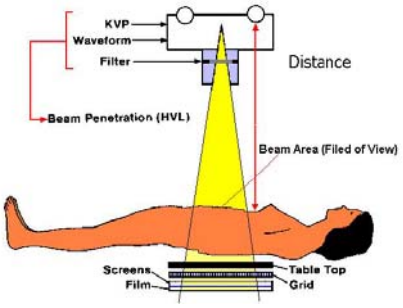
الوقاية الإشعاعية

في

مجال التشخيص الشعاعي

Protection Against Occupational Exposure
in
Diagnostic Radiology



أسـ ـامة أنجـ ـق

هيئة الطاقة الذرية

دمشق ص. ب. 6091

الجمهورية العربية السورية

الوقاية الإشعاعية في مجال التشخيص الإشعاعي

Radiation Protection in Diagnostic Radiology

أسـامة أنجـق

هيئة الطاقة الذرية السورية – دمشق ص. ب. 6091 الجمهورية العربية السورية

1. مقدمـة:

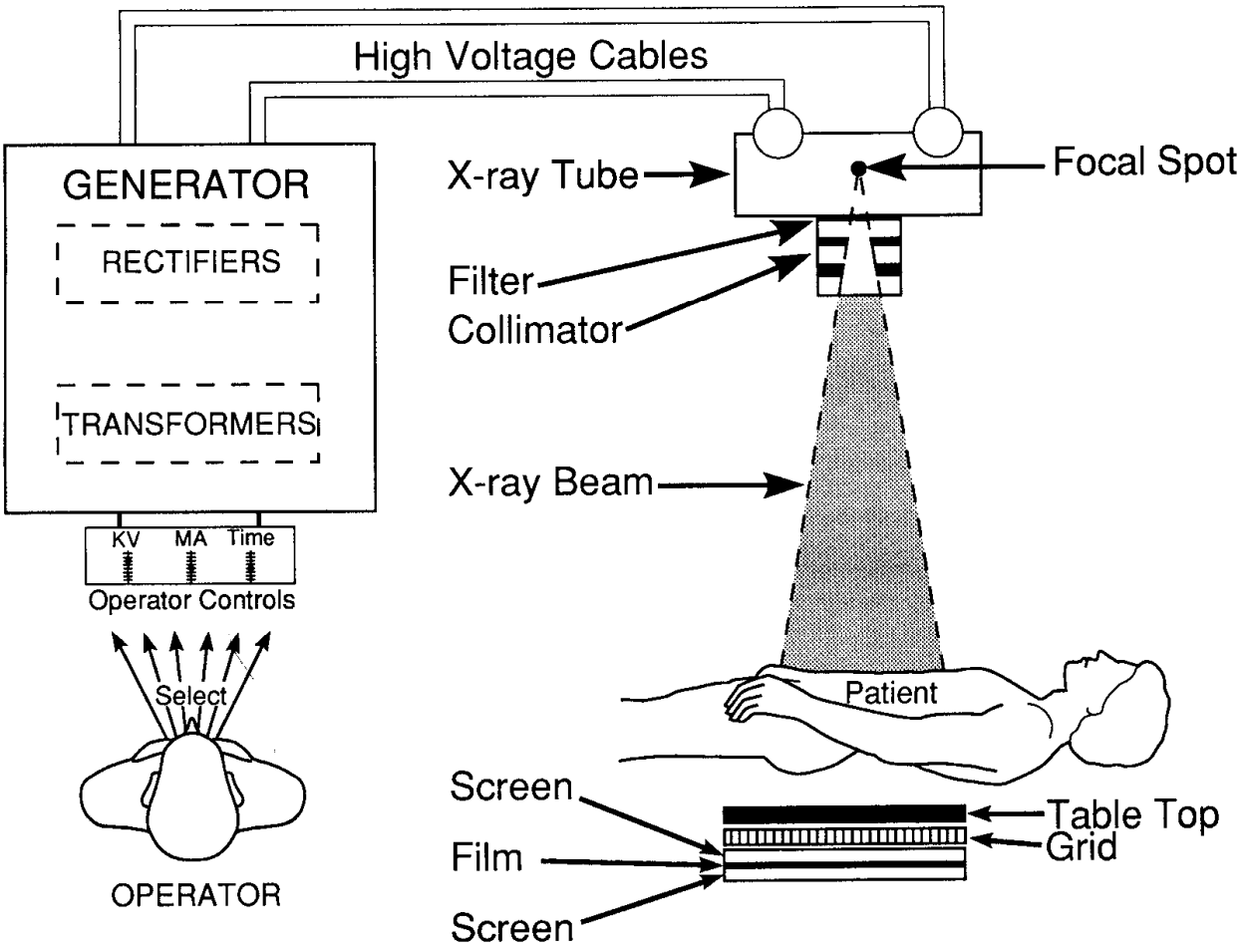
يعد اكتشاف أشعة-X من أهم الاكتشافات التي جرى تطبيقها فـي المجـال الطبـي وساعد ذلك على نشوء الطب الإشعاعي أو ما يعرف بالراديولوجيا، حيث أشار وليم رونـتجن (W. C. Roentgen 1845-1923) في أول ورقة علمية له عن اكتشاف أشعة-X أنـه حـصل على صورة إشعاعية ليد زوجته وقد أظهرت بوضوح خيال عظام اليد وخيال خاتم كبير فـي أحد الأصابع وهكذا بدأت أشعة-X تشق طريقها في مجال التطبيقات الطبية وأصبح استعمال أشعة-X من الأعمال الطبية المألوفة للمساعدة في تشخيص الحالات المرضية التي لا يمكـن رؤيتها بالعين أو التعرف عليها بالوسائل الأخرى. فقد أنار التنظير الإشـعاعي Fluoroscopy والتصوير الإشعاعي Radiography الظلام الذي كان يخيم على أعضاء الإنـسان الداخليـة وأصبح من الممكن رؤيتها شكلاً وحجماً. كما قدمت صناعة التجهيزات التقنية خدمات واسعة للطب وذلك بصناعة الأجهزة المتطورة والمتنوعة لتوليد أشعة-X للحـصول علـى صـور إشعاعية جيدة.

من المؤسف أن يرافق سحر هذا الاكتشاف العظيم وتطبيقه المباشر في المجال الطبي حدوث بعض الآثار السلبية للإشعاع، وقد أدى إدراك الخطر الكامن من قبل الرواد الأوائـل إلى وضع توصيات نوعية بشأن الكثير من إجراءات الوقاية الإشعاعية الأكثر أهميـة خـلال العقد الأول من اكتشاف أشعة-X. تلا التطورات الأولية في استخدام أشـعة-X فـي الطـب تطورات عديدة في قياس الجرعات الإشعاعية وتوصيف معايير الجرع الإشعاعية والوقايـة الإشعاعية ترافق ذلك مع تطورات متنامية في تطبيقاتها الطبية، حيث طورت فـي الـسنوات الأخيرة الأجهزة بشكل واسع وغدت أكثر تعقيداً وتطوراً عن تلك الأجهزة التي استخدمت في العقود السابقة وذلك باستخدام البرمجة والحاسوب وقدمت للإنسانية خدمات ممتازة وخاصـة في مجال الطب.

سنتعرض في هذه المحاضرة بشكل موجز إلى تصنيف أجهزة الأشعة المستخدمة في مجال الطب الإشعاعي مع المتطلبات الأساسية للوقايـة والأمـان فـي أقـسام التـشخيص الإشعاعي.

2. أجهزة التشخيص الإشعاعي:

يتألف جهاز التشخيص الإشعاعي بشكل رئيسي من أنبوب لتوليد أشعة X ومستقبل للصورة "فلم، شاشة تلفزيونية" ومولد التغذية الكهربائية بالجهد العالي بالإضافة إلى مجموعة التحكم والتشغيل ويضاف إلى ما سبق بعض الأدوات المساعدة والأجهزة المتممة التي تساعد في عملية التشخيص وفقاً للحالة المدروسة وطبيعة العمل حيث تختلف الأجهزة عن بعضها البعض وفقاً لطبيعة الاستخدام (تنظير، قسطرة، تصوير ثدي، تصوير طبقي CT.....) لكن جميعها تعتمد على المبادئ الأساسية التي اكتشفها رونتجن. يبين الشكل (1) المكونات الأساسية لجهاز التصوير بأشعة X، تنبعث حزمة أشعة X المنبثقة من البؤرة المحرقية focal spot في أنبوب الأشعة ثم تمر عبر محددات الحزمة الإشعاعية لتخترق جسم الإنسان وتصل في النهاية إلى الفلم بعد أن تمر عبر الشبكة Grid التي تمنع مرور الأشعة المتناثرة التي تؤدي إلى تشويه الصورة الإشعاعية وبعد تحميض الفلم نحصل على الصورة الإشعاعية.



الشكل (1) المكونات الأساسية لجهاز التصوير بأشعة X

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

تصنف أجهزة أشعة-X وفقاً لطبيعة الاستخدام كما يلي:

1. 2. أجهزة التصوير العادية والتنظير الإشعاعي:

يقصد بالتصوير الإشعاعي باستخدام أشعة- X (X-ray radiography) إجراء صـورة فوتوغرافية باستخدام أشعة-X لمنطقة ما من جسم الإنسان وطباعتها على فلم تصوير ضوئي لإظهار الحالة المرضية، إن وجدت، في المنطقة المصورة. أما التنظير الإشعاعي فيقصد بـه رؤية منطقة ما من جسم الإنسان باستخدام أشعة-X على لوحة مفلورة أو شاشة تلفزيونية كما هو الحال في الأجهزة الحديثة بغية إظهار حالة المنطقة المدروسة أو متابعة عمل عضو مـا من أعضاء الجسم وغالباً ما يستخدم مع التنظير مواد خاصة تدعى المواد الظليلـة Contras agents كالباريوم Barium والأيودين Iodine والتي تساعد في عملية التشخيص نتيجة لزيـادة التباين في الصورة.

يعتمد كل من التنظير والتصوير على حقيقة ثابتة هي أن المـواد المختلفـة الكثافـة تمتص أشعة-X بدرجات متفاوتة تتناسب مع كثافة تلك المواد وعندما تؤخذ صورة شـعاعية لمنطقة ما من جسم الإنسان تظهر على الصورة أو على الشاشة مناطق سوداء تمثل الأجزاء القليلة الكثافة من الجسم (النسج الرخوة) ومناطق بيضاء تمثل الأجزاء العالية الكثافة (العظام) وكلما ازداد الفرق في الكثافة بين مكونات الجسم كلما كانت الصورة أكثر تباينـاً ووضـوحاً ومفيدة تشخيصاً.

تشتمل الأجهزة الحديثة على كل من التصوير والتنظير معاً في جهاز واحد وتؤخـذ عادة الصورة في ظروف مثالية وضمن شروط محددة حيث يتم اختيار معاملات التنظيـر أو التصوير (kV, mAs) لكل حالة على حدة وفقاً لطبيعة وحجم المنطقة المصورة وكذلك حالـة الجهاز والأفلام المستخدمة في التصوير وذلك للحصول على أفضل النتائج بأقل كلفة وبـأدنى حد ممكن للتعرض الإشعاعي. في حالة التنظير يمكن إجراء فحص سريع ومباشر للمـريض كما يمكن تحريك المريض وتغير موضعه كي نحصل على الوضعية المثلى كما يمكن رؤيـة الأجسام الغريبة في الجسم ونزعها وكذلك معالجة الكسور العظمية وإعادتها إلـى الوضـعية المثلى ومن مساوئ التنظير أن المريض يتعرض إلى جرعـة إشـعاعية كبيـرة حيـث أن التعريض للأشعة يستمر طيلة فترة التنظير. أما في حالة التصوير فإننا نحصل على مقـدرة تميز عالية حيث يمكن التحكم بمعاملات التصوير (الجهد، التيار، الزمن، المسافة.....) للحصول على صورة واضحة كما تتميز هذه الحالة بوجود وقت كاف لفحص الـصورة دون تعريض المريض إلى جرعة إشعاعية كبيرة كما تستخدم الصورة المطبوعة على الفلم كوثيقة دائمة توضع في ملف المريض.

يتراوح الجهد المطبق على أنبوب الأشعة في مثل هذه الأجهزة ما بين $50 - 80\ kV_P$ ويبين الجدول (1) بعض الميزات للأجهزة المستخدمة في التشخيص.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

الجدول (1) بعض الميزات للأجهزة المستخدمة في التشخيص

	حمولة عمل عالية	حمولة عمل متوسطة	حمولة عمل منخفضة
قطر المصعد Anode	200 mm	100 mm	60 mm
البؤرة المحرقية	0.5 and 0.8 mm	0.2 – 1.0 mm	0.4 – 0.6 mm
السعة الحرارية للمصعد	1.8 MJ	250 – 500 MJ	70 – 100 kJ
التطبيقات الطبية	CT، تصوير أوعية	عامة	تصوير ثدي

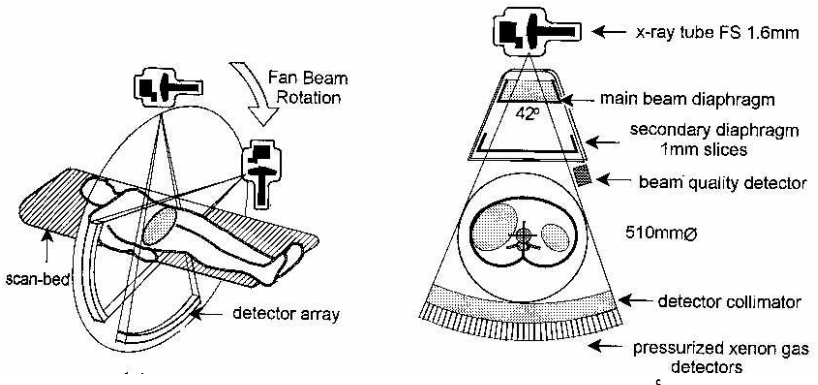
2. 2. أجهزة التصوير الطبقي المحوسب CT Scanning:

تظهر الصورة العادية كافة طبقات النسج التي تعبرها متراكبة فوق بعضها الـبعض مما يضعف الناحية التشخيصية ولقد أمكن تفادي ذلك باستخدام الحاسوب والبرمجة بالإضافة إلى التقنيات الحديثة في صناعة الكواشف الإشعاعية.

يعد اكتشاف التصوير الطبقي المحوري المبرمج في عام 1971 (بالمملكة المتحـدة) وفي عام 1973 في الولايات المتحدة الأميركية معادلاً تقريباً في تـأثيره الطبـي لاكتـشاف أشعة-X في عام 1895 حيث أظهرت هذه التقانة منذ تسويقها تجارياً الاختلافات التـشريحية في تعددية الأنسجة الجسدية بحساسية لم تكن معروفة في الصورة التقليدية بأشـعة-X وقـد أمكن رؤية وإظهار المقاطع التشريحية للجسم البشري خالية من تداخل ظـل الأنـسجة كمـا يحدث في الصورة التقليدية.

إن مبدأ التصوير الطبقي هو توليد حركة مقصودة في كافة المستويات لخلق حالة من عدم الوضوح لكافة الأخيلة التي لا نرغب في إظهارها في الصورة ويتم ذلك بتحريك أنبوب الأشعة أو بتحريك مستوي الفلم حول محور يقع في المستوي المطلوب تصويره ويمكـن أن تكون هذه الحركة خطية أو دائرية. ويبين الشكل (2) مبدأ التصوير الطبقي المحوسب.

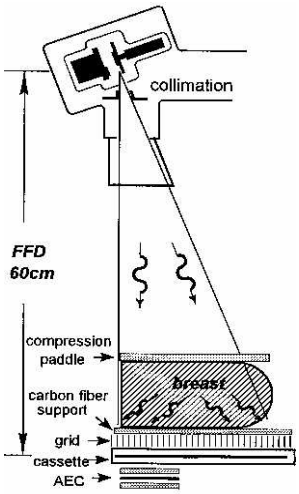
الشكل (2) التصوير الطبقي المحوسب CT Scanning



كما ذكرنا سابقاً أننا نحصل على الصورة الإشعاعية نتيجة لاختلاف كثافـة النـسج المكونة لجسم الإنسان وبالتالي اختلاف درجة امتصاص أشعة-X وهذا يكافئ اخـتلاف فـي معامل التوهين الخطي الذي أمكن قياسه بواسطة التقنيات الحديثة ومن ثم إعادة بناء الصورة

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

بالاعتماد على البرامج الحاسوبية لنحصل في النهاية على صورة المقطع الذي تم مسحة من خلال دوران أنبوب الأشعة حول الجسم.



الشكل (3) تصوير الثدي

3. 2. تصوير الثدي Mammography:

دلت الدراسات التشريحية للثدي على أنه عبارة عن نسيج غدي وبالتالي فإن استخدام أشعة-X الناتجة عن أنابيب الأشعة العادية التي تستخدم معدن التغستين tungsten كمادة هدف Target لتوليد أشعة-X أمر غير مفيد في تصوير الثدي ويعود ذلك إلى أن طاقة الأشعة المولدة بالأنابيب العادية تتراوح ما بين $50 - 80\ kV_P$ ولكن في تصوير الثدي لوحظ أنه من المفيد استخدام الطاقات المخفضة $25 - 40\ kV_P$ حيث يكون المفعول الفوتوني Photoelectric effect سائداً

بالإضافة إلى أنها جيدة بالنسبة للنسج الرخوة حيث تعطي تباين أفضل كما أنها تفيد كثيراً في التفريق بين النسج الرخوة وهذا يناسب تصوير الثدي.

للحصول على أفضل صورة بجهد مخفض تم تصميم أنابيب خاصة لتصوير الثدي وقد استبدل معدن التنغستين بمعدن المولبدينوم Molybdenum بالإضافة إلى ذلك تم تعديل تصميم الجهاز بما يتناسب مع تصوير الثدي حيث أضيفت أداة تعمل على ضغط الثدي إلى أدنى حجم ممكن دون أن تؤذيه ويتم التحكم بالجرعة آلياً و الشكل (3) يبين مخطط توضيحي لتصوير الثدي.

4. 2. القسطرة القلبية Cardiology (Cine-Angiography):

تعد القسطرة القلبية من أهم التقنيات الحديثة في تشخيص آفات وأمراض القلب كما أنها تستخدم في الوقت الحاضر في عمليات توسيع للأوعية الدموية باستخدام البالون. تعتمد القسطرة القلبية على تصوير القلب بعد إجراء حقن بالمواد الظليلة التي تساعد في كشف الآفات القلبية. يتم حقن المواد الظليلة عن طريق أنبوب القسطرة الذي يدخل عبر أحد الأوردة ليصل إلى القلب وبعد حقن المواد الظليلة يتم التقاط الصور الإشعاعية والتي تسجل على شريط تصوير سينمائي أو على ديسك ليزر CD لتم دراستها في ما بعد واتخاذ القرار المناسب.

5. 2. تصوير الأوعية الدموية Angiography:

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

يتم تصوير الأوعية الدموية بعد إجراء حقن بالمواد الظليلة التي تساعد في كشف الآفات التي تعوق تدفق الدم عبر الأوعية. يتم حقن المواد الظليلة عن طريق أنبوب القسطرة الذي يدخل عبر أحد الأوردة وبعد حقن المواد الظليلة يتم التقاط الصور الإشعاعية لتم دراستها في ما بعد واتخاذ القرار المناسب.

6. 2. أجهزة تصوير الأسنان Dental Radiography:

تعتبر أجهزة تصوير الأسنان من الأجهزة البسيطة جداً وعي عبارة عن أنبوب صغير الحجم يعمل على توتر منخفض لا يزيد عن 30 kV مزود بمخروط لتحديد الحزمة الإشعاعية ويتم التصوير بتوجيه الحزمة الإشعاعية باتجاه الفك بعد وضع فلم بداخل الفم. كما توجد أجهزة أخرى تعمل على تصوير كامل الأسنان على فلم واحد تدعى التصوير البانورامي للفكين وهي تعمل على توتر عمل يصل إلى 80 kV.

3. متطلبات الوقاية والأمان في التشخيص الإشعاعي:

لوحظت عدة آثار جانبية ضارة من جراء تعرض جلد المتعاملين مع أشعة X للإشعاع، وقد أدى ذلك إلى اعتماد بعض الاحتياطات التي لازمت استعمال أشعة X ولكنها كانت غير كافية للوقاية من الآثار الضارة التي ظهرت في العقود التالية، ومن الحوادث المؤسفة التي وقعت جراء استخدام أشعة X، حادثة الطبيب أثناء تجربة تعرض رأسه لمدة ساعة للأشعة من أنبوب لا يبعد أكثر من نصف إنش عن جلدة رأسه (شباط 1896) فكان أن تساقط شعره بعد ثلاثة أسابيع من التعرض الإشعاعي وقدرت كمية الأشعة الجلدية بحوالي 4 غراي. كما أودت أشعة X بحياة أشخاص معروفين جراء التعرض المهني مثل كلارنس داللي (مساعد في المخابر الشعاعية لتوماس أديسون) وولتر دودد (أول طبيب شعاعي في المستشفى العام في ماساتوسيش) وقد أدى ذلك إلى تطوير احتياطات السلامة وبالاعتماد على القياسات التي أجريت في الفترة 1933-1937 قدر بريستراب أن كمية الأشعة على الجلد عند أطباء الأشعة في هذه الفترة كانت تقدر بـ 1غري/سنة تقريباً باعتبار أن العمر الوسطي هو 40 سنة.

يعتبر وليم رولينز، طبيب أسنان، أول من أدخل تقانات الحجاب الواقي من الأشعة لتغليف أنبوب أشعة X وكانت سماكة الرصاص مدروسة بشكل أنه إذا وضعنا لوحاً فوتوغرفياً بتماس مع العلبة الرصاصية وبعد تعريض إشعاعي لمدة سبع دقائق يجب أن يظهر أية تأثير على هذا اللوح، كما اقترح رولينز عدة عوامل لإنقاص كمية الأشعة التي يتعرض لها الطبيب والمريض وأدرك أن الفتحة المستطيلة أفضل من الفتحة الدائرية لأنها تعطي مجالاً أوسع للمنطقة المراد تصويرها كما لاحظ أن تحديد الساحة بهذه الطريقة ينقص من الأشعة المتناثرة التي تؤثر في وضوح الصورة.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

تستند مبادئ الوقاية من الإشعاع ومبادئ الأمان الإشعاعي في جوهرها إلى المبـادئ التـي وضعتها اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP والتي تنص على عدم اعتماد أيـة ممارسـة تسبب أو يمكن أن تسبب التعرض للإشعاع إلا إذا كانت الفائدة المتحققة للأفراد المعرضين أو المجتمع المعرض للإشعاع تفوق الضرر الإشعاعي الذي تسببه أو يمكن أن تسببه وينبغي أن لا تتجاوز الجرعات الفردية الناتجة عن الجمع بين التعرضات من جميـع الممارسـات ذات الصلة حدود الجرعة المسموح بها كما ينبغي أن تكون جميـع المنـابع المـشعة والمنـشآت الإشعاعية مزودة بأفضل ما يمكن من إجراءات الوقاية والأمان بحيث يكون حجـم واحتمـال التعرض وعدد الأشخاص الذين تعرضون للإشعاعات عند أدنى حد معقول مع الأخـذ بعـين الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية ويعرف ذلك بمبدأ ALARA وينبغـي أن تتحمـل الشخصية القانونية (الاعتبارية) المأذون لها بأداء ممارسة ما تنطوي على مـصدر إشـعاعي المسؤولية الأولى عن الوقاية الإشعاعية. ويجب بالإضافة إلى مـا سـبق تـدريب العـاملين والتأهيل المستمر لهم وغرس ثقافة الأمان لديهم. كما يجب تأمين كافة الوسائل والأدوات التي تساعد في تأمين الوقاية والأمان من خلال الإدارة الجيدة والهندسة الـسليمة للمكـان والقيـام بإجراءات ضبط الجودة وإجراء تقويم شامل لإجراءات الأمان دورياً والاستفادة من الـدروس المستخلصة من خبرات الآخرين والحوادث الإشعاعية السابقة.

3.1 أهداف الوقاية الإشعاعية :

الهدف من الوقاية الإشعاعية هو تحقيق أفضل مستوى من الأمان والسلامة للأفـراد والبيئة والحرص على أن تكون التطبيقات السلمية للطاقة الذرية أحد مصادر التقنية الحديثـة من أجل رفاهية الإنسان دون تعرضهم لأية مخاطر قد تنجم عن هذه التطبيقات . ويتم ذلـك بتوفير المعلومات والإرشادات الكافية للمسؤولين والعاملين في مختلف مجالات الإشـعاعات المؤينة حول الأسس والطرق الوقائية الواجب أتباعها عند التعامل مـع الإشـعاع المـؤين و مصادر توليده . ولتحقيق ذلك وضعت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP هدفين أساسين للوقاية الإشعاعية هما :

1- منع حدوث التأثيرات الحدية الإشعاع وهذه الآثار لا تظهر إلا بعـد أن يتعـرض الكائن الحي لجرعة إشعاعية محددة تعرف باسم العتبة و تزداد شدة الإصـابة بزيـادة الجرعة التي يتعرض لها الفرد .

2 - التقليل ما أمكن من حدوث الآثار غير الحدية للإشـعاع (احتمـالات الإصـابة بالسرطانات والأضرار الوراثية) و هذه الآثار لا يوجد لحدوثها عتبة معينة إنمـا قـد يحدث الأثر عند أي جرعة مهما كانت صغيرة ويتناسب احتمال حدوث هـذه الآثـار طرداً مع مقدار الجرعة الإشعاعية .

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

3.2 أسس ومتطلبات الوقاية الإشعاعية :

وضعت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP ثلاثة أسس لتحقيق الوقاية الإشعاعية ولتقليل من التعرض الإشعاعي وهي:

- عدم القيام بأي عمل يؤدي إلى التعرض للإشعاع المؤين إلا إذا كان هـذا العمـل ذو محصلة إيجابية.
- يجب خفض التعرض للأشعة المؤينة إلى أدنى حد يمكن تحقيقـه مـع الأخـذ بعـين الاعتبار العوامل الاقتصادية و الاجتماعية ويعرف هذا المبدأ بمبدأ"ALARA"(As Low As Reasonably Achievable).
- يجب أن لا تتعدى الجرعات الإشعاعية التي يتلقاها العاملين في المجال الإشـعاعي أو عامة الناس حدود معينة لكل فئة و خلال فترة زمنية محددة .ويبين الجـدول (2) حـدود الجرعة الإشعاعية الموصى بها من قبل الـ ICRP في تقريرها رقم 60 لعام 1990.

يجب أن تصمم الوقاية الإشعاعية تبعاً لحدود الجرعـات الأعظميـة المبينـة فـي الأنظمـة والتشريعات الخاصة بذلك ويجب ألا تزيد للجرعة التي يتعرض لها للأفراد ضمن أي حـال من الأحوال عن حدود التعرض الأعظمية .

يضم طاقم التشخيص الشعاعي مجموعة من الأفراد الذين يعملون في الإشعاع طيلة سنوات عملهم . وهذا يعني أن الوقاية الإشعاعية يجب أن تصمم على أساس مجموعة حـدود الجرعات طيلة الحياة للأفراد المنتشرين في مكان العمل , أما بالنسبة لطاقم المـشفى الغيـر عاملين بالإشعاع ، كالطاقم الإداري ، فإن حدود الجرعات الإشعاعية تكون مـساوية لحـدود الجرعات لعامة الناس . وعند تحديد التعرض الإشعاعي يجب أن نأخذ بعين الاعتبار مجموع التعرض من جميع المنابع المشعة الموجودة في قسم التشخيص بالأشعة.

3.3 تصنيف العاملين:

يصنف العاملون في في أقسام التشخيص الإشعاعي عادة كعاملي يؤدون عمل فـردي يتطلب الحصول على ترخيص لمزاولة ذلك العمل يمنح لهم من قبل السلطة الرقابية المحليـة المختصة. كما أن الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها العاملين خلال فترة عملهـم لا تـشمل على الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الخلفية الطبيعية للإشعاع.

<u>حدود الجرعة:</u> يجب على المسؤولين عن العمل والمستخدمين الذين يستخدمون عمالاً يكلفون بأعمال تنطوي على تعرضات عادية للإشعاع أو أي تعرض ممكن للإشعاع تحقيـق الوقايـة الإشعاعية للعاملين من التعرض المهني والامتثال إلى كافة المتطلبات والمعايير التي أقرتهـا الهيئات الدولية المختصة المهتمة بالوقاية الإشعاعية كالهيئة الدولية للوقاية الإشـعاعية ICRP

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

والوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA وخاصة فيما يتعلق بحدود الجرعة الناتجة عن التعرضات المهنية ووضع حدود للتعرض المهني بما يتناسب مع توصيات ICRP في التقرير رقم 60 الصادر عام 1991 والتي اعتمدت من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية الجدول (2).

صنفت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية في تقريرها رقم 26 العاملين في مجال الإشعاع إلى:

الفئة (أ): وهي مجموعة العاملين الذين يتعرضون للقسم الأكبر من الجرعة السنوية (ثلاثة أعشار الحد الأعظمي للجرعة المسموح بها) وهذا غير ملاحظ في مجال التشخيص الشعاعي المألوف حيث أن معدل التعرض أقل من ذلك ولكن يمكن أن نجد هذا الصنف في مجال الطب النووي (تعرض الأيدي خلال حقن النكليدات المشعة للمريض) وكذلك في تصوير الأوعية والقسطرة القلبية حيث يمكن أن يتعرض العاملون إلى جرع إشعاعية تصل إلى 15mSv لكامل الجسم.

الفئة (ب): مجوعة العاملين الذين يتعرضون إلى جزء قليل من الحد الأعظمي للجرع الإشعاعية المسموح بها بما يزيد عن عشر الحد الأعظمي وأقل من ثلاثة أعشار الحد الأعظمي وفقاً للتوصيات الواردة في ICRP 26، وتلاحظ هذه الفئة في الطب الإشعاعي. والتعريف الحالي لهذه هي مجموعة العاملين الذين يتعرضون إلى جرعة لا تزيد عن 5 mSv. تجدر الإشارة إلى أن بعض الدول ما تزال تطبق التوصيات القديمة للهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية الواردة في تقريرها رقم 26 كالولايات المتحدة الأميركية USA وإنكلترا UK.

الجدول (2) حدود الجرعة الإشعاعية الموصى بها من قبل اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP في تقريرها رقم 60 لعام 1990

التطبيق	**حدود الجرعة**	
	للعاملين في مجال الإشعاع	**لعموم الناس**
الجرعة الفعالة	20 m Sv في السنة متوسط مأخوذة على امتداد فترة محددة بخمس سنوات [2]	1mSv في السنة [3]
مكافئ الجرعة السنوية في :		
- عدسات العين	150 m Sv	15 m Sv
- الجلد[4]	500 m Sv	50 m Sv
- اليدين والقدمين	500 m Sv	--

[1] إن الحدود المطبقة على مجموع الجرعات الناجمة عن التعرض الإشعاعي الخارجي في الفترة المحددة والجرعة المودعة لـ 50 عاماً (إلى عمر 70 سنة بالنسبة للأطفال) من امتصاصات لنفس الفترة .

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

(2) مع شرط إضافي بالا تتجاوز الجرعة الفعالة 50mSv في السنة الواحدة خلال فترة الـسنوات الخمس

(3) في ظروف خاصة يمكن السماح بقيمة أعلى من الجرعة الفعالة في سنة واحـدة مـع الأخـذ بالاعتبار ألا يتجاوز المتوسط على مدى خمس سنوات 1 m Sv في السنة .

(4) إن تحديد الجرعة الفعالة يقدم حماية كافية للجلد ضمن الآثار العشوائية هناك حاجة إلـى حـد إضافي للتعرضات المتوضعة من أجل الآثار الحتمية .

3.4 العاملات الحوامل:

في مجال الطب الإشعاعي التشخيصي لا توجد أية توصيات عملية حـول العـاملات الذين هم في سن الإنجاب غير حوامل. وذلك يعود إلـى أن سـويات التعـرض الإشـعاعي منخفضة جداً بالإضافة ذلك فإن التحكم المسبق بتعرض العاملات الذين هم في سن الإنجـاب غير حوامل ليس له أية أهمية في الوقت الحالي. وتجدر الإشارة إلى أن توصيات ICRP 60 يمكن أن تؤثر مستقبلاً في التوصيات القانونية المتعلقة بعمل الحوامـل، ففـي أوربـا الحـد الأعظمي لتعرض العاملة الحامل هو 10 mSv ويعامل الجنين كعموم الناس بالنسبة للتعـرض الإشعاعي والحد الأعظمي له 1 mSv. وقد ورد في التقرير ICRP60 أنه حالما تصرح العاملة أنها حامل يتم اتخاذ إجراءات الوقاية بتطبيق حد الجرعة لتعرض البطن والتـي يجـب أن لا تتجاوز 2mSv على سطح البطن كما يجب أن لا تزيد معدل الجرعة المسجلة بمقياس الجرعة الفردي عن 0.14 mSv/month إذا كانت حد التصريح عن التعـرض لا يزيـد عـن 1 mSv (7أشهر).

3.5 بيئة العمل Working environment:

تتغير سويات التعرض في أقسام التشخيص الشعاعي تبعاً لنمط الأجهزة واستعمالاتها كما يوجد في أي قسم غرف (مكاتب، غرف انتظار للمراجعين مـن عامـة النـاس الغيـر مصنفين) والتي يجب أن لا تتلقى أية تعرض إشعاعي. وتشتمل بيئـة العمـل فـي الطـب الإشعاعي على التجهيزات المولدة للإشعاع والمواد الإشعاعية على حد سواء ويجـب الأخـذ بعين الاعتبار احتمال تعرض المرضى والزائرين وأفراد الأسرة والطاقم الطبي والإدراري.

يعتمد تصنيف مناطق العمل وفقاً لمستوى التعرض الإشعاعي منخفض أو عالي وقـد صنفت أماكن العمل (ICRP60) كمنـاطق خاضـعة للإشـراف Supervised areas بالنـسبة للمناطق ذات معدل تعرض منخفض ومناطق مراقبة Controlled areas بالنسبة للمناطق ذات معدل تعرض عالٍ. ويبين الجدول (3) تصنيف أمـاكن العمـل وفقـاً لـسويات التعـرض الإشعاعي.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

الجدول(3) تصنيف أماكن العمل وفقاً لسويات التعرض الإشعاعي

المنطقة	مستوى التعرض الإشعاعي
1. منطقة إشعاعية Radiation area	50 μSv h^{-1} at 30 cm
2. منطقة إشعاعية التعرض عالٍ High radiation area	1 mSv h^{-1} at 30 cm
3. منطقة إشعاعية التعرض عالٍ جداً Very high radiation area	5 Gy h^{-1} at 1 m
1. منطقة المراقبة Controlled area	> 0.3 of any limit
2. منطقة الإشراف Supervised area	> 0.1 of any limit
3. المنطقة المقيدة Restricted area	حد الدخول محدد بالترخيص
4. المناطق الغير مقيدة Unrestricted area	لا يوجد حد للدخول (<20μSv.y^{-1})

يمكن استعمال منطقة الإشراف ومنطقة المراقبة كغرف عادية عندما تكـون أجهـزة أشعة-X لا تعمل Switched off ولكن هذا لا ينطبق على مخابر الطب النووي.

3.5 مراقبة الإشعاع Radiation Monitoring:

لا يمكن المحافظة على معايير الجرعة الإشعاعية المسموح بها دون استعمال وسـائل ملائمة لمراقبة تعرض الأفراد والأوساط المحيطة بالعمل. وقد أصبح من الضروري استخدام وسيلة لمراقبة تعرض الأفراد والاحتفاظ بسجلات نظامية لقياس الجرعة. كما أن لاسـتخدام أجهزة المراقبة غايتان الأولى هي التأكد من برامج الوقاية الإشعاعية فبحسب توصيات ICRP التي تنص على أن جزءاً أساسياً من برنامج المراقبة هو تأكيدي في طبيعته ويعطـي نتـائج مقنعة وليس ثمة حاجة لاتخاذ أية إجراء أخر. أما الغاية الثانية لأية برنـامج مراقبـة فهـي تأكيديه فتحليل نتائج المراقبة تستخدم في تأكيد فلسفة الوقاية الإشعاعية التي تعرف حالياً تحت اسم فلسفة التخفيض ما أمكن ALARA ويكمل هذا المفهوم معرفة الجرعات الإشعاعية التـي يتلقاها الأفراد ضمن درجة معقولة من الدقة.

لا يوجد نظام مثالي للمجراعية Dosimetry في مراقبة العاملين ويجب أن تتميـز أداة المراقبة بالاستجابة الفيزيائية والبيولوجية نفسها لجسم الإنـسان وتلائـم أبعادهـا وأشـكالها وسهولة تداولها وكلفتها ومقامتها للعوامل البيئة وقراءة خرجها الأكيد. وتعـاني كافـة نظـم المراقبة الفردية (أفلام، TLD) من عجز أساسي يتجلى في عدم معرفة نتائج المراقبة لحـدث ما إلا بعد وقوعه.

3.5.1 مقاييس الجرعة الفردية Personal dosimeter:

استعمل في البداية الفلم كمقياس للجرعة الفردية ويتوفر تجارياً على شكل فلم بـادج Film badge وبحساسية 0.1μSv خلال شهر ويتم تعين الجرعة الفردية من خلال قياس الكثافة الضوئية OD وفق المعادلة $OD= \log I_o/I$ حيث I_o هي شدة الضوء الوارد على الفلم و I شدة الضوء النافذ منه وقد استخدم منحني الكثافة كتابع لغارتمي لجرعة من نوع معين من الإشعاع

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

وصفة معينة له في وصف سلوك الفلم. أدخلت على الفلم بـادج مرشـحات مـن القـصدير والألمنيوم والرصاص ونافذة مفتوحة الغاية منه تقدير الجرعة الإشعاعية الفردية تبعاً لنـوع وطاقة الإشعاع الساقط على الفلم.

تستعمل أيضاً مقاييس التألق الحـراري Thermoluminescent dosimeter TLD فـي مراقبة العاملين وتتميز بأنها ذات أشكال متعددة ويمكن تصنيعها بأحجام صغيرة حيث يمكـن أن تصنع كخاتم يوضع بإصبع اليد لقياس جرعة التعرض خلال حقن المواد المشعة في الطب النووي وكذلك تعرض الأطراف خلال القسطرة القلبية والعمليات العظميـة ولكنهـا باهظـة التكلفة مقارنةً مع الأفلام وكذلك فهي تحتاج إلى قارئ باهظ التكلفة أيضاً ومن ميزاتها أنهـا ذات حساسية أعلى للإشعاع مقارنة مع الأفلام 0.08mSv.

يجب تسجيل الجرعات الفردية للعاملين ضمن سجل خاص يحتفظ به لسنوات عديـدة يرجع إليه عند الضرورة وبالنسبة للعامل الذي يبدل عمله من مكان لآخر فإنه مـن الواجـب نقل سجله إلى مكان العمل الجديد للاستمرار في تدوين الجرع الإشعاعية في نفس السجل.

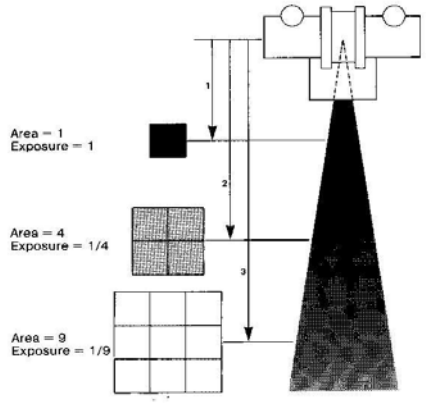
أيضاً تستخدم في مراقبة العاملين مقاييس تعتمد على الكواشف الإشعاعية المملـوءة بالغاز (حجيرة التأين بشكل القلم) أو مقاييس إلكتروني تعتمد على كواشف الحالة الصلبة ومن مساوئ تبعيتها للطاقة كما أن أقلام قياس الجرعة يمكن أن تفقد الـشحنة المتراكمـة بـسبب الرطوبة أو المفعولات الكهراكدية ولكن يمكن استخدام هذه الأدوات في التطبيقات التي تحتاج إلى قراءة مباشرة للجرعة الإشعاعية.

4. تخفيض تعرض العاملين للإشعاع:

يعتبر تدريب غرف الأشعة واستخدام أدوات الوقاية الإشعاعية وأجهزة الأمان وإتبـاع برنامج الوقاية الإشعاعية من أهم الإجراءات الواجب اتباعها في أقسام التشخيص الإشـعاعي لوقاية العاملين والمرضى وعموم الناس.

4.1 قانون التربيع العكسي Inverse Square Low:

إن ابـسط الطـرق لتخفـيض معـدل التعرض الإشعاعي للعاملين هو تطبيق قـانون التربيع العكـسي حيـث ان معـدل التعـرض الإشعاعي يتناسب عكساً مع مربع المسافة بـين المنبع والمنبع المشع كما هو موضح في الـشكل (4)، ويفرض أن I_O شدة المنبع على مـسافة d فإن معدل التعرض I_X على مسافة X يحـسب من المعادلة:



الشكل (4) قانون التربيع العكسي

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

$$I_X = I_O \times \left(\frac{d^2}{X^2} \right)$$

إلا أن أهم المشاكل في أقسام التشخيص الإشعاعي هي تحديد معدل الجرعة الإشعاعية عند مسافة محددة تعتمد كمرجع للقياس وكذلك تحديد معدل الجرعة الإشعاعية عند مسافة جديدة d_n فإذا كان معدل الجرعة الإشعاعية على المسافة الجديدة هو I_{dn} فإنه يمكن باستخدام قانون التربيع العكسي أن نكتب $I_{dn}= I_O /d_n^2$ ومما سبق نستنتج:

$$I_{d_n} = \frac{I_d \times d^2}{d_n^2}$$

وكمثال على ما سبق لتكن الجرعة الإشعاعية على مسافة 60cm من أنبوب الأشعة تساوي 250µGy عندئذ تكون الجرعة على مسافة 75cm تساوي $I_{d_n} = \frac{250 \times 60^2}{75^2} = 160\mu Gy$ أيضاً يمكن استخدام المعادلة الأخيرة لتحديد مسافة الأمان لتخفيض معدل الجرعة الإشعاعية فإذا كان معل الجرعة الإشعاعية 1000µSv/hr على مسافة 30cm من منبع مشع فإنه للوصول إلى معدل جرعة 7.5µSv/hr يجب أن تكون المسافة $d_n = \sqrt{\frac{I_d \times d^2}{I_{dn}}} = \sqrt{\frac{1000\mu Sv/hr \times 30^2}{7.5\mu Sv/hr}} = 346.4cm$.

4.2 التدريع الوافي Protective Shielding:

4.2.1 تدريع الأجهزة Machine shielding: يفيد تدريع أجهزة X- في إنقاص معدل الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها العاملين, عادة يتم إحاطة أنبوب مضخم الصورة Image intensifier في أجهزة الأشعة التي يكون فيها الأنبوب تحت الطاولة بدريئة مرنة من الرصاص أما في الأجهزة التي يكون فيها أنبوب الأشعة فوق الطاولة فيمكن أن تضاف ستارة رصاصية مرنة ملائمة للوقاية من الأشعة المتناثرة. أيضاً في غرف تصوير الأوعية الدموية والقسطرة القلبية تستخدم نافذة من الزجاج الرصاصي تثبت في سقف الغرفة بحيث تكون قابلة للحركة بالشكل الملائم للعمل والمفيد في إجراءات الوقاية.

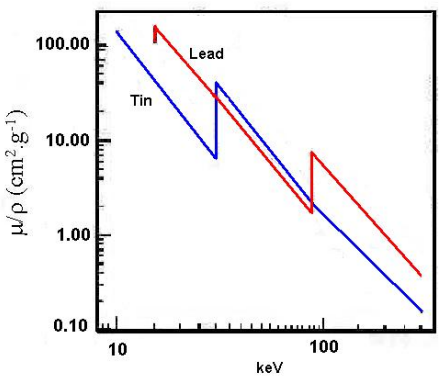
4.2.2 ملابس الوقاية Protective clothing: يجب على الطاقم الطبي الذي يعمل في المنطقة المراقبة إشعاعياً ارتداء ملابس الوقاية الإشعاعية وخاصة المئزر الرصاصي Lead-apron كما في الشكل (5) الذي يتوفر منه عدة تصاميم منها المئزر الذي يحيط كامل الجسم والمئزر الذي يغطي الجهة الأمامية للجسم. عادة تكون السماكة المكافئة من الرصاص

الشكل (5) المئزر الرصاصي

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

لملابس الوقاية الإشعاعية بما يعادل 0.25mm, 0.3mm, 0.5mm من الرصاص.

يصنع مئزر الوقاية من خليطة من الرصاص والقصدير tin وذلك لتحسين توهين الإشعاع.



الشكل (6) معامل التوهين الكتلي

إن إضافة القصدير إلى الرصاص يزيد من معدل توهين الإشعاع وخاصة الإشعاع المتبعثر المنخفض الطاقة وذلك لأن الحد-K للقصدير (K-edge) يساوي 29keV بينما تساوي بالنسبة للرصاص 88 keV وضمن مجال العمل 30-80keV (الشكل 6) يكون التوهين بمعدن القصدير أفضل من الرصاص حيث يخفض من الوزن بمقدار كبير كما أن المئزر المصنوع من خليطة يحسن من الوقاية وهو أفضل من المئزر المصنوع من الرصاص فقط. الوزن التقريبي للمئزر يساوي :

- $5.4\ kg.m^{-2}$ للمئزر المكافئ 0.5 mm Pb.
- $3.6\text{-}4.5\ kg.m^{-2}$ للمئزر المكافئ مصنوع من خليطة مكافئ (~ 0.4 mm Pb).
- $3.24\ kg.m^{-2}$ للمئزر المكافئ 0.3 mm Pb.

4.2.3 موضع مقاييس الجرعة Personal dosimeter position: إن موضع مقياس الجرعة الفردية المستخدمة لقياس الجرعة الإشعاعية لتي يتعرض لها العاملين على الملابس له أهمية في تقدير الجرعة وخاصة إذا كان العامل يرتدي المئزر الواقي حيث يختلف معدل التوهين وفقاً للسماكة المكافئة للمئزر وقد أوصت الهيئة الدولية للوقاية الإشعاعية ICRP (ICRP 35, 1982) بحمل أكثر من مقياس جرعة عند ارتداء مئزر الوقاية بحيث يوضع مقياس جرعة خارج المئزر على الجذع (بمستوى عظم الترقوة "قبة القميص") لتعطي معدل الجرعة للعين والمناطق الغير مغطاة بالمئزر. أيضاً مقياس الجرعة الموضوع على الجذع خارج المئزر يعطي فكرة جيدة عن التعرض بمكان العمل حيث أن معظم الأشعة المتناثرة منخفضة الطاقة وتمتص بالمئزر بالإضافة إلى ذلك فإن مقياس الجرعة خارج المئزر يعطي معدل جرعة أكبر بحوالي خمس أضعاف من تلك التي يشير إليها المقياس الآخر الموضوع تحت المئزر الذي من الواجب إرداءه حيث أنه يمثل الجرعة الكلية التي يتعرض لها العامل والتي يجب أن تدون في سجل التعرض الإشعاعي للعامل.

يعد مقياس الجرعة خارج المئزر مؤشر جيد جداً على الاستعمال الجيد لأجهزة التنظير وذلك عندما تستعمل على التوازي مع مقياس جرعة لتحديد جرعة المريض.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

الخلاصة: لتخفيض معدل الجرعة التي يتعرض لها العاملين في مجال التنظير الشعاعي يجب اتباع ما يلي:

- ارتداء مئزر الوقاية الرصاص بسماكة مكافئة 0.5mm Lead.
- استعمال آلية تخزين الصور ثم فحصها على الشاشة.
- زمن التعريض يجب أن يرافق بمنبه تحذير صوتي .
- إظهار الزمن الذي استغرقته عملية التنظير على شاشة المراقبة.

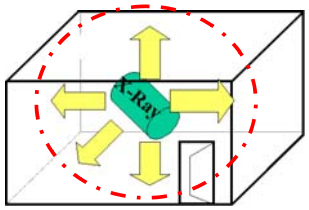
5. غرف أشعة X-The X-ray Room:

طورت تقانات حساب سماكة التدريع اللازمة للوقاية من أخطار أشعة X في العشرينات من القرن العشرين وتم التعرف على السماكة اللازمة للتدريع بدلالة طبقة نصف القيمة HVL. وقد غدت متطلبات التدريع حديثاً أشد صرامة بسبب تقليص معايير تعرض العاملين في مجال الأشعة وكذلك عامة الناس وقد تراكم خلال المائة عام المنصرمة قدر كبير من معطيات التدريع الخاصة بأجهزة توليد أشعة X الطبية وتستخدم تلك المعطيات على هيئة جداول أو رسوم بيانية مع معادلات بسيطة للتنبوء بسماكة التدريع اللازمة للوقاية.

5.1 غرفة أشعة X-The X-ray Room:

عند تصميم غرفة أشعة X يجب أن نأخذ بعين الاعتبار وقاية العاملين داخل الغرفة وخارجها بالإضافة إلى وقاية العاملين غير المصنفين إشعاعياً (التمريض، السكرتارية، المستخدمين) وعموم الناس خارج الغرفة بحيث لا يزيد معدل التعرض عن الحد المسموح به لكل فئة.

5.1.1 مخطط الغرفة Room Lay out: عند وضع مخطط العام للبناء يجب الآخذ بعين الاعتبار موضع غرفة أشعة X ضمن المخطط العام حيث يجب اتخاذ بعض التدابير والإجراءات الخاصة بالوقاية الإشعاعية ويجب الأخذ بعين الاعتبار الغرف المجاورة وطبيعة انشغالها (مكاتب غرف عمليات، مطبخ.....) وذلك لأن الأشعة سوف تنفذ عبر جدران الغرفة إلى الغرف المجاورة كما هو مبين في الشكل (7).



الشكل (7) انتشار الأشعة إلى الغرف المجاورة

يجب أن يشتمل مخطط الغرفة ومخطط الأجهزة على النقاط التالية:

- بنية الحواجز المستخدمة لتوهين الحزمة الرئيسية (المباشرة) والثانوية (غير المباشرة) الناتجة عن الأشعة المتناثرة.
- أبعاد الحزمة الإشعاعية الرئيسية.

- الأخذ بعين الاعتبار بقانون التربيع العكسي خلال التصميم وتركيب الأجهزة.
- يجب التقليل ما أمكن من كمية الأشعة للحصول على المعلومات التشخيصية.
- يجب وضع إشارات التحذير من خطر التعرض للإشعاع والإشارات الضوئية الدالة على وضعية العمل لجهاز الأشعة.

أيضاً عند تصميم إجراءات الوقاية الإشعاعية يجب الأخذ بعين الاعتبار ومعرفة كل مما يلي:

- حمولة العمل Working load المتوقعة مقدرة بـ mA.min/week.
- اتجاه الحزمة الإشعاعية الرئيسية.
- عامل الاشغال Occupancy factor لغرفة أشعة-X والغرف المجاورة.
- معامل الاستخدام للسطح المعرض للإشعاع (السقف، الأرض، الجدران)

وبعد ذلك يمكن حساب سماكة التدريع اللازمة للوقاية من أشعة-X.

يتم تقدير حمولة العمل مقدرة بـ $mA.min.week^{-1}$ بتقدير عدد الصور الشعاعية المتوقعة وعدد المرضى كما يمكن تقديرها على أساس مستوى العمل حمولة عمل منخفضة أو متوسطة أو عالية. كما هو مبين في الجدول (4).

عند تصميم غرف الأشعة يجب أن نأخذ بعين الاعتبار سهولة الحركة دخول وخروج الطاقم الطبي إلى خلف الحواجز المدرعة التي تضم وحدة التحكم وتشغيل جهاز الأشعة. كما يجب تحديد الحزمة الإشعاعية لتخفيض معدل تعرض الغرف المجاورة.

الجدول (4) حمولة الحمل أثناء التنظير Fluoroscopy workload.

الاستعمال	ملاحظات
منخفض $30mA.min.week^{-1}$	• تحتاج وحدة العناية المشددة وجناح إقامة المرضى إلى إجراءات خاصة. • تطبق تعليمات الوقاية الإشعاعية لكل من الطاقم الطبي والمريض وفقاً للقواعد المحلية المعتمدة. • يجب توفر مسافة كافية بين أسرة المرضى.
متوسط $30\text{-}300mA.min.week^{-1}$	• يجب أن يكون سقف وجدران والأرض جناح إقامة المرضى مكافئ 1mm Pb eq. • أماكن معزولة. • دريئة وقاية لأجل تعديل وضعية المريض.
عالي: $>300mA.min.week^{-1}$	• يجب أن يكون سقف وجدران والأرض مكافئ 2mm Pb eq. • توفر إشارات تحذير ضوئية خارج الأبواب.

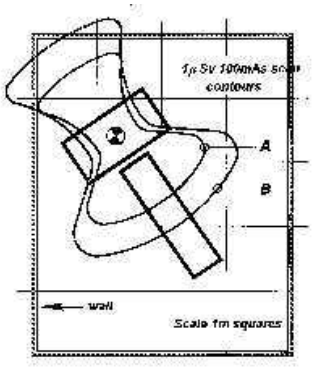
المساحة المثالية لغرفة أشعة-X لا تقل عن $36m^2$ وارتفاع السقف 3.6 m وبالنسبة للنوافذ الخارجية يجب أن يكون ارتفاعها 2m فوق مستوى أرض الغرفة. أيضاً يجب أن تكون الجدران من الإسمنت أو الآجر (القرميد) وأن توضع وحدة تشغيل والتحكم بعمل الجهاز خلف جدار واقٍ يحتوي على نافذة مراقبة من الزجاج الرصاصي بسماكة تكافئ 1.2-

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

2mmPb eq. بالإضافة لما سبق يجب أن تكون اتجاه الحزمة الرئيسية بعيداً عن الباب والجدران التي تسقط عليها الحزمة الرئيسية مباشرة يجب أن تكون مدرعة بشكل جيد تبعاً لحمولة العمل وطبيعة إشغال الغرفة المجاورة كما يبطن باب الغرفة بطبقة من الرصاص.

- **مكان تجهيزات أشعة-X Site of x-ray equipment:** في بعض الحالات الخاصة تستعمل الأجهزة خارج قسم الأشعة (جناح إقامة المرضى، غرف العمليات.....) كما أن بعض الأجهزة تعطي معدل جرعة عالٍ (CT، بعض أجهزة التنظير.....) في هذه الحالات يجب أن تطبق بعض الإجراءات الخاصة كما هو مبين في الجدول (4).
- **غرف التصوير الطبقي المحوري CT rooms:** في الغرف المركب بها جهاز تصوير طبقي محوري CT يلاحظ أن مخطط توزع الجرع يكون على شكل ربطة العنق bow-tie ،كما هو مبين بالشكل (8) محيط بذراع الجهاز والذي يقابل السوية dose/1000mAs والقيمة النموذجية للأجهزة ذات حجم عمل متوسط تساوي 10μSv/1000mAs ولحساب معدل الجرعة الأسبوعي على مخطط توزع الجرع تستعمل المعاملات التالية:
  - التعرض بالشريحة الواحدة ويساوي 210 mAs.
  - عدد الشرائح لكل مريض 20شريحة تقريباً.
  - التعرض لكل دراسة: 210x20 = 4200 mAs.

وإذا كان عدد المرضى 20 – 25 مريض أسبوعياً فإن حجم العمل يساوي تقريباً100,000mAs وهذا يعطي معدل جرعة $^{-1}$ 100 mSv. Week.



لشكل (8) مخطط توزع الجرع لجهاز التصوير الطبقي المحوري CT.

5.1.2 التدريع للوقاية الإشعاعية Protective radiation shielding:

عند تصميم غرفة أشعة-X يجب تطبيق مبدأ ALARA أي يجب مراعاة العوامل الاجتماعية والاقتصادية عند التصميم ويستعمل الرصاص في التدريع كونه عالي الكثافة وسهل الاستعمال حيث توضع طبقات الرصاص خلف طبقة من الخشب تعمل على تثبيت طبقات الرصاص على الجدران. يتراوح سماكة طبقة الرصاص ما بين 2 mm – 1لأجل التطبيقات التشخيصية لأشعة-X، كما يمكن استعمال مواد أخرى كالإسمنت أو القرميد ويعبر عن السماكة اللازمة

للتدريع من هذه المواد بمفهوم السماكة المكافئة من الرصاص lead equivalent مقدراً mm Pb eq.

- **الحاجز الرئيسي Primary barrier:** يجب أن يغطي حاجز الوقاية الرئيسي كافة المناطق التي يتوقع أن تتعرض للحزمة الإشعاعية الرئيسية مباشرةً (الجدران، السقف، الأرض). أيضاً تزود الأجهزة نفسها بدرع وقاية لكلٍ من الأنبوب ومضخم الصورة. يجب أن تشمل تدريع غرفة أشعة X كل من الجدران والسقف والأرض وباب الغرفة وذلك لتخفيض معدل الجرعة الإشعاعية إلى المستوى المطلوب.
- **الجدران Walls:** عند تدريع الجدران يجب أن نأخذ بعين الاعتبار المسافة بين أنبوب الأشعة والجدران وكذلك طبيعة الإشغال في الغرف المجاورة.
- **الأرض والسقف:** عادة تصنع الأرض والجدران من الإسمنت (الخرسانة) وهي لا تحتاج إلى أية تدريع إضافي وإن إضافة أي تدريع يعتمد على سماكة السقف وطبيعة الإشغال في الغرف فوق وتحت غرف الأشعة. وإذا لم تستعمل الخرسانة في إنشاء السقف أو الأرض أو كلاهما فيجب إضافة طبقة من الرصاص إليهما.
- **الأبواب:** يجب تبطين أبواب من جهة واحدة أو من جهتين بطبقة من الرصاص وسماكة تلك الطبقة يساوي 1 mm Pb في معظم الحالات حيث أن المسافة من الأنبوب إلى الباب تخفض من كمية الأشعة المتناثرة بقدر كبير. ويجب تبطين الباب بعناية وعدم ترك فواصل ليؤدي الغاية المرجوة من هذا العمل. كما يجب وضع إشارات تحذير ضوئية فوق الباب للدلالة على وضعية العمل داخل الغرفة والتي تفيد في تخفيض مقدار التعرض الإشعاعي حيث لا يدخل الشخص إلى الغرفة إلى كان الجهاز بوضعية العمل. كما يجب تزويد الأبواب بقفل من الداخل. وبالنسبة لتصوير الصدر يجب أن يزود حامل الكاسيت (يركب عادة على الجدار مباشرةً) بطبقة من الرصاص بسماكة 2 mm Pb توضع خلف الكاسيت.

5.1.3 حساب سماكة التدريع للحاجز الرئيسي Primary barrier calculation:

الحاجز الأساسي: هو الحاجز الذي يقابل الحزمة الرئيسية ويعمل على توهين الحزمة إلى الحد المسموح به. ولحساب سماكة حاجز التدريع الرئيسي يجب معرفة المعلومات التالية:

- حدود الجرعة الإشعاعية الأسبوعية المسموح بها للعاملين (P).
- حمولة العمل الأسبوعية (W) مقدرة $mA.min.\ week^{-1}$.
- الجهد الأعظمي لأنبوب أشعة X.
- معامل الاستخدام U: يعرف **معامل الاستخدام** U بأنه الزمن الذي تكون فيه الحزمة المفيدة موجه باتجاه الحاجز المعتبر أثناء العمل وتعطى قيم هذا المعامل في الجدول (5).

الجدول (5) قيم معامل الاستخدام U

نوع الحاجز	الاستخدام الطبي		
	تشخيصي	معالجة بأشعة X منخفضة الطاقة	معالجة بأشعة عالية الطاقة
سطح الأرض	1	0.0625	1
الجدران	0.25	0.25	0.25
السقف	0.0625	0.0625	0.0625

- معامل الإشغال للغرف المجاورة (T): **يعرف معامل الإشغال** بأنه مقدار شغل المكـان المعتبر الذي يبقى فيه الشخص لفترة زمنية تساوي 8 ساعات ويبن الجـدول (6) قيمـة معامل الإشغال T.

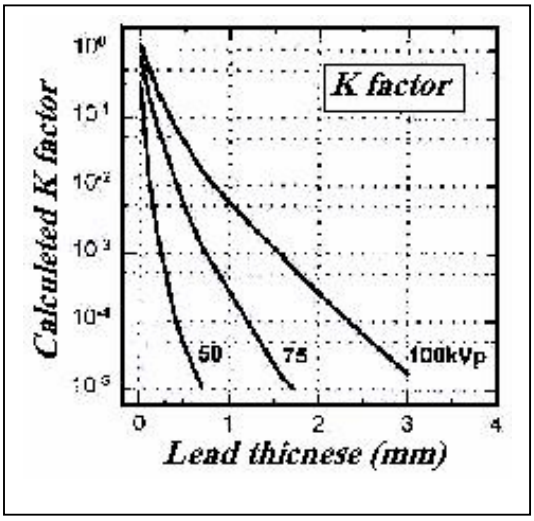
تقاس حمولة العمل بوحدة mA.min فعلى سبيل المثال إذا تم التنظير لمدة 5 دقـائق وكان تيار العمل 5 mA فإن حملة العمل للمريض 25 mA.min وإذا كان عـدد المرضـى 20 مريض أسبوعياً فإن حمولة العمل الأسبوعية تساوي $500\ mA.min.week^{-1}$.

الجدول (6) قيمة معامل الإشغال T .

نوع الإشغال	**طبيعة العمل في الغرف المجاورة للغرفة الحاوية على منبع مشع**
إشغال دائم $T=1$	مكاتب عمل، الغرف المظلمة، المخابر، الممرات، غرف الانتظار، جنـاح المرضى، غرف استراحة العاملين.
إشغال جزئي $T=\frac{1}{4}$	الممرات في أقسام الأشعة السينية والتي لا تتسع لمكاتب، غرف اسـتراحة لغير العاملين، المرافق العامة.
إشغال جزئي $T=\frac{1}{16}$	الأدراج، المصاعد، الشارع، مرافق غير مستخدمة من قبل الإشعاعيين.

جهد العمل الأعظمـي يؤخـذ $100kV_p$ لأجل الأعمال التشخيصية الروتينية ولكن الجهـد $50kV_p$, $75kV_p$ تؤخـذ بعـين الاعتبار. يحسب معامل التوهين K مـن المعادلة : $K=\frac{P\cdot d^2}{W\cdot U\cdot T}$

والمعاملات في المعادلة الأخيرة تؤخذ من الجداول وd هي المسافة الفاصـلة بـين الأنبوب والجدار ونحصل علـى سـماكة



أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

الرصاص المكافئ لمعامل التوهين K من
المنحنيات البيانية (الشكل 9).

5.1.4 حساب سماكة التدريع للحاجز الثانوي Secondary barrier calculation:

الحاجز الثانوي: هو الحاجز الذي لا يقابل الحزمة الرئيسية مباشرة ويعمل على توهين الحزمة إلى الحد المسموح به. ولحساب سماكة حاجز التدريع الثانوي يجب حساب المعامل B[$R.mA^{-1}.min^{-1}$] والذي يعطى بالعلاقة:

$$B = \frac{60 \times I \times P \times D^2}{W \times Y \times T}$$

حيث:

- **P** معدل التعرض الأعظمي المسموح به:
- $P= 0.1\ R.week^{-1}$ في المناطق المراقبة.
- $P= 0.01\ R.week^{-1}$ في المناطق غير المراقبة.
- **W** حمولة العمل الأسبوعية [$mA.min.week^{-1}$].
- **I** شدة التيار mA
- **Y** معدل التسريب المسموح به وفقاً لنوعية الأنبوب.
- **T** معامل الإشغال ويتعلق بدرجة إشغال المكان المجاور لغرفة الأشعة.
- **D** المسافة بين البورة المحرقية والحيز المشغول.

والمعاملات في المعادلة الأخيرة تؤخذ من الجداول وD هي المسافة الفاصلة بين الأنبوب والجدار ونحصل على سماكة الرصاص المكافئ لمعامل التوهين B بحساب عدد طبقات نصف القيمة اللازمة للتدريع **N** من العلاقة:

$$B = e^{-N} \quad \Leftrightarrow \quad N = -\frac{\ln B}{\ln 2} = -\frac{\ln B}{0.693}$$

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

المراجـ ـع:

1. Dowsett, D.J., Kenny, P.A., and Johnston, R.E.: The Physics of Diagnostic Imaging.1st ed Chapman & Hall Medical. London UK 1998.
2. Faulkner, K et all. Physics in Diagnostic Radiology. IPSM Report No. 61. York UK 1990.
3. International Commission on Radiological Protection, Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Oxford, Pergamon press, 1977.
4. International Commission on Radiological Protection, Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Oxford, Pergamon press, 1991.
5. Johns, H.E., Cunningham, J.R,. The Physics of Radiology, 4th ed. Springfield, Illinois USA 1983.
6. National council on Radiation Protection and Measurements, Structural Shielding Designs and evaluation for medical use of x-ray and gamma rays of energies up to 10MeV NCRP Report No.49, 1976.
7. National council on Radiation Protection and Measurements, Structural Shielding Designs and evaluation for medical use of x-ray and gamma rays of energies up to 10MeV NCRP Report No.93, 1987.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

Examples of Workloads in Current Use (NCRP 49)

	Weekly Workload (W) mA-min at :		
	100 kVp	**125 kVp**	**150 kVp**
General Radiography	1,000	400	200
Fluoroscopy (including spot films)	750	300	150
Chiropractic	1,200	500	250
Mammography	700 at 30 kVp (1,500 for breast screening)		
Dental	6 at 70 kVp (conventional intra-oral films)		

Radiation Absorbed Doses in Radiology

X-ray examination	Absorbed dose (mGy) Active bone marrow	Breasts	Uterus (embryo; fetus)	Thyroid	Gonads[a]	Effective dose (mSv)
Chest	0.04	0.09	*	0.02	*	0.04
CT chest	5.9	21	0.06	2.3	0.08*	7.8
Skull	0.2	*	*	0.4	*	0.1
CT head	2.7	0.03	*	1.9	*	1.8
Abdomen	0.4	0.03	2.9	*	2.2, 0.4	1.2
CT abdomen	5.6	0.7	8.0	0.05	8.0, 0.7	7.6
Thoracic spine	0.7	1.3	*	1.5	*	1.0
Lumbar spine	1.4	0.07	3.5	*	4.3, 0.06	2.1
Pelvis	0.2	*	1.7	*	1.2, 4.6	1.1
CT pelvis	5.6	0.03	26	*	23, 1.7	7.1
Intravenous urography	1.9	3.9	3.6	0.4	3.6, 4.3	4.2
Barium enema (including fluoroscopy)	8.2	0.7	16	0.2	16, 3.4	8.7
Mammography (screen-film)	*	2	*	*	*	0.1

* Less than 0.01 mGy.

[a]When two values are given for the gonads, the first value is for the ovaries, the second value is for the testes.

Source: *A National Survey of Doses to Patients Undergoing a Selection of Routine X-ray Examinations in English Hospitals* (NRPB-R200, 1986) and *Survey of CT Practice in the UK, Part 2: Dosimetric Aspects* (NRPB-R249, 1991). National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon.

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية

Entrance Skin Absorbed Dose Table

Projection	Absorbed Dose (mGy)
Abdomen - AP	4.1
Chest - PA	0.086
Chest - lateral	0.63
Cervical spine - AP	0.62
Cervical Spine - lateral	0.43
Hip - AP	0.63
Hip - lateral	3.8
Lumbar spine - AP	5.4
Lumbar spine - lateral	7.7
Pelvis - AP	3.0
Skull - AP or PA	1.37
Skull - lateral	0.43
Thoracic spine - AP	2.4
Thoracic spine - lateral	4.2

Examples of QA Requirements for X-Ray Machines

QA Test	Acceptance	Regular QA
X-ray tube focal spot	✓	Tube change
KVp accuracy and reproducibility	✓	Annually
Timer accuracy and reproducibility	✓	Annually
Linearity of radiation output	✓	Annually
Beam HVL	✓	Tube change
X-Ray beam/light beam coincidence	✓	Annually
Fluoroscopy patient dose rates	✓	Annually
Fluoroscopy resolution	✓	Annually

أسامة أنجق/ص.ب 6091 دمشق سورية