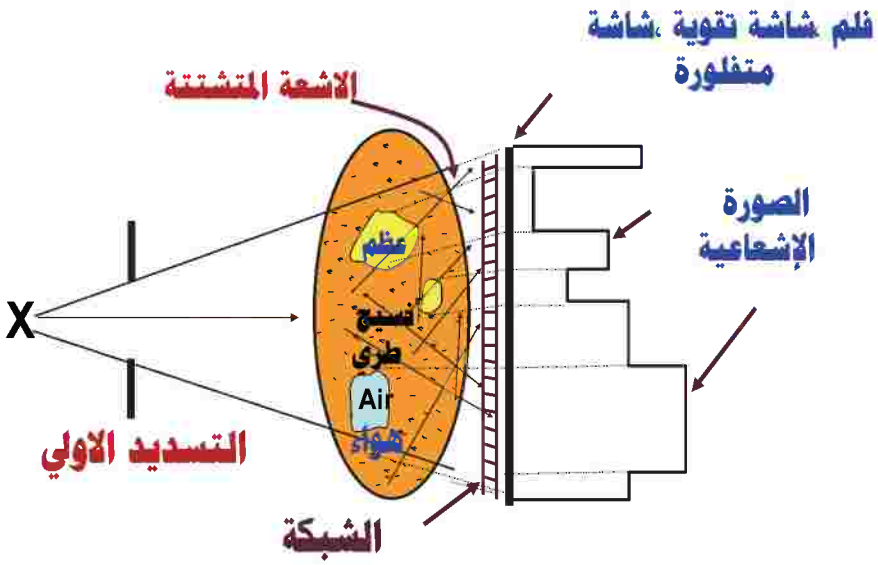
الفصل الثالث

التصوير الشعاعي
باستخدام الافلام

٣- ١ مبدأ التصوير الاشعاعي

تستخدم الأشعة السينية في التشخيصً الطبي لتوليد صور إشعاعية لأعضاء الجسم،ويعتمد مبدأ التصوير الإشعاعي على طبيعة تفاعل الإشعاع مع المادة، واختلاف معاملات الامتصاص الخطية والكتلية لمكونات الجسم (المواد مختلفة الكثافة تمتص الأشعة السينية بدرجات متفاوتة)، فالمناطق أو الأعضاء عالية الكثافة النوعية تمتص نسبة أعلى من الأشعة بالمقارنة مع المناطق ذات الكثافة النوعية المنخفضة، وبتسجيل هذه الإشعاعات على كاشف مناسب (فيلم – شاشة تقوية---الخ) يمكن الحصول على صور مناسبة تعتمد على فرق الكثافات الضوئية بين الأجزاء المتجاورة،فعند إجراء صورة لمنطقة ما من الجسم تظهر مناطق سوداء مقابلة للنسج الرخوة و مناطق بيضاء مقابلة للعظم.

شكل (٣ – ١) اساس التصوير الاشعاعي



فوتونات الأشعة السينية التي تكون الصورة الشعاعية لا يمكن رؤيتها بالعين إلا بعد تحويلها لصورة مرئية عن طريق تعريض مستحلب ضوئي إلى تلك الأشعة بشكل مباشر. أو إن الأشعة السينية تتحول إلى أشعة ضوئية مرئية بواسطة شاشة تقوية لتسقط على فيلم ضوئي لكي تتكون الصورة .

إن تحول المعلومات لحزمة الأشعة السينية النافذة من جسم المريض إلى الفلم تفقد جزء من خواصها و الذي يؤدي إلى تقليل وضوح الصورة .

تتحول هذه المعلومات إلى صورة مرئية بثلاث طرق:

١ . تعريض مستحلب فلم الاشعة السينية ألى الاشعة السينية الموهنة و النافدة من جسم المريض بشكل مباشر

٢ . الطريقة الأكثر شيوعا هو تحويل طاقة الأشعة السينية إلى ضوء مرئي باستخدام شاشة التقوية (Intensifying screen) وهذا الضوء يسقط على فلم للأشعة السينية فنحصل على صورة إشعاعية أو ان الضوء المرئي يرى مباشرة على شاشة فنحصل على صورة مرئية نتيجة للتنظير (الفلورة Fluoroscopy)

٣ . باستخدام الأشرطة أو الأقراص الممغنطة .

افلام الاشعة السينية :

يتكون فلم الأشعة السينية من مستحلب حساس للضوء أو الإشعاع يطلى على وجهي شريحة من البلاستك شفافة تسمى بالقاعدة ويثبت على القاعدة بمادة لاصقة ويحافظ على المستحلب من الأضرار الميكانيكية بطلائه بطبقة رقيقة هي طبقة الطلاء العلوي (Super coating) شكل (٣-٢) مكونات الفلم هي :

شكل (٣-٢) مكونات فلم الأشعة السينية

(١) قاعدة الفيلم (Film base)

تتكون قاعدة الفلم من مادة من البوليمرات يرسب عليها المستحلب. في بدايات استخدام الأشعة السينية كانت قاعدة الفلم تتكون من صفيحة زجاجية يطلى وجهيها بمستحلب . انتجت هذه الصفائح في بلجيكا ومع بداية الحرب العالمية الأولى توقفت بلجيكا عن إنتاج هذه لصفائح فأزداد الطلب

على هذه القاعدة وقامت معظم الدول بتصنيع نوع أخر من القاعدة هي قاعدة نترات السليلوز التي استخدمت في أفلام التصوير الاعتيادية ولكن نترات السليلوز لها قابلية كبيرة للاشتعال عندما تخزن بشكل غير جيد وبسبب هذه المخاطر انتج عام ١٩٢٤ قاعدة فلم اسيتات السيليلوز الثلاثة (triacetate) . ولكن سنة ١٩٦٠ استخدمت لأول مرة في تصنيع أفلام الأشعة السينية قاعدة من البولستر والتي يمكن خزنها في ظروف رطوبة مختلفة بدون ان تتغير خواصها . والتعامل معها بطريقة بسيطة وتستخدم بسمك قليل يصل إلى ٧ مايل ونضاف إلى مادة البولستر صبغة زرقاء لكي تسهل عملية رؤية الفلم بعد عملية التحميض .

تطلى القاعدة من الجهتين بمستحلب حساس للإشعاع وفائدة القاعدة هو توفير مادة ساندة للمستحلب وغير قابلة للانكسار .

ومن أهم خواصها :

١ . تكوينها لصورة مرئية على المستحلب و عدم امتصاصها لكمية كبيرة من الضوء عند سقوطه عليها.

٢ . مرونتها وقوتها وسهولة التعامل معها عند التحميض ، التجفيف ، أو التشخيص .

٣ . استقرار أبعادها ، شكلها وحجمها أثناء عملية التحميض أو الخزن .

(٢) المستحلب (Emulsion)

المستحلب هو الجزء الرئيسي من أفلام الأشعة السينية، و يتكون مستحلب الأشعة السينية من مادة جلاتينية وهليدات الفضة ومواد اخرى وان التركيب الحقيقي لهذه المواد يبقى من الأسرار الصناعية . يتغير سمك طبقة المستحلب بتغير نوع الفلم ولكن هذا السمك لا يتعدى ٠,٥ مايل . لان المستحلب السميك لا يكون ذي فائدة لعدم تمكن الضوء من اختراق الطبقات العميقة منه. تستخلص المادة الجلاتينة لأفلام الأشعة السينية من عظام الماشية وخاصة البقر وفائدتها تثبيت دقائق مركبات الفضة بشكل منتظم ويمكن للمواد الكيمياوية للتحميض والتثبيت من اختراقها بسهولة وبدون التأثير على خواصها الميكانيكية، وهي متوفرة ورخيصة الثمن . أما هاليدات الفضة فهي المادة الحساسة للضوء في المستحلب وتتكون من ٩٠ . ٩٩% من بروميد الفضة (AgBr) و١٥. ١% من ايوديد الفضة (AgI) وتكون لهذه المواد إعداد ذرية كبيرة، فالفضة ٤٧ ولليود ٥٣ والبروم ٣٥ مقارنة مع القاعدة والمادة الجلاتينية التي عددها الذري ٧ وهذه المركبات تكون بلورية التركيب. تترسب المادة الجلاتينية تحت ظروف خاصة من التركيز ودرجة الحرارة وبموجب المعادلة التالية حيث يترسب بروميد الفضة وعند الغسيل تزول نترات البوتاسيوم :

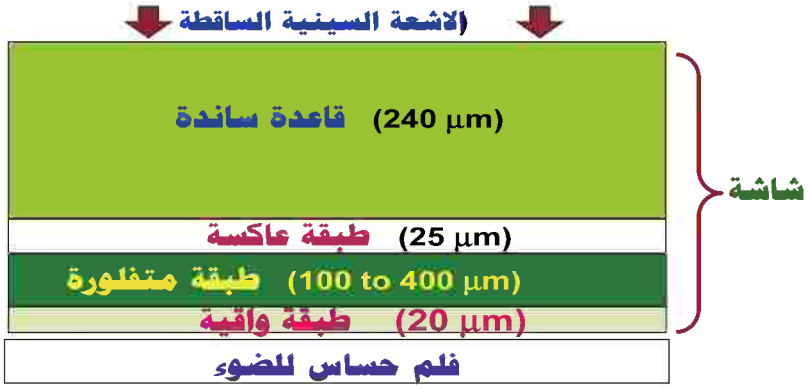
$$AgNo_3+KBr--------AgBr+KNo_3$$

تكون هاليدات الفضة في المستحلب بشكل بلورات صغيرة معلقة في المادة الجلاتينية . وهذه البلورات مكونة من أيونات الفضة الموجبة (Ag^+) والبروميد السالبة (Br^-) وأيونات اليود (I) والمرتبة بشكل بلورة مكعبة . هذه البلورات تكون صغيرة في أفلام الأشعة السينية مقارنة مع الحبيبات الصغيرة للمستحلب، اما حبيبات يود بروميد الفضة فانها لا تكون بلورات مثالية منتظمة بل هي بلورات مشوهة بسبب إزاحة أحد أيونات الفضة الموجبة عن موقعها الاعتيادي، لذلك فأن أيونات اليود تسلط جهدا كبيرا على البلورة يكون مفيدا في عملية تكوين الصورة .تضاف إلى هليدات الفضة في المستحلب مركبات كبريتية تتفاعل مع الهليدات لتكون كبريتات الفضة هذه الكبريتات تقع على سطح البلورة مكونة ما يسمى بالبقعة الحساسة (Sensitivity Speck) . وفائدتها تكوين مصائد للإلكترونات.

٣ـ شاشة التقوية

بعض الافلام تحتوي على ما يسمى بشاشة التقوية والتي تقوم بتحويل الاشعة السينية الى ضوء مرئي. شاشة التقوية عبارة عن ألواح خاصة تغطي بطبقة رقيقة من بلورات أو كسيد التكنستن والكالسيوم ($CaWO_4$) توضع على جانبي الفلم والتي تمتص الأشعة السينية الساقطة عليها وتبعث الضوء المرئي أو الأشعة فوق البنفسجية، لان المستحلب حساس للأطوال الموجية للضوء المرئي شكل (٣ – ٣) .فائدة شاشة التقوية هو إرجاع الضوء إلى الفلم من الجهتين وتجدر الإشارة إلى انه من الممكن أخذ صورة شعاعية بدون وجود شاشة التقوية ولكن ذلك يزيد من زمن التعرض وبالتالي زيادة في الجرعة الإشعاعية .

شكل (٣-٣) مكونات شاشة التقوية



٤ ـ طبقة الطلاء الأمامية (Super coating)

وهي طبقة رقيقة تغطي المستحلب لغرض حمايته من الأضرار الميكانيكية وهذه الطبقة تحتوي على بعض المواد التي تجعل سطح الفلم ناعم وصقيل .

توجد ثلاثة أنواع من أفلام الأشعة السينية حساسة جدا للأشعة السينية والأخرى متوسطة الحساسية والبعض الآخر قليل الحساسية ،وكلما كان الفلم حساسا قلت فترة التعرض الإشعاعي، إلا إن معالم الصورة غير واضحة وذلك يعود إلى حجم البلورات التي تغطي الفلم حيث تكون هذه البلورات صغيرة الحجم وبشكل عام فان الأفلام المتوسطة الحساسية هي المفضلة في معظم الاستخدامات .

٢-٣ تكوين الصورة الكامنة – الخيال (Latent Image)

معدن الفضة في أفلام الأشعة السينية يكون مسؤلا عن تكوين المساحات السوداء بعد تحميض الأفلام الشعاعية . فعند سقوط الضوء المرئي من شاشتي التقوية أو سقوط الأشعة السينية مباشرة على الفلم فأن طاقة الفوتونات يمتصها أحد الإلكترونات حسب الظاهرة الكهروضوئية أو ظاهرة كومبيتن ،ويتحرر الالكترون فيقوم بتحويل ايونات البروميد السالبة إلى ذرة البروميد المتعادلة والتي تترك البلورة لتمتصها المادة الجلاتينية .

$$Br \leftarrow \text{فوتون ضوئي} + Br^{-}$$

يتحرك الإلكترون المتحرر مسافة طويلة داخل البلورة المثالية ولكن هذه الإلكترونات تصطاد في مناطق التشوه في البلورة أو البقع الحساسة لكبريتات الفضة(Ags) وتأسر من قبل هذه البقع بشكل موقت . تعطي الإلكترونات شحنتها السالبة إلى البقع الحساسة والتي تقوم بجذب أيونات الفضة الموجبة في البلورة إلى مراكز تلك البقع لذلك يتعادل آيون الفضة مكونا ذرة الفضة والتي تسلك سلوك مصيدة للإلكترون الثاني والذي يلتصق بها مكونا شحنة سالبة يجذب اليه أيون فضة موجب أخر ويعادله مكونا ذروة متعادلة ثانية تتحد مع الأولى مكونة مجموعة من ذرات الفضة.

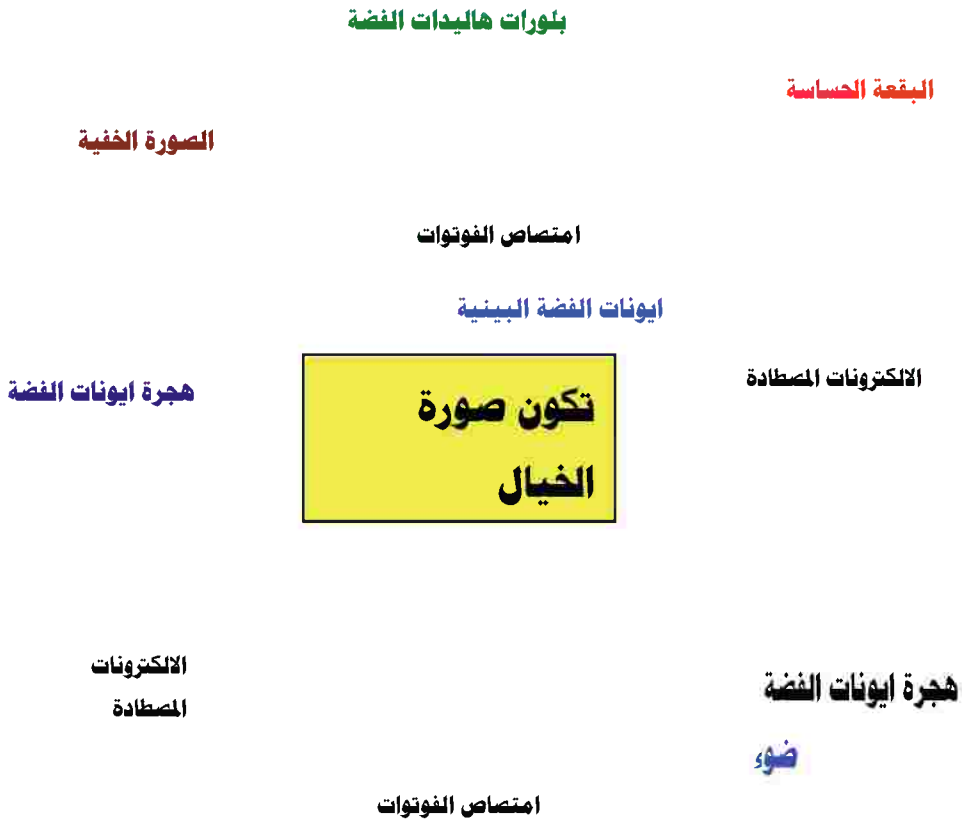
$$Ag^{+}$$

$$+electron \rightarrow Ag$$

كما في الشكل (٣-٤). وهذه التجمعات الصغيرة من ذرات الفضة تكون ما يسمى بمراكز الصورة الخفية وهي من المواقع التي تكون مرئية بعد عملية التحميض نتيجة لترسيب معدن الفضة . الاختلاف بين حبيبات المستحلب التي تتفاعل مع محلول التحميض وتؤدي إلى ترسيب معدن الفضة المرئي والحبيبات التي لا تظهر تؤدي إلى تكوين مراكز الصورة الخفية . وان الصورة الخفية

النهائية تتكون من عدد كبير من هذه المراكز. تمتص الإلكترونات ١٠ % من طاقة الفوتون الساقط حسب الظاهرة الكهروضوئية أما بقية الطاقة فتمتصها المادة الجلاتينية .

شكل (٣-٤)تكون الصورة الخفية



حساسية الفلم للأشعة السينية المباشرة تتغير بمقدار ٥٠.٢٠ مرة مع طاقة الأشعة السينية وكذلك طريقة التحميض .

٣- ٣ أنواع الأفلام :

الوسط الذي يحول الأشعة السينية إلى صورة مرئية يسمى مستقبل الصورة (IR) ومن أهمها أفلام الصور الشعاعية الطبية وقد اصبح إنتاج الأفلام في الوقت الحاضر من التكنولوجيات المتطورة وما يؤكد ذلك هو كثرة إعداد وأنواع الأفلام المستخدمة في التصوير الشعاعي والطبي . ومن أهم أنواع الأفلام : .

١ ـ أفلام الشاشة (Screen Film)

أهم مستقبل للصورة هو الفلم الذي يحتوي على شاشة تقوية ، ومن أهم خواص هذه الأفلام التباين ، السرعة ، وامتصاص الضوء . معظم مصنعي هذه الأفلام يصنعونها على نوعين إحداهما أفلام ذات تباين كبير واخرى ذات تباين منخفض ، الأول يولد صورة سوداء وبيضاء . والثاني يولد صورة رمادية . يعتمد التباين لهذه الأفلام على خواص بلورات هليدات الفضة . فأذا كانت الحبيبات صغيرة ومنتظمة فأن الأفلام تولد تباين كبير وإذا كانت الحبيبات كبيرة ومختلفة الأحجام فانها تكون صور ذات تباين قليل .

أما حساسية (سرعة) الأفلام فتكون مختلفة وبشكل عام فأن المستحلب السميك يكون اكثر حساسية للأشعة من المستحلب الرقيق لذلك فأن الأفلام الحساسة (السريعة) تحتوي على مستحلب مزدوج أي مستحلب على كل جهة من جهتي القاعدة .

٢ ـ الأفلام التي تتعرض مباشرة (Direct- exposure film) :-

هي الأفلام التي لا تحتوي على شاشة تقوية وقد كانت تستخدم لتصوير بعض اجزاء الجسم مثل اليدين والقدم والتي تكون لهذه الأجزاء درجة تباين كبيرة .

يكون مستحلب هذه الأفلام سميكا ويحتوي على تراكيز عالية من بلورات هليدات الفضة لغرض زيادة تفاعل الأشعة السينية مع المستحلب . والأفلام المباشرة المستخدمة حاليا تستخدم حبيبات صغيرة ومستحلب منفرد وغير مزدوج .

٣ ـ أفلام تصوير الثدي (Mammography Film)

تتكون هذه الأفلام من مستحلب مزدوج (Double- emulsion) يعرض مباشرة للأشعة السينية . وتكون الجرعة المستلمة في هذه الأفلام كبيرة . ونوع آخر من الأفلام تكون فيه حبيبات الفضة صغيرة والمستحلب منفرد وتزود هذه الأفلام بشاشة تقوية تحتوي على تنكستات الكالسيوم .

٤ ـ الأفلام الفيديوية : ـ

ازداد استخدام الأفلام الفديوية في التصوير الشعاعي بعد استخدام التصويرالطبقي المحوسب ، التصوير الرقمي ، والتصوير بالرنين المغناطيسي . وهذه الأفلام تحتوي على مستحلب منفرد ذات حبيبات دقيقة. يعرض على كاميرا اعتيادية أو كاميرا ليزرية . يمكن تصوير حوالي ١٦ صورة على الفلم الواحد .

٥ ـ أفلام الحذف (Subtraction Film) :-

تستخدم هذه الأفلام في تصوير الأوعية الدموية (angiography) وفي الصور الرقمية .تكون الافلام من مستحلب منفرد وتكون على نوعين،أفلام تستخدم لتغطية الأجزاء المحذوفة (Subtraction-mask) والأخرى تحتوي على الصورة الأصلية ومركبة عليه الصورة بعد الحذف . وهذه الأفلام لها درجة تباين كبيرة

٦ ـ الأفلام السينمائية (Cine Film) :-

تستخدم هذه الأفلام بشكل كبير في القسطرة القلبية وهذه الأفلام بحجم ٣٥ ملم وطول يتراوح بين ٣٠ – ٢٠٠ متر تقريبا .

4-3 خواص الافلام:

تعتمد جودة ونوعية الصورة الشعاعية على دقة التفاصيل التشريحية الموضحة على الفلم والتي بدورها تعتمد على مقدار التعرض (exposure) لفلم الاشعة السينية . التعرض هو حاصل ضرب مقدارين . الاول هو تيار انبوبة الاشعة السينية (ملي أمبير) والثاني هو زمن التعرض .لذلك يرمز له (mAs) وان مقدار الكثافة الضوئية(الاسوداد في الفلم) يعتمد على التعرض . اما مقدار فولطية انبوبة الاشعة السينية (kV_p) فانها تؤثر على تباين الصورة وجودتها.

من اهم العوامل المؤثرة على نوعية وجودة الصورة الشعاعية :

أ . عوامل الفلم الشعاعية (Film Factors) التي تتضمن (الكثافة الضوئية ، منحنى الخواص ، التباين ، سرعة الفلم ، مدى الفلم وعملية التحميض) .

ب . العوامل الهندسية(Geometric Factors) التي تتضمن (تكبير الفلم ، التشوه ، والضلال) .

ج . العوامل الجسمية (Subject Factors) التي تتضمن(سمك النسيج ، كثافته ، عدده الذري ، حركة الجسم). وفي ادناة دراسة تفصيلية لهذه العوامل .

١ – الكثافة الضوئية (Optical Density) :

تعرف الكثافة الضوئية بانها النسبة بين شدة الضوء الساقط على الفلم (I_o) الى شدة الضوء النافذ منه (I) أي انها القيمة التي تماثل درجة عتمة فلم الاشعة السينية .

الكثافة الضوئية (OD) = لو I/I_0

ان المقدار (I/I_0) هو مقياس لقدرة الفلم على حجب الضوء (Opacity) اما مقلوب هذا فان المقدار فيمثل مقدار الضوء النافذ من الفلم ويسمى بالنفوذية (Transmittance).شكل (٣ – ٥). الكثافة الضوئية دالة لوغاريتمية تتراوح بين (0 - 4) والتي تمثل الكثافة الضوئية للمناطق المضيئة والمظلمة على التوالى . فعندما تكون الكثافة الضوئية 4 فهذا يعني ان نسبة الضوء النافذ 0.01%

والذي يعني نفوذ فوتون واحد من الفلم عند سقوط 10000 فوتون علية .وتكون صورة الفلم بيضاء تقريبا.

شكل (٣ – ٥).الكثافة الضوئية

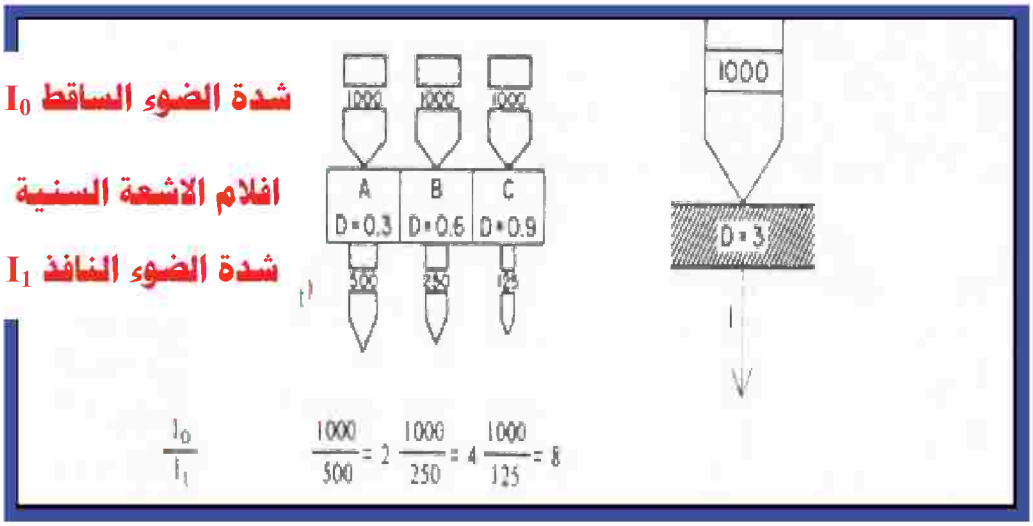
عندما تكون الكثافة الضوئية صفرا فانها تعني ان كمية الضوء النافذ من الفلم 100% أي عند سقوط 100 فوتون فانها تنفذ جميعها وبذلك فان لو^{1} = صفر . الكثافة الضوئية لمعظم افلام الاشعة السينية قبل تعرضها للاشعة السينية تتراوح بين 0.1 - 0.15 والتي تمثل ضوءا نافذا بنسبة 79% ،71% على التوالي وهذا ناتج عن امتصاص الضوء من قاعدة الفلم اما عند تعريض الفلم للاشعة السينية وتكون الصور الشعاعية فان الكثافة الضوئية تتراوح بين 0.5 - 2.5 .وكلما ازدادت كثافة الفلم فانه اكثر اسودادا واقل ضوء نافذا ففي العمل الروتيني للاشعة السينية فان الكثافة الضوئية تساوي 2 أي ان(1% من الضوء ينفذ لأن لو^{100}= 2). فتكون الصورة سوداء اما إذا كانت الكثافة الضوئية 0.3 فان الصورة مضيئة لأن 50% ينفذ منه الضوء كما في الشكل (3-6)

٢ - منحني الخواص (Characteristic):

يمثل منحني خواص افلام الاشعة السينية العلاقة بين مقدار تعرض الفيلم والكثافة الضوئية الناتجة عن هذا التعرض. والتي ترسم بشكل منحني بياني يسمى منحني الخواص او منحني (D&H) نسبة الى اول من رسم هذا المنحني في انكلترا سنة 1890 وهما (Hurter & Driffield) ولغرض رسم هذا المنحني عمليا يأخذ مرشح اسفيني متعدد الاسماك والتي تجعل التعرض يقل الى النصف عند كل سمك ومقياس للكثافة الضوئية، يعرض الفلم بعد وضع المرشح امام حزمة الاشعة السينية والتي تخترق اسماك مختلفة من المرشح.

شكل (3-7)

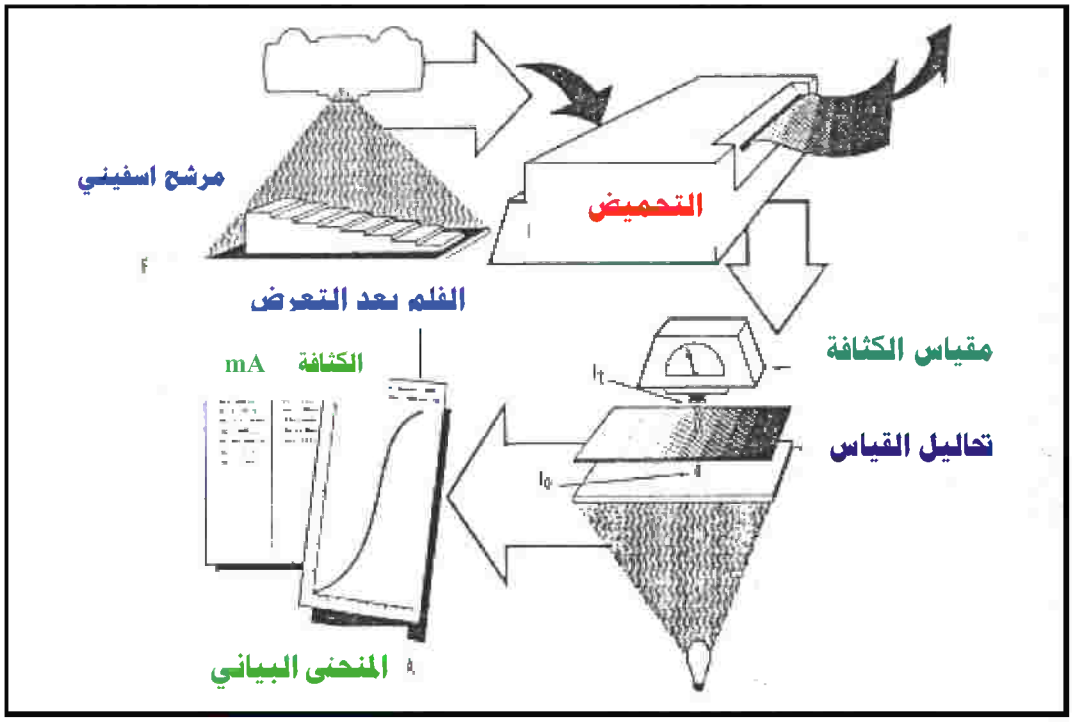
شكل (3-6) مقدار النقصان في شدة الاشعة السينية لثلاثة افلام كثافتها (0.3,0.6,0.9)



عند تحميض الفلم تقاس الكثافة الضوئية لكل سمك من المرشح باستخدام مقياس الكثافة الذي يحتوي على مصدر ضوئي يمر من خلال ثقب صغير ليسقط على الفلم وتقاس شدة الضوء النافذ من الفلم بواسطة جهاز حساس لقياس شدة الضوء. ترسم الكثافة الضوئية على المحور العمودي والتعرض النسبي على المحور الافقي ويزداد التعرض بمقدار 0.3 لأن لو $0.3 = {}^{2}$.يستفاد من هذا المنحني لمعرفة مقدار التباين، السرعة، المدى وحساسية الفلم. ويلاحظ من المنحني بأنه عندما يكون التعرض صفرا فان الكثافة الضوئية للفلم تساوي 0.2 او اقل وسبب ذلك ناتج عن كثافة القاعدة والكثافة الضوئية، وعادة ما يرسم التعرض النسبي بقياس لوغارتمي وذلك لأن استخدام المقياس اللوغاريتمي يسمح باستخدام مدى واسع من التعرضات في منحني ابعاده قليلة والسبب الآخر ان تحليل خواص هذا المنحني يكون اسهل من المقياس اللوغاريتمي، حيث ان زيادة مقدار لوغارتم التعرض النسبي يزداد بمقدار 0.3 أي ان التعرض يتضاعف..

يتكون منحني الخواص للفلم من ثلاث مناطق شكل (3-8) وهي:

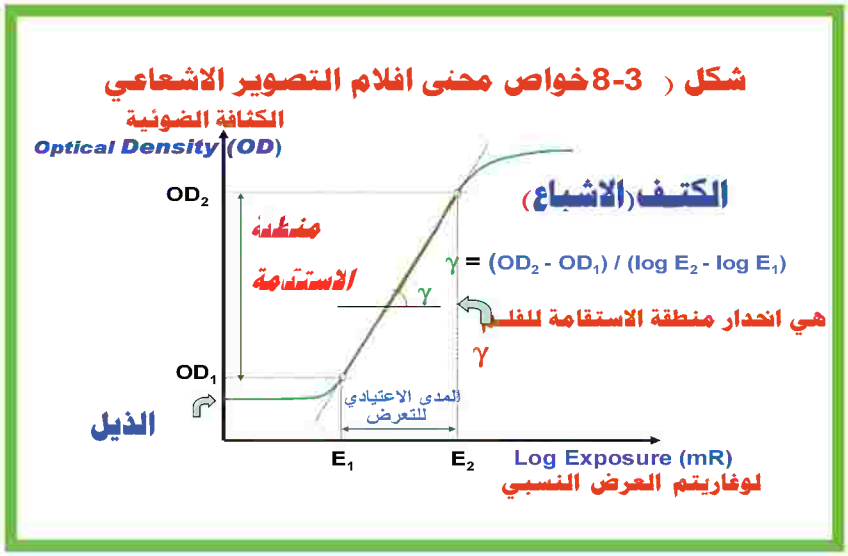
شكل (3-7) الخطوات اللازم اجراؤها لرسم منحنى خواص الفلم



أ- منطقة الذيل (Toe) وهي بداية منحني الخواص وتمثل الضبابية على الفلم والتي لا يكون مصدرها التعرض للاشعة السينية وانما قد يكون ناتجا عن فترة الخزن وتعرض الفلم الى الخلفية الاشعاعية في فترة الخزن فيكون عليه ضباب ناتج عن هذه الخلفية وتكون الكثافة الضوئية الناتج عن هذا الجزء 0.05 او اكثر. بالاضافة الى ذلك فان قاعدة الفلم تمتص قسما من الضوء الساقط عليها مكونة كثافة القاعدة وكذلك تتولد هذه المنطقة عن طريق التحميض غير الدقيق والذي يسمى بالكثافة الضوئية الضبابية (Fog Density) او اضافة الوان خاصة الى الفلم لتوضيح الرؤية والكثافة الضوئية الناتجة عن ذلك لا تتعدى 0.05 .

ب- منطقة الكتف (Shoulder) وهي المنطقة التي لا يظهر عندها تغير واضح في الكثافة الضوئية عند زيادة التعرض الاشعاعي.

ت- منطقة الخط المستقيم:- وتمثل هذه المنطقة الحساسية العالية للفلم وهي تمثل منطقة العمل الصحيحة اثناء التصوير الشعاعي وهي المنطقة المهمة من خواص الفلم.



٣ - 5 - التباين (Film contrast):

الاختلاف في الكثافة الضوئية لمناطق مختلفة على الفلم يسمى بالتباين ويعرف بانه الاختلاف في الكثافة الضوئية لمناطق مختلفة على الصورة الشعاعية للفلم، ويختلف التباين باختلاف الكثافة الضوئية ويعتمد التباين على ثلاث عوامل هي:

١ - تباين الفلم :

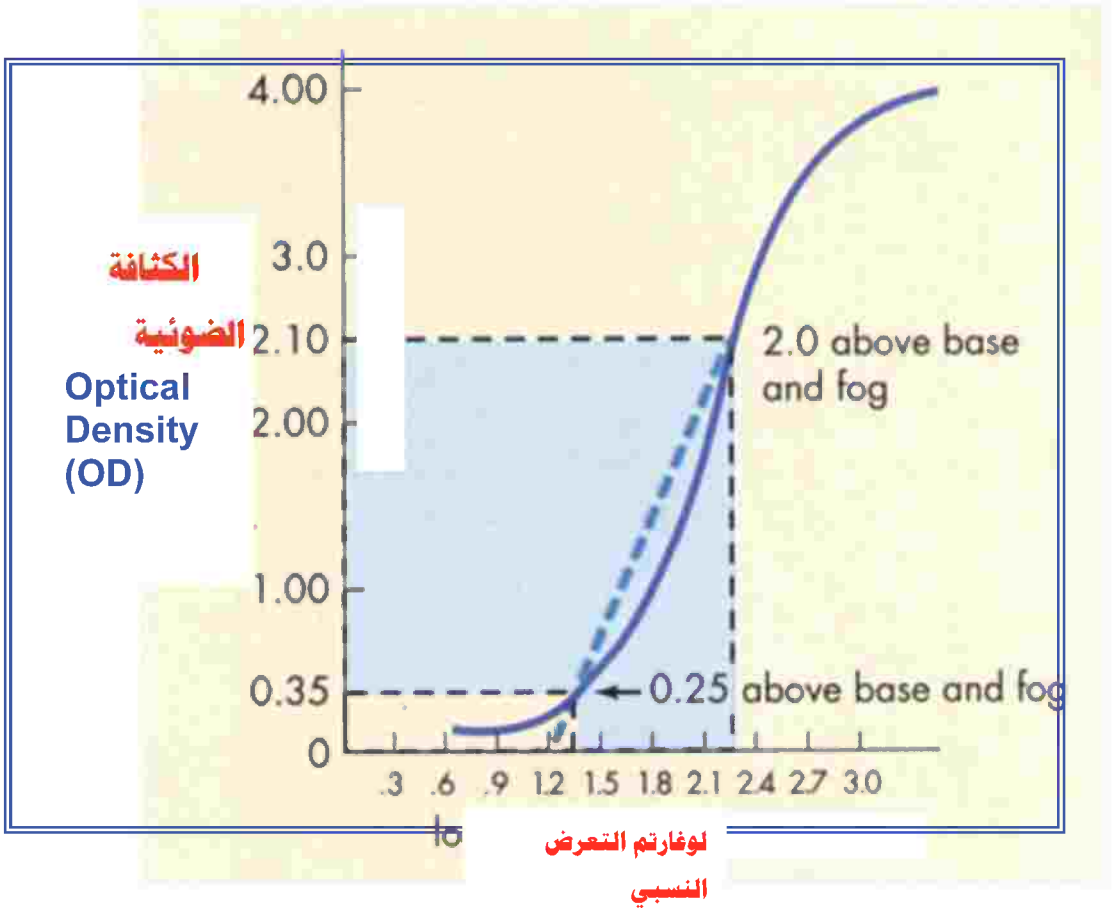
وهو التباين الاساسي للفلم والذي يتأثر بعملية التحميض، ويمكن ايجاد تباين الفلم عمليا من ميل الخط المستقيم لمنحني خواص الفلم فاذا كان الميل واحد فان التباين قليل وإذا كان ميل المنحني 3 فان التباين كبيرا، ويمكن ان يقاس التباين من خلال معدل الميل (average gradient) وهو ميل الخط المستقيم لمنحني الفلم بين نقطتين على الفلم كثافتها الضوئية 0.25 الى 2 أي المنطقة المحصورة بين منطقة الذيل والكتف، فإذا كان الميل اكبر من واحد فان التباين يكون جيدا اما إذا كان الميل اقل من واحد فان التباين يكون قليل جدا شكل(٣-٩).

٢-تباين الجسم:

يعتمد هذا التباين على الاختلاف في مقدار التوهين للاشعة السينية المارة خلال جسم المريض والتي تعتمد على سمك النسيج وكثافته والاختلاف في العدد الذري، ان هذا التباين يمثل الاختلاف في شدة الاشعة السينية النافذة من جزء من الجسم مقارنة بتلك التي تنفذ من اجزاء اخرى من الجسم

فعندما تمر الاشعة السينية في جزئين من الجسم احدهما سميك والآخر نحيف وكانت شدة الاشعة السينية النافذة من الجزء النحيف (I_S)

شكل (٣- ٩)تباين فلم الاشعة السينية



وتلك النافذة من الجزء السميك (I_L)

فان تباين الجسم= I_S/I_L.

وهذه الحالة تكون واضحة في التصوير الشعاعي للدماغ فان الفجوات الهوائية في الدماغ لا تؤدي الى توهين الاشعة السينية بشكل كبير مقارنة مع

العظام او الانسجة اللحمية ويعتمد تباين الجسم على الاختلاف في العدد الذري للانسجة فالعظام تؤدي الى التوهين الاكبر نسبة الى الشحوم والعضلات.

٣- التباين الناتج عن التشتت والضباب (Fog & Scatter)

يؤدي تأثير الظلال والتشتت الى نقصان تباين الصورة الشعاعية، وكما هو معلوم فان تشتت الاشعة السينية في جسم المريض ناتج عن ظاهرة كومبتن ويزداد التشتت بزيادة سمك الجسم وطاقة الاشعة السينية (جهد عالي kV_p) ويمكن تقليل التشتت بتسديد حزمة الاشعة السينية.

اما الضباب فينتج عن اظهار صورة لحبيبات هاليدات الفضة في مستحلب الفلم الشعاعي بالرغم من عدم تعرض هذه الحبيبات الى الاشعة السينية ويزداد الضباب على الفلم نتيجة للخزن غير الجيد، تلف المحلول المظهر وزيادة درجة حرارته.

٣ -٦ مدى تعرض الفلم exposure Latitude:

ان الافلام التي يكون تباينها قليلا فان مدى التعرض (mAS) لها يكون كبير أي ان العلاقة بين مدى التعرض والتباين علاقة عكسية. إذا كانت الفولتية kV_p عالية فانها تؤدي الى توليد مدى تعرض عالي ولكن التتباين يكون قليلا. اما الفولتية الواطئة فانها تولد تباينا كبيرا ولكن مدى التعرض يكون قليل جدا ،وهذا المدى عادة ما يكون ضمن الجزء المستقيم من منحني خواص الفلم أي بين الذيل والكتف. اما إذا كانت kV_p كبيرة فان الجزء المستقيم من منحني خواص الفلم يكون قليل جدا أي ان مدى التعرض يكون كبير والخطأ في اختيار التعرض (mAs) يكون قليل شكل (10-3) و(٣ – ١١)

٣ -٧ سرعة الفيلم:

ان قدرة الفلم على الاستجابة لاقل تعرض للاشعة السينية هو مقياس لحساسية الفلم او سرعته، فعندما يتعرض الفلم الى تعرض قليل، فيمكن الكشف عنه باستخدام شاشات تقوية بينما يحتاج الفلم بمفرده الى تعرض عالي للكشف عن ذلك التعرض. أي ان سرعة الفلم تقاس بمقلوب التعرض . تعرف السرعة بأنها مقلوب التعرض (مقاسة بالروتنكن اللازمة لتوليد كثافة مقدارها واحد فوق الجزء الافقي لكثافة القاعدة والكثافة الضبابية.

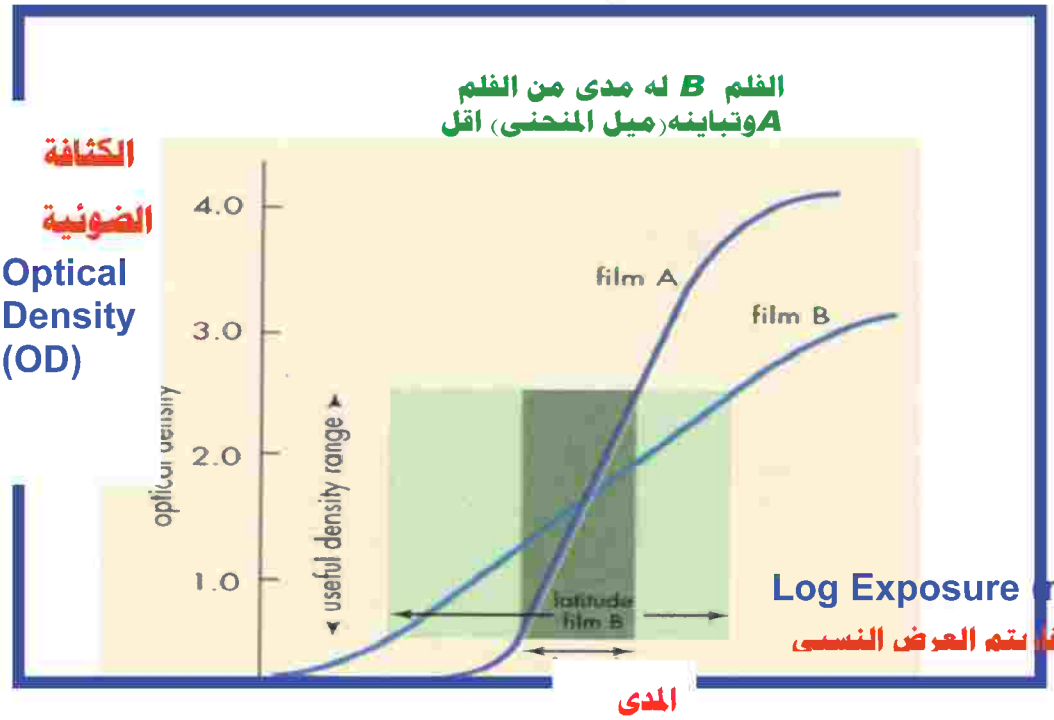
السرعة = 1 / التعرض (روتنكن)

فان تعرضا مقداره 0.57 ملي روتنكن يتطلب لتوليد كثافة ضوئية على الفلم مقدارها 1 فوق الكثافة الضوئية للقاعدة والضباب سرعة مقدارها ١٧٥٠:

$$\text{السرعة} = \frac{١}{\text{التعرض (روتنكن)}} = \frac{١}{0.00057} = 1750 \text{ لكل روتنكن}$$

علاقة سرعة الفلم ومقدار التباين تكون علاقة عكسية فان الفلم ذي التباين القليل اسرع من الفلم ذي التباين الكبير.

شكل 3-10) تباين ومدى الافلام



عملية التحميض:-

ان عملية التحميض مهمة للحصول على الكثافة الضوئية الصحيحة للفلم وان اهم العوامل التي تعتمد عليها عملية التحميض هي:

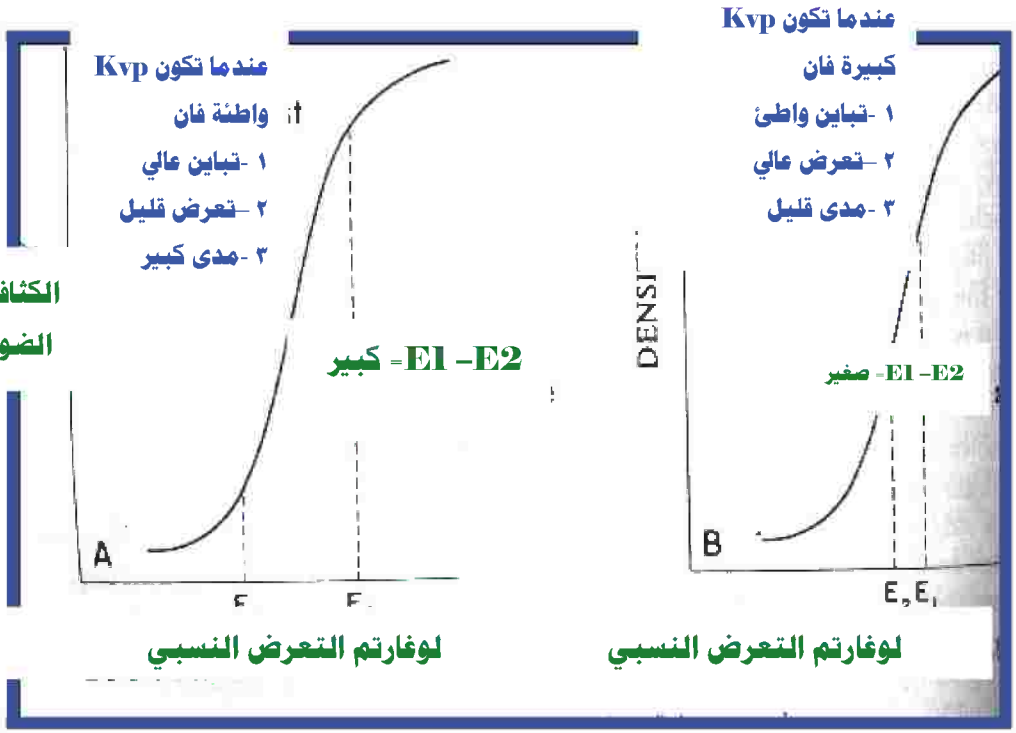
١- مكونات المواد الكيمياوية لعملية التحميض.

٢- درجة تهيج الفلم خلال عملية التحميض.

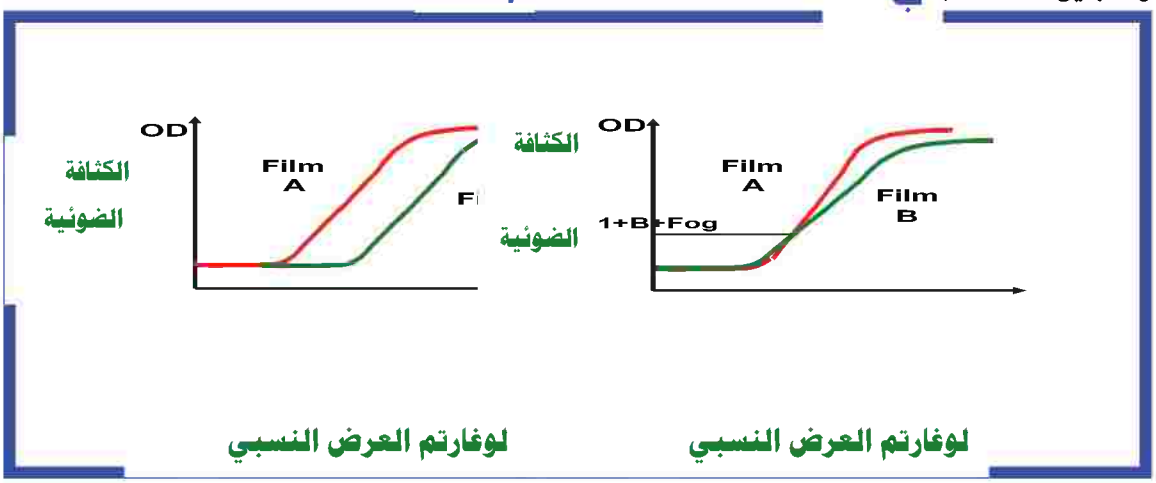
٣- *زمن التحميض*: حين يتغير زمن التحميض فانه يؤدي الى تغير منحني خواص الفلم لذلك يجب التقيد بزمن التحميض المثبت من قبل المصنع للحصول على اقصى تباين واقصى سرعة.

٤- درجة حرارة التحميض: تعتمد خواص الفلم على درجة حرارة التحميض وان درجة الحرارة المثلى هي 20 درجة سيليزية لمدة 5 ثواني. ان تغير قليل في زمن او درجة حرارة التحميض تؤدي الى تغير كبير في منحني خواص الفلم.

شكل (3-11)-تغير تباين الفلم ومدى التعرض مع مقدار الفولطية للأشعة السينية



شكل 3 -12) يوضح سرعة الفلم هي مقلوب التعرض للحصول على كثافة مقدارها (1). علما بأن الفلم (A) هو اكثر سرعة من الفلم (B).شكل (أ).وفلم A و فلم B لهما نفس الحساسية والتباين مختلف ب



٣-٨ العوامل الهندسية لتكوين الصور الشعاعية:

ان الترتيب الهندسي بين مصدر الاشعة السينية والجسم والفلم تؤثر على نوع الصور الشعاعية ولسهولة التعامل وفهم هذا الجانب نفترض ان الاشعة السينية الساقطة تمتص جميعها من الجسم ثم تصل الى الفلم وان حزمة الاشعة السينية مسددة بحيث ان شكل الحزمة يكون بشكل مخروط رأسه بقع عند نفوذ الاشعة من الجهاز وتسمى النقطة نقطة البؤرة((Focal Spotاما الصورة فتكون عند قاعدة المخروط .

من اهم العوامل الهندسية:

١- التكبير (Magnification)

عند سقوط الاشعة السينية على المادة وامتصاصها بنسب مختلفة وسقوطها على الفلم فانها ستكون صورة على الفلم وغالبا ما تكون هذه الصورة مكبرة ولمعظم التطبيقات الطبية فان المطلوب اقل تكبير ممكن وان مقدار التكبير (M).

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}}$$

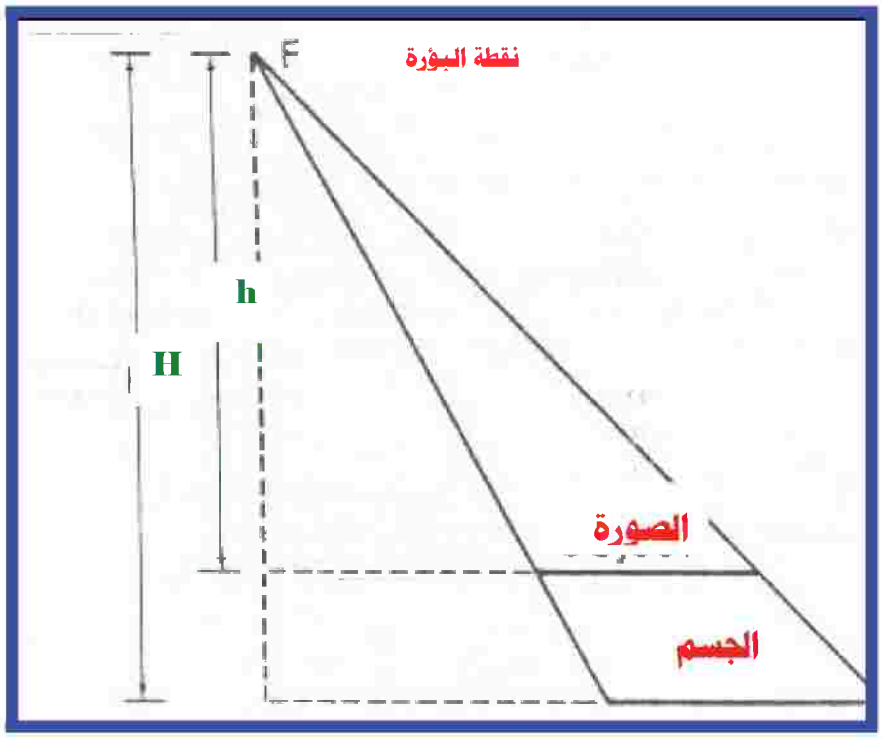
وإذا كانت ابعاد الجسم غير معروفة يمكن ايجاد التكبير من النسبة بين بعد نقطة البؤرة(المصدر) عن الصورة (H) الى بعدها عن الجسم (h):

$$\text{التكبير}(M) = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الفلم عن المصدر (H)}}{\text{بعد الجسم عن المصدر (h)}}$$

كما في الشكل (3-13).

ولأن الصورة وبعدها وبعد الجسم يمكن قياسها فيمكن قياس طول الجسم، ويحصل التكبير في الصورة إذا كان بعد الجسم عن نقطة البؤرة يختلف كثيرا عن بعد الصورة لذلك ولجعل طول الصورة بقدر طول الجسم أي لا يوجد تكبير في الصورة يجب تطبيق النقطتين التاليتين، الاولى تجعل الجسم قريبا جدا من الفلم والثاني نجعل بعد الفلم اكبر ما يمكن. ويمكن تطبيق قانون التكبير إذا كان الجسم والفلم يقعان عموديا اسفل الجهاز او كانا مائلين عنه، لأن بعد الجسم وبعد الفلم عن نقطة البؤرة يبقى كما هو، وفي حالة التكبير نعتبر بان الاشعة السينية كأنها منبعثة من نقطة البؤرة.

شكل 3-13 يوضح حساب التكبير لصورة على فيلم الاشعة السينية
وذلك بقسمة بعد الفيلم على المصدر الى بعد الجسم عن المصدر

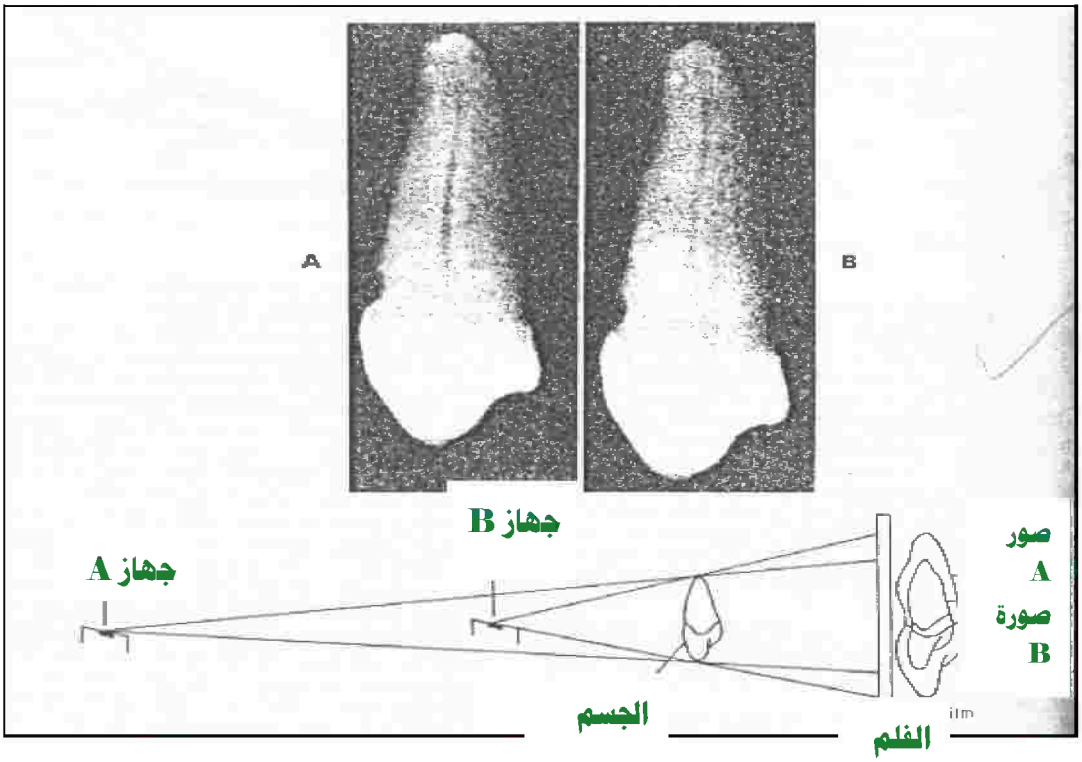


في معظم حالات التصوير الاشعاعي فان بعد الجسم عن المصدر 100سم لذلك فان التكبير يساوي تقريبا 1.1 كما في تصوير الصدر، بعد الفلم عن المصدر في حال التصوير الشعاعي للاسنان يساوي 40 سم في الوقت الحاضر بدلا من 20 سم كانت تستخدم سابقا حيث ان البعد الكبير يؤدي الى توليد مخروط طويل وبذلك فان التكبير يكون اقل ما يمكن. وفي حالة تصوير الثدي فان بعد الفلم عن المصدر، يتراوح بين 50-70 سم وذلك لأن طاقة الاشعة السينية قليلة في هذا التصوير.

٢- التشوه (Distortion)

يحصل التشوه نتيجة لاختلاف التكبير للاجزاء المختلفة للجسم فإذا كانت بعض اجزاء الجسم مائلة بالنسبة للفلم فان ابعادها عن نقطة البؤرة مختلفة لذلك يكون تكبيرها مختلف ويحصل التشوه في الصورة كما في الشكل (3-14)

شكل (A-14-3) يوضح تشوه صورة السن، (B-14-3) يوضح بأن استخدام مخروط طويل يقلل التكبير



وعادة ما يحصل التشوه في الصورة الشعاعية عند تصوير الاجزاء السميكة من الجسم والتي اجزاؤها تبعد بابعاد مختلفة عن الفلم ولا تقع في مركز حزمة الاشعة السينية اما إذا وقع الجسم في مركز الحزمة فلا يحصل فيه تشوه. أي ان التشوه يعتمد على عاملين هما:

أ. سمك الجسم، حيث ان الجسم السميك يكون التشوه فيه اكبر من الجسم النحيف.

ب. موقع الجسم. يكون التشوه كبيرا إذا كان الجسم لا يوازي الفلم.

٣ -٩ منطقة شبه الظل (Penumbra)

تعرف منطقة الظل (الضبابية – blur) في الصورة الشعاعية بانها المنطقة المضيئة جزئيا والتي تحيط بالصورة الفوتوغرافية.عند معالجة موضوع التكبير والتشوه اعتبرت الاشعة السينية المنبعثة كمصدر نقطي. ولكن عند التطبيق العملي نجد ان الاشعة السينية غير نقطية ولكن المصدر يكون

بشكل مربع او متوازي اضلاع يتراوح بعده بين (0.1 -1.5) ملم، ونتيجة لذلك تتكون على جانبي الصورة مناطق شبه الظل تكون كبيرة في جانب الكاثود. شكل (15-3) يعتمد طول ضبابية شبه الظل للفلم على ثلاثة انواع الاول طول المصدر المؤثر (effective focal spot) حيث ان زيادة الطول المؤثر للمصدر تؤدي الى زيادة منطقة شبه الظل وبعد الجسم عن الفلم (الصورة) و بعد المصدر عن الفلم.

شكل (15-3) تشوه الصورة باختلاف بعد الجسم عن الفيلم

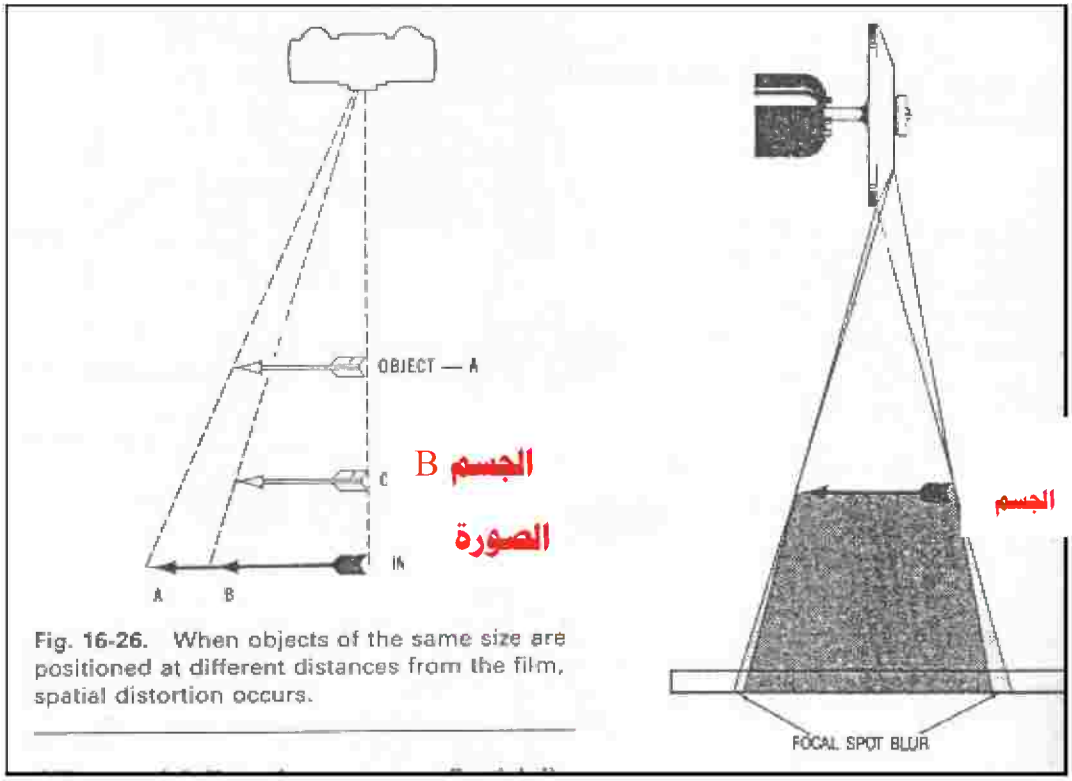
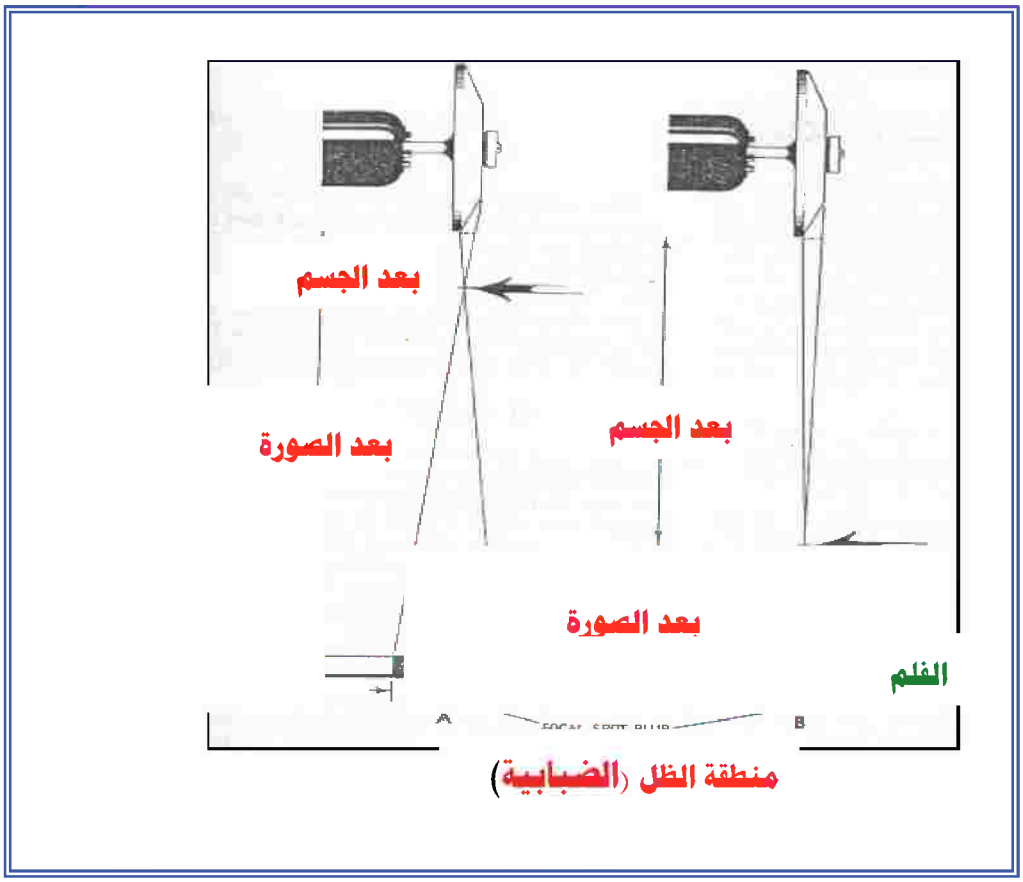


Fig. 16-26. When objects of the same size are positioned at different distances from the film, spatial distortion occurs.

شكل (3-16)تغير منطقة شبه الظل بتغيربعد الصورة



من شكل(3-6 1) وتشابه المثلثين فان:

طول منطقة شبه الظل بعد الجسم عن الصورة

ـــ = ـــ

الطول الفعال للمصدر بعد الجسم عن المصدر

بعد الجسم عن الصورة

اذن طول منطقة شبه الظل = (الطول الفعال للمصدر) x ـــ

بعد الجسم عن المصدر

ولتقليل منطقة شبه الظل نستخدم مصدر طوله الفعال قليل وبعد الجسم عن الفلم (الصورة) اقل ما يمكن ويبقى بعد المصدر عن الفلم ثابتا.

٣ – ١٠ العوامل الجسمية:

العوامل المتعلقة بخواص المريض الجسمية والذي يؤثر على نوعية الصورة تعتمد على العوامل التالية:

١- سمك المريض:

جسم المريض يوهن الاشعة السينية عند مرورها خلاله وان الجزء السميك من الجسم يوهن الاشعة السينية اكثر من الجزء النحيف. ولغرض الحصول على صورة ذات نوعية جيدة يجب تغيير الجهد العالي بين الكاثود والانود kV_p او التعرض الاشعاعي mAs بما يتناسب وسمك ذلك العضو. ويوضح الجدول (3-1)التصوير الاشعاعي للبطن وطريقة تغيير سمك المريض كدالة الى تعرض (mAs) بثبوت الجهد عند 80 كيلوفولط.

جدول (3-1) سمك العضو كدالة الى التعرض الاشعاعي

سمك ذلك الجزء(سم)	16	18	20	22	24	26	28	30
التعرض (mAS)	12	15	22	30	45	60	90	120

٢- العدد الذري الفعال للنسيج:

العدد الذري للانسجة المراد فحصها تؤثر بشكل فعال على نوع الصورة فعندما يكون العدد الذري كبيرا فان حصول الظاهرة الكهروضوئية لامتصاص الاشعة السينية ذات احتمال كبير وتكون الصورة ذات نوعية جيدة ولكن الجرعة كبيرة. في حالة ظاهرة كومبتن فان العدد الذري للنسيج لا يكون له تأثيرا مهما على حصول هذه الظاهرة.

٣- حركة المريض:-

تؤدي حركة المريض او حركة الجهاز اثناء التصوير الشعاعي الى توليد منطقة شبه ظل كبيرة حول صورة النسيج وتكون الصورة غير جيدة لذلك فمن واجب المصور الشعاعي تقليل حركة المريض ما امكن وذلك بجعل زمن التعرض اقل ما يمكن واعطاء المريض التعليمات" بأخذ نفس عميق وحبس الهواء في الرئتين"، وكذلك يمكن تقليل تأثير حركة المريض باستخدام مسافة كبيرة بين المصدر والفلم ومسافة صغيرة بين الجسم والفلم.

٣ – ١١ تحسين نوعية الصورة:

المصور الشعاعي لديه الادوات والوسائل التي تساعده على تحسين نوعية الصورة، فان اختيار طريقة التصوير الجيدة ، وسائل جيدة للتصوير وتحضير مناسب للمريض تساهم بشكل فعال في

الحصول على صورة ذات نوعية جيدة وهذه العوامل مترابطة بعضها مع البعض الآخر وتغير احد هذه العوامل يتطلب تغيير في العامل الآخر، ومن اهم هذه العوامل:

١- اتجاه المريض:

توجيه المريض لة تاثير كبير على نوعية الصورة وهذا يتطلب ان يكون الجزء المراد تصويره قريب ما امكن من الفلم الشعاعي وان محاور ذلك الجزء تقع في مستوي موازي لمستوي مستقبل الصورة (الفلم)، وان مركز حزمة الاشعة السينية يسقط على مركز ذلك الجزء وحركة المريض اثناء التصويراقل ما يمكن.

٢- وسائل التصوير (Imaging devices):

غالبا ما تستخدم في التصوير الاشعاعي افلام الشاشة أي الفلم الذي يحتوي على شاشة التقويه ولكن الافلام تختلف فبعضها تكون مطلية بالمستحلب من جهة واحدة وهذا ما يستخدم في تصوير الاطراف والانسجة الرقيقة، اما بقية الاعضاء فيحتاج الى فلم مطلي من الجهتين مع شاشات التقويه. و هناك بعض الاساسيات التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار هذه الوسائل منها.

أ. ان استخدام شاشات التقويه يؤدي الى تقليل الجرعة بمقدار 20 مرة على الاقل.

ب. زيادة سرعة الفلم يؤدي الى تقليل قدرة التفريق (resolution) للفلم ، والظلال في الفلم كثيرة أي نحصل على صورة ذات نوعية غير جيدة.

ج. استخدام افلام تتعرض مباشرة للاشعة السينية تؤدي الى حصول صورة ذات تباين قليل مقارنة مع الافلام التي تحتوي على شاشة التنويه.

٣- اختيار العوامل التقنية:

قبل اخذ أي صورة شعاعية فان المصور الشعاعي يقوم باختيار العوامل التقنية المثلى وهي (kV_p، mA وزمن التعرض s) . اختيار هذه القيم معقد ولكن يمكن ادراج بعض العموميات. ومن هذه العموميات ان زمن التعرض يكون اقل ما يمكن لأن نوعية الصورة تكون جيدة عندما يكون زمن التعرض قليلا، ويكون هذا الزمن قليلا في الاجهزة التي تعمل بالاطوار الثلاثة (Three- Phase) مقارنة بالاجهزة ذات الطور الواحد لذا يمكن وضع قاعدة وهي "جعل زمن التعرض اقصر ما يمكن".

اما اختيار kV_p فيتغير من فحص الى آخر لأن مقدار kV_p يؤثر على نوعية الاشعة السينية وعلى كمية الاشعة السينية المنبعثة، فكلما زاد مقدار kV_p فان قابلية اختراق الاشعة السينية يزداد

وكذلك يزداد عدد الفوتونات المنبعثة من الاشعة السنية، وعند زيادة الاختراق فان كمية كبيرة من الاشعة سوف تصل الى الفلم وهذا يؤثر على الكثافة الضوئية للصورة الشعاعية. هذه الاشعة تتفاعل مع جسم المريض ويزداد احتمال التفاعل حسب ظاهرة كومبتن بزيادة kV_p وتزداد الاشعة المتشتتة مما يؤدي الى تقليل التباين في الصورة نظرا لزيادة الكثافة الضبابية على الصورة الشعاعية وعندما يكون التباين قليلا فان احتمال الاخطاء التشخيصية تزداد. الجرعة الاشعاعية للمريض تكون قليلة عند زيادة kV_p ويمكن ان يتحسن التباين في الصورة بعض الشيء عند زيادة kV_p باستخدام الشبكة ، اما المقدار mAs فانه يؤثر على كمية الاشعاع حيث تزداد هذه الكمية بزيادة مقدار التعرض ويزداد تبعا لذلك عدد الفوتونات الواصلة الى الفلم والتي تؤدي الى كثافة ضوئية عالية وقلة في الضوضاء والتباين، ولكن يمكن زيادة التباين عند تعريض الفلم عند الكثافة الواقعة على الخط المستقيم لخواص منحني الفلم، تؤدي الكمية الواطئة جدا للتعرض الى قلة الكثافة الضوئية ونقصان التباين، وذلك لأن القيمة العليا او الواطئة لمقدار التعرض تؤدي الى ان تكون معظم الكثافة الضوئية واقعة ضمن الكتف او هناك عوامل اخرى تؤثر على نوعية الصور الشعاعية فان تغيير المسافة بين المصدر والفلم يؤدي الى تغيير الكثافة الضوئية. كذلك فان زيادة الترشيح للأشعة السينية تقلل من شدة الاشعة السينية و تزيد من جودة الاشعة السينية. يوضح الجدول (3-2) العوامل الاساسية التي تؤثر على نوعية الصورة الإشعاعية.

٣ – ١٢ طرق تقليل الجرعة:

يسعى المصور الشعاعي وطبيب الاشعة الى تقليل الجرعة دئما للمريض والكادر ومن اهم العوامل للوصول الى الهدف مايلي:

زيادة ذروة الفولتية kV_p : هذة الزيادة تؤدي إلى الزيادة في طاقة الإلكترونات المنتقلة من الكاثود الى الانود وبالتالي زيادة في طاقة الأشعة السينية الناتجة وبذلك فان قسم كبير من الاشعة ذات الطاقة العالية تخترق الجسم ولاتترسب الطاقة الاشعاعية فية و يؤدي إلى تخفيض الجرعة الممتصة في جسم المريض، مع الحفاظ على الكثافة الضوئية على الفيلم .لكن الصور تكون غير واضحة بسبب إستطارة كومبتن. إن خطأ الجهاز في تحديد kV_p أو خطأ االمصور الفني في

اختيار kV_p المناسب يؤدي إلى الحصول على صورة غير واضحة واحتمال إعادة الصورة الإشعاعية وبالتالي تعرض المريض إلى جرعة غير مبررة.

الجدول (3-2) العوامل الاساسية التي تؤثر على نوعية الصورة الإشعاعية

العامل	الجرعة للمريض	التكبير	الظلال	الكثافةالضوئية للصورة	تباين الصورة
سرعة الفلم	–	0	0	0	0
نسبة المرشح	+	0	0	–	+
زمن التحميض والحرارة	0	0	0	+	–
سمك المريض	+	+	+	–	–
استخدام مواد لزيادةالتباين	0	0	0	–	+
حجم نقطة البؤرة	0	0	+	0	0
مسافة المصدر الى الفلم	0	–	–	–	0
مسافة الجسم الى الفلم	0	+	+	0	+
(mAs)	+	0	0	+	–
KV_p	+	0	0	+	–
المرشحات الكلية	–	0	0	-	-

+ زيادة في المقدار – نقصان في القدار 0 لاتغير في القيمة

٢- تغيير التعرض(mAs) :

يمكن تغيير جرعة المريض بتغيير التعرض(mAs) إن الزيادة في التيار الموضوع على الكاثود أو في زمن التعريض الإشعاعي يؤدي إلى زيادة في كمية الأشعة السينية وزيادة في جرعة المريض، وبالتالي زيادة في الكثافة الضوئية على الفيلم، وان التخفيض في قيمة ألتعرض(mAs)يمكن أن يؤدي إلى تحسين في نوعية الصورة الإشعاعية نتيجة تخفيض الأشعة االمستطارة من جسم المريض ، وبالتالي تخفيض الجرعة الإشعاعية للمريض.

الجدول (3-3) القيم المرجعة المختلفة في الفحص الشعاعي

نوع الفحص	جرعة الدخول السطحية µGy	عوامل الفحص
البطن	1250	(kV_p) = ٧٠ كيلو فولت (mAs) = ٤٠ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض= 100سم مساحة الحقل = 50×٥٠ سم
الصدر	240	(kV_p) = ٧٠ كيلو فولت (mAs) = ٤٠ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 40×43 سم
اليد	50	(kV_p) = ٥٥ كيلو فولت (mAs) = ٨ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 30×30 سم
فقرات قطنية	٢٧٢٠	(kV_p) = ٨٥ كيلو فولت (mAs) = ٢٠ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 49×52 سم
الحوض	١٢٥٠	(kV_p) = ٧٠ كيلو فولت (mAs) = ٤٠ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 50×50 سم
الكتف	٩٠	(kV_p) = ٦٠ كيلو فولت (mAs) = ١٠ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 50×50 سم
الجمجمة	٦٦٠	(kV_p) = ٦٠ كيلو فولت (mAs) = ٢٥ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 40×40 سم
مسالك بولية	٢٣٠٠	(kV_p) = ٧٥ كيلو فولت (mAs) = ١٢٥ ملي مب .ثا المسافة بين البؤرة والمريض = 100سم مساحة الحقل = 50×50 سم

٣ - تغييرالمسافة بين البؤرة وسطح الجلد:

استناداً الى قوانين التربيع العكسي فان شدة الإشعاع الصادرة من مصدر نقطي (في وسط غير ماص) تتناسب عكسياً مع مربع البعد عن المصدر، لذلك فإنه عندما تنقص المسافة بين المصدر والجسم (الجلد) مع بقاء مساحة الحقل الإشعاعي وشدة الحزمة ثابتين فإن شدة الحزمة تزداد بشكل كبير عند سطح المريض.

ويجب أن لا تقل هذه المسافةعن 100سم في التشخيص الطبي للمرضى البالغين، وفي فحوصات الصدر قد تصل المسافة إلى 120 سم، ويجب ان لا تقل عن 40 سم ، يستثنى من ذلك التقانات الخاصة التي تتطلب مسافة قصيرة لتوضيح الفراغات في المفاصل.

٤-مساحة التصوير الإشعاعي:

من بين أهم العوامل لتقليل التعرض الإشعاعي غير المبرر للمريض، هو استخدام مساحة تصوير مناسبة للعضو المراد تصويره،و الاهتمام بوضعية المريض أثناء التصوير الإشعاعي، إن تقليل أبعاد المساحة الإشعاعية يؤدي إلى تخفيض الجرعة الإشعاعية للمريض كما يقلل الأشعة المتشتتة التي تصل الفيلم، وبالتالي يؤدي إلى تحسين نوعية الصورة الإشعاعية.ويتم ذلك باستخام محددات الحزمة.

كما أن خطر وجود أعضاء حساسة للأشعة بجوار المنطقة المدروسة (مبيض، خصية، غدة درقية عند الأطفال . . .) يؤدي إلى تعرض هذه الأعضاء لجرعات إشعاعية غير مبررة وخطيرة عند وقوعها ضمن المساحة الإشعاعية وهذا ما يحتم ضرورة الانتباه إلى تحديد المساحة بدقة للعضو المراد تصويره.

٣ -١٣ دراسات وبحوث

درس المؤلف عند اشرافة على طلاب الدراسات العليا (الماجستير) في كلية التربية بن اهيثم –جامعة بغداد –العراق (عام ٢٠٠٤) وبشكل مفصل منحنى الخواص الضوئية لثلاث انواع من الافلام هي :

١. افلام أكما Acma Films :

من انتاج شركة كونيكا المصرية وتتميزهذه الافلام بسرعة عادية وتستخدم في تصويرالأطراف والرأس غالبا . يتكون المستحلب من بلورات ذات حجم أصغر مقارنة بالافلام الاخرى وتتراوح أبعاد الافلام فيها ما بين (25 x 20 – 35 x 42.5) سم^2

٢. افلام أكفا Acfa Films

من انتاج شركة يابانية وهى أكثر حساسية من افلام أكما وتعد من أفضل الأفلام المستخدمة فى التصوير الأشعاعي الطبي. يتكون المستحلب من بلورات ذات حجم متوسط وتتراوح أبعاد الافلام فيها ما بين (20 x 25.5.42 x 35) سم^2 .

٣. افلام كوداك (Kodak films)

من انتاج شركة أمريكية تتميز هذه الافلام بحساسية عالية جدا وتستخدم غالبا في تصوير الانسجة الطرية. يتكون مستحلب من بلورات كبيرة الحجم مقارنة بالافلام الاخرى . وتنقسم الى نوعين blue و green لكل نوع له شريط خاص يستخدم معها وتتراوح أبعاد الافلام فيها ما بين (20 x 25.5.42 x 35) سم^2.

تم تصنيع مرشح اسفيني من الالمنيوم ويتراوح سمكه من (0-60) ملم . ويتكون من عدة طبقات سمك كل طبقة 10ملم . و تم حساب السمك اللازم للحصول على الكثافة الضوئية بين (0-4) باستخدام القانون

$$I = I_o Exp\ (-\mu x)$$

حيث: x تمثل سمك االمرشح

μ تمثل معامل التوهين الكتلي للألمونيوم.

I, I_0 شدة الاشعة الساقطة والنافذة على الترتيب.

وبتحويل الشدة الى كثافة ضوئية :

$$I = I_o.e^{-\mu x} \quad \text{.....(1}$$

$$I/I_o = e^{-\mu x} \quad \text{.....}$$

$$\ln(I/I_o) = -\mu x \quad \text{.....}$$

$$\mu = \ln(I_o/I)/x \quad \text{.....}$$

$$\mu = 2.3\log(I_o/I)/x \quad \text{.....}$$

$$x = \frac{2.3 \times OD}{\mu} \quad \text{.....}$$

حيث μ للألمونيوم معلوم ومنها يمكن حساب سمك الألمونيوم لكثافات ضوئية مختلفة.وبتطبيق هذا القانون وجد أن مدى المرشح الأسفينى يتراوح بين(1-15) سم تقريباً وبالتجربة وجد أن سمك 6 سم يجعل المنطقة بيضاء لذا تم أخذ المدى للمرشح الأسفيني بين 0

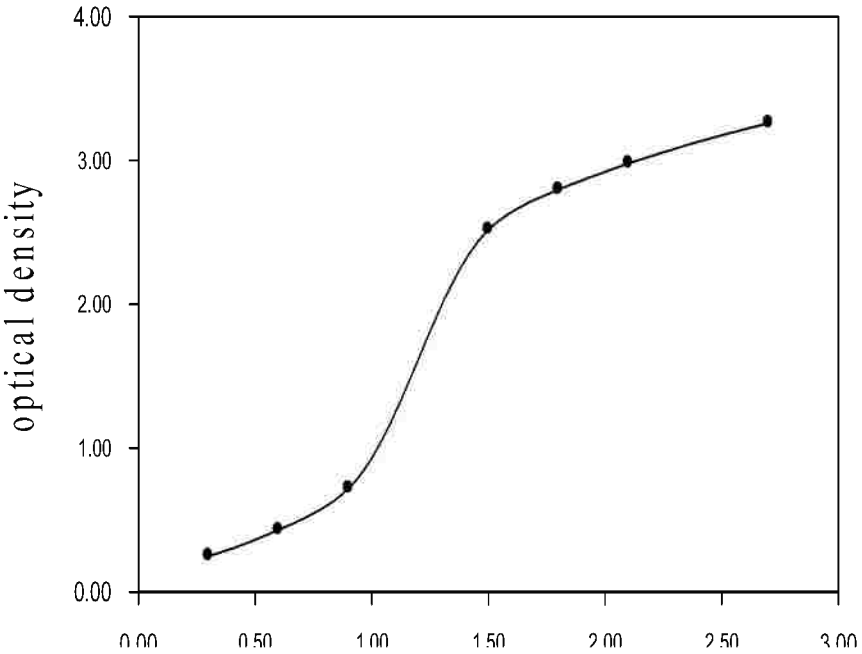
ـ 6 سم . يوضع المرشح فوق الفلم مباشرة و على بعد ١٠٠ سم من فتحة انبوب الاشعة السينية ويعرض الى حزمة من الاشعة اسينية ذات فولطية ثابتة وتعرضات مختلفة. بعد تحميض الفلم وقياس الكثافة الضوئية بوساطة مقياس الكثافة الضوئية توضح النتائج كما الجدول (٣-٤) والشكل (٣-١٧) .

تم اعادة نفس التجارب للفلمين الاخرين وتوضح النتائج في الجدولين (٣-٥) و(٣-٦) والشكلين (٣-١٨ و٣- ١٩).

الجدول(3-4)يوضح العلاقة بين الكثافة الضوئية ومعدل التعرض للفلم أكما

الكثافة الضوئية O.D	لوغارثيم التعرض Log(mAs)	التعرض (mAs)	الفولتية kVp	السمك d[cm]
o.25	0.3	2	80	6
0.43	0.6	4	80	5
0.72	0.9	8	80	4
2.52	1.5	32	80	3
2.8	1.8	64	80	2
2.98	2.1	125	80	1
3.26	2.7	500	80	0

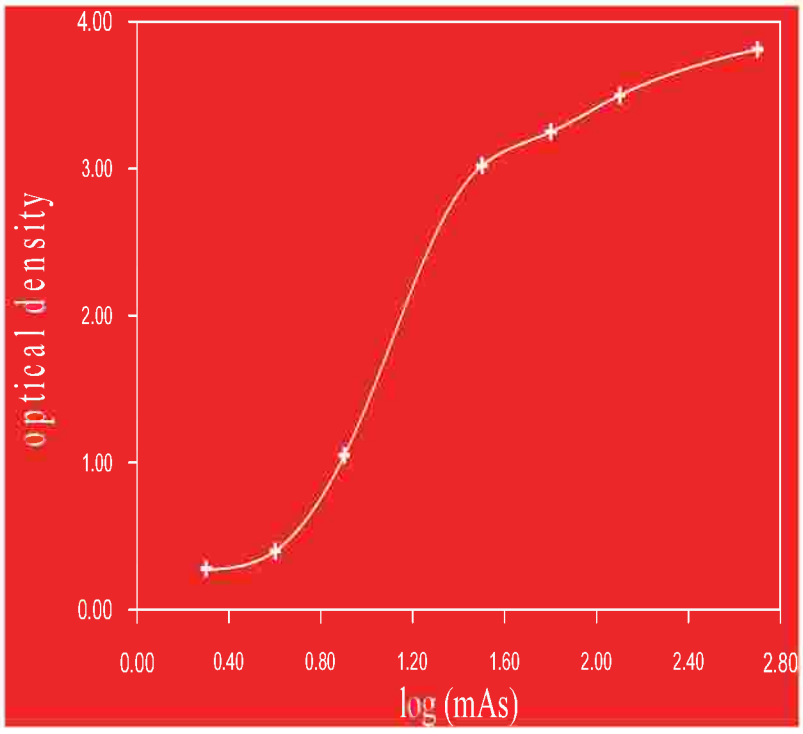
الشكل [3_17] الصورة الأشعاعية للمرشح ألأسفيني بأستخدام الفلم أكما وخواص المنحني



الجدول (3-5) يوضح العلاقة بين الكثافة الضوئية ومعدل التعرض للفلم أكفا

ضوئية (((				cm]
o				
0.40	0.6	4	80	5
1.05	0.9	8	80	4
3.02	1.5	32	80	3
3.25	1.8	64	80	2
3.50	2.1	125	80	1
3.81	2.7	500	80	0

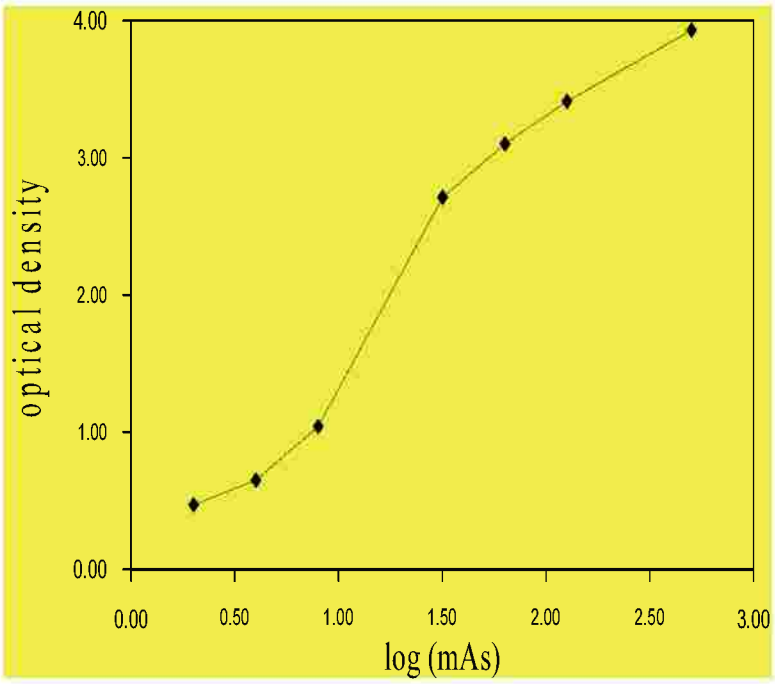
الشكل (3-18) الصورة ألأشعاعيةللمرشح ألأسفيني وخواص منحني لفلم أكفا



الجدول (3-6) العلاقة بين الكثافة الضوئية ومعدل التعرض (mAs) للفلم كوداك (Kodak)

الكثافة الضوئية O.D	لوغارثيم التعرض Log(mAs)	التعرض mAs	الفولتية kVp	السمك D[cm]
0.47	0.3	2	80	6
0.65	0.6	4	80	5
1.04	0.9	8	80	4
2.71	1.5	32	80	3
3.10	1.8	64	80	2
3.41	2.1	125	80	1
3.93	2.7	500	80	0

الشكل ٣ -٩ ١) الصورة ألأشعاعية للمرشح الأسفيني وخواص منحني فلم كوداك



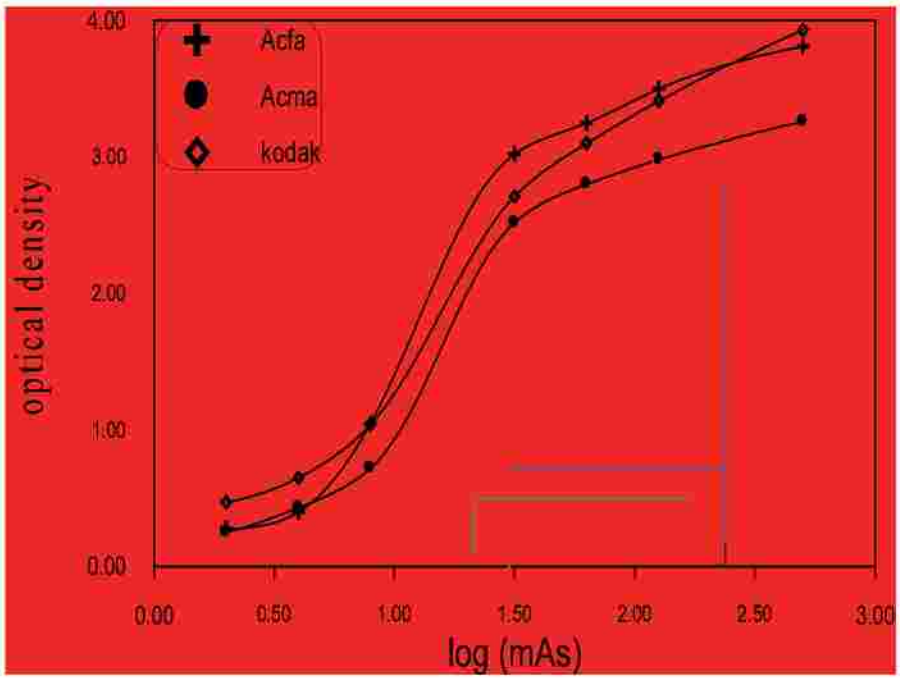
تم رسم منحنى للأفلام الثلاثة فى شكل واحد لغرض ايجاد التباين والمدى والسرعة للأفلام الثلاث الشكل(3- – ٢٠) . والمنحنيات المبينة تعتمد على نوع الفلم لأن الافلام تختلف فى

حجم البلورات المكونة للمستحلب . حيث ان فلم أكما له درجة تباين (وضوح) أكبر من فلم أكفا وكوداك لأن ميل المنحني للفلم الأول أكثر منه لبقية الأفلام .

2 - قياس المدى (Latitude)

أحد خواص منحني أفلام الأشعة السينية هو قياس مدى الفلم والذى يؤشر مدى التعرض الذى يتحسس به الفلم عند الكثافات الضوئية المستخدمة فى التشخيص والتى تكون بين بداية الجزء المستقيم من الخواص ونهايته .يوضح الشكل (3-17) الأختلاف فى المدى للافلام الثلاثة حيث ان فلم أكما ذو مدى أكبر أى أنه يتحسس بتعرض أكبر . يتضح من الشكل أن المدى والتباين يتناسب طردياً أما المدى والسرعة فيتناسبان عكسياً كما فى الجدول (3-7) .

الشكل [3 - 20] يوضح المنحني البياني للافلام الثلاثة



الجدول(3-7) يوضح الأختلاف فى التباين والمدى نسبة السرعة والمدى للأفلام الأشعاعية

نوع الفلم	التباين	نسبة السرعة	المدى
أكما	1.95	90	2.0
أكفا	1.8	93	1.75
كوداك	1.67	95	1.60

3- قياس السرعة النسبية Relative speed

يعتمد تباين الفلم على شكل منحني الخواص والقيم الاخر ذات الاهمية لمنحني الخواص وهي السرعة النسبية (relative speed) وتختلف السرعة النسبية بأختلاف حجم البلورات المكونة للفلم . تقاس سرعة الفلم بمقلوب التعرض اللازم لأنتاج الكثافة الضوئية فوق الجزء الافقي للكثافة الضوئية للقاعدة والكثافة الضوئية الضبابية .

$$\text{السرعة} = \frac{1}{\text{التعرض (رونتجن)}}$$

الجدول (3-8) السرعة النسبية للأفلام عند كثافتي 1.5، 2.5

الفلم	الكثافة =2.5		الكثافة =1.5	
	السرعةالنسبية	التعرض النسبي لكثافة= 2.5	السرعةالنسبية	التعرض النسبي لكثافة=١,٥
اكما	67	1.5	83	1.2
اكفا	74	1.35	91	1.1
كوداك	77	1.3	95	1.05

لقد تم قياس السرعة النسبية للافلام عند الجزء المستقيم كما فى الجدول (3-8)

وكذلك تم قياس السرعة النسبية للأفلام الثلاثة عند كثافتين ضوئيتين 1.5 ، 2.5 كما في الجدول(٣-8).نلاحظ من هذا الجدول أن كل فلم لة سرعة تختلف عن الفلم الاخر اعتمادا على الكثافة الضوئية .

4 ميل المنحني البياني (Gradient)

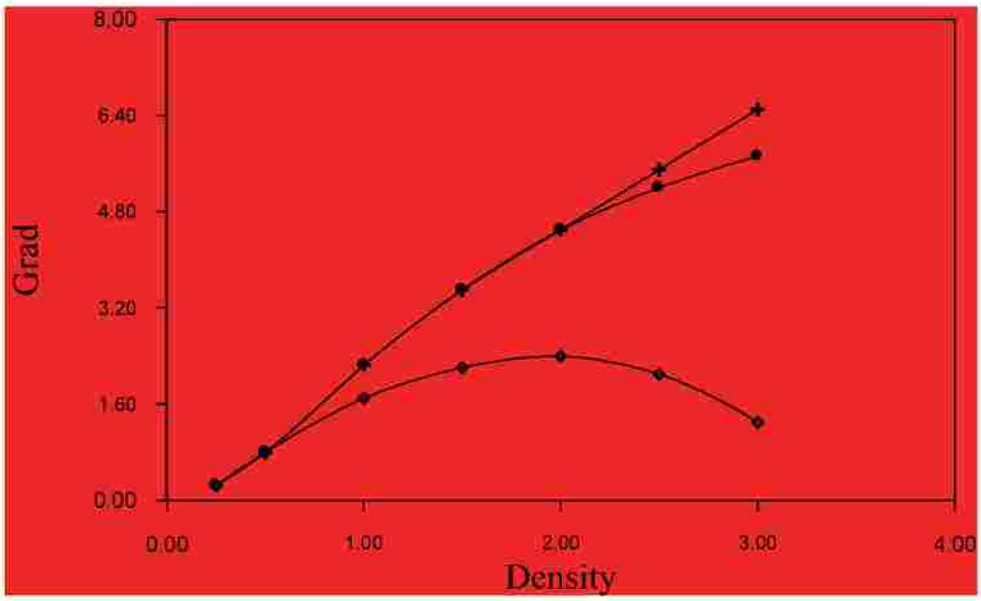
عندما يسقط الضوء على المادة ذات الصفات المميزة للمنحني البيانى فان الانحدار في الخط المستقيم يطلق عليه درجة الانحدار أو الميل (gradient). يقاس ميل المنحني بظل الزاوية التى ترسم بين نقطتين محددتين على منحني الخواص ويختلف ميل المنحني باختلاق الكثافة الضوئية وحساسية الفلم للاشعة السينية. لقد تم قياس درجة الانحدار (الميل) عند مجموعة من النقاط في منحني الخواص المقابلة لشدة الكثافة الضوئية للافلام المختلفة كما في الجدول(٣ –٩) .

الجدول (٣-9) العلاقة بين ميل المنحني والكثافة الضوئية للافلام اكما واكفا وكوداك

الجدول A		**الجدول B)**		**الجدول C**	
أنحدار أكما Gradient	الكثافة الضوئية O.D	أنحدار أكفا Gradient	الكثافة الضوئية O.D	أنحدار كوداك Gradient	الكثافة الضوئية O.D
0.25	0.25	0.28	0.25	0.25	0.25
0.8	0.50	0.8	0.50	0.8	0.50
2.5	1	1.7	1	2.25	1.0
3.5	1.50	2.21	1.5	3.50	1.5
4.5	2.0	2.41	2.5	4.50	2.0
5.5	2.50	2.1	2.5	5.20	2.50
6.5	3.0	1.30	3.0	5.71	3.0

لقد تم رسم العلاقه البيانية بين ميل المنحني والكثافة الضوئية بالجداول الثلاثة في شكل بياني واحد. شكل (٣ –٢١)

الشكل (٣- 21) يوضح العلاقة بين ميل المنحني والكثافة الضوئية للافلام الثلاثة



يلاحظ من الشكل بأن درجة الأنحدار تزداد بزيادة الكثافة الضوئية فى أفلام أكما وكوداك بأستمرار بينما فى فلم أكفا تزداد درجة الأنحدار بزيادة الكثافة الضوئية حتى عند الكثافة 1.5 وبعدها تقل فى ألاتجاه المعاكس للكثافة (لأن فلم أكفا أكثر تجانساً فى شدة الكثافة الضوئية للتعرضات العالية).

5 -معدل الانحدارAverage Gradient

الطريقة المفضلة لقياس التباين للأفلام هو معدل الأنحدار حيث ياخذ الأنحدار بين نقطتين محددتين على الجزء المستقيم من منحني التباين ،للافلام الأشعاعية أن نقطتي النهاية للمدى المفيد فى الكثافة الضوئية يعرف على انه (0.25) فوق الكثافة الضوئية القاعدية والضبابية و(2) فوق الكثافة الضوئية القاعدية والضبابية ، وغالبا ما يؤخذ عند كثافة ضوئية تتراوح بين 2.5 - 1.5 لأن معدل الأنحدارلأفلام الأشعة السينية يكون أكبر من واحد(1) ويوضح الجدول الأتى معدل الأنحدار للأفلام الثلاثة :

الجدول (٣-10) يوضح بين نوع الفلم ومعدل الأنحدار

نوع الفلم	معدل الأنحدار
أكما	1.80
أكفا	1.75
كوداك	1.73s

6 - العلاقة بين سمك المرشح والكثافة الضوئية

خلال هذه الدراسة تبين ان العلاقة بين سمك المرشح والكثافة الضوئية هي علاقة عكسية عند ثبوت كل من الفولتية ومعدل التعرض حيث تزداد الكثافة الضوئية بنقصان سمك المرشح كما فى القراءات الأتية :

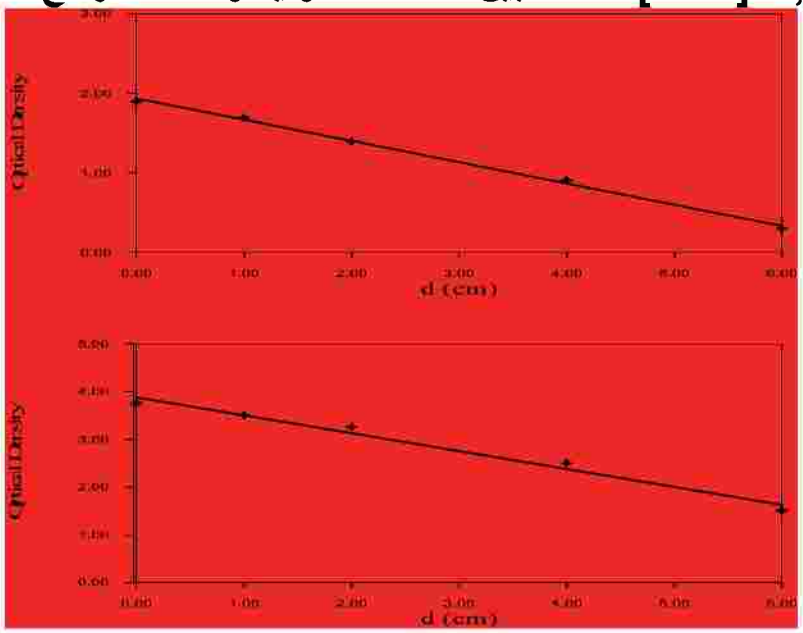
١ - افلام أكما Acma Film

الجدول (٣-11)) يوضح العلاقة بين الكثافة الضوئية وسمك المرشح للفلم اكما

الجدول A **الجدول B**

الفولطية (kVp)	التعرض (mAs)	السمك d(cm)	الكثافة الضوئية O.D	الفولطية (kVp)	التعرض (mAs)	السمك d(cm)	الكثافة الضوئية O.D
80	50	0	3.15	80	64	0	3.50
80	50	1	2.95	80	64	1	3.30
80	50	2	2.62	80	64	2	2.93
80	50	4	2.11	80	64	4	2.41
80	50	6	1.5	80	64	6	1.7

شكل A,B [22-3] العلاقة بين الكثافة الضوئية وسمك المرشح للفلم أكما

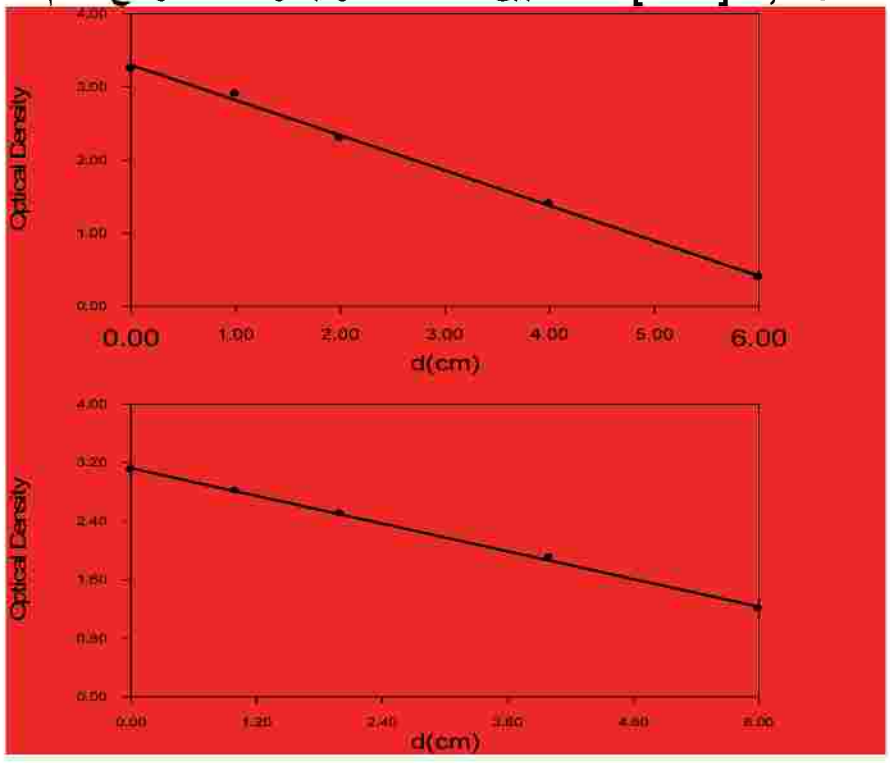


٢ . افلام اكفا Acfa Film

الجدول (٣-12) العلاقة بين الكثافة الضوئيةوسمك المرشح للفلم اكفا (Acfa)

الجدول B				جدولA			
الكثافة الضوئية O.D	السمك d(cm)	التعرض (mAs)	الفولتية (kVp)	الكثافة الضوئية O.D	السمك d(cm)	التعرض (mAs)	الفولتية (kVp)
3.75	0	125	80	1.9	0	2	80
3.50	1	125	80	1.71	1	2	80
3.25	2	125	80	1.4	2	2	80
2.51	4	125	80	0.9	4	2	80
1.50	6	125	80	0.30	6	2	80

الشكل A,B [3-23] العلاقة بين الكثافة الضوئية وسمك المرشح للفلم أكفا



٣ . افلام كوداك Kodak Film

الجدول (3-13) يوضح العلاقة بين الكثافة الضوئية وسمك المرشح للفلم كوداكKodak

الجدول A

الفولطية (kVp)	التعرض (mAs)	السمك d(cm)	الكثافة الضوئية O.D
80	32	0	3.25
80	32	1	2.9
80	32	2	2.50
80	32	4	1.9
80	32	6	1.19

الجدول B

الفولطية (kVp)	التعرض (mAs)	السمك d(cm)	الكثافةالضوئية O.D
80	8	0	3.10
80	8	1	2.28
80	8	2	2.20
80	8	4	1.41
80	8	6	0.4

يتضح من جميع الجداول والأشكل اعلاة زيادة التعرض وبالتالي زيادة الكثافة الضوئية لنفس الفلم عند ثبوت الفولطية والسبب فى ذلك يعود الى أن زيادة التعرض تعني زيادة عدد الألكترونات المنبعثة من الكاثود. لأن كل الكترون يبعث أحدى الفوتونات نتيجة للظاهرة الكهروضوئية العكسية فيكون عدد الفوتونات فى حزمة الأشعة السينية كبيرا . وفي حالة زيادة السمك يزداد امتصاص الفوتونات فيكون الفلم أقل أسودادا اي أكثر كثافة ضوئية .