جرعة مكافئة معينة يختلف باختلاف الأعضاء و الأنسجة ، وبالتالي فان قيمة الجرعة المكافئة بالنسبة لأي عضو أو نسيج تضرب في عامل النسيج المرجح لمراعاة حساسية العضو للإشعاع و يسمى المجموع الكلى لهذه الجرعات المكافئة المرجحة لجميع الأنسجة المعرضة في الشخص " الجرعة الفعالة " ووحدة الجرعة المكافئة و الجرعة الفعالة هي نفسها وحدة " الجرعة الممتصة " وهى الجول /كيلوجرام و لكن يستخدم لفظ " سيفرت " لتجنب الخلط مع وحدة الجرعة الممتصة " جراى " .

وعندما يمتص الجسم النويدات المشعة فان الجسم يتلقى الجرعة الناتجة طوال المدة التي تبقى فيها هذه النويدات بداخله و" الجرعة المودعة" هي إجمالي الجرعة الممتصة خلال تلك المدة و تحسب كمتكامل زمني محدد لمعدل تلقى الجرعة و يطبق أي قيد ذي صلة على الجرعة المودعة من الإشعاعات التي يتلقاها الجسم ويتوقف الأثر الإجمالي للتعرض للإشعاع الناتج عن ممارسة أو مصدر ما علي عدد الأشخاص المتعرضين و الجرعات التي يتلقونها و لذلك فان " الجرعة التجميعية " التي تعرف بأنها مجموع نواتج الجرعة المتوسطة في مختلف مجموعات الأشخاص المعرضين و عدد الأفراد في كل مجموعة يمكن أن تستخدم للتعبير عن الأثر الإشعاعي لممارسة أو مصدر ما و تسمى وحدة الجرعة التجميعية " سيفرت / شخص ".

2-1-7 الجرعة Dose

هو مصطلح يشير إلي مقدار الطاقة الإشعاعية الممتصة في الوسط و علي الرغم من أن مصطلحات الجرعة أو الجرعة الإشعاعية غالبا ما يستخدم بالمعني العام فأنه يجب أن تكون محددة .

مفهوم تحديد الجرعة System Of Dose Limitation

تستخدم معايير الأمان الأساسية لبلوغ أهداف الوقاية من الإشعاع نظام تحديد الجرعة الذي أوصت به الجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRB و هو يتكون من الشروط الأساسية التالية :-

1- التبرير Justification

لا يرخص لممارسة أي عمل يؤدى إلي تعرض الإنسان للإشعاع إلا إذا كانت حصيلته نافعة نفعا صافيا أكيد على أن تؤخذ الأضرار الإشعاعية الناتجة بعين الاعتبار .

2-الأمثلة Optimization

يفضل أن تكون التعرضات منخفضة إلي أدنى قدر ممكن معقول علي أن تؤخذ بعين الاعتبار العوامل الاقتصادية و الاجتماعية و تقتضي هذه المتطلبات ضرورة تخفيض ضرر عمل ما باستخدام الإجراءات الوقائية إلي قدر تصبح فيه التخفيضات اللاحقة اقل أهمية من الجهود الإضافية اللازمة .

3-حدود الجرعة الفردية Individual Dose Limitation

لا يتجاوز مكافئ الجرعة للأفراد من كافة الأعمال حدود الجرعة المطبقة (ما عدا تلك الأعمال المستثناة علي وجه التخصيص كما تبين المناقشة فيما بعد) و يجب من اجل تطبيق هذه المتطلبات ملاحظة أن معظم الأعمال في الوقت الحاضر نواتج مكافئات جرعة يتم تلقيها في المستقبل و هذا ما يجب أخذه بعين الاعتبار لضمان ألا تكون الأعمال الحالية أو المستقبلية عرضة لتوليد تعرضات غير ضرورية لأي فرد (كما ورد في حدود الجرعة) و يمكن في حالة التعرض الخارجي استخدام قرائن مكافئ الجرعة حيثما يكون ذلك مناسبا كمقادير مناسبة للحدود الثانوية و ذلك باستخدام حد مكافئ الجرعة الفعال لقرين مكافئ الجرعة العميق و حد مكافئ الجرعة السنوي للجلد كقرين لمكافئ الجرعة السطحي .

الحدود الثانوية Secondary Limits

تستعمل هذه الحدود عندما يتعذر استخدام حدود الجرعة الأولية بشكل مباشر و يعبر عن هذه الحدود في حالة التعرض الخارجي للإشعاع بالجرعة و الإدارة و يقصد بالإدارة Management في هذه المعايير الهيكل الإداري و سلسلة المسؤوليات التي تشتمل تشغيل منشأ ما أو تنفيذ عملية تتضمن تداول مواد أومنابع مشعة و يقصد بالإدارة في هذه الوثيقة كذلك على أنها صاحب العمل .

أما في حالة التعرض الداخلي فيعبر عنها بالحدود السنوية للتناول ALI Annual Limit On Intake.

- الحد السنوي للتناول A L I

إن الحد السنوي للتناول هو حد ثانوي للتعرض الداخلي أثناء العمل فيجب تسجيل مكافئات الجرعة أو مكافئات الجرعة الناتجة عن التعرض الخاص المبرمج مع ذلك المكافئات الناتجة عن التعرضات العادية و لكن يجب ألا تؤدى أي زيادة في هذه الحالة عن الحدود الموصى بها للعمال المعرضين مهنيا للأشعة إلي استبعاد العامل عن مهنته العادية .

- الحدود المعتمدة على السلطة المختصة Authorized Limits

1-هي حدود أي كمية يمكن أن تعينها السلطة المختصة أو إدارة المنشأة و تدعى الحدود المعتمدة و يجب أن تكون هذه الحدود أقل من الحدود الأولية أوالحدود المشتقة و عندما تقوم الإدارة بتعينها تسمى بصورة عامة " الحدود التشغيلية " .

2-تعيين الحدود المعتمدة الأولية و الثانوية من قبل الجهات المختصة لتطبيقها علي الأفراد بغض النظر عن منبع الإشعاع .

و فضلا عن ذلك و في حالة المنشآت أو الممارسات الخاصة فأنه يمكن للجهات المختصة أن تعين حدودا معتمدة لكميات مختلفة و علي سبيل المثال منابع الإشعاع أو البيئة أو الأفراد المعرضين للإشعاع و يكون لهذه الحدود المعتمدة الأسبقية على الحدود المشتقة و يجب ألا تزيد الحدود التشغيلية على الحدود المعتمدة و عندما يعبر عن الحد كقيمة متوسطة خلال فترة زمنية معينة يجب أن يفهم أن القيمة الفعلية للكمية المحددة قد تعانى انحرافات كبيرة في فترات زمنية قصيرة .

- عموم الناس Members Of The Public

أن الحد السنوي لمكافئ الجرعة الفعال لعموم الناس هو 5 مللي سيفرت = 5,ريم و الحد السنوي لمكافئ الجرعة لأعضاء و أنسجة الفرد من عموم الناس هو 50 مللي سيفرت = 5 ريم و يطبق هذان الحدان على الفئة الحرجة من الناس .

و عند وجود أطفال في المجموعة يمكن استخدام جزء من المائة من قيمة الحد السنوي المتناول كقيمة ثانوية مماثلة أو أقل من قيمة حد الجرعة المعطاة أو قد يتطلب الأمر ضرورة القيام بالتقويم الخاص .

– المقادير و الحدود الثانوية المستخدمة لعموم الناس Secondary Limits And Quantities For Members

يمكن تقدير مكافئ الجرعة الفعال بالنسبة لعموم الناس باستخدام العلاقة * $He = \sum W_t . H_t$

حيث He مكافئ الجرعة الفعال .

H_t هو متوسط مكافئ الجرعة في الأنسجة T .

W_t عامل الترجيح الذي يمثل نسبة الأذى من التأثيرات العشوائية الناتجة في الأنسجة T إلي الأذى الكلى من هذه التأثيرات عندما يتعرض الجسم للتشعيع المتجانس .

و لحساب مكافئ الجرعة المستهدف من تقدير النكليدات المشعة المتبادلة يجب أن تؤخذ بالحسبان المعاملات الحيوية الايضية و عوامل أخرى تميز الفئة الحرجة مثل العادات الغذائية و التوزيع السكاني و استخدام الأراضي .

---

*

و في حالات تعرض فئة محدودة من الناس للإشعاع (الراشدين منهم فقط) يمكن استخدام 1/10 أو 1/5 قيمة الحد السنوي للتناول ككمية ثانوية مماثلة أوأقل من قيمة حد الجرعة 50 مللي سيفرت أما في حالة وجود أطفال في المجموعة يمكن استخدام جزء من المائة من الحد السنوي المتناول كقيمة ثانوية مماثلة أو أقل من قيمة حد الجرعة أو معدل القيمة السنوية 1 مللي سيفرت أو قد يتطلب الأمر القيام بالتقويم الخاص .

نظام تحديد الجرعات : System Of Dose Limitation

يجب حصر الجرعات الناتجة عن المنابع و الممارسات التي تؤدى إلي التعرض للإشعاع المؤين أو المواد المشعة بنظام تحديد الجرعات الذي يتضمن تبرير الممارسة و أمثلة الوقاية الإشعاعية و الحدود السنوية للجرعة المكافئة .

– الحدود و المستويات المرجعية Limits And Radiation Levels

إن مفهومي الحدود و المستويات المرجعية مفهومان مختلفان في مجال الوقاية الإشعاعية فالحد هو قيمة الكمية الواجب عدم تجاوزها أما السوية المرجعية فهي قيمة الكمية المستخدمة لتعيين التدبير الوقائي الذي ينبغي القيام به و هو ليس حدا .

مكافئ الجرعة (H) * Dose Equivalent

مكافئ الجرعة (H) هو حاصل ضرب الجرعة الممتصة D في عامل النوعية Q و في N (حيث N هو حاصل ضرب سائر العوامل المعدلة الأخرى) في النقطة المدروسة من النسيج (التقريران 25،33 للهيئة الدولية لوحدات الإشعاع و قياسه ICRU)

$$H = D . Q . N$$

"إن وحدة مكافئ الجرعة H في النظام الدولي SI هي نفسها للجرعة الممتصة D (جول/كغ)و الاسم الخاص لمكافئ الجرعة في النظام الدولي SI هو السيفرت SV

$$1\ SV = 1\ J . Kg^{-1}$$

$$1\ Rem = 10^{-2}\ SV$$

والوحدة الخاصة لمكافئ الجرعة " الريم " يمكن استخدامها مؤقتا و في الوقت الحاضر حددت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية قيمة N بأنها تساوى 1 .

برامج المراقبة و المسح لمكافئ الجرعة المودع ألا فرادى و الجماعي

يجب وضع برنامج المسح من اجل :–

1–التأكد من مطاوعة الحدود المعتمدة .

2–تقويم مكافئات الجرعة لأفراد عامة الناس الناجمة من المنابع المعتمدة .

3–تقدير اتجاهات مستويات التعرض للإشعاع في البيئة .

يمكن مراقبة تعرض السكان بأجراء ما يلي :–

-مراقبة المنبع و هي تشمل مراقبة عملية التصريف و تقدير معدل الجرعة في حالة التعرض المباشر لأفراد العامة و تشكيل مراقبة مكونات المنبع المشع أساس متطلبات المراقبة بخلاف حالة المراقبة البيئية للمسالك .

-مراقبة المسالك البيئية للتأكد من كفاية الوقاية للفئات الحرجة من السكان و يجب إجراء عملية المسح في جميع الأماكن التي يمكن لن تتواجد فيها فئات حرجة و يجب كذلك إجراء المراقبة البيئية في مناطق أخري حيث يمكن أن يتأثر السكان فيها بمنبع مشع معين و مع ذلك يجب التأكد من كون المستويات الإشعاعية في البيئة منخفضة جدا لذلك يكون الاعتماد الأساسي على مراقبة المنبع المشع .

-يجب فحص نتائج المسح الإشعاعي من اجل تأكيد أو تعديل القرارات و النماذج البيئية المستخدمة في الحصول على حدود الإطلاق و تقدير الجرعات المودعة .

-يجب أن تدرس دراسة دقيقة السجلات المتعلقة بقياس التعرض الخارجي و التلوث الإشعاعي و بتقديرات الجرعات التي تلقاها السكان و يجب كذلك تدوين جميع مقادير المواد المشعة المطروحة في البيئة طبقا لمتطلبات السلطات الوطنية المختصة .

---

*سلسلة الامان 115

الحد من الجرعات للأشخاص الذين يقومون بمواساة و زيارة المرضى :-

لا تنطبق حدود الجرعة الموضحة في هذا الجزء على من يقومون بمواساة المرضى أي الأفراد المعرضين أثناء تقديم المساعدة طواعية و ليس ضمن عملهم أو وظيفتهم لرعاية أو معاونة أو مواساة المرضى الذين يجتازون تشخيصا أو علاجا طبيا أو علي زوار هؤلاء المرضى فلابد تقييد الجرعة التي يتلقاها أي من هؤلاء الأشخاص الذين يقومون بمواساة أو زيارة المرضى بحيث لا يحتمل أن يتجاوز تعرضهم 5 مللي سيفرت خلال فترة الفحص التشخيصى لأي مريض أوعلاجه وبالنسبة للأطفال الذين يزورون مرضى تحتوى أجسامهم على مواد مشعة ينبغي بالمثل تقييد الجرعة لديهم إلى أقل من 1 مللي سيفرت .

9-1-2 تصنيف العاملين Classification Of Workers

قد يكون من المناسب تصنيف العمال لتسهيل إجراءات الإشراف الطبي و المراقبة للأفراد فعلي سبيل المثال يمكن القيام بذلك على أساس تصنيف ظروف العمل التي يعملون فيها و يمكن أن يتم ذلك عمليا على أساس المناطق التي يعملون فيها و نوع عملهم و طبيعة أو الوقت الذي يقضونه في تلك المناطق إن أمكن التبوء بذلك بدقة كافية .

فيجب أن يخضع العمال الذين يدعون للعمل الإشعاعي بين الحين و الآخر بشكل مؤقت فقط مثل أعمال الصيانة و الإصلاح إلي نفس المتطلبات التي يخضع لها العمال الدائمين المعرضون مهنيا للإشعاع وذلك فيما يتعلق بالمراقبة و تسجيل الجرعة و المسح الطبي ... الخ .

كذلك بذل جهود خاصة للتأكد من أن حماية هؤلاء العمال جيدة كحماية العمال الدائمين و أن تعرض هؤلاء العمال يتم ضمن الطريقة المثلى لحماية المؤسسة .

قوانين الحماية الإشعاعية مقننة للأشخاص المعرضين للإشعاعات في مناطق محدودة و من الضروري استيعاب ما المقصود بالتقسيم أو التصنيف و توظيف الأشخاص و المناطق المتحكم فيها و حدود الجرعات التي حددت من قبل .

في UK تصنف الأشخاص وفقا NRPB 1983 لو هناك عمل أو تدريب يستلزم التعرض للإشعاعات المؤينة لمثل نطاق جرعات سنوية تتجاوز قوتها 3\10 أي حدود جرعة .

لذلك الغرض أي شخص سوف يدخل المنطقة المتحكم فيها ألا المعفى تحت نظام العمل يوقف بواسطة مسؤول الوقاية الإشعاعية وبالنسبة للأشخاص وفقا أقصى قيمه للتعرض الإشعاعي 100 ريم للعاملين بالإشعاع و 10 ريم للعاملين الآخرين و هذه القيم يتم الاستعانة بها لتصميم الحواجز الوقائية للعاملين بالإشعاع و يمكن أن تعتمد على معدل التعرض الأسبوعي (10 ريم متوسط التعرض الإشعاعي الأسبوعي) و ذلك لتقليل الزيادة الغير مرغوب فيها في تكلفة بناء الحواجز الوقائية *.

العاملون بالإشعاع Workers

أن الحد السنوي لمكافئ الجرعة الفعال من أجل العمال هو (50 مللي سيفرت = 5 ريم) يضاف إلي ذلك الحد السنوي لمكافئ الجرعة لأعضاء وأنسجة الفرد من العمال و هو 500 مللي سيفرت = 50 ريم هذا باستثناء حالة الجسم البلوري فحدها هو 150 مللي سيفرت = 15 ريم .

و يعتبر الحد السنوي للتناول A L I هو أصغر قيمة للتناول من النكليدات المشعة في عام واحد يتناولها الإنسان المرجعي(المنشور 23 للهيئة الدولية للحماية الإشعاعية) التي قد تعطى المكافئ الفعال للجرعة المودعة 50 مللي سيفرت أو مكافئ الجرعة المودعة في عدسة العين 150 مللي سيفرت أو في أعضاء أوأنسجة أخرى 500 مللي سيفرت .

(49 NCRP) *

1-2-2 تصنيف مناطق العمل Classification Of Areas Of Work

يجب تعيين مناطق العمل و تصنيفها حسب مستوى التعرض الممكن للإشعاع و يجب أن يكون التعرض متناسب كيفا و نوعا مع حجم و طبيعة التعرض للإشعاع المرتبط بالعمل .

تحديد المناطق الخاضعة للرقابة

المنطقة الخاضعة للرقابة هي أي منطقة يلزم فيها اتخاذ تدابير وقائية محدده أو ترتيبات للأمان للأغراض التالية:-

-مراقبة التعرضات العادية أو الحيلولة دون انتشار التلوث أثناء العمل .

-منع أو تقليل مدى التعرضات الممكنة .

عند تعيين حدود منطقة خاضعة للرقابة يراعى المسؤولون المرخص لهم أحجام التعرضات العادية المتوقعة و احتمالات التعرضات الممكنة و حجمها و طبيعة إجراءات الوقاية و الأمان المطلوبة و مداها .

تحديد المناطق الخاضعة للإشراف Supervised Areas

من الملائم أحيانا إنشاء مناطق خاضعة للإشراف حيث يتوجب تنفيذ مراقبة الهيئة فيها و يتم اختيار حدود هذه المنطقة بحيث لا تتجاوز مكافئات الجرعة السنوية خارجها عشر الحدود المهنية .

و المنطقة الخاضعة للإشراف هي أي منطقة لم تعين بالفعل كمنطقة خاضعة للرقابة و لكنها بحاجة لان تخضع فيها ظروف التعرض المهني للمراجعة حتى و أن لم تقتضي الحاجة عادة اتخاذ تدابير محدودة للوقاية و ترتيبات الأمان و يقوم المسجلون و المرخص لهم بما يلي مع مراعاة طبيعة و حجم المخاطر الإشعاعية في المناطق الخاضعة للإشراف :-

-رسم حدود المنطقة الخاضعة للإشراف باستخدام وسائل ملائمة .

-إجراء استعراض دوري للظروف بغرض تحديد أي ضرورة تقتضي اتخاذ تدابير وقائية و ترتيبات للأمان أو إدخال تغييرات على حدود المناطق الخاضعة للإشراف .

-تخطيط المناطق الخاضعة للرقابة بالوسائل المادية أو إذا لم يكن ذلك ممكنا من الناحية المعملية يمكن استخدام بعض الوسائل المناسبة الأخرى .

-يتم تخطيط منطقة ملائمة خاضعة للرقابة باستخدام وسائل مناسبة في ظل الظروف السائدة و تحديد أوقات التعرض .

-وضع علامات موافق عليها عند نقاط الدخول الملائمة المؤدية إلى المناطق الخاضعة للإشراف .

-وضع علامات تحذير كتلك التي أوصت بها المنظمة الدولية للتوحيد القياسي و أي تعليمات ملائمة عند نقاط الدخول و المواقع الأخرى المناسبة داخل المنطقة الخاضعة للرقابة .-تقييد الدخول إلى المناطق الخاضعة للرقابة بواسطة إجراءات إدارية مثل استخدام تصاريح العمل و الحواجز الوقائية بما فيها الأقفال أو الأقفال المترابطة بحيث تتناسب درجة التقييد مع حجم التعرضات المتوقعة و احتمالها .*

– المنطقة المتحكم بها Controlled Area

تنشأ مناطق متحكم بها في المواقع التي يكون تعرض العاملين فيها للإشعاع يزيد علي 3/10 حدود مكافئ الجرعة و تتم في هذه المناطق مراقبة دخول العاملين إليها و خروجهم منها وفقا لتعليمات التشغيل .

و وفقا (NCRP 1976 في USA) المنطقة المتحكم فيها تكون المنطقة المحددة التي فيها تعرض الأشخاص للإشعاع يكون تحت مراقبة مشرفين الوقاية الإشعاعية .

NCRP يجدول عوامل المنطقة المنشغلة (منطقة العمل) و يرمز إليها (T) للشخص الغير مهني المعرض كذلك NCRP يجدول اقل متطلبات للحواجز الوقائية لتجهيزات أشعة اكس التي تكون محسوبة مستخدم الأبعاد و الكميه باستخدام المعادلة :– W U T

حيث ان :

W هي مقدار العمل الأسبوعي في المنطقة الغير متحكم فيها .

U هي مقدار العامل لمستخدم الحواجز الوقائية .

T =1 (انشغال كلى)لمناطق العمل مثل المكاتب (توصيات NCRP) المعامل – مختبرات – الأجنحة – استراحة الممرضات في المنطقة المجاورة مباشرة – مناطق الانتظار – منطقة انتظار خاصة بالأطفال – المناطق المنشغلة في المباني المجاورة .

T = 1\4 (انشغال جزئي) للممرات – حجرات الانتظار أو الراحة – المصاعد – استخدام الجراحات – مواقف السيارات .

T = 1\6 (معد للاستخدام لغرض معين) حجرات الانتظار – التواليت – السلالم – المصاعد – دواليب أدوات التنظيف – ممرات الدخول والخروج المستخدمة خارج المنطقة .

في UK NRPB 1983 يحدد المنطقة المتحكم فيها مثل أي منطقة أينما يكون الشخص ربما يتلقى جرعة أو جرعة مودعة بخلاف الخلفية الطبيعية أوالتعرض الطبي المفرط الدى يساوى 3\10 أي حدود للجرعة السنوية للعاملين البالغين عندما يكون مثل هؤلاء الأشخاص يستقبلوا اكثر من 1\10 لكن اقل من 3\10 حدود الجرعة السنوية تصنف المنطقة (منطقة مراقبة خاضعة للإشراف).

تصنيف ظروف العمل Classification Of Working Conditions

و فيما يتعلق بغرض هذه المعايير فقد تم تمييز حالتين من ظروف العمل يتعرض فيهما العمال للإشعاعات المؤبنة :–

حالة العمل (أ) هي الظروف التي قد يتجاوز فيها التعرض السنوي للإشعاع ثلاثة أعشار 3/10 حدود مكافئ الجرعة و يخضع العاملون في هذه الحالة إلي مراقبة صحية خاصة و إلي تقويم مكافئ الجرعة لكل منهم و يتم عادة تقويم مكافئ الجرعة بواسطة المراقبة الافرادية للتلوث الإشعاعي الداخلي و الخارجي حيثما يكون ذلك مناسبا و من الممكن أن يتم تنفيذ ذلك بطرق غير مباشرة .

حالة العمل (**ب**) هي الظروف التي يستبعد أن يتجاوز فيها التعرض للإشعاع ثلاثة أعشار حدود الجرعة المكافئة .

و قد يكون من المناسب تصنيف ظروف العمل إلي صنفين :–

أ– الذي قد يتجاوز التعرض فيه للإشعاع إلى أكثر من 3/10 الحدود الأساسية للجرعة .

ب– الذي يستبعد غالبا أن يتجاوز التعرض فيه 3/10 هذه الحدود .

إن الحدود المذكورة هنا هي الحدود المهنية (العاملون بالإشعاع Workers) يجب مراقبة مصادر الإشعاع في كل من أ _ ب مراقبة وافية .

ليس للقيمة 3/10 أي أساس بيولوجي و هي ببساطة قيمة مرجعية مستمدة من الخبرة و تمثل حدا معقولا يفصل بين الظروف التي يمكن فيها الوصول إلي حدود الجرعة أو تجاوزها و بين الظروف التي يستبعد فيها الاقتراب من حدود الجرعة .

المتطلبات العامة للمناطق المراقبة و الخاضعة للإشراف

ينبغي أن يتحقق في المناطق المراقبة و الخاضعة للإشراف ما يلي :–

1-أن تنشأ طبقا لمتطلبات الأنظمة كما وضعتها السلطات القومية المختصة .

2-أن تكون خاضعة للمسح الإشعاعي الملائم .

- المسح الفيزيائي Physical Surveillance

يجب علي المستخدم إنشاء نظام المسح الفيزيائي لتحديد طبيعة الاحتياطات الواجب اتخاذها لضمان ملاءمتها مع نظام تحديد الجرعات المبين في معايير الأمان الأساسية و لتقييم فعالية تلك الاحتياطات يتضمن المسح الفيزيائي في المناطق المراقبة ما يلي :-

1-تقويم الأعمال أو المنابع الجديدة بغرض الموافقة عليها أو تعديل الأعمال أو المنابع القائمة و ذلك من وجهة نظر الوقاية الإشعاعية .

2-التأكد قبل التكليف أو البدء بالعمل في منبع جديد أو ممارسة جديدة من تطبقها مع الاقتراحات الموافق عليها من انه تم تحقيق المتطلبات الملائمة للوقاية الإشعاعية .

3-التحقق من فاعليه القرارات الإدارية الموضوعة لتحقيق الوقاية و من توفير تعليمات العمل المناسبة و تطبيقها .

4-تقويم استمرارية كفاءة طرق العمل المستخدمة و كفاءة أجهزة الوقاية .

5-التحقق من حسن الأداء و الاستعمال في جميع الأدوات التي لها صلة بالوقاية .

6-تقويم التعرض و مستويات التلوث في مواقع ملائمة داخل المؤسسة بما في ذلك تحديد طبيعة الإشعاع المستخدم و نوعيته .

7-توفير مراقبة الأفراد الذين يعملون في ظروف العمل (أ) .

- المسح الفيزيائي في المنطق الخاضعة للإشراف Physical Surveillance In Supervised Area

تشمل ظروف العمل (ب) جميع ظروف العمل التي يستبعد أن تتجاوز حدود الجرعة الأساسية 3/10 قيمتها بالنسبة للعمال و ليس من الضروري و جود مراقبة عينية أو إدارية حين يكون التعرض للإشعاع غير مرتبط بالعمل و حين يتضمن مكان العمل منبعا مشعا و ذلك لان التحكم بالمنبع و تدريعه كافيان لضمان التقييد بحدود الجرعة لعامة الناس و تكون عملية المراقبة الفردية غير ضرورية عادة في ظروف العمل (ب) ضمن المناطق الواقعة تحت المراقبة الإدارية للإدارة المسؤولة عن منبع الإشعاع ولكن يمكن إجراؤها كتكملة لمراقبة المنطقة في المناطق الخاضعة للإشراف و ذلك للتأكد من أن تلك الظروف مرضية كذلك لا حاجة للمراقبة في مناطق عمل التجهيزات التي تضم منابع إشعاعية إذا لم تكن هذه المناطق تحت المراقبة أو خاضعة للإشراف و لتأمين استمرار تحقيق هذه الأهداف يجب إجراء مراجعة دورية لبرامج المتابعة و المسح و ذلك في ضوء الخبرة و في حالة حدوث أي تعديلات رئيسية في إنجاز الأعمال بما في ذلك المحطات أو الأعمال الحديثة منها أو المعدلة يجب أن يتم تحديد مدى إجراءات الوقاية الإشعاعية تبعا لشدة الخطر المتوقع .

المسح الطبي Medical Surveillance

يجب أن يؤمن المستخدم مسحا طبيا للعاملين وان يتأكد من تنفيذ برنامج هذا المسح و يعتمد المسح الطبي للعاملين المعرضين للإشعاع علي الأسس العامة للطب المهني و يجب عدم تشغيل العاملين أو الاستمرار بتشغيلهم في عمل يعرضهم للإشعاع المؤين خلافا للإرشادات الطبية المحددة مع الأخذ بعين الاعتبار الظروف الحالية أو السابقة للتعرض للمواد الكيمائية السامة و للظروف الفيزيائية الخطرة الأخرى .

2-2-2 الشارات الدولية

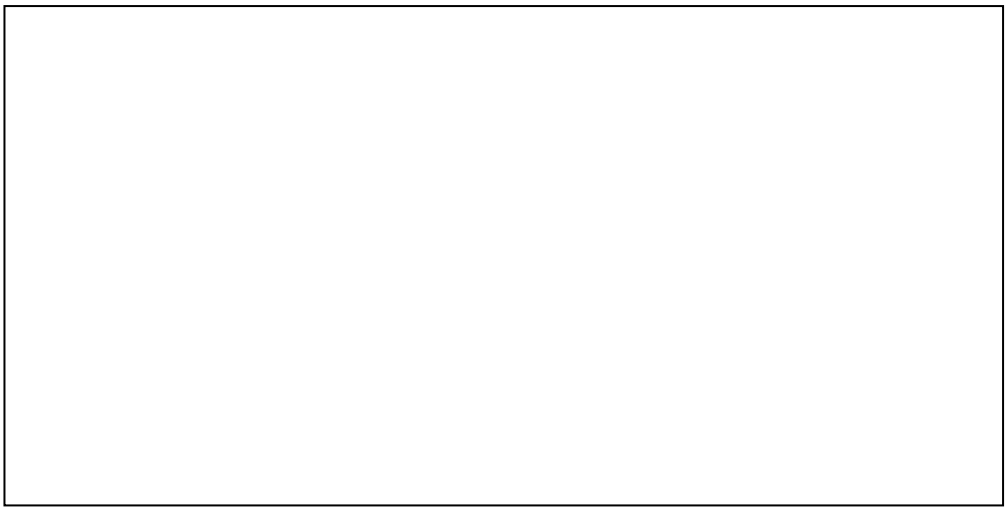
تستخدم شارة دولية للدلالة علي الخطورة الإشعاعية و هذه الشارة عبارة عن دائرة مركزية يحيط بها ثلاثة قطاعات دائرية مطلية جميعا (مع الدائرة المركزية) بالون الأسود و مرسومة علي خلفية صفراء و يجب وضع الإشارات التحذيرية الملائمة في مداخل المناطق المتحكم فيها و يجب أن تظهر الإشارات التحذيرية :- الرمز الأساسي المبين في الشكل (6) الذي يشير إلي الوجود الفعلي للإشعاع المؤين و شدته .

الشكل (6) يوضح :

أ- الاشارة للوجود الفعلى للاشعاع المؤين وشدته رمز اصفر و خلفية صفراء .

ب-نظائر مشعة تستخدم فى الطب الاشعاعى .

ج- شارة توضع على باب حجرة اشعة اكس .



-بعض العبارات الإضافية و الألوان أو الرموز حسبما ينقضي الأمر و التي تبين بشكل يدركه جميع المعينين و الطبيعة الخاصة لمخاطر التعرض للإشعاع ومقدارها و من المقيد أحيانا أن تحدد داخل المناطق المتحكم بها الأماكن التي يمكن فيها إبقاء الجرعة ضمن الحدود المناسبة و ذلك إما عن طريق تحديد الوقت الممكن قضاءه في المكان أو ضمن الحدود المناسبة و ذلك إما عن طريق تحديد الوقت الممكن قضاءه في المكان أو باستخدام الملابس الوقائية الخاصة أو أي وسائل وقائية أخرى .

-التحقق من توفير تعليمات العمل المبينة و تطبيقها .

-التحقق من حسن الأداء و الاستعمال في جميع الأدوات التي لها صلة بالوقاية .

-تقويم التعرض و مستويات التلوث في مواقع ملائمة داخل المؤسسة بما في ذلك تحديد طبيعة الإشعاع المستخدم و نوعيته .

و يكتب علي الشارة مصطلحات مختلفة يدل علي نوع الخطورة و هذه المصطلحات هي :-

- تحذير منطقة إشعاعية Caution radiation

و توضع هذه الشارة في المناطق التي يمكن أن يتعرض فيها الجسم لمجال إشعاعي خارجي بحيث يحصل على جرعة مكافئة مقدارها 1 مللي سيفرت في الأسبوع .

- تحذير مادة مشعة Caution radioactive material

و توضع هذه الشارة في الغرف أو المختبرات التي توجد أو تخزن فيها مواد مشعة تزيد علي الكميات المبينة في الجدول (5) :

اسم النظير	الحد الذي يستوجب وضع العلامة علي الغرفة (ميكروكوري)

كالسيوم 45 بوتاسيوم 42 فسفور32	100
سيزيوم137 باريوم137 كلور36	100
صوديوم24 خارصين65 ذهب198	100
كربون14 نحاس64	1000
حديد55 كبريت35	1000
كروم51 تريتيوم3	10000
كوبالت60	10
يود125 يود131	10
سترونشيوم90 اتريوم90	1
راديوم226	0,1
أي مصادر ألفا	0,1
أي مصادر بيتا أو جاما (خلاف ما ورد) .	1

جدول (5) يوضح كمية المواد المشعة المستخدمة فى المختبرات والتى تستلزم ضرورة وضع اشارات تحذير

– تحذير مواد مشعة Caution radioactive materials

و توضع هذه الشارة في مكان تسهل رؤيته علي أي حاوية تستخدم لنقل أو تخزين أو تداول المواد المشعة بكمية لا تتجاوز 1/10 من الكميات المبينة في الجدول السابق

– تحذير منطقة نشاط إشعاعي للهواء Airborne radioactivity area

توضع هذه الشارة في المناطق التي يزيد فيها تركيز المواد المشعة في الماء أو الهواء علي الحدود المبينة في الجدول (6) التالي :

النظير	التركيز بالبيكريل / سم مكعب			
	مناطق غير محظورة		مناطق محظورة	
	ماء	هواء	ماء	هواء

كربون 14	2,96	3-10× 3,7	740	0,150
ترينيوم 3	111	3-10× 7,4	3700	0,185
كبريت 35	2,22	4-10×3,33	74	0,011
يود 131	0,011	5-10×3,7	2,22	4-10×3,3
يود 125	3- 10 × 7,4	6-10×3,0	1,48	4-10×1,85
فسفور 32	0,74	5-10×7,4	18,5	3-10×2,60
كالسيوم 45	0,33	5-10×3,7	11,1	3-10×1,1
صوديوم 24	1,11	4-10×1,85	29,6	3-10×3,7
بوتاسيوم 42	0,74	4-10×1,48	22,2	3-10×3,7
كروم 51	7,4	3-10×2,96	1850	2-10×7,4
بروم 82	1,48	4-10×2,22	37	3-10×7,4
كلور 36	2,22	5-10×2,96	74	3-10×7,4
كربتون 85	–	2-10×1,1	–	0,37
كسينون 133	–	2-10×1,1	–	0,37

جدول (6) يوضح المناطق التى يزيد بها تركيز المواد المشعة فى الماء و الهواء .

3-2-2 تقسيم أماكن العمل و المختبرات

أوصت اللجنة الدولية للطاقة الذرية بتقسيم كل من أماكن العمل و المختبرات التي تتوافر فيها مواد مشعة أو أي مصادر للأخطار الداخلية أو الخارجية إلي أربعة أنواع تبعا لخطورة المادة المشعة و درجة سميتها الإشعاعية radiotoxicity و قد أخذت معظم الدول بهذا التقسيم و التزمت به في عمليات المراقبة الإشعاعية .

أولا : تقسيم أماكن العمل تبعا لخطورة المادة المشعة

يبين جدول (7) تقسيم الأماكن تبعا لخطورة المادة المشعة إلي الأنواع الأربعة الآتية :-

النوع	تعريفه	الخطر	أمثلة لهذه الأماكن
الرابع	الأماكن و المباني القريبة من مصادر الإشعاعات الخارجية حيث يكون مستوى هذه الإشعاعات مهملا ولا تحتوى أي مواد مشعة .	غير محظورة .	المباني الإدارية المجاورة للمختبرات الحاوية للمواد المشعة .
الثالث	الأماكن التي لا يزيد حد الأخطار الخارجية فيها عن 0,1رم في الأسبوع و إمكانية التلوث بالمواد المشعة مهملة .	مناطق محظورة إلا علي العاملين بها ولا توجد ضرورة لارتداء الملابس الواقية .	الغرف المجاورة لاماكن العمل مثل غرف التحكم و المراقبة .
الثاني	الأماكن التي يمكن أن تتوافر فيها أخطار إشعاعية خارجية أو التي يمكن أن يحدث فيها تلوث بالمواد المشعة مما يلزم بضرورة توافر التعليمات الخاصة بالعمل فيها .	مناطق محظورة إلا علي العاملين بها و يجب ارتداء الملابس الواقية المناسبة و يخضع العاملون فيها للمراقبة.	المختبرات الكيميائية و أماكن وجود الأجهزة و المواد المشعة .
الأول	الأماكن التي تتوافر فيها أخطار إشعاعية خارجية	مناطق محظورة إلا علي العاملين و يجب ارتداء	المختبرات الحارة و ما شابهها .

	كبيرة و يمكن أن تكون درجة التلوث فيها عالية .	الملابس الواقية و يخضع جميع العـــاملين فيهـــا للرقابـــة الإشعاعية و مراقبة التلوث .	

ثانيا : تقسيم أماكن العمل تبعا لدرجة سمية المادة المشعة

بالإضافة إلي هذا التقسيم العام لاماكن العمل و المختبرات فقد تم تقسيم المختبرات بجدول رقم (8) التي تتوافر بها مواد مشعة مفتوحة و متداولة إلي أربع مجموعات كذلك تم توزيع المواد المشعة من حيث درجة سمو ميتها علي هذه المجموعات الأربعة .

جدول (8) يوضح تقسيم المختبرات من حيث درجة السمية .

أماكن العمل	درجة السمية	
المجموعة الأولى	نظائر عالية السمية	High toxicity radionuclides
المجموعة الثانية	نظائر فوق متوسطة السمية	Medium high toxicity
المجموعة الثالثة	نظائر متوسطة السمية	Medium toxicity
المجموعة الرابعة	نظائر منخفضة السمية	Low toxicity

ثالثا : تقسيم المختبرات تبعا لكمية النظائر المشعة المتداولة فيها

كما تم تقسيم المختبرات إلي ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لكمية النظائر المشعة التي يتم تداولها فيها وذلك بالنسبة لمجموعات النظائر الأربعة ويبين جدول (9)هذا التقسيم .

المجموعة التي ينتمي أليها النظير	نوع المختبر و كميات النظير في كل نوع		
	الثالث	الثاني	الأول
الأولى	اكثر من 1 مللي كوري	من 10 ميكروكورى إلي 1 مللي كوري	اقل من 10 ميكروكورى
الثانية	اكثر من 100 مللي كوري	من 1 إلي 100 مللي كوري	اقل من 1 مللي كوري
الثالثة	اكثر من 10 كوري	من 100 مللي كوري إلي 10 كوري	اقل من 100 مللي كوري
الرابعة	اكثر من 1000 كوري	من 10 إلي 1000 كوري	اقل من 10 كوري

جدول (9) يوضح تقسيم المختبرات تبعا لكمية النظائر المشعة .

و يجب أن تخضع جميع الأماكن و المختبرات المحظورة و كذلك الأماكن المجاورة لها لمراقبة التلوث لاكتشاف أي تلوث بأي من المواد المشعة فور حدوثه .
و عند حدوث أي تلوث فأنه تجب أزالته علي وجه السرعة حتى لا ينتشر هذا التلوث إلي مناطق أوسع مما يعقد عملية إزالته .

2-2-4 مراقبة التلوث بالمواد المشعة

تهدف مراقبة التلوث بالمواد المشعة إلي تحقيق العناصر الأساسية الآتية :-

1. تخفيض كمية المواد المشعة المتداولة إلي أدنى حد ممكن .
2. احتواء المواد المشعة في أوعية محاطة بحاجزين علي الأقل .
3. اتباع التعليمات و تنفيذ الخطوات الصحيحة المتعلقة بالملابس الواقية و الاغتسال ووسائل كشف التلوث .

القواعد العامة لمراقبة التلوث

تعتمد عملية مراقبة التلوث علي جميع الأفراد القائمين بالعمل في المكان الخاضع للتدريب أو ليا و دوريا علي قواعد العمل في تلك الأماكن و على كيفية التصرف في حدوث أي من الأخطار و أهم القواعد التي يجب اتباعها عند العمل في أي من هذه الأماكن ما يلي :-

1. الامتناع عن تناول الطعام والشراب و التدخين داخل هذه الأماكن .
2. الامتناع عن عمل حركات بالفم كمضغ اللبان أو غيره .
3. تغطية الجروح مهما صغرت بوسيلة تمنع وصول السوائل إليها قبل الدخول إلي المكان حتى لا يصل التلوث إلي الدم .
4. عند حدوث أي جروح لأي من الأشخاص داخل المكان يجب التبليغ عنها للمسؤول و إزالة التلوث عنها و معالجتها في الحال .
5. عدم استخدام المناديل العادية داخل المكان و استخدام المناديل الورقية الخاصة بإزالة التلوث بدلا منها .
6. جميع الأشياء التي تخرج من هذه الأماكن تخضع للرقابة و يجب أخذ الموافقة علي إخراجها قبل التنفيذ .
7. يجب وضع الشارات المميزة عليها (شارات التلوث الإشعاعي) كما يجب وضع هذه الشارات على جميع الأدوات المستخدمة في تلك الأماكن وعدم خلطها بالأدوات المستخدمة في الأماكن الأخرى .

الملابس الواقية

يستخدم الملابس الواقية لمنع حدوث تلوث الجسم بالمواد المشعة و يعتمد نوع هذه الملابس علي طبيعة التلوث و كميتة فعند تلوث الأسطح بكميات قليلة من المواد المشعة يجب ارتداء المعطف العادي و الحذاء ذي الرقبة الطويلة و القفازات المطاطية أما عند تلوث الهواء بأي كمية من الإشعاعات فأنه يجب ارتداء الحلة الكاملة و المغلقة مع استخدام قناع حول الرأس مزود بمرشح للهواء أو أنابيب توصيل الهواء النقي و عند حدوث تلوث بالسوائل المشعة يجب ارتداء الحلة الكاملة المغلقة و قناع الرأس المزود باسطوانة للهواء النقي و مهما كان نوع الملابس فيجب أن تتوافر غرفة قريبة لغيار هذه الملابس مفصولة بحاجز مناسب لمنع انتشار التلوث كما يجب توفير الوسائل التالية بالقرب من هذه الغرفة :-

-حوض لغسيل الأيدي (ويفضل توفر دش) .

-أجهزة الكشف عن التلوث (كشاف تلوث الأيدي و الملابس) .

-ملابس واقية نظيفة قريبة المنال .

-مرحاض مناسب علي الجانب النظيف للحاجز .

-حاويات للملابس المستخدمة الملوثة و للنفايات المشعة .

-مكتب مراقبة عند الحاجز لمنع دخول غير المسؤولين و لتنفيذ التعليمات الخاصة باستبدال الملابس و غيرها .

-تعليمات الطوارئ الخاصة بكيفية التصرف في حالة حدوث أي حوادث أخرى مثل الحريق أو التلوث الشديد لأحد العاملين .

مراقبة المداخل Access Control

-يحظر دخول أي شخص إلي المناطق المراقبة باستثناء العمال المعينين في تلك المناطق وغيرهم ممن يرخص لهم الدخول .

-يجب أن تطبق التعليمات المحلية النافذة علي دخول العمال إلي المناطق الخاضعة للإشراف .

-يجب ألا يسمح بدخول الزائرين إلي المناطق المراقبة و الخاضعة للإشراف الابعد موافقة الإدارة المسؤولة عن مكان العمل .

2-2-5 الممارسة الهندسية الجيدة

يتم اختيار مواقع أو أماكن الممارسات و تصميمها و بناؤها و إعدادها للتشغيل و صيانتها وفق معايير هندسية سليمة علي النحو الملائم و تتوافر فيها السمات التالية حسب الاقتضاء :-

-أن تراعى المعايير الموافق عليها على النحو الملائم .

-أن تدعمها سمات أداريه و تنظيمية يعتمد عليها بهدف ضمان الوقاية و الأمان طوال عمر المنشئ .

-أن تشمل علي قدر كاف من هوامش الأمان الخاصة بالتصميم و التشييد على النحو الذي يضمن تحقيق الأداء مع مراعاة الجودة و الاستحاطة و التأكيد على الحيلولة دون وقوع حوادث و التخفيف من عواقبها و الحد من أي تعرضات في المستقبل .

-أن تراعى التطورات ذات الصلة في المعايير فضلا عن النتائج التي تسفر عنها أي بحوث ذات صلة في مجال الوقاية أو الأمان و الدروس المستفادة من التجربة.

2-2-6 التحقق من الأمان و تقويمات الأمان :-

تجرى تقويمات الأمان التي تتصل بتدابير الوقاية و الأمان التي تقع في إطار الممارسات خلال المراحل المختلفة بما في ذلك اختيار الموقع و التصميم والتشييد و الإعداد للتشغيل تحقيقا للأغراض الآتية :-

-تحديد الوسائل التي يمكن من خلالها حدوث تعرضات عادية و ممكنة مع مراعاة أثر الأحداث الخارجة عن المصادر وكذا الأحداث المرتبطة مباشرة بالمصادر و المعدات المتعلقة بها .

-تحديد الأحجام المتوقعة للتعرضات العادية و تقدير احتمالات و مقادير التعرضات الممكنة بالقدر المعقول .

-وتقدير حدود و أبعاد إجراءات الوقاية و الأمان .

2-2-7 المتطلبات الخاصة بالتدخل

تشتمل حالات التدخل التي تنطبق عليها هذه المعايير ما يلي :-

-حالات التعرض الطارئ التي تتطلب إجراء وقائيا لتقليل أو تجنب التعرضات المؤقتة بما في ذلك :

1-الحوادث و حالات الطوارئ .

2-أي حاله أخرى للتعرض المؤقت تحددها الهيئة الرقابية أو هيئة التدخل .

-حالات التعرض المزمن التي تتطلب إجراء علاجيا لتقليل أو تجنب التعرض المزمن بما في ذلك :-

1-التعرض الطبيعي مثل التعرض للرادون في المباني و أماكن العمل .

2-التعرض للتلوث الإشعاعي أو مخلفات إشعاعية كالتعرض الناتج من الممارسات .

3-أي حاله أخرى للتعرض المزمن تحددها الهيئة الرقابية أو هيئة التدخل .

2-2-8 أماكن المنشآت و اختيار مواقعها

يراعى ما يلي عند اختيار مكان أي منشأ يقع في إطار المنشآت المشعة كالمستشفيات :-

-العوامل التي قد تؤثر على أمان المنشأ و أمنه .

-العوامل التي قد تؤثر على التعرض المهني و على تعرض الجمهور بما في ذلك التهوية و التدرع و البعد عن المناطق المأهولة بالسكان.

-قدرة التصميم الهندسي على مراعاة العوامل السابقة .

هناك عوامل يجب توافرها عند اختيار موقع لإقامة منشآت يمارس فيها نشاط إشعاعي كما أن هناك أسس للهندسة الوقائية لحماية البيئة من خطر حدوث أي تلوث إشعاعي من أهم العوامل :

- المحددات الرئيسية الخاصة بالموقع :

-الموقع الجغرافي .

-طرق الاقتراب و الاتصال .

-الظروف و الاعتبارات البيئية المناخية بالموقع .

-تخليق و إيجاد محاور حركه داخلية و اتجاهات رؤية .

- عامل الكثافة السكانية عند اختيار موقع لإقامة منشأه نووية و ضرورة الاستعانة بالبيانات الخاصة بالكثافة السكانية مثل التعداد السكاني سواء أكانت اقامه دائمة أو مؤقتة و السبل الإحصائية المتوقعة الخاصة بالزيادة السكانية في المستقبل و تأثير التعداد السكاني عند اختيار الموقع .

- الاعتبارات البيئية و المناخية للموقع :

-خطوط الطول و العرض -درجات الحرارة و الرطوبة النسبية .

-سرعة و اتجاه الرياح . -شدة السطوع الشمسي و مدته .

-الارتفاعات و الضغط الجوى .

و ترجع أهمية الأرصاد الجوية عند اختيار مواقع لإقامة منشأه نووية مثل توزيع درجات الحرارة خلال طبقات الجو المختلفة على متوسط مدار العام و تأثير الرياح السطحية من حيث الاتجاه و السرعة و تأثير الرطوبة النسبية و الأمطار على متوسط مدار العام إلى نسبة ترسيب المواد المشعة و الغبار الذرى و التي يكون لها تأثير مباشر عند اختيار الموقع المناسب لإنشاء المنشآت النووية الآمنة .

التحكم في العناصر المناخية المؤثرة على التصميم المعماري :

تنص حدود الراحة الحرارية للمنطقة التي يتم في حدودها اختيار الموقع على درجة حرارة في حدود 27 درجه مئوية مع رطوبة نسبيه متوسطة و سرعة رياح لاتزيد عن 5م/ث .وبدراسة معطيات المشروع تصبح مهمتنا هي التحكم في كمية الطاقة الحرارية الساقطة على الأسطح الخارجية نتيجة سقوط الاشعه الشمسية و التحكم في الرياح بالموقع العام وتهوية الفراغات المعمارية و التي تنتقل داخل الفراغ المعماري و تؤثر على الراحة الحرارية داخل المنشأة وبالتالي تؤثر على كفاءه العمل .

تخليق وإيجاد محاور حركه داخليه و اتجاهات رؤية :

يجب الحرص في كل مشروع على إيجاد نوع من الفصل الواضح بين حركة المشاة و الحركة الآلية من خلال إيجاد مجموعات من المسارات الحركية خارج نطاق المنطقة المتحكم فيها و الربط الجيد لحركة المشاة كما يراعى تقليل معدلات التلوث و الضوضاء داخل منطقة العمل سواء المنطقة المتحكم فيها أوالمنطقة الغير خاضعة للإشراف كذلك تباين وتنوع المسارات يساعد على كسر حاجز الملل بالنسبة للمنشأة .

دراسة الطرق الحسابية الدقيقة المستخدمة لحساب الجرعات ألا شعاعيه المحتملة و المتسربة نتيجة التشغيل العادي و عند حدوث حادثه نووية و ذلك على مسافات مختلفة من الموقع المقترح .

العوامل الجيولوجية الواجب توافرها عند اختيار موقع لإقامة منشأه نووية وكذلك أهمية دراسة جيولوجية الأرض المقترح إقامة المنشأة النووية لاختيار أنسب المواقع لإنشاء المنشآت النووية الآمنة حماية للبيئة وذلك بعمل إجراء المسح الهيدرولوجى للموقع و تحديد أيضا مسارات المياه الجوفية بالاضافه إلى دراسة الهزات ألا رضيه و الزلازل و بيان أهمية هذا العامل عند اختيار الموقع و التركيز على الأسس الهندسية الخاصة بتصميم منشآت نووية مقاومة للهزات ألا رضيه .

دراسة أهمية العوامل الاقتصادية التي تتحكم في اختيار موقع لإقامة منشأه نووية مثل أنسب الطرق الخاصة بالتخلص من المخلفات المشعة و طرق الإمداد بالمياه و الكهرباء و الحياة الاجتماعية بالمنطقة .

2-2-9 متطلبات التصميم

إيجاد مبنى جيد التصميم و التشغيل على النحو التالي :-

-يوفر الوقاية و الأمان وفقا للمعايير .

-يفي بالمواصفات الهندسية و مواصفات الأداء و التشغيل .

-يفي بقواعد الجودة علي النحو الذي يتناسب مع أهمية المكونات و النظم من حيث الوقاية و الأمان .

-يتم التصميم و التشغيل و الصيانة بحيث تمنع بقدر الإمكان وقوع حوادث و تحد بصفة عامة من حجم و احتمال التعرضات المهنية وتعرض أفراد الجمهور إلى أدنى حد معقول مع مراعاة الاعتبارات الاجتماعية و الاقتصادية .

-الكشف و المراقبة بصفة دورية لاكتشاف أي تدهور قد يفضي إلى أوضاع غير عادية أو أداء غير سليم .

2-2-10 رصد مكان العمل

يوضع برنامج لرصد مكان العمل و الحفاظ عليه و إبقاءه قيد المراجعة تحت إشراف خبير مؤهل و مسؤول عن الوقاية من الإشعاعات وتراعى الشروط التالية في طبيعة ورصد أماكن العمل :-

-تقويم الظروف الإشعاعية في جميع ظروف العمل .

-تقويم التعرض في المناطق الخاضعة للرقابة و الخاضعة للإشراف .

-استعراض تصنيف المناطق الخاضعة للرقابة و الخاضعة للإشراف .

وأن تعتمد علي مستويات مكافئ الجرعة المحيطة و تركيز النشاط الإشعاعي بما في ذلك التقلبات المتوقعة فيها و احتمال و حجم التعرضات الممكنة .

الخلاصة

بعد ان توصلنا فهدا الباب الى معرفة فلسفة الوقاية الاشعاعية وهدف المعايير الاساسية للامان الاشعاعهو تقديم التوجيه اللازم لحماية الانسان والبيئة من الاخطار الضارة الناجمة عن الاشعاع مع القيام بالاعمال المفيدة منه وكدلك تصنيف العاملين وتقسيم اماكن العمل وهما من اهم العوامل التى يتم على اساسها تطبيقات الوقاية من الناحية الهندسية ومتطلبات التصميم التى تكون هى الركيزة التى يقوم على اساسها الدراسة التحليلية الهندسية فى الابواب القادمة.

مقدمة

من الحقائق المعروفة في عالمنا المعاصر أن كل تقدم تكنولوجي له مخاطرة على البيئة و بالتالي على الإنسان و الطاقة الذرية تختلف عن جميع التكنولوجيات الأخرى بخطورتها حيث عرفت منذ قنبلة هيروشيما بأنها على جانب كبير من الخطورة و لذلك فقد قامت الصناعة النووية بتحليل وتقويم هذه المخاطر منذ البداية أعطت الأمان النووي الاهتمام البالغ و الأولوية المطلقة في بحوث و تطوير الاستخدامات السلمية للطاقة النووية بهدف تحقيق مبدأ الأمان النووي في اختيار الموقع في جميع مراحل تصميم و تنفيذ و تشغيل المنشآت المحتوية على مصادر مشعة على أساس عدم تعرض العاملين و المقيمين و السكان المحيطين بها و البيئة لأي أخطار إشعاعية .

فاللامان النووي يعنى حماية الإنسان و البيئة من الأخطار و الأضرار المحتملة لأي نشاط نووي و الأضرار النووية تعنى خسائر في الأرواح أو أي ضرر شخصي و يكون ناشئا أو ناتجا عن الخواص الإشعاعية أو اجتماع الخواص الإشعاعية و السامة أو أي خواص خطرة متعلقة بالمنشآت التي يمارس فيها النشاط الإشعاعي .

و يتعلق الأمان النووي بكل المنشآت التي يتم داخلها استخدام أو نقل أو تخزين للمواد التي لها نشاط إشعاعي سواء لأغراض البحوث و التطوير أو بغرض التطبيقات السلمية و على الأخص العلاج و التشخيص الإشعاعي و في هذه المنشآت بهدف الأمان النووي إلى ما يلي :-

- تخفيض احتمالات حدوث الحوادث الإشعاعية .
- الحد من تسرب المواد المشعة خارج المنشأة بحيث يكون الخارج من المواد المشعة اقل قدر المستطاع .
- الحد من تعرض السكان لأي جرعات إشعاعية تزيد عن الحد الأعلى المسموح به دوليا

1-1-3 تفاعلات الإشعاعات مع المادة

التأثير الكهروضوئي انه واحد من أهم التفاعلات في مدى الطاقة من 1 – 100 كيلو إلكترون فولت و فكرته تعتمد على إخراج إلكترون من المدارات الداخلية للذرة من خلال سقوط فوتون حيث يفقد جزءا من طاقته تكون كافية لاقتلاع إلكترون من مداره فينطلق حاملا ما تبقى على صورة طاقة حركه ليصطدم بإلكترون آخر يقتلعه و ينقل اله جزءا من طاقته .

وهكذا تكون النتيجة اقتلاع عدد من الإلكترونات التينطلق كل منها ليصطدم بإلكترون آخر يدور في أحد مداراته وبذلك تتحول الذرات إلى أيونات سالبة أما الذرة التي فقدت أحد الكتروناتها من المدارات القريبة من النواة فلا بالبث أن يحاول إلكترون من المدارات الخارجية ملئ فراغ الإلكترون الداخلي فيقترب من النواة و يطلق فوتون من الأشعة السينية ، ولكن تبقى الذرة مع ذلك فاقدة لإلكترون أي تكون موجبة كهربيا (أيون موجب) و يتصف هذا التأثير باحتمالات حدوثه العالي بالنسبة للأشعة المنخفضة الطاقة أي ذات الطول الموجي الطويل نسبيا و يقل احتمالات حدوثها كلما ازدادت طاقة الإشعاع الساقط على المادة أي بعبارة ثانية كلما قصر الطول الموجي .

والتأثير الكهروضوئى يؤدى إلى تحرير إلكترون و حدوث أيونات موجبة و سالبة و التأثير الثاني هو تأثير **كومبيتون** يؤدى إلى اقتلاع إلكترونات وتشكيل فوتونات لاتلبث أن تحدث أيونات موجبة و سالبة .

الأشعة السينية و أشعة جاما مهما اختلفت نوعيتها و شدتها و قوة نفوذها تؤدى إلى حادثة فيزيائية واحدة و هي حدوث الأيونات الموجبة أو السالبة و ما يتغير بين أشعة و أخرى و ما يتغير بين نسيج ماص و آخر هو توزيع هذه الأيونات التي قد تكون مبعثرة متباعدة أو قد تكون متقاربة متجاورة .

ولقد أمكن تعيين كثافتها بعدد الأيونات الكائنة على امتداد ميكرون واحد من الأشعة الواردة ولكن هذه الأيونات لا تلبث أن تتحد بعد تكونها بزمن قصير جدا لتشكل ذرات متعادلة كهربيا و هكذا يعود التوازن الكهربي من جديد إلى الجسم المشع .

3-1-2 المكافئ الرصاصي :-

هي إحدى الطرق للمقارنة المباشرة بين المواد المختلفة للحواجز الوقائية و هي السمك الذي يسبب نفس التوهين مثل سمك الرصاص العادي لكمية معطاة من طاقة أشعة اكس أو جاما و هندسية حزمة شعاعية معينة سواء كانت ضيقة أو عريضة مثال على ذلك :

طوبة (طوب مصمت اصفر) سمكها 114 مم = 4,5 بوصة كثافتها 1,6 جرام /سم 3 لها مكافئ رصاصي 1 مم لحزمة شعاعية ضيقة من أشعة اكس بطاقة 100 ك إليكترون فولت و 288 مم من نفس الطوبة لها مكافئ رصاصي 2,4 مم لأشعة طاقتها 100 ك إلكترون فولت .

و على ذلك فالمكافئ الرصاصي يمكن أن يحدد لأي طاقة .

و الحماية المزودة بالطوب المصمت (الآجر أو المصيص) يمكن أن تزيد بإضافة باريوم مثل Barium Gypsum Plaster و أمثلة أخرى للمكافئ الرصاصي لمواد أخرى عن طاقة 100 ك إلكترون فولت معطاة في جدول (10) يجب أن نلاحظ أن ليس هناك علاقة خطية بين سمك مادة الحواجز الوقائية و المكافئ الرصاصي .

المكافئ الرصاصي (mm)	السمك (mm)	مواد الحواجز الوقائية
2.2	13	خرسانة الباريوم (3.2)
4.1	25	
0.71	4	
0.48	2	حديد (7.9)
1.12	4	النحاس (8.3)

جدول (10) يوضح المكافىء الرصاصى لبعض المواد عند طاقة 100 كيلو الكترون فولت

المكافئ الرصاصي للأنواع المتعددة لمواد الحواجز الوقائية لأشعة اكس 100 kev كثافة المواد تعطى في تصنيفات جرام / سم مكعب.

و مصممين الحواجز الوقائية ليس لديهم صيغة بسيطة لتطبيقها لتقدير المكافئ الرصاصي لمادة عند كمية معطاة لطاقة أشعة اكس و يجب أن يحصلوا على البيانات الهامة من جداول منشورة بواسطة خبراء مثل المعهد الدولي للوقاية الإشعاعية و القياسات(NCRP) في واشنطن و منظمة الصحة العالمية (WHO)و المؤسسة البريطانية للمعايير القياسية (B S I) و الوكالة القياسية الألمانية و الوكالة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) .

و معظم البيانات عن المكافئ الرصاصي تعطى في بعض الأحيان كسمك مادة الحاجز الوقائي أسماك من الرصاص مثل 5, -1, -2,0 كما في شكل (7) كما في الطب التشخيصى لطاقات أشعة اكس عادة في المدى من 50 : 150 كيلو إلكترون فولت يتطلب من 1,0 : 1,5 مللي حماية من الرصاص والرصاص يكون المفضل كمادة حاجزة للحوائط و الأبواب في حجرات أشعة اكس عندما يكون الفراغ *.

شكل (7) أ- يوضح تفاعل الاشعاعات المؤينة مع المادة .

ب- يوضح المكافىء الرصاصى لانواع مواد مختلفة لقوة اشعة اكس 100 كيلوا فولت و الشكل البيانى يعطى سمك المواد بالمليمتر الدى منح نفس التوهين 1مم من الرصاص .

تصميم الوقاية أو الحماية يعتمد على إذا كان حجرة أشعة اكس بنيت أو صممت من الداخل في مستشفى جديدة أو إذا كانت هذه الغرفة موجودة بالفعل أو معدلة .

الطاقات الإشعاعية المستخدمة في العلاج الإشعاعي أشعة جاما الكوبالت 60 و أشعة اكس في المدى من 20:4 ميجا إلكترون فولت تولد باستخدام المعجلات الخطية و المكافئ الرصاصي لحجرات أشعة اكس التشخيصية يكون مطلوب اكثر من 1,5:1مللمتر للحواجز الوقائية (بمعنى آخر الحواجز الوقائية اكبر من 1,5:1 ملليمتر فأن مكافئ الرصاصي لحجرات أشعة اكس التشخيصية يكون مطلوب) .

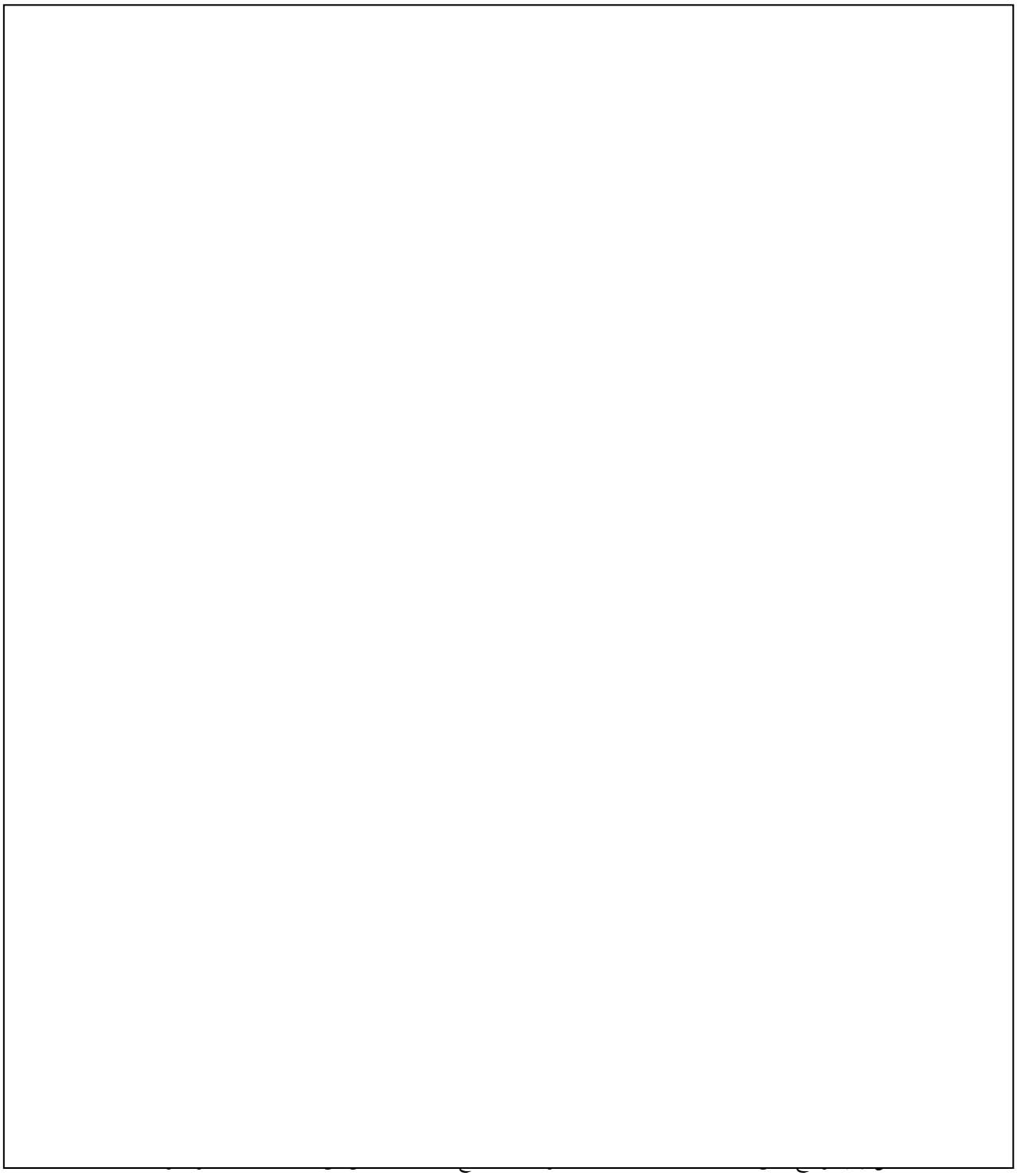
بناء الحواجز الوقائية بالرصاص في هذه الحالة تصبح غير اقتصادية و الغرف المحصنة من الخرسانة البار يوميه تبنى لتجهيزات العلاج الإشعاعي المستخدم فيه ميجا فولت بتصميمات خاصة للمداخل و تسهيلات لمراقبة المرضى .

---

*Keane and Tikhonov 1975,table 4 P83.

3-1-3 عشر قيمة السمك TVT :

بالرغم من أن بيانات الحاجز الوقائي الإشعاعي يمكن أن يعبر عنها بمكافئ الرصاصي فأنها في الغالب تقدم أو يعبر عنها باستخدام جداول أو رسومات بيانية لقيمة 1/2 السمك HVT و 1/10 قيمة السمك TVT بدلالة منحنيات الحاجز الانتقالي كما في شكل (8) يوضح اختلاف أو تباين TVT عشر قيمة السمك للمواد المختلفة مع طاقة أشعة اكس من 18:4 ميجا إلكترون فولت (مليون إلكترون فولت) .



و التي تتضمن طاقات التي تواجهها في العلاج الإشعاعي (النهاية الصغرى من المدى) مثل الطاقات المستخدمة في التطبيقات لأشعة اكس الصناعية لعمليات الاختبار الغير هدامة .

و في جدول (11) يوضح عشر قيمة اسمك للنظائر المشعة المستخدمة في العلاج الإشعاعي مبينة لكل من الرصاص – الصلب – الخرسانة .
جدول (11) يبين تغيير واختلاف **TVT** قيمة عشر السمك Tenth Value Thickness مع النشاط الإشعاعي للنظائر 1976 NCRP

النشاط الاشعاعى للنظائر	طاقة اشعة جاما (Mev)	TVT (mm)		
		كثافة الخرسانه 2,35جم /سم	حديد	رصاص
AU	,41	135	-	11
Ir	1,06 - ,13	147	43	20
Cs	,66	157	53	21
Co	1,33 – 1,17	206	69	40
Ra	2,4 - ,047	234	74	55

3–1–4 المنحنى الانتقالي :

المنحنيات الانتقالية ترسم برسم لوغاريتمي على ورق رسم نصف لوغاريتمي على المحور الأفقي ممثلة سمك مادة الحاجز الوقائي و المحور الرأسي يمثل الانتقال خلال مادة لطاقة معطاة عن أشعة اكس أو طيف من جاما .

الانتقال عادة يسجل مرفوعة لقوى 10 مختزلة من 1=10 صفر إلى تقريبا 10 -6 =0001, ذلك يوضح في شكل (9) الانتقالات من 50 : 200 كيلو إلكترون فولت من أشعة اكس خلال الحاجز الوقائي الرصاصي .

شكل (9)يوضح سمك مادة الحاجز الوقائى (رصاص) مع انتقال الطاقة المعطاه لاشعة اكس

3-1-5 التحكم فى الاخطار الاشعاعية

و عموما تنتج الأخطار الخارجية عن جميع أنواع الإشعاعات عدا جسيمات ألفا فقدرة هذه الجسيمات علي اختراق الهواء و الطبقات الخارجية للجلد ضعيفة جدا أما جسيمات بيتا و الإشعاعات السينية و إشعاعات جاما و النيترونات فتتميز بقدرة عالية علي الاختراق و يمكنها الوصول إلي أي عضو من الأعضاء لذا تعتبر جميع المصادر التي تصدر هذه الإشعاعات بمثابة مصادر للأخطار الخارجية و يخضع التحكم في الأخطار الإشعاعية الخارجية لثلاث عوامل هي :-

أ – الزمن ب – المسافة ج – توفر الحواجز الوقائية (الدروع) .

زمن التعرض

إن ابسط طرق الوقاية من الأخطار الإشعاعية الخارجية هو قضاء اقل فترة زمنية ممكنة في الأماكن التي توجد فيها هذه الإشعاعات و من المعروف أن الجرعة الإشعاعية المتراكمة في الإنسان الذي يعمل في مثل هذه الأماكن تتناسب طرد يا مع كل من الزمن و معدل الجرعة لهذا المكان أي أن

الجرعة الإشعاعية المتراكمة = معدل الجرعة × الزمن

$$Dc = Do.t$$

حيث Doهو معدل الجرعة .

t هو الزمن .

Dc هو الجرعة الإشعاعية المتراكمة.

بمعنى آخر الجرعة الممتصة تتناسب طرديا مع زمن التعرض في المجال الإشعاعي للمصدر المشع كما أن المصادر المشعة لها خاصية الاضمحلال مع الزمن وفيها تتناقص قوة الإشعاع بعد فترة زمنية .

و هكذا فانه يتضح انه للوقاية من الأخطار الخارجية يجب ألا يتجاوز زمن التعرض قيمة معينة يسهل تحديدها بعد معرفة معدل الجرعة المكافئة في المكان المعني و كلما زاد معدل الجرعة انخفض الزمن المسموح به للمكوث في هذا المكان .

المسافة

إن تدفق الإشعاعات الصادرة عن مصدر مشع في خطوط مستقيمة علي شكل نقطة يتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة و لما كان معدل الجرعة الإشعاعية يتناسب تناسبا طرد يا مع عدد الإشعاعات التي تخترق وحدة المساحة في الثانية (أي مع التدفق)فانه يتضح أن معدل الجرعة يتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة من المصدر المشع أي أن معدل الجرعة الإشعاعية يقل بشدة بزيادة المسافة من المصدر الإشعاعي (قانون المسافة الذي ينص على أن معدل النقص في قيمة الجرعة الإشعاعية يتناسب طرديا مع مربع المسافة ابتداء من المصدر المشع) .

و على ذلك فأن قيمة الجرعة الإشعاعية على بعد 2 سم تساوى ربع القيمة المطلوبة عندما تكون المسافة 1 سم و عند مسافة 1, متر فالقيمة تعادل100 /1 القيمة عند 1 متر و بالعكس فأن قيمة معدل الجرعة الإشعاعية على بعد مصدر إشعاعي معين يساوى 50 سم تزداد بقيمة أربع أمثالها و تزداد مائة مثل على بعد 10 سم و تزداد عشر آلاف مثل عند مسافة 1/100 متر أي على بعد 1 سم و ذلك بالمقارنة بالمسافة الأصلية 1 متر .

و الجدول التالي (12) يبين العلاقة العملية بين معدل قيمة الجرعة الإشعاعية لمصدر إشعاعي قيمته 4 جيجا بيكريل على بعد مسافات مختلفة من المصدر فإذا كان المصدر على بعد 1 سم لمدة دقيقتين فان قيمة الجرعة الإشعاعية الممتصة تعادل 10,000 ميللي سيفرت × 60/2 ساعة ميللي سيفرت و هي جرعة تزيد عن الحد المسموح به دوليا و التي تعادل 300 ميللى سيفرت فقط .

جدول (12) يبين العلاقة بين معدل الجرعة الإشعاعية على بعد مسافات من مصدر إشعاعي قوته 4 جيجا بيكريل (100 كوري) .

المسافة (البعد عن المصدر)	معدل الجرعة الإشعاعية سيفرت / ساعة
10 متر	0,01
3 متر	0 ,11
2 متر	0,25
1 متر	1
50 سم	4
	25
	100

20 سم	400
10 سم	10,000
5 سم	
1 سم	

فنجد أن تتناسب معدل الجرعة الإشعاعية عند مسافة معينة من المصدر الإشعاعي تناسبا طرديا مع النشاط الإشعاعي للمصدر و على ذلك فان معدل الجرعة الإشعاعية لمصدر قوته 8 جيجا بيكريل يعادل ضعف القيمة في المثال السابق .

و حيث أن جسيمات ألفا لها قوة اختراق ضعيفة في الهواء فان معدل الجرعة الإشعاعية يقل بالنسبة لبعد المسافة عن المصدر بقيمة اكبر بكثير من المصدر الجامى بالإضافة إلى المصدر المشع له خاصية التواجد بكثرة حول المصدر نفسه و لكن عند تقدير الجرعة الإشعاعية يجب الأخذ في الاعتبار عامل بيتا عند حساب الجرعة و عند العمل في أماكن يوجد بها كمية الإشعاع تساوى اكثر من قيمة جيجا بيكريل .

وتجدر الإشارة إلي أن هذه العلاقة بين معدل الجرعة و المصدر المشع تكون صحيحة للمصادر الصغيرة أو قليلة الامتداد إما عن المصادر الممتدة فيمكن اعتبار العلاقة صحيحة إذا كانت المسافة بين المصدر و النقطة المطلوب إيجاد معدل الجرعة عندها اكبر بكثير من امتداد المصدر و هكذا يرتبط كل من معدل الجرعة D o و المسافة R بالقانون المعروف بقانون التربيع العكسي .

فمثلا ينخفض معدل الجرعة إلي 50 ميكروسيفرت / ساعة عند مسافة قدرها 3,2 متر من المصدر و هكذا فانه بزيادة المسافة إلي الضعف ينخفض معدل الجرعة بمقدار أربع مرات و بزيادة المسافة ثلاثة أضعاف ينخفض معدل الجرعة تسع مرات و هكذا .

علاقة معدل الجرعة الإشعاعية بالمسافة :

في حالة وجود مصدر مشع ضعيف المستوى الإشعاعي بقيمة إشعاعية تساوى 100 ميجا بيكريل و اذا كان معدل الجرعة المكافئ بواسطة هدا المصدر عند مسافة متر واحد تساوى تقريبا 25 ميكروسيفرت / ساعة أي أن عند مسافة متر واحد من مصدر إشعاعي قوته مبللي كوري واحد فان معدل الجرعة يعادل مبللي ريم واحد / ساعة بمعنى أن عند مسافة 1 متر من مصدر إشعاعي قوته 100 ميجا بيكريل فان الجرعة الإشعاعية 25 ميكروسيفرت / ساعة فادا فرض أن النشاط الإشعاعي يعادل 10 أمثال المصدر السابق فبالتالي فان معدل الجرعة المكافئ تزيد بقيمة عشر أمثال الجرعة السابقة ادا عمل إنسان عند مسافة متر واحد من مصدر مشع جاما لمدة مقدارها 12 دقيقة فان الجرعة المكافئة تساوى 25 ميكروسيفرت /ساعة × نصف ساعة = 5 ميكروسيفرت ومن ناحية أخرى ادا عمل إنسان لمدة ثمان ساعات فان الجرعة المكافئة تعادل 25 ميكروسيفرت / ساعة × 8 ساعات = 200 ميكروسيفرت .

أما بالنسبة لاستخدام مصادر تشع جسيمات بيتا فان الأمر يختلف فاذا كان المصدر مغلق تماما فلا توجد أي قاعدة تحكم العلاقة بين قوة المصدر و المسافة ومعدل الجرعة المكافئة و في حالة المصادر المفتوحة و التي لها خاصية إشعاع جسيمات بيتا فان معدل الجرعة في المكان المحيط بالمصدر يكون اكبر 100 مرة منه في حالة المصدر الجامى ودلك لان جسيمات بيتا لها قابلية اختراق اقل من أشعة جاما ولكن المسافة بدون حواجز وقائية مناسبة لها أخطار منها الانتشار في اتجاهات مختلفة وينتج عنه زيادة في معدل الجرعة .

الحواجز (الدروع) الواقية Shielding

تعتبر الحواجز الواقية من أهم و سائل الوقاية من الأخطار الإشعاعية الخارجية حيث أن عاملي المسافة و الزمن لا يصلحان دائما ففي بعض الأحيان تكون شدة المصدر كبيرة بحيث لا يمكن الاقتراب منه حتى لمسافة عدة عشرات من الأمتار .

وبالتالي فانه لا يمكن إنجاز الأعمال عليه كذلك فان الاعتماد علي عاملي المسافة و الزمن فقط يتطلب وجود مسؤول الوقاية بصفة مستمرة حتى لا يتجاوز العاملون المسافات أو الأزمنة المحددة .

لدلك نجد في حالات كثيرة أن عامل المسافات لا يكفى فقط للوقاية من المصادر المشعة ودلك لإقلال كمية الجرعة الإشعاعية للأشخاص العاملين في تداول المواد المشعة ولدلك تستخدم مواد لها قابلية إقلال كمية الجرعة الإشعاعية .

لذلك توضع المصادر المشعة عادة داخل دروع واقية و يتوقف نوع مادة الدرع و سمكه علي نوع الإشعاعات و طاقتها و شدة المصدر و كذلك علي معدل الجرعة المطلوبة خارج الدرع فبالنسبة لمصادر جسيمات ألفا فان الأمر لا يحتاج إلي أي دروع حيث أن هذه الجسيمات تمتص بالكامل خلال ورقة رقيقة (حيث يصل مداها في الهواء إلي حوالي 3,5 سم) .

و لزيادة الكفاءة الوقائية للدرع يجب فحص المواد المكونة له و دراسة آثار الإشعاع النووي عليها و الطريقة المثلى لتصميمها و دلك لحماية البيئة من خطر تسرب المواد المشعة .

خصائص المواد المشعة

المواد المشعة لها خاصية الانبعاث المستمر للطاقة و هده الطاقة تكون على هيئة :

1-جسيمات آلفا Alpha Particales

2-جسيمات بيتا Beta Particales

3-أشعة جاما Gamma Rays

و تفاعل هده الإشعاعات مع المادة تحت ظروف معينة يؤدى إلى انبعاث الأشعة السينية و جسيمات النيوترونات .

أشعة جاما هي اخطر الأنواع و أقواها نظرا لقصر طولها الموجي و الأشعة السينية تماثل أشعة جاما ولكن لها طولا موجيا أطول ولهدا فهي تحمل طاقة اقل وبالتالي اقل في قدرتها على النفادية و لكل قيمة من الطاقة لها استخدام خاص مناسب للتطبيق .

أشعة بيتا عبارة عن إلكترونات لها مدى من الطاقة على حسب النويات المنبعثة منها بينما جسيمات آلفا لها وزن اثقل و تنبعث بطاقة اكبر ولكن مداها اقل ولدا تستخدم في حالة التأين لمسافات قصيرة مثل كواشف الدخان .

تنبعث جسيمات النيوترونات من خلط المواد المشعة أو من مولدات الإشعاع أو المفاعلات النووية و هي شديدة النفادية و ينتج عن تفاعلها مع كثير من المواد أشعة جاما وتنتج أخطار جسيمة من هده الإشعاعات تتناسب مع قدرتها على الاختراق و النفادية و الطاقة المنبعثة منها لدا فان جسيمات آلفا قليلة الضرر حيث أن قدرتها على الاختراق ضعيفة جدا و يمكن التحكم في الأخطار الإشعاعية بثلاث عوامل :

1-الزمن 2-المسافة 3- الدروع أو الحواجز الوقائية

3-1-7 أساسيات تصميم الدروع الوقائية

1- المحتوى المدرع Shielded Enclosure هو فراغ مغلف هندسيا ليحتوى المصدر الإشعاعي و يكون كافيا لحماية العاملين و العامة و يختلف حجمه حسب نوع المصدر و الغرض منه .

2- الدرع المبدئي Primary Shielding هو حاجز على هيئة مستطيل مجسم كما بالشكل (10) وأهميته في قياس النفادية للمصدر المشع متجمعا في نقطة و تكون الأشعة الصادرة متجمعة بطريقة آمنة حتى تصل إلى الحاجز بدون انتشارات ضارة ويكون معامل النفادية T

$$T = D(1) \times D(o)$$

حيث D (1) معدل الجرعة في حالة وجود حاجز

D (o) معدل الجرعة بدون حاجز

الشكل (10) يوضح الحاجزان الابتدائى و الاولى .

ولتعيين سمك الحاجز الابتدائي Primary Barrier يجب الاستعانة بأشكال تمثل النفادية لعدة مواد تستخدم في الدروع الوقائية كدالة في شدة المصدر المشع و نوع الإشعاع المنبعث منه و نرى فى الجدول (13) انواع مختلفة من مواد الحواجز الابتدائية لبعض انواع من المصادر المشعة المستخدمة فى العلاج والتشخيص .

المصدر المشع	سمك الحاجز الابتدائي	
	مادة الرصاص (مم)	الخرسانة المسلحة (سم)
أشعة اكس لتشخيص الأسنان	,5	5,0
أشعة اكس للتشخيص الطبي	2,0	15,0
أشعة اكس في الصناعة	10,0	50,0
مادة أيريد يوم 193	70,0	60,0
كوبالت 60	180,0	80,0
المعجل الخطى	300,0	200,0

الجدول (13) يبين نوع المصدر وسمك الحاجز الابتدائي لمادتي الرصاص و الخرسانة.

3- الحاجز الثانوي للمحتوى Secondary Shielding For enclosure

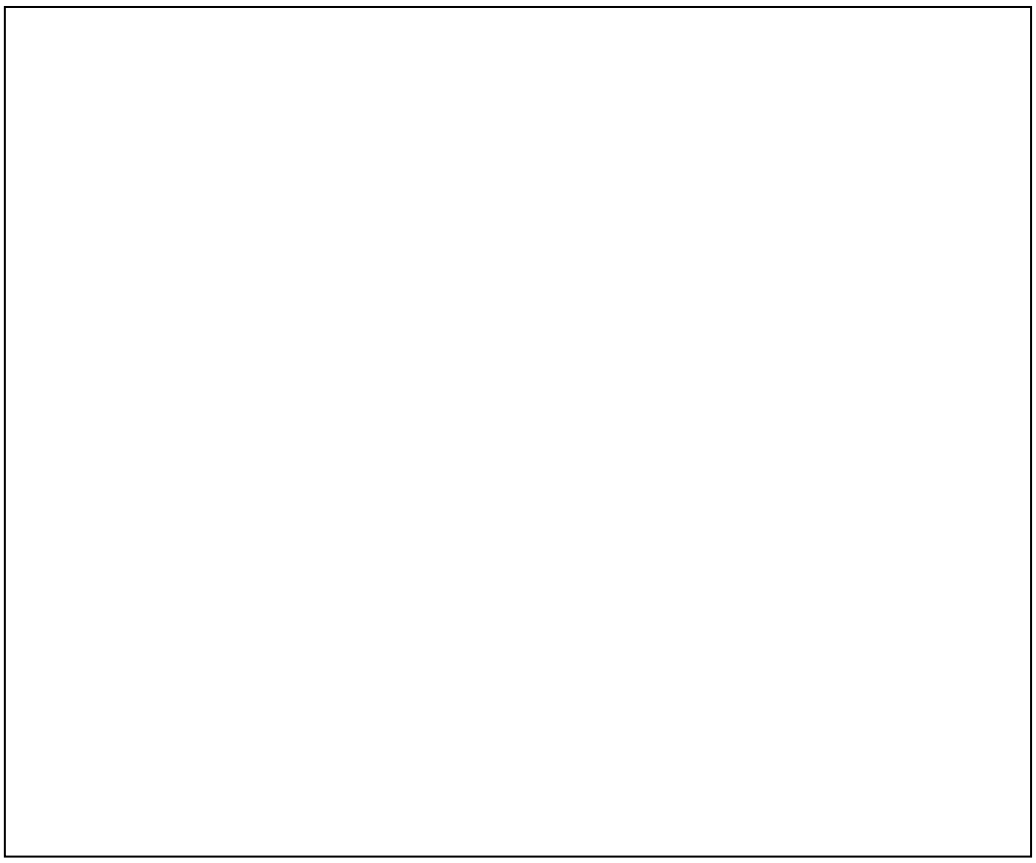
هدا الحاجز يقوى الحاجز الابتدائي و يضيف مزيدا من الوقاية للعاملين و يحمى البيئة من الأشعة المتسربة و المبعثرة Leakage and Scattered Radiation و يمكن اختيار السمك المناسب لهدا الحاجز كما ذكرنا من قبل شكل (10) يوضح أهمية الحاجز الثانوي .

جدول (14) يوضح أعلى قيمة انتشار على بعد متر واحد من المصدر

المصدر المشع	أعلى قيمة انتشار على بعد متر واحد من المصدر
أيريد يوم 192 (مصدر جاما)	% 2
مصدر كوبالت 60 (مصدر جاما)	%1

4- الأبواب المستخدمة في الحاجز الوقائي الثانوي يجب أن تكون من مادة ثقيلة مستخدمة عالميا في عمليات الحواجز و الدروع الوقائية وألا يفتح الباب مباشرة على المصدر المشع بل يكون كما هو موضح بالشكل (10) .

5- تقنيات مختلفة تستخدم عند الفتحات و أماكن اللحام و الاتصال لتقليل أضرار الإشعاع و الجرعات الممتصة على قدر الإمكان شكل (11أ –ب) يوضح هده الأساسيات في التقنية .



شكل (11 أ–ب) يوضحاساسيات تقنية ابواب حجرات الاشعة

المواد المستخدمة في الحواجز الوقائية :

في حالة استخدام و تداول مشعات آلفا فلا يستلزم لذلك حواجز حيث أن اكثر أشعة آلفا طاقة تمتص تماما بواسطة طبقة من الهواء سمكها لا يزيد عن عدة سنتيمترات قليلة و حتى عند ملاصقة مشعات آلفا للجلد فأن الطبقة الخارجية للجلد تحمى الأنسجة الداخلية من اختراق مشعات آلفا لها و الخطورة في مشعات آلفا عندما تشع جاما في نفس الوقت نتيجة لعمليات الاضمحلال فيكون الضرر الواقع ناتج عن مشعات جاما و بالرغم من عدم التأثير الإشعاعي لمشعات آلفا على جسم الإنسان فان جميع العناصر التي تشع آلفا لها سمية و يجب اتباع القواعد و القوانين التي تحمى الإنسان من السمية العالية و ذلك بتداول عناصر مشعات آلفا داخل صناديق قفازات مدرعة أو غير مدرعة .

طبقا للمدى القصير لجسيمات بيتا فان يمكن استخدام حواجز وقائية ذات عدد ذرى صغير مثل الخشب و الزجاج و البلاستيك ، وعند استخدام سمك معين من البلاستيك يتراوح ما بين 2,1 سم فانه يحث امتصاص كامل لمشعات بيتا ذو الطاقة العالية بالإضافة إلى الخواص العالية للمادة البلاستيكية فلها أيضا خاصية عدم التفاعل الكيميائي مع المصدر نفسه ولها مقاومة كيميائية كبيرة بجانب الخاصية الشفافية لهذه المواد ، في حالات كثيرة فان المواد المستخدمة لحفظ مصادر مشعات بيتا فأنها كافية تماما للوقاية من أشعة بيتا الصادرة و يجب الأخذ في الاعتبار عند تداول مشعات بيتا خاصة عند السطح حيث أن لها قوة اختراق لجلد الإنسان في حالة خروج أشعة جاما مع مشعات بيتا فيؤخذ في الاعتبار الحواجز الوقائية الكافية لأشعة جاما و هي التي تكفى تماما للوقاية من مشعات بيتا بجانب أشعة جاما .

3–1–8 حسابات الدروع الوقائية فى المنشآت العلاجية

الدروع الواقية لمصادر بيتا

أن جسيمات بيتا تتميز بقدرة علي الاختراق اكبر بكثير بالمقارنة بجسيمات ألفا فأشعة بيتا تخترق الهواء لعدة أمتار و لعدة سنتيمترات في بعض المواد مثل البلاستيك وجسم الإنسان و جدول (15) يوضح مدى النفادية لأشعة بيتا من خلال بعض المواد

المصدر المشع	مدى الطاقة المنبعثة بالميجا	مدى النفادية بالملليمتر

	إلكترون فولت	هواء	بلاستيك	خشب	ألومنيوم
بروميثيوم 147	,23	400	,6	,7	,26
ثاليوم 204	,77	2400	3,3	4,	1,5
فوسفور 32	1,7100	7100	$11,\overline{7}$	$14,\overline{0}$	$5,\overline{2}$
اوتريوم 90	2,26	8500			

و الجدول (16) يوضح السمك النصفي لبعض المواد بالنسبة لبعض المصادر المشعة

المصدر المشع	السمك النصفي بالسنتيمترات		
	رصاص	حديد	خرسانة
تكنسيوم 99	,2	–	–
يود 131	,72	–	4,7
سيزيوم 137	,65		4,9
أيريد يوم 192	,55	1,6	4,3
كوبالت 60	1,1	1,3	6,3
		2,	

ويفضل استخدام الخرسانة في كثير من الحالات نظرا لرخص ثمنها خصوصا للحواجز الوقائية الثابتة وعلى هدا فيمكن تقليل طاقة أشعة بيتا تدريجيا من خلال اختراقها للمواد و بالتالي يسهل امتصاصها .

المواد الثقيلة مثل الرصاص تمتص أشعة بيتا بقوة ولكن ينتج عن هدا الامتصاص نوع من الأشعة السينية تسمى أشعة الانكباح Bremsstrahlung تتناسب تناسبا طرديا مع كل من العدد الدرى للمادة وطاقة جسيمات بيتا لدا يفضل أن تصل الدروع الخاصة بمصادر بيتا من مادة خفيفة مثل الألومنيوم أوالبريسبكس لتقليل أشعة الانكباح الصادرة ولامتصاص الأشعة السينية الصادرة من الدرع الألومنيومي يحاط هدا الأخير بدرع آخر من الرصاص لقدرته الفائقة على امتصاص هدا النوع من الإشعاعات .

و لعمل الدروع الواقية لمصادر بيتا التي تتراوح طاقتها بين 1 و 10 ميجا إلكترون فولت يفضل استخدام مواد عددها الذرى صغير مثل الألومنيوم أوالبرسبكس Perspex و يتراوح سمك الدرع بين 1 سم و عدة سنتيمترات حسب طاقة الجسيمات و تجب الإشارة إلي أن مثل هذا الدرع لا يكفى لأغراض الوقاية فقد تعرفنا على أن هذه الجسيمات تفقد طاقتها إما عن طريق تأين المادة أو عن طريق إشعاعات الانكباح لذا فان درع الألومنيوم الذي يكفى لامتصاص هذه الجسيمات يصبح مصدرا لإشعاعات الانكباح (أشعة سينية و إشعاعات جاما) ، وحيث أن طاقة جسيمات بيتا التي تفقد في شكل إشعاعات الانكباح تتناسب تناسبا طرد يا مع كل من العدد الذرى للمادة و طاقة جسيمات بيتا فانه يفضل أن تصنع الدروع الخاصة بمصادر بيتا من مادة خفيفة كالألومنيوم أو البرسبكس ، وذلك لتقليل كمية إشعاعات الانكباح الصادرة و لامتصاص الأشعة السينية الصادرة من الدرع الألومنيومي يحاط هذا الأخير بدرع آخر من الرصاص لقدرته الفائقة علي امتصاص هذا النوع من الإشعاعات.

و قد يعتقد البعض انه يمكن التعامل مع مصادر بيتا المكشوفة حيث أنها لا تشكل خطورة كبيرة بالمقارنة بإشعاعات جاما أو النيوترونات و لكن هذا الاعتقاد خاطئ تماما و يحمل خطورة جسيمة و لبيان مدى هذه الخطورة يكفى أن نعرف أن معدل الجرعة الناتج عن مصدر بيتا شدته 1 ميجابيكريل (أي $3,7 \times 10^{-1}$ مللي كوري) يكون مساويا 1 جراى / ساعة و ذلك علي مسافة 3 مم من هذا المصدر .

حواجز الإشعاعات السينية و إشعاعات جاما

تخضع الإشعاعات السينية وإشعاعات جاما عند مرورها خلال المواد لقانون الامتصاص المعروف بالقانون الأسى (exponential law) الذي ينص علي أن كمية هذه الإشعاعات تتناقص أسيا مع زيادة سمك المادة الممتصة حيث أن معدل الجرعة يتناسب مع كمية الإشعاعات فانه يمكن التعبير عن معدل الجرعة الناتجة عن هذه الإشعاعات كالآتي *

$D = Do\ e^{-\mu x}$

حيث أن Doمعدل الجرعة قبل اختراق الحاجز .

D هو معدل الجرعة بعد اختراق حاجز سمكه x سم.

μ معامل الامتصاص الخطى لمادة الحاجز .

ويعتمد معامل الامتصاص الخطى μ على نوع المادة المستخدمة في عمل الحاجز و على طاقة الإشعاعات ووحدة هذا المعامل هي مقلوب الطول(أي 1/سم) و يعرف السمك النصفي (HVL) وهو عبارة عن ذلك السمك من المادة المعينة الذي يؤدى إلي إضعاف كمية الإشعاعات الساقطة عموديا عليه إلي النصف باستخدام المعادلة يلاحظ أن

$$\frac{D}{Do} = 0,5 = \exp.(-\mu x)$$

و منها إيجاد السمك النصفي وهو

$$X1/2 = \frac{0,693}{\mu}$$

و هكذا فان الحاجز ذا السمك النصفي يؤدى إلي خفض معدل الجرعة إلي النصف فإذا كان سمك الحاجز خمسة أضعاف السمك النصفي بالنسبة للإشعاعات ذات الطاقة المعينة فانه يؤدى إلي إضعاف معدل الجرعة بمقدار $5(1/2) = 1/32$ مرة و عندما يكون سمك الحاجز عشرة أضعاف السمك النصفي ينخفض معدل الجرعة بمقدار 1/1024 مرة و هكذا .

و استخدام السمك النصفي مفيد للغاية عند إجراء الحسابات التقريبية السريعة لسمك الحاجز المطلوب و يتضح من المعادلة السابقة انه لمعرفة السمك النصفي لمادة ما و لإشعاعات ذات طاقة معينة يكفى معرفة معامل الامتصاص الخطى لهذه المادة عند الطاقة المعينة و يبين الجدول (17) قيم معامل الامتصاص الخطى μ و قيمة السمك النصفي X ½بالسنتيمتر لبعض المواد المستخدمة لعمل الحواجز و الدروع الواقية عند قيم مختلفة لطاقة إشعاعات جاما .

طاقة الإشعاعات (م.أ.ف)	ماء		حديد		رصاص		أسمنت مسلح	
	μ(1-سم)	x1/2(سم)	μ(1-سم)	x1/2(سم)	μ(1-سم)	x1/2(سم)	μ(1-سم)	x1/2(سم)
0,01	4,48	0,155	1330	0,0005	1340	0,0005	57,8	0,012
0,1	0,65	4,2	2,60	0,27	582	0,012	0,397	1,75
0,5	0,069	15	1,32	0,53	1,65	0,42	0,224	3,09
1,0	0,07	19	0,47	1,47	0,77	0,90	0,150	4,62
1,5	0,034	20	0,38	1,82	0,48	1,45	0,107	6,48
2,0	0,031	22,5	0,33	2,10	0,39	1,8	0,087	7,97
5	0,025	27,5	0,28	2,48	0,50	1,40	0,072	9,62
10	0,022	32,5	0,23	3,01	0,54	1,28	0,054	12,8

جدول (17) يوضح قيم معامل الامتصاص μ وقيمة السمك النصفى x لبعض المواد .

وبالإضافة إلي السمك النصفي يستخدم أحيانا سمك آخر يسمى بالسمك العشري و هو عبارة عن سمك المادة الذي يؤدى إلي خفض معدل الجرعة عشر مرات أي أن *

$$X1/10 = \frac{In10}{\mu} = \frac{2.303}{\mu}$$

أما أشعة جاما و الأشعة السينية لها قابلية كبيرة جدا على اختراق المواد ، ويمكن إقلال طاقات هذه الأشعة السينية باستخدام مواد لها عدد ذرى عالي أواسماك مختلفة كبيرة من بعض المواد و الحواجز الوقائية الشائعة مثل الرصاص والحديد و الباريت المسلح و الحديد المسلح بالأسمنت .

و عند استخدام الماء أو الهواء أو الألومنيوم كحواجز وقائية فتقل كمية الإشعاع بحد ضئيل جدا ، و يجب أن تعين كمية الإشعاع لتحديد السمك المناسب والمادة المناسبة و الجدول (81) يبين السمك اللازم لمواد المختلفة المطلوبة لإقلال معدل الجرعة الشعاعية إلى عشر الكمية الأصلية و هذه النتائج صالحة للمواد المشعة قوية الطاقة و يتبين من الجدول أن السمك 35 سم من الماء يعادل 3, سم من الرصاص للوصول إلى نفس المستوى الإشعاعي عند استخدام مصدر جامى قوته 1, مليون إلكترون فولت و حتى تصل إلى عشر قيمته الأصلية .

---

*

المادة	السمك المطلوب سم
المادة	6,6
الأسمنت العادي	3,1
الأسمنت الباريت	2,1
الحديد	9,
الرصاص	4,7

جدول (81)يوضح السمكالمطلوب لبعض المواد (سم) للحواجز الوقائية لمصدر جامى قوته 1, مليون إلكترون فولت .

حواجز النيوترونات السريعة

تسلك النيوترونات سلوكا مشابها لأشعة جاما حيث أن النيوترونات لها قابلية للاختراق و لذلك تستخدم المواد ذات العدد الذرى الصغير مثل الماء و البولي ايثيلين و الأسمنت المسلح و الحديد و الرصاص كحواجز وقائية هامة في مثل هذا الشأن .

إن النيترونات السريعة تفقد طاقتها أساسا عن طريق التشتت المرن علي الانوية الخفيفة وقد ورد انه يفضل استخدام مواد غنية بالعناصر الخفيفة كالهيدروجين لتهدئة النيوترونات لذا عند عمل حواجز واقية من النيوترونات السريعة يجب أولا تهدئة هذه النيوترونات و ذلك باستخدام طبقة ذات سمك مناسب من الماء أو شمع البرافين لاحتوائهما على الهيدروجين بنسبة عالية .

وقد وجدنا أن متوسط عدد التصادمات اللازمة لتحويل النيوترون السريع إلي نيوترون حراري هو حوالي 18 –19 تصادما مع ذرات الهيدروجين و عند معرفة متوسط المسار الحر للنيوترون في المادة المعينة فأنه يمكن حساب سمك المادة (الماء أو البرافين) اللازمة لتهدئة النيوترونات و بعد تحول النيوترونات السريعة إلي حرارية يصبح من السهل امتصاصها وذلك باستخدام مادة ذات مقطع عرضي كبير لامتصاص النيوترونات الحرارية ، وتستخدم مادة الكادميوم Cd لهذا الغرض حيث أن المقطع العرضي للامتصاص النيوتروني علي الكادميوم كبير للغاية و نتيجة للامتصاص النيوتروني تنطلق إشعاعات جاما .

وهكذا فانه عند عمل حواجز واقية من النيوترونات فانه يستخدم سمك من الماء أو شمع البرافين (في حدود 25–30 سم) يليه شريحة رقيقة من مادة الكادميوم لامتصاص النيوترونات الحرارية , ثم تغطى هذه الشريحة الأخيرة بسمك من الرصاص أو الأسمنت المسلح و ذلك لامتصاص إشعاعات جاما الناتجة .

و في اغلب الأحيان لا تتاح إمكانية استخدام شرائح الكادميوم لامتصاص النيوترونات الحرارية و إنما يكتفي باستخدام سمك كبير من الماء أو شمع البرافين ويقوم الحاجز بعملية التهدئة و الامتصاص النيوتروني حيث يتناقص عدد النيوترونات مع اختلاف قيمة معامل الامتصاص μ للنيوترونات عن معامل امتصاص إشعاعات جاما ، ويعتمد معامل الامتصاص النيوتروني اعتمادا كبيرا علي طاقة النيوترونات و على نوع المادة الممتصة ويبين الشكل (12) كيفية تغير هذا المعامل بتغير طاقة النيوترونات ، وذلك لعنصر الهيدروجين عند وحدة الكثافة .

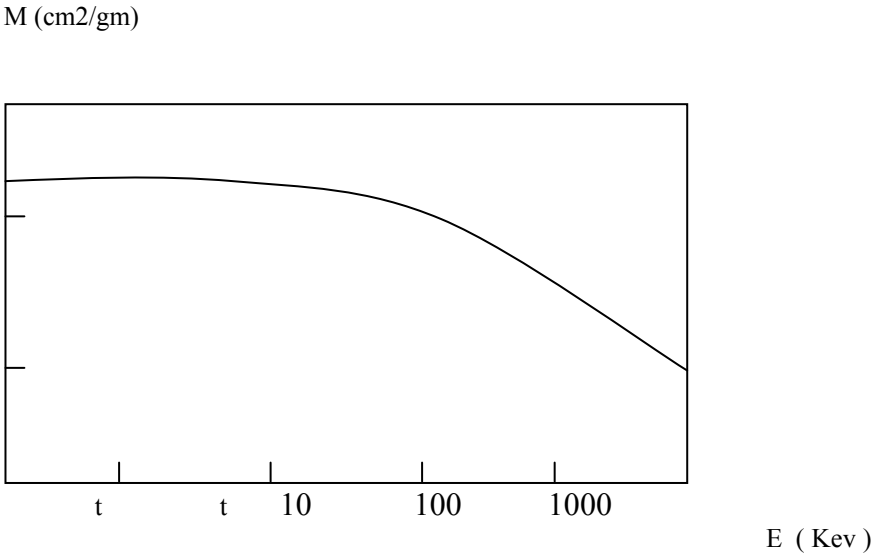
فإذا كانت المادة المستخدمة للامتصاص النيوتروني عبارة عن مركب كيميائي يحتوى علي الهيدروجين كأحد العناصر المكونة لها فانه يجب معرفة النسبة الوزنية للهيدروجين في هذه المادة وتكون كثافة الهيدروجين Q في هذا المركب هي عبارة عن حاصل ضرب كثافة المركب C x النسبة الوزنية للهيدروجين أي أن

$$Q = CQ$$

و عندئذ يكون معامل الامتصاص النيوتروني الفعلي μ هو عبارة عن حاصل ضرب كثافة الهيدروجين في المركب Q x معامل الامتصاص عند وحدة الكثافة μ أي أن $\mu = \mu Q$ كما فى جدول (19) .

العنصر	معامل الامتصاص μ (سم 2 / جم)
حديد	0,020
هيدروجين	0,602
أكسجين	0,041
كالسيوم	0,024
سليكون	0,295

جدول (19) يبين معامل الامتصاص لبعض العناصر .



شكل (12) يوضح معامل الامتصاص النيوتروني عند وحدة الكثافة للهيدروجين كدالة من طاقة النيوترونات

3-2-1 الشروط المطلوب توافرها في أماكن العمل بالإشعاعات و المواد المشعة

عند تصميم أماكن العمل بالمواد المشعة يجب توجيه العناية الكاملة لنظام التهوية وللحالة الخارجية للأسطح و الجدران و الأرضيات .

نظام التهوية

تهدف التهوية في المختبرات النووية و الإشعاعية إلي التبديل المستمر للهواء حتى لا تتجاوز نسبة تركيز المواد المشعة فيه حدا معينا و عموما لا يختلف نظام التهوية في المختبرات النووية عن نظام التهوية في المختبرات الكيميائية إلا في عدة جوانب بسيطة أهمها ما يلي :-

1. ضرورة وضع مرشحات لحجز المواد المشعة الصلبة العالقة في الهواء و عدم تسربها للخارج .
2. في حالة وجود مواد مشعة في حالة غازية يجب توجيه عناية خاصة إلي المرشحات و إلي مخارج التهوية بحيث يتم التأكد من ترشيح هذه الغازات أو تشتتها تشتتا تاما و عدم تركيزها في أماكن قريبة .
3. تكون مخارج التهوية بعيدة عن جميع النوافذ و المداخل لضمان عدم دخول الهواء إلي تلك المختبرات أو الأماكن المجاورة و يجب مد مخارج التهوية إلي ارتفاعات عالية حتى يتحقق التشتت .

الحالة الفنية للأسطح

يجب أن تتحقق الشروط التالية في جميع الأسطح و الجدران في الأماكن التي يوجد بها مصادر أو مواد مشعة مفتوحة :

1. تكون جميع الأسطح مثل أسطح الطاولات و الجدران و الأرضيات علي درجة عالية من النعومة وخالية من أي خدوش أو كسور أو تشققات ويسهل تنظيفها و إزالة التلوث منها .
2. طلاء جميع الجدران بطلاءات حاملة كيميائيا و غير قابلة لامتصاص الماء أو السوائل الأخرى .
3. تغطية الأرضيات بمواد مقاومة للحرارة و للتفاعلات الكيميائية و لصقها جيدا بحيث لا تتسرب أي كميات من المواد المشعة تحتها .
4. تغطية الطاولات بأسطح من الفورمايكا أو أي مواد ناعمة مقاومة للحرارة و للتفاعلات الكيميائية و تلصق هذه الأسطح بلاصق جيد يحقق المقاومة الحرارية و الكيميائية اللازمين .
5. وضع مفاتيح التوصيل الكهربي في أماكن بعيدة حتى لا تتعرض للتلوث بالمواد المشعة .
6. توجبه عناية خاصة إلي وضع المكيفات حيث أنها تشكل أسطحا يمكن أن يترسب عليها الغبار الملوث .
7. عدم و ضع أي أسطح غير ضرورية كالأرفف و الخزانات ذات الأدراج داخل المكان .
8. تخصيص غرفة مجاورة لاستخدامها كغرفة غيار الملابس على أن تزود بالماء الساخن و البارد و بأجهزة كشف التلوث و الملابس الواقية .

و تجدر الإشارة إلي ضرورة توافر هذه الإمكانات في جميع المختبرات و الأماكن من النوع الثالث و الرابع و أما بالنسبة للنوع الأول و الثاني فأنه من المفضل أن تتوافر لها تلك الإمكانات .

حسابات الدروع الوقائية في المنشآت العلاجية

تزداد الاستخدامات المتنوعة للمصادر المشعة خاصة في المجال العلاجي و لذلك لابد أن تكون هذه المصادر مرخصة من حيث طريقة الاستخدام الآمن كيفية تداولها و حفظها داخل درع واق و من هذه المصادر مصادر الأشعة التشخيصية و العلاجية .

و لكل نوع من هذه المصادر المشعة طريقة آمنة لتداولها لحماية العاملين المستفدين بها و حماية البيئة التي نعيش فيها لذا كانت أهمية الدروع الوقائية حول المصادر المشعة و لزيادة الكفاءة الوقائية للدرع يجب فحص المواد المكونة له و دراسة آثار الإشعاع النووي عليها و الطريقة المثلى لتصميمها و ذلك لحماية البيئة من خطر تسرب الإشعاع .

3-2-2 المواصفات الخاصة لإقامة وحدة أشعة تشخيصية

طبقا للقانون 59 لسنة 1960 الخاص بتنظيم العمل بالإشعاعات المؤينة و الوقاية من أخطارها و لائحة التنفيذية و مذكرته الإيضاحية فأنه تتبع الإجراءات الخاصة بالوقاية من الإشعاع للجدران المحيطة بجهاز أشعة تشخيصية .

و يتم عمل حسابات مما هذه الجدران بمعدلات رياضية تخضع لعوامل كثيرة هذه المعادلات يتم حسابات الإشعاعات المؤينة الصادرة من الجهاز و هي الأساسية و المشتتة و المتسربة .

أما العوامل التي تخضع هذه المعادلات الرياضية فأنها مقننة طبقا للمعايير الدولية التي تضعها كل من الوكالة الدولية للطاقة الذرية و غيرها من الهيئات المعنية (IAEA – ICRU – ICRP) و هذه الهيئات تصدر سلاسل من النشرات العلمية تتابع تصورها مع تصور هذا المجال ، و من هذه العوامل (عامل الاستخدام – عامل الانشغال) و من هذا المنطلق فأنه يلزم عمل حسابات الوقاية لجهاز أشعة مراعاة كل هذه العوامل و المسافات اللازمة بين بؤرة الأنبوبة و الحوائط الحاجز و التي قد لا تنفذ لجهازين مع بعضهما و لكن قد تتناسب مع الاشتراطات العامة مع جميع الأجهزة و أيضا لتوفير جزء كبير من احتياطات الوقاية من الأشعة أثناء الإنشاء.

وحدات الأشعة العلاجية

نظرا لارتفاع طاقة الإشعاعات المؤينة المستخدمة في العلاج الإشعاعي حيث تصل إلى حوالي 20 مليون إلكترون فولت و تختلف في أنواعها (أشعة اكس – جاما – أشعة إلكترونات) يستلزم استخدام مواد أخرى لعزل هده الحجرات و بشكل أساسي من الخرسانة المسلحة دات الكثافة العالية (2,35 كجم /متر مكعب) أو تزيد و بسمك يصل إلى اكثر من 2متر للحائط و السقف و دلك للقدرة على امتصاص الإشعاعات المباشرة و المشتتة الصادرة من هده الأجهزة و يتم وضع وحدات التحكم و المراقبة لهده الأجهزة في غرف خاصة بعيدة عن الجهاز كما أن يتم عمل أبواب محكمة تعمل أتوماتيكيا مع جهاز التشغيل وتبطن بالرصاص مع ملاحظة أن تكون هده الوحدات في الأدوار الأرضية لثقل وزنها و للتغلب على الأشعة الفعالة ناحية الأرض .

وحدات الاشعة التشخيصية

أجهزة الأشعة التشخيصية :

القوة تتراوح من 500 م10 إلى 1000 م10 1150 م10

- المساحة : لا تقل مساحة الحجرة عن 4 × 5 م لإقامة أنبوبة أشعة واحدة على ترابيزة واحدة أو ترابيزة واحدة و أنبوبتين تعمل إحداهما للتصوير و الثانية للفحص النظري .
- وحدة التحكم : يتم عمل وحدة تحكم خارجية (منفصلة) عن حجرة الأشعة بحيث تكون لها نافذة مراقبة من الزجاج المرصوص بمكافئ رصاصي يتناسب مع سمك الجدار الموجودة به للبعد عن الأشعة المشتتة و كدا الهواء المؤين داخل الغرفة.
- الجدران : يتم عزل حجرات الأشعة التشخيصية عن الأماكن المحيطة بها و دلك لمنع تعرض العاملين من غير مستخدمي الإشعاعات المؤينة معتمدا على عوامل كثيرة منها :

– استخدام الحوائط العازلة من مواد لها قدرة على امتصاص الإشعاعات المؤينة مثل الطوب الأحمر المصمت أو الطفلى المصمت لرخص سعره و قدرته العالية على امتصاص الإشعاعات المؤينة ذات الطاقات المنخفضة و بسمك حوالي 25 سم (طوبة كاملة) .

– أن يراعى عند تركيب الأجهزة توجيه الأشعة الفعالة على أماكن غير مأهولة مثل الفراغ – شارع – منور – سلم و عدم توجيه (تحريم) إلى حجرة التحميض – وحدة التحكم – غرفة الطبيب – السكن) .

– مراعاة تبطين أبواب غرف الأشعة برصاص يكافئ على الأقل سمك الحائط 1,5 – 2 مم رصاص .

– عمل برافانات ثلاثية الأجنحة في حالة وجود وحدات التحكم داخل الحجرات مع عدم توجيه الشعاع الفعال نحوها .

- السقف و الأرضية : يستحسن عمل بلاطة السقف من الخرسانة المسلحة بسمك 20 سم إن أمكن و خاصة اسفل جهاز أنبوبة الأشعة على أن تكون الخرسانة بكثافة لا تقل عن 2,025 كجم /م 3 أو إضافة سجادة من الرصاص سمك 1,5 مم رصاص بمساحة 1,5 × 2 متر اسفل ترابيزة التصوير في حالة عمل خرسانة السقف بالسمك العادي .
- ارتفاع السقف : ارتفاع السقف لا يقل عن 3م و تكون فتحات التهوية بالحجرة على ارتفاع اكثر من 2 م من أرضية الحجرة إلا إذا كان على شارع عمومي كبير و في أدوار عليا .
- و في حالة جهاز أشعة أنبوبتين و ترابيزتين (إحداهما للتصوير و الثانية للفحص النظري) .

يتم تخصيص مساحة مناسبة لكل أنبوبة حوالي 4 × 5 م على أن يفصل بين الأنبوبتين حائط بارتفاع 2م و بسمك من المباني لا يقل عن 15 سم (نصف طوبة) من الطوب الأحمر المصمت أو بدائله أو مكافئه الرصاصي على أن توضع وحدة التحكم في المنتصف بين الأنبوبتين .

3–2–3 بعض أنواع الحماية في تفاصيل

متطلبات حجرة الأشعة : –

رصاص إطارات الحواجز الوقائية (شكل 13)

الإطار المعدني القياسي المبطن بالرصاص ذات المصدات المتحركة تكون بأبعاد 48" × 96" خارج قوائم النافذة واقل أبعاد 8" × 10" و الإطارات المعدنية المفرغة تتناسب أيضا مع الأبواب المعدنية المفرغة .

و يمكن تصنعيها لتقبل أي سمك للزجاج أوالاكريليك و يمكن زيادة المقاومة بإضافة الفولاذ .

شكل (13) يوضح مساقط وقطاعات الاطار المعدنى المبطن بالرصاص

الإطار المعدني المتداخل :

تملئ الإطارات المعدنية بالرصاص لتتكيف مع سمك الحوائط من 1/4" 4 إلى 1/4 6" و يصنع من الرصاص المصمت الممتد بسمك 3" : 16" و يقبل زجاج بسمك حتى اكثر من 2" و يستخدم في التداخل مع الحائط حتى سمك 5" : 3/4" للوزرة و جميع الإطارات تأتى مع مصد متحرك 1/2" .

الرصاص المالئ للألومنيوم المتداخل :

يكون بسمك 1/16" (1,5 ملليمتر) رصاص و يتساوى مع الحائط من 1/4 4" : 1/4 6" مع المصدات المتحركة .

الألواح الجبسية و الحجر المغطى بشرائح جبسيه :

يتم تصنيعها طبقا للكود المخصص للحريق للألواح الجبسية و الرصاص المبطن للألواح الجبسية يجهز مع بطانة رصاص سمك من 1/64" : 1/4" ويتصل بألواح جبسيه بسمك من 1/2" أو 5/8" و الرصاص المالئ للجبس يجهز مع شريط 2" من نفس سمك الرصاص وارتفاعه و شريط من الرصاص على شكل مخروط قطره 3/8" و يمكن أن تصنع لمقاسات اكثر من 5/8" في القطر.

(شكل14) يوضح طريقة تركيب وقطاعات الالواح الجبسية

الألواح الجبسية الجدارية المصفحة بالرصاص :

يتألف من لوح مفرد غير مثقب من الرصاص المصفح للسمك القياسي للألواح الجدارية و الوصلة تكون متماثلة مع الطبقات المستمرة للمعجون .

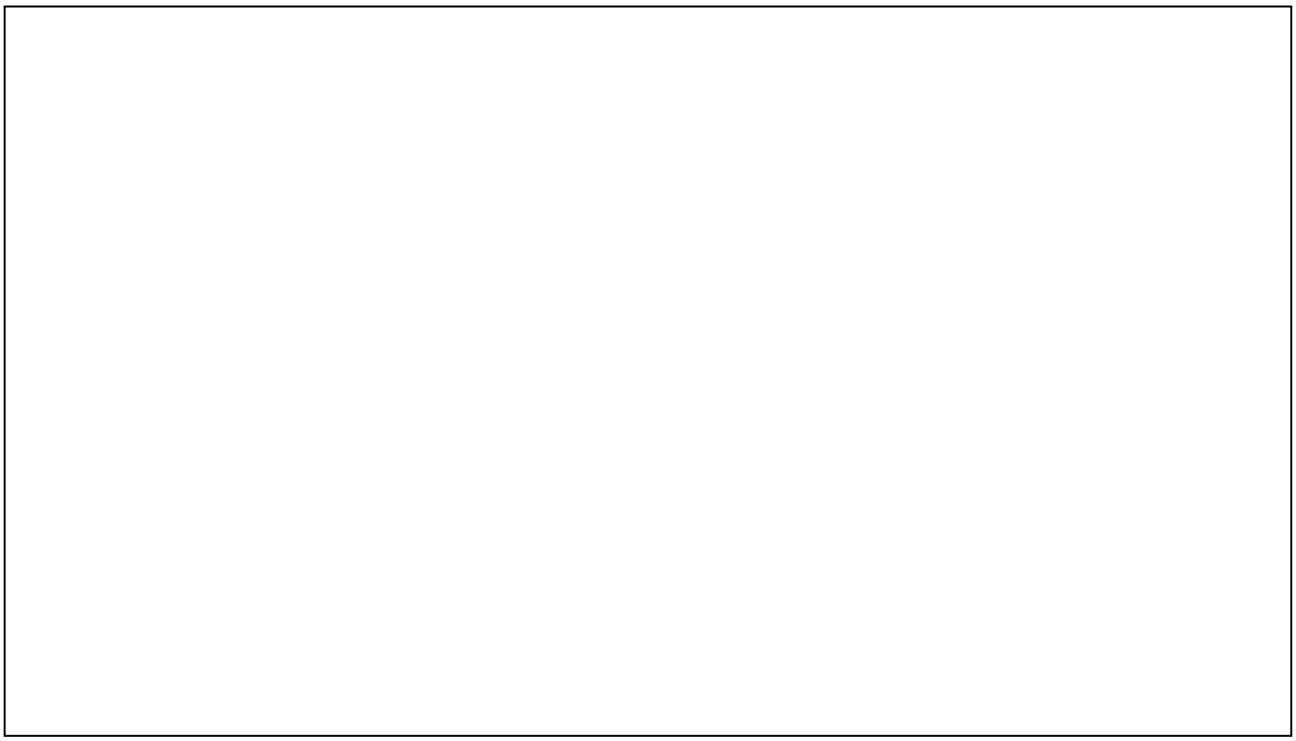
الألواح الجدارية المصفحة بالرصاص :

لابد من تثبيتها على الأقل 8 "بوصة فوق مركز الحدود لكل لوح و على الأقل 12"بوصة فوق مركز وسط ارتفاع الغرفة .

2" بوصة عرض شريحة من لوح الرصاص بنفس السمك لابد أن تطبق لكل وصلة بارتفاع الغرفة قبل تركيب الألواح الجدارية و هذه الشرائح من ألواح الرصاص يشترط ضرورة وجود 1" بوصة تداخل مع الألواح المجاورة و كل رابطه تغطى بشرائح من الرصاص (على شكل اسطوانة)تساوى في السمك الرصاص المصفح للألواح الجدارية ليمنع إمكانية تسرب إشعاعي في نقاط الربط أو عند أماكن الربط .

الحجر المغطى بشرائح خشبية : (شكل 15)

يستخدم الحجر أو الطوب الجبسى المغطى بشرائح خشبية لكل الاستعمالات و يكون سمك الرصاص من 1/64" إلى 1/2" و مقاس الطوب المنحوت 16" ×48" و يكون محكوم بمقاس الرصاص 49"×17" وكل طبقة تجهز بأسطوانة رصاص 5/8" بنفس سمك الرصاص كما أن يمكن تجهيز رصاص لإحكام لصق الألواح الضخمة .



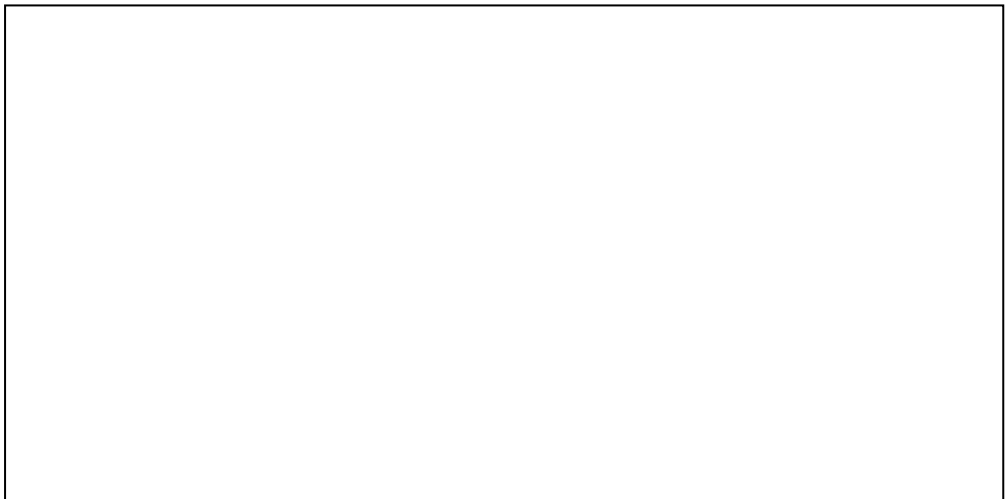
شكل (15) يوضح طريقة تركيب وقطاعات الحجر او الطوب الجبسى المغطى بشرائح جبسية

الحواجز الوقائية الإشعاعية للأبواب :

تصنع الأبواب في حجرات الأشعة التشخيصية بأشعة اكس باستخدام افضل المواد المتاحة و بالتحكم في الجودة و الفحص المتواصل يمكن أن نتأكد من الحصول على المتانة و افضل مواصفات ووظائف الحواجز الوقائية الممكنة للأبواب .

الأبواب تتكون من طبقات فردية من ألواح الرصاص في مركز الباب و الخشب المركزي للباب يكون مصفح تحت ضغط هيدروليكي على كل جانب من الرصاص كما فى شكل (16) أما قلب الباب يتماسك بقوة بواسطة صب عمود من الرصاص 2" بوصة في المركز على بعد 1/2" :1" من الحدود .

و يصنع الرصاص حسب المواصفات المطلوبة مع الزجاج الرصاصي و فتحات الشبابيك و فتحلت التهوية و تجهز الدعامات المعدنية و رصاص الحشو مع إطارات الأبواب المعدنية المفرغة مع أو بدون جهاز إنذار للأبواب .



شكل (16) يوضح مساقط وقطاعات لبعض نماذج من الابواب المستخدمة فى حجرات اشعة اكس

معلومات تصنيفية :

تصنيف الأبواب لابد أن يحتوى على المعلومات التالية :-

1. يتطلب معرفة دقيقة لارتفاع و عرض الباب .
2. مكان واتجاه تعليق الباب .
3. سمك الرصاص .
4. الإضافات و الاختيارات للموقع .
5. مقاس و مكان الزجاج الرصاصي (طول ×عرض).
6. مقاس و مكان الفتحات المرصصة (طول × عرض) .
7. الأسطح المائلة 1/8" × 2 بزاوية 3* .
8. في الأبواب المزدوجة يجب أن نبيت أيهما المتحرك لكي يؤمن بحلق .
9. مقاومة الحريق (تصنف الأنواع حسب أنواع الحريق) .
10. مواد النهو (قشرة خارجية – مواد بلاستيكية مصفحة – مواد نهو مصفحة) .
11. إنذار ضوئي مانع للتسرب .

الطرق الأولية لتركيب الأبواب تحتوى المعلومات الإضافية الآتية :-

1. سمك الحوائط .
2. مفصلات .
3. محاور ارتكاز .
4. موضع المفصلات و الأقفال .
5. حجم و مقاس الزجاج الرصاصي .
6. اتجاه الفتح .
7. أنواع الإطار (الإطار المفرغ القياسي) .
8. سمك الرصاص .

أحجام الدعائم :-

1. 7" × 2,5"
2. 7" ×2,6"
3. 7" × 3"
4. 7" × 3,6"
5. 7" × 4"

الزجاج الرصاصي و الاكريليك (البلاستيك) الرصاصي .

الزجاج الرصاصي يكون ملون بلون زجاجي ذوضوء اصفر كهرماني يكون مناسب التجهيزات الشاشات و الأبواب وهذا يخصص للرؤيا لإجراءات التصوير الإشعاعي و يكون متاح في مكافئ رصاصي كما هو مبين فى جدول (20) :

1,5 مم – 2,1 مم _ 2,6 مم _ 3,5 مم _
10 مم .

البلاستيك الرصاصي المتاح منه المكافئ الرصاصي
له :

3, مم _ 5, مم _ 8, مم _ 1 مم _
1,5 مم _ 2مم .

المقاسات القياسية :–المقاسات المطلوبة تحضر
حسب
الطلب كما فى شكل (17) .

شكل (17) يوضح شكل والاحجام المتوفرة من الزجاج الرصاصى المستخدم فى حجرات اشعة اكس

مكافئ رصاصي (mm) لطاقة أشعة اكس		سمك الزجاج الرصاصي (mm)
200 Kev	100 Kev	
_	1.5	5.0
1.5	2.0	6.5
2.0	2.5	8.0
2.5	3.0	9.5

جدول (20) يعطى المكافئ الرصاصي للزجاج الرصاصي كثافته 5,2 gcm-3 - 5, 0 و معامل انكساري Refraactive Index 1,8

الزجاج المرصص

النوافذ و الشاشات داخل حجرات الإقامة للأشعة التشخيصية تصنع من الزجاج المرصص بينما السمك يعبر عنه بالمكافئ الرصاصي و خاصة لطاقة أشعة اكس و هي بتجهيز العديد من الشركات الصناعية المتخصصة التي أيضا تحدد الكثافة و معامل الانكسار البيانات في جدول (4-5) توضح قيم متوسطة للمكافئ الرصاصي للزجاج الرصاصي و هذا ببساطة يعطى مساعدة أو دليل و للحصول على قيم أدق فأن المواصفات التجارية يجب أن تراجع .

الرصاص الوبري Lead Wool

الرصاص المز غب يكون من حبال الرصاص المجدولة التي تفك داخل إطار طوقي و هو اكثر ملائمة للاستخدام من مصهور الرصاص بغرض منع الانزلاق لا نه يتطلب تسخين أو صب .

و تعليب الرصاص الوبري بدقة يكون بهدف منع الانزلاق و عمل مانع تسرب محكم من مصهور الرصاص افضل من الذي يتقلص سطحه بعد الصب ويكون الهدف هو ملئ الفتحات التي توجد في الألواح المعدن أو القرميد و تكون إيجابية كأفضل الطرق لحشو الصدوع .

الرصاص الموخط (خيوط الرصاص) Lead Shot

خيوط الرصاص تثبت لتكون من الوسائل المثالية لتزويد الحواجز الوقائية أو الحصى المفروش به المساحات المكشوفةعندما تكون الألواح أو المعادن أو القرميد غير عملية .

–أحجامها دقيقة جدا و ناعمة مثل التراب 05," قطر إلى 36," قطر .
–الكثافة الوزنية لكل قدم مكعب يمتد من 425 إلى 440 Ibs.
–مقارنة ب 708 Ibs متر مكعب للرصاص المصهور أو المطحون .
يمكن التوصية على أشكال معينة مثل الجلبة أو الغطاء – سلك – قضيب – شرائط تكون ملائمة تتلاءم مع المواصفات المطلوبة .
كذلك يمكن بسهولة تصنيع رصاص الحشو للاماكن الصغيرة – الحاويات و أنواع أخرى مثل Antimonialأو الرصاص الصلب .

الخط الكامل لتصنيع الرصاص النقي :-

تتضمن قرميد – قوالب مضغوطة من الرصاص – سبائك – قوالب بأي مقاسات أو مواصفات شرائح الرصاص المصفحة (مكسوة بصفائح معدنية) من 1/64" و معظم هذه المنتجات يمكن أن تقطع قطع أو رولات .

الحواجز الوقائية :-

(حواجز أشعة اكس المتحركة و المركبة)

مواصفاتها :

1. قادرة على الحركة .
2. شفاف .
3. حواجز وقائية لحماية المستخدمين في المجال الطبي .
4. الوقاية في الاستخدامات الطبية من الإشعاع الثانوي .
5. عرض إضافي – انحرافات حرة – فتحات بلاستيك رصاصي .
6. اختيار مقاسات الحواجز لفرد أو اثنين أو اكثر من شخص .
7. جذاب متين سهل الحمل .
8. يستخدم للعمل في غرف الفحص – العمليات – العناية المركزة – وحدة رعاية القلب – التصوير الإشعاعي – أجنحة الطب النووي .

حاجز أشعة اكس المتحرك :

يعمل على حماية كامل الجسم وسهولة الرؤيا الصافية من خلال بلاستيك رصاصي لها مكافئ رصاصي 5, - 8, - 1 مللي للحماية و زيادة المقاومة و المتانة للاستخدام الشاق .

و في كل موديل من الحواجز المتنقلة شباك مستند على قاطوع منخفض كما انه مزود بعجل سهل الحركة ويمكن فكه و تركيبه بسهولة شكل (18) .

الشباك البلاستيك الرصاصي الشفاف ينصح به عندما يكون مطلوب رؤية واضحة في المساحات الكبيرة يمكن أن يصنع من المقاسات فوق 6× 8 قدم وحسب الطلب .

وصف الحاجز المتنقل :

الجزء العلوي فوق مجال الرؤيا نرى كيف تستطيع تثبيته في الحائط (قطاع عرضي 48" 36") جدول (21) يبين الابعاد المختلفة لكل جزء .

يمكن تعديل أعمدة الربط (J) ليثبت بقمم الزوايا المثلثية (D)الراسية المتقابلة و النهاية الراسية للزوايا المثلثة (C) إلى الحوائط الساندة لزوايا المثلثة (L) رابطة الزوايا المثلثة 36" (K) يكون موضوع على 36" قاطوع الرؤيا و يتصلوا بقمم قضيب الربط

(J) أي 84" بجمع رأسي أو نهاية زوايا مثلثة يمكن تثبيتها بالحائط أو السقف بواسطة وسائل يمكن تعديلها بقطعتين أعواد ربط في نهاية عمود الربط يثبت إلى قمة الزوايا المثلثة الراسية والنهايات الأخرى نربط بالحائط الساند.

الزوايا المثلثة هذه تكون ملحقة بالحائط وألا عمده تستطيع أيضا أن تكون متصلة بدعامة السقف .

(K) رابطة الزوايا المثلثة يمنع الفجوات في نهاية الزوايا من قواطيع الرؤيا و هي لابد أن تكون مركبة بين قمم لكل نهاية زوايا مثلثة رأسية و قريبه بالزوايا المقترنة بها كما فى شكل (18).(L) الأعمدة الساندة بالحائط 34" طول 16" سمك الساند المعدني يكون ساند أفقي على الحائط و يحتوى ثلاث سواند مفرغه لقضيب الربط .

جدول (21أ) يبين الابعاد المختلفة للحلجز الوقائى المتحرك

منتجات الحواجز الوقائية الإشعاعية : تحتوى على أبواب (ذو القلب الخشبي الصلب أو المصمت) رصاص الحشو – المعدن المقوى – الرصاص المبطن للألواح الخشبية والجبسية – الدعامات المكسوة – الزجاج الرصاصي و الاكريليك –

الرصاص المالئ للإطارات – الأبواب
و أنواع أخرى.
ومـــواد الحـــواجز الوقائيـــة يتطلـــب
تخصيص تقنية عالية في التصنيع فهي
بالغة الأهمية ليكون لها دقة وضوح
متناهية كما فى (جدول21ب).

جدول (21ب) يوضح المكافىء الرصاصى لانواع مختلفة من الحواجز الوقائية المتحركة

الخشب الرقائقى الرصاصي

يستخدم الرصاص بتوسع في العديد من الأشكال على هيئة مادة لحاجز وقائي في مهنتي الطب الإشعاعي (علاج–تشخيص) و طب الأسنان و يستخدم ألواح الخشب الرقائقى الرصاصي لحوائط و أبواب حجرات أشعة اكس التشخيصية و كذلك لوقاية الشاشات و غرف الإقامة بالمستشفى .
المصور الإشعاعي يستطيع أن يقف خلف جزء داخلي لحجرات أشعة اكس في وقت التعرض للجرعات الإشعاعية .
شكل (18)

الرصاص المطاطي

أو المطاط الرصاصي يستخدم في عمليات التشخيص بأشعة اكس على هيئة حرملة رصاصية مطاطية و على هيئة قفازات أو ستائر و رقائق من الرصاص المطاطي تندمج في وحدات الكشف لأشعة اكس لحماية المختص باستخدام الأشعة .

الطوب الرصاصي

الطوب الرصاصي المصمت و نظام الطوب المعشق يكون جزئيا مفيد يعتمد عليه في العديد من الأغراض الخاصة فعلى سبيل المثال :–
في جزء رئيسي من المبنى في معمل حار للطب النووي يندمج في ترولى متحرك يصمم للمصادر المشعة المصمتة المستخدمة في العلاج الإشعاعي في حجرة العمليات .

قوالب الرصاص

القالب الرصاصي يستخدم لإدخال أنابيب أشعة اكس فيه أما الحاوية الرصاصية تستعمل لنقل المصادر إلى المستشفيات أما الصبة الرصاصية يمكن أن تضع لأكثر من وظيفة مثل الحواجز الوقائية للأسرة التي تقي العاملين بالتمريض من التعرض الإشعاعي أثناء رعايتهم للمرضى المعالجين بالمصادر الإشعاعية وهذه الحواجز تبدو منحنية القمة و جانبين متوازيين مبتورتان لتسهيل إجراءات التمريض.

الخرسانة

عادة في نوع خرسانة الباريوم يضاف بعض الأوقات رصاص أو كسر الحديد للغرف المحصنة التي تستخدم في العلاج الإشعاعي المستخدم الميجافولت أوالتجهيزات المستخدم فيها التصوير الإشعاعي بأشعة اكس و كتل الخرسانة تستخدم أيضا في التصميم للوقاية الإشعاعية للطاقات العالية البحثية .

دراسة لنماذج متنوعة لأقسام المعالجة الإشعاعية

1–3–3 حجرة المصدر المغلق Seald Sours Room

النوع الأول

الحجرة الوقائية للمصدر المحكم الغلق لسهولة تخزين مواد مشعة مثلا (كازيوم 137 – أيريد يوم 192) و كذلك المصادر المشعة الأخرى للعلاج الإشعاعي القصير .

النوع الثاني

الحجرات أو الأجنحة التي يبقى بها المريض فترة قصيرة عندما يكون المصدر المشع داخل الجسم .

فالحجرة المنفصلة لابد أن يحتاط لها عندما يكون هناك إمكانية تخزين المصدر المتحرك يحمى بواسطة الرصاص و الكلابات .

عندما يكون مصدر الراديوم و الرادون مستخدم تعرف هذه الحجرة باسم " حجرة الراديوم " و لكن ألان يستخدم مصطلح " حجرة المصدر الإشعاعي المغلق ".

و عندما يكون المصدر غير مغلق مثل اليود 131 و متحرك يوصل في الحجرات المختلفة و يعرف بالموزع أو المعمل الحار ونجد في The UK National Radiological Protection Bord (NRPB) 1983

يشترط ثلاث ملاحظات إرشادية للحجرة أينما يكون مصدر العلاج الإشعاعي القصير مجهز .

1- أساسيا يشترط حجرة منفصلة لتركيب و تنظيف المصدر و مشتملا ته و هذه الحجرة لابد أن تكون مشغولة فقط أثناء العمل ولابد أن يكون اختيار موقعها في المنطقة المراقبة أو المتحكم فيها إشعاعيا لمراقبة الشعاع الخارجي من المصادر المختلفة مع أن كل جهد لابد أن يبذل ليخفف معدل الجرعة في الحجرة بواسطة استخدام حاجز وقائي موضعي في المصادر الغير مغلقة لكن قد يحدث تلوث لذلك لابد أن تصمم الغرف بحيث يكون سهل إزالة التلوث فالحوائط و الأرضيات لابد أن تكون ملساء غير مسامية سهلة التنظيف خاملة كيميائيا .

2- من الأساسي أن يكون باب الحجرة عليه إشارة تحذيرية تدل على نشاط إشعاعي مؤين و لو كانت هذه الحجرة في منطقة متحكم فيها تكون هذه الإشارة جزء ضروري من الإنذار التحذيري .

3- تخزين المصدر المغلق لابد أن يكون مرتب ربما يكون في التخزين الآمن المعد له في الحجرة أو في تخزين منفصل للمصدر وفي National Council On Radiation Protection and Measurment (NCRP) USA (NCRP1978 a

توصيات فيما يتعلق بسهولة التخزين :-

1- الغلق الوقائي للتخزين الآمن لابد أن يركب في حجرة مزودة بوسيلة لمنع الدخول .

2- حجرة التخزين لابد أن تكون تحكم إداري من المشغل المسؤول .

3- منطقة التخزين الراديوم لابد أن تهوى يفضل بواسطة توجيه الانبعاثات إلى الخارج الصادرة من إمكانية تسرب الرادون .

4- حجرات التخزين بخاصة لمصادر العلاج الإشعاعي القصير لابد أن تتضمن بالوعة للتنظيف مزودة بمحبس للروائح يمنع التسرب ولابد أن يكون سهل الفك و الصيانة .

5- عداد الفحص الإشعاعي لابد أن يكون متاح لهذه الحجرات و يكون مؤهل لقياس الإشعاع .

و للمساعدة في تصميم الحواجز الوقائية لمصدر العلاج الإشعاعي القصير قدمت NCRP a 1978 قائمة قيمة لنصف السمك و عشر السمك لسمك الرصاص بجدول (22) وكذلك الخرسانة ذات الصلة بالنظائر المشعة بجدول (23) .

النظائر ذات النشاط الإشعاعي	HVT (cm)	TVT (cm)
راديوم 226	1.4	4.6
كوبالت 60	1.2	4.0
كازيوم 137	0.65	2.1
تانييلوم 182	1.2	4.0
انديوم 192	0.3	2.0
ذهب 198	0.33	1.1

جدول (22) يوضح نصف قيمة السمك و عشر قيمة السمك للرصاص لاختيار النظائر ذات النشاط الإشعاعي .

النشاط الإشعاعي للنظائر	طاقة أشعة جاما (Mev)	TVT (mm)		
		كثافة الخرسانة جرام / سم مكعب	حديد	رصاص
		2.35		
	0.41	135	–	11
	0,13 – 1.06	147	43	20
	0.66	157	53	21
	1,17 – 1.33	206	69	40
	0,047 – 2.4	243	74	55

جدول (23) يوضح تغيير و اختلاف **TVT** قيمة عشر السمك Tenth Value Thickness مع النشاط الإشعاعي للنظائر NCRP 1976

و متطلبات الوقاية للنظائر الإشعاعية المستخدمة للعلاج الإشعاعي القصير مثل كازيوم 137 و أيريد يوم 182 و الذهب 198 تكون اقل في شروط الحواجز الرصاصية من الطاقة العالية المنبعثة من نظائر جاما مثل راديوم و الكوبالت 60 .

- من الطرق الأساسية لتجهيز حجرة المصدر المغلق :-
- عدم لمس المصدر إطلاقا باليد .
- لابد أن تكون هناك مسافة بين المصدر و المشغل .
- يجب إضافة حاجز وقائي على شكل حرف L فوق المنضدة شكل (19) وهي تحمي المشغل كما يمكن وضعه على الترولى الذي يحمل المصدر المتحرك .

شكل (19) يوضح حاجز وقائى على شكل حرف L

- يوضع حاجز وقائي على شكل حرف L فوق فتحة المراقبة لتقليل التعرض الإشعاعي في الوجه .
- (NCRP a) 1978 ينص على أن الحاجز العادي (شكل حرف L) يستخدم مع مصدر العلاج الإشعاعي القصير في حجرة التخزين له اقل حد مكافئ رصاصي 5 سم .
- في حالات تجاوز الحد الأقصى لساعات العمل سوف يكون من الطبيعي أن تكون مصممة على أساس معدل التعرض للأيدي على عكس معدل التعرض بجزء من الجسم الذي يتم وقايته بواسطة block L شكل (18) .
- لابد أن نتأكد عند التخطيط لحجرات المصادر المغلقة أن يكون الموقع بعيد عن مناطق الاستقبال و أجنحة المرضى و مكاتب السكرتارية .
- عمليا الحجرة تكون في بعض الأوقات مندمجة داخل الأجنحة للتأكد فقط من قصر الوقت الضروري لمرور المصدر .

و الجزء الداخلي لقسم العلاج الإشعاعي يكون قريب من الحجرة المحصنة بالخرسانة .

حجرة المعالجة :

في Supervoltage للشعاع الخارجي تصميم خاص ملائم للحجرة المحصنة الخرسانية و التحكم عن بعد للعلاج الإشعاعي القصير بعد تحميل الماكينة يتطلب تجهيزات وقائية خاصة كما أن إدارة كميات العلاج الإشعاعي السائل مثل اليود 131 مثاليا يحتاج جناح من الحجرات و الأسلوب المتبع في العديد من المستشفيات بغرض توزيع مرضى العلاج الإشعاعي في أسرة منفردة أو أجنحة متجاورة أو في زاوية في أجنحة كبيرة بحيث تكون بعيدة بقدر الإمكان عن المريض الآخر .

العناية بالتمريض :

المريض المستقبل علاج بواسطة الشعاع الخارجي العلاجي لا يكون فعال إشعاعيا و الجرعة لاتمثل خطر إشعاعي لمجموعة التمريض مع ذلك المريض المستقبل العلاج الإشعاعي القصير يكون خطرا إشعاعيا و لكن فقط للمعالجة المستمرة الطويلة .

و الاعتبارات العامة للعناية بالتمريض حددت بواسطة NCRP a 1979 و NRPB 1983 .

و هذه التوصيات :-

كلما أمكن المعالجة يجب أن تتم خارج الأجنحة المحتوية على واحد أو اثنين من الأسرة و مكان المتابعة المخصص للتمريض نتأكد من انه مجاور للحجرات المدرعة بقر كاف مع ذلك لو كان أسرة المرضى في الأجنحة العامة لابد أن يتبع الترتيب الآتي :-

1) الانسجام مع المساحة المصممة و نظام العمل .
2) يأخذ في الاعتبار الجرعة الإشعاعية المتوقعة لكل من الفرد و الجماعة للمرضى الآخرين الغير خاضعين للعلاج .
3) لذلك المسافة بين مركز السرير و الآخر يكون على الأقل 2,5 متر .

الاعتبارات العامة للعناية بالتمريض :

1- طول الوقت الذي تقضيه الممرضات في ملازمة المريض لابد أن يكون محدد بالتعرض الذي ربما يستقبله .

2- للتعرض الأقل للعاملين بالمستشفى أثناء مباشرة العمل لابد ألا يكون مركز في منطقة واحدة و لكن يكون موزع في بعض الإدارات و ربما يكون افضل مكان في حجرات خاصة أو أجنحة تحت رعاية مسؤول مدرب الذي يكون مصنفا من العاملين بالإشعاع .

3- الممرضة الخاصة العاملة باستثناء المصنفين بالعمل الإشعاعي لابد ألا تخصص للعناية لأكثر من مريض إشعاعي كل شهر خارج موافقة مسؤول الوقاية الإشعاعية .

4-الزائرين يجب ألا يبقوا بجوار سرير المريض المعالج إشعاعيا فترة طويلة و خاصة المشار إلى السرير بإشارة تحذيرية و يمنع الأطفال و السيدات الحوامل من الزيارة طالما إشارة التحذير معلقة .

بعد انتهاء المعالجة الإشعاعية يمكن للتمريض أن يقترب و لكن لمسافة 2 قدم للمدة المحددة كل يوم وجداول (24-25-26) تعطى الوقت الذي تقضيه الممرضة مع كل نظير إشعاعي .

كمية النشاط (mg)	الوقت المباح للتمريض (الراديوم) (min)
10 - 5	60
20 – 10	30
40 – 20	15
60 – 40	10
100 - 60	5

جدول (24) يوضح توصيات الوقت المباح للتمريض لعنصر الراديوم (After Royal Marsden Hospital 1968)

يوم	وقت التمريض للرعاية				
	20-40 mci	40-60 mci	60-80 mci	80-120 mci	150 mci
1	60	30	30	15	10
2	Rn	45	30	30	15
3	–	60	45	30	15
4		Rn	60	45	30
5	–		–	45	30
6		–		60	45
7	–		–	Rn	60
	–	–			

جدول (25) يوضح الوقت المسموح به للتمريض لمختلف Administered Activitie (Rn Remore notice)

حدود الانتقال الخاص (mci)	حدود الانتقال العام (mci)	الانوية المشعة (Radionuclide)
30	15	اليود 131
60	30	الذهب 198

جدول (26) يوضح النشاط المنقول (After DHSS 1972 . UK transport activity limits)

3–3–2 الوقاية فى وحدات التشخيص الاشعاعى Protection in Diagnostic Radiology

حجرات أشعة اكس :

قديما كان الحد الأقصى لطاقة وحدة أشعة اكس التشخيصية 150Kev و نجد انه عندما تندمج متطلبات الوقاية داخل حجرة أشعة اكس تكون اقل بكثير تطورا و تحكم عنه في حجرة العلاج الإشعاعي العميق Megavoltage بعض من المتطلبات المشار إليها في معلومات أو بيانات التقنية في الحواجز الوقائية على سبيل المثال :

1- عشر قيمة كثافة (سمك) للمواد المتنوعة جدول (27) .

2- المكافئ الرصاصي للمواد المتنوعة ل 100kevلأشعة اكس شكل (7) .

3- المكافئ الرصاصي Barium Gypsum Plaster جدول (28) .

4- المكافئ الرصاصي لخرسانة الباريوم – الصلب – النحاس جدول (10) .

5- نفاذ أشعة اكس (200 kev -50) خلال الرصاص .

مادة الامتصاص	كثافة g cm -3	قيمة عشر السمك (mm)		
		Kv 50	Kv 100	Kv 150
رصاص	11,3	,18	,84	,96
خرسانة	2,35	13	55	70
طوب	1,8	36	104	145
جبس	,84	45	172	260

جدول (27) يوضح قيمة عشر السمك للمواد المتنوعة لثلاث طاقات لأشعة اكس الفوتونية غالبا ما تستخدم للتشخيص

(Keane and Tikhonov 1975 , Table 5, P 83)

مواصفات خواص الحواجز الوقائية يتم بحساب T V T - H V T بالطريقة الملائمة مع جدول (27)

السمك الماص T (mm)	طاقة الفوتونات المنقولة خلال الامتصاص (%)
O	100
1T ½	50
2T ½	25
3 T ½	12,5

جدول (27أ) يوضح السمك الماص T 1/2 يسمى " قيمة عشر السمك " (HVT) أو قيمة عشر الطبقة (HVL) وقيمة عشر الطبقة أو السمك سوف توهن الشعاع بنسبة 10 % Than50 % .

سمك الجص أو اللاصق (mm)	مكافئ الرصاص بالملليمتر للمولد الكهربي لأشعة اكس ذات القوة من 50 – 200 kV					
	50	75	100	125	150	200
13	0.6	1.4	1.6	1.2	0.9	0.7
19	–	–	2.4	1.7	1.3	1.0
25	–	–	3.1	2.1	1.6	1.2

(جدول 28أ) يوضح المكافئ الرصاصي للجبس الباريومى لمولدات أشعة اكس المتنوعة القوة (الجهد الكهربي) .

البيانات الموضحة لإعداد أكسيد الباريوم للطلاء التحتي لطوب الحوائط يحتوى mm 3 من أكسيد الباريوم من قياسات الموضوع بواسطة NRPB (British Gypsum 1981 UDC 666. 81 June 83)

المكافئ الرصاصي (mm)	السمك (mm)	مواد الحواجز الوقائية
2.2	13	خرسانة الباريوم (3.2)
4.1	25	
0.71	4	
0.48	2	حديد (7.9)
1,12	4	النحاس (8.3)

جدول (28ب) يوضح المكافئ الرصاصي للأنواع المتعددة لمواد الحواجز الوقائية لأشعة اكس 100 kev كثافة المواد تعطى في تصنيفات جرام / سم مكعب *.

و تراعى كلما أمكن أن تجرى فحوصات أشعة اكس التشخيصية داخل الحجرات المخصصة لهذا الغرض .

مع ذلك بعض الأحيان يكون ضروري إجراء الفحص في مكان آخر مستخدمين تجهيزات متحركة في هذه الحالة إجراءات الوقاية الإشعاعية تحتاج أن تكون مدروسة لكل موقع خاص على سبيل المثال :

- الفحوصات يمكن أن تجرى في الأجنحة أو مكان التشغيل بينما يكون المريض تحت العلاج الإشعاعي .
- يستخدم الرصاص كثيرا للحواجز الوقائية للطاقة التشخيصية لان له رقم ذرى كبير Z = 82 و هكذا تزداد كثيرا احتمالية امتصاصه بواسطة التأثير الكهروضوئى ولان للوزن الذرى أهمية فالمواد عالية الرقم الذرى تكون اكثر فاعلية امتصاص من التي تكون منخفضة أو متوسطة الرقم الذرى المقابلة له .

---

*تغيير و اختلاف **TVT** قيمة عشر السمك Tenth Value Thickness مع النشاط الإشعاعي للنظائر 1976 NCRP

لكن تكلفة و حجم متطلبات الرصاص في بعض الأوقات يمنع استخدامه و في هذه الحالة تستخدم خرسانة الباريوم كبديل لحجرات العلاج الإشعاعي .

- حماية الغرف لابد أن تكون مصممة لكي تحفظ كل الجرعات للعاملين و المرضى في اقل قدر معقول (قاعدة ALARA) أيضا هذا ضروري للتأكد من أن لا أحد خارج الحجرة يمكن أن يستقبل جرعة عالية على أن هذا خصص بواسطة نظام أو قانون دولي لأعضاء عامة الشعب .
- بناء أو إنشاء الحوائط ربما تكون بنيت من طبقتين مزدوجتين من الطوب أو الرصاص و هذه تصبح مزوده من نفسها بحاجز وقائي كاف لبعض طاقات أشعة اكس التشخيصية كما في شكل (7) .
- الحوائط الحاجزة أو الفاصلة من المحتمل تطلب تدرع إضافي لو كان تكوين بناء الحائط غير معروف عند إذن يجرى قياس عملي لتحديد المكافئ الرصاصي مثل تحديد أو معايرة Americium 241 (مصدر لكافة أشعة جاما في حدود 26 kev – 125 kev و العمر النصفي لها = 433 سنه) .الحواجز الوقائية الإضافية لو ضرورية يمكن أن تضاف على شكل Lead – Ply وهو الرصاص المجدول جدول (29 a-b) .

(جدول 29 – **a**) :

سمك الحاجز كثافة الخرسانة (mm) (2.35 gcm)	الرصاص (mm)	المسافة من الهدف (m)	الحد الأقصى للجهد الكهربي (KV)

150	1.8	2	100
130	1.6	3	
100	1.2	5	
170	2.1	2	125
150	1.8	3	
110	1.3	5	
190	2.2	2	
170	1.9	3	150
130	1.4	5	

الحواجز الوقائية ضد (a) الشعاع الأولى لتجهيزات أشعة اكس التشخيصية و (b) ضد الشعاع الثانوي الناشئ من جهاز الكشف بالأشعة الخرج أثناء التصوير الإشعاعي و البيانات مأخوذة من ملحق

Tables 1 and 2 of keane and tikhonov (1975) Reproduced by permission of the World Health Organisation .

القيمة الموضحة بالجدول مناسبة للعمل المنجز في مدة محددة الغير مفرط 150 A.min كل أسبوع للتصوير الإشعاعي ويجب أن يخفف التعرض بالمسافة المحددة ل 10 mR في الاسبوع .

: (b-29)

سمك الحاجز		المسافة من الهدف (m)	الحد الأقصى للجهد الكهربي (KV)
كثافة الخرسانة 2.35 g cm –3 (mm)	الرصاص (mm)		
130	1.2	1	85
105	1.0	2	
85	0.8	3	
110	1.35	1	100
90	1.05	2	
70	0.85	3	
110	1.4	1	125
90	1.1	2	
70	0.9	3	

هذه القيمة مناسبة فقط لإعداد تجهيزات أينما يقاوم الشعاع الأولى بحواجز الرصاص عند التصوير الإشعاعي فالحواجز الوقائية للحجرات لابد أن تصمم ضد الشعاع الأولى جدول (a) .

هذا الجدول معد للاستخدام في الوقت المحدد الغير مفرط للكشف بأشعة اكس 300 mA min / week و الحد الأقصى للمستوى المباح 10 mR / week .

أو جبس الباريوم Barium Plaster جدول (28) مع ملاحظة انه في حالة Lead Ply الألواح تكون الوصلات مهمة و في (NCRP 1976) تعطى توصيات تشتمل على الآتي :-

- الوصلات بين ألواح الرصاص يجب أن تكون محكمة فلابد أن تكون الأسطح متصلة و الأحرف متداخلة ليس اقل من 1 سم أو ضعف سمك اللوح أيهما افضل و تلحم أو تحرق لحامات الرصاص لتكون مضبوطة .

- أبواب حجرات أشعة اكس التشخيصية لابد أن تبطن بالرصاص بمانع للتسرب الإشعاعي حول الحدود كما يمكن الحشو أو التغطية بالرصاص بأحكام أو بالمانع الرصاصي و يعتمد ذلك على تصميم الباب سواء مفصلي أو منزلق .

هذه الاعتبارات تعطى أيضا للنوافذ و المناطق التي ربما تكون مشغولة وراء النوافذ .

- حجرة صور الأشعة يفضل على الأقل بعض الضوء الطبيعي كلما أمكن و لكن لا يستحسن إذا خالف قوانين الوقاية .

و الحل المكلف يكون بتركيب نوافذ من الزجاج الرصاصي .

أما الحل العملي هو بتوجيه مصدر وحدة أشعة اكس بعيد عن الفتحات .

- علامات التحذير الإشعاعية مهمة فلابد أن تكون واضحة على كل باب ليمنع دخول الأشخاص الغير ضروريين شكل (6) و الأبواب لابد دائما تكون مغلقة أثناء التشغيل و تضاء العلامات مثل الضوء الأحمر الذي يضاء أتوماتيكيا و يكون في مكان بارز وواضح خارج الباب ليدل على التشغيل عندما تعمل وحدة أشعة اكس .

- تجهيزات الجزء الداخلي لحجرة أشعة اكس لابد عمل حماية لشاشة الرؤيا أو المهجع بين المريض و حامل التصوير الإشعاعي وهذا لابد أن يكون به مكافئ رصاصي كاف للوقاية ضد الإشعاعات المبعثرة و لو أمكن لشعاع أشعة اكس ليكون موجه نحو الشعاع الأولى .

- نافذة الزجاج المرصص يجب أن توضع كالتالي :-

ترى مداخل الحجرة بوضوح لرؤية أي شخص دخل أثناء التشغيل كما يجب أن يكون واضح الرؤيا لإمكانية رؤية المريض أثناء عملية التعرض الإشعاعي .

و من المعروف أن أشكال الوقاية مختلفة في نطاق محدود عندما يكون المريض بفحص داخليا بواسطة Fluoroscopy على العكس بواسطة Radiograph في هذه الحالة التشخيص بالأشعة يكون المصور الإشعاعي و الممرضة يمكث خارج شاشة الرؤيا الوقائية أو مهجع المريض .

بإضافة المطاط الرصاصي للقفازات و المآزر يضيف وقاية تزيد باستعمال Lead Rubber Flaps و هي مسطح عريض لدن التي تكون جزء مكمل للتجهيزات لأشعة اكس .

التوصيات الخاصة بإنشاء واجهة أو هيئة حجرة أشعة اكس التشخيصية يعطى بيانات من U K و ملاحظات (NRPB1983) يعزز هذا المثال و(Keane and Tikhonov1975) (WHO)

Xray diagnosis Publication

يعطى توصيات كافية عند تخطيط الحجرة كما يلي :-

- داخل حجرة أشعة اكس تخطيط التجهيزات لابد أن يصمم ليتجنب اتجاه الإشعاع الغير ضروري حول حواجز Enroute للحجرة المظلمة وللمريض و لألواح التحكم المحمية و يجب ملاحظة أن شعاع اكس المتصل لا يجب جعله يسقط على حائط الحجرة المظلمة و يجب ألا يكون بصورة تكرارية أو مستمرة في موضع قريب من الأبواب أو النوافذ .

- عندما يقوم أحد العاملين بالإشعاع في الحجرة ببعض الفحوص الاستثنائية فمن الخبرة أو العادة الجيدة أن يضع الحاجز الوقائي قريب من المصدر في المسافة بينه و بين المصدر .

إنشاء الواجهة أو الهيئة و الوقاية ضد الإشعاعات لحجرة أشعة اكس التشخيصية و الوقاية الملائمة تحدد بواسطة (NRPB) 1983 للحماية المطلوبة للتأكد من الجرعة المستقبلة تكون اقل من المعقول الممكن (ALARA) و في أي حالة لا يتجاوز حدود الجرعة الملائمة لكل فئة من الأشخاص المعرضين .

إنشاء الواجهة Structural Aspect

1. حجرة الأشعة التشخيصية تكون متصلة بحجرة أشعة اكس و يمكن أن يشغل الجهاز داخل الحجرة المزودة بحواجز وقائية ملائمة لجميع الأشخاص و خارج الحجرة يخصص حاجز وقائي لحجرة أشعة اكس العلاجية لكن ينصح بذلك الحواجز الوقائية لابد أن تكون تحدد قيمته و حجمه و تصميمه وفقا لطريقته في النشرة (12 of ICRP publication 21) و يجب أن نتأكد بالنسبة للحواجز الوقائية أن نأخذ في الحساب الحد الأقصى المتوقع لحجم العمل أسبوعيا و كذلك الجرعة المساوية في المناطق المحيطة ألا تتجاوز في الأسبوع 300Msv(30 mren) إذا تكون غير ضروري أن يسمى أي منطقة محيطة منطقة محكومة مع ذلك ربما تحتاج تكون منطقة مراقبة .

2. لو فرد من الجمهور مهيء ليقضى وقت أطول في المنطقة المجاورة مثل حجرة المعيشة أو الجناح التصميم الأسبوعي للحدود لابد أن يخفض إلى 100Msv (10 mrem) في الأسبوع و مشرف الوقاية الإشعاعية لابد أن يبحث مرحلة التخطيط و قبل التعديلات الجديدة المستخدمة .

3. لكي نحقق حاجز وقائي ملائم فعال و اقتصادي يجب أن تركب التجهيزات في حجرة أشعة اكس كما يلي :-

- عند استخدام الشعاع المفيد يمكن أن يوجه بعيدا عن المناطق القريبة المشغولة .
- الإشعاع الثانوي (المبعثر) يمتص بالقرب من مستقبل الصورة و المريض .
- لو مواد البناء العادية للحجرة لا تمنح متطلبات الوقاية فمواد الوقاية لابد أن تطبق في الأرضيات – الحوائط – الأسقف متضمنة الأبواب و النوافذ.

4. لمنح وقاية كافية و ملائمة للأشخاص العاملين في حجرة أشعة اكس يجب اتباع مميزات الآتية :-

- جميع حجرات أشعة اكس يكون لديها مكان كاف للتزود بتجهيزات أمنية للمقيمين .
- المناطق المحمية تكون مشترطة للأشخاص عند كل لوحات التحكم أن الجرعة الإشعاعية المستقبلة هناك للأشخاص اللذين لا يرتدون الملابس الواقية.

فالوقاية لمثل هذه المناطق لابد أن تكون معدله بوسائل وقاية حجرات الإقامة مثل ألواح الوقاية المزودة بسمك مكافئ رصاصي .

- أينما يستعمل حجرة أشعة اكس لأكثر من إجراء طب إشعاعي في نفس الوقت يقاس أو يرتب الوقاية المناسبة (ألواح الوقاية جزء منفصل عن الحجرة) للتأكد أن ليس هناك تعرض هام إضافي للعاملين أو المعالجين . (27) .

5. في المستشفيات جميع الفحوصات بأشعة اكس ماعدا اصغر حجم ممكن من التصوير الإشعاعي (التصوير الإشعاعي للأسنان – العلاج الإشعاعي الظاهري) يفضل أن تكون في قسم الأشعة التشخيصية المحتوى على واحد أو اكثر من حجرات أشعة اكس إذا كانت حالة المريض غير مهيأة يستحسن أن يجرى الفحص داخل الجناح أو في مكان التشغيل .

هذا يمكن أن يكون ميسر لو المداخل إلى القسم الإشعاعي و أبواب حجرات أشعة اكس واسعة بقدر كاف لمرور الأسرة من الأجنحة خلاله .

3-3-3 الوقاية ضد الشعاع المبعثر Protection Against Scattered Radiation

أساسي أن جميع المناضد و الحوامل المستخدمة لأجهزة الكشف بأشعة اكس تكون محمية باستعدادات ملائمة لوقاية المشغل و مساعده ضد الإشعاع المبعثر من المريض و المواد التي تكون موجودة بين مصدر أشعة اكس و المريض و عندما يكون المريض تحت أنبوبة أشعة اكس يجب اتخاذ الآتي :-

- تكون المسافة واسعة بقدر كاف لا يقل عن 45 سم عرض و 45 سم طول .
- للتقنيات الخاصة مثل الكشف السطحي مثلا Tomography يشترط حجرة منفصلة وأي حجرة أشعة اكس يجب أن تكون حجمها ملائم للسهولة الكاملة التي تحتاجها فتكون ليس اقل من 4×6 متر مربع في حالة المستوى البسيط و هو المستوى الأول من التصوير الإشعاعي Simple Radiography و جميع مستويات التصوير يخصص لها حجرات منفصلة للمكاتب و حجرات الانتظار و يجب أن تكون مدرعة .
- الطبيب و المصور يجب ألا يكونوا موجودين في حجرة تشغيل جهاز التصوير الإشعاعي و حجرة المراقبة المنفصلة يجب أن تدرع أيضا .
- إما في المستوى 3-4-5 يفضل أن تكون بها على الأقل مريض واحد .

في عام 1969 دليل EMICT زود بالنصائح التالية تحت عنوان " الوقاية الإشعاعية " :-

. الشخص المسؤول يزود الوقاية الإشعاعية بواسطة صيانة حجرة الفحص Scanner Room حوائط – سقف – أرضية و الأبواب تصنع من مواد المطلوبة للحواجز الوقائية .

. مجموع متطلبات الوقاية يعبر عنها بسمك المكافئ الرصاصي بالمليمترات .

. اقل حد مباح للوقاية يعتمد على الشعاع المبعثر في المتر الواحد من أنبوبة أشعة اكس يتطلب مكافئ سمكي 1,5 mm من الرصاص .

. EMI تضيف للمعلومات المطلوبة فيما يتعلق بالمكافئ الرصاصي للوقاية المطلوبة لحجرة الكشف الإشعاعي Scanner Room للحوائط – الأسقف – أرضية – أبواب .

. النقاط التالية لابد أن تأخذ في الاعتبار عندما يحدد متطلبات الحواجز الوقائية لحجرة الكشف المستقلة Scanner Room .

- مراقبة الإشعاع أو التحكم الإشعاعي بالطرق الأساسية لمتطلبات الوقاية .
- حجم الحجرة التي يركب بها وحدة الفحص .

- تكرار عدد مرات استخدام وحدة الفحص .
- الغرض من المكان خارج الحجرة المستخدم بها وحدة الفحص .

الوقاية الإشعاعية الملائمة يمكن أن تزود باستخدام المواد الآتية :-

- شرائح الرصاص لكساء الألواح الخشبية :- Lead sheet in woodecladding

كساء الألواح الخشبية يطلب ليكون مساعد لشرائح الرصاص و يحمى الرصاص من الحوادث المتلفة و عند تركيب الألواح يجب أن تتداخل النهايات عند موضع الوصلة .

باب حجرة الفحص لابد أن تزود بألواح الرصاص و يجب أن يضمن أو يتأكد من عدم وجود تسرب للإشعاع حول إطار الباب.

- الإنشاء الخرساني :-

يبنى بواسطة الصب الغزير للأسمنت في قالب مصنوع مسبقا يستخدم في إنشاء المباني الموضوع بها حديد (المباني المسلحة) و هو يتطلب عناية خاصة للحصول على كثافة متماثلة و متواصلة طوال المزج و الصب .

- البناء الجبسى (الآجر) :-

طوب الحوائط المستخدم ألان ربما يستخدم لزيادة الوقاية ليعوض السمك المكافئ المطلوب للرصاص .

البناء بالآجر بالإضافة للباريوم الجبسى :- Brickwork Plus Barium Plasterعندما يكون الطوب الجبسى لا يعوض السمك المكافئ الرصاصي المطلوب يستخدم الباريوم الجبسى بالسمك المطلوب وفقا للقوانين المحلية يمكن أن يضاف للطوب الجبسى في حالة استخدام حجرة أشعة اكس الخاص بالأسنان فان من متطلباتها أن تكون كبيرة بقدر كاف لتناسب تجهيزات الأشعة وإذا كانت الأشعة المستخدمة في حدود 10 K.V فيجب أن يقف المشغل على الأقل على بعد 1,5 : 2 متر من جهاز الأشعة و من المريض .

3-3-4 الوقاية من الشعاع الخارج للعلاج الإشعاعي

الشعاع الخارجي للعلاج الإشعاعي يعرف باسم Teletherapy و من المعروف أن مصدر الإشعاع داخل ماكينة المعالجة على بعد و ليس على اتصال بجلد المريض مثل شكل (20) يوضح الجرعة الإشعاعية الموزعة بصورة تخطيطية في حدود المنحنى التجريبى .

هناك ثلاث تصنيفات متميزة للأشعة الخارجية العلاجية مصممة لأشعة اكس

- علاج سطحي 10-150 كيلو فولت .
- علاج عميق 200-300 كيلو فولت .
- علاج عالي (مليون إلكترون فولت) 1 مليون إلكترون فولت .

شكل (20) يوضح توزيع الجرعة الاشعاعية فى حدود المنحنى التجريبى .

حجرة المعالجة :

فيما مضى طاقة الإشعاعات الايونية للعلاج السطحي و العميق و العالي بأشعة اكس تختلف كثيرا كذلك تختلف تصميمات الحجرات الخاصة بكل نوع و التجهيزات و المتطلبات لحماية الحجرات .

ففي التطبيق العملي في العديد من المستشفيات القديمة و المعاهد التعليمية أقسام العلاج الإشعاعي تصمم بطريقة خاصة تستغرق وقت طويل و تجهيزات معقدة و التوسع للأقسام الجديدة يحدد غالبا بالمساحة المتاحة و الاحتفاظ ببقاء المبنى و لابد من اتباع دليل لأسلوب تكوين الأقسام بالطريقة المثالية فيما يتعلق بالأذن بالدخول و أماكن انتظار المريض و حجم العيادات مع تصحيح شروط الوقاية في حجرات المعالجة .

المجلس الدولي للوقاية الإشعاعية و القياسات NCRP 1976 يعرض في تقريرهم لأشعة اكس اقل من 20 كيلوا إلكترون فولت لا تحتاج إنشاء خاص للحواجز الوقائية لان المباني العادية توفر وقاية ملائمة تجاه الطاقة الإشعاعية المنخفضة و كذلك أشعة اكس بطاقة من 40 – 50 كيلوا إلكترون فولت عندما FSD 2 سم (علاج إشعاعي بالتماس) لان فترة المعالجة قصيرة .

لكن وقاية الحجرات تكون ضرورية في حالة مجال طاقة 150 كيلو إلكترون فولت لأشعة اكس مع ذلك معظم حجرات العلاج الإشعاعي السطحي بها حوائط و أبواب تم وقايتهم (مدرعين) 1-2 مم من الرصاص .

عادة يكون ألواح الخشب الرقائقى المرصص إنشاءه بسيط نسبيا إلى الألواح المثبتة تماما في الحائط لضمان ألا يكون هناك فجوات بين الألواح أو في أركان الحجرة .

- الأبواب تكون ملصوق عليها رصاص للحماية لذلك لا يوجد إشعاعات مبعثرة من خلال درع الباب .
- شباك المراقبة يكون من الزجاج المرصص بمكافئ رصاصي 1-2 مم .
- ملاحظة أن جميع ماكينات العلاج الإشعاعي العميق بأشعة اكس لابد أن توضع في مكان آمن في حجرات المعالجة المستقلة كما نلاحظ أن تصميم الحجرات يكون مشابه لحجرات العلاج الإشعاعي السطحي باستثناء الوقاية الإضافية بالتجهيزات للحوائط – الأبواب – شباك المراقبة و إذا كان ضروري الأرضيات و الأسقف.

عادة يكون التدرع بواسطة 3-5 مم من الرصاص و مع ذلك ليس كل المساحات تتطلب نفس الكمية للوقاية و الحواجز يمكن أن تكون مصنفة تصنيفا ملائم مثل حواجز أولية –حواجز ثانوية .

الحواجز الأولية :-

هي التي توهن حزمة الشعاع الأولى المباشر للمدى المطلوب .

الحواجز الثانوية :-

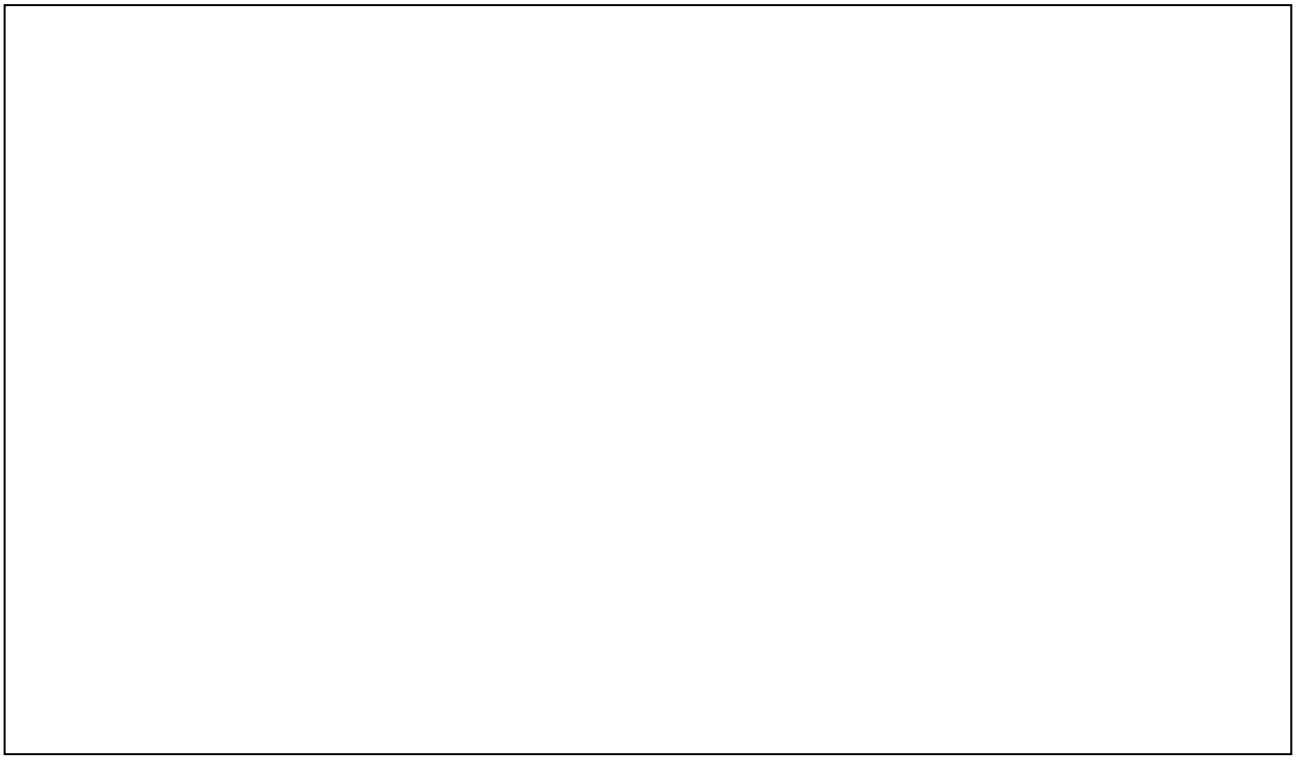
هي التي توهن الشعاع الشارد – المبعثر – المتسرب للمدى المطلوب و بالرغم من ذلك نجد أن حجرات العلاج الإشعاعي السطحي و العميق تكون فقط كمية بسيطة نسبيا من الوقاية المطلوبة مقارنة بتجهيزات العلاج الإشعاعي العالي "Megavoltage" و عادة لها حوائط و أبواب تنشأ بإضافة اسماك فردية من الرصاص الرقائقى (خشب رقائقى مرصص) هذا الرصاص الوقائي له معيار مركب 5, مم رصاص قد يصل إلى 1, مم رصاص

و حجرات العلاج الإشعاعي السطحي و العميق أيضا بها منظمات أمان لتمنع الدخول إلى الحجرة عندما يكون جهاز أشعة اكس في حالة تشغيل و كذلك يوجد إشارة تحذير ضوئي .

و من المميزات الهامة في تصميم هذه الحجرات خاصة العلاج الإشعاعي العميق عندما يكون أوقات المعالجة أطول من العلاج الإشعاعي السطحي و هي مكيف الهواء الذي قد يكون نسبي في بعض الأوقات في مرحلة التخطيط عند التحضير للتجهيزات ليضغط داخل اصغر مساحة ممكنة في حالة ماكينة أشعة اكس العميقة .

- ألواح الحائط (خشب رقائقى مرصص) للحواجز الوقائية ينشأ في حجرات العلاج الإشعاعي السطحي و العميق ليكون له مميزات فوق حواجز الخرسانة في نهايات اسماك الحوائط للمباني الحالية و المساحات للطاقات 60 – 100 كيلوا إلكترون فولت لكن في حجرات العلاج الإشعاعي العالي Megavoltage تكون التكلفة العالية لكمية الرصاص الضرورية يمنع أو يعوق استخدمه و تستخدم الخرسانة كبديل له .
- نشرة NCRP 1976 تحتوى جداول و بيانات للحد الأدنى لمتطلبات الحواجز الوقائية من الرصاص و الخرسانة لتجهيزات العلاج و التشخيص الإشعاعي في حدود المناطق المتحكم و غير المتحكم فيها و الحواجز الوقائية الأولية و الثانوية و المسافة بين مصدر أشعة اكس و الحواجز الوقائية .

في شكل (21) قطاع منظوري لنموذج غرفة خرسانية محصنة تسمى غالبا " Megavoltage Treatment Room " و القطاع العرضي خلال نفس حجرة المعالجة معد بصورة دقيقة ل 5 ميجاالكترون فولت معجل خطى .



شكل (21) يوضح مسقط افقى وقطاع منظورى لغرفة علاج اشعاعى

وهذا يدمج العديد من المميزات العامة الموجودة في تصميمات الغرف الخرسانية المحصنة الأخرى و على سبيل المثال :-

- التحكم عن بعد من خلال شاشة TV من داخل الحجرة لذلك عامل التصوير الإشعاعي خارج الحجرة يمكن أن يراقب المريض أثناء المعالجة .
- الحد الأقصى لسمك الحوائط الموجودة في اتجاه الشعاع الأولى .
- حواجز وقائية مرققة القوام خارج حوائط شبكة ممرات المداخل كما يمكن أن يشترط المزيد من المتطلبات الوقائية في الحوائط الداخلية للممرات .
- حاجز كهربي أمنى ينظم الدخول إلى شبكة الممرات .
- وحدة التصوير الإشعاعي تحتوى على وحدة التحكم بالمعالجة و شاشة TV مرتبطة بالموجودة في حجرة المعالجة .
- المعادلات الحسابية مستخدمة لتصميم حجرة المعالجة في شكل (21) المشير إلى معجل خطى فردى 5-75 SL الداخل في مجال المعجلات الخطية المتاحة في (1984) 20-75 SL 14-75 SL 5-75 SL.
- للماكينات عالية الطاقة الحواجز الوقائية لابد أن تكون زائدة على سبيل المثال :-
  - في التصميم النموذجي 14-75 SL الحاجز الوقائي الأول يزيد عن الموجود ل 5-75 SL من 1,55 متر إلى 1,80 متر خرسانة .
  - الحاجز الثانوي في خلف الماكينة يزيد من 85, متر إلى 98, متر .
  - و في الداخل حوائط شبكة الممرات يزيد من 70, متر إلى ,90 متر .
  - إجمالي أبعاد الحجرة في شكل (20) 8,2 × 9,5 متر مربع و هذه يمكن أن تزيد إلى 10,10 × 10,90 متر مربع لماكينة 14-75 SL بالمقارنة حجرة صغيرة للعلاج الإشعاعي العميق لأشعة اكس ربما يكون 4 × 4 متر مربع .

عندما تستنتج متطلبات سمك أو كثافة الحواجز الوقائية للإشعاعات المبعثرة بدلا عن الحواجز الأولية المحددة لابد أن تستخدم عامل الأول شكل (21) ليكون 1\4 = 7 متضمنا جرعة الإشعاع المبعثر تكون مساوية للأرض – الأسقف – الجانبان للحوائط البعيدة عن الحواجز الأولية .

العامل الآخر هو الإشعاع المتسرب خلال رأس الماكينة في جميع الاتجاهات لماكينة 14-75 SL بفرض الحد الأقصى لشدة هذا التسرب الإشعاعي يكون 2, % للكثافة (الشدة) الأولية *.

أشعة اكس بالطاقة الفوتونية اكثر من 12 مليون إلكترون فولت سوف يطلق فوتونات فعالة من انويه ذرات اغلب العناصر و ل SL75-20 في 16 مليون إلكترون فولت أشعة اكس قدرة النيوترونات تكون بين 5, % إلى 15, % للجرعة الإشعاعية العلاجية متناسبة مع نفس المسافة من المصدر و هذا لابد أخذه في الاعتبار عند تصميم حجرة المعالجة .

متاهة المدخل النموذجي مثل شكل (21) له منعطفين في الاتجاه المضاد فتوهين أشعة اكس يكون فعال و لكن توهين النيترون يكون ضعيف هذا يمكن أن يضعف أي منهما بواسطة تصميم غير عادى مدخل أو متاهة طويلة أو يدمج الباب المحشو بالبورون و شمع البرافين .

باختصار تصميم الغرفة المحصنة للعلاج الإشعاعي Megavoltage ليس واضح بدقة و الاعتبارات لابد أن تحتوى الآتي :-

- توهين الشعاع الأولى .
- توهين أشعة اكس المتسربة خلال رأس الماكينة .
- الشعاع المبعثر في المساحات خارج حاجز الحوائط الأولى (الحاجز الأولى للحوائط) .
- توهين النيترونات لو أشعة اكس لها طاقة فوق 12 مليون إلكترون فولت .

جدول (30) يعطى مجال الطاقة لماكينات العلاج الإشعاعي العالي

الماكينة	أشعة اكس (Mev)	إلكترون (Mev)
SL 75 –5	5	لا يوجد
SL 75-14	8 او 10	14 -12-10-8-6-4
SL 75-20	8 و 16	20-17-14-12-10-8-6-5

حدود طاقة ماكينة (SL 75) Philips كمثال للمعجل الخطى

*شكل (22) Particle Accelerator Division MEL (crawley 1982)

" Planning Information For The (Philips SL 75-14) Medical Linear Accelerator Publ .No1159 Machines 422-8 .

5-3-3 الوقاية فى وحدة العلاج الاشعاعى Protection In Interacavitary Radiotherapy

المعالجة بواسطة Intracavitary هي أسلوب للعلاج الإشعاعي القصير التي يكون فيها المصدر موضوع في فجوة في الجسم الطبيعي أما ألان فتتم المعالجة بالإشعاع الخارجي .

حجرة المعالجة :

هناك ضرورة لوجود الحواجز الوقائية للمصدر المشع الذي له نشاط عالي مثل Intracavitarytherapy اكثر من Interstitialtherapy و من الضروري أيضا تذكر حواجز الرصاص الوقائية مضافة للحاوية لابد أن تكون متاحة في الحواجز الوقائية للأسرة (جوانب أسرة المرضى) لتحتوى على المصدر عندما يتم تحريكه .

و للتحكم عن بعد لتشغيل ماكينة يكون ضروري حماية خاصة للحجرة شكل (22) و في هذا الشكل نرى حجرة الماكينة و توصيله المصدر في المكان موصلة بالمريض أما المشغل و الممرضة واقفين خارج الحجرة يستخدموا لوحة التحكم الحائطي لتشغيل الماكينة في الموقع و نشاهد السريرين الآخرين منفردين بأجنحة Curietron القريبة .

شكل (22) يوضح قطاع منظورى لحجرة معالجة اشعاعية

و من الممكن أيضا تصميم أجنحة مزدوجة لتوصل إلى جهاز واحد (يوجد جهاز له ستة وصلات) و نرى أيضا أن الحواجز الوقائية تبنى بين السريرين كما نرى الوقاية الآمنة بين كل مريضين و حاجز الحائط الذي يفصل حجرة التحكم و المشغل عن الوحدة العلاجية .

في شكل (23) نرى منظر تخطيطي نموذجي لجناح الحجرات Cathetron يلاحظ هناك مداخل ممرات أو ممرات دخول متماثلة لتلك التي في Megavoltage للشعاع العلاجي الخارجي في الشكل (21) نجد مساحة مداخل الممرات للحجرات النموذجية مصممة ل Cathetron تكون 4,30 × 8 متر مربع (14 × 26 قدم) و 5,80 × 7,30 متر مربع (19 × 24 قدم) مقارنة ب 8,20 × 9,5 متر مربع في شكل (21) بناء على هذا هناك ضمانات مالية كبيرة عندما تجهز لحجرات ماكينة معدل الجرعة العالية مثل Cathetron بعكس ما تخطط لاستخدام معدل جرعة منخفضة .

في شكل (23) نرى منظر تخطيطي نموذجي لجناح الحجرات الخاصة بالمعالجة الاشعاعية .

6-3-3 الوقاية فى وحدة العلاج الاشعاعى باليود 131 Protection Radioactive Iodine 131 Radiotherapy

قوانين الحماية الإشعاعية العلاجية و الملاحظات و التوصيات دائما تقسم مصادر مغلقة و مصادر مفتوحة و يعتبر اليود 131 من المصادر المفتوحة فهو يستخدم في الحالة السائلة ضمن انبعاث أشعة جاما لعلاج الغدة الدرقية و يستخدم المصادر المفتوحة الإشعاعية لأي مدى كبير .

حجرة المعالجة :

التدرع الخاص لحجرات المعالجة يكون مطلوب في العلاج الإشعاعي القصير و مع ذلك مع العلاج الإشعاعي باليود يكون هناك خطورة إضافية للتلوث من البول المشع بخاصة في أول يومين التاليين للمعالجة .

و لهذه الخطورة تهدف الاستعدادات داخل المستشفى لبناء وحدات خاصة لحجرات مرضى العلاج الإشعاعي باليود التي يمكن أيضا أن تستخدم للعلاج الإشعاعي القصير .

شكل (24) يظهر ترتيب الأسرة في أجنحة الطب الإشعاعي (علاج – تشخيص) في مستشفى Rudolf- Virchow Hospital- Berlin

شكل (24) يوضح ترتيب الاسرة فى اجنحة الطب الاشعاعى

في التغاير للترتيب المتماثل المعتاد لأجنحة المستشفى هذه الأجنحة للطب الإشعاعي ترتب من الأعلى إلى الأقل نشاط بحيث يكون النشاط الأعلى على يسار الأجنحة و الحجرات للمرضى الخاليين من النشاط الإشعاعي على اليمين .

و حجرات المرضى تبنى في ثلاث مجموعات في هذه الأجنحة :-

1) على الأقل سرير واحد عالي التدرع (حجرة منفردة عالية التدرع) لنشاط إشعاعي فوق 450mci للكوبالت 60 .

2) اثنين أو ثلاثة حجرات مفردة مدرعة لأعلى من 150 mci للكوبالت 60 (الحاجز الوقائي يكون كاف تماما ل 250mci للذهب 198) .

3) بعض الحجرات المزدوجة (سريرين) مدرعة لأعلى من 5 mci لليود 131 أو الذهب يود 198 لكل سرير من ناحية أخرى ليس من الممكن دائما إنشاء مبنى بغرض أجنحة الطب الإشعاعي و الأسلوب العملي ربما تكون بتحويل واحد أو اثنين من الحجرات الفردية الحالية .

البديل يكون بدمجه داخل حجرة العلاج الإشعاعي شكل (25) مع ملاحظة أن خزانة التهوية تكون مدرعة بحاجز على شكل حرف L ليوزع و يخفض الجرعة و يستعمل لتصريف النفايات المشعة .

و ذلك بخلاف حوض غسيل قريب من النافذة التي يكون أيضا لاستخدام المريض فقط .

يرقد المريض على طاولة مغطاة بألواح Polythene و كذلك يغطى بها الأرض تحت المريض و ذلك لتجنب أي آثار ممكنة للتلوث أثناء المعالجة

شكل (25)يبين تحويل احد الحجرات الفردية الى جناح للطب الاشعاعى

3-3-7 تحليل هندسي لنموذج وحدة التشخيص الإشعاعي

المتغيرات في حساب سمك الحوائط :

1-قوة الأجهزة .

2-موقع الأجهزة من الحجرات .

3-نوع المباني المستخدمة .

4-اتجاه الأشعة على الحوائط .

5-زمن الاستخدام أثناء الاستخدام .

6-المساحة .

نوعية المباني لاحد وحدات التشخيص الإشعاعي :

-يستخدم في المباني لحجرات الأشعة التشخيصية طوب احمر مصمت أو طفلي مصمت أو أسمنتي مصمت حيث أن المكافئ لهدا الطوب متقارب عند الطاقات المختلفة المستخدمة في الأشعة التشخيصية و التي تصل إلى 150 Ku و الجدول (30) يوضح سمك مواد البناء المختلفة و المكافئ الرصاصي لها :

الكيلو فولت المستخدم	سمك الرصاص	سمك المسلح المقوى كثافة = 2,4 جم / سم مكعب	سمك المسلح العادي كثافة = 2,05 جم / سم مكعب	سمك لبنات البناء العادي
75 كيلو فولت	1 مم	80 مم	94 مم	175 مم
100 ك . ف	1 مم	77 مم	90 مم	140 مم
150 ك . ف	1 مم	75 مم	88 مم	115 مم
200 ك . ف	1مم	65 مم	76 مم	107 مم

250 ك . ف	1مم	28 مم	33 مم	48 مم
400 ك . ف	1مم	18,5 مم	22 مم	30 مم
500 ك . ف	1مم	12 مم	14 مم	30 مم

الجدول (30) يوضح سمك مواد البناء المختلفة و المكافئ الرصاصي لها مع الطاقات المختلفة

-25 سم طوب من الأنواع السابقة تكفى إلى حد كبير الأشعة المشتتة الصادرة من أجهزة الأشعة التشخيصية ولكن تكفى إلى حوالي 80 % من الأشعة الأساسية Primary كما يتضح فى الشكل (26) .

و الخلاصة :

لو اتبع في بناء حجرات الأشعة التشخيصية استخدام هدا النوع من الطوب فان سبل الوقاية تتوافر بنسبة عالية تصل إلى 90 % .

أبواب غرفة الأشعة :

نتيجة لان الأبواب مصنوعة من الخشب فان الخشب من المواد التي ليس لها معامل امتصاص للأشعة ولدا يعامل الباب كأنه فتحة (فراغ) و يجب إضافة طبقة من الرصاص على الأبواب بما يكافئ الحائط الدى به مع مراعاة دلك أيضا في حلق الباب و عدم وجود فراغ نهائيا بين الحائط و الأبواب .

الشكل (26) يوضح نموذج لحجرة اشعة اكس مبنية من الطوب الاحمر ومغطاه بطبقة من الرصاص .

الشبابيك :

أولا في الأدوار الأرضية :

يراعى أن تكون جلسة الشباك على ارتفاع لا يقل عن 2,25 متر من مستوى سطح الأرض خارج الغرفة .

ثانيا في الأدوار العلوية :

اداكان الشارع مساحته في حدود 5 متر فانه لا يلزم أي ضوابط على الشبابيك و يكفى الهواء لامتصاص الأشعة الخارجة .

الأرضية :

أولا اداكان دور أرضى فانه لا يلزم أي نوع من الوقاية .

ثانيا اداكان دور علوي و أسفله مأهول فانه يستحسن عمل بلاطة الخرسانة في حدود 20 سم مصمتة (ليس بها طوب مفرغ) و هدا يكفى لامتصاص الأشعة و اداكانت المباني عادية و الخرسانة بسمك 14 سم كما هو متبع يلزم >لك حساب الأشعة الفعالة على السقف و إضافة سجادة من الرصاص بالسمك المطلوب و بمساحة 1,5 × 2 متر اسفل الجهاز المستخدم في التشخيص بالإشعاع مباشرة .

السقف :

في اغلب الأحيان لا يتعرض السقف للأشعة المباشرة و دلك لان أنبوبة الإشعاع الخاصة بالجهاز تكون غالبا موجهة إلى اسفل لتكون في اتجاه المريض .

المساحة :

افضل مساحة عادة تستخدم في غرف التشخيص الإشعاعي لابد أن تتوافر مساحة لا تقل عن 4 × 5 متر في حالة الأجهزة ذات القوة المنخفضة أو لكل أنبوبة أشعة .

التصميم :

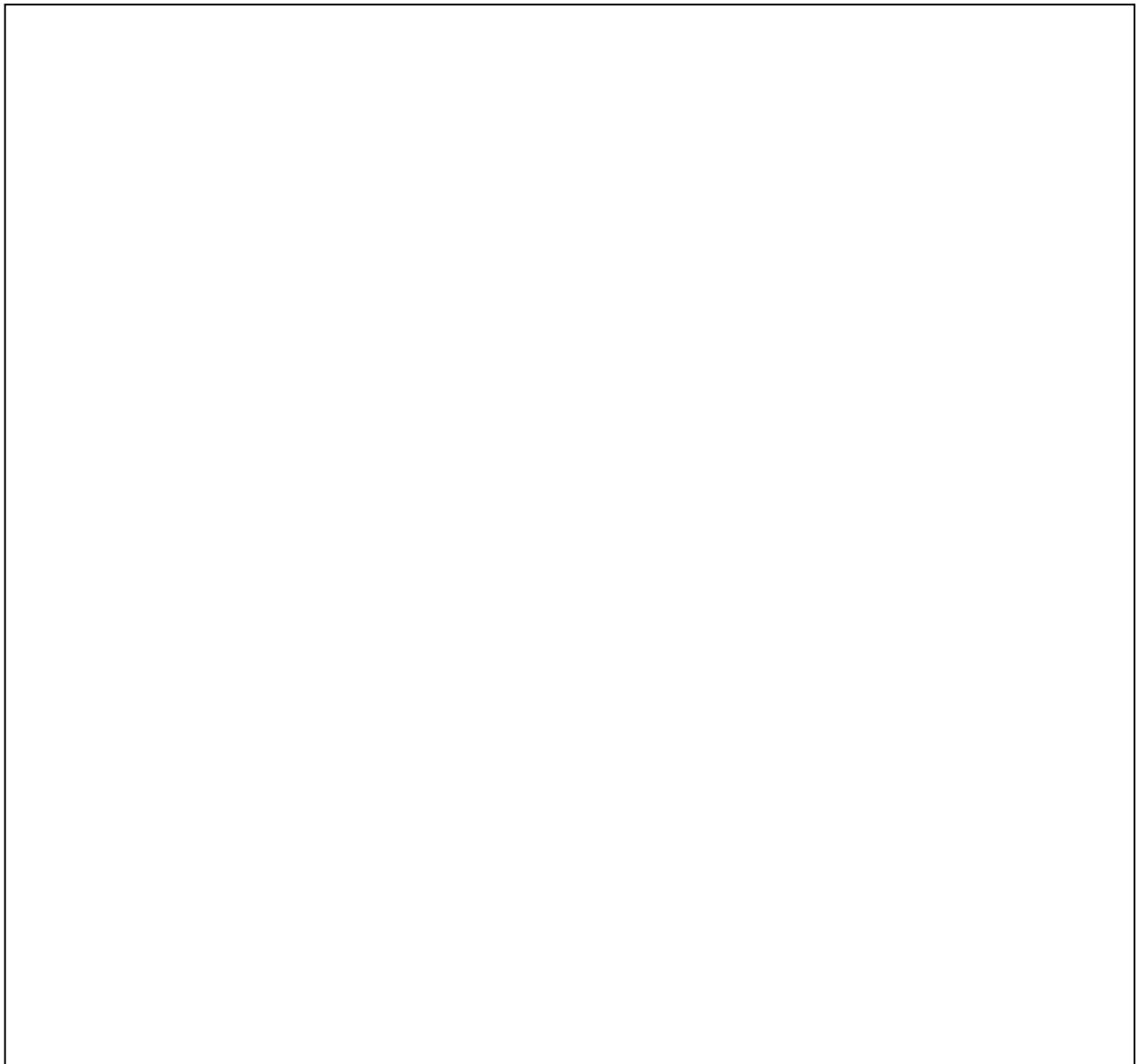
أولا لابد وضع تصميم وحدات التحكم في غرف منفصلة و دلك للبعد عن الأشعة المشتتة الصادرة من أجهزة التشخيص و كذلك البعد عن التأين الناتج في الغرفة و هو أحد أسباب الإصابة البيولوجية بالاستنشاق أو البلع .

ثانيا عمل تهوية جيدة في حجرة الأشعة و يستحب عمل الفتحات على بعد حوالي 2 متر من مستوى سطح الأرض حتى لا تحتاج إلى وقاية .

8-3-3 تحليل هندسي لنموذج وحدة العلاج الإشعاعي

نظرا لان الأجهزة المستخدمة في العلاج الإشعاعي لها قوة إشعاعية عالية و تتوقف درجتها على طبيعة العلاج و درجته فيلزم لدلك عمل نوع من الحواجز الوقائية في جميع أجزاء الوحدة و لدلك نجد أن الغرفة المخصصة للعلاج بالإشعاع تكون عبارة عن كتلة خرسانة لها مواصفات معينة و سمك معين ويتضح دلك فى الشكل (27أ-27ب) .

شكل (27أ) يوضح مسقط افقى وقطاع رئسى لنموذج وحدة العلاج الاشعاعى



شكل (27ب) يوضح قطاع منظورى لوحدة العلاج الاشعاعى

الأبعاد :

تكون الأبعاد في حدود 6,20 متر × 8,20 متر × 3 متر و تختلف هده الأبعاد من مكان لأخر حسب الموقع و طبيعة العمل .

مواد البناء :

تكون الحجرة عبارة عن كتلة خرسانية متجانسة من حوائط و أسقف و أرضية بسمك في حدود 120 سم : 150 سم و استخدام الخرسانة للوقاية من الإشعاع يتم بثلاث طرق معتمدا على نوعية الإشعاع سواء كان آلفا أو جاما أو أنواع أخرى .

طرق البناء :

الطريقة الأولى استخدام خرسانة سميكة بتخانات كبيرة يتم حسابها بمعادلات تحكم العلاقة بين الإشعاع و اسماك الخرسانة أو المسافة التي سيقطعها الإشعاع داخل الخرسانة و عادة يكون السمك ما بين 1,5 متر إلى 2,5 متر لكل من الحوائط المحيطة بالمبنى و الأسقف و الأساسيات .

الطريقة الثانية استخدام خرسانة كثيفة ذات تخانان متوسطة و لكن مع استخدام كسر الحديد بدلا من الزلط :

(رمل + كسر حديد + أسمنت بنسب يتم تصميمها من المختصين) .

الطريقة الثالثة استخدام تخانان قليلة إلى متوسطة مع تغطية الحوائط الخرسانية بألواح من الرصاص ذات سمك مناسب يتم تصميمه لمقاومة الإشعاع بالتعاون مع الخرسانة فمثلا سمك 25 سم خرسانة + 1/2 سمك رصاص و غالبا هده الطريقة هي المستخدمة في منشات العلاج بالإشعاع .

الخلاصة

بعد التعرف على كيفية التحكم فى الاخطار الاشعاعية و معرفة سمك ونوعية الحواجز الوقائية و المواصفات الهندسية لوحدات العلاج والتشخيص الاشعاعيودلك من خلال مراجعة هده المواصفات العالمية التى تم النعرف عليها من خلال المراجع و الحالات الدراسية مثل :-

(مستشفيات .....) وكدلك المواصفات المصرية من خلال الحالات الدراسية مثل (المستشفى القومى للاورام – مستشفى القصر العينى التعليمى الجديد – مستشفى عين شمس التخصصى – مستشفى الدمرداش – مستشفى الجلاء العسكرى – مستشفى جامعة المنوفية التعليمى .....) .
يمكننا فيماسيلى وضع الدليل المبسط للمهندسين فيما يتعلق بمتطلبات اقسام الاشعة بالمستشفيات .

تتميز مباني الوحدات العلاجية بمعايير يجب ان تؤخد فى الاعتبار نظرا لطبيعة المهمة التي تؤديها ونوعية المستعملين ونوعية الأثاث سواء الثابت أو المتحرك.
ولان الهدف الأساسي هو تقديم أنواع العلاج المختلفة للمرضى وهي الوظيفة الأساسية و التقليدية (العلاج – الخدمات – الرعاية الطبية) كما أن لها وظائف أخرى مثل تعليم و تدريب الأطباء في مختلف التخصصات وإجراء البحوث العلمية والطبية ومن الصعب الفصل بين الأهداف الثلاثة السابقة بل من الواجب أن تتكامل جميعها في عملية التصميم لأي وحدة .

1-1-4 فلسفة التصميم :-

يعتمد استخدام الفراغ على فلسفة وهى أن استخدام الفراغ يجب أن يشبع هدفين مزدوجين هي الكفاءة القصوى للاستخدام ووضع اعتبار كبير للمريض كإنسان يجب فيها مراعاة ظروفه الصحية و النفسية و الاجتماعية وكل منطقة وظيفية يجب أن يكون لها نشاطها الخاص و أبعادها الملائمة والمناسبة لطبيعة النشاط .
و بالرغم من أن كتب الكثير عن تخطيط أقسام الأشعة و حجرات المناظير،حديثا كل التصورات المطبقة عمليا يفضل انتكون مستقلة خارج توسيع أو تطوير التوجيه العام الأصلي و غالبا يكون التصميم لإحداث تجانس مفضلا عن تطوير التخطيط نفسه الأصلي و لدينا في مستشفى "ماك ماستر "بكندا **ميزة المكان المشترك للمناظير و الأشعة حيث تم تغيير مكان معد لغرض آخر

لاستخدامه لغرض الاشعة وعلى كل فأن المباني لم تكن عائق مادامت المباني ذات هيكل تداخلي فراغي بدون حوائط تحميل *حيث أن هدا يسمح بإزالة التكوين الداخلي السابق في أيام معدودة و إحلالها بإنشاءات جديدة فسهولة التحويل هو من ضمن أهداف فلسفة التصميم الحديث الدى يتيح تغيير العمارة الداخلية تبعا لتغيير استخدام المبنى آخذا في الاعتبار العوامل الطبيعية مثل االوقع والاتجاه الدى يعتمد عليه التوجيه العام للمبنى والعوامل الاجتماعية التى يتحدد على اساسها تصميم عنابر النوم سواء مفتوحة او مغلفة وكدلك تحديد مسارات الحركة اما العوامل التكنولوجية مثل التجهيزات الفنية للاجهزة .

و نحن نرى أن مفهوم الفصل للمسارات بواسطة المناطق الوسطية طورت في اسكندنافيا و أصبحت مترابط بجزء وسط (جزيرة)**التي تكون ملتقى للمرضى المقيمين و الخارجيين ويتضح دلك فى الشكل (28أ –ب) .

شكل (28أ–ب) يوضح منطقة المسارات باحد مستشفيات اسكندنافيا.

*Department of Radiology, Mc Master University Medical Center .

** Department of Medicine, Mc Master University Hamilton , Ontario, Canada.

4–1–2 البعد الإنساني في تصميم المستشفيات بصفة عامة و الوحدات المتخصصة مثل أقسام الاشعة بصفة خاصة :–

اذا كانت المستشفى أو الوحدات العلاجية بالنسبة للطبيب مكانا للعمل و التجربة و البحث فهي بالنسبة للمريض الملاذ والملجأ الدى يرجوا فيه الشفاء والعافية ولدا فان إنسانية مبنى الوحدة العلاجية أو المستشفى تعتبر من ضروريات العلاج و بالتالي فهي من أساسيات التصميم فيجب على المستشفى أن تعطى للمريض الإحساس بالأمان والراحة سواء في فراغاتها الداخلية أو الخارجية و يمكن تحقيق دلك عن طريق العديد من الوسائل المعمارية مثل تحقيق الوظيفية عن طريق الإضاءة الطبيعية – ربط الفراغات الداخلية بالخارجية – الألوان – دراسة مقياس الكتل و الأحجام – دراسة علاقات مسارات الحركة .

4–1–3 الاعتبارات الأساسية في التصميم :–

مع التطور الكبير الدى يحدث في أساليب العلاج و التشخيص كان لابد أن يواكبه تطور مماثل في تخطيط و تصميم المستشفيات الوحدات العلاجية و مع هدا التطور فانه يجب التأكيد على عدم وجود اتجاه واحد ثابت لتصميم المستشفيات و لكن هناك مجموعة من المبادئ العامة التي يجب تطبيقها على كافة المستشفيات بغض النظر عن الاتجاه التصميمى لها ومن هده المبادىء العامة :

1– المرونة :–

نظرا للتغير المستمر في أساليب العلاج و التشخيص و الرعاية الطبية و التي تستدعى استخدام فراغات مختلفة تبعا لتطور معداتها ، فينبغي أن يسمح في التصميم للمستشفى بمرونة كافية لتغيير و تبديل استعمال الفراغات حسب الحاجة و يكون دلك باستخدام مود يول و أسلوب إنشاء مرن يسمح بتغيير الفراغات الداخلية لاستيعاب أنشطة متعددة و كذلك توفير أسلوب مناسب للتوصيلات الميكانيكية و الكهربائية و الصحية بحيث يسهل التوصيل و الصرف من أي فراغ عند تغيير استعماله .

2– القابلية للامتداد :–

هناك أقسام تكون عرضة اكثر من غيرها من الأقسام للامتداد و التوسع فمن اهم وظائف المصمم للمبنى التنبؤ باحتمالات هده الامتدادات و نسبها وأن يصمم المبنى بحيث يسمح لهده الامتدادات أن تكون أفقية أو راسية و دلك إما بتشكيل المساقط التي تسمح بالامتداد الأفقي أو باختيار النظام الإنشائي الدى يسمح بمرونة استخدام الفراغات أو الامتداد الرأسي أو بأي طريقة أخري يراها مناسبة لمواجهة هده الاحتياجات المستقبلية .

3– العلاقات :–

لابد أن نؤمن بأهمية العلاقة بين قسم الأشعة ومشاركة المرضى في والحجز وعناية التمريض وتكون النتيجة الشفاء مع مراعاة وجود أماكن مناسبة لانتظار مرضى العيادة الخارجية و كد لك وجوب وجود مرافقين للمرضى لمصاحبتهم لمنازلهم حيث انهم تحت تأثير المهدئات و بالنسبة لمرضى الأقسام الداخلية تهيئة سبل توصل المرضى إلى اقسامهم على كراسي متحركة أو ترولى حتى المصاعد و الأقسام *.

4-1-4 مراحل التصميم :-

1. تحديد نوع الوحدة العلاجية أو المستشفى التي بها وحدة علاج أو تشخيص إشعاعي و سعته المطلوبة .
2. إعداد برنامج العمل و متطلبات المشروع و المنشآت المراد إنشاءها ضمن المشروع و المساحة المتوقعة لكل قسم أي إعداد البرنامج المعماري الخاص بها .
3. البدء بأعداد الفكرة الأولية للتصميمات .
4. مناقشة التصميمات و مراجعتها حتى نصل إلى الفكرة النهائية المقبولة .
5. بدء العمل بأعداد التصميمات والإدارة التنفيذية للمشروع .

---

*Design of Gastrointestinal Endoscopy Units .Report by Endoscopy Committee – Britishsociety of Gastroenterology, London-England 1983 .

4-1-5 طريقة إعداد برنامج العمل و جمع المعلومات و تحليلها :-

في إعداد أي برنامج لعملية تصميم مستشفى أو وحدة علاجية يشترك مجموعة من المتخصصين و مندوبينمن الهيكل الادارى للمستشفى بالإضافة إلى المهندسين المعماريين وبعض الاختصاصات الأخرى و يجب على أعضاء هده المجموعة معرفة الخطة العامة لعملية تخطيط الوحدة العلاجية و تحتاج المجموعة إلى مشورة الهيئة الطبية لاستيفاء البيانات و المعلومات التي تحتاج إليها و تتم هده العملية تحت قيادة المعماريين وإدارة المشروع .

إعداد البرنامج المعماري *:-

إن إعداد البرنامج المعماري هي من اهم مهام المصمم المعمارى بحيث يتقدم المعماري بقيادة فريق المخططين فيقوم بأعداد قوائم بكافة الأقسام و بكافة الفراغات الضرورية موضحا مساحتها الصافية كما يقوم بإعداد المواصفات التي تعتبر جزاء مكملا للبرنامج المعماري وهى تشتمل وصف النظام الإنشائي والأعمال الخارجية و الإنهاء و غيرها من الأعمال المكملة و هده المواصفات تجهز في مرحلة مبكرة لاخد موافقة العميل عليها لتأثيرها الكبير على الفكرة التخطيطية للمشروع وكدلك العامل الاقتصادى وبناء على دلك يحدد مبدئيا :-

1- تصنيف المستشفى من حيث النوعية :-

- وحدات و مستشفيات عامة غير متخصصة .
- وحدات و مستشفيات متخصصة .
- وحدات و مستشفيات تعليمية أو جامعية .

تصنيف نوع المستشفى من حيث الحجم :-

- مستشفى يسع 50 سريرا .
- مستشفى يسع 50 – 150 سريرا .
- مستشفى يسع 150 – 600 سريرا .
- مستشفى يسع 600 – 1000 سريرا .

مع الاخد فى الاعتبار ان يخصص لكل 1000 نسمة عدد الأسرة التالي في مستشفى عام :

- مرضى الإقامة الطويلة 303 اسره .

- مرضى الإقامة القصيرة 5- 705 سرير .

2 – حجم المستشفى

يتوقف حجم المستشفى أو الوحدة أو القسم على العديد من الاعتبارات المتعلقة بما يلي :-

1. ظروف الموقع .
2. عدد السكان المطلوب خدمتهم .
3. نوع التخصصات .
4. أنواع الخدمات الطبية المطلوبة بها .

و تحدد المساحة للفراغات االانتفاعية و يضاف إليها حوالي 40 % للممرات و المصاعد و السلالم و آبار الصرف و التهوية و سمك الحوائط .

كما يتم تحديد حجم المستشفى العام لأي مدينة على أساس معدل يحدد عدد الأسرة المطلوبة لكل 1000 نسمة بالمدينة و يختلف هدا المعدل من مكان لآخر حسب اعتبارات فنية و اقتصادية و اجتماعية كثيرة علما بأن العبء المحمل على المستشفى ليس فقط للمترددين من منطقة المستشفى بل من المحولين إليها من مناطق محيطة أو البعيدة آخذا في الاعتبار أن الوسائل المتاحة و العاملين هي التي تحدد مستوى الخدمة و ليس الحاجة إليها .

و يعتبر معدل 5 أسرة لكل 1000 نسمة معدل متوسط مناسب لتوفير خدمة علاجية مناسبة و جيدة مع الاخد في الاعتبار مدة بقاء المريض وحجزه للسرير كما يختلف قيمة هدا المعدل حسب عوامل عديدة مثل المستوى المعيشي و نوع المهن السائدة و معدل الحوادث و معدل الأعمار و طبيعة العمل .

---

*Design of Gastrointestinal Endoscopy Units .Report by Endoscopy Committee – Britishsociety of Gastroenterology, London-England 19

3– موقع المستشفى :–

يحاط موقع المستشفى عادة بسور يفصل بين المناطق التابعة للمستشفى و بين المناطق السكنية ما عدا منطقة المدخل و يفضل أن تزيد هده المسافة عن ضعف ارتفاع المبنى المجاور .

♦الشروط الرئيسية الواجب توافرها في ارض المشروع كما يلي*:-

- يجب أن تكون الموقع المنتقى نظيفا وأن يكون المكان بعيدا عن مناطق الضباب و الرياح و الغبار و الدخان و الروائح الكريهة و الحشرات .
- هناك علاقة بين مساحة الأرض و بين عدد الأسرة للمرضى و يؤخذ عادة 65 – 70 متر لكل سرير كما يؤخذ 10 متر مربع لكل سرير كمساحة الحدائق .
- يتم تقليل الصوت بزرع الشجيرات الدائمة الخضرة كما يجب أن يبعد مبنى المستشفى 40 متر عن الطريق التابع للمستشفى و8 متر عن الطرق العامة .
- يجب أن يكون الموقع على اتصال بشبكات الطرق الرئيسية و محطات المواصلات العامة التي تعمل داخل نطاق خدمة المستشفى كما يجب أن يكون الموقع هادئا و بعيدا عن الضوضاء مثل تقاطعات الطرق الرئيسية – المصانع – الورش – المستنقعات – مقالب القمامة و غيرها .

و يفضل عموما اختيار الأماكن المرتفعة الخلوية و الحدائق لإنشاء المستشفيات .

4– نطاق مجالات الخدمه للمستشفى :–

1. المستشفى العام على مستوى المدينة يخدم من 4 : 8 كم حول المستشفى .
2. المستشفى العام على مستوى إقليم المدينة يخدم من 20 : 30 كم كحد أقصى حول المستشفى .
3. المستشفى التخصصي نطاق الخدمة منه غير محدود .

و المكونات و العناصر الأساسية للمستشفى :-

يمكن تقسيم عناصر المستشفى وظيفيا إلى اربعة أقسام
أساسية
(شكل 29) :-

- وحدات التمريض .
- أقسام الكشف و العلاج .
- العيادة الخارجية
- الخدمات الطبية المساعدة و الخدمات العامة والادارة .

شكل (29) يوضح العلاقات الوظيفية التى تربط اقسام المستشفى

5 – المداخل و محاور الحركة :-

- يجب أن يكون للمستشفى مدخل وحيد للسيارات من الشارع كما يفضل وجود مدخل رئيسي للمشاة مع طريق يمتد من أماكن انتظار السيارات حتى البوابة الرئيسية و يلحق به مركز للاستعلامات و مكان لبيع الزهور و يجب أن يكون مدخل السيارات باتجاه واحد و يكون له إمكانية التوسع بشكل كاف بعيد عن ازدحام المستشفى و تكون منطقة الدخول غير مسورة .

شكل (30)يوضح المداخل وعلاقاتها بالمستشفى.

- يجب أن يكون مدخل سيارات الإسعاف بعيد عن الأنظ
يطل على الشوارع الرئيسية .
- كما يوجد مدخل إلى ساحة التخزين بحارتين و مساحة
و الغاز .
- لابد من وجود مدخل مستقل إلى صالة التشريح يكون معزولا عن مجال الحركة العامة عند المدخل أو عن طريق المرضى واحتمال أن يكون المدخل من ساحة التخزين بحيث يكون بعيدا عن الأنظار بدءا من البوابة الرئيسية .

6– توجيه المستشفى :-

افضل توجيه بالنسبة لصالات الخدمة و المعالجة هو الشمال شرقي إلى الشمال غربي أما توجيه غرف المرضى فيكون جنوبيا أو جنوبيا غربيا حيث الشمس تكون مناسبة عند الصباح وتجمع الحرارة ضعيف مع اشعة توفير الشمس المرغوبة (شكل 31) وعلى اعتبار أن المدة المتوسطة للإقامة في المستشفى هي قصيرة نسبيا فالاهتمام بالتوجيه يكون قليلا ويفضل فى تصميم بعض الأقسام في المستشفى أن يكون هناك عددا كافيا من غرفها موجها تقريبا نحو الشمال .

شكل (31) يوضح افضل توجيه لاجنحة النوم

4–1–6 التكوين المعماري

يمكن للمبنى أن يتخذ تشكيلا معماريا تبعا للأسلوبين الآتيين كما يتضح فى شكل (32–33–34)*:-

♦**أسلوب التوزيع الأفقي :**

يعمل هدا الأسلوب على تقسيم وحدتي الخدمات العلاجية والفحص الداخلية و خدمات الفحص الداخلية و الخارجية إلى أقسام صغرى تتجاور أفقيا مع أقسام التمريض (عنابر النوم) التي تربط معا بخدمة طبية محددة فمثلا تجاور عنابر الجراحة قسم العمليات و قسم الأمراض الباطنية و الأورام لقسم الأشعة وكدلك العلاج الإشعاعي بقسمي الأشعة و التحاليل .

و لهدا الأسلوب في التوزيع بعض المميزات و العيوب التي يمكن تلخيصها في الآتي :-

المميزات

1. يعتبر هدا التوزيع الأفقي مناسبا للأراضي غيرالمحددة المساحة .
2. ينشيء صلة وثيقة بين عنابر النوم ووحدة العلاج الطبي الخاصة بها .
3. يستخدم هذا الأسلوب في التوزيع للوحدات و المستشفيات الصغيرة .

العيوب

1. تعدد الخدمات الطبية و التجهيزات مثل وجوب وجود جهاز أشعة في قسم العمليات و الأقسام الأخرى .
2. تحتاج لإمكانية إدارية متقدمة للسيطرة على تشغيل الأقسام .
3. عدم المرونة اللازمة لزيادة و نقصان عدد الأسرة الخاصة بكل قسم تبعا لطبيعة الأمراض السائدة .

شكل (32-33-34) يوضح النمادج المعمارية المختلفة للمستشفيات كنمادج لاسلوب التوزيع الافقى

أسلوب التوزيع الرأسي :

يعمل هدا الأسلوب على تجميع وحدات الخدمات الطبية (خدمات علاجية داخلية – خدمات الفحص الداخلية و الخارجية – قسم الاستقبال والحوادث) في مستوى أفقي واحد على أن يكون اتصالها بوحدات الإقامة (عنابر النوم) رأسيا .

المميزات

1. وجود اتصال مباشر وسريع بين الخدمات الطبية المتماثلة مع بعضها مثال على دلك وجود قسم مركزي للعمليات مما يتيح للحالات الغير طبيعية والتي تحتاج لعمليات جراحية الانتقال المباشر إلى حجرات العمليات المجاورة مما يساعد على سرعة الانتقال وكذلك يتيح علاقة مباشرة و أفقية بين قسم العمليات و قسم الفحص الداخلي و الخارجي (الأشعة – التحاليل – المعامل) .
2. مرونة توزيع الأسرة على أقسام التمريض المختلفة تبعا لمتغيرات الظروف كما في حالات الأوبئة أو الطوارئ و بهذا الأسلوب يتاح لمبنى المستشفى مواكبة التطور واداء وظائفه الطبية على احسن وجه .
3. سهولة التنظيم الإداري نظرا لمركزية الإدارة التي تسيطر على تشغيل جميع وحدات العمليات .
4. الاقتصاد في تكاليف التجهيزات المعمارية و الآلية ودلك بجعلها مركزية تخدم الأقسام الطبية التي تشترك فيها .

اسلوب تكوين الزهرة :-

هناك أسلوب توزيع جديد يجمع بين الأسلوبين السابقين في التوزيع و هو ما يطلق عليه " تكوين الزهرة " و هو تكوين ذو صفة إشعاعية بحيث يحتوى مركز الإشعاع الخدمات الطبية كلها و تشع منها وحدات عنابر المرضى (شكل 35) .

الحركة الأفقية و الرأسية و المداخل

أن دراسة الحركة في المستشفيات كما و نوعا تدرس طبقا للحاجة الحقيقية و تعتبر الأساس الأول في التصميم لان الحركة القصيرة تساعد على توفير الوقت و الجهد للمتعاملين مع المستشفى سواء كانوا أطباء أو ممرضات أو مرضى أو إداريين .

كما أن فصل الحركة الغير متشابهة في التصميم للمستشفيات يعد من أهم الأمور الواجب دراستها عند تصميم المستشفى فيجب مثلا فصل العلاجات النظيفة عن المصحوبة بتلوث .

شكل(35) يوضح اسلوب تكوين الزهرة فى تصميم المستشفيات

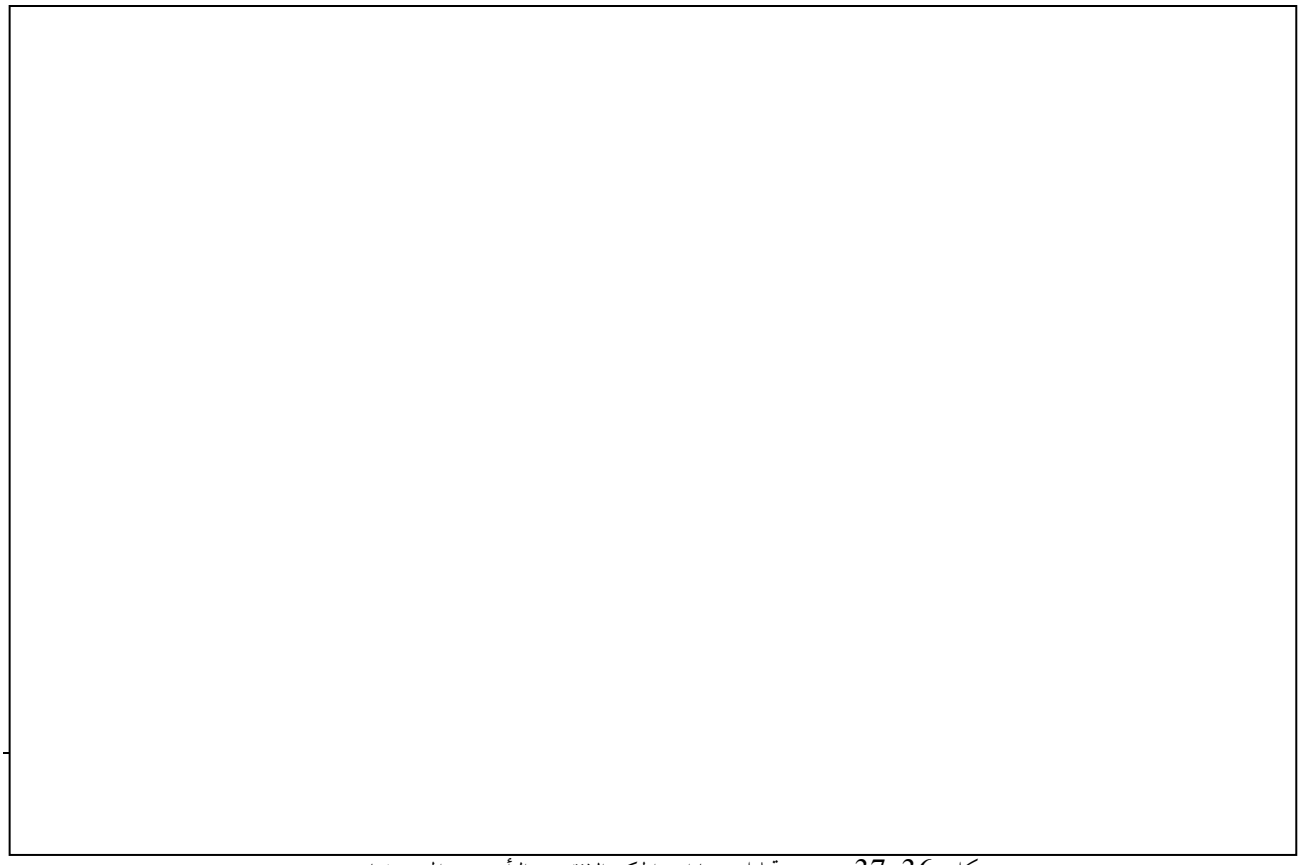
أولا: المداخل

غالبا ما تكون للمستشفى مداخل منفصلة لخطوط الحركة الرأسية و المداخل الأساسية ويمكن توضيحها كالاتى :

- مدخل المرضى الداخلين و الزوار .
- مدخل الخدمة .
- مدخل العيادات الخارجية .
- مدخل المشرحة .
- مدخل الإسعاف .

وبدراسة العلاقة بين هده المداخل تعد الخطوة الأولى في تصميم المستشفيات حيث يجب ربط هده المداخل مع تحقيق سهولة مراقبة الحركة بينهم .

ثانيا :مسارات الحركة الأفقية و الرأسية (شكل 36-37)*



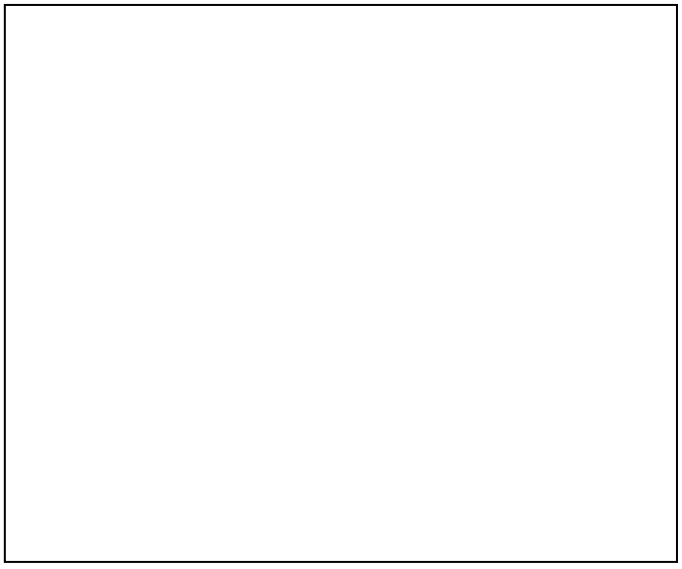
شكل (36-37) يوضح تحليل مسارات الحركة الافقية و الرأسية فى المستشفيات

تصمم مسارات الحركة الأفقية والرأسية بحيث تخدم المناطق المختلفة بالإضافة إلى كل من :-

- المرضى النزلاء .
- المواد الملوثة و الغير نظيفة .
- الأطباء و الممرضين و الفنيين المشتغلين بالأقسام الطبية .
- الملفات و التقارير الطبية .
- المواد و الأدوات الطبية المعقمة .

تصمم هذه المسارات بحيث لايتم الوصول لأي قسم عبر قسم آخر لمنع حدوث انتقال تلوث و عرقلة العمل بالأقسام التي يتم المرور من خلالها .

وكذلك تصمم مسارات الحركة بحيث تسمح بعمليات الامتداد للمستشفى بدون إعاقة و يجب أن توضع السلالم و المصاعد و المناور في مكان مركزي مع عمل مصعدين في الاجناب لتفريق تدفقات الحركة مع عمل ممرات للمرضى المحمولين و أخرى للمرضى غير المقيمين (شكل 38) و يجب أن تتواجد في النقطة الثابتة لكل مستوى بها دورات مياه للرجال و السيدات و دورات للمرضى الغير مقيمين والزوار و تتكون دورات المياه من مساحة 90, × 1,40 متر ا امامها صالة توزيع .



شكل (38) يوضح ابعاد مصاعد الاسرة و المسافة المناسبة بين المصاعد

ثالثا : حركة المرضى غير المقيمين في المستشفى

أن مكان غرف معالجة المرضى غير المقيمين تدخل في تنظيم دوائر الحركة و شكل البناء كما أن زيادة المنشآت العلاجية للمرضى غير المقيمين و حجمها تكون مختلفة و تتطلب خدمات خاصة من المنطقة التي تقدم الخدمة وعادة ما تكون مستقلة كقاعدة عامة يجب منع أي تقاطعات لمعالجة المرضى الغير مقيمين و المقيمين في المستشفى .

رابعا : الطرقات

يجب أن تكون الطرقات مضاءة و مهواه بفتحات تبعد الواحدة عن الأخرى 2,5 متر على الأكثر كما يجب توفير نظام تأمين بها ضد الحريق لأنه قد تكون أحد وسائل نقل النيران بالإضافة لأنها طريق الهروب عند نشوب حريق ،ولهدا السبب أيضا يجب تفادى طلاء الجدران بمواد قابلة للاشتعال و يفضل تقسيم الممرات كل 30 متر بأبواب تغلق تلقائيا لمنع تسرب الدخان أو النيران عند نشوب حريق كما يلاحظ عمل عازل صوتي لها و يكون ارتفاعها منخفضا عن الغرف كما يفضل الاسترشاد بالأبعاد القياسية الموضحة بالشكل في تصميم الطرقات لتسهيل حركة السير (شكل 39-40-41) .

شكل (39) يوضح عرض الممرات اللازمة لتسهيل الحركة .
شكل (40) يوضح حركة الاسرة فى الوضع المستقيم والوضع المائل فى حالة الطرقة المستمرة و الطرقة المسدودة .
شكل (41) يوضح المسافة بين السلالم وابعاد سلم الطوارىء وابعاد ابواب الطوارىء .

وحدات التمريض (غرف الإقامة)

هو القسم المخصص لإقامة المرضى الداخليين ويتشابه مع الفنادق في كونه مكانا للإقامة و خدمات المعيشة اليومية التي يقدمها من طعام وشراب وغسيل ملابس و خلافه و يضاف إليها الخدمات العلاجية لتكون بدلك بديلة عن السكن خلال فترة المرض ،كما يقدم من خلالها العلاج اللازم و يشمل الفحص والمعالجة و تقديم الأدوية حتى يتم للمرضى شفائهم و يصبحون قادرين على العودة للحياة الطبيعية .

فنرى أن منطقة المرضى تطورت لتوفير الاحتياجات مثل الحمام – منطقة الإقامة – مكان الانتظار – غرف المقابلات مع اتصالها بممرات ربط ويكون مطابق لنصائح وتوصيات التصميم و تكون 30 % من المساحة.

ونظرا لان المريض هو أساس الاهتمام الأول بالمستشفى ،ولدلك يجب الاهتمام بالوسائل المناسبة لنقله الى جناح العمليات او غرف الفحص و التحاليل وأين ينتظر اذا كانت الغرفة المخصصة له لم تجهز بعد ؟

فنجد أن أبعاد وحدة التمريض هي العنصر الأساسي و تشكل مالا يقل عن 40 % من حجم المبنى في التصميم وعادة ما تكون هده الوحدة في مركز مجموعة غرف المرضى و يهيأ موقع وحدة التمريض بحيث يكون بجانب المصاعد .

ولان موقع وحدة التمريض له اكبر الأثر في تسهيل أو تعقيد مهمة التمريض فكلما كان موقع الوحدة في محله الصحيح كلما تم تسهيل عمل التمريض .

كذلك يجب في التصميم الجيد مراعاة المراقبة السهلة للمريض من قبل الممرضات ففي بعض الأحيان يجب أن تكون غرفة التمريض مشرفة على 50 % من الأسرة ودلك لزيادة الاطمئنان على المريض كما يجب أن تكون بعيدة عن المسارات المحتملة لتحريك الاسرة وممرات الخدمة الداخلية و الخارجية .

كما أن النظرة الجديدة لتصميم وحدات التمريض بالنسبة للحجم قد اختلفت عما كانت عليه في الماضي لان تجميع عدد من الوحدات بكل طابق لا يؤدى فقط إلى فائدة اقتصادية بتوفير عدد المصاعد و الخدمات و إنما تؤدى أيضا إلى توفير عدد العاملين بالدور الواحد وتظهر أهمية دلك في خدمة الليل حيث يكون عدد العاملين اقل منه نهارا .

4-1-7 الاساليب التصميمية المتبعة في تجميع مكونات وحدة التمريض

1. عنابر مفتوحة

و يتم فيها تجميع الأسرة كلها في صالة كبيرة بحيث تكون الاسرة عمودية على الحوائط الخارجية ،وتقع محطة التمريض في وسط العنبر لتحقيق الإشراف المباشر على المرضى بينما تقع خدمات التمريض ودورات المياه عند مدخل العنبر أما الحمامات فتقع على الطرف الآخر منه ،وقد اختلفت إشكال العنابر فبدأت بشكل مستطيل ثم تطورت لتأخذ أشكالا أخرى مثل المثمن و المربع و الصليب بهدف تقريب المسافة بين محطة التمريض و الأسرة (شكل 42) .

2. وحدات التمريض ذات الممر المفرد

يتم فيها تجميع محطة التمريض وغرف الخدمات ووحدات إقامة المرضى على جانبي ممر رئيسي سواء على جانب واحد Singel Loade أومن الجانبين Double Loaded وقد ظهر هدا الحل في أوروبا كبديل للعنابر المفتوحة لتحقيق المزيد من الخصوصية للمرضى عن طريق توزيعهم في وحدات تضم من 1 : 4 أسرة ملحق بها خدمات والتجهيزات الصحية اللازمة ويتم الفصل بين الغرف بحوائط أوقواطيع

خفيفة ويعيب هدا الحل التقليل من قدرة الممرضات على متابعة المرضى والإشراف عليهم

.

3. **وحدات التمريض المزدوجة**

يهدف هدا الحل إلى تقسيم وحدة التمريض إلى قسمين أو وحدتين صغيرتين بحيث تضم كل واحدة محطة تمريض مستقلة و تشترك الوحدتان معا في خدمات التمريض اللازمة والتي توضع بينهما و يخترق وحدة التمريض ممر داخلي ويهدف هدا الحل إلى تحسين مستوى الخدمة بتخصيص عدد الأسرة قد يصل إلى 20 سريرا فقط لكل قسم و يشرف على الوحدتين معا رئيسة واحدة كما انه يراعى الجانب الاقتصادي المتمثل في زيادة عدد الأسرة الممكن تجميعها في الوحدة الواحدة

شكل (42) يوضح الافكار المتبعة فى تجميع مكونات وحدات التمريض

(40 سريرا) و يحقق أقصى استفادة من العمالة التمريضية حيث يشرف على كل سرير فريق عمل مكون من ممرضة واحدة مدربة ومساعدتين .

4. **وحدات التمريض ذات الممر المزدوج**

ظهر هدا الحل كمحاولة لتجميع اكبر قدر ممكن من غرف المرضى على المحيط الخارجي للمسقط الأفقي دون أن يؤدى إلى المسافة بين محطة التمريض والخدمات و بين الأسرة و في هدا الحل تقع خدمات التمريض في قلب المسقط الدى يخترقه ممران رئيسيان يتم الربط بينهما بممرات ثانوية و تحصل هده الغرف على تهوية وإضاءة صناعية كما اصبح هدا هو الاتجاه الجاري تطبيقه في أمريكا و أوروبا .

5. **وحدات التمريض على أفنية داخلية**

رفض مصممو المستشفيات في إنجلترا مبدأ الاعتماد الكلى على التهوية و الإضاءة الصناعية و من هنا جاءت فكرة ضرورة عمل أفنية مغلقة أو مفتوحة تجمع عليها خدمات التمريض كما فى حالة الدراسة (مستشفى عين شمس التخصصى).

6. **وحدات التمريض ذات المسقط الأفقي الصليبي أو المركب**

ويهدف هدا الحل إلى تحقيق امكانيه اكبر وسهولة في الإشراف على المرضى من جانب هيئة التمريض عن طريق تجميع اكبر قدر ممكن من غرف المرضى حول محطة التمريض بينما توضع الخدمات في القلب و قد ظهر هدا الحل مع بداية السبعينيات .

7. **وحدات التمريض ذات المسقط الأفقي المركزي أو الإشعاعي**

يهدف هدا الحل إلى تقصير المسافة بين محطة التمريض وأسرة المرضى إلى اقل حد ممكن و تأخذ فيه المسا قط الأفقية أشكالا مختلفة دائرية أو مثمنة أو مربعة وتحتل محطة التمريض فيه المركز أو القلب كمافى حالة (مستشفى الدمرداش).

8. **وحدات التمريض ذات الممر الثلاثي**

يخترق فيه وحدة التمريض ثلاث ممرات داخلية بحيث يحاط المحيط الخارجي لوحدة التمريض من الخارج بممر ،كما يخترقها من القلب ممر رئيسي يفصل بين خدمات التمريض وغرف إقامة المرضى وهدف هدا التصميم هو الفصل الكامل بين مسار حركة الأطباء و الممرضات والتي ينفصل فيها الأوسط عن مسارات حركة الزوار و باقي العاملين .

و غالبا ما تزود غرف المرضى من ناحية الممرات الخارجية بقوا طيع زجاجية يمكن للزوار من خلالها رؤية المرضى و لدلك فهي تستعمل غالبا في وحدات العناية المركزة التي يحتاج فيها المرضى لرعاية خاصة .

4-2-1 مرحلة البناء و التنفيذ :-

نظرا للارتفاع الكبير في تكاليف إنشاء وحدات العلاج و التشخيص بالإشعاع و إنشاء المستشفيات المحتوية على هده الأقسام وصعوبة توفير التمويل اللازم لها ،فقد اصبح إنشاء المستشفيات الحديثة على مراحل أمرا ضروريا لكي يستفاد من المرحلة الأولى لها إلى أن يتم توفير التمويل اللازم للمراحل الباقية ويلزم لتحقيق دلك أن يسمح التصميم المعماري بالبناء على مراحل دون تعطيل للأجزاء التي تم إقامتها عن أداء عملها اليومي .

4-2-2 التطور في تصميم وحدة التمريض و العوامل التي أدت إليه

بمتابعة التطور التاريخي في تصميم وحدة التمريض خلال العصور السابقة و حتى العصر الحديث نجد أن هناك اختلافا كبيرا قد طرأ في أسلوب التصميم المتبع ، فبينما كانت أجنحة المرضى في البداية عبارة عن فراغ واحد رئيسي يضم كل الأنشطة التمريضية .

نلاحظ انه تدريجيا بدأت الوظائف و الخدمات هده تختفي من داخل جناح المرضى ليكون فراغات مستقلة ، أي أن جناح المرضى اصبح مخصصا لاقامتهم فقط تحت إشراف هيئة التمريض المسؤولة عن رعايتهم وكانت أهم العوامل التي أدت الهدا التطوير هي :-

♦**التحول من العنابر المفتوحة إلى الغرف الصغيرة**

كان تصميم أجنحة المرضى في أواخر القرن التاسع عشر و بداية القرن العشرين عبارة عن عنبر يحتوى على عدد يتراوح بين 25-35 سريرا و توزيع الأسرة فيه عموديا على الحوائط الخارجية بحيث تكون متقابلة ، وتقع خدمات التمريض عند مدخل العنبر بينما تقع دورات المياه و الحمامات اللازمة في الطرف الآخر منه ،أما محطة التمريض فتقع في قلب العنبر مما يحقق إشرافا و عناية جيدة بالمرضى .

وتميزت هده العنابر بأنها اقتصادية من حيث التجهيز والمساحات و التشغيل وجيدة الإضاءة و التهوية و يتحقق فيها الاتصال المباشر بين المرضى و هيئة التمريض .

أما عيوبها هي عدم التحكم في الضوضاء الناشئة من تجمع المرضى و انعدام الخصوصية ، وصعوبة فصل الحالات التي تحتاج إلى عزل ،واستحالة التحكم في منع العدوى هدا بالإضافة لحدوث تيارات هوائية داخل العنبر عند قيام هيئة التمريض بفتح النوافذ المتقابلة أثناء العمل اليومي وحدوث إبهار ضوئي في حالة شدة الإضاءة نظرا لتقابل النوافذ مع الأسرة (شكل 43) .

كما أن هناك نقص في التجهيزات الصحية مثل دورتا مياه و

حوض غسيل أيدي لكل عنبر .

وتعد مستشفى " ريجز Reagz " في كوبنهاجن واحده من أوائل المستشفيات التي تم فيها تعديل هده العنابر ووضع أسرة المرضى موازية للحوائط الخارجية ووزعت في مجموعات من 3 : 4 أسرة على جانبي ممر في وسط العنبر،فتم الفصل بين هده المجموعات بحواجز رأسية تعلو عن الأرض بحوالي 30 سم وارتفاع 1,80 متر و هناك غرفة واحدة مستقلة في وسط العنبر أمام غرفة الممرضات يتم فيها عزل المرضى التي تتطلب حالتهم الطبية دلك ،وبهدا أمكن تحقيق قدر اكبر من الخصوصية كما في (شكل 44) وتحسين مستوى الإضاءة الطبيعية ومنع الإبهار الضوئي لان الأسرة موازية للحائط الخارجي .

(شكل 43 يوضح تصميم العنابر المفتوحة)

(شكل 44 يوضح تعديل العنابر المفتوحة)

كما أن هدا التصميم يحقق مرونة اكبر في استعمال أو الاتصال بين هيئة التمريض و المرضى و تأثير كثير من الم بتصميم جناح المرضى به غرفة مفردة و عنابر صغيرة .

وبالمقارنة نجد أن عنابر " ريجز " ضمت 26 سريرا موزعة في مجموعات من 3:4 أسرة و غرفة واحدة مفردة ولكن نجد تصميم " ستيفنز " ضم 12 غرفة مفردة و 4 عنابر صغيرة تضم كل منها 3 أسرة (شكل 45) و لكن وضعت عمودية على الحائط الخارجي موجهة ناحية باب الغرفة حتى تتمكن هيئة التمريض من القيام بالخدمة و الأشراف بسهولة و كفاءة .

كما قام بتزويد الغرف المفردة بدورات مياه خاصة على أن تشترك كل غرفتين في حمام واحد أما العنابر الصغيرة فتزود كل منها بدورة مياه مستقلة و تشترك جميعها في حمام عام مشترك و بهدا أمكن تحقيق قدر اكبر من الخصوصية عن عنابر " ريجز " .

شكل (45) يوضح تعديل تصميم عنابر "ريجز "الى تصميم عنابر "ستيفتر"

ونجد انه من مميزات تصمييم ستيفنز انه أصبحت الغرف والعنابر مستقلة ومحددة بحوائط تفصلها عن بعضها وعن الممر الرئيسي كما أمكن تقليل طول الممر الداخلي عن طريق وضع الأسرة عمودية على الممر بما يقلل مسافة سير الممرضات بالإضافة لزيادة التجهيزات الصحية الملحقة بالغرف .

ثم قام المعماري الأمريكي و استشاري مباني المستشفيات " روزين فيلد Rosen Field " باقتراح تصميم جناح للمرضى لثمانية أسرة مجمعة كل اثنين معا (شكل 46) و يمكن الفصل بينهما بستارة داخلية بما يحقق مزيدا من الخصوصية لكل مريض ، ولكن جاء ترتيب الأسرة موازيا للحوائط الخارجية و تفتح الوحدات الصغيرة التي تضم الأسرة على صالة أو ممر يضم تجهيزات خاصة بهيئة التمريض لنتمكن من القيام بعملها بجوار المرضى و أخيرا قام المعماري "كارل أر يكسون Carl Erikson " بتصميم مستشفى تضم غرفا مفردة فقط و حتى يمكن الوصول لحل وسط بين توفير الخصوصية للمرضى من جانب و تحسين معدلات الاشغال من جانب آخر (شكل47) في المستشفى فقد قام بتصميم غرفة مزدوجة ومفردة في نفس الوقت بحيث تفتح على ممر داخلي ويتم الفصل بين الأسرة بواسطة حائط منطبق و يشترك كل سريرين في دورة مياه .

شكل (46)يوضح اقتراح تصميم"روزين لجناح المرضى

شكل(47) يوضح تصميم غرفة مزدوجة و مفتوحة فى نفس الوقت

♦ **تقليل مسافة سير الممرضات**

كانت لمشكلة نقص العمالة و الخبرة في مجال التمريض بعد الحرب العالمية الثانية دورا بارزا في ضرورة تقليل المسافة التي تقطعها الممرضات لتحقيق أقصى استفادة من الوقت أثناء العمل و لذلك فقد ظهرت محاولات عديدة لحل المشكلة منها :

- فكرة وحدة التمريض ذات الممر المزدوج و التي تقع فيها خدمات التمريض في القلب و يخترق المسقط الأفقي ممران رئيسيان تربط بينهما ممرات ثانوية و هدا التصميم يعمل على تقريب المسافة بين خدمات التمريض و غرف المرضى التي تحتل المحيط الخارجي للمسقط الأفقي (شكل 48) .
- تجميع مجموعة من الغرف 3 أو 4 غرف بطريقة متداخلة Stagger Overlap حول طرقة أو ردهة صغيرة متفرعة من الممر الرئيسي بدلا من وضعها متجاورة (شكل 49) .

- وضع الأسرة في حالة الغرف المفردة و المزدوجة عموديا على الحوائط الخارجية و في أركان الغرفة بدلا من وضعها موازية الممر وهدا الحل يقلل من عرض الغرفة و بالتالي طول الممر(شكل 50) .

شكل(48)يوضح فكرة تصميم وحدة التمريض دات الممر المزدوج شكل(49) يوضح فكرة تصميم وحدة التمريض بطريقة متداخلة

- وضع السرير مائلا أو في وضع قطري و يؤدى هدا الحل إلى تقليل عرض الغرفة و بالتالي التعرف على حالة المرضى و تلبية طلباتهم في أسرع وقت، كمايضاف الى دلك اقتراح "فوجانسكى " الدى يوضحه (شكل 51).

♦اسباب زيادة الخدمات والتجهيزات الصحية

لم تكن العنابر المفتوحة أو أجنحة المرضى مزودة التزويد الكافي بالخدمات و التجهيزات الصحية فقد بلغ الحد الأقصى لدورات المياه دورة واحدة لكل 9 أسرة بينما بلغ الحد الأدنى دورة مياه واحدة لكل 33 سريرا ، ولكن ظهرت هناك مجموعة من العوامل و الأسباب أدت إلى زيادة هده الخدمات والتجهيزات منها :

أولا مبدأ الحركة المبكرة للمرضى Early Ambulation والدى يهدف إلى تحريك المريض أثناء العلاج أو بعد العمليات الجراحية حيث ثبت علميا أن هدا يساعد في تعجيل الشفاء كما يزيد من قدرة المريض على الاعتماد على النفس ،وقد أدى إلى ضرورة تزويد كل غرفة بدورة مياه خاصة وما يتطلبه دلك من ضرورة تزويد غرف المرضى بأحواض لغسيل الأيدي لتمكين الأطباء و هيئة التمريض من غسيل الأيدي بعد الكشف على المرضى أوعمل الغيارات اللازمة لهم .

ثانيا ثم أخيرا التحول في تصميم أجنحة المرضى من العنابر المفتوحة إلى عنابر صغيرة و غرف مفردة و مزدوجة لتحقيق الخصوصية المطلوبة وما يتطلب من زيادة في التجهيزات الصحية ،وقد أدى دلك لحدوث آثار و نتائج على تصميم أجنحة المرضى منها :

زيادة مساحة الخدمات الصحية المخصصة للسرير من 84, متر مربع/سرير في سنة 1939 إلى 2,05متر مربع/سرير سنة 1949 ووجود طرقة أو ممر صغير عند مدخل غرف المرضى يؤدى إلى دورة المياه ،أما منطقة الإمداد التقني تشمل أماكن التحضيرات و النظافة و التخزين للمناظير ومخازن المستهلك و الأدوية وهى تمثل 20%.

شكل(50) يوضح حالة وضع الاسرة فى الغرف المفردة و المزدوجة شكل(51)يوضح تصميم به قواطع منزلقة التى تفصل الغرف عن بعضها

♦اعتبارات الحد من التلوث وانتقال العدوى عبر الهواء

أمكن تحديد بعض أسباب حدوث تلوث و منها عدم الفصل بين مسارات حركة المواد النظيفة و المواد الملوثة أو المخلفات ،وعدم توافر أحواض غسيل بعد الكشف على المريض ،وقيام الأطباء وهيئة التمريض بإجراء الكشف و الغيار في نفس غرفة الإقامة حيث لا يمكن التحكم في منع انتشار التلوث عبر الهواء أوالبياضات و الأغطية .

ومن الاسباب المؤدية للتلوث ايضا انه في إحدى الدراسات التي تم أجراؤها وجدت المتعلقات الخاصة بالممرضات فوق صندوق الغيارات الملوثة ،ونظرا للأهمية القصوى لهدا الاعتبار و الدى قد يؤدى إلى إطالة مدة إقامة المرضى من 4 : 10 % من أجمالي المرضى بالمستشفيات المتقدمة فقد أدخلت بعض التعديلات على تصميم أجنحة المرضى منها :

تزويد كل وحدة تمريض بغرفة علاج أو فحص يتم فيها الغيار والكشف على الجروح ،وكدلك غرفة للخدمة النظيفة و أخرى للخدمة الغير نظيفة بحيث يتصل كل منها بغرف العلاج من خلال شباك المناولة على أن يكون لكل غرفة مصعد المناولة (الخدمة) الخاص بها ،وضرورة تزويد وحدات التمريض بتكييف هواء يعمل على تغيير الهواء الداخلي بمعدلات كبيرة (بدون إحداث تيار مباشر) للحد من التلوث الإشعاعي و تخفيفه بحيث لايتم نقل الهواء من الأجزاء غير النظيفة (بها تلوث إشعاعي أو مصادر مفتوحة) إلى غرفة العلاج أو غرف المرضى .

هدا بجانب تجزئة العنابر المفتوحة إلى مجموعات اصغر من الأسرة و زيادة المسافة بين محاور الأسرة وبعضها وتزويد وحدات التمريض بغرفة للطبيب المعالج وغرفة استراحة و تغيير ملابس الممرضات .

4-2-3 مكونات وحدة التمريض

تتكون من وحدة المعالجة و العناية واقامة المرضى ،وتتألف وحدات العناية و المعالجة بشكل عام من ثلاث مجموعات تتلاءم مع نوعين من الخدمة خدمة عادية وخدمة متخصصة ومجمعة في مستوى واحد و لكل واحدة منهم اختصاصاتها و يجب أن تكون كل منها بنفس الحجم مع ضرورة أن يوضع في الاعتبار احتمال التوسع ،كما يجب أن يكون استعمالها مرن حسب خطورة حالة المرضى و تنقسم وحدة العناية المركزة إلى :-

1- وحدات العناية العادية .

2- وحدات العناية المركزة .

3- وحدات العناية الخاصة .

♦عمق الغرفة

يعتمد عمق الغرفة على توزيع الأسرة و يتراوح العمق من 3 : 6,5 متر أما اذا كانت ضوء النهار يدخل من الجانبين كما في الصالات فيتراوح العمق من 7 : 9 متر و يمكن تقليل تكاليف البناء بتقليل طول الممرات و طرق الحركة فكلما كانت الغرفة عميقة ازدادت قدرة الاستيعاب لها ،ويكون سمك القوا طيع بين غرف المرضى 25 سم أما قوا طيع الفصل القابلة للفك فيكون سمكها الأدنى 12 سم تقريبا مع الأخد في الاعتبار عمل احتياطات العزل الصوتي المطلوب .

و التهوية في منطقة الانتظار يجب أن تكون مريحة و الإضاءة في غرفة الإقامة يجب أن تكون غير مباشرة فلورسنت في أطراف الغرفة حيث انه ليس من المريح النظر من السرير إلى إضاءة قوية ،وعند الاحتياج يستحسن وجود إضاءة عامة للغرفة بمفتاح منفصل،ويجب أن يكون هناك أزرار خاصة للاستدعاء ومن اللطيف وجود خلفية من الموسيقى الخفيفة يمكن إغلاقها بسهولة .

♦ الأبواب

أما الأبواب فيجب أن تغلق بهدوء و بأحكام على جوانبها الأربعة وتصنع عادة من الخشب و تكون مكساه بالصلب من اسفل مع وجود عازل من الكاوتشوك للصوت و الغبار ،وبالرغم من أن مقاسات الأسرة موحدة فان عرض الأبواب يختلف من مكان للآخر ويتراوح بين 1,10 – 1,20 متر ،ولا يوجد نوع من الأرضيات يفضل على الأنواع الأخرى بشرط أن يكون ماص للصوت غير مسامي مانع للتزحلق مغطى بطبقة لسد المسام خامل كيميائيا مقاوم للاحتكاك لا تتغير ألوانه سهل التنظيف .

♦منطقة الدعم و الإمداد

يمكن أن تشارك سلسلة من الغرف المتشابه في العمل كمخازن للمعدات الإضافية و الاحتياطية و البياضات و المنظفات و المطهرات بالإضافة لمناطق التنظيف و الغسيل ،ويجب أن تكون هده المنطقة واسعة بما فيه الكفاية لاستيعاب العربات و مصممة بحيث تفصل المناطق النظيفة عن المناطق المتسخة ،والمنطقة تتطلب إضاءة جيدة و مخارج كهرباء كافية وهواء في أنابيب التنظيف .

♦غرفة المنظار

تكون الغرفة في حدود 25 متر مربع و لو وضعت أماكن الإمدادات خارج الغرفة يجب أن يكون هناك اتصال عن طريق أبواب بكلا الغرفتين ،ويجب أن تتشابه الغرف في الأحواض و الصرف و منافذ الطاقة و المفاتيح و أماكن التخزين و يستحسن اماكنية تخفيض درجة الإضاءة ،ويطلب لبعض الأماكن الخاصة يقع ضوئية Spots بترتيب خاص و منافذ الطاقة اما أماكن المراقبة تكون على الحوائط.

و مخارج الأكسجين و غازات التخدير وأجهزة القلب ،بالإضافة إلى التهوية يجب أن تكون جيدة و ذو تيار عالي مع عدم رجوع الهواء لضمان التخلص من الروائح ،ويجب عزل توصيلات ومحولات الأجهزة جيدا لمنع أي آثار ضارة من التيارات الأرضية مع مراعاة في بعض الأماكن حيث يستخدم أجهزة الليزر يجب استخدام أبواب ذاتية الغلق .

4-2-4 أقسام الأشعة

بدأ العلاج بالأشعة و التشخيص بالنظائر المشعة يأخذ أهمية كبرى في هده الاونه و قسم الأشعة يتكون من الأقسام الأربعة آلاتية:-

1- التشخيص بالتصوير الإشعاعي .

2- العلاج الإشعاعي .

3- الطب الإشعاعي .

4-الأشعة المقطعية .

و هده الأقسام يمكن جمعها مع بعض و يمكن أن تكون منفصلة .

أولا: التشخيص بالتصوير الإشعاعي

التشخيص بالتصوير الإشعاعي عبارة عن أخد صورة داخلية للمريض و هده الخدمة الطبية تتم طوال العام و ليس لها أي غرض علاجي و يمكن أن تتم للمرضى المقيمين بالمستشفى و المرضى الخارجيين ،وفي الدراسات الحديثة وجد أن العديد من المستشفيات لا تعطى مسطحا كافيا لقسم الأشعة و في حالة تطوير المستشفى و امتداده لا يمكن توسيع هدا القسم عمليا .

و المسطحات الكافية للانتظار ودورات المياه وغرف تغيير الملابس تساعد كثيرا في العمل وحركة المرضى ،ونقص هده المسطحات يتسبب في ضياع الوقت والجهد واضطراب جداول تنظيم الكشف على المرضى .

كما أن تصميم قسم الأشعة بطريقة غير ملائمة يسبب أزمة للمستشفى ولقسم الأشعة معا لان المستشفى تفقد وقتا كثيرا في تشخيص الأشعة ،مما يؤثر على أداء باقي أقسام المستشفى وهدا الأمر مهم بصفة خاصة لمستشفى صغير يعمل به استاد أشعة زائر لانه من المهم له و للمستشفى أن ينهى عمله في جدوله المقرر .

الموقع :

يجب أن يكون قسم الأشعة في الدور الأول ويسهل دخوله للمرضى الخارجين والداخلين ،كما يفضل أن يكون قسم الأشعة قريبا من المصاعد وان يلاصق قسم المرضى الخارجيين ويكون قريبا من خدمات العلاج والتشخيص الأخرى و من افضل أساليب وضع قسم الأشعة هو وضعه في نهاية الجناح ، ففي هدا الموقع لن ترتبك الأنشطة داخل قسم الأشعة بسبب أي مرور من قسم لاخر ،كما يحتاج إلى اقل مقدار من الحواجز الوقائية نظرا لوقوعها على الخارج (شكل 52-53-54-55) .

شكل(52أ) يوضح رسم تخطيطى لعلاقة قسم الاشعة بالاقسام الاخرى شكل(52ب) يوضح رسم تخطيطى لعلاقة مكونات قسم الاشعة

شكل(53) يوضح مسقط افقى لمكونات وحدة التشخيص بالتصوير لاشعاعى

شكل(54)يوضح مسقط افقى لجناح الاشعة التشخيصية

شكل(55) يوضح مسقط افقى ومنظور لجناح اشعة نموذجى يضم ثلاث غرف اشعة

الاعتبارات التى يجب اخدها فى الاعتبار عند اتصميم :

1- الشروط الفنية والقواعد الأمنية ضد التعرض الإشعاعات مثل توفير الحماية بالرصاص المستخدم في العزل وفي حالة وجود غرف التصوير الإشعاعي تحت منسوب الأرض يجب عمل الاحتياطات اللازمة لمقاومة الرطوبة .

2- سهوله وصول المرضى المحمولين على أسرة إليها .

3- يجب أن تكون مسارات المرضى مفصولة تماما عن مسار الفنيين .

4- يجب أن تكون غرف الأشعة معزولة عن باقي أقسام المستشفى بأنواع معينة من ألواح الرصاص أو معدن الباريوم (كما سبق شرحه فى الباب).

5- ارتفاع غرفة الأشعة يتراوح بين 5:4:3 متر و باب الغرفة يجب أن يتكون من ضلفتين .

6- وقسم التصوير الإشعاعي يأخذ عدة أشكال أما الشكل الصليبي أو الشكل حرف U و قد يوجد بالقرب منها غرفة أخرى متعددة الاستعمالات لأجراء الفحوصات الخاصة و عمل المناظير للأمراض الباطنية و فحص المثانة بالمنظار .

7- كما توجد غرفة للخدمة بمساحة 20 متر مربع مع مكتب لتحضير السوائل المركزة و غرفة مجاورة للعمل و فحص الأفلام وأخرى لحفظها .

8- يوجد غرفة اتصال بين صالة التشغيل و الخدمة .

9- يفضل وجود مركز تشغيل بمساحة 6 متر مربع بالإضافة للغرفة المظلمة بمساحة 10 متر مربع و يمكن الوصول إليها عن طريق صالة توزيع بالإضافة لوجود أماكن للعمل الجاف و العمل الرطب.

10- يجهز قسم الأشعة بدولاب جاف و مكان للمحفوظات المركزية بمساحة 40 متر مربع .

11-وتبلغ مساحة صالات التصوير الإشعاعي من 25 : 30 متر مربع و مركز المعمل بمساحة 4×4 متر و تجهز بمنضدة خاصة للتصوير بالإضافة لمكانين لخلع الملابس و مرحاض للحقن الشرجية .

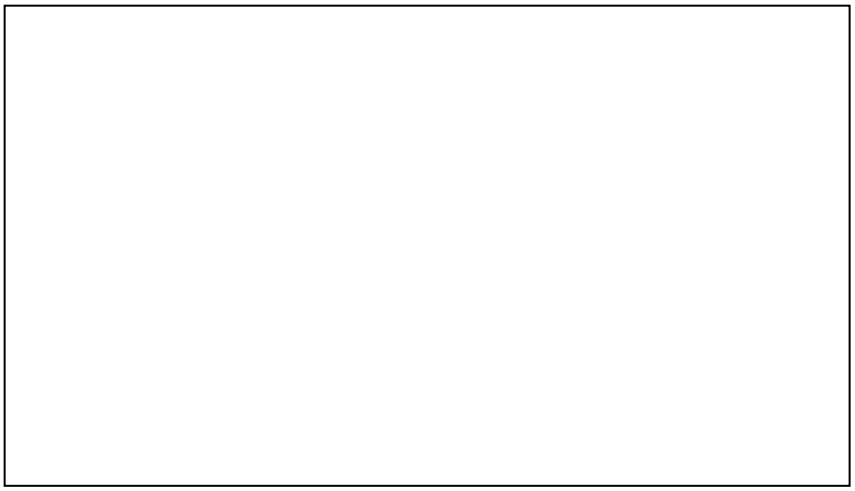
12-كما يوجد أيضا أماكن للانتظار مع عمل فصل بين المرضى غير المقيمين و المقيمين في المستشفى .

صالات فحص الأجسام بالأشعة :

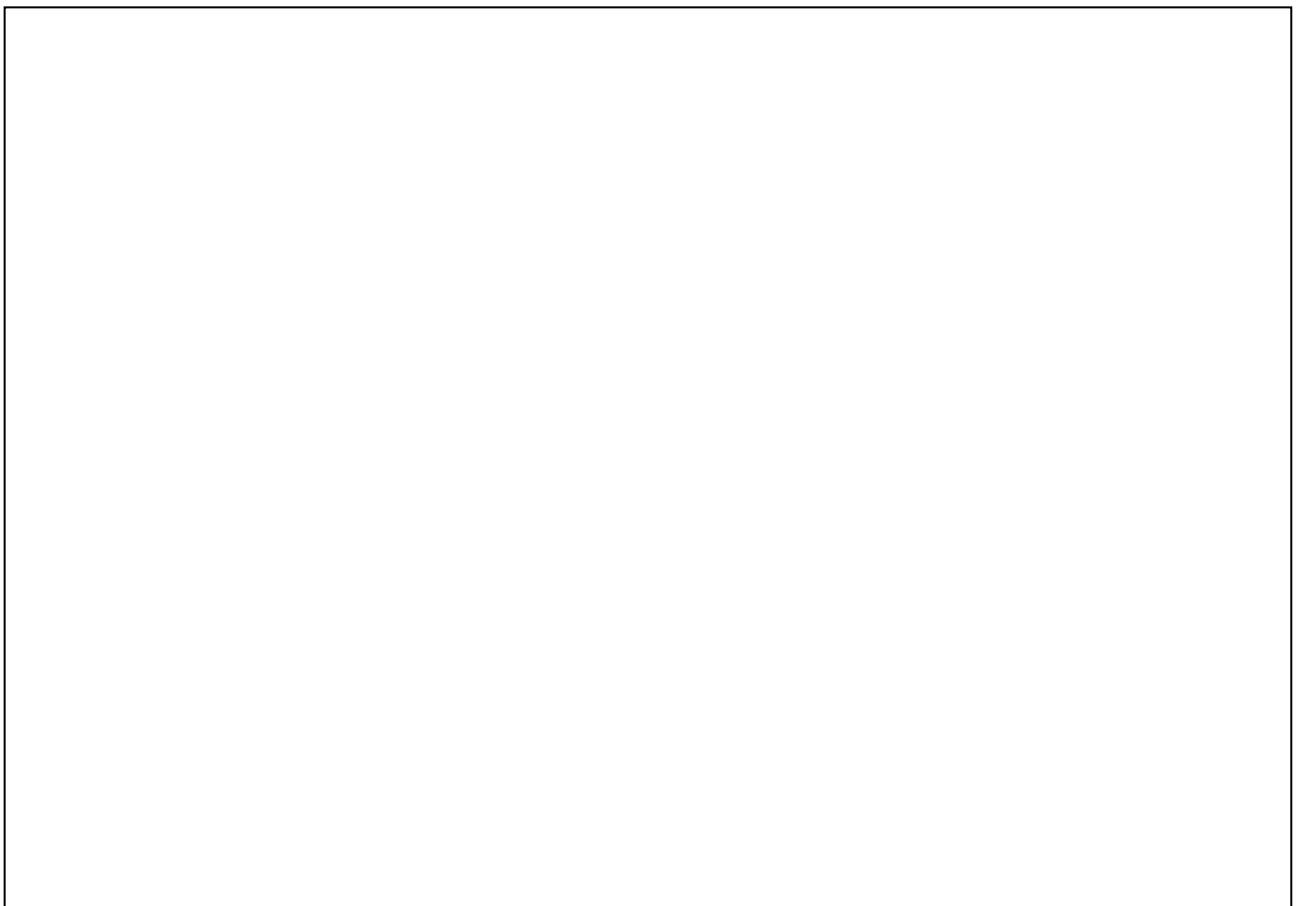
تتكون من غرف المناظير فضلا عن غرف الأشعة مع مداخل تتسع لاسرة المرضى مع ارتباطها بمنطقة طاقم العلاج عن طريق مدخل خاص و هي تمثل 25% من المكان و يجب أن يتوفر فيها التعقيم كما يوجد على الأقل مكانين لخلع الملابس كما توجد صالة تحضير لفحص الأجسام بالأشعة و مقصورة للفحوص وكتابة التقارير (شكل 56-57-58) .

كما أن وحدة أشعة اكس X – ray المتنقلة يجب حفظها في قسم الأشعة حيث تكون تحت إشراف وسيطرة القسم و تحت الطلب حين الحاجة إليها .

شكل(56) يوضح مسقط توضيحى لتفاصيل قسم الاشعة



شـكل(57)يوضـح مسـقط افقـى لقسـم اشـعة (صالات فحص الاجسام)



شكل(58) يوضح مسقط افقى لجناح اشعة اكس لخدمة 8400 مريض

الغرفة المظلمة (غرفة التحميض) :

يجب أن يكون سطح منضدة تحميض شريط الاشعة من مادة غير استاتيكية و يفضل الخشب أو لينوليم الفينيل أو الفنييل اسبستوس على شكل بلاطات سمك نصف بوصة كما يمكن استخدامه للأرضيات بكامل القسم و لكن أثبتت التجارب أن بلاطات الإسفلت و أرضيات اللينوليم لا تقاوم تأثيرات السوائل المسكوبة .

غرفة أشعة اكس X- ray :

نجد أن المنطقة الخاصة بالأشعة و التصوير و المتداخلة مع منطقة المناظير يجب أن تكون هناك علاقة مرورية بين القسمين (شكل 59) ولا تحتاج غرفة الأشعة إلى تشطيبات خاصة فيمكن عمل الأرضيات من بلاطات اسفلت عرضية و نظام متبادل من البلاطات الداكنة والفاتحة ، أما الحوائط و الأسقف فتكون من المصيص و يفضل للأسقف وضع بلاطات مانعة للصوت حيث أنها تساعد على خفض الذبذبات ،كما يجب وضع حواجز على جميع أسطح الغرفة أو التي تتعرض لمسار أشعة اكس و المنطقة المشغولة ،كما يجب توفير حواجز ثانوية على اوجه الغرف الخارجية ويجب الاهتمام بالإشعاع المباشر أو المتسرب كدلك الاهتمام بالإشعاع الثانوي المستفاد منه مع منع أي تسرب إشعاعي أو أشعة أخرى مبعثرة .

أما عدد العاملين داخل قسم الأشعة فهو :

طبيب أخصائي أشعة .

فنيين أو ثلاثة فنيين أشعة .

ثلاثة موظفين للسكرتارية و الاستقبال و الأرشيف .

شكل(59أ-ب) يوضح أ- مسقط افقى لجناح اشعة يوضح مسارات المرضى و الافلام ب- حركة الافلام المحمضة خلال قسم الاشعة

ثانيا : العلاج الإشعاعي و النظائر المشعة

هو القسم المخصص للعلاج بالأشعة وبسبب الكمية الكبيرة للأشعة المنطلقة للعلاج يجب أن يكون هدا القسم محصن ضد تسرب الأشعة منه ،وبعض القوانين تفرض وجود هدا القسم في الطوابق السفلية ،ويجب أن يكون السقف و الجدران والأرضية مصممة من الخرسانة المسلحة وأن تزود بتصريف خاص للفضلات ويتم التحكم في فتح الأبواب وغلقها بشكل مركزي من غرفة مجاورة (كما سبق شرحه فى الباب).

قد تكون المواد المشعة موطن خطورة من طريقتين :

أولا : تمثل بعض إشعاعاتها خطرا خارجيا للأشخاص المحيطين بها كما في حالة أجهزة أشعة اكس .

ثانيا: عندما تستخدم النظائر المشعة في شكل سائل أو بودر فقد تبتلع أو تستنشق بطريق المصادفة نتيجة لسكبها أوالتناول دون خبرة وهكذا تمثل خطرا داخليا على هيئة العاملين ،وهدا يفرض علينا أن نعير اهتماما كبيرا للتقنيات والاحتياطات الآمنه للحد من الضرر الإشعاعي الممكن وغير المقصود على كل من هيئة العاملين و المرضى عند تناول أوإعطاء الأدوية المشعة .

الحماية من الإشعاع :

عند تصميم و إنشاء أماكن استخدام النظائر المشعة يجب التفكير مليا في إمكانية حدوث أخطار داخلية و خارجية ولحماية هيئة الموظفين من الإشعاع الناتج عن المواد الإشعاعية الموضوعة في الخارج ،فمن الضروري أن يكون هناك غطاء واق مصنوع من الرصاص وفى معظم الحالات يكفى رص قوالب صغيرة من الرصاص حول أوعية النظائر المشعة كواق و من الهم عناصر الحماية من المخاطر الداخلية للمواد المشعة العمل على منع استنشاقها و ابتلاعها عن طريق تقنيات التشغيل الآمنة ،ويمكن استخدام هده التقنيات في تصميم تركيب النظائر المشعة و التي يمكن استخدامها في مراحل العمل الآمنة ،ومثال على دلك يجب أن تكون أسطح المناضد ناعمة و غير مسامية مع وجود أحواض لتسهيل التنظيف (شكل 60).

شكل (60) يوضح مسقط افقى لغرفة العلاج بالنظائر المشعة

الموقع

من المفضل من جهة الآمن والحد من الاخطار الاشعاعية أن تحدد المستشفى قسما واحدا لاستعمال النظائر المشعة ،وفي العديد من المستشفيات تكون النظائر المشعة مسؤولية قسم الطب الإشعاعي فان وضعت وحدة النظائر المشعة بالقرب من القسم التابعة له فهدا من شأن تسهيل العمليات حيث يسمح وجود نوع من التداخل الكفء بين مهام مجموعة العاملين و يسمح أيضا بتقاسم غرف الفحص و الانتظار وبهذا يعتمد تحديد موقع وحدة النظائر المشعة إلى حد ما على موقع القسم الدى يفترض انه سوف يتكامل معه فى العمل .

و هناك عناصر أخرى أيضا تؤثر في اختيار الموقع مثال دلك المرضى الدين يتلقون جرعات تشخيصية من النظائر المشعة فيجب أن تمد لهم طريقا مناسبا من الممرات أو المصاعد لتوصيلهم الى غرفهم كما أن وضع أحد خدمات النظائر المشعة على زاوية خارجية للمبنى أونهاية ممر سوف يسمح بالتحكم في المرور .

مستلزمات غرفة الكوبالت 60

أن حجب الإشعاع يتم حسابه على أساس استخدام جهاز قوته 5000 كوري (وحدة النشاط الإشعاعي) كمصدر و بسبب تكلفتها المرتفعة فهي ليست مستخدمة ألان بكثرة والان استخدام جهاز قوته 2000 كوري كمصدر ينتج عنه انخفاض في سمك الجدار مقداره 3 بوصات و لمصدر مقداره 500 كوري انخفاض 5 بوصات اكثر مما يساعد على خفض التكلفة لان معظم اتكلفة تكون فى الحواجز الوقائية كما يتضح فى (شكل 61-62-63) .

كما أن وجود درع ابتدائي ماص على الآلة يقلل بدرجة كبيرة متطلبات الحماية و بعض الفنيين يفضلون استخدام الآلة بدون هدا الدرع و دلك لمرونتها ولدا فان بعض الآلات مصممة للاستعمال مع أو بدون الدرع الابتدائي الماص فيجب أن تصميم حماية الغرفة يراعى الاستخدام في الحالتين .

شكل (61) يوضح مسقط افقى لوحدة الشعاع الثابت (وحدة المعالجة بالكوبالت)

شكل (62) يوضح مسقط افقى لغرفة الكوبالت ومسقط افقى يحدد موقع غرفة الكوبالت من المبنى

شكل (63) يوضح قطاع طولي لوحدة العلاج بالكوبالت

ثالثا : الطب النووي

هو عبارة عن مكان للتشخيص للمرضى و يتم فيه حقن المريض بمواد مشعة و متابعة سيرها بواسطة أجهزة تلفزيونية متطورة و غرف هدا القسم يجب أن تكون معزولة وهى لاتأخد مساحة كبيرة كبقية الأقسام ففي هدا القسم يمكن وضع عدة مرضى في مكان واحد كما يجب مراعاة وجود غرف تخزين ملحقة بهذا القسم (شكل 64) .

شكل(64)يوضح دياجرام لنشاط العمل فى وحدة الطب الاشعاعى

رابعا : التصوير المقطعي

هي طريقة جيدة للتصوير و هي عبارة عن تقسيم الجسم إلى مقاطع وهمية وتصويرها بشكل منفصل وهدا الجناح يحتاج عادة إلى غرفة كشف مع غرفة تحكم خاصة لجهاز الكمبيوتر و غرفة ملحقة لكتابة التقارير و مكان لخلع الملابس كما فى شكل (65 – 66) .

شكل(65)يوضح مسقط افقى ومنظور لغرفة الاشعة المقطعية شكل (66) يوضح غرفة اشعة لقسم الحوادث او لعموم المستشفى

1-1-5 مكونات ومتطلبات قسم الاشعة

تتكون اقسام الاشعة من عناصر اساسية هى :

▪ غرف الانتظار العمومية

يوضع عادة أماكن انتظار المرضى في مدخل القسم ويسع حوالي عشر مرضى، ومن هنا يتم توجيه المريض إلى غرف تغيير الملابس كما تخصص منطقة إلى يسار المدخل و بجوار سكرتارية الاستقبال يوضع بها كرسى متحرك و نقالة للمرضوهدا الجزء تفصله ستارة أو حاجز لتحقيق شئ من الخصوصية كما يجب إضافة عدد آخر من المقاعد لجلوس المرافقين خصوصا في منطقة الانتظار أو حتى لجلوس المزيد من المرضى في حالة حضور عدد زائد عن طاقة استيعاب المكان.

▪ السكرتارية و الاستقبال

يحوى هدا القسم جميع الأنشطة الإدارية و أرشيف الأعمال الخاصة بالقسم و البرامج الزمنية للمقابلات بالإضافة إلى نتائج الفحوصات ،كما أن إدخال المرضى لغرف تغيير الملابس يتم عن طريق قسم السكرتارية في الاستقبال ،ويوضع كونتر الاستقبال في المنتصف مباشرة و أمام المدخل بين غرف الانتظار و غرف الإدارة حتى تتمكن سكرتارية الاستقبال من مراقبة و إدارة انتظار المرضى و تناول الأوراق الخاصة بأرشيف المرضى و هده المنطقة تمثل حوالي 25% .

▪ حجرة الأطباء لفحص الأفلام

تقع حجرة الأطباء لفحص الأفلام بقرب مكتب أخصائي الأشعة بحيث يمكن استدعاء الطبيب لاستشارته بسرعة ،كما تكون هده الحجرة سهل الوصول اليهاويقع وبقرب السكرتارية والأرشيف ولاتكون في مكان معوق لسير الحركة كما تعطى لها الخصوصية بحيث يستطيع الأطباء أن يناقشوا و يتباحثوا بعيدا عن مقاطعة المرضى لهم .

▪ مكتب أخصائي الأشعة

ملحق بمكتب أخصائي الأشعة غرفة اخذ الأشعة وسكرتارية الاستقبال و الأرشيف كما لا يكون الدخول اليه سهلا و مباشرة لباقي المتعاملين و المرضى ويفتح مباشرة على ممر الخاص بأخصائي وفني الأشعة ويعتبر مخرج الطوارئ بابا إضافيا يفتح على الممر الخاص بفني الأشعة .

▪ أرشيف الأفلام

يقع أرشيف الأفلام في منطقة مكاتب أخصائي الأشعة و حيث انه من المطلوب أن تبقى الأفلام صالحة للعمل خلال خمس سنوات فان المكان المطلوب لتخزين الأفلام لا يزيد عن 7 متر مربع و بعد هدا الوقت يجيء الاحتياج إلى مكان إضافي لتخزين الأفلام الأقل صلاحية و يفضل ان تكون علب الأفلام معدنية أما الأفلام التعليمية فليست مطلوبة في المستشفيات الصغيرة و لكن عند الاحتياج يخصص جزءا من مكان الأفلام الصالحة للعرض لحفظ الأفلام التعليمية .

▪الخدمات العامة :

– غرف تغيير الملابس

يجب تحديد ثلاث غرف تغيير ملابس لكل غرفة فحص بالأشعة بحيث تكون غرفة الأشعة في مأمن من دخول الضوء غير المرغوب فيه بالرغم من فتح الأبواب و دخول و خروج الأخصائيين أثناء اخذ الأشعة أو أثناء تغيير المرضى لملابسهم .

– الثلاجة

بعض العناصر التي تستخدم في قسم الأشعة مثل محلول الباريوم للمعدة والأمعاء و الأصباغ المستخدمة في الكشف على المرارة والمواد الكربونية المستخدمة في فحص المعدة تحتاج للحفظ في ثلاجة وتوضع الثلاجة تحت الكونتر الموضوع به حوض ومكان استخدام الباريوم في معمل فني الأشعة .

– المخازن و التعقيم

من المفترض أن قسم الإمداد و التعقيم المركزي للمستشفى يوفر جميع الخدمات لقسم الأشعة .

– الحمامات

يفضل تغطية أرضية الحمامات ببلاطات السيراميك لسهولة تنظيفها .

– غرف استشارة الأطباء

يراعى فيها عزل الصوت لتقليل احتمالات سماع مناقشات و آراء الأطباء من المرضى المنتظرين قريبا منهم .

متطلبات قسم الاشعة :–

– مواد التشطيب

تستخدم نفس مواد التشطيبات في المستشفيات ما عدا غرفة الأشعة فلها تشطيبات خاصة مثل انواع الحواجز الوقائية (السابقة ذكرها فى الباب).

– الإضاءة

الإضاءة لا يجب أن تقل عن 3 متر/ شمعة في الممرات بين الغرف غير المستخدمة للقراءة ،وغرفة الانتظار تحتاج إلى 3 متر/ شمعة مع إضاءة إضافية للقراءة للمكاتب و المناطق التي بها موظفون عاملون التى يلزمها على الأقل 15 متر/شمعة و من الأفضل أن تكون 21متر/شمعة.

كما أن تركيبات الضوء الغير مباشر لازمة لغرف أشعة اكس لان المريض يتعرض للانبهار الضوئي عندما يرقد ووجهه لاعلى أثناء الفحوص و لتوفير الإظلام توضع الستائر أو تدهن بالون الأسود و في بعض الحالات تلغى النوافذ مع توفير التهوية الجيدة و في حالة الإضاءة و التهوية الصناعية يضاف لمبات إضاءة بلون احمر في غرف الأشعة والفحص و التحميض أما الطرقات ودورات المياه و غرف تغيير الملابس فيتم توفير الإضاءة و التهوية الطبيعية لها .

– تكييف الهواء

تكييف الهواء مع التهوية الطبيعية الفعالة يعد ضروريا لتغيير الهواء داخل القسم وكذلك لتوفير جو ملائم لمنع انتشار الروائح من غرف صور الأشعة و الغرفة المظلمة و الحمامات و الخزائن .

كما يجب تصميم نظام التهوية بحيث يسمح لضغط جوى سالب نسبيا على الممرات الملحقة و أن يستمر في الغرف و يمكن تنفيذ دلك عن طريق سحب هواء اكثر من الغرف عن الهواء الداخل إليها وعكس هده الخطوة في الممرات ،كما يجب رفع أبواب الحمامات من اسفل حتى يمكن للهواء أن يدخل من الممرات إلى هده المناطق و بدون إعادة ضخه ،وبسبب مشكلة الروائح لا يجب إعادة دوران الهواء القادم من غرف جهاز أشعة اكس في أوقات استخدام هده الغرف ما لم تركب أجهزة تحكم للروائح ملحقة بنظام التهوية .

و للتشغيل الاقتصادي حين لا يكون هناك حاجة لاستخدام أجهزة تحكم في الروائح فيجب إمداد جهاز العادم بمراوح يمكن تشغيلها من داخل الغرفة التي ستوجه الهواء إلى الأبواب الخارجية حين استخدام الغرف أو يجدد الهواء أثناء فترات عدم الاستخدام .

أما اذا كانت الغرفة المظلمة ستستخدم لفترات أطول من غرف الأشعة فيجب توفير نظام مستقل لضخ الهواء الفاسد إلى الأبواب الخارجية من الغرفة ويتحكم فيه من مفتاح داخل الغرفة .

– درجات الحرارة المطلوبة بجناح الأشعة

1- مناطق الإدارة و انتظار المرضى : درجة الحرارة المطلوبة 72 ف مع رطوبة نسبية تبلغ 50 % و معدل التهوية 1- 11/2 هواء متغير كل ساعة * .

2- طرقات المرضى و فنيي الأشعة : درجة الحرارة المطلوبة من 75 إلى 80 ف مع رطوبة نسبية 50 % و معدل التهوية 2 هواء متغير كل ساعة .

3- حجرات جهاز فحص الجهاز الهضمي و أشعة اكس : درجة الحرارة المطلوبة من 75 إلى 80 ف مع رطوبة نسبية 50 % ومعدل التهوية 6 هواء متغير كل ساعة .

4- الغرفة المظلمة : درجة الحرارة المطلوبة 72 ف مع رطوبة نسبية 50 % و معدل التهوية 10 هواء متغير كل ساعة .

– الحماية من الحريق

لتوفير عوامل حماية كافية من الحريق للمرضى و العاملين في هدا القسم يجب إعطاء عناية لعوامل التصميم و التشييد الخاصة بالحماية من الحريق لدا يجب أن يشيد البناء الأساسي بمواد مقاومة للحريق و تشطيبات غير قابلة للاحتراق و توجد بها أجهزة إطفاء ،ويفضل استخدام الملفات المعدنية المغلقة لتخزين أفلام أشعة اكس ،وفي حالة استخدام الأرفف المفتوحة كبديل فأنه يجب تركيب نظام الإطفاء برش الماء من رشاشات مثبتة في السقف فوق منطقة التخزين ،كما يجب توفير طفايات الحريق و توزيعها بالمكان لتساعد في التغلب على الحريق ،ويجب توفير منفذين للموقع أحدهما عند مدخل القسم و الآخر مخرج طوارئ يقع خارج ممر المرضى كما يجب أن يتجه هدا المخرج مباشرة إلى المستوى الأرضي خارج المبنى بسلم هروب .

---

*

– التركيبات الكهربائية

أن قوة التيار الكهربائي الدى يمد وحدة أشعة اكس X- ray يجب أن تكون ثابتة حتى تكون وصور الأشعة متجانسة و يراعى وجود مولد مستقل دى سعة كافية لمنع انخفاض قوة التيار الكهربائي لاكثر من 3 % كما يجب وجود محول منفصل لإمداد و حدة أشعة اكس لتقليل تدبدب قوة التيار الكهربائي .

– نظام الاتصالات

أن إدخال نظام اتصالات صوتي داخل قسم الأشعة يزيد من كفاءة وسرعة العاملين و الخدمات المقدمة في القسم وتوضع مخارج الاتصالات الصوتية في كونتر سكرتارية الاستقبال وغرفة الأشعة والغرفة المظلمة وممر فني الأشعة ويفضل استخدام نظام اتصال صوتي يمكن التحدث والاستماع من خلاله ودلك حتى لا يترك أخصائي الأشعة مكانه أثناء العمل ولكي يستطيع أن يوجه ملاحظاته للمريض في غرفة الأشعة من مكان المراقبة دون الحاجة للانتقال إلى غرفة المريض .

5-1-2 تأثير التقنية على التخطيط لقسم الأشعة

اليوم يعتبر التصوير الرقمي وعرض المعلومات مكونات دائمة لقسم الأشعة الحديث و مقدر لهده التقنية أن تنتشر خلال كامل المستشفى وقد اثر هدا على تخطيط أقسام الأشعة من حيث انه يوجد في استقبال قسم الأشعة كمبيوتر عليه بيانات المرضى و اشغالات غرف الأشعة و التوقيت و خطط العمل الدى أدى إلى تقليل مساحة الاستقبال و أماكن انتظار المرضى وكذلك لم نعد بحاجة لغرف الأرشيف وبسبب تنظيم الوقت و نظام النداء الآلي للمرضى عن طريق الكمبيوتر فانه ألان من الممكن تخفيض وقت المرضى الدى يقضى في قسم الأشعة خصوصا في غرف الانتظار و بالتالي تقل منطقة غرفة الانتظار .

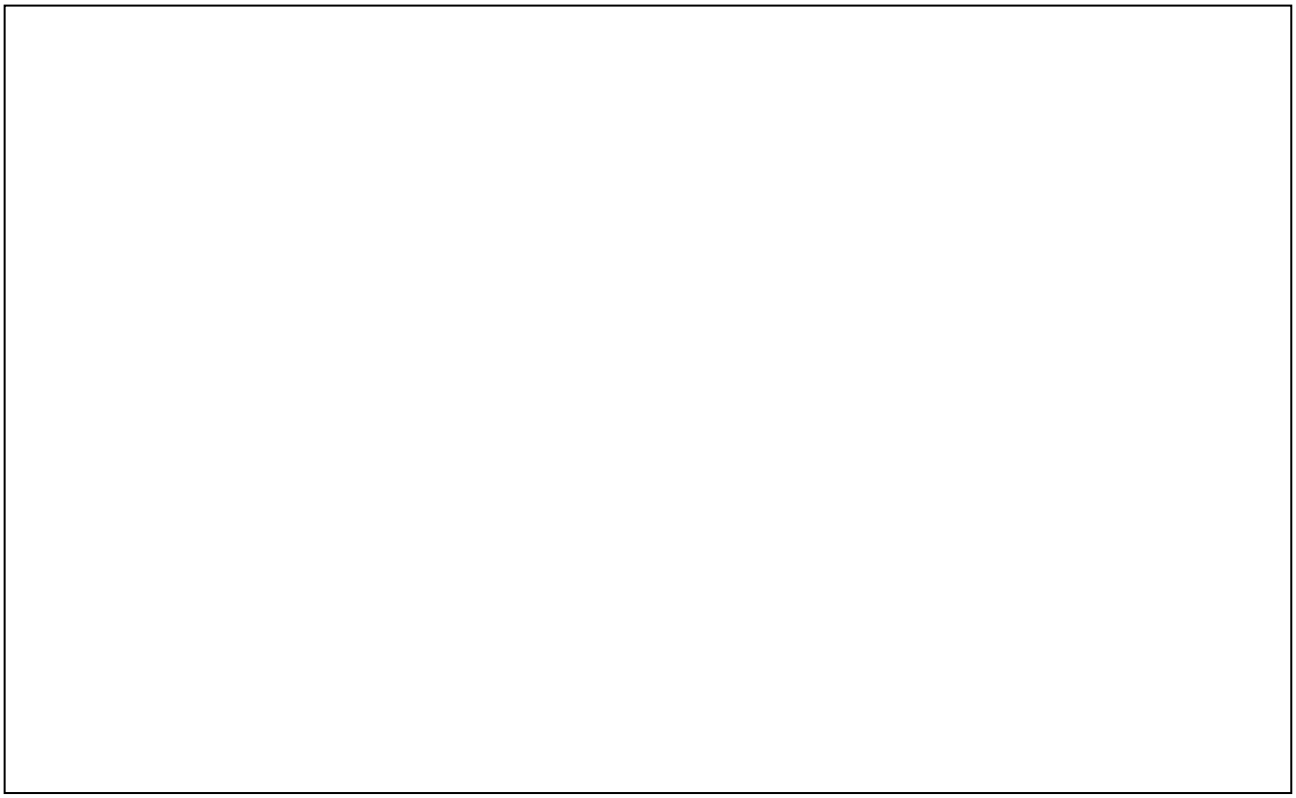
و مع دخول مكونات إلكترونية اصبح من الممكن جدا تخفيض حجم المعدات التقنية و يمكن تنفيذ الأعمال الإدارية عن طريق أنظمة الحاسب مع توفير كبير للفراغ فمثلا على سبيل المثال : -

غرفة إجراء فحوصات الجمجمة (شكل 67) كان يمكن إجراء فحوصات عديدة للجمجمة مند عشرين سنة بواسطة جهاز أشعة بسيط مثل CRT4 المبين بالشكل و هده الوحدة تحتاج غرفة فحص من 9 متر مربع بالإضافة إلى 5 متر مربع لغرفة التحكم .

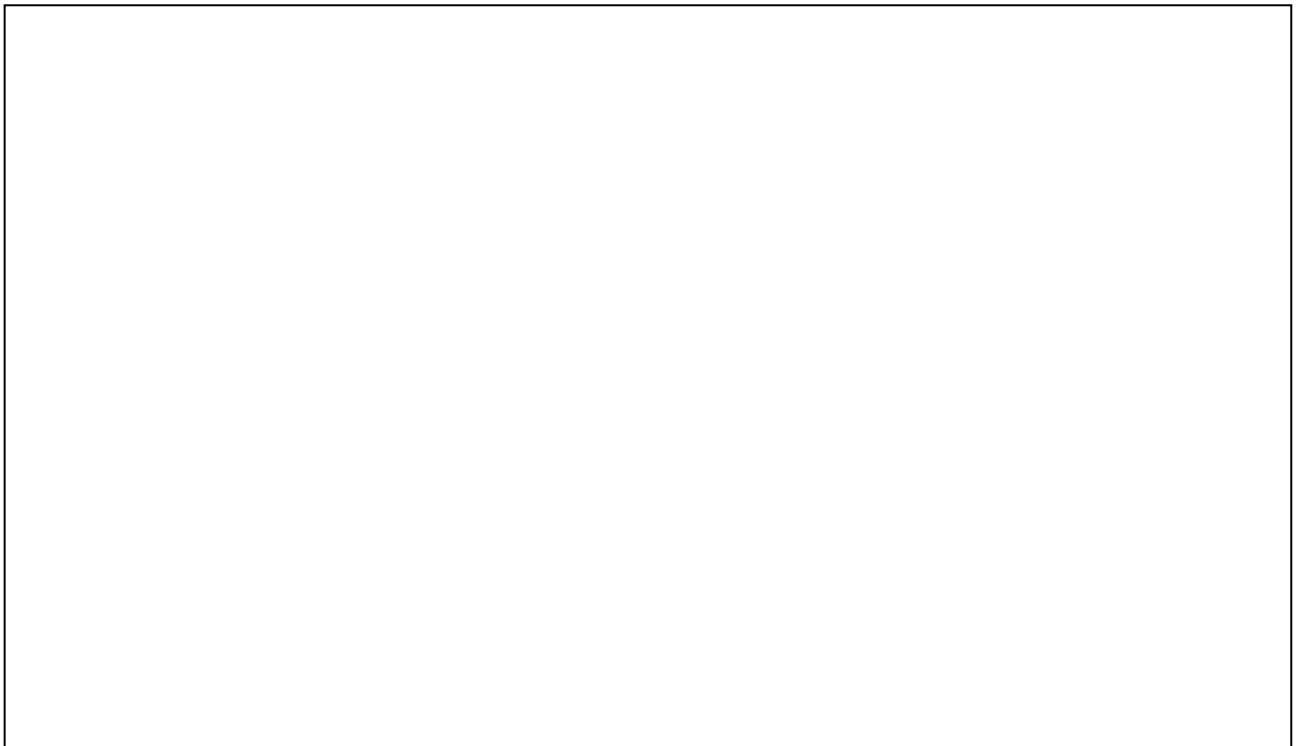
و كانت أول صورة للجمجمة بواسطة جهاز أشعة مقطعية C T (شكل 68) مند حوالي عشرون سنة و يتطلب العمل بهذا النظام مجموعة من الغرف تشمل غرفة الفحص و غرفة التحكم و المعدات المساعدة و غرفة الكمبيوتر و تحتل المساحة الكلية بين 80 - 120 متر مربع و قد أدخلت مند عشر سنوات طريقة تشخيصية جديدة لفحوصات الجمجمة و هي الرنين المغناطيسي MR (شكل 69) وتستخدم هده الطريقة المجالات المغناطيسية بدلا من الأشعة السينية و يمثل الرنين المغناطيسي خطوة عظيمة في اتجاه التشخيص الممكن الاعتماد عليه اكثر و في نفس الوقت تشخيص سريع .

و يتطلب إدخال هده الأنظمة تكاليف مرتفعة و يحتاج إلى منطقة 120 - 240 متر مربع تعتمد على قوة المجال المغناطيسي و ضرورة وجود تدرع خاص للمغناطيس .

شكل (67) يوضح غرفة اجراء فحوصات الجمجمة



شكل (68) يوضح منظو لغرفة جهاز الاشعة المقطعية CT



شكل (69) يوضح غرفة الرنين المغناطيسى

3-1-5 احدى طريق تخطيط قسم الاشعة

في تصميم الفراغ المعماري سواء كان منزلا أو مصنعا أو قسم أشعة هناك محاولة لترتيب المناطق الوظيفية بطريق كفء و منظمة ويعنى هدا في أقسام الأشعة تحقيق تدفق جيد للمرضى و التقارير في حين ينخفض عدد الأشخاص المحتاجين إليهم للعمل بالقسم والمجهود المبذول في هدا التصميم يتطلب مراجعات عديدة للرسومات الهندسية و التي تتطور بالتدريج للتصميم النهائي للقسم وكثير ما يكون مزعجا و مكلفا تغيير الرسومات لمحاولة تنظيم جديد والرسومات لا تسمح دائما بالرؤية السهلة للعلاقات الوظيفية و نناقش هنا طريقة تصميم مستخدمة تقنية النظرية الحسابية لمشاهدة العلاقات الوظيفية الاساسية لترتيب القسم لإنتاج ترتيب للقسم اكثر كفاءة في وقت قصير .

توبولوجى (Topology) أو حسابات التشتيت هو علم من فرع الرياضيات الدى يتعامل مع الخصائص الداخلية للأشكال الهندسية التي تظل هي نفسها بصرف النظر كم هي مشتتة .

واحدة من ضمن المؤثرات المبكرة التي أدت إلى تطور التوبولوجى و التي سوف تخدم في توضيح النظام و هي المشكلة الكلاسيكية Seven Bridges of Konigsberg in Prussian city في أعوام 1700 كان مركز مدينة كونجبربرج البروسية في جزيرتين في نهر بر يجل و كانت الأجزاء المختلفة للمدينة مرتبطة بسبعة كبارى (شكل 70) وتعجب المواطنون لكونجبزبرج ادا ما كان من الممكن السفر حول المدينة و عبر الكباري السبعة فقط مرة واحدة و في عام 1736 حل عالم الرياضيات السويسري "ليونارد ايولر Leonhard Euler " هده المشكلة .

في هده الطريقة اختصر ليونارد أولا العلاقات الوظيفية Functional Relationships من الجزر من خريطة المدينة إلى شكل رمزي مبسط و قدم الأرض في نقاط أو رؤوس والكباري كخطوط أو أقواس لإنتاج شكل شبكي (شكل 71) وعندئذ طور نظرية في تحليل شبكة لتحديد أيهما unicursal أي يمكن رسمها بواسطة penstroke مستمر و التي لم تكن كذلك بهده الطريقة كان قادرا على أن الشكل الشبكي يرمز لكونجبزبرج لم يكن unicursal وعلى دلك فالرحلة المفترضة حول المدينة لم تكن مستحيلة .

ومن الواضح أن طول وشكل الأقواس الرابطة لا تؤثر على الوصلات الوظيفية للرؤوس فلو كانت الأقواس خيوط قابلة للثنى كان يمكن أن تتحرك على الصفحة لمواضع مختلفة بدون التأثير على الوصلات الوظيفية .

شكل (71) يوضح الشكل الرمزى المبسط لانتاج شكل شبكى

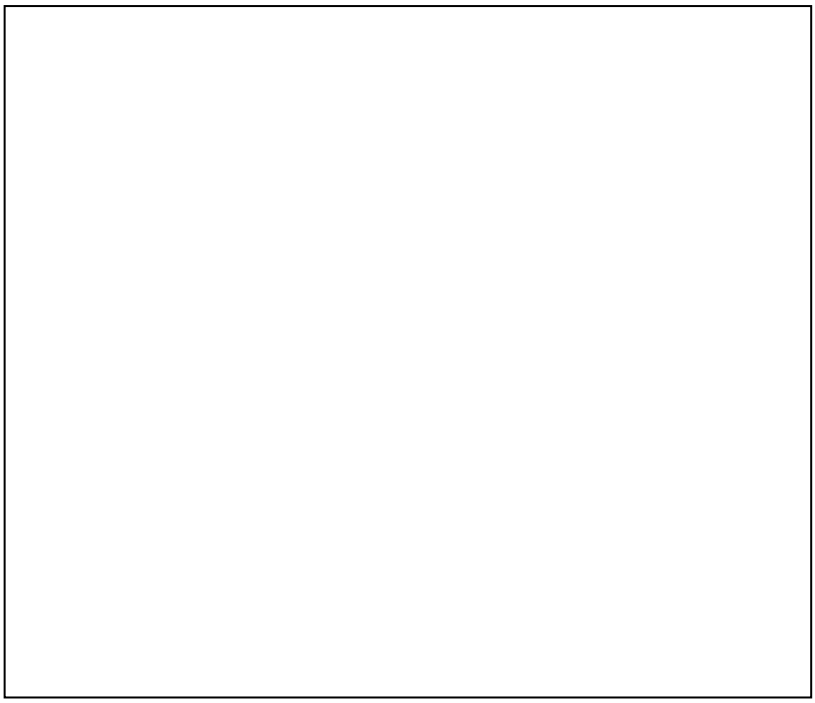
ويمكن تمثيل قسم الأشعة كشبكة تخطيط توبولوجية و يمكن تمثيل الغرف كرؤوس و توصيلاتهم الوظيفية بالأقواس و يمكن عندئذ تشكيل الخيوط لإنتاج تصميم كفء و يمكن عمل نموذج عمل طبيعي حقيقي بعيدا عن الخيوط و الأزرار و لكن في الحقيقة مثل هده النماذج تكون مربكة و بديلا عن دلك يمكن رسم اسكتشات شبكية غير منقحة ومعدلة ببساطة لتوضيح هده التقنية و سوف يتاج القسم أيضا إلى منطقة استقبال و مكتب عمل و منطقة ملفات ومنطقة عمل تقني و مكتب أخصائي الأشعة و غرف لبس المرضى وحمامات فضلا عن الغرف المظلمة و يوضح (شكل 72 أ) شبكة وظيفية أولية لتدفق

المرضى وتدفق الأفلام و في حالة المرضى والأشخاص فان الأقواس الرابطة قد يعتقد أنها تمثل طرق البوابات و الردهات و في حالة الفيلم فالأقواس تمثل passboxes موصلة من منطقة عمل إلى أخرى .

بدءا لايهم أين تقع الرؤوس المختلفة على الشبكة حيث أن الاعتبار الوحيد هو الوصلات الرابطة الوظيفية الملائمة للرؤوس و في (شكل72 أ) الرؤوس بعيدة عن مواضعها المرغوبة و مع أن الردهات مهمة فهي أساسا فراغات غير منتجة فلو أن أحد استطاع تخفيض منطقة الردهات عندئذ سوف يتاح فراغ اكثر للغرف المنتجة عندئذ يمكن تحليل الشبكة لتحسين المواقع للرؤوس و لتقليل الطول للأقواس في حين يظل توفير الوصلات الوظيفية .

كما فى (الشكل 72 ب) فهو اكثر كفاءة (تشتيت distortion) من شكل (72 أ) والتي مازالت تحتفظ بالأقواس الواصلة الوظيفية نفسها و التي نقصت في الطول .

شكل(72ب) يوضح شبكة الوصلات الوظيفية اكثر كفاءة شكل (72ج) يوضح شبكة الشكل الوظيفى النهائى لقسم اشعة



عموما سوف نجد انه بالتوجه إلى احسن تصميم بتخفيض طول الأقواس سوف تصل إلى نقطة عندها فان أي تخفيض زيادة في أي خط سوف يؤدى إلى زيادة في طول الخطوط الأخرى عند هده النقطة يجب أن نقدم الأقواس و التي هي اكثر أهمية و التي قد تقتصر على حساب الأطوال الأخرى .

و يمثل (شكل 72ج) هو شكل وظيفي نهائي للقسم وأضيف حمام ثاني لتقليل عدد الخطوط المتقاطعة و لتسهيل التدفق للمرضى وبمجرد الحصول على الشبكة الوظيفية يمكن عندئذ ترجمته إلى رسومات هندسية لتناسب الفراغ المتاح كما هو مبين في (شكل 72ج)وسوف يكون دائما تعديلات للخطة الأولية بسبب تحديد الفراغ أو بسبب قوانين البناء .

على كل بفهم الوصلات لكل وحدة وظيفية فان من الممكن توفير فراغ و تطوير ترتيب عالي الكفاءة للقسم في وقت قصير نسبيا .

شكل (72د) يوضح التخطيط النهائى لقسم الاشعة

و قد استخدم أحد المصممين هده الطريقة في تصميم قسمين وتعديل في آخر نتج عنه تخفيض ملحوظ في كمية الفراغ المفقود اكثر كفاءة عن التخطيط الهندسي الابتدائي كما فى شكل (72 د).

ففي إحدى الحالات تطلب الفراغ الوظيفي المستخدم فقط 80 % من فراغ الأرضية كما رسم في البداية وسمح بتخفيض في الطاقم بفني واحد .

حتى في المشاريع المعقدة يسمح التوجه الطوبولوجى برؤية الوصلات الوظيفية للتصميم الهندسي و يساعد الاهتمام بالوصلات الوظيفية مبكرا في عملية التصميم في توضيح المناطق القابلة للتصادم في مواصفات التصميم لدلك قد تكون هده الطريقة مفضلة لإنتاج تخطيط هندسي كفء بسرعة أكفاء .

دراسة حاله عالمية

4-1-5 تغيرات المشروع في قسم الأشعة للمستشفى الأكاديمي الجديد (لاكويلا LAQUILA)نتيجة تطوير 15عام للأشعة التشخيصية والعلاجية

يبين التطور التقني للأشعة نموا سريع و غالبا غير متوقع و في الحقيقة في الخمسة عشر عاما الأخيرة قد تولدت تقنيات حديثة وعديدة مثل الموجات فوق الصوتية (US) و الأشعة المقطعية (CT) وتصوير الأوعية الرقمي (DA) و الرنين المغناطيسي (MR) ويتطلب تجهيز التقنية القديمة للأشعة مع الحديثة بعض التعديل لمشروع قسم الأشعة لمستشفى " سى.سالفاتورى S. Salvatore " الجديد في لاكويلا بإيطاليا فقد بدأ تشييد المستشفى التعليمي في السبعينيات بغرض الوفاء بمتطلبات التدريس و العلاج و البحث ويشمل قسم الأشعة أقسام مختلفة مثل الأشعة العامة و الموجات فوق الصوتية و الأشعة المقطعية و الطب النووي و الرنين المغناطيسي وتصوير الأوعية الرقمي و علاج الأورام بالأشعة و سوف تحتوى المستشفى الجديد على 955 سريرا لحوالي 105,000 نسمة يعيشون في منطقة الوحدة الصحية المحلية لاكويلا و التي تضم 37 مدينة وقرية أما المشروع الأصلي و الدى تم إنشاءه في سنة 1968فهو يمد خدمات الأشعة و التي كانت بالتأكيد غير كافية للاحتياجات الجديدة .

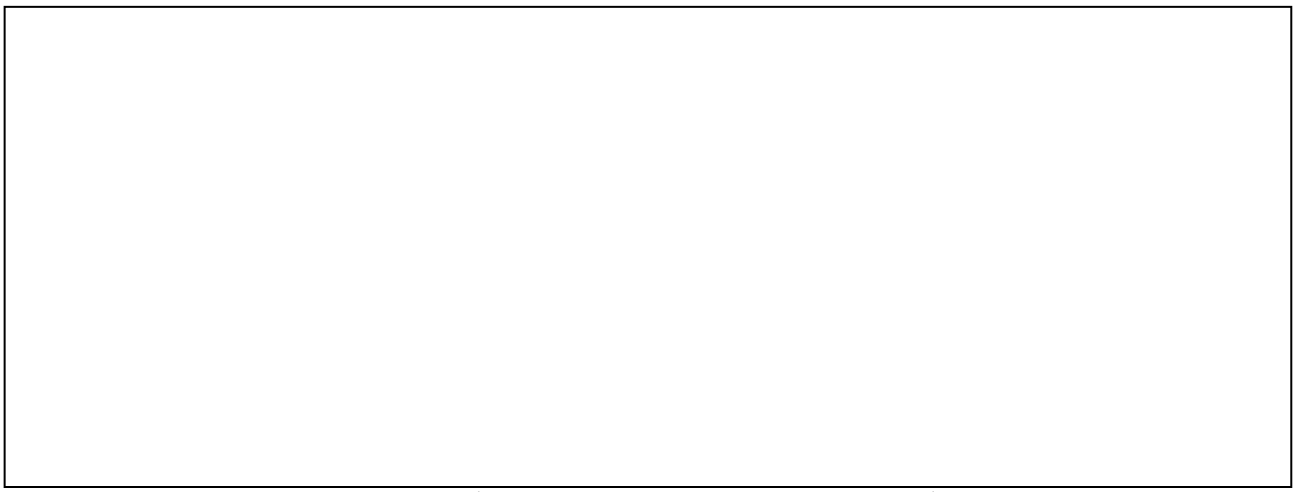
فالتقنيات التصويرية التي تطورت في العشر السنوات الأخيرة (US - CT - MR) لم يحسب لها فقط غرف الأشعة التقليدية وغرفتي طب نووي تم التخطيط لهم وحسب فقط للأشعة التشخيصية طاقة منخفضة لذلك فهي غير كافية لمتطلبات الأورام الحديثة .

شكل (73) يوضح طريقة تصميم لقسم الاشعة "الطريقة المركبة"

و عادة فان قسم الأشعة يظهر بطريقتين مختلفتين و التي تسمى "الساندويتش" الخطى التركيب و الطريقة المركبة و يبين مشروع عام 1968 القديم التركيب الخطى (شكل 73) على أرضية لواحد من التجمعات المركزية للمستشفى

وتأخذ الأشعة التشخيصية حوالي 2/3 من المسطح الكلى في حين يأخذ الأشعة العلاجية و الطب النووي المنطقة المتبقية و مخطط القسم التشخيصى له 2 ممر خارجي لمرضى القسم الداخلي و ممرين داخليين لمرضى العيادة الخارجية و لا يوجد جناح للطاقم الطبي لدا اعتبر هدا الشكل (hibrid linear) وكان يوجد سبع غرف تشخيصية و عدد كبير من أبحاث الجهاز الهضمي والمراري كان من المقترح عمله ووضعت الغرف التشخيصية معا مع 4 غرف مظلمة بين الممرات الخارجية و مقسمة إلى مجموعتين جانبتيين منفصلتين ووضعت غرف التقارير و الأرشيف والمقابلات بين الممرات الداخلية أما الطب النووي فله 2 أجهزة مسح في غرفتين و عندما كان المبنى على وشك الانتهاء في الثمانينيات بدا المشروع الأصلي غير كاف لدلك كان هناك حاجة لبعض التعديلات للاتجاهات الحديثة في

الأشعة و الأشعة العلاجية حيث اقترح فقط التعديلات الجوهرية بهدف الحفاظ على الهياكل التي تم بناءها بقدر الإمكان لدلك تم الاحتفاظ بشكل (hibrid linea) ولكن تم زيادة عدد الغرف التشخيصية من 7 إلى 9 بالإضافة إلى زيادة قسم آخر خاص لأشعة الثدي و تم تخفيض عدد الأنظمة المخصصة حيث زادت الأنظمة ذات التحكم عن بعد (شكل 74) .



شكل (74) يوضح التعديلات التى تمت لتطوير تصميم شكل (73)

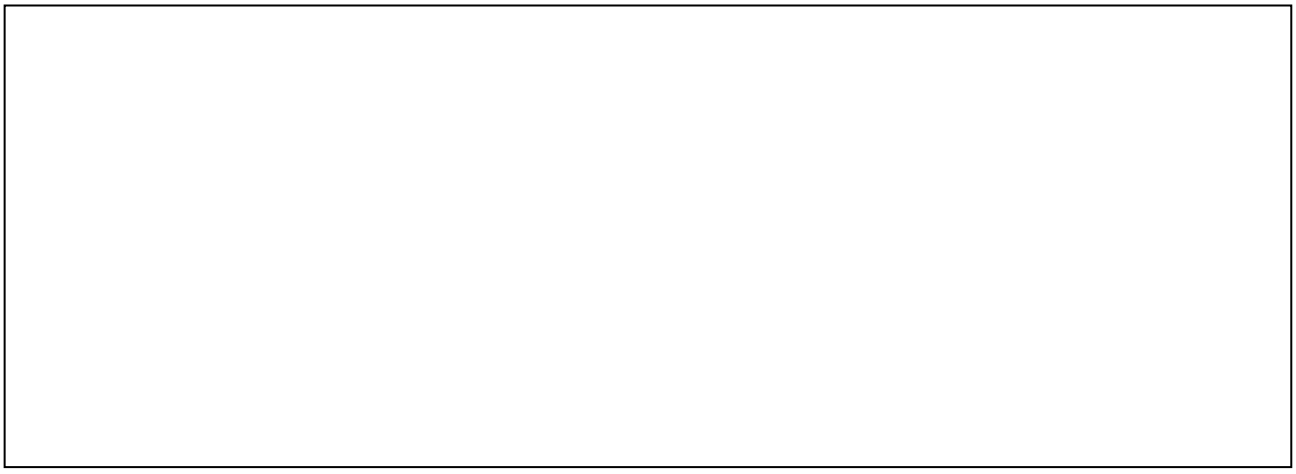
وتم الاستعاضة عن الغرف المظلمة بتركيب مركزي وضع بالقرب من غرفة المشاهدة و التقارير ووضعت غرفة الانتظار أولا بالقرب من المدخل ثم تم نقلها إلى المربع المركزي (Central Block) و هكذا يمكن استخدام الممر الخارجي لعبور مرضى العيادة الخارجية للأشعة فوق الصوتية و الطب النووي ووضع في الغرف المفترض أنها للأشعة العلاجية غرف أطقم التمريض و الأطباء و غرفة الانتظار وتم تزويد الغرفة الأخيرة بمعدات سمعية و بصرية لاستخدامها في التدريس .

أما البدروم الدى تم تخصيصه في المشروع القديم للخدمات العامة و مخزن استخدم لمد قسم الطب النووي ووضع التقنيات الأشعة الجديدة وتم الحصول على مساحات لكاميرات أشعة جاما المستخدمة للجسم كله و قسم لتقييم وظائف التنفس و تم الحصول عليها من الغرف اسفل قسم الطب النووي ووضعت في نفس المكان غرف لتغيير الملابس و الحمامات للطاقم الطبي أما قسم الأشعة العلاجية فقد بنى بالقرب من منطقة الطب النووي (شكل 75) وهو مكون من غرفة محصنة تحت الأرض Bunker مجهز بمعجل خطى و غرفة ثانية Simulator و غرفة ثالثة لتقييم خطط العلاج .

أما المواقع القريبة فهي تستخدم لغرف الطاقم الطبي و غرف انتظار المرضى و يفترض وضع و تركيب الأجهزة الرقمية الأخرى و التي تتطلب مجهودات تركيب كبيرة مع الأرشيف العام اسفل الأشعة التشخيصية العامة و يوضع في هده المنطقة مدخل واحد لمرضى

MR- CT- DSA و غرفتي انتظار لمرضى القسم الداخلي واحدة منهما توضع بالقرب من الرنين المغناطيسي و الأخرى بالقرب من تصوير الأوعية وتوضع غرفة للتعقيم و غرفة لتخزين مواد تصوير الأوعية بالقرب من منطقتي DSA – CT و يتصل الطابقان بمصاعد و سلم .

و قد تطلب المشروع الحديث لقسم الأشعة لمستشفى " سى.سالفاتورى S. Salvatore " مهندسين و أخصائي أشعة للحصول على إعادة ترتيب كفء للموقع و قد بدل مجهود للحفاظ على وظيفة المنشأة مع افضل استخدام للفراغات مع الاحتفاظ بنفس التصميم السابق لتجنب إعادة البناء بالكامل .



شكل(75) يوضح موقع قسم الاشعة العلاجية من منطقة الطب النووى

5-2-1 العوامل المؤثرة على تصميم غرف الأشعة

تصميم غرف الأشعة هو عبارة عن عملية مركبة وتتطلب عوامل عديدة يجب تقديرها فمن الضروري أن يشمل قرار التصميم على عدة آراء ويفضل أن يشترك في اتخاذ القرار كل من:

أخصائي الأشعة – الفنيين – أخصائي الباطنة – وموردى الأجهزة الطبية – ملاحظي البناء – هيئة التمريض – مدير أدارى قسم الأشعة مع المهندس المعماري و مهندس التصميم الداخلي لتلبية الاحتياجات بأسلوب هندسي مريح و مدروس .

و يجب وضع اعتبار للمعدات الموجودة كل حسب وظيفته سواء موقعه أو طريقة تشغيله و يجب مراجعة كل من مجرى وسير العمل مع المرضى وطاقم العمل ووضع المعدات في المناطق المخصصة .

متطلبات المكان :

هناك سبع أنواع من غرف الأشعة التشخيصية الثابتة و كل نوع من الغرف له متطلبات منفردة من الأرضية و المساحات ونوعيات غرف الأشعة التشخيصية الثابتة هي :

الأسنان – أشعة الثدي – أشعة الصدر – أشعة الجمجمة – الأشعة المقطعية و الكمبيوتر – أشعة عادية – أشعة ذات نوعية خاصة .

ولتقدير متطلبات المكان لمختلف أنواع غرف الأشعة فانه يجب وضع اعتبارات لمنطقة التحكم و المعدات ،ويجب مد الفراغ لغرف ذات طبيعة خاصة مثل الحمامات الملاصقة والكمبيوتر والمخازن وعناصر أخرى قد تكون مطلوبة ، مع استعداد كاف لسهولة دخول الطاقم الطبي لاماكن الغرف المختلفة بالإضافة إلى هدا يجب أن تصمم الغرف لكي تحوى معدات إغاثة الحياة التي قد تصاحب مرضى الحالات الحرجة .

و لمراجعة المكان يجب عمل مقياس رسم للغرفة المفترضة و تقاس أجهزة الأشعة على الورق ووضع المعدات في مواقعها المختلفة في الفراغ المتاح و يتم دراسته ،وحتى مع الرسومات فانه عادة يكون صعب الرؤية الملائمة للوضع مع الحركة الآلية للمعدات في ثلاثة اتجاهات لدلك يستخدم أحيانا نماذج لغرف ذات ثلاث أبعاد مع معدات الأشعة لتوصيل تصور اكثر واقعية .

و مبين بالجدول (30) متطلبات الفراغ المرغوب فيها لمختلف غرف الأشعة و مساحة الأرضية المطلوبة و يبين الجدول قائمة من التوصيات Floor Space لبعض أنواع الغرف هده التوصيات بخصوص معدات أجهزة الأشعة – خزائن الإلكترونات – منطقة التحكم – الحمامات (لو ضرورية) ويشتمل على فراغ كاف لتسهيل خروج الطاقم الطبي *.

نوع حجرات اشعة اكس	مساحة الفراغ *	الحمل الحرارى **	سمك الحاجز الوقائى من الاشعاع ***
Mammography	3,05×3,05 متر(9,29 متر مربع)	BTU/HR 3,000-2,000	3,20 سم من الواح الجبس الحائطية .
Automated chest unit (with film processor)	6,10×4,27 متر(26,1 متر مربع)		
Laminar sectionTomography	7,32×5,18 متر(37,9 متر مربع)		
Radiographic unit	7,32×5,18 متر(37,9 متر مربع)	BTU/HR 12,000-8,000	0,8-0,3 مم رصاص
Fluoroscopic unit	6,40 ×7,32 متر(46,8 متر مربع)	BTU/HR 20,000-11,00	1,0-0,5 مم رصاص
Bi-plane special procedures (with digital radiography)	7,62 ×12,2 متر(93 متر مربع)	BTU/HR55,000-40,000	1,5-0,75 مم رصاص
CT scanner	9,14 ×10,7 متر(97,8 متر مربع)	BTU/HR 70,000-60,000	1,6-0,5 مم رصاص
Floors and Ceillings			15-8 سم خرسانه

* مساحة الفراغ :

تتضمن متطلبات كل نوع من الحجرات من (حجرة التحكم و التشغيل – الكميسوتر – دورة مياه – دولاب تخزين – مغسلة – ممرات مجموعة العمل).

**الحمل الحرارى :

الحمل الحرارى هو عبارة عن الحرارة الناتجة فقط عن التجهيزات او المعدات التى تعمل بحجرة اشعة اكس الدى يضاف فى الحسابات كتبريد اضافى لحجم حجرة اشعة اكس مع الحمل الحرارى الناتج من الاشخاص العاملين .

***سمك الحاجز الوقائى من الاشعاع :

قيمة السمك يعتمد على حجم حجرة اشعة اكس و بعد الحاجز عن الجهاز وقدرة الجهاز ، ويحسب للاشعاع الثانوى فقط .

الإضاءة :

يجب لن تكون الإضاءة في غرف تصوير الأشعة التشخيصية كافية و يمكن التحكم فيها من خلال مدى واسع من مستويات الشدة و تتكون الإضاءة من أجهزة متعددة للإضاءات الفلورسنت موزعة بتساوي حول الغرفة ذات تحكم منفصل متوهج الإضاءة متصل بمفتاح مخفض (مقيم) و عادة الإضاءات الفلورسنت تكون غير متصلة بمفاتيح منخفضة (معتمة) بسبب مداها المحدود ولقوتها الخفيفة .

و يجب أن توضع كل الأضواء بحيث لاتحجب بأي تركيبات علوية ، و توضع كل المفاتيح في أماكن مناسبة وتعتمد شدة الإضاءة المطلوبة لغرف الأشعة على حجم الغرفة و مسافة الإضاءة أعلى الأسطح العاملة .

و عموما فان إضاءة 100 lumens /قدم مربع من أرضية الفراغ يجب أن يكون كاف و لتحقيق هده التوصيات للشدة لمختلف الإضاءات فانه يجب توفير مخارج مثالية فان توهج مقداره 40 وات من الإضاءة ينتج 450 lumens و 40 وات من الإضاءة الفلورسنت تنتج 2600 lumens و على دلك يتحدد توزيع الإضاءة على عدد توزيع الأضواء .

* Department of Radiology,College of physicians and surgeone, columbia university.
The Columbia – presbyterian medical center, new York, 10032, USA.

القوه الكهربائية :

و تتطلب معدات الأشعة الحديثة بين 380-480 VAC ذو قوة كهربائية ذات ثلاث اوجه Three Phase و يجب أن يكون هناك عناية لتحديد ما اذا كانت الطاقة خالية من التموجات (تيار مستمر) ، ويحتاج المولد التصويري المثالي من 150 – 300 أمبير من التيار عند VAC380 ويفضل ان يكون له خط مخصص ويحدده صانعي أجهزة الأشعة القوة الكهربية المطلوبة .

أما أجهزة الكمبيوتر CT و الأشعة المقطعية MRI و المعدات الإلكترونية الدقيقة فهي لها متطلباتها لمتشددة من القوة الكهربية فيجب أن تكون منظمة بدون ارتفاعات أو انخفاضات لهدا السبب فان مكيفات الطاقة توضع عادة عند مداخل الخطوط لهدا النوع من معدات الأشعة .

تكييف الهواء :

تولد أنابيب الأشعة و المعدات الكهربائية و الإلكترونية حرارة اثناء تشغيلها ويجب أن تبدد حتى تعمل الأجهزة بكفاءة لأنها حساسة في عملها للحرارة الزائدة و من الشائع عزل هده الأجهزة في غرف مكيفة و تكون درجة الحرارة المطلوبة هي 62-72 ف و للاحتفاظ بالحرارة المناسبة فانه لمن المهم تزويد إمداد هواء كاف عبر المكونات الإلكترونية ، ويدور الهواء المبرد من خلال الأرضية و من خلال قاع الخزائن الإلكترونية ليعود الهواء إلى الحائط فلو كان إزالة الحرارة غير كاف فان فشل المعدات متوقع .

و لتقدير متطلبات تكييف الهواء لغرفة فانه يجب تقدير تبديد الحرارة لجهاز و يمكن حساب الحمل الحراري من معدل الكيلووات للجهاز وجدول (30)* يبين قائمة بالمقادير المثالية لمختلف الأنواع من أجهزة الأشعة و بالإضافة للحمل الحراري للجهاز فان 105 إلى 140 BTU \ HR من القدرة التبريدية مطلوبة لكل متر مكعب من الفراغ الداخلي و لحساب الحرارة الصادرة من شخص موجود في الغرفة فان القدرة التبريدية يجب أن تكون من 400 إلى 1500 BTU \ HR و المجموع الكلى لهده المكونات الثلاثة تمد سعة القدرة الهوائية التكيفية الضرورية .

و أحيانا يعبر عن قدرة تكييف الهواء بالطن من السعة أو القدرة التبريدية فالطن الواحد يساوى 12,00 BTU \ HR وكل إمكانية أيضا يجب أن يكون لها خطط للطوارئ المحتملة في حالة حدوث اضطراب في عمل وحدات تكييف الهواء .

الوقاية من الإشعاع : Radiation Shielding

هناك العديد من العوامل المختلفة التي تحدد التستر الضروري ومن الإشعاع من أهم العوامل التي يجب اخدها في الاعتبار :-

- قوة الجهاز . – نوع الأشعة . – أبعاد الغرفة .
- موقع الجهاز داخل الغرفة . – أقصى كيلو فولت مستخدم .

- شغل الفراغ في المناطق المجاورة للحائط .
- و ضع اعتبار لكمية الأشعة المسموح بها من خلال الحوائط .

في معظم الأحوال فان موانع الإشعاع مختصة فقط بتسرب و تبعثر الإشعاع (الإشعاع الثانوي) و في مواضع أخرى تتطلب منع أولى و المنع الأولي قد يتطلب وقاية أو تستر اكثر و بسبب وجود ظروف كثيرة متنوعة فان الوقاية من الإشعاع يجب تقديره بشكل فردى عن طريق أخصائي فيزيائي لكل تركيب أشعة جديد و المرجع المعترف به المستخدم لهدا الغرض هو المجلس القومي للوقاية من الإشعاع و قياساتها بالولايات المتحدة الأمريكية (NCRP) تقرير رقم 49 (6) **.

و بسبب تفرد المتطلبات للتركيب الفردي فانه من الصعب التعميم عن الوقاية من الأشعة و عموما فان جدول (30) يضم لائحة عن سمك الحواجز الإشعاعية الثانوية لأنواع قليلة من معدات الأشعة على سبيل المثال .

---

* Nickoloffel: Design considerations for diagnostic radiology room. Applied radiology, 15:23-29, 1986

**NCRP No.49, structural shielding design and evaluation for medical use of x-ray and gamma rays of energies up 10 Mev.national council on radiation protection on measurements, Washington, D.C, 1976.

5-2-2 التوقعات المتوقف عليها تصميم اقسام الاشعة

اكبر صعوبة تواجهنا في التخطيط المبدئى انه يجب علينا أن نتوقع المستقبل فيجب علينا أن يكون لنا نظرة واسعة متفحصة ومن بعض الأسئلة الهامة التي لابد علينا أن نجيب عليها :

1- كيف نحدد حجم القسم ؟
2- كيف نحدد حجم الغرف ؟
3- كيف نحدد عدد غرف الأشعة ؟
4- ما هي العلاقات الأخرى الهامة في المستشفى ؟
5- ما التصادم الدى قد تؤدى إليه الأنواع الجديدة مثل الرنين المغناطيسي و هل يستحق هدا اهتمام كبير ؟
6- ما هو دور الحاسب في التسهيلات الجديدة ؟
7- ما هي اعتبارات التخزين و التي قد نواجهها كنتيجة للتطور التقني ؟

مع الأخد في الاعتبار الاحتياجات الخاصة للقسم و محاولة الإجابة على الأسئلة السابقة يؤدى بنا إلى التصميم النهائي و كان أول تكليف هو التعرف على متطلبات الفراغ الدى لدينا و المساحة المربعة كاملة و العدد الكلى للغرف و حجم كل غرفة وكانت العلاقة الفيزيائية مع الأقسام الأخرى مهمة جدا ولدا نوصى بالآتي :

- إن قسم الأشعة يكون بالدور الأرضي لسهولة دخول المرضى الخارجيين .
- أن يكون ملاصق لقسم الطوارئ (الإسعاف) .
- ان يكون ملاصق لغرفة الكسور .
- ان يكون متجاور مع قسم الدخول للإقامة القصيرة ووحدة التشخيص الطبي .
- ان يكون على اتصال بقسم الطب النووي .
- سهولة الدخول لقسم العناية المركزة و غرف العمليات (يفضا وجود مصعد مخصص بين الأشعة و العناية المركزة و غرفة العمليات) .

التوصيات العامة في طريقة التخطيط لأقسام الأشعة :

- الاستعانة بأخصائي الأشعة و الطاقم الطبي مع الطاقم الهندسي في التخطيط مع الاستشاريين .
- المستقبلية في التخطيط .
- الاحتفاظ بالمرونة في تغيرات التصميم التي قد تحدث بعد عدة سنوات من التخطيط .
- تجنب اختيار الجهاز الاعندما يكون هناك ضرورة حتمية .
- استخدام غرف متعددة الأغراض متى كان هدا ممكنا .

- تجنب المعدات المكلفة التي لم يثبت جدواها في شكلها البدائي .

التصورات الرئيسية :-

- عدم عرقلة سير المرضى من و إلى القسم .
- الفصل بين اتجاهات سير المرضى .
- الفصل بين مرضى القسم الداخلي و الخارجي .
- تتيح فراغات العمل المفتوح التعاون بين الأشخاص و ملاحظة سير العمل .
- يعتبر غرفة المراقبة الرئيسية قلب القسم .
- تجمع أنشطة الفحوصات المتشابهة معا .
- يكون هناك اتصال جيد بين القسم وخارجه للإدارة و المكاتب و الأقسام العلاجية و غرف الطوارئ .

بالنسبة لمتطلبات الفراغ :-

- سوف يتم استخدام وحدات عالمية مستقبلا فيجب أن تكون أحجام الغرفة قابلة للتكيف للأغراض المخصصة للوحدة التشخيصية وقد كانت الأقسام لها غرف أشعة قياسية Standar 35 متر مربع ،ونحن نوصى بإنشاء داخلي مرن يسمح بإعادة الوضع بشكل غير مكلف للحائط عندما نحتاج إلى وحدة أخرى .

أما الأرضية المعتادة لمكان مولدات الأشعة فهى تظل كما هي،ولم تعد اليوم غرفة التحكم مكان فقط للمساعدة الطبية ،كما أن أنظمة الكمبيوتر في معظم الوحدات التشخيصية الجديدة اليوم تحتاج إلى مكيفات هوائية خاصة بسبب حساسيتها .

- ووجد أن محاولة منطقة انتظار المرضى كافية للغاية في تحقيق الغرض الأصلي من إمداد المرضى ومن يرافقهم بجو خاص وملائم نفسيا عن طريق استخدام ديكور مبهج وكلا من الحوائط و اغطية الارضيات تكون ملونة مع تجنب ألوان المستشفى الرمادية ،ويمكن استخدام اللون الأبيض و البيج للحوائط مع إضافة لوحات فنية و زهور ملونة و يفضل تزيين صور الأشعة بالزهور والصور المبهجة .
- و تجهز المناطق الخاصة بالانتظار بمقاعد مريحة وطولات جانبية و وحدات اضاءة كالتي تستخدم بالمنازل .
- و يحتفظ بخصوصية المرضى بوجود ممرات تستخدم للمرور لاماكن أخرى بالمستشفى ،واستخدام ممر واحد لغرف الفحص لمرضى العيادة الخارجية والآخر لمرضى القسم الداخلي ،ونسعى بان يكون مؤثرا في توفير خصوصية لكلا المجموعتين ووضع غرف الغيار ملاصقة مباشرة لكل غرفة فحص ودلك مراعاة لشعور المرضى بالحرج وهم بملابس الكشف .

5-2-3 مراجعة على مواقع العمل بوحدات العلاج والتشخيص الإشعاعي بالمستشفيات

عند عمل مراجعة على مواقع اعمل للتأكد من إنها مطابقة للمواصفات الأمنية للرقابة الإشعاعية لابد من القيام بعدة خطوات :-

1- بالقياس بالأجهزة يمكن معرفة المكافئ الرصاصي و نوعية المباني بمعرفة كمية الإشعاع الساقط و كمية الامتصاص التي حدثت .

2- معرفة قوة الجهاز Power و عن طريق حساب قوة الأشعة المركزة و الأشعة المشتتة و علاقاتها بالمسافة بين الجهاز و الحوائط و نوعية الحوائط و اتجاه الأشعة (درجة دوران أنبوبة الإشعاع و عدد الأنابيب الموجودة) .

3- معرفة طبيعة الحوائط المعرضة و مكونة من أي نوع من الطوب أو الخرسانة و المكافئ الرصاصي لها و هل هو كافي لحجز كمية الأشعة الصادرة من الجهاز الموجود (يتوقف على نوع الجهاز) .

4- معرفة هل الحوائط المعرضة للإشعاع تكون على فراغ أو منور أو سلم أو أسا نسير أو طرقة .

5- ملاحظة أن :-

- كل جهاز له قوة معينة تختلف من مكان إلى آخر و من استخدام لآخر حسب نوع التشخيص .
- كل جهاز له عدد من أنابيب الإشعاع و كل أنبوبة لها اتجاه للأشعة المركزة أو الأشعة المشتتة فحسب نوع الاستخدام المطلوب .
- و كل أنبوبة أشعة لها اتجاه دوران قد يصل إلى 360 درجة و على دلك يتوقف الاحتياطات الأمنية للحوائط فبعض الأجهزة تكون الحوائط المعرضة للإشعاع المشتت (حسب درجة دوران الأنبوبة) قد يكون حائط واحد و الأرض أو حائطين أو حائطين و سقف و ارض و على دلك يختلف التصميم المثالي من حالة إلى أخرى حسب نوع التشخيص و بدلك يتوقف على :-
- نوع الجهاز المستخدم .
- قوة الجهاز .
- عدد الأنابيب .
- اتجاه دورانها .
- اتجاه الأشعة المركزة و المشتتة وعلى أي الحوائط تكون ساقطة .

و يتوقف على دلك مساحة الحجرة و نوعية مواد البناء (حسب المكافئ الرصاصي المناسب) نوعية التدريع – الأبواب _ الشبابيك – نظام التهوية و سرعة تغيير الهواء المطلوبة – مواد النهو .

التوصيات :-

1- تصنيف مراحل التلوث الاشعاعى لامكانية عمل خط دفاع فى الوقت المناسب .

2- منع التعرض الغير ضرورى .

3- تحديد الجرعات المتاسبة لكل نوع من التعرض الطبى بحيث يكون تعرض المريض للاشعاع منخفضا الى ادنى حد معقول متلائم مع النتائج المتوقعة مع وضع مستويات ارشادية للتعرض الطبى.

4- ضرورة وجود الرقابة الاشعاعية .

5- معرفة العوامل التى تحدد تأثير الاشعة على الجسم .

6- يجب سرعة التبليغ عند التعرضات الطارئة .

7- التصميم الجيد للمنشأت العلاجية المستخدمة الاشعاع.

8- تطبيق التشريعات المصرية .

9-تطبيق قواعد و مبادىء الوقاية الاشعاعية : - يجب تحاشى تماما التعرض الاشعاعى الغير ضرورى .

-لايسمح لاى انسان ان يتعدى الجرعة المسموح بها .

-تؤخد الاحتياطات الوقائية عند تداول المصادر المشعة غير المغلقة .

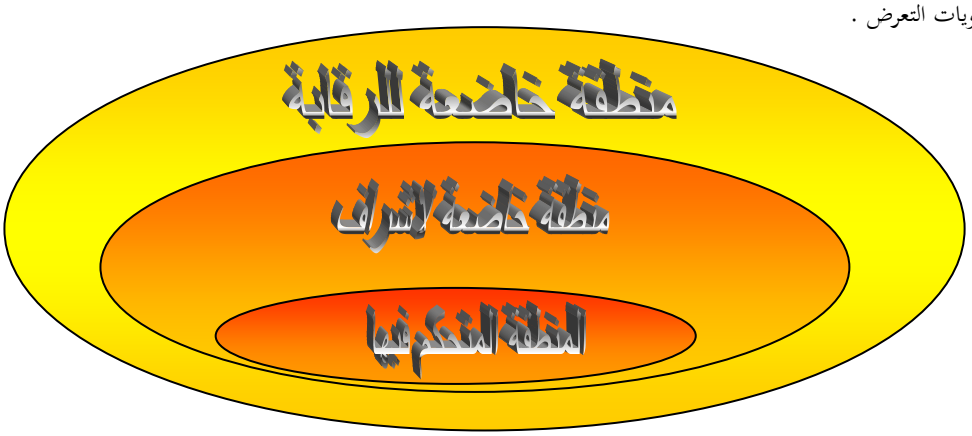
-عمل قياس دورى لتحديد المصستوى الاشعاعى .

-منع تناول الطعام او الشراب او التدخين فى المناطق التى تستخدم المواد المشعة ويمنع تماما الاشخاص الدين بهم بعض الجروح من العمل .

10- يسمح استخدام النماذج البيئية بوضع علاقات بين عمليات الإطلاق والمستويات البيئية والجرعات الناتجة عنها و يؤدى استعمال هده النماذج علي الرغم من تعقيدها إلي تبسيط كبير في عمليات الانتقال الفعلي المجمل المسالك التي تربط الإطلاق أو المواد المشعة بالتعرض الإشعاعي.

11- تصنيف العاملين لتسهيل اجراءات الوقاية على أساس تصنيف عملهم .

12- تصنيف مناطق العمل حسب مستويات التعرض .



14-تطبيق الممارسات الهندسية الجيدة .

15-تحقيق متطلبات التصميم .

16-من الدليل المبسط معرفة افضل المواد المستخدمة فى الحواجز الوقائية لانواع من الطاقات المختلفة .

17- من الدليل المبسط تطبيق الشروط المطلوب توافرها فى اماكن العمل بالاشعاعات المؤينة و المواد المشعة .

18-من الدليل المبسط تطبيق الاعتبارات الاساسية فى التصميم .

19-تقليل مسافات سير العمل .

20-من الدليل المبسط التوصيات الخاصة للاقسام المختلفة .

نوع حجرات اشعة اكس	مساحة الفراغ *	الحمل الحرارى **	سمك الحاجز الوقائى من الاشعاع ***
Mammography	3,05×3,05 متر(9,29 متر مربع)	BTU/HR 3,000-2,000	3,20 سم من الواح الجبس الحائطية .
Automated chest unit (with film processor)	6,10×4,27 متر(26,1 متر مربع)		
Laminar sectionTomography	7,32×5,18 متر(37,9 متر مربع)		
Radiographic unit	7,32×5,18 متر(37,9 متر مربع)	BTU/HR 12,000-8,000	0,8-0,3 مم رصاص
Fluoroscopic unit	7,32× 6,40 متر(46,8 متر مربع)	BTU/HR 20,000-11,00	1,0-0,5 مم رصاص
Bi-plane special procedures (with digital radiography)	12,2× 7,62 متر(93 متر مربع)	55,000-40,000 BTU/HR	1,5-0,75 مم رصاص
CT scanner	10,7× 9,14 متر(97,8 متر مربع)	70,000-60,000 BTU/HR	1,6-0,5 مم رصاص
Floors and Ceillings			15-8 سم خرسانه

* مساحة الفراغ :

تتضمن متطلبات كل نوع من الحجرات من (حجرة التحكم و التشغيل – الكميسوتر – دورة مياه – دولاب تخزين – مغسلة – ممرات مجموعة العمل).

**الحمل الحرارى :

الحمل الحرارى هو عبارة عن الحرارة الناتجة فقط عن التجهيزات او المعدات التى تعمل بحجرة اشعة اكس الدى يضاف فى الحسابات كتبريد اضافى لحجم حجرة اشعة اكس مع الحمل الحرارى الناتج من الاشخاص العاملين .

***سمك الحاجز الوقائى من الاشعاع :

قيمة السمك يعتمد على حجم حجرة اشعة اكس و بعد الحاجز عن الجهاز وقدرة الجهاز ، ويحسب للاشعاع الثانوى فقط .

ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY FOR DIAGNOSTIC AND RADIOTHERAPY UNIT

BY

NADIA MAHMOD AHMED SIRAG

B.Sc. Fine Arts College (Interior Design) Heloan University , 1990

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment
Of
The Requirement for the Master Degree
In
Environmental Science

Department of Environmental Engineering
Institute of Environmental Studies and Research
Ain Shams University

Abstract

Every technological progress has its risks as far as the environme4al conditions are concerned . These environmental dangers have their risks on man. This progress has its positive as well as its negative aspects. Progress in technological uses of radiation in time of peace, especially in medical fields has resulted in a b ig leap as f ar as the treatment and the diagnosis are concerned. T his technology is used nowadays in treating dangerous diseases. I t is also used in diagnosing several cases of diseases. Undoubtedly it has remarkably served humanity. However, its negative aspects include exposition to harmful radioactive rays as a result of exposition to an excessive quantity of radiation. This exposition may be the result of radioactive leak from the appliances used in treatment and diagnosis. It also may result from radiation used in treatment. The dose might be more than permitted.

Most of Radiation departments in hospitals suffer from some kind of defects concerning the specialized architectural designs of radioactive treatment and diagnosis. These defects may cause dangers including physical and hereditary to whoever deals with these departments. These victims may be workers involved in the treatment or the patients or even visitors. This radioactive pollution which is probably the most dangerous kind of environmental pollution urged specialists to search the topic of how to stop or lessen these dangerous effects on human beings. S ome radioactive harmful rays penetrate the walls of the buildings in which they are processed. Exposition to such radioactive rays harm human bodies soon after the exposition takes place. Hereditary harms appear in next generations.

Objectives of the thesis:

The purpose of writing this thesis is directing everybody's attention to the significance of environmental dimension. This comes as a result of curbing or controlling environmental pollution. This control needs some kind of study and analysis of the architectural space and the medical dimension so as to reach a panoramic and more effective treatment of the subject.

This objective can be achieved through putting specific environmental and architectural dimensions

To decide on the essential requisites to avoid dangers related to exposition to ionize rays which may cause harm to patients or workers or even to the public resulting from exposition to radiation. Good architectural designs which consider the above mentioned dimensions will lessen the harmful effect of

Radiation on the public.

In this way radioactive treatment units will complement the architectural environmental studies as far as radioactive treatment and diagnosis are concerned.

This study has two directions:

1) A theoretical direction in which:

Nuclear safety dimensions were put under consideration

Biological effects of radioactivity were discussed

2) A field study which attempted
A study of some radioactive departments in hospitals.
Writing a simplified guide to engineers and specialists to design radioactive units for treatment and diagnosis.

This thesis falls into an introduction and five main chapters (subdivided into eleven chapters) dealing with the main points of the study as follows:

1) A definition of radioactivity, units of its measurements, sources of radioactivity and different kinds of exposition to radioactivity.
2) Biological effects on Man
3) Dimensions of Nuclear safety concerning medical uses of radioactivity and its effects on substance.
4) Main considerations of designing a radioactive unit.
5) Conclusion and recommendations.