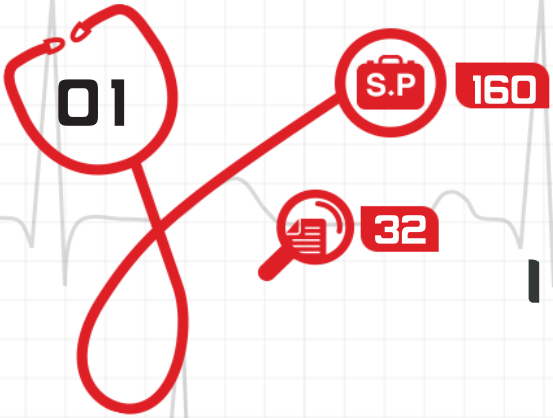


الفيزياء الشعاعية ١

1 د. موريس عساف

17/9/2019

RBCs Medicine

أشعة 1 | Radiology

أسعـــــد اللّهّ أوقاتكم زملاءنا الأعـــزاء ♥ ..

نرحب بكم مجدداً في بداية فصــل دراسي جديـــد، ونرجو لكم فيه كل التفوّق والإبداع.

طالما مررنا أثناء دراستنا للبواطن المختلفة على علامة شعاعية هنا، وصورة ظليلة هناك.. منها الواضح السهل، ومنها الصعب الذي أحسسنا أنه غيض من فيض وأنه يخفي وراءه علماً كاملاً لم نأخذ منه سوى بعض القشور..

والآن وفي ثنايا مادتنا الشيّقة سنتعرف على هذا العلم وسنجمع شتات أفكارنا حوله ونرتبها.. لنتقن سوية فهم مجموعة من وسائل التشخيص الهامة التي ستسمح لنا بأن نرى بأعيننا ما كان في السابق مستحيل الرؤية ^_^

أولى محطاتنا ستكون اليوم مع الدكتور موريس عساف.

فهرس المحتويات

الفقرة	الصفحة
مقدمة	2
الأشعة السينية	5
التصوير الشعاعي بالأشعة السينية	15
التصوير الشعاعي المحوسب الرقمي	23
التشويش الشعاعي	25
تصوير الثدي الشعاعي	26
التصوير الشرياني الحذفي الرقمي	27
التنظير الشعاعي او التصوير الظليل	30

RBCs FRIENDS

مقدمة

بدايةً فإن التسمية الصحيحة للمادة والاختصاص هي "التصوير الطبي والتشخيص الشعاعي" وليس اختصاص "الأشعة" ...

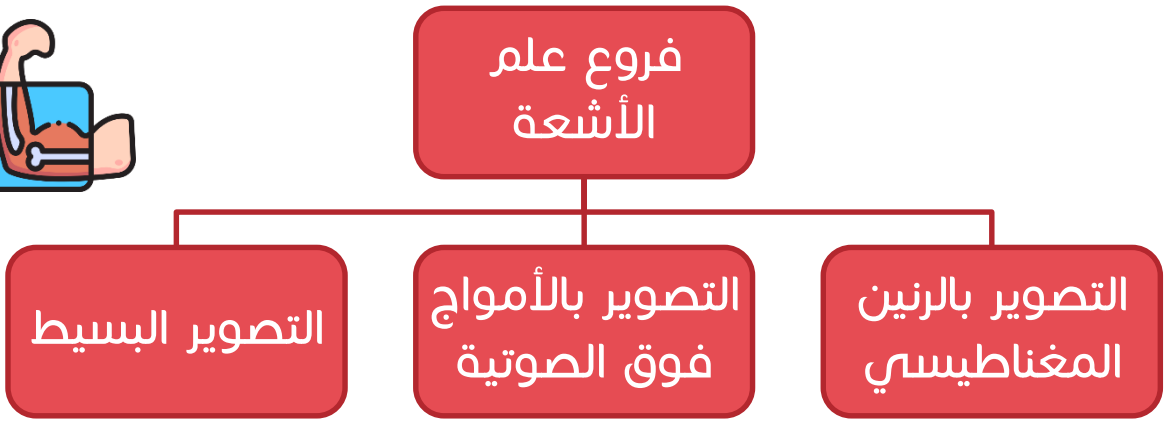
- لأن دراسة الأشعة أصبح لها فرعان: تشخيصي وعلاجي (ونحن سنتحدث عن التشخيصي) ...
- وأما التصوير الطبّي فلم نضعه تحت نفس الاسم لأن أجهزة التصوير لها نوعان: نوع يستخدم الأشعة (كالصورة البسيطة والطبقي المحوري) ونوع لا يستخدم الأشعة (كالإيكو والمرنان).
- وهذا الاختصاص سهل جداً وصعب جداً بنفس الوقت، أي أننا يجب أن نفهم الأساسيات في هذا المجال جيداً من أجل فهم الصور الشعاعية، وبدون ذلك سيكون الأمر صعباً.

لذلك يجب علينا فهم ثلاثة أشياء بشكل أساسي:

- أساسيات الأشعة وكيفية أخذ الصور الشعاعية
- فهم التشريح الوصفي
- فهم التشريح الشعاعي

- وبفهم هذه المحاور نكون قد امتلكنا مفاتيح الحل.
- بما معناه، بفرض لدينا صورة لآفة موجودة بالدماغ، أو بالكلية، أو بالرحم، أو بالبروستات....، إذاً فينبغي علينا أن نعلم مسبقاً شكل العضو تشريحياً وأين يقع وما مجاوراته ونعلم كيف يظهر العضو في الصورة الشعاعية.
- وبعد ذلك يمكننا معرفة ما الخطب في هذا المكان بالضبط، وما هي المشاكل الموجودة، وبالتالي سوف نخرج أخيراً بتشخيص صحيح.

وكلما كان التشخيص صحيح ← كلما كنت شاطر أكثر ← كلما بحبوك الأطباء والناس أكثر ← كلما كان في شغل أكثر ← كلما كنت ناجح أكثر



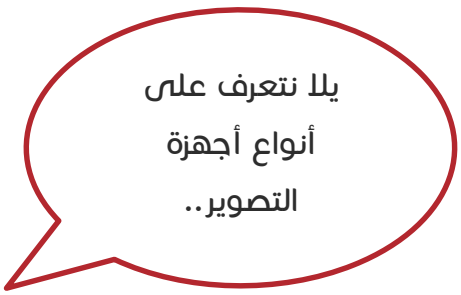
- طبعاً في علم الأشعة هناك فروع عديدة، فهناك الأشعة البسيطة بأنواعها:

التصوير البسيط والظليل، التصوير الطبقي المحوري، البانوراما، الماموغرافي (تصوير الثدي) ...

- وكل تقنيات التصوير هذه تستخدم **الأشعة السينية أو الأشعة المجهولة أو أشعة X.**
- كما يوجد أنواع ثانية من التصوير مثل الإيكو، الإيكو دوبلر، الإيكو ثنائي الأبعاد، والإيكو رباعي الأبعاد...، فهذا فرع آخر من التصوير يستخدم **الأمواج فوق الصوتية.**
- وأيضاً هناك نوع آخر من التصوير الذي يستخدم **كهربائية الجسم** وهو الرنين المغناطيسي.
- ويوجد أنواع أخرى من الأشعة ولكن تستخدم في المجال العلاجي، والتي تشمل الومضان والمواد المشعة والنظائر و ...

واختصاص التصوير الطبي والتشخيص الشعاعي بشكل عام يقسم لقسمين رئيسيين:

- ✓ القسم التشخيصي: يشمل الأشعة السينية اللي تخترق الجسم، أو الأمواج فوق الصوتية، أو الرنين المغناطيسي.
- ✓ القسم العلاجي: الذي يُعنى به أخصائيو الطب النووي من أجل علاج الأورام والآفات.



مخطط عام نتعرف فيه على مختلف أجهزة التصوير الطبي، والتي سنفصل فيها لاحقاً خلال محاضراتنا ...

أجهـــزة التصـــوير الطبـــي تقسم إلـــى :					
أجهزة تستخدم الأشعة السينية (أشعة X)			أجهزة تستخدم الأمواج فوق الصوتية	أجهزة تستخدم مبدأ التجاوب	أجهزة تقوم بالتقاط فعالية النظائر المشعة	أجهزة تستخدم مبدأ الومضان البوزيتروني PET
↓	↓	↓	↓			
ذات طاقة **منخفضة** وأنبوب الأشعة ثابت أثناء التصوير وغير متحرك .	ذات طاقة **عالية** وأنبوب الأشعة دوار أثناء التصوير .	ذات طاقة **عالية** وأنبوب الأشعة قد يكون ثابت أثناء التصوير أو متحرك.	الإيكو دوبلر	الرنين المغناطيسي MRI	الومضان Scintigraphy	مع التصوير الطبقي المحوري المتعدد الشرائح MSCT أو مع الرنين المغناطيسي
مثـــل						
١-التصوير الشعاعي البسيط Simple X ray والرقمي Digital X ray	١-أجهزة الطبقي المحوري CT [1] الكلاسيكي والحلزوني Spiral.	١-جهاز التصوير الشرياني الحذفي الرقمي DSA [2] والقثطرة القلبية.				
٢-جهاز التصوير الشعاعي للثدي Mammography	٢-جهاز الطبقي المحوري متعدد الكواشف MDCT [3]					
٣-أجهزة ذات استخدامات سنّيّة: البانوراما والسيفالومتري .						

1 Computed Tomography.
2 Digital Subtraction Angiography.
3 Multidetector CT.

فلنبدأ بالعمود الأول من الجدول ونتعرّف على الأشعـة السينية..

الأشعة السينية X-Ray

تعد الأشعة السينية **أبسط أنواع الأشعة**، والتي كانت مفتاح الدخول لعلم التصوير الشعاعي ومن ثم تطوَّر العلم وتوسع حتى وصلنا للمرحلة التي نحن عليها اليوم.

لمحة تاريخية *_*

- مكتشف الأشعة السينية هو عالم الفيزياء الألماني "ويليام رونتجن **Wilhelm roentgen**" في جامعة فيرزبورغ، وذلك في القرن التاسع عشر عام ١٨٩٥، أي نفس الفترة التي بدأت فيها صناعة السينما "تحريك الصورة".
- كان التصوير الضوئي معروفاً آنذاك، ويُستخدم فيه المواد المفسفرة "التي تتألق عند سقوط الضوء عليها".
- تمّ الاكتشاف بالصدفة ☺ حين كان العالم يعمل على أنبوب كروكس "وهو أنبوب مغلق مخلّى من الهواء له قطبان من التنغستين".
- عند وصل طرفي أنبوب كروكس إلى تيار كهربائي تتولد شرارة في هذا الأنبوب دلالةً على مرور جسيمات ما.
- كان العالم يعمل على أنبوب كروكس، ثم خرج من المخبر ونَسيَ أن يطفئ الجهاز، وعندما عاد ليطفئه ورغم أن المخبر مظلم والأنبوب مغطى بغطاء أسود كانت الشرارة تظهر عبر الغطاء لتترك على الأوراق المطليّة بمادة مفسفرة شرارة أو ضوء، أي كانت الأوراق تتألق رغم أن الأنبوب مغطى بغطاء أسود لا يسمح للشرارة بالمرور.
- مع تكرار التجربة توقع رونتجن وجود **أشعة مجهولة (أشعة X)** تصدر عن هذا الأنبوب تشبه الضوء العادي من حيث فعلها أي أنها تسبب تألق الأوراق المطليـــة، لكنها تختلف عنه بأنها:

١. غير مرئية.
٢. ذات طول موجة أقصر من طول موجة الضوء العادي.
٣. قادرة على اختراق الأجسام غير الشفافة وهي: **الأشعة السينية**.

- تمّ فيما بعد تجربة هذه الأشعّة على مواد متنوعة منها جسم الإنسان، وحتى الآن ليس لهذه الأشعة من الاستخدام الصناعي شيءٌ يذكر، وتستخدم بشكل رئيسي في المجال الطبّي.

Figure I.1 A radiograph of the hand taken by Röntgen in December 1895. His wife may have been the subject.

أول صورة شعاعيّة في تاريخ الطب كانت ليد زوجة العالم رونتجن، التي يظهر فيها الخاتم ☺ .

- ثم جاءت فيما بعد العالمة البولندية ماري كوري واكتشفت وجود عناصر مشعة طبيعية في الطبيعة، وأوّلها أسمته البولونيوم نسبة لبلدها، وقد توفّيت باللوكيميا نتيجة اكتشافاتها حيث لم يكن معلوماً آنذاك الأثر الضارّ للمواد المشعّـة على الجسم.

صفات الأشعة السينية [٤]

- هي أشعة كهرطيسية ذات:

✓ **طول موجة قصير جداً** وتتراوح بين (10^{-8} - 10^{-9}) متر أي ١ نانومتر تقريباً.

✓ **تواتر عالٍ** (١٠^{١٤} -١٠^{١٥}) هرتز.

✓ **طاقة عالية** وإن سرعة انتشارها في الهواء هو نفسه في الفراغ بحدود ٣٠٠,٠٠٠ كم/ثا.

إذاً: طول موجة قصير.. تواتر عالي.. طاقة عالية >> وبالتالي قدرة اختراق كبيرة.

- تقاس طاقتها بالكيلو إلكترون فولت k.e.v.
- القدرة التقريبية لفوتوناتها ٦٠,٠٠٠ إلكترون فولت.
- تمتلك **القدرة على تأيين الوسط** الذي تمر فيه فتزيح إلكتروناً من مداره.

هذه الصفات تميزها عن الأمواج الكهرطيسية الأخرى **الأضعف منها** كأمواج الراديو والتلفزيون والرادار وتحت الحمراء وفوق البنفسجية، أو **الأقوى منها** كالأشعة الكونية.

مبدأ توليد الأشعة السينيـــة

كما نعلم جميعاً فإن الجسم أو المادة في الكون مؤلفة من جزيئات، والجزيئات مكونة من ذرات، والذرات مؤلفة من نواة ذات شحنة موجبة، ومدارات إلكترونية تكون فيها الإلكترونات ذات شحنة السالبة.

٤ ركّـز على المعلومات.. الأرقام غـير هامـة.

Extra تمهيد فيزيائي خارجي[٥]:

- إن المدى الذي يربط الإلكترونات بالنواة تحدده ظواهر طاقية جاذبة ومنفّرة عديدة (لسنا بصددها الآن)، والإلكترون في المدارات الداخلية القريبة من النواة مثلاً مجذوب إلى النواة بطاقة أعظم من تلك التي تطبقها النواة على الإلكترون بكثير (وليس كما نعتقد أنها قوة تجاذب الشحنات الموجبة والسالبة فقط).

- وإن هذه الطاقة الرابطة تدعى **بطاقة ارتباط الإلكترون The binding energy of an electron** (E_b) تُعرَّف بأنها الطاقة اللازمة لإخراج الإلكترون من الذرة كلياً، وهذه الطاقة تقاس بالإلكترون فولط **eV**.

ويمكن للإلكترون أن ينتقل من مدار إلى آخر أبعد عن النواة فقط عندما تُقدَّم له طاقة من مصدر خارجي، لذلك فطاقة الارتباط يشار لها بقيم سالبة لأنها تمثل كمية الطاقة اللازم تقديمها لإخراج الإلكترون من الذرة.

- إن الطاقة التي يجب أن تُعطى للذرة لنقل الإلكترون من مدار قريب إلى مدار أبعد تساوي حسابياً الفرق في طاقة الارتباط بين هذين المدارين، ويمكن لعمليات عدة أن تعطي هذه الطاقة للإلكترون وتكون سبباً في إخراجه من مداره.

- وطاقة الارتباط مختلفة بين الإلكترونات، فكلما كان الإلكترون في مدار أقرب إلى النواة كانت طاقة ارتباطه أكبر (وحتى بين الإلكترونات في المدار الرئيسي الواحد تكون مختلفة باختلاف مكانها في المدارات الفرعية ☺).

- وعندما نعطي هذه الطاقة لإلكترون معين فإنه يخرج من مداره ويترك مكانه فراغ أو فجوة، فيمكن لأي إلكترون أن ينتقل ويأتي من مدار آخر ليملأ هذا الفراغ.

- هذا الانتقال يدعى **بالانتقال الإلكتروني** *electron transition*.

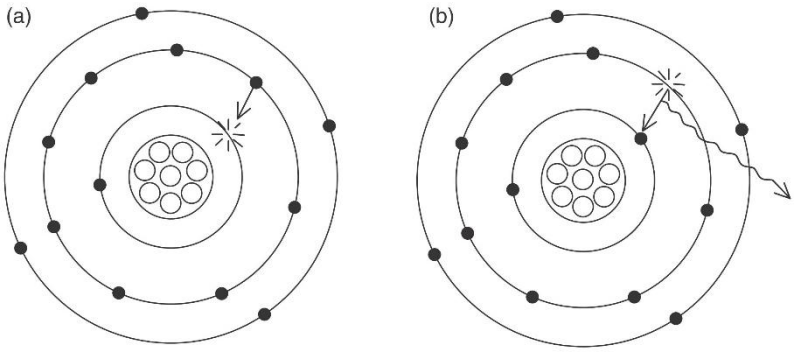
- ويتضمن هذا الانتقال تغيراً في طاقة ارتباط الإلكترون المنتقل، حيث كما أنه يمكن للإلكترون أن يخرج من مداره إذا أعطي طاقة، فبشكل عكسي يمكن لإلكترون في طبقة خارجية أن يهبط عفوياً لملء فراغ في الطبقات الأعمق، وهنا فإن هذا الانتقال ينتج عنه تحرر طاقة!

- والطاقة المتحررة عند هبوط إلكترون من مدار سطحي إلى مدار داخلي أيضاً تساوي الفرق في طاقة الارتباط بين هذين المدارين.

- وهذه الطاقة المتحررة نتيجة الانتقال الإلكتروني تتحرر على شكلين، حرارة وفوتونات، هذه الفوتونات تمثل الأشعة السينية **X** (تذهب ٩٩٪ منها على شكل حرارة و١٪ فقط هي الأشعة السينية).

[٥] هذا الكلام من مرجع Hendee's Physics of Medical Imaging 5th ed، وهو مخالف لما قاله الدكتور أثناء المحاضرة، لكنا اعتمدنا المعلومة الأصح للأمانة العلمية.

◆ فالأشعة السينية هي هذه الـ ١٪ التي نتجت من الفرق بين طاقتي المدارين، وهذا هو المبدأ الأساسي بعملية إنتاج الأشعة السينية.



صورة توضح الانتقال الإلكتروني.

a) انتقال الإلكترون من مدار خارجي إلى مدار داخلي

b) الانتقال الإلكتروني مصاحب لإطلاق فوتونات الأشعة x

إذاً لإنتاج الأشعة السينية نحتاج:

١. صفيحة أو مادة أو معدن **ذو وزن جزيئي أو ذري عالي**؛ بحيث تكون ذراته تحتوي على عدد كبير من الإلكترونات من أجل الحصول على طاقة أكبر عند صدمها.

٢. مكان **تُنتَج منه الإلكترونات** لتضرب ذرات الصفيحة حتى تتحرك الإلكترونات.

تدعى **الصفيحة** الحاوية على ذرات المعدن بـ "المصعد **Anode**"، ويتم وصلها إلى **قطب موجب**.

ويدعى **مكان إنتاج الإلكترونات** بـ "المهبط **Cathode** "، والذي يتم وصله إلى **القطب السالب**.

أنبوب الأشعة السينية

قد علمنا ما يلزم توفره لإنتاج الأشعة السينية نظرياً، أما عملياً فالأمر كالتالي:

❖ نحضر **وشيعة** ونصلها إلى قطبين موجب وسالب، ونصلها بالكهرباء فتتوهج الوشيعة (مثل سيخ الحمَّاية تماماً)، فبذلك يصبح لدينا عدد كبير من الذرات المحرضة؛ لأن الحرارة ستعطيها طاقة وستُخرج إلكتروناتها إلى المحيط وتشكل غمامة إلكترونية بحيث تكون جاهزة لتُقذف إلى الصفيحة.

❖ وبذلك تصبح هذه **الوشيعة هي مكان توليد الإلكترونات** التي ستصطدم بالصفيحة، وهذا التركيب كله موصول إلى القطب السالب ليشكل **المهبط**.

❖ وفي مقابل المهبط يوجد **المصعد المزود بصفيحة** موصولة للقطب الموجب، فأصبح لدينا مصعد ومهبط.

❖ الآن، لدينا المصعد موصول مع قطب موجب والمهبط موصول مع قطب سالب.

❖ عندما يتم وصلهما بالكهرباء، فإننا حينها نطبق فرق كمون بين طرفي الأنبوب (الموجب والسالب)، تنتقل وفق هذا الكمون الإلكترونات من القطب السالب باتجاه القطب الموجب (أي من المهبط إلى المصعد نتيجة فرق الكمون المطبق).

❖ وعندما تنتقل الإلكترونات وتصطدم بذرات الصفيحة فإنها بذلك تعطي إلكترونات هذه الذرات طاقة بحيث تنقل إلكترونات موجودة في مدار قريب من النواة إلى مدار أبعد (طلعت من مدارها).

❖ وعندها تترك مكانها فارغاً، وعندئذ يهبط إلكترون من مدار أبعد ليملأ الفراغ، وتحدث عملية الانتقال الإلكتروني ويتحرر من هذه الإلكترونات المنتقلة طاقة يكون ٩٩٪ منها على شكل حرارة و١٪ أشعة سينية.

إذاً الخلاصة:

✓ بوجود تيار كهربائي عالي التوتر بين المصعد والمهبط سوف تتجه هذه الإلكترونات بقوّة إلى المصعد الموجب وتضربه (قذائف من الإلكترونات تضرب المصعد الموجب).

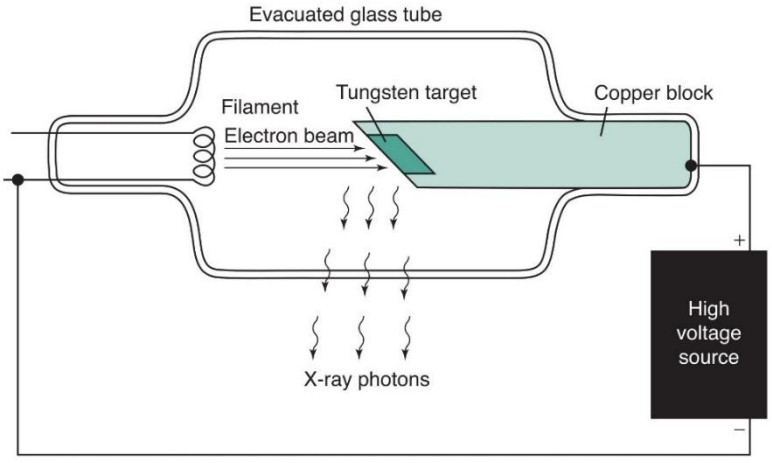
✓ هذه الإلكترونات الخارجة من المهبط سوف تغير من استقرار ذراته، ولتعود هذه الذرات إلى استقرارها سوف تطلق طاقـــة.[٦]

✓ هذه الالكترونات التي تصطدم بالمصعد سوف تتحول طاقتها الحركية إلى نوعين من الطاقة:

١. الأشعة السينية ١٪ ٢. الطاقة الحرارية ٩٩ ٪

إذاً في التصوير الشعاعي نحن نستفيد فقط من ١% من الطاقة الناتجة من اصطدام الإلكترونات بالمصعد.

وهكذا يتم توليد الأشعة السينية من هذا الأنبوب.



▲ **Figure 2-1.** Simple x-ray tube.

فيديو حلو كتير وبسيط عن الأشعة السينية وتوليدها (مترجم للعربية)

[٦] وبالتالي المهبط يعطي طاقة ويأخذ طاقة (من التيار الكهربائي الموصول له).

وقد تم تطوير أنبوب الأشعة السينية تدريجياً من أجل تحسينه قدر الإمكان كما سنبين الآن.

- في البداية من أجل أن نكسب كل الطاقة المتولدة وُضع المصعد والمهبط في حوجلة زجاجية مفرَّغة من الهواء بحيث إذا انتقلت الإلكترونات من جهة لجهة فلن تصطدم حتى بذرات الهواء، وبذلك نضمن أن تسير الإلكترونات المنتقلة بمسار مستقيم (بينما إذا في هواء أو غاز رح تتشتت لبين ما توصل للمصعد).
- كانت أول مادة اُستخدمت لوضعها في المصعد هي مادة النحاس.
- ولكن هذه الصفيحة النحاسية كانت سرعان ما تصبح غير مولدة للإلكترونات، بسبب أنه في أول مرة ضربنا الصفيحة بإلكترونات ومرة ثانية وثالثة و و ... وهكذا إلى أن تفسد الصفيحة (بتتخ يعني)، وأيضاً لأنه في كل مرة تصطدم الإلكترونات بها في نفس المنطقة لذلك تصبح بعد فترة غير مولدة للأشعة السينية.
- ولحل هذه المشكلة استُبدلَت هذه الصفيحة النحاسية بصفيحة مقاومة أكثر منها، والمصنوعة من مادة التنغستين التي تتميز بأن عددها الجزيئي والذري أكبر ومقاومة أكبر للصدم.
- ولتفادي مشكلة اصطدام الأشعة بنقطة معينة من الصفيحة كل مرة، تم ربط الصفيحة بمصعد دوّار، بحيث تدور بسرعات عالية (٩٠٠٠ دورة/بالدقيقة)، وبذلك عندما نطلق عليها إلكترونات فإنه سيتغير مكان صدم الإلكترونات في كل مرة وبالتالي نكون استفدنا من كامل مساحة الصفيحة.
- وكل هذا في واقع الأمر يجعل من أنبوب الأشعة ذو عمر طويل، وكلما كان عمره أطول سيكون أقل كلفة مادية على الطبيب وعلى مركز الأشعة وعلى المشفى.

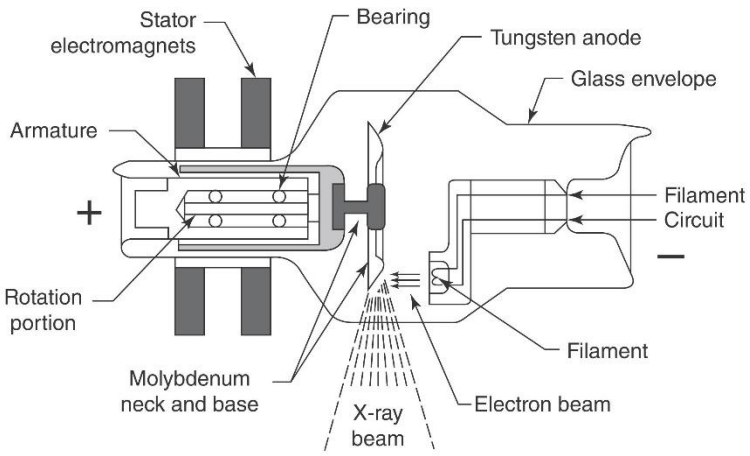


Figure 1.39 Simplified X-ray tube with a rotating anode and a heated filament.

جهاز توليد الأشعة السينيـــة

- يتم توليد أشعة X باستخدام أنبوب كروكس (أنبوب الأشعة السينية)، وهو أنبوب مغلق مخلّى من الهواء له قطبان "موجب وسالب" مصنوعان من مادة عالية الوزن الذري "التنغستين" والجهاز يكون موصول الى تيار المدينة بعد رفع الجهد برافعات الجهد الى مرتبة الكيلو فولط.

↙ **المهبط (القطب السالب) Cathode :** سلك من التنغستين يؤدي تسخينه إلى ٢٥٠٠ درجة بواسطة تيار كهربائي متواصل إلى إطلاقه إلكترونات حرة (غمامة الكترونية) يتلقاها المصعد.

ملاحظة: نستخدم سلك التنغستين لأن درجة انصهاره مرتفعة فيتحمّل حرارة عالية.

↙ **المصعد (القطب الموجب) Anode:** صفيحة من النحاس أو التنغستين مائلة أو دوّارة تجذب حزم الإلكترونات المتولدة من المهبط نحوها.

- وهناك مبردات ضمن الجهاز لتبريد المهبط، وقد تم لاحقاً استبدال المصعد الوحيد بمصاعد دوارة لتجنب اهترائه المبكر.

كمية الأشعة السينية المستخدمة في التصوير:

- تختلف كمية الأشعة السينية المتولدة **حسب شدة فرق الكمون** المطبق بين المصعد والمهبط.
- فكلما كان **فرق الكمون المطبق** بين المصعد والمهبط **عالياً**، كسَبنا عدداً أكبر من الإلكترونات التي تخرج وتنتقل لتصدم الصفيحة، وبالتالي **تكوِّن الأشعة السينية المنتجة أعلى** وتسمى عندها بالأشعة السينية القاسية.
- وكلما كان فرق الكمون المطبق **قليلاً** كانت الإلكترونات التي تتهيج من ذرات الصفيحة أقل وبالتالي **حصلنا على أشعة سينية أقل.**

ملاحظـة:

للأشعة السينية نوعان:

✓ الأشعة السينية القاسية Hard X rays:

وهي ذات طاقة كبيرة، وقدرة كبيرة على اختراق الأنسجة الحية.

✓ الأشعة السينية اللينة أو الرخوة Soft X rays:

وهي ذات طاقة أقل من سابقتها، وقدرتها على اختراق الأنسجة الحية أقل. (نستخدمها بشكل خاص في الثدي لأن أنسجته رخوه جداً فمعظمها نسيج شحمي وأقنية غدد).

- هذا الكلام له معنى كبير في التطبيق العملي فمثلاً:

- عندما نريد أن نصور يد أحد المرضى لكشف كسر في **الأصابع أو الأمشاط** فيجب أن نطبق **فرق كمون قليلاً** بين المصعد والمهبط؛ لأن **كمية أشعة قليلة** تكفي لما نريده.
- بينما إذا أردنا تصوير **عمود فقري جانبي** مثلاً فإن الأشعة ستعبر عبر سماكات كبيرة من الجسم، لذا نحتاج **كمية أشعة سينية أكبر** وبالتالي نطبق **فرق كمون عالياً**.
- هذا الكلام يُترجم عملياً على أجهزة الأشعة عندما نريد صورة للأمشاط مثلاً فنضع كمية قليلة من الأشعة وكمية قليلة من الفولط، وعندما نريد تصوير عمود قطني علينا إنتاج كمية عالية من الأشعة وبالتالي نطبق كمية عالية من الفولط وذلك من أجل أن نحصل على صورة صحيحة.
- فإذا طبقنا كمية عالية من الأشعة من أجل تصوير اليد مثلاً، فإننا سنحصل على صورة سوداء! وفي حال طبقنا كمية قليلة من الأشعة من أجل تصوير عمود قطني فإننا سنحصل على صورة بيضاء! وبذلك لن نستفيد شيئاً من الصورة.

الكاسيت Cassette:

- عندما نريد تصوير صورة شعاعية لعضو معين، نضع المنبع الشعاعي أمامه ونضع الكاسيت (هو الشي يلي بدنا نصور عليه الصورة) خلفه، ونضع العضو (يد مثلاً) على الكاسيت، ثم نطلق الأشعة باتجاه الكاسيت، ثم نأخذ بعد ذلك الكاسيت للتحميض.
- هذه العملية حتى تكون صحيحة يجب أن يكون المنبع ثابت والكاسيت ثابت والعضو ثابت.

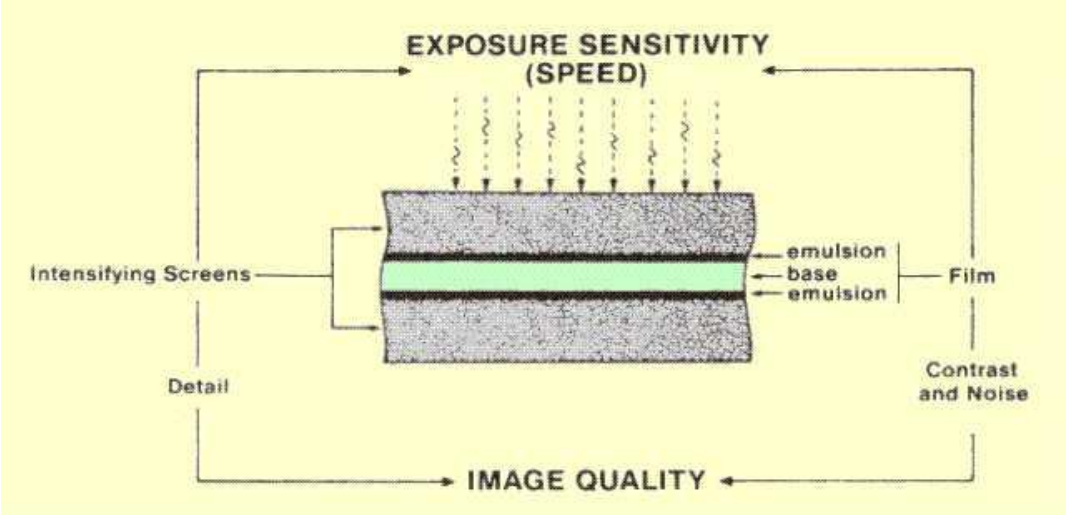
إذاً الآن، ما هو الكاسيت؟

- هو مكان أو قالب نضع فيه الفلم الشعاعي الذي نصوِّر عليه، هذا الكاسيت يُفتح مثل الدفتر ويوضع الفلم داخله، ويُكبس ويغلق عليه تماماً من جميع جوانبه لنضمن الظُّلمة والتعتيم التام.

- وهذه العتامة مطلوبة لأننا إذا فتحنا الكاسيت على الفلم فإن الضوء سيفسده (بيحرقو)، ونكون حينها لم نستفد منه بشيء.
- لذلك فإن علب الأفلام تكون دائماً في العتمة كما ويتم تحميضها **بالعتمة حصراً**.
- إذاً عندما نريد تحميض صورة نضع الكاسيت (الموجود ضمنه الفلم) في جهاز التحميض ونتأكد من أن الكاسيت قد أُدخل بشكل كامل في الجهاز.
- فالذي يحدث عند التصوير أنه عندما يتم تسليط حزمة شعاعيّة على جزء معين من الجسم، يتم التقاط الأشعة التي اخترقت الجسم (الفوتونات الشعاعية المتخامدة) على لوحة الاستقبال "الكاسيت" الذي يؤثر على الفيلم الموضوع داخله.

مم يتكون الكاسيت؟

- الكاسيت له **وجه خلفي** مكون من حديد أو ألمنيوم، وهذا الوجه يكون **غير نافذ للأشعة**، وله **وجه أمامي نافذ للأشعة**.
- لذلك عند التصوير نضع الوجه الخلفي على الطاولة والوجه الأمامي نحو منبع الأشعة، ونضع اليد مثلاً بين الكاسيت والمنبع الشعاعي.
- بالبداية كانت هذه هي مكونات الكاسيت، لكن كنا نحتاج حجم أشعة كبيراً من أجل التصوير، لذلك فإن العضو المصوَّر كان يتعرض لأشعة كبيرة.
- ولتفادي هذه المشكلة طُوّر ما يدعى بالسكرين **screen** (أو الإيكران **Ecrane** بالفرنسي)، وهو عبارة عن قطعة مثل الكرتون المقوَّى، تُلصق على كلا وجهي الكاسيت (بحيث إذا فتحنا الكاسيت سنجد الإيكرانات من الأمام ومن الأسفل بأرضية الكاسيت أيضاً).



- وظيفة هذه الإيكرانات أنه عندما تعبر خلالها الأشعة فإنها تتوهج **مضخمة الأشعة**، مما يعطينا كميات مضاعفة من الأشعة، وبالتالي فإننا نطلق كميات خفيفة من الأشعة عبر العضو ويقوم الكاسيت بتضخيمها ومضاعفتها.

- **الفائدة من ذلك أننا لا نعرض العضو المُصوَّر لحجم أشعة كبير**، فمثلاً إذا كنا نقوم بتصوير صورة حوض فنكون قد تجنبنا تعريض المبيضين أو الخصيتين لحجم كبير من الأشعة، وخصوصاً عند المرضى الذين يتعرضون للأشعة مرات عدة. أو مثلاً عند تصوير الجمجمة فإننا نحمي العين من التأثر بالأشعة.

الخلاصة: مهمة الإيكرانات هي تضخيم الأشعة للتقليل من الجرعة التي يتعرض لها المريض.

- لهذه الإيكرانات سرعات مختلفة (٢٠٠، ٤٠٠، ٦٠٠، ٨٠٠)، وكلما كانت سرعة الإيكران أكبر حصلنا على تضخيم أكثر للأشعة، ونكون قد عرَّضنا العضو المُصوَّر لكمية قليلة من الأشعة.

- ولكن عندما نزيد سرعة الإيكران، صحيح أننا خففنا حجم الأشعة، لكن في المقابل **ستكون الدقة أو الوضوح في الصورة قليل.**

- فكلما كانت سرعة الإيكران قليلة (مثلاً ٢٠٠)، احتجنا حجم أشعة أكبر، لكن بالتأكيد سنحصل **على صور أدق**.

- فالشخص الذي يعمل بمبدأ تجاري سيستعمل الإيكرانات ٨٠٠، لتقليل الجهد على جهازه، وبالتالي إطالة عمره، لكن ستكون صوره غير دقيقة.

- السرعات العملية المستخدمة عادة هي ٤٠٠، والتي تحقق التوازن بين الأمرين.

- وبشكل عام فإن المريض العادي أو الطبيب العادي أو حتى الشعاعي العادي يمكن ألا يجد فرقاً بين الصور المُصوّرة بسرعات عالية ومنخفضة، لكن الطبيب الخبير يلاحظ ذلك ويعلم أن هذه الصورة مأخوذة بدقة أقل أو بدقة أعلى.

- لذلك نلاحظ أن بعض المشافي أو مراكز التصوير تنتج صوراً واضحة مقارنة بغيرها، فالمراكز التي تتبع الناحية العلمية الدقيقة تعطي صور دقيقة.

الأفلام الشعاعية:

في نهاية الأمر فإننا نشاهد الصورة الشعاعية على الفلم الشعاعي بعض تحميضه، **فما هو الفلم الشعاعي؟**

- الفلم الشعاعي هو عبارة عن **صفيحة من البلاستيك المقوَّى**.
- يكون في البداية شفافاً ١٠٠٪، ومن ثم **يُطلى من الوجهين بمادة بروم الفضة**، فتصبح بنفسجية اللون، وهو لون الفلم الأساسي الموجود داخل الكاسيت.

- وبعد ذلك يُطلى الفلم بمادة صمغية حتى تعطي تجانس على كامل مساحة الفلم، ومن أجل تثبيت ذرات بروم الفضة على الفلم.

- وتلعب طريقة إنتاج الأفلام الشعاعية دوراً في جودة الصورة بعد التصوير، فعندما يُطلى الفلم ببروم الفضة بشكل دقيق ومتجانس ليس كما لو كان هناك مناطق كثافة عالية من الذرات ومناطق أخرى قليلة الكثافة، فهذه سوف تعطي تماوج وخطأ في الصورة نتيجة سوء الصنع.

التصوير الشعاعي بالأشعة السينية

إن الأجهزة الي تستخدم الأشعة السينية عديدة مثل:

- **أجهزة الأشعة السينية البسيطة** وهي التي نصور عليها الظهر والبطن و و...
- **البانوراما** والتي هي صورة للأسنان تظهر فيها الأسنان بيضاء وما حولها أسود اللون.
- **الماموغرافي** للثدي.
- **الطبقي المحوري.**
- **السيفالوميتر.**

كل هذه الأجهزة تستخدم الأشعة السينية، فعندما نرى صورة صورت بأحدها فإننا نرى الآفات التي تظهر ونستخدم بوصفها مفهوم الكثافة.

وسنتحدث تباعاً عن كل نوع من أنواع التصوير هذه إن شاء الله.

الصورة الشعاعية البسيطة Simple X-ray

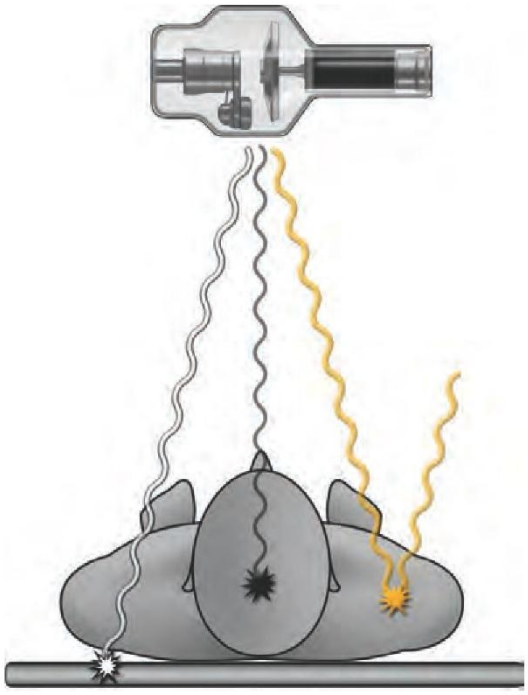
- اعتُقد بدايةً أن الأشعة السينية تفيد فقط في تصوير العظام، ولكن فيما بعد تمّت الاستفادة منها في تصوير كافة أنحاء وأجهزة الجسم ☺ .
- يتم الاعتماد على التبايـــن في امتصاص الحزمة الشعاعيّة بين الأنسجة المختلفة.

تفسير الصور الشعاعية:

- عند التصوير يتم تسليط حزمة شعاعيّة على جزء معين من الجسم، ومن ثمّ يتم التقاط الأشعة التي اخترقت الجسم (الفوتونات الشعاعية المتخامدة) على الكاسيت الذي يؤثر على الفيلم الموضوع داخله.

✓ هذه الحزمة ستعاني من تخامد وامتصاص غير متجانس، حيث يعتمد الامتصاص على المكوّنات الجزيئية للنسيج وأوزانها الذريــّة، فكلما كان النسيج حاوياً على عناصر ذريّة ذات وزن ذرّي عالٍ ← كان الامتصاص أشدّ فيظهر بلون أبيض على الصورة، والعكس صحيح.

صورة توضح مصير الأشعة عند التصوير



eFIGURE 1-2 Diagram of the three fates of radiation.

✓ بعد التصوير نضع الفلم الذي استخدمناه في جهاز التحميض ليتم تحميضه.

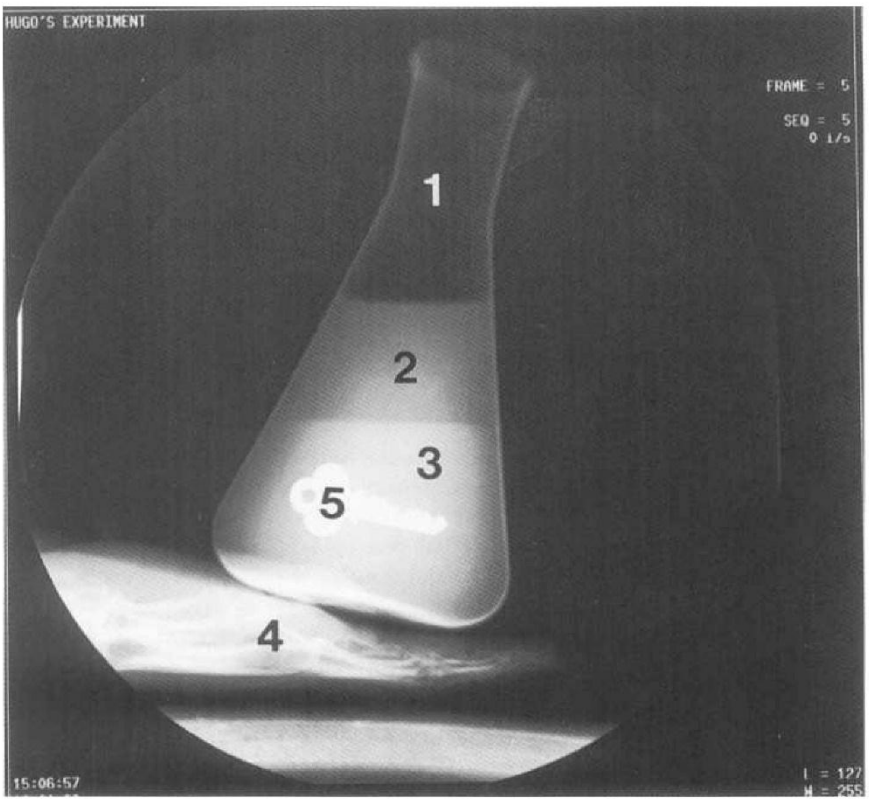
✓ بعد التحميض، كل نقطة من الفلم وصلتها الأشعة السينية ستتحول إلى نقطة سوداء، وكل نقطة لم تصلها الأشعة السينية ستبقى بيضاء.

- **فالعظام** تمتصّ الأشعّة بشكل جيّد باعتبارها تحوي الكالسيوم ذو الوزن الذرّي ٤٠، فيصل للوحة الاستقبال كميّة قليلة من الأشعة تترك مكانها لوناً أبيض ناصع.
- **المعادن** على اختلافها مثل الحديد ٥٦ والرصاص ١٩٦ تترك مكانها لوناً أبيض ناصع دلالة على امتصاص معظم الحزمة الشعاعيّة لذلك نستخدم الرصاص كدرع واقي.
- على عكس **الهواء** فهو مخلخَل لا يحوي عناصر ذرّيّة ذات وزن ذري عال، فالامتصاص قليل، وتصل كمّية أكبر من الأشعّة للوحة الاستقبال فتجعلها سوداء.

وبين الأبيض والأسود تدرّج واسع من الألوان، لكن العين البشريّة لا تستطيع أن تميّز إلا ٤ ظلال على صورة الأشعّة العاديّة هاااام :

اللون الأبيض الناصع	▪ عظام. ▪ معادن (و حشوات سنية). ▪ مواد ظليلة مثل سلفات الباريوم المستخدم عبر أنبوب الهضم. ▪ مواد ظليلة مثل المكونة اليودية ١٢٩ المستخدم في الحقن الوريدي وفي تصوير الجهاز البولي (يعطي كثافة بلون أبيض ناصع على الفيلم).
اللون الأبيض الباهت	▪ الماء. ▪ الأنسجة جيّدة التروية كالقلب والكبد والكليتين والعضلات والطحال.
اللون الرمادي	▪ النسيج الشحمي ضعيف التروية.
اللون الأسود	▪ الهواء.

صورة توضح الكثافات الشعاعية بشكل جميل.



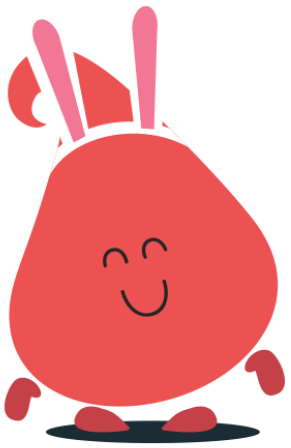
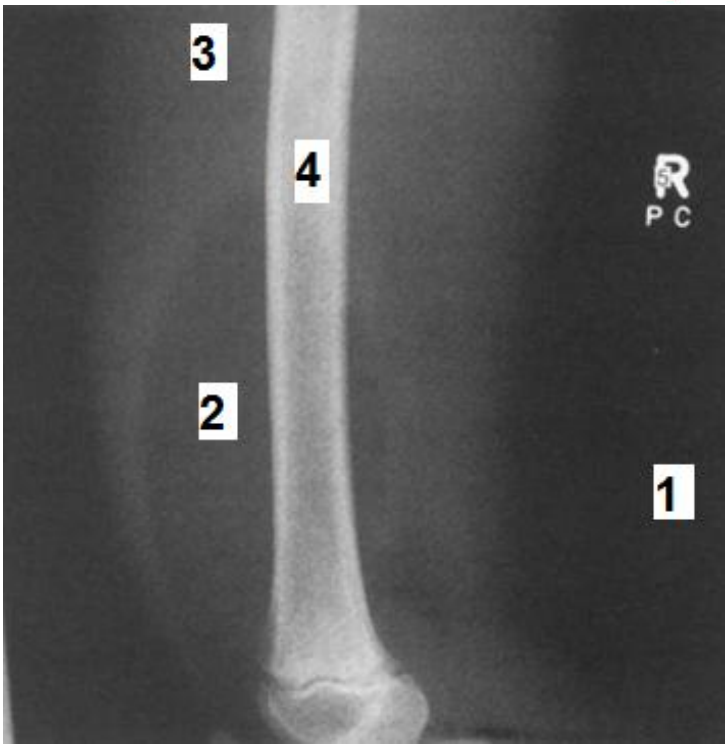
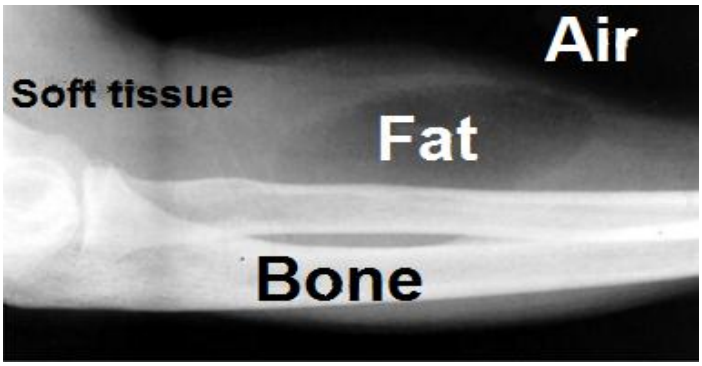


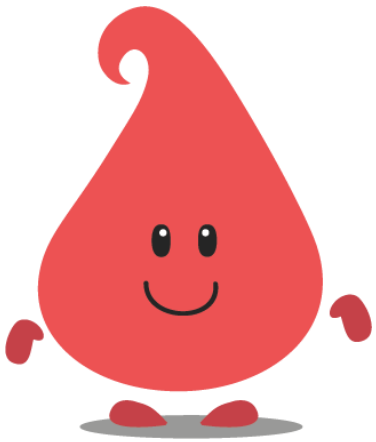
Fig.1-1: Key concept. The five radiographic densities are in order of increasing brightness: I. Air, 2. Fat, 3. Fluid, 4. Bone, 5. Metal.



صورة تظهر الـ ٤ كثافات:
Bone: عظمي الساعد بلون أبيض.
Soft tissue : العضلات بلون أبيض باهت.
Air : الهواء حول الساعد بلون أسود.
Fat: كتلة شحميّة بلون رمادي.



صورة للنهاية السفلية لعظم الفخذ:
١- الهواء بلون أسود.
٢- الكتلة الشحميّة أمام النهاية السفلية للفخذ بلون رمادي.
٣- العضلة مربعة الرؤوس على الوجه الأمامي للفخذ بلون أبيض باهت.
٤- العظام بلون أبيض.



- بمعنى أننا إذا صورنا صورة يد سيظهر المكان بين الأصابع بلون أسود، وبمكان الأصابع والأمشاط أبيض وحتى البياض له درجات.

- فمثلاً نحن عندما نصور اليد، فالإصبع مؤلفة من نسج رخوة بالمحيط **ستمنع وصول الأشعة للفلم نسبياً**، بينما **العظم سيمنع وصول الأشعة كلياً للفلم**، وبالتالي عند التحميض سنشاهد مكان العظم أبيض تماماً، ويرسم شكل السلاميات لأن هذا المكان من الفلم لم تصله الأشعة أبداً، بينما محيط الجلد والمسافات بين السلاميات سنجده رمادي اللون.

- الذي يحدث أنه **عند تحميض الفلم ستُغسل مادة بروم الفضة**، وسيعود مكانها إلى لون الكاسيت الأساسي يلي هو البلاستيك الأبيض.

- إذاً الإشعاع الذي هو إلكترونات مشحونة سلبياً سينتزع شوارد الفضة الإيجابية ويحولها إلى فضة معدنية.

وعند وضع الفيلم في التحميض:

- الفضة المعدنية ستتحول إلى لون أسود، أي أن اللون الأسود في الفيلم يعني منطقة تخامد شعاعي خفيف، وبالتالي عبور سهل للأشعة من جسم الإنسان كما في الهواء.
- شوارد فضة إيجابية لم تتأثر بالإشعاع، ستترك الفيلم لمواد التحميض، ومكانها يبقى أبيض اللون بدرجات متفاوتة، مما يعني أن تخامد الأشعة كان كبيراً، أي أن أي أن عبور الأشعة من الجسم كان صعباً بسبب امتصاص الجسم لها كما في العظام.

الخلاصة:

- **كل نقطة من الفلم ستصلها الأشعة السينية سيكون لونها أسود، وكل نقطة لم تصلها الأشعة السينية سيكون لونها أبيض، وسيكون هناك تدرج لوني للبياض حسب النسيج الذي يمنع وصول الأشعة للفلم.**
- **وكلما كان النسيج عالي الكثافة انعكس بلون أبيض على الفلم الشعاعي.**
- **مثلاً إذا كان لدينا مريض لديه حصى بالكلية، فعند التصوير سنجد نسيج الكلية مرسوم جزئياً، وسنجد نقطة بيضاء داخل الكلية تمثل الحصاة الكلوية، لأن الحصاة الكلوية تتألف من مادة عالية الكثافة منعت وصول الأشعة للفلم.**

ملاحظة شعاعية:

- ليست كل الحصيات الكلوية تظهر في الصورة الشعاعية البسيطة، فالحصاة حتى تظهر في الصورة يجب أن تكون كثيفة على الأشعة، لذلك فإن الحصيات الكلوية الكلسية فقط هي التي تظهر على الأشعة، والتي تشكل ٧٠٪ من الحصيات الكلوية، أما حصيات حمض البول وحصيات السيستين وغيرها التي لا تحتوي على الكلس فهي حصيات شفافة غير ظليلة ولا تظهر على الصورة الشعاعية.
- من هنا جاء تعبير **الكثافة** بوصف الآفات الشعاعية التي تستخدم الأشعة السينية.
- فعندما نستخدم مصطلح الكثافة في التصوير البسيط نقول مثلاً منطقة عالية الكثافة، أو منطقة ناقصة الكثافة، أو حدودها واضحة، أو حدودها غير منتظمة...إلخ
- فعلى سبيل المثال التكلسات التي تظهر في صورة الثدي عندما نصور بالماموغرافي تشاهد على شكل نقط بيض فنقول منطقة تكلس عالية الكثافة، أو شوهد وجود عدة مناطق بؤرية ناعمة عالية الكثافة على امتداد الأوعية وكذا وكذا وهي تتماشى مع كذا...إلخ

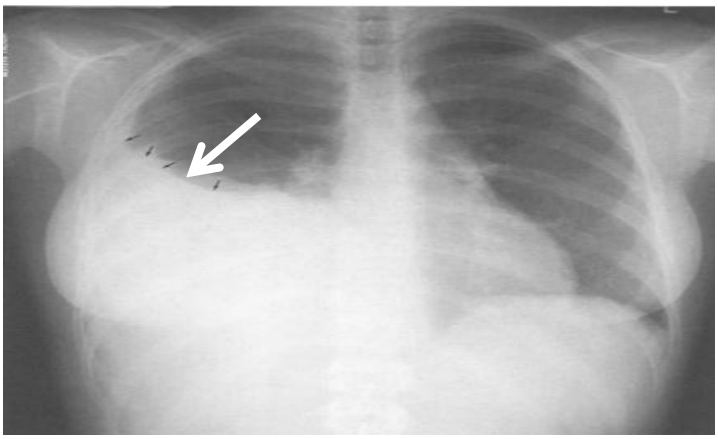
معلومة ع السريع: لدينا خمسة تكلسات للثدي:

١. وعائية.
٢. ورمية.
٣. حليبية.
٤. وأنواع أخرى..

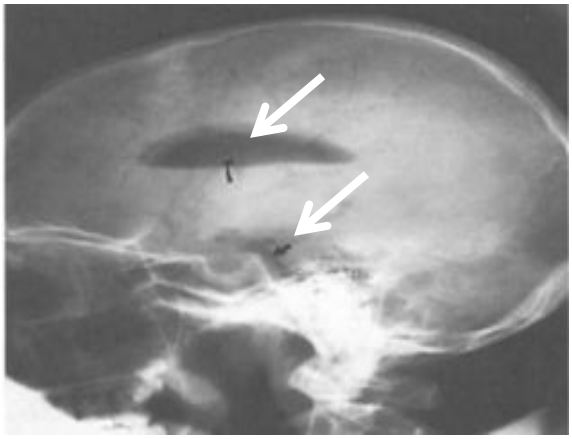
سؤال:

- هل نستطيع أن نميّز على الصورة الشعاعيّة بين كثافة الماء وكثافة الكبد؟؟ فمثلاً إذا وجد داخل الكبد كيسة مائيّة قطرها ١٠سم هل نستطيع تمييزها بالصورة الشعاعيّة العاديّة؟؟
- لا.. لأن لهما نفس الكثافة، وفي حال وجود انصباب جنب أيمن سنشاهد القلب وانصباب الجنب وتحته الكبد بنفس الكثافة وكأنه عضو واحد، وهذا ما يسمى بـ (تغيم الحواف).

والآن إليكم بعض الصور للتدريب..



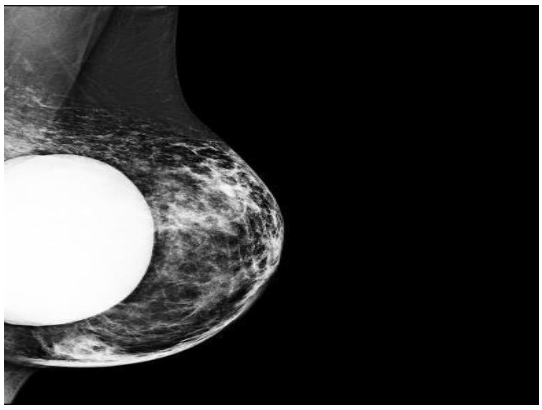
صورة **انصباب جنب متوسط الغزارة**.. لاحظ:
- خط ديموازييه المميّز لانصباب الجنب الحرّ الغزير (عند السهم).
- تظهر قبّة الحجاب الأيسر.
- الحافة اليمنى للقلب والانصباب والكبد كلها تظهر بلون أبيض باهت فلا نستطيع تمييز الحدود الفاصلة بينها (علامة غياب الظل أو غياب الحافة).



صورة شعاعيّة لـ **جمجمة** فيها منطقة سوداء تشير لوجود هواء.
-السهم العلوي: هواء في البطين الجانبي
-السهم السفلي: هواء في الهيرج القاعدي.
وهما يشيران لوجود كسر في قاعدة الجمجمة.

قانون شعاعي :

- الأشعة **لا** تميّز الحدود الفاصلة بين جسمين لهما نفس الكثافة موجودين بنفس المستوى (علامة غياب الحافّة أو الظل كما بالصورة السابقة).
- الأمر يختلف بالطبقي المحوري الذي فيه خاصيّة قياس الكثافة، بحيث يكون الماء له كثافة تساوي صفراً، والهواء -١٠٠٠ ، والعظام +١٠٠٠ ، فيمكن تمييز ٢٠٠٠ درجة لونية بين (-١٠٠٠ و +١٠٠٠) .
- وبالتالي لن تظهر الكيسة المائيّة في الكبد بنفس كثافة النسيج الكبدي على الطبقي المحوري (أي أننا بالطبقي نستطيع رؤية تفاصيل أكثر دقة).

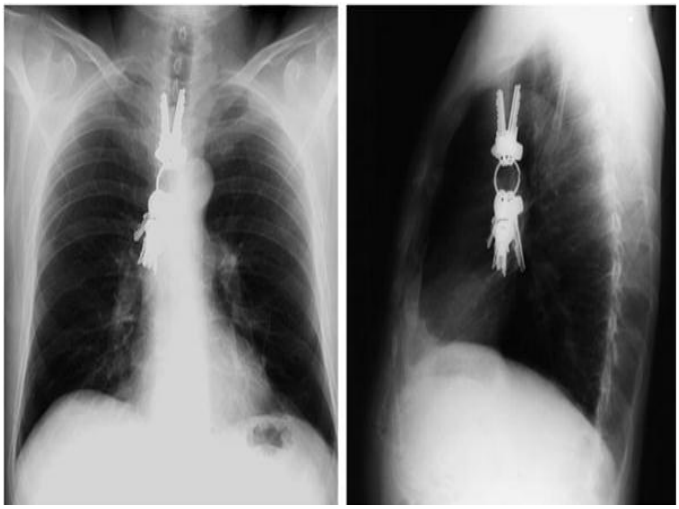


صورة Mammography **للثدي**

- وجد ظل كثيف يشير لزرعة "غرسة" من السيليكون.
- لها وزن ذري عالٍ فتبدو بلون أبيض.

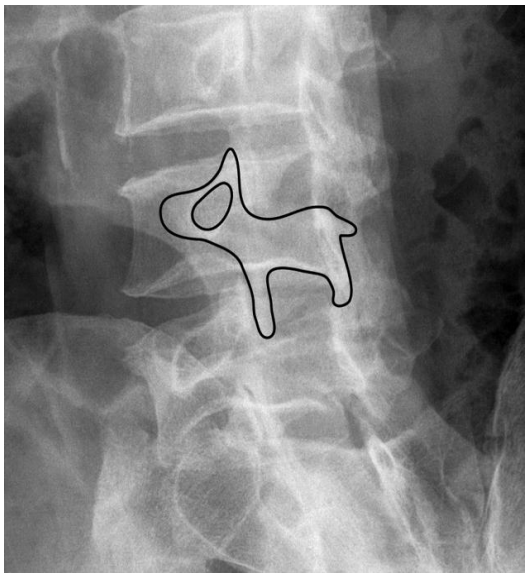
صورة شعاعية **للجمجمة**

- المكونات الهوائيّة هي الجيوب.
- العظم شديد الصلابة المرتسم مسقطه ضمن الحجاج هو عظم الصخرة.
- عند إعطاء كمية جيدة من الأشعة يمكن أن تظهر ضمنه قناة تتجه باتجاه ذروة الصخرة هي مجرى السمع الباطن.



صورة **لجسم أجنبي**

- بحالة الشك بابتلاع جسم أجنبي نجري صورة **أماميّة خلفية** وأخرى **جانبيّة**.
- يظهر في الصورة أنّ موقع المفاتيح لا يتناسب مع الرغامى ولا مع المريء، فالمريء بالصورة الجانبيّة أمام الفقار، والرغامى لمعتها أضيق من أن تتسع لهذه المفاتيح.
إن هذه المفاتيح كانت منسية على طاولة التصوير فقط.



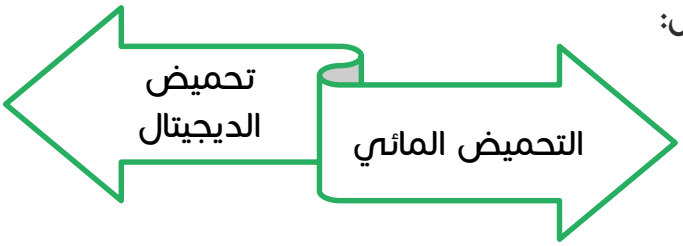
علامة الكلب الإسكوتلندي للعمود القطني الطبيعي بالصورة الشعاعية المائلة

- السويقة تشكل عين الكلب.
- الناتئ المعترض يشكل أنف الكلب.
- الناتئ المفصلي العلوي يشكل أذن الكلب
- الناتئ المفصلي السفلي يشكل رجل الكلب الأمامية
- الناتئ الشوكي يشكل ذيل الكلب.
- الجزء بين المفصلي (بين الناتئين المفصليين العلوي والسفلي) يشكل عنق الكلب.

ينكسر عنق الكلب عند وجود انزلاق فقرات ☹ .

تحميض الأفلام الشعاعية

يوجد نوعين أساسيين للتحميض:



التحميض المائي

- عندما نضع الفلم في جهاز التحميض يجب أن يكون ذلك في غرفة مظلمة.
- ويكون في جهاز التحميض ٣ أحواض يجب أن يمر عليها الفلم الشعاعي (ويوجد أجهزة تحتوي ٤ أحواض).
- الحوض الأول فيه مادة اسمها المُظهر وهو عبارة عن تركيب كيميائي يسمح بتثبيت ذرات بروم الفضة التي تعرضت للأشعة على الفلم الشعاعي وتحويلها للون الأسود.
- الحوض الثاني فيه ما يدعى المُثبِت، وهو تركيب كيميائي مهمته غسل كل ذرة من بروم الفضة في كل نقطة من الفلم لم تصلها الأشعة، وبالتالي يتحول لونها للأبيض (يعني بيرجع لون الجيلاتين الأساسي).
- الحوض الثالث هو الماء بحيث أنه يغسل الفلم من مواد التحميض وكل المواد التي عليه.
- ثم يمر الفلم على مجفف، ويخرج من الجهاز.
- أما الأجهزة التي تحوي ٤ أحواض، فالاختلاف بوجود حوض ماء إضافي بين المُظهر والمثبت، وذلك فقط لغسل الفلم قبل أن يدخل للمثبت.

- أجهزة التحميض لها أحجام مختلفة، وعادةً بالمشافي تكون الأجهزة كبيرة أولاً من أجل أن يبقى معنا فترة طويلة، وثانياً من أجل معالجة عدد كبير من الصور.

- ولمواد التحميض عمر محدد، لأن الحمض الموجود في جهاز التحميض يُستهلك وتنتهي فعاليته تدريجياً كل فترة من الزمن، ونلاحظ ذلك على الصور المحمضة، فعندما نضع الحمض في البداية تكون فعاليته قوية، ثم تنخفض تدريجياً حتى تصبح الأفلام المحمضة فاهية وغير واضحة نتيجة سوء عملية التحميض، وهذا ما يستدعي استبداله بحمض جديد كل فترة.

سرعة أجهزة التحميض

- أجهزة التحميض هذه لها سرعات (تتراوح بين ٢ إلى ٥ دقائق)، وهذه السرعات ليس لها علاقة بحجم الجهاز.

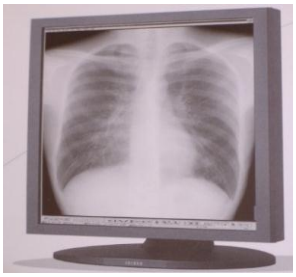
- كلما بطئنا سرعة الجهاز (مثلاً حطينا ٥ دقائق) فإن الفلم سيتعرض لتحميض أشد، وعندها يمكننا تخفيف جرعة الأشعة أثناء التصوير؛ لأن عملية التحميض يمكن أن تُعوِّض.

- وبالمقابل كلما كانت سرعة التحميض أكبر (دقيقتين مثلاً)، فإنها ستمر بسرعة أكبر عبر مواد التحميض، وبالتالي لن يُشبع الفلم بمواد التحميض كثيراً، وبالتالي حتى نعوض عن هذه العملية يجب أن نعطي حجم أشعة أكبر.

- وهذا عادةً ما يحدث في العيادات والمشافي التي يكون فيها ضغط العمل كبيراً، حيث أنهم يزيدون سرعة الجهاز من أجل معالجة كل الصور بسرعة أكبر، وخاصة في قسم الإسعاف.

التصوير الشعاعي المحوسب الرقمي Computed Radiography (CR)

(تحميض الديجيتال أو تحميض الـ CR)



- التحميض المائي هو المبدأ الأساسي بالتحميض، ثم طُوِّرت بعد ذلك أنظمة أخرى بالتحميض والتي تسمى CR أو الديجتال.

- وفي هذه الأنظمة لدينا نفس المنبع الشعاعي ولكن الكاسيت مختلف، حيث يكون الكاسيت غير حاوٍ على فلم، إنما يتم حفظ الصورة من الكاسيت إلكترونياً.

- حيث أنه في التصوير الشعاعي المحوسب يتم استقبال الأشعة على كاسيتات إلكترونية دون استخدام الفيلم الشعاعي (حيث أن فائدة الفيلم هي الطباعة وليس استحصال الخيال) وإنما يحتوي على مادة حساسة.

- ومن ثم يتم قراءة الصورة من خلال قارئ الكتروني يقوم بتحليل الصورة الإلكترونية الموجودة على الطبق المفسفر في الكاسيت.
- حيث أن هذا الكاسيت موصول بجهاز إلكتروني قارئ يقرأ ما هي المناطق التي وصلتها الأشعة أو لم تصلها، ويعرض الصورة على شاشة الكمبيوتر كأنها صُوِّرت على الفلم.
- ثم يتم معالجة الصورة ليتم نقلها فيما بعد إلى أجهزة أخرى وتخزينها.
- ثم بعد حفظ الصورة إلكترونياً تمسح الذاكرة في الكاسيت ليعاد استخدامه مرة أخرى.
- بهذه التقنية يصبح لدينا صورة شعاعية إلكترونية يمكن أن نطبعها أو نضعها على CD.

ميزات تحميض الـ CR (التصوير الرقمي) عن التحميض المائي (التصوير العادي):

- من ميزات هذه التقنية في التحميض أننا مثلاً لو صورنا على فلم عادي وقد زدنا حجم الأشعة ستظهر صورة قاتمة غير صالحة، فنضطر حينها إلى إعادة الصورة من جديد.
- بينما بالـ CR أو الديجتال فيمكننا أن نتغلب على هذا الأمر نسبياً، كما في حال لو زدنا حجم الأشعة قليلاً فعندها ستظهر الصورة قاتمة قليلاً، حيث يمكننا التعديل على الصورة بتفتيحها أو تقتيمها قليلاً (كالفوتوشوب)، وأيضاً لو كانت صورة اليد بالصدفة مائلة، يمكننا تعديلها لتصبح مستقيمة.
- لكن عندما نعدل على الصورة فإننا نتصرف نسبياً، بحيث لا نلغي كثافات حقيقية أو نخلق كثافات مرضية، فهو سلاح ذو حدين.
- فعندما نقوم بتصوير كلية فيها حصاة على التحميض المائي، الحصاة ستظهر كما هي، ولا يمكنني التعديل على الصورة، إضافة إلى أن بعض الحصيات لن تظهر.
- بينما إذا صورنا مثلاً على الـ CR ونريد التعديل على الصورة أو ضبطها، فإذا كان من يعدل على الصورة ليس طبيباً ولا يعرف ما يفعل، فإنه يمكن أن يخفي حصيات كانت ظاهرة، أو أن يخلق حصيات لم تكن موجودة أساساً نتيجة خلل في المعايرة، لذلك ينبغي أن يكون من يعدل على الصورة أن يفهم موجودات الصورة الأصلية وأن يكون عالماً بما يفعل أثناء التعديل لتفادي ما قد يحدث من أخطاء.

الخلاصة: إن أهم ما يميز التصوير الرقمي عن التصوير البسيط:

١. القدرة على معالجة الصورة وتحسين نوعيتها وفلترتها، وعمل مونتاج لها (مثلاً: صورة للعمود القطني بوضعيتين نجمعهما سويةً واحدة على اليمين والأخرى على اليسار).

٢. أخذ الصورة بكميّة الأشعّة المناسبة (دون أخطاء فنيّة) مع القدرة على تعديلها وتحسينها.

٣. إمكانية أرشفة الصورة وإيصالها للطبيب المعالج وهو ما يدعى نظام[٧] (PACS).

٤. حفظ الصور الشعاعية بسهولة للعودة لها في أي وقت.

٥. إمكانية نقل الصورة الشعاعية بين الأقسام داخل المشفى وبين المشافي أو حتى من دولة لأخرى وهو ما يسمى شبكة الوصل الرقمية (شبكة الدايكوم)[٨] (DICOM).

ملاحظة: عملية التصوير المحوسب الرقمي لا تختلف عن التصوير العادي ولكن الاختلاف فقط بطريقة حفظ الصورة.

التشويش الشعاعي

التشويش الشعاعي ناجم عن ثلاثة أنماط تؤثر سلباً على هذه الآلية، هذه الأنماط هي:

١) الأشعة العريضة.

٢) التشويش الناجم عن الحركة.

٣) التشويش المعتمد على قرب وبعد الجسم المصورعن الفلم.

١. أولاً: الأشعة العريضة:

آلية توليد الأشعة نستخدم وشيعة تطلق الإلكترونات عند تسخينها في المهبط فتصطدم الإلكترونات بالمصعد ثم تعطينا الأشعة.

كلما كانت حزمة الأشعة المنطلقة من الوشيعة ١ عريضة يدل هذا على أن الوشيعة عريضة وبالتالي كان مسار الأشعة عريض في الخلاء ويسبب تناثرها بشكل كبير.

هامش ا الوشيعة هي المصدر المنتج للإلكترونات وتدعى المحرق.

✓ المحرق عريض.... حزمة الأشعة عريضة ...تبعثر أكثر...إحتكاكها مع المحيط أكبر...فقدالدقة المطلوبة.

✓ المحرق أصغر...حزمة الأشعة أضيق.. تبعثر أقل...إحتكاكها مع الهواء أقل...دقة أكثر وتصل إلى المركز على المصعد.

أجهزة الأشعة دوماً تكون مرفقة بمحرقين:

- محرق صغير سماكته (طوله) ...٠,٦ ملمتر.
- محرق كبير سماكته (طوله) ...١,٢ ملمتر.

7 picture archiving and communicating system وهو مجرد كمبيوتر موجود في المشفى تحفظ فيه جميع الصور (مفيد في حالة قلة أفلام التحميض فيرى الأطباء الصورة على الكمبيوتر ويمكن نقلها الى الموبايل و الاحتفاظ بها) ☺ .

8 Digital imaging and communication in medicine

- فإذا أردنا أن نصور عضو صغير (كالأصبع) فلسنا بحاجة لمحرق كبير بل نستخدم محرق صغير وبالتالي حجم الأشعة قليل والتبعثر قليل ...ودقة أكبر للعضو الصغير
- بينما إذا أردنا أن نصور أعضاء كبيرة (كالعمود القطني والجمجمة والصدر) تكون الوشيعة الصغيرة غير كافية لإيصال حجم أشعة كافي لتصوير هذا العضو الكبير لذا نستخدم الوشيعة الأكبر (١,٢ ملمتر).

٢. ثانياً: التشويش الناجم عن الحركة:

إن أحد عوامل دقة الصور ودقة العضو المصور هو أن يكون هذا العضو ثابت لحظة إطلاق الأشعة، كيلا ينتج لدينا صورة راجة لاحدود فيها (شيء مموه عم الصورة).

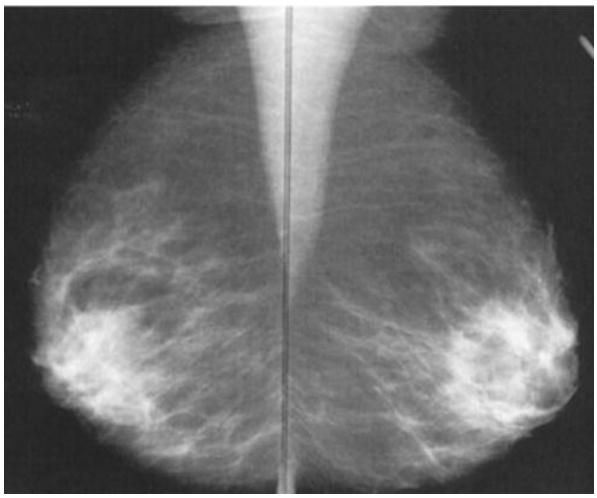
٣. ثالثاً: التشويش الناجم عم بعد أو قرب الجسم عن الفلم:

كلما كان الجسم المصور قريب من الفلم كانت حدودية الصورة أفضل وكان حجم العضو أقرب للطبيعي، بينما إذا بَعُدَ الجسم عن الفلم سيسمك عرض العضو (مثال: وضع شمعة أمام الحائط وتقريب وتبعيد الإصبع فعند تبعيد الإصبع عن الحائط تغيب الحدودية ويظهر الإصبع بشكل أعرض عن الطبيعي أما عند تقريب الإصبع من الحائط يظهر بشكل واضح).

ملاحظة سريرية:

هذا ينطبق عندما نريد إجراء صورة صدر خلفية أمامية حيث يكون القلب أقرب للكاسيت وبالتالي يظهر حجمه الطبيعي بينما صورة الصدر الأمامية الخلفية يظهر القلب بحجم أكبر بسبب بعده عن الفلم وبالتالي قد يفسّر بشكل خاطئ على أنه ضخامة قلبية ذات مشعر قلبي عالي.

تصوير الثدي الشعاعي Mammography



- يعتمد على حزمة من الأشعة السينية لها صفات معيّنة تدعى الحزمة اللينـــــــة "الرخوة".
- هذه الأشعة قليلة النفوذية وعالية التباين وذات طاقة منخفضة، باعتبار أننا نتعامل مع نسيج الثدي الرخو الذي يحوي مكوّنات شحميّة ومكوّنات غدّية حول حلمة الثدي.
- تظهر العضلة الصدرية بلون أبيض خلف الثدي، الشحم تحت الجلد بلون رمادي لسهولة عبور الأشعة، والغدد الثديية بلون أبيض بسبب عبور الأشعة الصعب.

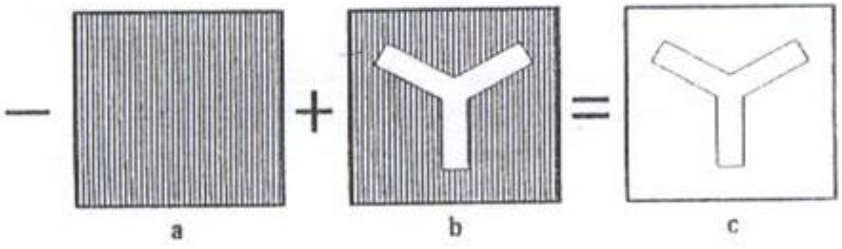
من الأرشيف:

في **الماموغرام** لا نستخدم التنغستين كمادة للمصعد أبداً بل نستخدم معدن مثل الـ Molybdenum.

التصوير الشرياني الحذفي الرقمي (DSA)Digital subtraction Angiography

- هدف الـ **DSA** هو إنتاج صورة للأوعية المملوءة بالمادة الظليلة.
- يوضع المريض على طاولة التصوير [٩]، وتؤخذ له صورة ديجيتال (الصورة الأساسية) بحيث يعطي كل **pixel** معامل الامتصاص للأنسجة التي مرّ فيها الشعاع وتظهر المعالم التشريحية فقط، ثم يقوم الجهاز بإنشاء صورة معاكسة لها تماماً تسمّى بـ الصورة القناع The mask Image [١٠]
- بعد أخذ الصورة الأولى الأساسيّة (قبل الحقن) يتم حقن مادة ظليلة وريديّاً، فتذهب إلى القلب فالبطين الأيسر فالدوران العام [١]، ثمّ أخذ صورة أخرى (الصورة المتباينة أو المعززة بالمادة الظليلة The Inhanced Image).
- بالحذف الرقمي عند تطبيق الصورة القناع على الصورة المتباينة سوف يتم حذف البيكسلات المتعاكسة فتزول كل الظلال عدا ظلّ المادّة الظليلة لأن الجهاز لم يشكل لها معاكساً أو قناعاً.

إذاً كلّ المكوّنات الموجودة تُحذف ليبقى فقط ظلّ المادّة الظليلة المحقونة.



a ← الصورة غير المتباينة	b ← الصورة المتباينة للأوعية	c ← الصورة بعد الحذف الرقمي

٩ المريض يكون مثبّتاً ولا يُسمح له بالحركة، لكن قد تحدث حركات الأحشاء اللاإرادية.

١٠ أي إذا دمجنا الصورتين (الأساسيّة والقناع) تكون النتيجة حذف تام (أي كل نقطة تقوم بحذف النقطة التي تقابلها) وتنتج لدينا صورة بيضاء.

١ كل مكان من الدوران العام سيحوي مادّة ظليلة، لكن كمّيّة المادة الظليلة التي وُزّعت على الجسم كمّيّة ضئيلة جداً أما بالتصوير الوعائي التقليدي لا يمكن خفض كميّة المادة الظليلة لأنّه أثناء التصوير يجب أن يكون على الأقل ٤٠% من الوعاء مادة ظليلة.

إذاً كملخص للعملية السابقة.. الإشارات الفيديوية تُحوَّل إلكترونياً إلى:

a. الصورة القناع أو غير المتباينة Mask image or non-contrast	تؤخذ قبل أن تصل المادة الظليلة إلى المنطقة الهدف، وتُظهر التشريح الطبيعي فقط. وتُخزّن كنسخة أولى في ذاكرة الحاسوب.
b. الصورة المعزّزة أو المتباينة Contrast or enhanced image	تؤخذ عندما تمتلئ الأوعية بالمادّة الظليلة، وتُظهر الأوعية الممتلئة متداخلة مع بنى التشريح الطبيعية. وتخزّن كنسخة ثانية.
c. الصورة بالحذف الرقمي Digital subtraction image	يتم مطابقة الصورتين، وتحذف المناطق المتشابهة، وتبقى الأوعية الممتلئة فقط. وتخزن كنسخة ثالثة.

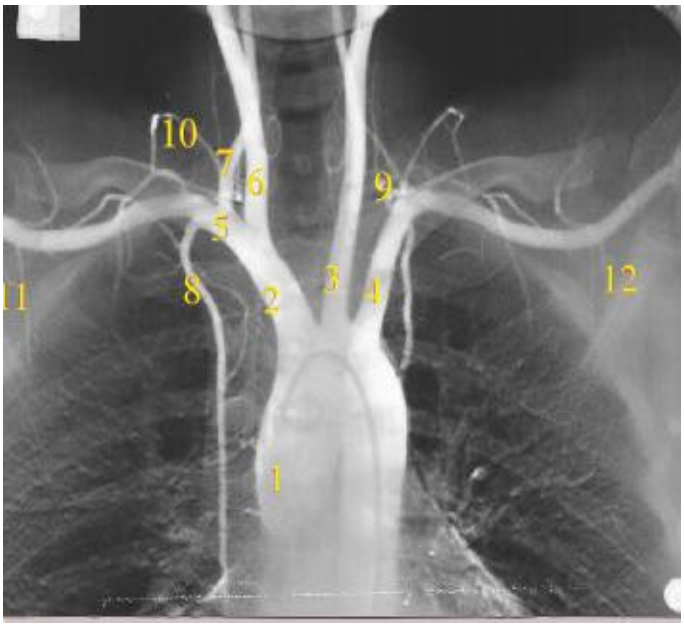
ملاحظة:

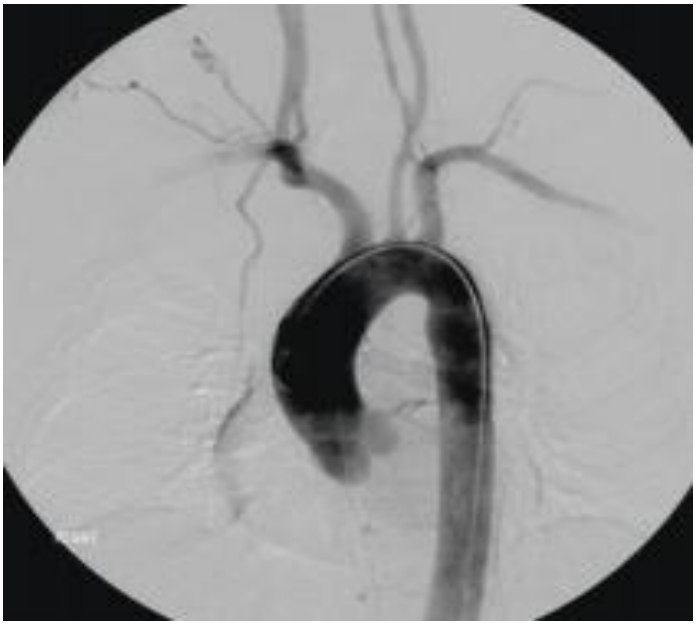
- في التصوير الوعائي التقليدي يتم الدخول بقثطرة عن طريق الشريان الفخذي عادة لأنه في متناول اليد إلى الأوعية الحرقفيّة فالأبهر البطني فقوس الأبهر حتى الوصول للمكان المطلوب، وتُحقن مادة ظليلة بحيث يكون حوالي ٤٠% من الوعاء أثناء التصوير مادّة ظليلة، وذلك حتّى يكون الوعاء واضحاً بشكل جيّد.

- إذاً التصوير بالحذف الرقمي طريقة لاستخدام كميّة أقلّ من المادة الظليلة، ويمكن الاستغناء عن الحقن الشرياني والاستعاضة عنه بالحقن الوريدي، أي تصبح طريقة التصوير أقلّ ضرراً حيث أن أذيّة الوريد أقلّ أهميّة من أذية الشريان، فرَضّ الشريان قد يكون كارثيّاً .

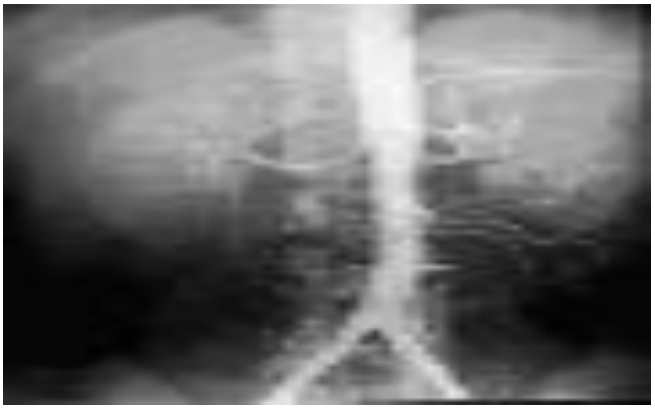
إليكم هذه الأمثلة لتوضيح الفكرة ☺

صورة وعائية تقليدية لقوس الأبهر محقوناً بمادّة ظليلة عبر قثطرة شريانيّة: نرى فيها مكوّنات الصدر التشريحية الأخرى كالرئة والقلب والترقوة والفقرات الرقبيّة.. إلخ





الصورة بالحذف الرقمي: لا نرى أي مكوّن تشريحي أبداً، بل فقط المادة الظليلة الموجودة في الوعاء (وليس جدران الوعاء)، لأن كل العناصر الموجودة قبل الحقن حُذفت.



صورة وعائية تقليدية للأبهر البطني

الصـــورة بالحذف الرقمي: لا يوجد مكوّنات أخرى عـدا المـادّة الظليلـة (بعض الظلال قد تظهر بسبب حركات الأمعاء)

جهاز تصوير شعاعي مجهّز بدارة تلفزيونية مع معالج رقمي للصورة.

فائدة هذا التصوير

- الدقة والسرعة في دراسة القلب والأوعية وتصويرهما.
- سهولة المعالجة داخل الأوعية: توسيع وعائي، تصميم وعائي.
- يستهلك **كمية ضئيلة جداً** من المادة الظليلة عكس التصوير الظليل التقليدي الذي يحتاج لملء ٤٠٪ من حجمه مادة ظليلة. ((أكيد حفظتوها مو؟ 😄))

إضافـــة من الكتاب:

إن المعالجة الرقمية للصورة تعني:

- التحويل الرقمي للإشارة الضوئية التي نحصل عليها من التنظير الشعاعي وذلك بمعالجة المعلومات التي نحصل عليها من تخامد الحزمة الشعاعية من جسم المريض والتي حولتها الدارة التلفزيونية إلى إشارات ضوئية، والمعالجة نقوم على التعبير عن الإشارة الضوئية برقم ضمن سلم يبلغ عدد درجاته ٢٥٥ وبينهما تتفاوت الألوان.
- إمكانية حذف الأجزاء الثابتة من الصورة (عظام القحف في تصوير الشرايين الدماغية مثلاً) والإبقاء على الأجزاء المتحركة (المادة الظليلة بالشرايين).

نقلة نوعية ☺

- بقيت الأشعة من عام ١٨٩٥ إلى ١٩٧٠ أشعة بسيطة فقط إلى أن طوّر
- المهندس الإنكليزي Godfrey Newbold Hounsfield التصوير الطبقي
- المحوري، و من ثم بدأ هذا الاختصاص بالتطور بشكل كبير .
- شكلت هذه التقنية نقلة نوعيـة في التصوير الشعاعي الطبـي و أتاحت
- رؤية أوضح للنسج الطبيعية والمرضية.

التنظير الشعاعي أو التصوير (الظليل) التلفزيوني Fluoroscopy

- وفيه يتم تلقي الصورة عبر ما يسمى **مضخم اللمعان الضوئي** ودارة تلفزيونية بحيث يمكن رؤية حركية الصورة، مما يمكن من طباعة الصورة على شريط فيديو أو CD.
- يستخدم بشكل خاص في **التصوير الظليل**.
- التصوير الظليل يُعطي صوراً مباشرة ومستمرة، حيث يَستخدم أنابيب تكثيف الصورة التي تُحسّن وبشكل كبير نوعيّة الصورة بمضاعفة عدد حزم الأشعة السينيّة، ويَستخدم نظاماً تلفزيونياً لنقل الصورة من أنابيب تكثيف الصورة إلى شاشة كبيرة.

- بعد تناول المادة الصباغيّة يتم توجيه حزمة مستمرّة من الأشعة السينية لتقييم الحركات الحيوية في الجسم مثل تمعّجات الأمعاء وحركات الحجاب الحاجز.

استطبابات التصوير الظليل التلفزيوني:

١. تقييم وجود شلل في الحجاب الحاجز [٢].

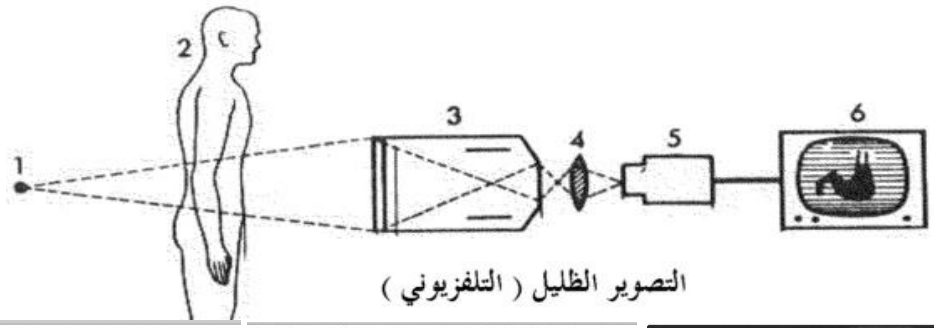
٢. مراقبة عملية رد الكسر بالجهاز القوسي عند أطباء الجراحة العظميّة.

٣. تقييم السبيل الهضمي العلوي (اللقمة الباريتية **Barium meal**) والسفلي (الرحضة الباريتية **Barium Enema**)، أي مراقبة الحركات الحويّة للأمعاء بعد إعطاء سلفات الباريوم.

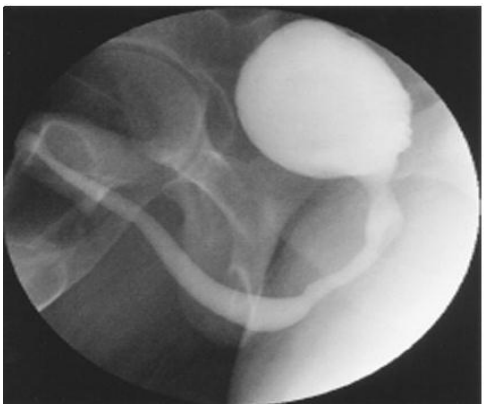
٤. مراقبة النخاع الشوكي أثناء البزل القطني **lumbar puncture** وتصوير النخاع الظليل **Myelogram**.

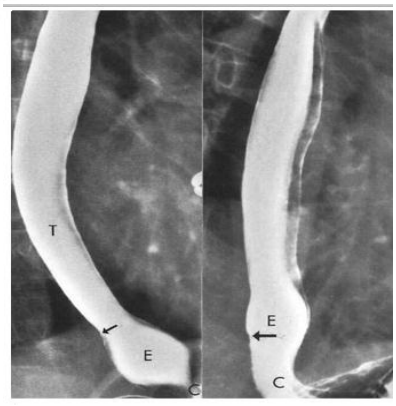
٥. التصوير الوعائي **Angiography** حيث نراقب دخول القثطرة.

٦. تحديد مكان أنبوب التغذية **Feeding Tube** أو المفجّـر **Drainage Catheter**. (في سياق التصوير التلفزيوني للحجاب الحاجز مثلاً يمكن رؤية المفجر وليس استطباب رئيسي).

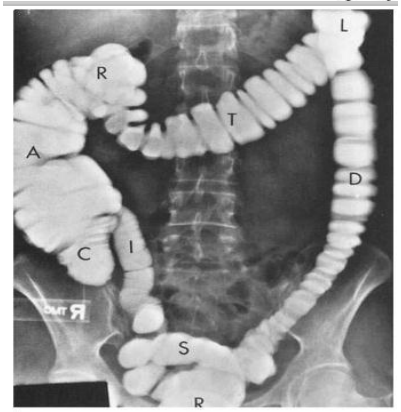


التصوير الظليل (التلفزيوني)


صورة للإحليل والمثانة أثناء التبويل.



صورة للمريء أثناء ابتلاع اللقمة



صورة لكولون مملوء بمادة الباريوم.

٢ ا مراقبة الحجاب وحركات التنفُّس تحت التنظير الشعاعي، ففي بحال وجود شلل حجابي تتحرّك قبّتا الحجاب الحاجز حركة تناقضية، أي تتحركان للأعلى أثناء الشهيق عكس الطبيعي.

دوَّن ملاحظاتك