جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

الاشعة السينية وتطبيقاتها في الطب

مشروع مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل
وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في الفيزياء
تقدمت به الطالبة

حنان ضياء عباس

باشراف

م. د. مصعب خضر محسر

1444 هـ 2023 مـ

{وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا (114)}

صدق الله العلي العظيم

سورة طه :آيه 114

الاهداء

الى قائم آل محمد امام العصر والزمان الحجة المنتظر (عج)

إلى من أُفضِّلها على نفسي، ولِمَ لا؛ فلقد ضحَّت من أجلي ولم تدَّخر جُهدًا فِي سبيل إسعادي على الدَّوام.....(أُمِّي الحبيبة).

إلى صاحب الوجه الطيب، والأفعال الحسنة. الذي لَم يبخل عليَّ طيلة حياته.....(والدي العزيز).

إلى من أضاءوا لي طريق العلم، استاذتي الافاضل...

إلى من تشرفت بمعرفتهم أصدقائي الأعزاء....

اهدي لكم ثمره جهدي المتواضع

الشكر والتقدير

نحمد الله عز وجل الذي وفقنا في اتمام هذا البحث العلمي ، والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة فالحمد لله حمدا كثيرا

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير الى أساتذة كلية التربية للعلوم

الصرفة قسم الفيزياء بكل ما قدموه لنا وساندونا به حتى وصلنا الى هذه المرحلة

ويسرني ان اقدم شكري وامتناني للاستاذ الفاضل

(د. مصعب خضر محمد النصراوي) لقبوله الاشراف عل بحثي ومتابعته وتقويمه بملاحظاته السديدة، اسأل الله له مزيد من التوفيق، والعمر المديد

كما أتقدم بجزيل الشكر الى اعضاء لجنة المناقشة

وشكرا لكل من ذكرني بالدعاء

الفهرس

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الآية	أ
	الإهداء	ب
	الشكر والتقدير	ج
	الفهرس	د
	المقدمة العامة	هـ
الفصل الأول		
1-1	المقدمة	2
2-1	الاشعة السينية	2
3-1	مصادر الاشعة السينية	3
4-1	انابيب الاشعة السينية	3
5-1	انابيب المعدن والزجاج	4
6-1	المكونات الرئيسية لانبوب الاشعة السينية	5
7-1	اليات انبعاث الاشعة السينية من المادة	7
8-1	المرشحات	10
9-1	رصد وقياس الاشعة السينية	11
الفصل الثاني		
1-1	المقدمة	14
2-2	انواع التصوير بالاشعة السينية في مجال الطب	14
3-2	اهمية صورة الاشعة السينية	14
4-2	فحص الصدر بالاشعة السينية	16
5-2	فحص الاطراف بالاشعة السينية	18
6-2	اوضاع التصوير بالاشعة السينية	18
7-2	فوائد اخرى لتصوير الصدر بالاشعة السينية	19
8-2	الاشعة السينية وطب الاسنان	20
9-2	قيود التصوير بالاشعة السينية ومحدوداتها	21
10-2	التصوير المقطعي	21
11-2	تصوير الاوعية الدموية	25
12-2	تصوير الانسجة الناعمة	25
13-2	من يفسر محتويات صور الاشعة السينية	27
14-2	الاشعة السينية العلاجية	27
	المصادر والمراجع	29

المقدمة العامة

الحمد لله رب العالمين الذي أنزل الكتاب، وعلم بالقلم، علم الإنسان ما لم يعلم، وأمرنا بالقراءة والتدبر، وجعلنا أمة وسطا شاهدة على الأمم، والصلاة والسلام على من بعث رحمة للعالمين،

أما بعد : فلم يكن يخطر على ذهن فيلهيلم كونراد رونتجن أثناء كتابته مذكرة الإعلان عن الغامضة (الأشعة السينية) في الثامن من نوفمبر 1895م، والتعبير عن ذلك بعبارة (لقد اكتشفت شيئا مثيرا جدا I have discovered something very interesting) ، أن تتداخل استخداماتها وتطبيقاتها في حياة البشر كما هو شأنها بعد مرور تسعة عشرة ومائة عام. وعلى الرغم من المبالغات الإعلامية حول الفوائد المتوقعة من استخدامها، والمنشورة على صفحات الجرائد التي تبعت الإعلان عن الأشعة السينية فإن هذه المبالغات في مجملها لم تعد تمثل هذه الأيام سوى النذر اليسير مما تقدمه هذه الأشعة من خدمات جليلة. وفي المقابل لم يكن أحد يتوقع آنذاك أن هذه الفوائد قد تصاحبها أضرار بالغة مهما بلغت قوة خيال الكتاب العلميين في تلك الأيام البعيدة.

والمجال الطبي كان أول المستفيدين بإضافة الإمكانات غير التقليدية للأشعة السينية ضمن أدواته المستخدمة في فحص أبدان البشر، حيث ساعدت الأطباء والمعالجين على رؤية ما لم يكن يرى من تفاصيل الجسم الداخلية دون جراحة أو إسالة دماء؛ ليحصد المرضى شفاء لا يغادر سقماً -بإذن الله-.

وتفاوتت المجالات الأخرى في درجة الاستفادة من الأشعة السينية، ويأتي على رأس قائمة المنافسين المجال الصناعي، ثم البحث العلمي، ثم بحوث الفضاء، ثم البحوث الجيوفيزيائية، ثم استكشاف المصادر: كالتعدين والبترول، وكذلك الطب الشرعي، والعدالة القضائية، وعلم الآثار، والزراعة والبيئة، وأمن المطارات والمنشآت. والقائمة مازالت تتزايد بمرور الوقت.

والفكرة الفيزيائية للحصول على الأشعة السينية صارت أكثر وضوحاً منذ زمن بعيد؛ وقد أدى ذلك إلى تصميم أجهزة عديدة؛ لإنتاج الأشعة السينية تختلف في القدرة؛ لتناسب الاستخدام المطلوب. وإذا كان صاحب الإعلان عن الأشعة السينية شخصاً واحداً فإن المساهمين في تطوير إنتاج هذه الأشعة واستخدامها صاروا بالآلاف، حيث الكل التف حول هدف واحد، وهو كيفية زيادة الاستفادة من هذه الأشعة، وتقليل الأضرار الناتجة عن تعرض المرء لها. ومعظم تلك المساهمات قد وثقت في آلاف الأوراق العلمية، ومئات الكتب التي خصصت؛ لتوضيح موضوعات محددة تتعلق بالأشعة السينية. وقد صعب ذلك مهمة الإلمام بكل النتاج العلمي الخاص بالأشعة السينية إن لم يكن مستحيلاً لبعض شرائح القراء، وخاصة إذا كانت اللغة العربية هي وسيلتهم الوحيدة؛ للتعرف على النتاج العلمي في هذا الموضوع ذي الجوانب المتعددة.

الفصل الأول

الأشعة السينية : الإنتاج والخصائص

1-1 المقدمة

تتزايد الثروة الإنسانية المستمدة من العلم بتسارع كبير، وذلك مع تقدم عمر البشرية على سطح الأرض. وقد بدأت سنوات الازدهار بتراكم الثروة العلمية في العقد الفريد ١٨٩٥-1905م، حيث اكتشفت ظواهر، وأسست نظريات لم تكن معروفة من قبل، أسهمت كثيرا في تغيير مفاهيمنا حول المادة والطاقة والكون الذي نعيش فيه. وأولى هذه الاكتشافات التي أعلنت صراحة عن ميزات استخدامها في المجال الطبي، وكانت البداية لسلسلة من الخدمات العظيمة المتزايدة باستمرار في ميادين شتى، وتؤثر معظمها مباشرة في حياة الإنسان: إنها الأشعة السينية.

2-1 الأشعة السينية

تعد هذه الأشعة جزءا من الأشعة الكهرومغناطيسية أكتشفت في عام 1895م بواسطة الفيزيائي الألماني فيلهيلم كونراد رونتجن (27 مارس 1845-10 فبراير 1923م). وتنطلق الأشعة السينية في الفراغ بسرعة تقترب كثيرا من ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية بصرف النظر عن طاقتها (102،99792458 متر/ثانية). وتقدر طاقة الأشعة السينية بوحدات تسمى «إلكترون فولت»[1]

ويتراوح طول موجة الأشعة السينية الأكثر استخداماً ما بين 10 إلى 0.001 نانومتر^2 ، ومن ثمّ فهي تمتلك ترددات في المدى المتراوح ما بين 3×10^{16} إلى 3×10^{20} هيرتز. وعلى هذا الأساس، فإن طاقة الأشعة السينية تتراوح ما بين 120 إلكترون فولت إلى 1,2 مليون إلكترون فولت[2]

وعلى الرغم من أن الأشعة السينية والضوء العادي ينطلقان بالسرعة نفسها في الفراغ، ويؤثران في الألواح الفوتوغرافية (أفلام التصوير)، إلا أن الأشعة السينية غير مرئية، وتتميز بقدرة عالية على المرور عبر المواد المختلفة المعتمة للضوء، وشرائح رفيعة نسبيا من المعادن: كالألومنيوم، والرصاص [1].

وكل الموجات التي تشكل طيف الأشعة الكهرومغناطيسية ذات تردد أقل من الأشعة السينية، ما عدا أشعة جاما. ونحصل على الأشعة السينية المستخدمة في حياتنا اليومية من أجهزة مخصصة لإنتاجها، في حين نحصل على أشعة جاما من المصادر المشعة. ومعظم أشعة جاما المنطلقة من المصادر المشعة المختلفة ذات طاقة أعلى من الأشعة السينية؛ لذلك فإنها تمتلك قدرة أكبر مما تملكه الأشعة السينية؛ للمرور عبر المواد ذات الكثافة العالية، حيث تعتمد قدرة اختراقهما المواد المختلفة على طاقتيهما وطبيعة المادة التي يمران من خلالها [3، 4].

والأشعة السينية شأنها شأن أشعة جاما؛ إذ لا يمكن استشعارهما بواسطة حواس الإنسان (لا يمكن رؤيتهما، أو لمسهما، أو شمّهما، أو تذوقهما، أو سماعهما) ، كما لا يمكن تغيير مسارهما المستقيم في الفراغ بواسطة المجالات الكهربية، أو المغناطيسية المعتادة، بيد أن كلتيهما من الممكن أن تحيدا عن مسارهما عند السطح الفاصل بين مادتين مختلفتين، أو عند التصادم مع جسيمات أولية، مثل: الإلكترونات. وتمثل الأشعة السينية وأشعة جاما والشريحة العليا في طاقة الأشعة فوق البنفسجية فصيلة الجزء المؤين من طيف الموجات الكهرومغناطيسية (القادر على طرد إلكترونات من ذرات المادة). في حين أن الجزء المتبقي من الطيف الكهرومغناطيسي، مثل: الضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء، وموجات الإذاعة والتيلفزيون والاتصالات والملاحة، يمثل فصيلة الأشعة غير المؤينة.

وعلى الرغم من التشابه بين الأشعة السينية وأشعة جاما في خصائص كثيرة، وتطابقهما في مدى محدود من التردد والطاقة، فإن الاختلاف الجوهري (الجذري) بينهما يتمثل بالمنشأ، حيث أن الأشعة السينية تنشأ خارج نواة الذرة؛ ولذلك تسمى أشعة ذرية. وأما أشعة جاما فتنشأ داخل نواة الذرة؛ ولذلك تسمى أشعة نووية، أو أشعة ذرية باعتبار أن النواة جزء من الذرة.

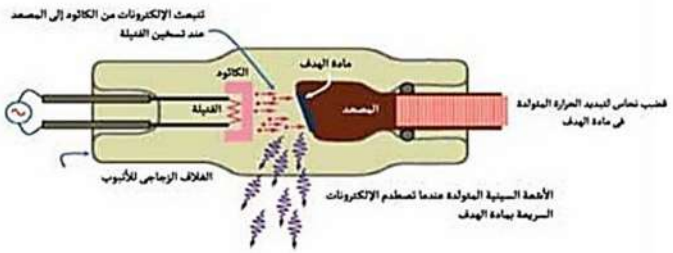
3-1 مصادر الأشعة السينية

تنحصر مصادر الأشعة السينية منذ اكتشافها إلى يومنا هذا، في مجموعتين: مصادر طبيعية، ومصادر صناعية، فأما المصادر الطبيعية فتتمثل في النجوم الملتهبة الموجودة في أنحاء متفرقة من الكون، مثل: النجوم الموجودة في برج العقرب (Scorpius X-١) ، الواقع باتجاه مركز درب التبانة في نصف الكرة الجنوبي، التي تم اكتشافها عام 1962م[5].

في حين تتمثل المصادر الصناعية للأشعة السينية في أجهزة خاصة صنعها الإنسان؛ لتتوافق مع الأغراض الحياتية المختلفة. وحري بالذكر أنه مهما اختلف الأجهزة فإن مقومات الحصول على الأشعة السينية ثلاثة: مصدر للإلكترونات، ووسيلة لزيادة طاقة . حركة تلك الإلكترونات، بالإضافة إلى جسم مادي صلب تصطدم به الإلكترونات بعد تعجيلها، ويسمى «الهدف». وهذه المكونات الثلاث توجد في أبسط صورها داخل أنابيب مفرغة من الهواء إلى أقصى حد ممكن؛ ولذلك فإن هذه الأنابيب تمثل الجزء الرئيس في أجهزة إنتاج الأشعة السينية العادية. وتختلف الأنابيب التي تنتج الأشعة في الشكل، وربما في التفاصيل الداخلية طبقا لنوع التطبيق، ولكنها تتفق في أساس العمل [6].

4-1 أنابيب الأشعة السينية

أنابيب الأشعة السينية إما أن تكون محكمة الغلق، وإما أن تكون متصلة بمضخة على نحو مستمر؛ لحفظ الضغط الداخلي عند قيمة معينة. ويمكن التعرف على المكونات الأساسية لأنابيب الأشعة السينية بالاطلاع على ما يتضمنه الشكل رقم (1-1). ويلحظ أن الأجزاء الرئيسية تتمثل بغلاف زجاجي محكم الغلق، مصنوع عادة من زجاج خاص يحتوي دائرة الكاثود والمصعد، وذلك تحت ضغط منخفض جدا (أقل من 0.01 ميلليمتر زئبق، مع العلم أن الضغط الجوي العادي يكافئ 760 ميلليمتر زئبق)[6]. ودائرة الكاثود تتضمن فتيلة مغلفة بقناع الكاثود (الفتيلة عبارة عن سلك رفيع جدا من مادة تتمتع بدرجة انصهار عالية حتى لا تتلف بسرعة مع ارتفاع درجة حرارتها). وأما المصعد فيتضمن مادة الهدف في مواجهة الكاثود. يضاف إلى ذلك ضرورة وجود مصدر مستمر للطاقة الكهربية يسبب فرق جهد كهربي كبير بين طرف الأنبوب أثناء التشغيل، بشرط أن يكون المصعد موجبا بالنسبة للكاثود. فرق الجهد الكهربي يصل إلى عشرات الآلاف من الفولت. كل ألف فولت يسمى "كيلوفولت".[6].



شكل رقم (1-1) رسم توضيحي مبسط لأنبوب الأشعة السينية ذات المصعد الثابت، والفتيلة الساخنة [7].

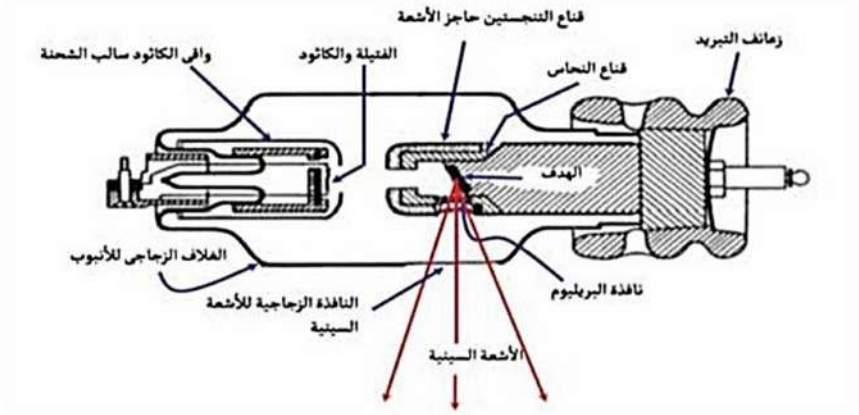
عند تسخين الفتيلة ينطلق منها فيض من الإلكترونات ذات طاقة حركة صغيرة. وتكتسب هذه الإلكترونات طاقة كبيرة جدا بسبب تعرضها لفرق جهد كهربي أثناء انطلاقها تجاه الهدف. ويسمى سيل الإلكترونات المعجلة بـ «تيار الأنبوب». وعند اصطدام الإلكترونات المعجلة بمادة «الهدف» تنتج «الأشعة السينية»، حيث تنطلق من مادة الهدف إلى جميع الاتجاهات تقريبا؛ لذلك تستعمل المحرمات Collimators؛ لتقييد اتجاهات الأشعة السينية الناتجة نحواتجاه محدد، ومن ثم تشكيل حزمة من أشعة متوازية يمكن استخدامها في تطبيقات مفيدة مختلفة. ولكي تعمل أنابيب الأشعة السينية بكفاءة عالية لابد أن يكون ضغط الهواء داخل الغلاف الزجاجي منخفض جدا (تفريغ الهواء عال جدا)؛ وذلك لمنع الإلكترونات المعجلة من التصادم والتفاعل مع ذرات الهواء بالأنبوب، ومن ثم تفقد جزءا من طاقتها التي تستخدم؛ للحصول على الأشعة بالكثافة المطلوبة. كما أن تفريغ الهواء من الأنبوب يحفظ الفتيلة الساخنة من تغير كفاءة سطحها بسبب الأكسدة، ومن ثم تنقص كثافة فيض الإلكترونات المنبعثة من سطح الفتيلة. ويخلى الهواء المحبوس في مكونات أنبوب الأشعة السينية أثناء التصنيع بواسطة دورات تسخين متتالية؛ لضمان بقاء درجة تفريغ الهواء ثابتة داخل الأنبوب. وعلى الرغم من ذلك، يتراكم في بعض الأنابيب قليل من الهواء، إما على إثر استعمالها لفترات زمنية طويلة، وإما لعدم كون لحام الأنبوب مع الوصلات الطرفية عبر الغلاف الزجاجي مثاليا. وبصرف النظر عن سبب وجود هواء، فإن الفتيلة تتحطم بسرعة في الأنابيب التي تحتوي على هواء، حتى وإن كان قليلاً، ومن ثم يصبح الأنبوب معدوم الفائدة. وتضمنت أكثر أنابيب الأشعة السينية مصيدة أيونات نشطة"؛ لإزالة ذرات وجزيئات الهواء التي تظهر في الأنابيب بصرف النظر عن مصدرها، ومن ثم التغلب على هذه المشكلة [6،8].

الغلاف الزجاجي لأنبوب الأشعة السينية يستطيع امتصاص بعض الأشعة السينية منخفضة الطاقة؛ لاحتوائه على عنصر السيليكون. وقد صنعت نافذة من عنصر البريليوم في بعض أنابيب الأشعة السينية؛ للتغلب على هذه المشكلة كما هو موضح في الشكل (2-1). والغرض من صنع هذه النافذة هو السماح لأكبر نسبة من الأشعة السينية منخفضة الطاقة بالمرور خلال الغلاف إلى خارج الأنبوب الذي يعمل عند فرق جهد كهربي منخفض نسبيا. والسبب في اختيار البريليوم يرجع إلى كون السيليكون أعلى كثافة من البريليوم (كثافة السيليكون = 2,33 جرام/سم" ، بينما كثافة البريليوم=1.85 جم/سم")، بالإضافة إلى احتواء ذرة السيليكون على أربعة عشر إلكترونا، في حين أن ذرة البريليوم تحتوي على أربعة إلكترونات فقط؛ لذلك يمتص البريليوم مقدارا أقل بكثير مما يمتصه السيليكون من الأشعة السينية منخفضة الطاقة [8،9].

5-1 أنابيب المعدن والزجاج / المعدن والخزف

تتبخر أعداد هائلة من ذرات مادتي الكاثود والمصعد تحت تأثير الجهد الكهربي العالي والتشغيل لفترات طويلة. والذرات المتبخرة تترسب على الغلاف الزجاجي للأنبوب، وتكون طبقة معدنية رفيعة تقلل من قيمة خاصية العزل الكهربي للزجاج، ومن ثم تؤثر سلبا في الفترة الزمنية لتشغيل الأنبوب بالكفاءة المطلوبة. ولتجنب هذا التأثير وإطالة عمر الأنابيب، يصنع الجزء الأوسط للغلاف الزجاجي في بعض الأنابيب من مادة معدنية؛ لإنشاء جهد كهربي محدد، قيمته أقل من الجهد الكهربي بين الكاثود والمصعد، ويعمل الجزء المعدني في غلاف الأنبوب على تجميع الذرات المتبخرة الشاردة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضا إزالة جزء من الإلكترونات الثانوية المنبعثة من المصعد تحت تأثير الإلكترونات المعجلة القادمة من الكاثود ،

ومن ثم تقليل تشتت الأشعة السينية؛ نتيجة اصطدامها بالإلكترونات الثانوية في الفراغ أمام مادة الهدف [10].



شكل رقم (1-2) رسم تخطيطي لأنبوب أشعة سينية علاجية. ويلحظ أقنعة النحاس والتنجستين المحيطة بمادة المصعد عند موضع تثبيت الهدف [11].

وقد أدت أبحاث كثيرة حول تطوير تركيب أنبوب الأشعة السينية إلى ظهور أنبوب المعدن والخزف (السيراميك). وهذا الأنبوب يتمثل بأسطوانة من الفولاذ مثبتة وملحومة بإحكام مع عوازل خزفية عند نهايتيها. العوازل الخزفية مصنوعة من مجموعة أكاسيد معدنية مثل أكسيد الألومنيوم. وتحمل هذه العوازل مكونات القطب السالب (الكاثود) في أحد الطرفين، والقطب الموجب (المصعد) مثبت في الطرف الآخر. وتتميز الأنابيب المعدنية الخزفية بصغر الحجم، وعظم المتانة مقارنة بالأنابيب الزجاجية المكافئة في الأداء. كما تتيح هذه الأنابيب مرونة أكثر في مجموعة الدوائر الكهربائية المرتبطة بالأنبوب [10].

1-6 المكونات الرئيسية لأنبوب الأشعة السينية

1-6-1 الفتيلة : مصدر الإلكترونات

تختار مادة الفتيلة في أنابيب الأشعة السينية من بين الفلزات التي تتمتع بدرجة انصهار مرتفعة. وتستخدم فتيلة مصنوعة من سلك رفيع من التنجستين في معظم أنابيب الأشعة السينية، حيث تبلغ درجة حرارة انصهاره 3422 درجة مئوية [6]. والسلك الرفيع يعمل على المساحة مقاومة مرور التيار الكهربي خلاله؛ ولذلك ترتفع درجة حرارة السلك مع زيادة شدة التيار الكهربي المار فيه، وقد تصل إلى أمبيرات عدة (الأمبير: وحدة لقياس شدة التيار الكهربي). تتحرر الإلكترونات من سطح الفتيلة الساخنة بمعدل يتزايد مع زيادة شدة التيار الكهربي. وتنطلق الإلكترونات مسرعة نحو المصعد تحت تأثير فرق جهد كهربي كبير حتى تصطدم ببقعة صغيرة في مادة الهدف التي تسمى بقعة التجميع (أو البقعة البؤرية)، وهي ا التي تسقط عليها الإلكترونات المعجلة، وتنطلق منها الأشعة السينية. وكلما انحصر اصطدام الإلكترونات المعجلة في بقعة صغيرة من الهدف، كان أداء الأشعة الصادرة أفضل عند الاستخدام، مثل: الحصول على صور إشعاعية أكثر وضوحًا. ولذلك يؤخذ في الحسبان أثناء تصميم الأنبوب ضرورة انطلاق الإلكترونات من الفتيلة على شكل حزمة رفيعة جدا. وتثبت الفتيلة داخل غلاف معدني سالب الشحنة؛ لإتمام هذا الهدف. وهذا الغلاف يعمل على تنظيم حركة الإلكترونات في

شكل شعاع بواسطة قوة التنافر الكهروستاتيكية بين الغلاف المعدني والإلكترونات سالبة الشحنة. ويطلق على الفتيلة والغلاف المعدني معًا دائرة الكاثود (أو القطب السالب)[6].

2-6-1 المصعد : مجمع الإلكترونات

المصعد قضيب اسطواني من النحاس تحتوي نهايته المواجهة للقطب السالب (الكاثود) على شريحة مادة الهدف. واصطدام الإلكترونات المعجلة بمادة الهدف في بقعة صغيرة نسبيا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الهدف؛ ولذلك يعد التخلص من هذه الحرارة أحد المتطلبات المهمة عند تصميم مادة الهدف. ويتخلص من الحرارة الناتجة أثناء التشغيل بأكثر من طريقة حسب التصميم، والغرض من استخدام الأنبوب. ويمكن التخلص من الحرارة بواسطة التوصيل الحراري عبر قضيب المصعد إلى خارج الأنبوب؛ لتتم عملية التبريد بالزيت، أو أي وسيلة أخرى، مثل: زعانف التبريد، وخاصة في أنابيب المصعد الثابت (انظر: الشكل رقم 1-2). أما شريحة الأنابيب التي تحتوي على مصعد دوار يتحرك حركة دائرية سريعة، فتوزع الحرارة المتولدة على أكبر مساحة ممكنة من مادة الهدف (انظر: الشكل رقم 1-3). وترسل هذه الحرارة إلى مخزن من الزيت محيط بالأنبوب. وهذا المخزن يؤدي وظيفتين، الوظيفة الأولى: تبديد الحرارة المتولدة في مادة الهدف، والوظيفة الثانية: عزل الأنبوب عن مصدر الجهد الكهربي العالي.

شكل رقم (1-3) أنبوب حديث للأشعة السينية يتميز بوجود المصعد الدوار [12].

تكون المصاعد الثابتة لدى بعض أنابيب الأشعة السينية محاطة بطبقات متداخلة في شكل أقنعة من النحاس والتنجستين؛ لمنع الإلكترونات ا لشاردة من الاصطدام بالغلاف الزجاجي، أو أي مكونات أخرى بالأنبوب. والإلكترونات الشاردة هي: الإلكترونات الثانوية التي نتجت عن مادة الهدف عند اصطدام الإلكترونات السريعة القادمة من الفتيلة (الإلكترونات الرئيسة) بها، وفي الوقت نفسه تقلل من فرصة ارتداد الإلكترونات إلى الخلف تجاه القطب السالب عندما تصبح مادة الهدف ساخنة جدا. في حين أن قناع التنجستين المحيط بالنحاس يمتص الأشعة السينية المتولدة في قناع النحاس، أو بالأحرى تُخفض كثافة شعاع الأشعة السينية في الاتجاهات الأخرى، وهي غير مرغوب فيها (انظر: الشكل رقم 1-2). والفتحات الموجودة القناع ضرورية؛ لكونها تسمح للإلكترونات المعجلة بالوصول إلى الهدف، كما تسمح أيضا للأشعة السينية أن تنبعث في الاتجاه المطلوب.

3-6-1 الهدف

الهدف شريحة معدنية توضع ضمن المصعد في مسار الإلكترونات المعجلة القادمة من الكاثود. وتستخدم في العادة شريحة من التنجستين كهدف معدني في أنابيب الأشعة السينية المستخدمة في التطبيقات المختلفة، وخاصة التطبيقات الطبية؛ لأنه يتحمل درجات الحرارة العالية؛ نظرا لارتفاع درجة انصهاره. وعلى الرغم من ذلك فإن ارتفاع حرارة مادة الهدف بدرجة كبيرة أثناء التشغيل قد يتسبب في حدوث نتوءات وتشققات تعمل على تقليل كفاءة إنتاج الأشعة السينية بعد فترة زمنية قد تطول أو تقصر من تاريخ بداية التشغيل. وهذا الخلل تطلب استبدال التنجستين النقي بسبيكة من الرينيوم rhenium ، والتنجستين، ويشكل الرينيوم فيها نسبة (5-10%) [9]. وتتميز هذه السبيكة بمقاومة عالية ضد حدوث تشققات، وذلك عند الرغبة في الحصول على أشعة سينية ذات طاقة عالية (الأشعة السينية القاسية)". وتستخدم شرائح من الموليبدنوم (Z،Mo=42)؛ أو الروديوم (Z،Rh=45) كمادة هدف في بعض التطبيقات الخاصة للأشعة السينية منخفضة طاقة (الأشعة السينية اللينة-الناعمة)، مثل: الفحص الإشعاعي للثدي [9] mammography. في حين عند استخدام الأشعة السينية في تحليل البلورات crystallography فإن مادة الهدف في الأنبوب تكون في الغالب مصنوعة من النحاس (Z=29) ، مع استخدام الكوبالت (Z=27)، وذلك عندما يكون مستوى أشعةظاهرة الفلورية الصادرة عن الحديد الموجود في العينة عاليا؛ مما قد يسبب وتؤثر مادة الهدف في أنبوب الأشعة السينية في كثافة أو كمية الأشعة الناتجة عند فرق جهد كهربي معين بين طرفي الأنبوب بفرض ثبات شدة التيار؛ ولذلك تختلف مادة الهدف تلك بناء على نوع التطبيق للأشعة.

7-1 آليات انبعاث الأشعة السينية من المادة

توجد آليتان مختلفتان؛ لإنتاج الأشعة السينية من المادة، حيث تسمى الأولى: آلية الفرملة نسبة إلى الكلمة الألمانية bremsstrahlung، وتنتج عنها أشعة سينية مستمرة تسمى أيضا أشعة الفرملة. أما الآلية الثانية فتنتج عنها الأشعة السينية المميزة. بسبب

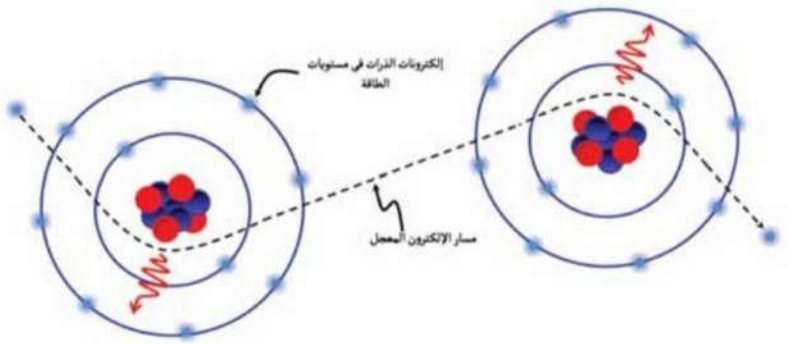
1-7-1 الأشعة السينية المستمرة

تنتج الأشعة السينية المستمرة عندما يحدث تفاعل بين الإلكترونات المعجلة عالية الطاقة مع أنوية ذرات مادة الهدف. وعندما يمر الإلكترون المعجل بالقرب من النواة يحدث تفاعل بين المجال الكهربي لكليهما، فينتج عنه انحراف مفاجئ لمسار الإلكترون، وفقد جزء من طاقته تناقص تسارع الحركة، وهو ما يسمى بعملية «الفرملة» (انظر: الشكل رقم 1-4). والطاقة التي يفقدها الإلكترون تنتشر في الفراغ بواسطة المجالات الكهرومغناطيسية، أي: في شكل موجات كهرومغناطيسية طبقا لنظرية ماكسويل العامة للإشعاع الكهرومغناطيسي [9].

وقد يتناقص تسارع الإلكترون الواحد أكثر من مرة على طول مساره في مادة الهدف. وكل تفاعل من هذا النوع قد ينتج عنه فقدان جزء من طاقة الإلكترون أو كلها، ومن ثم فإن الفوتونات الناتجة قد تمتلك أي مقدار من الطاقة حتى قيمة عظمى تساوي الطاقة الأصلية للإلكترون المعجل، أي: أن طاقة الأشعة السينية الناتجة تكون متصلة ومحصورة في مدى معين؛ ولذلك سميت بـ «الأشعة السينية المستمرة». ويعتمد اتجاه انبعاث الفوتون على طاقة الإلكترون أيضا. وكلما زادت طاقة الإلكترون، يصبح اتجاه انبعاث الفوتون أقرب إلى اتجاه الإلكترون المعجل قبل التأثر بالمجال الكهربي لبروتونات النواة. لذلك عندما تبلغ طاقة الإلكترون ملايين عدة من

الإلكترون فولت، كما يحدث في معجلات الجسيمات، تقصف الإلكترونات المعجلة مادة الهدف من جانب واحد ، فتنبعث الأشعة السينية على الجانب الآخر. أما في أنابيب الأشعة السينية منخفضة الجهد الكهربي نسبيا، فتنطلق الأشعة السينية الناتجة في جانب الهدف نفسه، وتكون عادة عمودية على اتجاه شعاع الإلكترونات المعجلة القادمة من الكاثود

(انظر: الشكل رقم 1-2).



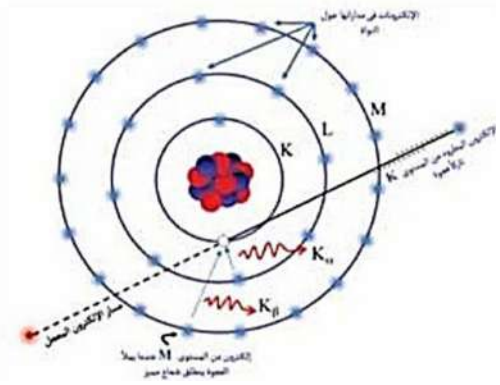
شكل رقم (1-4) رسم تخطيطي يمثل انطلاق الأشعة السينية المستمرة عند انحراف الإلكترون المعجل عن مساره [13].

وتعتمد كفاءة إنتاج الأشعة السينية على العدد الذري لمادة الهدف، وفرق الجهد الكهربي بين المصعد والمهبط (الكاثود) على النحو التالي: (الكفاءة = 10× ×العدد الذري × فرق الجهد الكهربي). وعلى سبيل المثال: إذا كانت مادة الهدف هي التنجستين (Z=74) ، وفرق الجهد الكهربي حوالي 100 كيلوفولت فإن الكفاءة تكون أقل من 1٪ ، ومن ثم تكون نسبة الطاقة المتحولة إلى حرارة في أنبوب الأشعة السينية أكثر من 99٪؛ لذلك ينبغي أن تتسم وسيلة التخلص من هذه الحرارة المرتفعة بالكفاءة العالية، بالإضافة إلي اختيار مادة الهدف ذات درجة حرارة انصهار مرتفعة بقدر الإمكان مع مراعاة الخصائص الأخرى التي يجب أن تتمتع بها [6].

1-7-2 الأشعة السينية المميزة

لا تعاني كل الإلكترونات المعجلة التي تقصف مادة الهدف من تناقص تسارع الحركة؛ نتيجة لاقترابها من أنوية الذرات، ولكن جزءا من هذه الإلكترونات يصطدم بإلكترونات في المدارات القريبة من النواة. ويترتب على هذا الاصطدام إخراج بعض الإلكترونات عن مداراتها إلى خارج الذرة، ومن ثم تتأين الذرات. في حين تنقص طاقة كل إلكترون من الإلكترونات الأصلية المعجلة بمقدار ما فقده في التصادم وهو يساوي ما اكتسبه الإلكترون المخرج من الطاقة. وجزء من هذه الطاقة ينفقه الإلكترون المخرج في التغلب على ارتباطه بنواة الذرة، ويتحرك بالجزء المتبقي من الطاقة بعيدا عن الذرة، تاركا فجوة في المدار الذي كان يشغله.

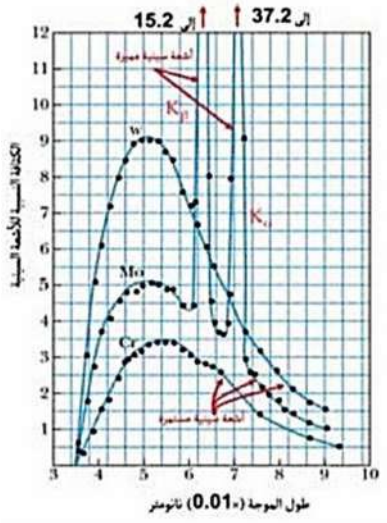
وبمجرد تكوين فجوة في المدار، يتهاوى أحد الإلكترونات من المدارات الخارجية البعيدة عن النواة؛ ليملأ المكان الشاغر (انظر: الشكل رقم 1-5).



شكل رقم (1-5) تنتج الأشعة السينية المميزة عند انتقال إلكترون من المدارات البعيدة عن النواة؛ ليملأ الفجوة التي تركها الإلكترون المطرود [13].

ويفقد الإلكترون المتهاوي أثناء انتقاله جزءا من طاقته؛ ليناسب ما يملكه من طاقة الموضع الجديد، في حين أن الطاقة التي فقدها تنتشر في شكل إشعاع كهرومغناطيسي تختلف طاقته من عنصر لآخر؛ لذلك تدعى «الأشعة المميزة»، أي: مميزة للذرات المكونة مادة الهدف، والمدارات التي انتقلت الإلكترونات بينها. وعندما تكون مادة الهدف ذات عدد ذري كبير مثل التنجستين، وتتم الانتقالات بين المدارات الداخلية، فإن الأشعة المميزة تمتلك طاقة في نطاق الأشعة السينية من الطيف الكهرومغناطيسي؛ ولذلك تسمى «الأشعة السينية المميزة» [4]

وطاقة الأشعة السينية المميزة تكون دائما في مدى طاقة الأشعة السينية المستمرة، كما هو موضح في الشكل رقم (1-6). ويرجع السبب في ذلك أن الإلكترونات الأولية المعجلة تمتلك ذات الطاقة وقد تفاعلت بطريقتين مختلفتين مع ذرات مادة الهدف؛ لإنتاج نوعي الأشعة، لذلك تزداد كثافة الأشعة عند طاقات (أطوال موجية) محددة للفوتونات المنبعثة. تلك الطاقات تكافئ الفرق بين طاقة المدارات الداخلية القريبة من أنوية ذرات مادة الهدف، والتي تختلف من عنصر لآخر.



شكل رقم (1-6) تعتمد الكثافة النسبية للأشعة السينية (المستمرة + المميزة) المنبعثة من التنجستين (W)، والموليبديوم (Mo)، والكروم (Cr)، على الطول الموجي [14].

ونظرا لاتساع مدى طاقة الأشعة السينية المنبعثة من أي مصدر، فإن كل الفوتونات لا تتمتع بالقدرة نفسها على النفاذ خلال أي مادة، سواء أكانت مادة صلبة أو رخوة: كالجسم البشري. وكلما زادت طاقة الفوتونات كانت قدرتها على النفاذ أكبر، ومن ثم عند توجيه شعاع بالمواصفات الواردة في الشكل رقم (1-6) إلى الجسم البشري مثلاً، فإننا نجد ارتداد بعض الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة نحو الخلف (تنعكس) ، ثم يمتص الجزء الباقي بالقرب من سطح الجسم. في حين أن الأشعة السينية ذات الطاقة المتوسطة تمتص في الجزء الداخلي،وأما ذات الطاقة العالية فتستطيع المرور عبر كل الجسم إلى الجانب الأخر. فإذا كان الغرض من استخدام الأشعة السينية تصوير المكونات الداخلية للجسم، أو أي مادة واقعة تحت الفحص، فإن الأشعة النافذة هي المناسبة، ومن ثم تصبح الأجزاء الممتصة في الجسم من الأشعة الساقطة معدومة الفائدة، وربما تسبب ضررا يتمثل بعرقلتها استخدام هذه الأشعة بطريقة مثالية. أما إذا كان الغرض من استخدام الأشعة السينية، فحص وتفتيش الأشخاص المشتبه في حملهم أسلحة نارية أو غير ذلك مما يخفونه تحت ملابسهم، فتستخدم الأشعة منخفضة الطاقة بكفاءة؛ وتتطلب معظم التطبيقات أشعة سينية محددة الطاقة، ولكن الأشعة المنبعثة تكون غالب افي مدى واسع عند الكثافة النسبية المنخفضة؛ لذلك تستخدم المرشحات المختلفة؛ لانتقاء جزء محدد من طاقة الأشعة السينية الناتجة عن المصدر؛ لتلاءم التطبيق المنشود، وذلك بالتخلص من الفوتونات منخفضة الطاقة من الأشعة قبل استخدامها.

1-8 المرشحات

المرشح شريحة من مادة ماصة للأشعة السينية، وتوضع في مسارها؛ لكي تخفض كثافة الأشعة طويلة الموجة (منخفضة الطاقة). والأشعة السينية تعبر أوساطا مادية عديدة قبل أن تصل إلى حيز التطبيق، مثل: الغلاف الزجاجي لأنبوب الأشعة السينية، والزيت الذي يحيط بالأنبوب، ونافذة خروج ا الأشعة. وهذه المخفضات تمتص بعض الأشعة السينية الناتجة، وهي تجعل الأشعة قاسية: أي: تضيق مدى طاقتها نحو الطاقة المرتفعة؛ ولذلك يطلق على هذه العملية «الترشيح الذاتي لأنبوب الأشعة السينية». وربما لا تكفي عملية الترشيح الذاتي في كثير

من التطبيقات؛ لذا تستخدم مرشحات أخذت من مركبات مختلفة، بحيث توضع في مسار الأشعة قبل أن تصل إلى موضع الاستخدام. والترشيح الكلي يكافئ مجموع العمليتين [6]

وتكمن وظيفة مادة المرشح في إزالة الفوتونات منخفضة الطاقة بأفضل كفاءة، وأقل تأثير ممكن في الفوتونات عالية الطاقة؛ لذلك فإن إضافة المرشحات يساعد على تناقص العدد الكلي للفوتونات؛ لأنها تمتص الفوتونات منخفضة الطاقة، أي: تنقص كثافة حزمة الأشعة، وهكذا يزيد متوسط طاقة الفوتون. والمرشح المناسب لابد أن تتوفر فيه ثلاثة شروط أساسية هي: أن يتفاعل مع الأشعة، ما يسمى التأثير الكهروضوئي، وألا تكون حافة الامتصاص (مستوى الطاقة الأقرب لنواة الذرة) قريبة من طاقة الفوتونات المرغوب فيها، وأن يكون سمك مادة المرشح منتظما وخاليا من الفجوات، مع العلم أن أية عيوب من الممكن أن تؤثر في وظيفته. إن حواف الامتصاص تختلف من عنصر إلى آخر، كما أن لكل غرض طاقة تناسبه، وهذا يعني إمكانية استخدام أكثر من مادة كمرشح، مثل: الزركونيوم، والفضة، والإنديوم، والمولبيديوم، والحديد، والرصاص، والقصدير، والنحاس، والألمونيوم [15].

فعلى سبيل المثال: إذا استخدم المولبيديوم كمادة هدف في أنبوب الأشعة السينية، فإنه يمكن استخدام المرشحات التالية: الزركونيوم؛ لامتصاص أشعة الفرملة، والخط المميز الناتج عن انتقال الإلكترون من المستوى M إلى المستوى K، والمسمى K، ويستخدم مرشح الحديد؛ لامتصاص B كل الأشعة السينية الناتجة. في حين يستخدم مرشح المولبيديوم؛ لامتصاص أشعة الفرملة تاركا الخطين المميزين Kو K وأما مرشح الألمونيوم فيستخدم؛ لتقليل تأثير أشعة الفرملة، وامتصاص القمم المتولدة في الجيل الثالث من طيف الأشعة السينية (الخطوط الناتجة عن انتقال الإلكترونات من المدارات العليا إلى المستوى M). في حين يستخدم مرشح الفضة كاستخدام الألمونيوم، ولكن بدرجة تأثير أكبر منه. وكذلك يستخدم مرشح النحاسمثل الألمونيوم، ولكن يترك الخطوط المميزة للجيل الأول (الناتجة عن انتقال الإلكترونات إلى المستوى K). كما تتطلب بعض التطبيقات مرشحات مكونة من مواد عدة بترتيب محدد، مثل:مرشح ثورايوس Thoraeus filter ، المستخدم في المجال الطبي، ويتكون من (0.4ممقصدير+0.25مم نحاس +0.1 مم ألومنيوم). كما يوجد نوعين آخرين من مرشح ثورايوسحيث يتغير فقط سمك شريحة القصدير في أحدهما إلى 0.8 مم بينما في المرشح الآخريصبح 1,2 مم [16].

9-1 رصد وقياس الأشعة السينية

عند استخدام الأشعة السينية، لا يكفي توجيهها إلى موضع التطبيق فترة من الزمن فقط، ولكن، من الأهمية بمكان، معرفة مقدار ما تم امتصاصه من تلك الأشعة داخل المواد التي وجهت إليها مثل جسم الإنسان أو حاوية بضائع؛ لأن ذلك يحمل كمية من المعلومات المطلوبة حول التركيب الداخلي لتلك المواد. فمنذ اكتشاف الأشعة السينية عام 1895، تم اختراع وتطوير العديد من التقنيات للكشف عن ورصد الأشعة السينية. ولقد كانت أفلام التصوير هي الوسيلة المتاحة آنذاك؛ للقيام بمهمة الكشف عن كثافة الأشعة النافذة – الأجسام الكثيفة، وتوزيعها، ومازالت لها قيمتها في الاستخدامات المتعددة، مثل: التصوير الإشعاعي الطبي وغيره. وبالرغم من التحسينات التي طرأت على أفلام التصوير، إلا أنها مازالت وسيلة استاتيكية؛ حيث لا يستخدم الفيلم سوى مرة واحدة، وتعرف تفاصيل الصورة بعد معالجة الفيلم، التي تستغرق فترة من الزمن وقد تؤثر على جودة الصورة. ولذلك، بذلت ومازالت تبذل جهود كثيرة؛ للبحث عن وسائل أكثر سرعة ودقة للكشف عن الأشعة السينية . وللكشف عن الأشعة

السينية ورصدها، يحتاج المرء إلى مادة قادرة على امتصاص الأشعة السينية الواردة، وتحويل طاقة فوتونات الأشعة إلى إشارات كهربائية، وهناك طريقتان: لتحقيق هذا الهدف؛ طريقة مباشرة وأخرى غير مباشرة. وتستخدم في الطريقة غير المباشرة مواد "الوميضيات" scintillators، وتتميز بقدرتها على تحويل الأشعة السينية إلى فوتونات الضوء المرئي. ويكشف عن الضوء الناشئ عن هذه العملية باستخدام الكواشف البصرية التقليدية. أما الطريقة المباشرة فتستخدم فيها كواشف من أشباه الموصلات التي لديها القدرة على تحويل فوتونات الأشعة السينية مباشرة إلى إشارات كهربائية .وأما بشأن التطبيقات الأنموذجية؛ للكشف غير المباشر عن الأشعة السينية، فيستخدم فيها بلورات يوديد الصوديوم المطعمة بمادة الثاليوم(NaI Tl)، أو بلورات يوديد السيزيوم المطعمة بمادة الثاليوم(CsI (Tl كمادة وميضية، حيث تعد البلورات المطعمة بمادة الثاليوم إحدى أفضل المواد المعروفة لعمليات التوميض. وبمجرد التحول إلى الضوء المرئي، تسمى فإن الإشارة الضوئية لا تنتقل إلى اتجاه الفوتون الساقط على البلورة، بل ينبعث الضوء في كل الاتجاهات. وينجم عن ذلك وصول عدد قليل جدا من الفوتونات الضوئية المتولدة إلى الكاشف الحساس للضوء. ولزيادة وصول نسبة الضوء المتولد إلى الكاشف تصقل أسطح البلورات المستخدمة، بحيث تنعكس نبضات الضوء انعكاسا كليا إلى داخل البلورة بدلاً من تسربها نحو الخارج، ومن ثم زيادة احتمال وصولها إلى الكاشف. وللتعويض عن قيمة الإشارة الضوئية المنخفضة جدا. وتتطلب طريقة الكشف غير المباشرة أيضا استخدام أجهزة تسمى أنابيب المضخم (المضاعف) الفوتوني photomultiplier التي تتيح آلية تكبير عالية جدا للإشارة الضوئية، بحيث تصل إلى مليون مرة. وأما تقنية التحويل المباشر مع كواشف أشباه الموصلات، فيستخدم فيها: السيلينيوم غير المتبلور، والسيليكون غير المتبلور، وتلوريد الزنك والكادميوم . في حين يستخدم السيليكون العياري عادة للكشف . عن الأشعة السينية منخفضة الطاقة؛ وذلك بسبب تجانسه الجيد ، واستقراره إلى حد كبير، على الرغم من الارتفاع الطفيف في درجة الحرارة. وكذلك توجد كواشف أخري للرصد المباشر للأشعة السينية، تتمتع بقدرة إيقاف عالية للأشعة مقارنة بالسيليكون؛ وذلك بسبب الأعداد الذرية العالية لها. ومن أمثلة تلك الكواشف: الجرمانيوم عالي النقاوة (HPGe)، ومركبات أشباه الموصلات، مثل: زرنيخيد الجاليوم[34] (GaAs)، وتلوريد الكادميوم ((CdTe،وتلوريد الزنك والكادميوم (CdZnTe)، ويوديد الزئبق [17]

الفصل الثاني
التطبيقات الطبية للأشعة السينية

1-2 المقدمة

دخلت الأشعة السينية حيز التطبيق بعد اكتشافها مباشرة. وكان المجال الطبي أول التطبيقات التي استفادت من الأشعة السينية؛ نظرا لخصائصها غير المعتادة التي تمكننا من رؤية مكونات الجسم من الداخل بدون جراحة، أو إسالة دماء، أو حتى تخدير، ولا يستغرق الأمر سوى دقائق معدودة. والتصوير الطبي بالأشعة السينية المستخدم في التشخيص كان ومازال أوسع انتشارا من غيره حتى يومنا هذا؛ وذلك لدراسة التغيرات التي طرأت على البنية الأساسية للجسم البشري السليم، سواء أكان ذلك في شكل نمولللأنسجة غير المرغوب فيها (الأورام بنوعيها: الحميدة والخبيثة)، ووجود شروخ أو كسور في العظام، أو تسوس بالأسنان، وهكذا. وقد طورت في مراحل لاحقة أجهزة إنتاج أشعة سينية، تستخدم في علاج الأمراض السرطانية.

2-2 أنواع التصوير بالأشعة السينية في المجال الطبي

يعد التصوير بالأشعة السينية من أسرع الطرق وأسهلها على الطبيب؛ لفحص أنسجة وأعضاء الجسم الداخلية؛ لأنه يمثل أداة ممتازة تساعد على تقييم حالة العظام والأسنان والفكين. كما يستخدم في فحص منطقة التجويف الصدري بما في ذلك الرئتان، والقلب، وفحص الثدي، والقناة الهضمية، والكلى، والحالبين، وذلك من خلال الحصول على صور درجة وضوحها عالية. ويستخدم أيضا في قياس كثافة العظام، والجراحة التجبيرية، ومعالجة إصابات الألعاب الرياضية المختلفة. كما يعد التصوير بالأشعة السينية ركنا أساسيا في الكشف عن السرطان وتشخيصه، ومن ثم علاجه. وما زال التصوير التشخيصي بالأشعة السينية يمثل أكثر الإجراءات التشخيصية استخداما سنويا على مستوى العالم، مثل: المسح المقطعي المحسوب (التصوير المقطعي Computed Tomography) ، والأشعة التداخلية، والتصوير بالموجات فوق الصوتية، والتصوير بالرنين المغناطيسي، والطب النووي.

ويتضمن التصوير التشخيصي بالأشعة السينية مجموعة عريضة من التقنيات والتطبيقات. وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن تقسيمه إلى فصيلتين رئيسيتين: التصوير الإشعاعي العادي، والتصوير المقطعي، حيث نحصل على «صورة ثابتة» للمنطقة المصورة وتعرض على فيلم، أو على شاشة حاسوب. التصوير الفلوروسكوبي fluoroscopy ، حيث نحصل على صور متحركة آنية (فورية) للعضومباشرة على شاشة مراقبة، أو حاسوب؛ وذلك لفحص الوظائف الداخلية في الجسم. [18]

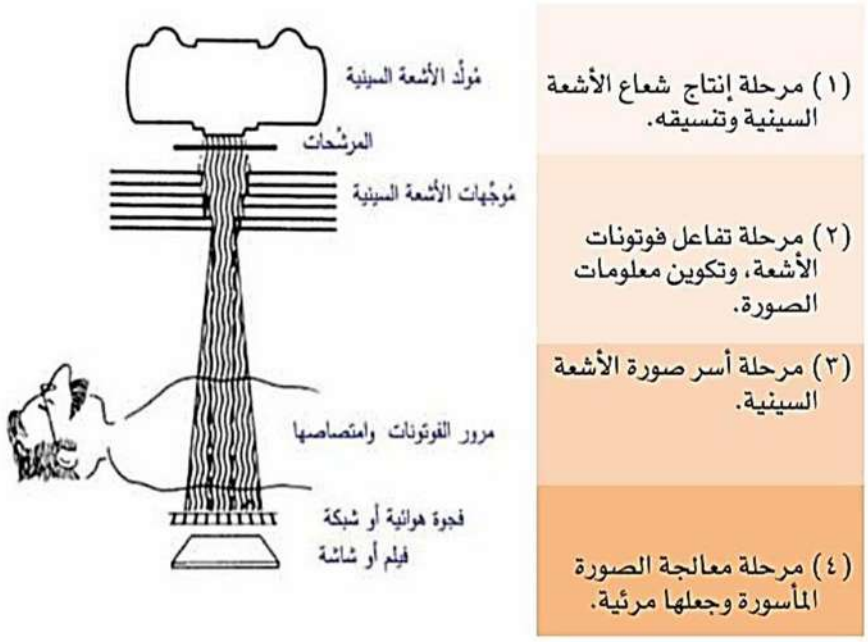
3-2 أهمية صورة الأشعة السينية

صورة الأشعة السينية هي: : أداة للمساعدة على تقييم حالة المريض، أي: وسيلة إثبات حالة. وعلى الرغم من ذلك فهي لا تؤثر فقط في التشخيص، ولكن يمتد أثرها إلى تقدير الاحتمالات الممكنة لدى المريض، ومن ثم اختيار الأسلوب الأمثل للعلاج. ويجب أن تتم عملية التصوير بالأشعة في الوقت المناسب من مراحل تطور حالة المريض؛ لكي تؤدي صورة الأشعة السينية دورها المنشود. كما يجب أيضا أن تطابق صورة الأشعة المواصفات التقنية الضرورية قبل عملية فحص الصور؛ لاستنباط المعلومات. إن استخدام صور الأشعة السينية يمكن أن يحسن بإذن الله المعلومات المتجمعة بواسطة الفحص السريري. والتشخيص الناجح يتطلب صورة إشعاعية مناسبة، وفحصا سريريا جيدا. وينبغي أن تتم عملية التصوير

التشخيصي بالأشعة السينية في أضيق الحدود؛ لأن المزيد من الصور الإشعاعية يعني المزيد من الجرعات الإشعاعية المنبثقة من مصدر للأشعة المؤينة [19].

1-3-2 مراحل التصوير بالأشعة السينية

يرتكز علم التصوير بالأشعة السينية في المجال الطبي على تجهيز الأشعة السينية الصادرة عن مصدر مناسب، ثم إسقاطها على المنطقة المطلوب تصويرها من الجسم، ثم استقبال الأشعة التي نفذت من الجسم، ثم تسجيلها بواسطة وسيلة مناسبة قد تكون فيلما أو جهازًا؛ لعد الفوتونات، ثم معالجة الفيلم بوسائل كيميائية أو فيزيائية؛ للحصول في النهاية على الصورة الإشعاعية. وهناك أربع مراحل رئيسية في نظام التصوير بالأشعة السينية، حيث صممت؛ لتحسين جودة الصورة، وخفض تعرض المريض للأشعة ، (انظر: الشكل رقم 2-1) وبيانها على النحو التالي:



شكل رقم (1-2) رسم تخطيطي يوضح المراحل الأربعة الرئيسية للتصوير التشخيصي بالأشعة السينية [20],

1- مرحلة إنتاج شعاع الأشعة السينية وتنسيقه: وتتضمن أنبوب الأشعة السينية، والمرشحات، والمحرمات (موجهات الأشعة collimators) التي صممت؛ لتوجيه شعاع فوتونات الأشعة السينية ذات النوعية والكمية الكافيتين إلى المريض؛ لتصوير جزء الجسم الخاضع للدراسة.

2- مرحلة تفاعلات الأشعة السينية التي تصطدم بجسم المريض؛ لإنتاج نمطي الامتصاص والتوهين اللذين سينتجان المعلومات المرئية على فيلم التصوير.

3- مرحلة نظامي أسر الصورة والتسجيل (فيلم، أو وسيلة إلكترونية)؛ لأسر نمط الفوتونات التي مرت خلال جسم المريض؛ لإنتاج الصورة التشخيصية.

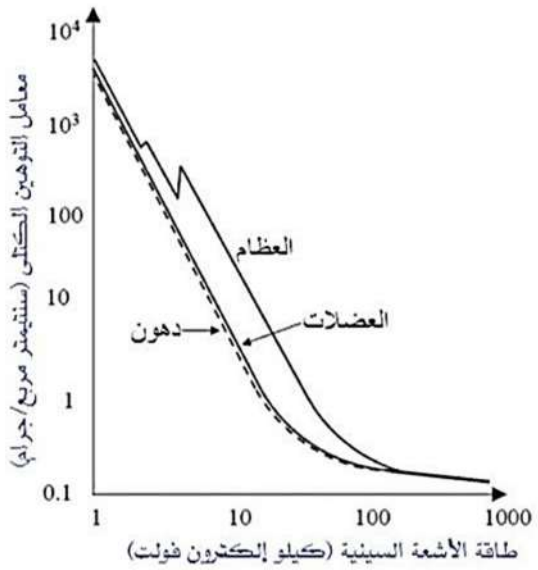
4- مرحلة معالجة التفاعلات التي نتجت عن الفوتونات المأسورة؛ لجعل المعلومات التي تحتوي عليها الصورة مرئية، سواء أكان ذلك بالوسائل الإلكترونية أو معالجة الفيلم.

تعتمد قدرة الأشعة السينية للنفاذ عبر المواد المختلفة على طاقة فوتونات الأشعة السينية، والخصائص الفيزيائية للمادة، مثل: كثافة الجسم وسُمكه. فكلما كانت كثافة أو سمك المادة أقل، صارت القدرة على النفاذ أعلى عند الطاقة نفسها.

تختلف أنسجة وأعضاء الجسم في الشكل والحجم والكثافة، وتختلف قيمة معامل التوهين للأشعة في تلك الأنسجة ضمن نطاق محدد من الطاقة، كما يتضح في الشكل رقم (2-1). تختار الأشعة السينية للتصوير الإشعاعي الطبي عند طاقة مثالية تكافئ أكبر تباين في قيم معامل التوهين لمكونات الجسم الموجودة في مسار الأشعة، ومن ثم نحصل على صور إشعاعية جيدة تتسم بوضوح التفاصيل تساهم في التشخيص الناجح . معامل التوهين يمثل مقياس لتناقص شدة الأشعة السينية في مسارها، ويعبر عنه بطريقتين: خطي (سم) أو كتلي (سم)/جرام). شدة الأشعة تمثل عدد فوتونات الأشعة السينية الساقطة على وحدة المساحات (م/سم) في الثانية، ويعبر عنها أيضاً بـ كثافة فيض الأشعة. في التعريف الأول تعتمد شدة الأشعة على المسافة الفاصلة بين مصدر الأشعة وموضع القياس. لذلك يعتبر استخدام المحرمات ضرورة ملمة للحصول على أشعة سينية متوازية ثابتة الشدة بصرف النظر عن موضع التطبيق ونوعه. [20]

4-2 فحص الصدر بالأشعة السينية

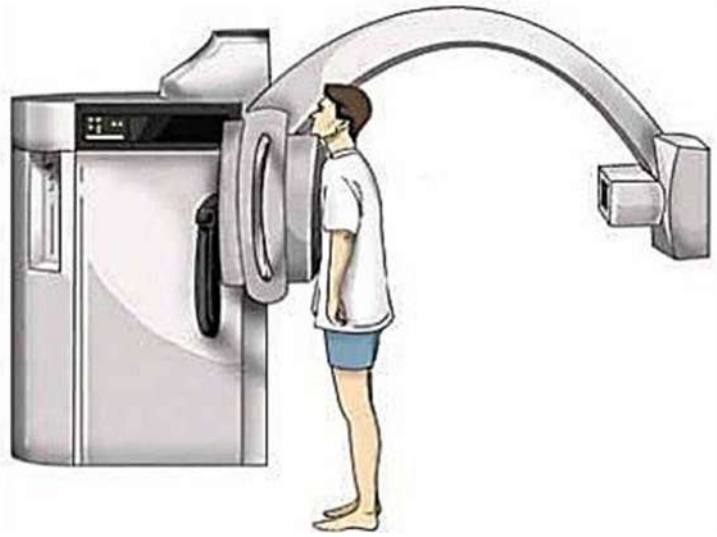
يمثل فحص الصدر بالأشعة السينية أكثر الفحوصات المتممة بالتصوير الإشعاعي في المجال الطبي، حيث تقدر بحوالي 45 ٪ من العدد الإجمالي لكل الفحوصات المستخدمة في هذا المجال. ولا تستغرق عملية التصوير سوى ثوان معدودات؛ ولذلك قد يعتقد أن القيام بهذه المهمة أمر يسير. بيد أن الأمر على نقيض ذلك، حيث أن تصوير الصدر بالأشعة يتطلب خبرة ودقة في الأداء؛ لكي نحصل على صورة بالمواصفات التي تلبي الغرض منها؛ لأن الصدر يحتوي على أنسجة مختلفة التكوين، مثل: الرئتين، بجانب أنسجة ناعمة، وعظام صلبة سميكة. والرئتان تتألفان من ملايين الحويصلات الهوائية ذات جدران رفيعة جدا، مملوءة تقريبا بالهواء؛ لذلك فإن إنتاج صورة تزودنا بكافة التفاصيل الدقيقة لكل التراكيب الموجودة في الصدر يتطلب تقنية وخبرة [21،22] كما هو موضح في الشكل رقم (2-2).



شكل رقم (2-3) صورة إشعاعية دقيقة لمنطقة الصدر، وتظهر فيها الرئتان أكثر سوادا من مناطق العظام [23].

- ماذا يحدث عند تصوير الصدر بالأشعة.

1- لابد أن يكون مصدر الأشعة السينية على أحد جانبي الجسم، أو الجزء المطلوب صويره، في حين يوضع الفيلم أو كاشف الإشعاع على الجانب الآخر (انظر: الشكل رقم 2-4).[24]



شكل رقم (2-4) أثناء التصوير التقليدي للصدر بالأشعة السينية يقف الشخص بين مصدر الأشعة وموضع الفيلم (أو كاشف الإشعاع) [24].

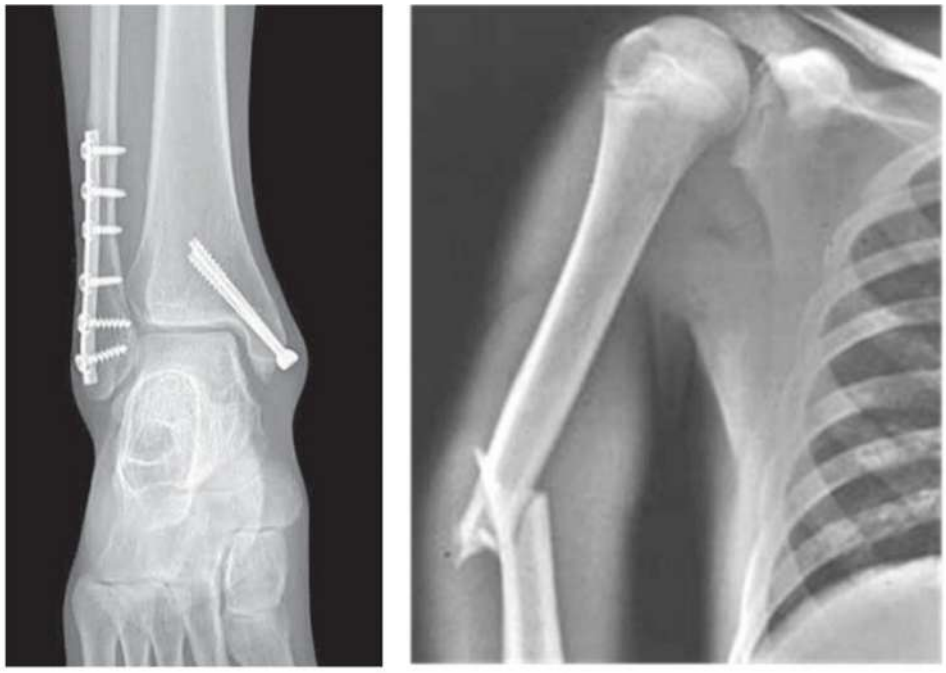
2- يمتص الكاشف أو الفيلم الفوتونات التي نفذت من الجسم.

3- بعد معالجة الفيلم، تتدرج مناطقه بين السواد الحالك والبياض الناصع، والمناطق الداكنة في صورة الأشعة السينية تمثل أنسجة ذات كثافة منخفضة، مثل: الرئة والثدي. وأما المناطق الشفافة فتمثل أنسجة ذات كثافة عالية، مثل: العظام.

4- تحدد كثافة الأنسجة بما يسمى «الكثافة البصرية»، التي تتناسب مع شفافية الفيلم. [24].

5-2 فحص الأطراف بالأشعة السينية

تستخدم الصورة الإشعاعية غالبا عند فحص مصابي الحوادث؛ للوقوف على الأضرار التي حدثت في الهيكل العظمي، وكذلك قبل إجراء العمليات التجبيرية على الأطراف، أو بعد عمليات تثبيت المسامير الداعمة أيضا؛ للتأكد من موضعها الصحيح [25] (انظر: الشكل رقم 2-5).



شكل رقم (2-5) صورة عظمة العضد مكسورة في حادث (يمين). وصورة توضح موضع وطول مسامير التثبيت عند مفصل القدم (شمال) [25].

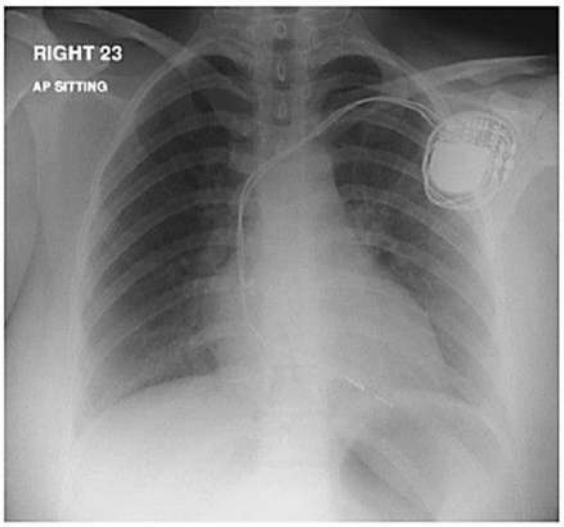
6-2 أوضاع التصوير بالأشعة السينية

تعتمد مواضع الجسم عند التصوير بالأشعة السينية على الموقع التشريحي للجزء المشكوك في مرضه، وكذلك حالة المريض، سواء أكان بدينا أم نحيفا. وبما أن بعض أجزاء الجسم يغطي التراكيب الداخلية لأجزاء أخرى عند إجراء مسقط للأشعة من أية زاوية، فإن اختيار وضعية الجسم والمواضع النسبية لمصادر الأشعة السينية تهدف إلى الحصول على أوضح صورة ممكنة للجزء المطلوب تصويره. كما تتطلب فحوص الأشعة السينية حدا أدنى من التعرض للأشعة؛ لحماية المريض؛ ولذلك تؤخذ عادة صورتان للمنطقة المطلوب تصويرها ، بحيث يميل مسقط كل صورة على الأخرى بـ 90 درجة. وفي بعض الحالات الخاصة، مثل: تصوير المفاصل، فإن صورا ثلاثا تطلب للموضع نفسه. والشكل رقم (2-6) يوضح الأوضاع القياسية المختلفة للتصوير الإشعاعي [26].

أوضاع التصوير بالأشعة السينية يتضح في الشكل رقم (2-6)

2-7 فوائد أخرى لتصوير الصدر بالأشعة السينية

لا يقتصر استخدام التصوير الإشعاعي في الكشف عن أمراض الصدر فحسب، بل يمكن أيضا استخدامه؛ للوصول إلى مزيد من الاستكشافات المفيدة التي قد تتعلق بإجراءات جراحية سابقة، أو وضع خيط أو أنبوب أو جهاز وتثبيته [27]، كما يتضح في الشكل رقم (2-7).



شكل رقم (2-7) التأكد من ثبات موضع الغرفة الثنائية للمنظم الدائم للقلب لب [27].

حدود استخدام الأشعة السينية لتصوير الصدر

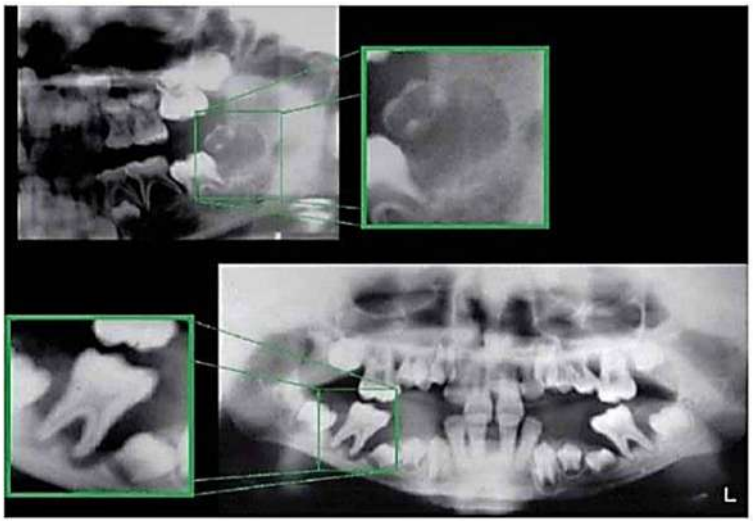
• صـورة الأشعة السينية ثنائية الأبعاد تمثيل لمكونات الجسم ثلاثي الأبعاد؛ ولذلك تفقد تفاصيل معلومات العمق.

• تطابق المستويات المختلفة على مستوى واحد يمثل مسقط محتويات المستويات، وهذا يجعل عملية رصـد أو كشـف حالات الشذوذ صعبة جدا، وخاصة إذا كانت أبعادها صغيرة.

• صور الأشعة السينية العادية لا تساعد على التفريق بين أنواع مختلفة من الأنسجة إذا كانت متماثلة في الكثافة [27].

8-2 الأشعة السينية وطب الأسنان

تساعد الأشعة السينية طبيب الأسنان على تصوير الأسنان، والأنسجة المحيطة بها، ومن ثم اكتشاف العلل التي لا يمكن رؤيتها بفحص بصري بسيط، والعثور على مشكلات الأسنان، ومعالجتها مبكرا قبل أن تتطور حالتها إلى الأسوأ. إن هذه التقنية لا توفر أموالنا التي تنفق في معالجة مضار يمكن تجنبها فحسب، بل تجنبنا أيضا مضايقات وآلام مبرحة قد تهاجمنا ي وقت نحتاج فيه إلى العمل أو الراحة، وذلك إذا التزمنا بالفحص المبكر من أجل الكشف عن الخلل في الأسنان عند بدء حدوثه. قد يعتقد أن نطاق تطبيق الأشعة السينية في مجال طب الأسنان نطاقا ضيقا، ولكن تتنوع الصور الإشعاعية للأسنان، فتتمثل بصورة لسن واحد، أو مجموعة أسنان متجاورة، أو الفك بأكمله، أو أخذ صورة بانورامية للأسنان (انظر: الشكل رقم 2-8). وكل منها يخدم أغراضا متعددة طبقا لنوعية الفحص من أجل تحديد المشكلات ومن ثم تقديم العلاج المفيد [28].



شكل رقم (2-8) الصور الإشعاعية البانورامية لحالتين من حالات اللوكيميا الحادة في الأطفال: إزاحة السن النامي (أعلى)؛ مسببة تلفا خطيرا في الدعامات حول الأسنان المتأثرة (أسفل) [28].

2-8-1 مشكلات يمكن رصدها بالأشعة السينية في طب الأسنان

- تستخدم صور الأشعة السينية المأخوذة من أسنان الأطفال في :

- اكتشاف تسوس الأسنان مبكرا.
- تحديد مدى وجود فضاء كاف في الفم يلاءم كل الأسنان القادمة.
- تحديد احتمال فقد الأسنان الأولية، ونمو الأسنان الدائمة نموا صحيحا.
- مراقبة تطوير أسنان العقل وتحديد مدى انغمار الأسنان في اللثة.

- أما في حالة البالغين، فيمكن أن تستعمل صور الأشعة السينية في

- تحديد مناطق التسوس التي قد لا تكون مرئية بالفحص البصري المباشر، والكشف عنها، وخصوصا إذا وجدت في مناطق صغيرة واقعة بين الأسنان كالضروس وغيرها.
- اختبار مدى وجود تسوس تحت الحشو الحالي.
- اكتشاف المشكلات العظمية للفكين التي ترافق مرض اللثة.
- اكتشاف التغييرات التي تحدث في العظم، أو في قناة الجذر نتيجة العدوى.
- تساعد على التحضير، لزراعة سن، ودعامات، وأطقم أسنان، وغير ذلك.
- اكتشاف الدمامل (عدوى في جذر السن، أو بين اللثة والسن).
- اكتشاف حالات التطور الشاذة الأخرى، مثل: الخراجات، وبعض أنواع الأورام. [29].

2-9 قيود التصوير بالأشعة السينية ومحدوديتها

1. الحصول على صورة في بعدين فقط لجسم ثلاثي الأبعاد يعني أن التفاصيل الداخلية للجسم ستظهر متراكمة فوق بعضها بعضا، ومن ثم فلا توجد معلومات يمكن استنتاجها من الصورة حول تفاصيل عمق الجسم، والتوزيع الفراغي لمكوناته.

2. التصوير العادي بالأشعة السينية غير قادر على التفريق بين الأنسجة الناعمة tissues، soft وخاصة عندما تكون متقاربة في الكثافة والموضع.

3. لا توجد قياسات مطلقة حول درجة شفافية واسوداد الأفلام، بل تتم على نحو نسبي. وهذه القيود وغيرها شجعت على البحث عن بدائل جديدة تساعد على الكشف عن علل الجسم الداخلية باستخدام التصوير بالأشعة السينية أيضا، مع الاسراع في معالجة البيانات باستخدام الحاسوب. وأثمر البحث في النهاية عن ظهور التصوير المقطعي.

2-10 التصوير المقطعي

التصوير المقطعي يعني الحصول على صور لشرائح مستعرضة من جسم الإنسان أو أي جسم ثلاثي الأبعاد. واعتمد التصوير المقطعي في البداية على تحريك أنبوب الأشعة السينية تحريكًا خطيا في اتجاه واحد ، وفي الوقت نفسه يتحرك فيلم الأشعة السينية في الاتجاه المعاكس؛ لذلك، تصور نقاط مستوى مركز الدوران، وتظهر الصورة بتفاصيل واضحة وحادة. وأما كل النقاط

الموجودة فوق هذه المنطقة وتحتها فتكون غير واضحة، وتظهر كخلفية رمادية مشوهة على الفيلم. وقد تطورت هذه التقنية فيما بعد، حيث ظهرت أجيال عدة من أجهزة التصوير المقطعي

والنجاح الهائل لتقنية التصوير المقطعي بالأشعة السينية يرجع إلى التباين العالي في صور الأنسجة الرخوة؛ وذلك لعدم التداخل بين صورة المستوى المطلوب وبين باقي أجزاء الجسم. بالإضافة إلى عدم معاناة المريض من أي ألم ناتج عن عملية التصوير المقطعي، كما يمكنه معرفة نتيجة الفحص عند مناقشة الطبيب المختص ..وبعد دخول التصوير المقطعي في المجال الطبي التطبيقي عام 1973م، تطور إلى استعمال الأشعة السينية في التصوير ذي الأبعاد الثلاثية متعدد الاستعمال، مثل: علم الأورام، والمعالجة الإشعاعية الوعائية، وطب القلب، وعلم الجروح والصدمات، وحتى في المعالجة الإشعاعية التداخلية، بالإضافة إلى دراسات متابعة عوامل الخطر وفحصها [30].

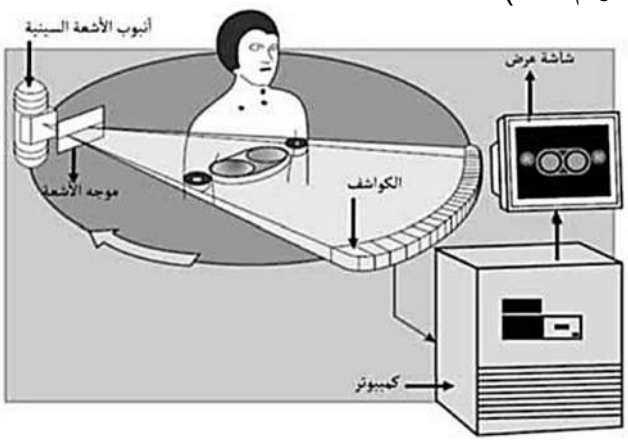
2-10-1 مراحل الحصول على الصور المقطعية

1- توليد الأشعة السينية بالمواصفات المطلوبة وتنسيقها بواسطة محرمات (موجهات) الأشعة، حتى تصير على هيئة حزم متوازية.

2 - تحديد الموضع المطلوب تصويره من المريض وتوجيه الأشعة المتوازية إليه.

3- تجميع الأشعة المارة من جسم المريض بواسطة الكواشف.

4- معالجة البيانات بواسطة الحاسوب؛ لإعادة تركيب الصورة ثم عرضها على شاشة عرض مناسبة (انظر: الشكل رقم 2-9).



شكل رقم (2-9) المراحل المختلفة لإنتاج صورة الأشعة المقطعية [31].

2-10-2 التحضير للتصوير المقطعي

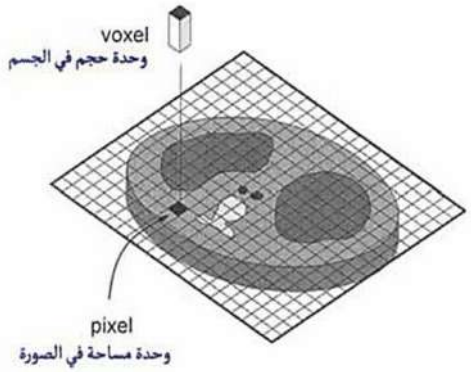
يتطلب تحضير المريض في بعض الحالات، مثل: التصوير المقطعي للبطن، والحوض ما يلي:

- إذا كان موعد التصوير المقطعي في الصباح، فيجب أن يصوم المريض من منتصف الليل.
- إذا كان موعد التصوير المقطعي بعد الظهر، فقد يتناول المريض فطورا خفيفا ثم يوقف تناول الطعام من التاسعة صباحا. سيطلب من المريض في بعض الحالات شرب لتر تقريبا من

محلول مائي، أو قد يعطى المريض حقنة صبغة قبل الفحص؛ لزيادة التباين حتى تظهر حدود مكونات الجسم ظهورا واضحا .

3-10-2 خصائص الصور المقطعية

- الصورة المقطعية تتمثل بجزء مستعرض من جسم المريض.
- الصورة ذات الأبعاد الثنائية في التصوير المقطعي تقابل شريحة ثلاثية الأبعاد في المريض.
- شريحة التصوير المقطعي رقيقة جدا، حيث يتراوح سمكها ما بين 1 إلى 10 مليمترات.
- الصف ثنائي الأبعاد من نقاط الشاشة (pixels) في صورة التصوير المقطعي يقابل عددا مساويا ثلاثي الأبعاد من عناصر الحجم (voxels) في المريض [31] (انظر: الشكل رقم (2-10) ، حيث كل وحدة مساحة "بيكسل" بمثابة مسقط وحدة حجم «voxel" من شريحة الجسم تحت التصوير.



شكل رقم (2-10) تظهر الصورة المقطعية كمصفوفة عناصر ثنائية الأبعاد على الشاشة [31].

- تعرض كل نقطة شاشة على صورة التصوير المقطعي متوسط خصائص التوهين للأشعة السينية من النسيج في وحدة الحجم المقابلة. ولذلك تظهر الصورة بدرجات رمادية مختلفة تعتمد على معامل امتصاص الأشعة، حيث كلما زاد معامل امتصاص الأشعة في منطقة ما ، ظهرت في الصورة أكثر شفافية؛ لتناقص كمية الأشعة التي مرت خلال هذه المنطقة.

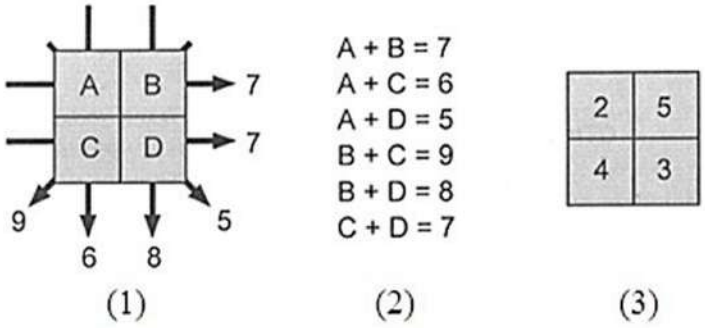
- يحصل على الصورة المقطعية بعد معالجة بيانات التوهين للأشعة الساقطة على شريحة الجسم المطلوب تصويرها من اتجاهات عدة. ويمكن تخيل ما يحدث عند حل اللغز في الشكل رقم (2-11) ، حيث يفترض أن مقطع الجسم يتكون من أربعة مربعات فقط. حل اللغز يتكون من ثلاثة مراحل:

1 . المشكلة problem : تحديد اتجاهات مساقط الأشعة على أربعة وحدات فقط.

2 . الطريقة method: صياغة مسارات الأشعة على الوحدات في شكل معادلات.

3. الحل solution: تحديد قيمة معامل امتصاص كل وحدة حجم.

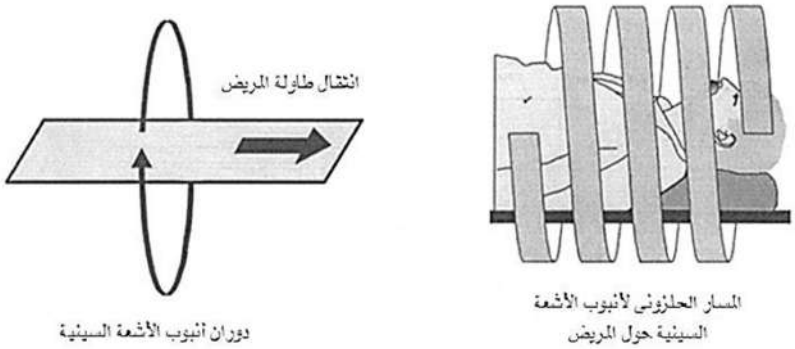
وتزداد دقة صورة الأشعة المقطعية مع زيادة عدد المربعات في السنتيمتر المربع من المقطع العرضي للجسم. ويترتب على زيادة عدد المربعات؛ إجراء المعالجة الرياضية في وقت أطول، أو استخدام حواسيب فائقة السرعة.



شكل رقم (2-11) أنموذج مبسط؛ لتحديد معامل امتصاص (توهين) الأشعة السينية في كل وحدة من المقطع العرضي للجسم [31].

4-10-2 التصوير المقطعي الحلزوني Helical CT

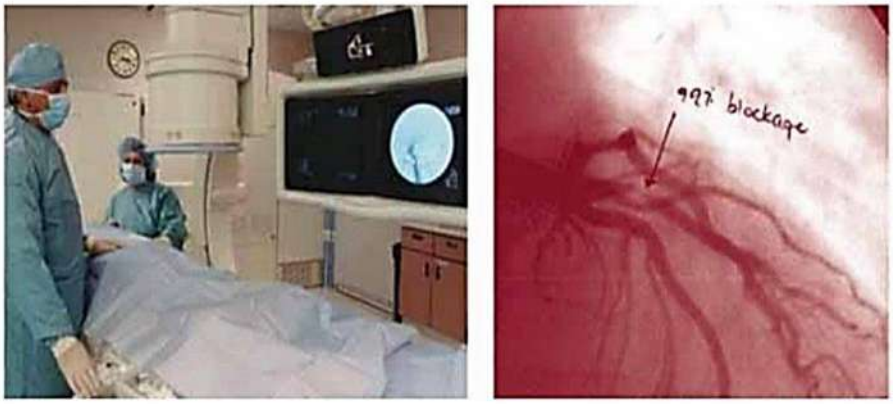
يمثل هذا النوع من التصوير الجيل السادس من تطوير التصوير المقطعي، وفيه تكتسب البيانات بواسطة مواسح التصوير scanners، وذلك أثناء تحرك المنضدة التي يستلقي عليها المريض إلى الأمام بسرعة ثابتة في حين يتحرك مصدر الأشعة حركة دائرية [31] (انظر: الشكل رقم 2-16). ويتميز التصوير المقطعي الحلزوني بصور عالية الجودة، مع درجة أقل من الجرعة الإشعاعية المكتسبة في التصوير المقطعي العادي [32]. وسرعة تنفيذ عملية الفحص تتراوح ما بين 8 إلى 10 مرات، وهي أسرع من التصوير المقطعي العادي لدرجة أنه يمكن تنفيذها أثناء . حبس نفس واحد فقط. وهذه السرعة مفيدة لكل المرضى على وجه العموم، والمسنين، والأطفال، ومرضى الحالات الحرجة، والمرضى المصابين بالهلع والخوف أو الاضطراب عندما تطول فترة الفحص على وجه الخصوص.



شكل رقم (2-12) التصوير المقطعي الحلزوني يتم بواسطة تحريك أنبوب الأشعة السينية تحريكا دائريا حول المريض، في حين تنتقل طاولة المريض على طول محور الدوران للأمام [31].

11-2 تصوير الأوعية الدموية (الأنجيوجرام Angiogram)

الأنجيوجرام إجراء يتضمن إدخال أنبوب مرن إلى القلب، ويستعمل صبغ قابل للذوبان في الماء، مثل: اليود، لجعل الأوعية الدموية مرئية، أو أكثر وضوحًا، عند إجراء التصوير بالأشعة السينية التي تتمتع بطاقة أعلى منها في حالة تصوير الصدر [32]. وتستخدم هذه التقنية في تحديد موضع الجلطات، أوضيق (انسداد) في الأوعية الدموية؛ ولذلك تُجرى عادة قبل جراحة المجرى الجانبي (القنطرة). وتتميز صور الأنجيوجرام بوضوح تفاصيل الأوعية الدموية (انظر: الشكل رقم 2-13). واستعمال القسطرة يجعل من الممكن الدمج بين التشخيص والمعالجة في إجراء واحد ، مثل: إدخال حلقة توسيع إذا وجد تضييق في الشريان. وكذلك قياس ضغط الدم داخل الوعاء الدموي مباشرة بواسطة حساس sensor موضوع في رأس القسطرة.



شكل رقم (2-13) يشير السهم إلى منطقة الانسداد في الشريان (يمين). أثناء التصوير؛ للحصول على أنجيوجرام للمريض (شمال) [33].

12-2 تصوير الأنسجة الناعمة

عند تصوير الأنسجة الرخوة، مثل: المريء، والمعدة، والاثني عشر، والأمعاء، يتناول المريض وجبة من محلول صبغة الباريوم، أو يبتلع شيئًا منه [34، 35]. وعنصر الباريوم يمتص الأشعة السينية أكثر من الأنسجة المحيطة، بسبب الاختلاف الكبير بين العدد الذري للباريوم (Z=56) والعدد الذري الفعال للماء والأنسجة الرخوة (Z = 7.42) ، مما يؤدي إلى زيادة التباين والوضوح في صور الأنسجة، كما في حالة تصوير المريء والأمعاء (انظر: الشكل رقم 2-14). والتصوير بالباريوم إجراء يستغرق حوالي ربع ساعة، وهو غير مجهد، أو مضر بالمريض. وتبدأ عملية تحضير المريض للتصوير من منتصف الليلة السابقة للفحص، وذلك بعدم تناوله طعاما أو شرابا بعد ذلك حتى الانتهاء من التصوير. وهذا الإجراء هام جدا، حيث لن يكون الفحص مقنعًا إن لم تكن المعدة أو الأمعاء خاليتين، فإن حدث وتناول المريض شيئًا، فيجب عندئذ أن يؤجل الفحص إلى وقت آخر. وينصح المصابون بالسكر المقدمين على هذا التصوير بتعديل كمية الأنسولين التي يتناولونها بشكل ملائم يتوافق مع فترة الصوم المقبلة.

شكل رقم (2-14) صورة إشعاعية رقمية للأمعاء أخذت أثناء فحص منطقة التجويف البطني (المنطقة المعوية) باستخدام الأشعة السينية [36].

قبل التصوير مباشرة، سيطلب أخصائي الأشعة من المريض داخل حجرة التصوير ابتلاع كوب من سائل فوار لتكوين غاز في المعدة. ويقف بعدها خلف ماكينة الأشعة، ويعطى محلول أبيض (الباريوم) ليشربه، سيترسب جزء من هذا المحلول على جدار المريء، في حين ينتقل الجزء الأكبر إلى المعدة، والأمعاء، وسيشاهد ذلك الأخصائي على شاشة المراقبة. أثناء التصوير، يطلب الأخصائي من المريض تغيير وضعيته قليلاً بشكل دوري، ثم حبس النفس (وقف التنفس) للحظة؛ حتى تكون الصورة واضحة بدون تشويش. بعد التصوير مباشرة، يمكن للمريض أن يأكل ما يشاء، ويجب عليه أن يأكل الكثير من الفاكهة، والخضروات، ويشرب سوائل إضافية؛ بغرض إزالة أي أثر للباريوم الموجود في الأمعاء. توجد طرق عدة لتصوير الأنسجة الرخوة بالأشعة السينية، ونذكر منها ما يلي:

• **البروكتوجرام Proctogram:** تستخدم الأشعة السينية وصبغة الباريوم؛ لتصوير وظيفة المستقيم وفحصها أيضا، وتستغرق فترة الفحص الكاملة بما في ذلك الإعداد، حوالي الساعتين، في حين أن عملية الفحص ذاتها لا تستغرق أكثر من ربع الساعة. ويجب أن تكون منطقة المستقيم خالية قبل أن يعطى محلول الباريوم كحقنة شرجية. هذا الإجراء قد يسبب إحراجا للبعض، أكثر من كونه مؤلم أو مزعج؛ بسبب بعض التشنجات [37].

• **البيلوجرام الوريدي Intravenous pyelogram:** فحص خاص بالأشعة السينية للكلى، والأجزاء الأخرى من الجهاز البولي: كالحالبين، وهما أنبوبان يمتدان من الكلى حتى المثانة. ولا يحتاج هذا الفحص إلى إعداد المريض إعدادا خاصا باستثناء حقنه بحقنة صبغة في ذراعه، حيث تساعد على ظهور تفاصيل الكلى والحالبين والمثانة بوضوح في صور الأشعة السينية [38] (انظر: الشكل رقم 2-15). فإذا كان المريض يعاني من الربو، أو حمى القش، أو

أي حساسيات للغذاء، ، أو الأدوية، أو إذا كان لديه رد فعل سابق للتصوير بأشعة الصبغة في الماضي، فلابد أن يخبر المصور الإشعاعي أو أخصائي الأشعة بذلك. إن هذا الإجراء غير مضر، ومع ذلك قد يشعر المريض أثناء الحقن ببعض التغير الحراري في الذراع، بالإضافة إلى طعم معدني غير مستساغ في الفم. وهذه المظاهر طبيعية، ولكن إذا شعر المريض بالغثيان، أوضيق في التنفس، أو عدم الراحة نتيجة الرباط الضاغط على الذراع، فيجب عليه أن يخبر فريق العمل فورا لمواجهة المشكلة.

شكل رقم (2-15) فحص منطقة الحوض، والكلى، والحالبين، والمثانة بواسطة الأشعة السينية [39].

13-2 من يفسر محتويات صور الأشعة السينية.

يتوجب أن يكون مفسّر محتويات أفلام التصوير بالأشعة متخصصا بتصوير أو أن يكون من اختصاصي الأشعة المؤهلين والمعتمدين. ويمكن لباقي الأطباء تفسير أفلام الأشعة؛ لدراستهم علمي التشريح، ووظائف الأعضاء، بيد أنهم يفتقرون إلى التدريب الكافي في فيزياء الإشعاع، ومن ثم فلن يكون تحليلهم للفيلم دقيقا. أما عامة الناس فالأحرى أن يكون تفسيرهم لأفلام الأشعة السينية خاطئًا في مجمله؛ وإن استعانوا ببعض القواعد التي يطبقها المختصون عند تفسير صور الصدرمثلا؛ ولذلك ينصح بعدم أخذ رأيهم أخذا جديا في هذا الشأن [40].

14-2 الأشعة السينية العلاجية

نشأ الاهتمام باستخدام الأشعة السينية في العلاج بعد ملاحظة تأثيرها البيولوجي على إثر التعرض لها عن قصد، مثل: التصوير بالأشعة، أو عن غير قصد للفنيين المتعاملين معها حيث كان تأثيرها في الجلد يبدو كالحروق الناجمة عن التعرض لأشعة الشمس، وعلى الرغم من

التقدير المبكر للتأثيرات المفيدة للأشعة السينية في الأورام الخبيثة، فإنه لم يعترف بالعلاج الإشعاعي كنظام سريري (إكلينيكي) حددت له قواعد يجب اتباعها؛ ليتحكم في نمو الأورام السرطانية، حتى عام 1922م [41].

وكانت المعالجة بالأشعة في بدايتها تُمارس عند الضرورة كفن أكثر من كونها علما مكتمل القواعد. وأما اليوم فإن الجراحة والعلاج بالأشعة يمثلان أكثر الوسائل العلاجية المستخدمة في علاج مرضى السرطان، وكذلك توجد بعض الأدوية المفيدة: كالعلاج الكيماوي على الرغم من التأثيرات الجانبية التي تعتري المرضى، وتترتب على استخدامه، والعلاج بالأشعة له دور مهم أيضا في التخلص من الأعراض المؤلمة التي تحدث في بعض أمراض السرطان الشائعة. كما تقدم علم العلاج الإشعاعي مع تطور الحياة عن ذي قبل، وصارت التأثيرات الجانبية غير المرغوب فيها بعد العلاج بالأشعة أقل مما سبق كثيرا. وتتمثل بعض هذه التأثيرات بتدهور حالة الجلد على إثر الضرر الذي يلحق به. ولكن إن كان الجلد نفسه هو محل العلاج فلا مناص من وجودها. ونتج ذلك عن تطبيق تقنيتين هما [42].

• استخدام أشعة سينية ذات طاقات مختلفة حسب موضع الحالة. ففي الحالات الغائرة بالجسم تستخدم الأشعة الأكثر طاقة وعلى نقيض ذلك في الحالات السطحية.

• استخدام جرعات صغيرة متتالية من الأشعة السينية في المكان نفسه؛ لغرض المعالجة. وتعد هذه الطريقة مثالية إلى حد ما. ويتوقف الحد الأقصى من الجرعة الإشعاعية الكلية التي تعطى للورم على مدى تحمل الأنسجة الطبيعية السليمة المجاورة لمنطقة الورم السرطاني.

والضرر الناتج عن الأشعة السينية ليس انتقائيا للخلايا الخبيثة؛ لذلك فإن نسبة من الخلايا الطبيعية والخبيثة تقتل على إثر التشعيع، ولكن الأنسجة الطبيعية تعاود تكوين وبناء الجزء المعالج بالأشعة بواسطة الانقسام المنتظم لتجمعات الخلايا الاحتياطية السليمة التي لا توجد في الورم. والعامل الرئيس الذي يقرر تحمل النسيج الطبيعي يبدو أنه الضرر غير القابل للشفاء في الأوعية الدموية التي تسوء حالتها تدريجيا مع مرور الوقت. وحتى يحصل على أدوية محسنة متطورة، فإن العلاج بالأشعة سيحتفظ بدوره الأساسي في علاج السرطان، على الرغم من وجود بعض المخاطر التي قد لا تظهر إلا بعد عشرات السنين أو حتى في الأجيال التالية، على إثر التعرض للأشعة المؤينة ومنها الأشعة السينية [42].

المصادر

1- F. M. Khan, The Physics of Radiation Therapy, Chapter 3: Production of X-rays, 4th edition, Lippincott Williams & Wilkins (2010).
2- http://en.wikipedia.org/wiki/X-rays : X-ray, 03/02/2014.
3.-R. K. Hobbie, B. J. Roth, Intermediate Physics for Medicine and Biology, 4th edition - Springer (2007).
4-R. A. Serway and J. W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, (2010) by Raymond A. Serway.
5- http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_astronomy : X-ray astronomy, 03/02/2014.
6- W. R. Hendee and E. R. Ritenour, Medical Imaging Physics, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 4th edition, (2002).
7- http://www.research.usf.edu/cs/rad/xrayfundamentals.ppt : Research x-ray safety fundamentals, 03/02/2014.
8- J. E. Turner, Atoms, radiation and Radiation Protection, 3rd edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, (2007).
9- J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidholdt and J. M. Boone, The Essential Physics for Medical Imaging, Chapter 5: x-ray, Lippincott Williams & Wilkins Division, (2002).
10-B. Beckhoff, B. Kanngieber, N. Langhoff, R.Wedell, and H.Wolff, Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis, Chapter 2: x-ray sources, Springer (2006).
11- IAEA publications, Radiation Oncology Physics, Chapter 5: Treatment Machines for External Beam Radiotherapy, VIENNA, (2005) page 128. Or, The original source: H. E. Johns, J. R. Cunningham, The Physics of Radiobiology, 4th Edition, Chapter 2: The production and Properties of X-rays, Charles C Thomas Publisher (1983) page 53.
12- http://www.fotopedia.com/items/flickr-270206067: X-ray tube, 03/02/2014.
13- The author design.
14 -http://www.springerimages.com/Images/RSS/1-10.1007_978-1-4419-١٠-٣_٧-٦٩٤٧or :http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_02-en.
html: X-ray emission spectra, 03/02/2014..
15 -http://en.wikipedia.org/wiki/X-Ray_Filters: X-ray filter, 03/02/2014.
16- http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievr03/02/2014.
17-/http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_acceleratoParticleaccelerator, 03/02/2014.
18- P. Suetens, Fundamentals of Medical Imaging, 2nd edition, Cambridge University Press (2009).
19- P. Shanks, “Hey Doc, Why Do We Really Need to Take X-Rays?”, Dynamic Chiropractic – December 4, Vol. 10, (1992) Issue 25.
20- J. E. Martin, Physics for Radiation Protection , Chapter 15: X-rays, 2 edition, WILEY-VCH, (2006) page 675.
21- N. B. Smith and A. Webb, Introduction to Medical Imaging Physics, Engineering and Clinical Applications, Chapter 2:
22- X-ray planar radiography and computed tomography, Cambridge university press(2011) 46.
23- http://www.chestx-ray.com/genpublic/genpubl.html : Chest X-ray, 01/09/2010.

24- J. Corne, M. Carroll, I. Brown and D. Delany, Chest X-Ray Made Easy, Churchill Livingstone, London (1998).
25- R. Joarder and N. Crundwell, Chest X-Ray in Clinical Practice, Chapter
26- Foreign Structures and Other Devices on Chest X-rays, Springer (2009) page 149.
27- A. G. Farman, Panoramic Radiology, Seminars on Maxillofacial Imaging and Interpretation, Chapter 16: Panoramic Radiology: Oncologic Dentistry Considerations, Springer (2007) page191.
28-http://www.medicinenet.com/dental_x-rays_when_to_get_them/article.
Htm:Dental X-Rays, 09/03/2014.
29- J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidholdt, J. M. Boone, The Essential Physics for Medical Imaging, Chapter 5: x-ray and Chapter 13: Computed Tomography, Lippincott Williams & Wilkins Division, (2002).
30-K. Iniewski, Medical Imaging: Principles, Detectors, and Electronics, Wiley-Interscience (2009).
31-ICRU publications, Report 74, Patient Dosimetry for X Rays used in Medical Imaging, Oxford University Press, Journal of the ICRU, 5 (2005).
32-http://www.pcrm.org/news/downloads/angiogram.pdf#search='Angiogram:
Angiogram, 10/09/2012.
33-http://www.radiologyinfo.org/photocat/photos_pc.cfm?image=homepg2
.jpg&&subcategory=Catheter_Angiography&&proc_code=angiocath : Angiography, 10/09/2012.
34- A. T. Ahuja, G. E. Antonio, K. T. Wong, H. Y. Yuen, Case Studies in Medical Imaging: Radiology for Students and Trainees, Cambridge University Press (2006).
35. J. D. Begg, Abdominal X-Rays Made Easy, Churchill Livingstone,
London (1999).
36-http://www.imaginis.com/xray/why-is-x-ray-imaging-done : why is x-ray imaging done?, 09/03/2014.
37-http://www.royalberkshire.nhs.uk/pdf/Barium%20proctogram_Feb2011.pdf:
Barium proctogram, 09/03/2014.
38-F. Joffre, P. Otal, M. Soulie, Radiological imaging of the ureter, Springer- Verlag Berlin Heidelberg (2003).
39-http://en.wikipedia.org/wiki/Intravenous_pyelogram : Intravenous pyelogram, 09/03/2014. 291
40-http://www.wikihow.com/Read-a-Chest-X-Ray : How to Read a Chest X Ray, 09/03/2014.
41- W. Duncan and A.H.W. Nias, Clinical Radiobiology; Livingston Group Limited, (1977).
42- S. H. Levitt, J. A. Purdy, C. A. Perez, S. Vijayakumar, Technical Basis of Radiation Therapy, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2006).