# الفصل الثاني عشر

## التصوير الشعاعي للثدي
## MAMMOGRAPHY

### نظرة عامة
### Overview

إن التصوير الشعاعي للثدي مجال تخصصي في التصوير الشعاعي تم تطويره خصيصاً للمساعدة في تشخيص السرطانات ذات الصلة بالثدي. إن سرطان الثدي خلافاً لسرطان الجلد هو الشكل الأكثر شيوعاً من السرطانات بين النساء، ويُعتبر حتى كتابة هذه السطور السبب الرئيسي الثاني للوفاة لدى النساء. يتم تصميم أنظمة التصوير الشعاعي للثدي بالأشعة السينية بشكل فريد لإنتاج صور ثدي عالية الجودة يمكن استخدامها للكشف عن سرطان الثدي وتشخيصه.

لقد خضع تصميم جهاز التصوير الشعاعي للثدي منذ بداية تطويره إلى تعديلات كبيرة - تحسينات كثيرة كنتيجة لقانون معايير جودة التصوير الشعاعي للثدي (MQSA) الذي وضع في عام ١٩٩٤م توجيهات محددة للتصوير الشعاعي للثدي. إن التصوير الشعاعي للثدي اليوم هو الخيار الأول للكشف عن السرطان وحساسيته تقارب ٩٠٪ (أي أن ١٠ ٪ من السرطانات لا يتم اكتشافها).

ونظرا لتكوين أنسجة الثدي فإن هناك حاجة إلى تقنيات خاصة للحصول على صور تشخيصية. يجب تغيير جودة حزمة الأشعة السينية ونوع الفيلم وطريقة تحميض الفيلم وحتى غرفة القراءة المستخدمة من قبل أطباء الأشعة لتشخيص صور الثدي وذلك من أجل رؤية التفاصيل الدقيقة لنسيج الثدي. يتم علاوة على ذلك اتخاذ إجراءات ضبط جودة صارمة بصورة روتينية للتحقق من معايرات الأجهزة ولضمان الاتساق ما بين معالجة (تحميض) الأفلام وشروط مشاهدتها.

ونظراً للقواعد الناظمة الكثيرة ذات الصلة بالتصوير الشعاعي للثدي فإن مهندس الخدمة يجب أن يبقى حديث الاطلاع على توجيهات الـ MQSA بحيث يستطيع خدمة أجهزة التصوير الشعاعي للثدي بشكل فعال. إضافة إلى ذلك، ينبغي لمهندس الخدمة أن يكون على دراية تامة بتصاميم الأجهزة وأن يلاحظ كيف يؤثر كل عنصر مكوّن

على الصورة النهائية. وأخيراً، فإن معرفة عامة بتشريح الثدي مفيدة للغاية بالنسبة للمهندسين خصوصاً عند مناقشة مشاكل التصوير (وحلولها) مع كادر المستشفى.

يبدأ هذا الفصل بلمحة عامة ذات معلومات عن تشريح الثدي ويصف تقنيات معينة شائعة الاستعمال أثناء فحص الثدي بالتصوير الشعاعي. يتم بعد ذلك مناقشة تصميم جهاز التصوير الشعاعي للثدي بالتفصيل مع التركيز على العناصر المكوّنة التي تساعد على إنتاج صور تشخيصية عالية الجودة. يلي ذلك لمحة عامة عن إجراءات المعايرة يتبعها مناقشة الأعطال الشائعة التي تحدث في أجهزة التصوير الشعاعي للثدي. يتم إنهاء الفصل بملاحظة أخيرة عن التصوير الشعاعي الرقمي للثدي.

## الثدي
## The Breast

يتألف الثدي البشري من مجموعة متنوعة من الأنسجة اللينة تقدم بعض تحديات التصوير الفريدة من نوعها. تمثل **غدة الثدي** الهيكل الرئيسي وتتألف من ١٥- ٢٠ فصّاً ولكل من هذه الفصوص قنوات وفصيصات عديدة مرتبطة بها. الفصوص الفردية لغدة الثدي مفتوحة على القنوات اللبنية وكلها تتلاقى في الحلمة. توجد كتلة غدة الثدي ضمن **أنسجة دهنية** ومغذاة بشبكة من **الأوعية الدموية واللمفاوية** ومدعَّمة بنسيج ضام.

علاوة على ذلك، فإن مجال كثافات الأنسجة التي يمكن أن توجد أكبر حتى في حالة أنسجة الثدي الخبيثة. يجب أن تكون كل من **الأنسجة الكثيفة للإشعاع** (مثل الأنسجة الليفية والأنسجة الغدية والأنسجة الخبيثة) والأنسجة **الشفافة للإشعاع** (مثل النسيج الدهني أو الضام الفضفاض) مرئية بوضوح على الصورة الشعاعية للثدي بحيث يستطيع طبيب الأشعة أن يقوم بتشخيصات دقيقة. ووفقاً لذلك، يجب أن يوفر نظام التصوير الشعاعي للثدي تقنيات كيلو فولت (kVp) منخفضة جداً في المجال ٢٠- ٤٠ كيلو فولت عند مخرجات ميلي أمبير/ ميلي أمبير ثانية (ماس) عالية نسبياً. إضافة إلى ذلك، يجب استخدام بقع محرقية صغيرة للغاية (٠,١- ٠,٣ ميلي متر) من أجل تصوير التكلسات الصغرى بالغة الدقة.

## مناظر التصوير الشعاعي للثدي
## Mammographic Views

بما أن مهندس الخدمة لا يستطيع مشاهدة مريض مباشرة أثناء فحص التصوير الشعاعي للثدي فإنه من المفيد فهم ما يجري أثناء ذلك الإجراء بدقة. هذه المعرفة ضرورية لتحديد وحل مشاكل التصوير الشعاعي للثدي، وهي مهمة أيضاً عند مناقشة مواضيع جودة الصور مع الموظفين. يجب على المهندس عند تفحص مشاكل التصوير

الاعتماد على المعلومات المحدودة المقدمة من قبل التكنولوجي والقرائن المستقاة من خلال استعراض الفيلم المشكوك فيه. إن امتلاك المعرفة في بروتوكول الفحص يعطي المهندسَ ميزةً واضحة ويوصل أيضاً إلى مهنية الخدمة.

وكقاعدة عامة، فإن روتين فحص التصوير الشعاعي للثدي الاستكشافي يتطلب أربعة أفلام على الأقل بواقع تعريضين لكل ثدي. ينبغي لجميع االفحوص أن تتضمن تصويراً في مستويين: **المنظر الوسطي الجانبي المائل** ***(Mediolateral Oblique (MLO) view)***، **والمنظر القحفي الذيلي** ***(Cranial Caudal view (CC))***. يسمح هذان **المنظران القياسيان** بتشخيصات موثوقة لشذوذات الثدي. ينبغي استخدام مناظر إضافية فقط عندما تكون المناظر القياسية غير حاسمة. تتضمن بعض المناظر الإضافية: **منظر ضغط البقعة** ***(spot compression view)***، **ومنظر التكبير** ***(magnification view)*** (انظر فيما يلي)، **ومنظر الـ ٩٠ درجة الجانبي** ***(90 degree lateral view)*** **والمنظر المتموج** ***(rolled view)***.

يتم تنفيذ إسقاط MLO بزاوية ميل ٣٠- ٧٠ درجة مع الشاقول، و هو يوفر رؤية جيدة لكامل الثدي. يمكن التعرف على معظم السرطانات في هذا المنظر. يتم استكمال المنظر MLO بالمنظر CC الذي يسمح برؤية كاملة لكامل كتلة غدة الثدي. يتم في منظر الـ CC وضع أنبوب الأشعة السينية رأسياً مباشرة مع سير الحزمة من أعلى إلى أسفل.

يتم استخدام **ضغط النسيج** مع جميع الإجراءات لأسباب مشروحة لاحقاً في هذا الفصل. يجب مع المناظر القياسية أن يكون مجذاف (paddle) الضغط ملائماً تماماً لحجم الفيلم المستخدم وأن يتم استخدام تحديد ساحة لكامل الحقل، كما لو أنه يتم تصوير الثدي بأكمله. إلا أن هناك في بعض الأحيان حاجة لمد مساحة صغيرة ذات اهتمام ضمن نسيج الثدي بغية المساعدة على تمييز الهياكل المتراكبة. يتم في هذه الحالة استخدام **ضغط البقعة**. إن مجذاف (أو مخروط) الضغط المستخدم في ضغط البقعة أصغر بكثير من مجذاف الضغط القياسي البالغ مقاسه ٧ سم. إضافة إلى ذلك، يتم تنفيذ ضغط البقعة عندما تكون حزمة الأشعة السينية محددة الساحة أسفل المنطقة ذات الاهتمام فقط.

يمكن بالإضافة إلى منظر ضغط البقعة استخدام تقنية تكبير للمساعدة في جعل منطقة من الثدي مشكوك فيها مرئية. يتم عند تنفيذ **منظر التكبير** وضع طاولة تكبير فوق مستقبل الصورة ترفع ثدي المريض إلى مسافة ثابتة فوق مستوى الفيلم. ينتج عن الفجوة الناشئة بين الثدي والفيلم صورة مكبرة لمنطقة معينة من الثدي. يُستخدم **المحرق الصغير** لأنبوب الأشعة السينية في جميع تقنيات التكبير ويتم تحديد ساحة حقل التعريض للمنطقة المعينة ذات الاهتمام. يتم مع التكبير إزالة الشبكة دائماً. ويتم تقليل الإشعاع التبعثري بدلاً من ذلك عن طريق استخدام: (١) **فجوة هوائية** يتم إنشاؤها ضمن طاولة التكبير، و (٢) **تحديد الساحة** "نزولاً" إلى المنطقة ذات الاهتمام فقط. غالباً ما يُستخدم ضغط البقعة مع تقنية التكبير.

## وحدة التصوير الشعاعي للثدي
## The Mammography Unit

ينبغي لوحدة التصوير الشعاعي للثدي أن تلبي متطلبات معينة من أجل إنتاج صورة شعاعية للثدي ذات جودة جيدة. يجب أن يكون للوحدة استطاعة كافية لتصوير أثداء متفاوتة في الحجم والكثافة مع استخدام الحد الأدنى من الإشعاع. ينبغي للوحدة أن تنتج صوراً حادة لتكلسات صغرى بالغة الدقة تقع داخل نسيج الثدي، ويجب أيضاً أن توفر توضُّعاً دقيقاً عند إسقاطات زاوية محددة (نوقشت آنفاً) معروفة لتسهيل تصوير جيد لنسيج كامل الثدي.

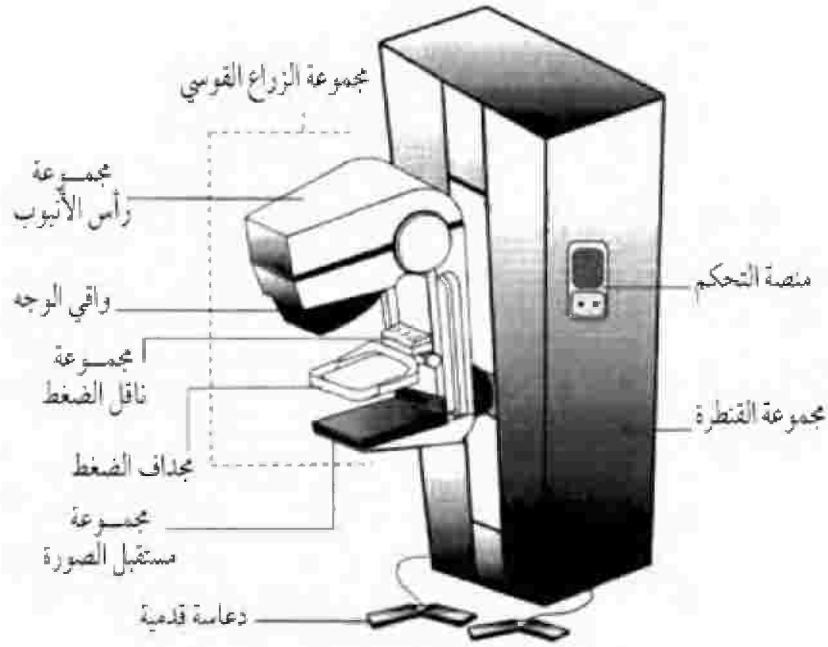
وكما ذُكر سابقاً فإنه يجب استخدام ضغط النسيج أثناء كل فحص للثدي وينبغي لجميع الوحدات أن توفر أيضاً وسيلة لتكبير الصورة. أخيراً، ينبغي لوحدات التصوير الشعاعي للثدي أن تكون مصنوعة من مكوّنات ذات جودة وقادرة على التعامل مع أحمال مريض عالية، وفي نفس الوقت أن تكون مضغوطة في التصميم لتسهيل التركيب في أجنحة تصوير ذات مساحة محدودة.

إن وحدة التصوير الشعاعي للثدي من حيث المبدأ هي نظام أشعة سينية متكامل تماماً مصمم كوحدة "قائمة بذاتها" ("stand-alone"). إن كل جهاز موجود عادة في غرفة الأشعة السينية العامة تم تعديله بشكل طفيف ودمجه في وحدة واحدة (انظر الشكل رقم ٤٢). إن مولد الأشعة السينية وأنبوب الأشعة السينية وحامل الأنبوب ومجموعة محدد الساحة ومجموعة المرشح ومجموعة الضغط ومستقبل الصورة كلها أجزاء من وحدة التصوير الشعاعي للثدي. يتم في هذا الفصل تقسيم وحدة التصوير الشعاعي للثدي إلى ثلاثة أقسام: **مجموعة القنطرة** ***(gantry assembly)***، و**مجموعة الذراع القوسي** ***(c-arm assembly)***، و**منصة التحكم بالأشعة السينية** ***(x-ray control console)***.

### القنطرة The Gantry

إن القنطرة جزء لا يتجزأ من وحدة تصوير الثدي بالأشعة السينية، حيث إنها تضم العديد من مكونات النظام، كما تؤمن الدعم الهيكلي **لمجموعة الذراع القوسي** الذي يحتوي على كامل سلسلة التصوير. يجب أن تكون القنطرة مصنوعة من إطار فولاذي صلب لتحمل الوزن الكبير للذراع القوسي. هناك أيضاً حاجة إلى هيكل صلب ليوفر حركات سلسة دقيقة لأنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة أثناء الفحص.

يتواجد داخل القنطرة المحركات والتروس وما يرتبط بها من دارات إلكترونية لازمة للتحكم بحركات الذراع القوسي. كما أن جميع إمدادات الطاقة للنظام وكذلك المعالج الصغري (الميكروبروسيسور) ودارات الإظهار موجودة ضمن القنطرة. أخيراً، تحتوي القنطرة على كامل **مولد الأشعة السينية**.




**الشكل رقم (٤٢). نظام تصوير شعاعي للثدي.**

### مولد الأشعة السينية

لأسباب كثيرة، فإن مولد الأشعة السينية المختار المستخدم للتصوير الشعاعي للثدي هو **المولد ذو التردد العالي** (انظر الفصل ٣). إن المولدات ذات التردد العالي ذات موثوقية عالية للغاية وتتطلب جهود دخل موجودة بشكل شائع في معظم المستشفيات والعيادات، والأهم من ذلك، أنها تأخذ مساحة صغيرة جداً. أيضاً، وبما أن التصوير الشعاعي للثدي يستخدم تقنيات أشعة سينية أدنى بكثير مقارنة مع تلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام (٢٠- ٤٠ كيلو فولت عند ٣٠- ١٠٠ ميلي أمبير) فإن محول الجهد العالي صغير الحجم نسبياً. هذا الحجم الصغير يساهم في التصميم المضغوط (المدمج) لوحدات التصوير الشعاعي للثدي.

يقع **محول الجهد العالي** عادة في قاعدة القنطرة مع تثبيت المكونات الرئيسية للمولد على هيكل (شاسيه) ضمن الإطار الرئيسي أو على لوح جانبي من القنطرة. يكون مسار كابلات التوصيل بهذا التخطيط داخلياً مما يسمح بمسارات أقصر للكابلات ويساعد على توفير مظهر أكثر نظافة للوحدة.

غالباً ما يتم توصيل محول الجهد العالي إلى أنبوب الأشعة السينية **بكبل جهد عالٍ** مفرد. مع تصميم الكبل المفرد، فإن هناك حاجة لكبل واحد معزول فقط لنقل جهدي المصعد والمهبط إلى أنبوب الأشعة السينية، وهذا ما يساعد أيضاً في التصميم المضغوط (المدمج) لهذه الوحدات. على الرغم من ذلك فإن الموصّل الرئيسي (الاتحادي) المعياري المستخدم في التصوير الشعاعي لا يزال يُستخدم من قبل بعض مصنّعي الأجهزة.

**مجموعة الذراع القوسي**

إن أنبوب الأشعة السينية في جميع وحدات التصوير الشعاعي للثدي مثبت مادياً إلى مستقبل الصورة بعمود صلب وحيد باستخدام تصميم عام للذراع القوسي، وبالرجوع إلى الشكل رقم (٤٢) يمكن أن نرى أن أنبوب الأشعة السينية متصل بعمود الذراع القوسي عند نهاية واحدة ومستقبل الصورة عند النهاية المقابلة، ودائماً عند مسافة ثابتة بين المصدر والصورة (عادة ٦٥ سم). ويمكن رفع أو خفض الذراع القوسي المدعوم بالقنطرة من أجل التكيف مع ارتفاع كل مريض.

إضافة إلى ذلك، يمكن تدوير الذراع القوسي إلى زاويا الإسقاط الدقيقة المطلوبة لجعل مكوّنات الثدي مرئية. وفعلياً فإنه يمكن تدوير الذراع القوسي إلى ما يقرب من زاوية ٣٦٠ درجة. تحتوي مجموعة الذراع القوسي على كامل سلسلة التصوير التي تتضمن: **أنبوب الأشعة السينية ومجموعة المرشح ومجموعة محدد الساحة ومجموعة مجذاف الضغط ومستقبل الصورة.**

**أنبوب الأشعة السينية**

إن تصميم أنبوب الأشعة السينية للتصوير الشعاعي للثدي فريد من نوعه في عدد من السبل. إن أنابيب الأشعة السينية الخاصة هذه أصغر مادياً بشكل إجمالي من تلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام، وهي مصممة لإنتاج طيف الأشعة السينية منخفض الطاقة اللازم لإنشاء صورة عالية التباين لنسيج الثدي. إن أنابيب التصوير الشعاعي للثدي مصممة لتعمل عند جهود كهربائية في حدود ٢٠ إلى ٤٠ كيلو فولت. إلا أن هناك حاجة إلى ميلي أمبير مرتفع نسبياً (٣٠- ١٠٠ ميلي أمبير في العادة) لتصوير أثداء كثيفة أو خبيثة. وهكذا يجب أن يكون لأنابيب التصوير الشعاعي للثدي معدلات خرج عالية (أي ٨ ميلي رونتجن (mr)/ ميلي أمبير ثانية (ماس) أو أكثر).

هناك تصميمان مستخدمان بشكل شائع من قبل الشركات المصنعة لأنابيب الأشعة السينية: أنابيب الأشعة السينية ذات **المهبط المؤرض** ***(grounded cathode)*** وذات **المصعد المؤرض** ***(grounded anode)***. يوجد الأنبوب ذو المهبط المؤرض بشكل شائع في الأجهزة؛ لأن تصنيعه أبسط ومن ثم أقل تكلفة في الإنتاج. إلا أن الأنبوب ذا المصعد المؤرض هو التصميم الأفضل إجمالاً وذلك بشكل رئيسي؛ لأنه يقلل بدرجة كبيرة من الإشعاع خارج المحرق والذي يمكن أن يؤثر على جودة الصورة. إن تصنيع الأنبوب ذي المصعد المؤرض أكثر صعوبة ويمكن أن تكون كلفته ثلاثة أضعاف كلفة الأنبوب ذي المهبط المؤرض. وفي كلتا الحالتين فإن تكلفة تصنيع أنابيب الأشعة السينية للتصوير الشعاعي للثدي هي أعلى بكثير من الأنابيب المستخدمة في التصوير الشعاعي العام، بدءاً من عشرة آلاف دولار عند كتابة هذه السطور.

هناك اعتبار آخر في أنابيب الأشعة السينية له علاقة باستخدام الجهاز. قد تكون هناك حاجة في دراسة نموذجية تشخيصية للتصوير الشعاعي للثدي إلى عشر تعرضات أو أكثر وذلك حسب حالة المريض. يتعين على أنبوب الأشعة السينية أن يكون قادراً على تبديد الحرارة الزائدة التي يتم توليدها أثناء إجراء فحص ثدي بالتصوير الشعاعي. وبالتالي فإنه يتم تصميم معظم أنابيب الأشعة السينية للتصوير الشعاعي للثدي بغلاف خارجي كبير نسبياً بالنسبة لغلافه الزجاجي المحاط كلياً بزيت عازل. إن الغلاف الخارجي الكبير للأنبوب المستخدم بالاشتراك مع قبة مهواة محيطة بأنبوب الأشعة السينية، والمروحة الكبيرة نسبياً (أي مروحة الصندوق) جميعها تساعد على تبديد الحرارة المتولدة أثناء الفحص.

وكما ذكر سابقاً، فإنه غالباً ما يُستخدم كبل جهد عالٍ وحيد لنقل الجهد العالي إلى أنبوب الأشعة السينية. إن **كابل ألدن** ***(ALDEN cable)*** المصمم أصلاً للاستخدام في إمداد شاشات العرض من نوع أنبوب الأشعة المهبطية (CRT) بالطاقة الكهربائية يدخل مباشرة في نهاية المصعد للغلاف الخارجي لأنبوب الأشعة السينية. هناك حاجة مع هذا التصميم وحيد الكبل إلى كبل ثانٍ لتوفير الطاقة للفتيل ولدارات أمان الأنبوب. يمتد هذا الكبل الثاني منخفض الجهد من محول الجهد العالي إلى موصِّل منفصل موجود على الغلاف الخارجي لأنبوب الأشعة السينية. وبوجود إثنين من موصلات الطاقة عند نهاية المصعد للغلاف الخارجي للأنبوب فإنه يمكن وضع **الغلاف الزجاجي** للأنبوب أقرب ما يمكن إلى نهاية المهبط للغلاف الخارجي مما يجعل منفذ الخروج هو الأقرب للمريض. ينبغي أن يكون المنفذ أقرب ما يمكن إلى القفص الصدري للمريض بحيث يمكن تصوير كامل الثدي.

إن من الصفات الهامة الأخرى لأنابيب الأشعة السينية المستخدمة في التصوير الشعاعي للثدي هو استخدام **حجم بقعة محرقية** صغير جداً. إن المحارق الصغيرة للغاية ضرورية لتصوير التكلسات الصغرى والمسارات الليفية في الثدي. تتراوح المحارق الشائعة المستخدمة في التصوير الشعاعي للثدي ما بين ٠,١ ملم إلى ٠,٣ ملم (كحد أقصى في كلا البعدين). إن هذه المحارق صغيرة جداً بالمقارنة مع تلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام والتي تتراوح عادة ما بين ٠,٦ ملم إلى ١,٥ ملم.

كما أن **الهدف** ***(target)*** مُصمَّم خصيصاً لإنتاج حزمة أشعة سينية مؤلفة في معظمها من إشعاع أشعة سينية ذي طاقة منخفضة. وبالرغم من أن بعض الشركات المصنِّعة لأنابيب الأشعة السينية يستخدم المصعد ذا السطح المزدوج (أي موليبدينوم / روديوم (molybdenum/rhodium)) في تصميمه، إلا أن معظم الأهداف مصنوعة أساساً من الموليبدينوم الذي ينتج نسبة أكبر من إشعاع الأشعة السينية ذي الطاقة المنخفضة (١٧,٥ - ١٩,٦ كيلو إلكترون فولت). تسمح أهداف الموليبدينوم عندما تُستخدم مع مرشحات مصممة بشكل خاص بتحكم فعال بطيف الإشعاع

اللازم للتصوير الشعاعي للثدي. إن الموليبدينوم هو الأمثل للتصوير الشعاعي للثدي ، إلا أن نقطة انصهاره منخفضة مما يتسبب في تآكل الهدف مع مرور الوقت.

وكما هو الحال مع جميع أنابيب الأشعة السينية ، فإن الإلكترونات المصطدمة بالهدف تنتج **أثر الميلان (أو الأثر الكعبي)** ***(heel effect)***. وبما أن سماكة الثدي أكبر عند القفص الصدري ، فإن الهدف ينبغي أن يكون دائماً موجهاً إلى نهاية الحلمة للمريضة.

إن نافذة أو منفذ أنبوب الأشعة السينية في التصوير الشعاعي للثدي مصنوع أيضاً من مادة خاصة تسمح لإشعاع الأشعة السينية الطري بالعبور إلى المريض. سيتم امتصاص الإشعاع ذي الطاقة المنخفضة بشكل متفاوت ضمن الأنسجة اللينة للثدي مما يوفر صورة عالية التباين. إن نوافذ البريليوم (Beryllium) شائعة الاستخدام في أنابيب الأشعة السينية هذه.

**مجموعة المرشح**

يجب أن تمر حزمة الأشعة السينية المعدَّلة (الطرية) التي تخرج من منفذ أنبوب التصوير الشعاعي للثدي عبر ترشيح إضافي لإنتاج حزمة أشعة سينية تعطي صورة تشخيصية ذات جودة للثدي. إن مرشحاً واحداً ليس كافياً في التصوير الشعاعي للثدي من أجل تصوير جميع أنواع أنسجة الثدي التي يمكن أن تختلف بشكل كبير تبعاً لعمر وحالة المريض. فمثلاً إن ثدي أنثى بالغة عادية يحتوي عموماً على أنسجة دهنية أقل بكثير من الأنثى الناضجة. زد على ذلك أن ثدياً بنسيج ليفي وفير أو فيه زرعة (implant) يتطلب مستويات مختلفة من الإشعاع للحصول على صورة مُرضية.

نظراً للطيف الواسع من أنسجة الثدي فإن هناك حاجة لتغيير نوعية الحزمة بدقة من أجل الثدي المعين الذي يجري تصويره. أيضاً ، ولأن هناك حاجة إلى حزمة أشعة سينية أكثر "طراوة" للتصوير الشعاعي للثدي ، فإن الحد الأدنى لسماكة نصف القيمة (HVL) أقل بكثير من تلك التي للتصوير الشعاعي العام (أي ٠,٣ ملم إلى ٠,٥ ملم من الألومنيوم مقابل ٠,٣ ملم إلى ٠,٥ ملم للتصوير الشعاعي العام). يتم تعديل نوعية الحزمة في التصوير الشعاعي للثدي بتغيير الكيلو فولت المطبق على أنبوب الأشعة السينية وذلك بضبط **تجميع الهدف / المرشح**.

بدلاً من مرشح الألومنيوم الذي يُستخدم للتصوير الشعاعي العام ، فإن معظم وحدات التصوير الشعاعي للثدي تستخدم مرشَّحَين قياسيَّين لضبط جودة الحزمة بشكل أكثر دقة. يتم من أجل تطبيقات التصوير الشعاعي للثدي استخدام مرشحات **الموليبدينوم ومرشحات الروديوم** على حد سواء. تُستخدم مرشحات الموليبدينوم للأثداء ذات الكثافة الصغيرة إلى الطبيعية ، في حين تُستخدم مرشحات الروديوم للأثداء الكبيرة أو الكثيفة خصوصاً عندما عندما يكون هناك حاجة إلى كيلو فولت مرتفع. يقوم كلا المرشحين بكبت المكونات ذات الطاقة المنخفضة جداً

لطيف الأشعة السينية التي لا تساهم في الصورة بينما يخفّضان من الإشعاع عالي الطاقة فوق **حافة الامتصاص K** ***(K absorption edge)*** المميزة لكل مرشح. إن لكل نوع من المرشحات حداً معيناً خاصاً بذلك المرشح. يتم امتصاص الإشعاع فوق هذا الحد. يُسمى ذلك الحد حافة الامتصاص K. وبالنتيجة فإنه باستخدام مرشحات انتقائية ستصل إلى المريض فقط حزمة إشعاع ضيقة (مفيدة).

وكما هو الحال في التصوير الشعاعي العام فإنه يتم وضع المرشح دائماً أقرب ما يمكن إلى منفذ أنبوب الأشعة السينية. إلا أنه بسبب استخدام **مرشحين مختلفين** فإن هناك حاجة إلى وسيلة ميكانيكية لتغيير هذه المرشحات. يستخدم معظم وحدات التصوير الشعاعي للثدي **مجموعة مرشح ذات محرك** تسمح للمشغل بتغيير المرشحات من منصة التحكم. توفر التصاميم الحديثة للأجهزة انتقاء آلياً للمرشح حسب التقنية المستخدمة. إن نمط "المرشح الآلي" للتشغيل مفضل ؛ لأنه يقلل إلى حد كبير من أي فرصة لخطأ المشغل.

**محدد الساحة**

هناك نوعان شائعان لمحدد الساحة الموجود على معظم وحدات التصوير الشعاعي للثدي . استخدمت الآلات القديمة سابقاً **مجموعة الحجاب الحاجز (diaphragm assembly)**. وفي هذا التصميم فإن حجاباً حاجزاً يتم ملاءمته بدقة مع نفس مجموعة البوكي التي يتم استخدامها. يتم إدخال الحجاب الحاجز في فتحة تقع بالقرب من منفذ أنبوب الأشعة السينية في التحضير للتعريض. وباستخدام ذلك الحجاب الحاجز فقط فإن المشغل يتأكد من أن الضوء وحقل الأشعة السينية سيلائمان تماماً حجم الفيلم.

إن لدى الوحدات الأحدث **مجموعة محدد ساحة ذات محرك**. وفي تحديد الساحة ذي المحرك فإن لكل شفرة من الشفرات الأربعة لمحدد الساحة محرك تحريك منفصل يمكن ضبطه بشكل فردي. يتم ضبط هذه الشفرات أثناء المعايرة لتلائم حجم الفيلم والبوكي المستخدمين. إن محددات الساحة ذات المحرك ليست مريحة فحسب بل توفر أيضاً تحديد ساحة أكثر دقة لحقل الإشعاع.

إن **لمبة محدد الساحة** المستخدمة في التصوير الشعاعي للثدي مماثلة لتلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام. ينبغي أن تضيء اللمبة كامل حقل التعريض إلى اثنين في المئة من الـ SID ويجب أن تلبي الحد الأدنى من الناتج الضوئي (١٦٠ لوكس حد أدنى / ١٥ قدم شمعة) المطلوب وفقاً لمعايير الـ MQSA. يجب أن يكون لوحدات تصوير الثدي بالأشعة السينية أيضاً وسيلة دقيقة لضبط حجم وموضع الحقل الضوئي. عندما تحترق اللمبة فينبغي استبدالها من قبل مهندس صيانة مؤهل وذلك فقط بسبب سلسلة من عمليات الضبط والتحقق والتوثيق المطلوبة.

إن **واقي الوجه** عنصر مهم في وحدة التصوير الشعاعي للثدي بسبب قرب المريض إلى أنبوب الأشعة السينية. إن واقي الوجه المثبت عادة إلى مجموعة محدد الساحة مصنوع من الأكريليك المبطن بالرصاص. يتطلب قانون

الـ MQSA أن يكون واقي الوجه في مكانه أثناء الفحص ؛ لأنه يساعد كثيراً في الحد من كمية الإشعاع التبعثري الموجه نحو المريض.

**مجموعة الضغط**

يجب استخدام طريقة **لضغط النسيج** من أجل إنتاج صورة ذات جودة تشخيصية للثدي. يحقق ضغط الثدي عدة أهداف هامة كلها تساعد على تحسين جودة الصورة الشعاعية للثدي. يقلل الضغط من السماكة الكلية للثدي بحيث تمر الحزمة من خلال نسيج أقل ، مما يقلل من **الإشعاع التبعثري**. ونعرف من الفصل المتعلق بالتصوير أنه بتقليل كمية الإشعاع التبعثري فإن جرعة أقل من الإشعاع يتم امتصاصها من قبل المريض كما ينتج أيضاً تحسين في تباين الصورة. إن استخدام الضغط **يقلل من الـ OID** (المسافة بين الصورة والجسم) ويحسّن بشكل كبير من وضوحية الصورة.

هناك أيضاً فوائد عديدة أخرى لضغط الثدي. إذ أنه عندما يتم استخدام ضغط الثدي فإن النسيج السليم سينتشر بسهولة أكبر مما تفعله الآفات أو الكتل. ونتيجة لذلك فإن ضغط الثدي يساعد على رؤية الكتل الحقيقية ويقلل من احتمال التحديد الخاطئ للآفات. أخيراً ، يساعد الضغط في **التقليل من حركة المريض ويكبت النبضات الشريانية** مما يساعد على تحسين حدة الصورة.

بسبب المزايا العديدة لاستخدام الضغط فإن جميع وحدات التصوير الشعاعي للثدي توفر كلتا طريقتي ضغط النسيج اليدوية وذات المحرك (الشكل رقم ٤٢). يتم البدء بالضغط ذي المحرك إما عن طريق دعاسة قدمية (footswitch) موجود في قاعدة القنطرة أو عن طريق مفتاح موجود على الذراع القوسي. يقوم التكنولوجي في التحضير للتعريض بوضع ثدي المريضة مباشرة على سطح البوكي ومن ثم ينزل مجذاف الضغط إلى الأسفل على الثدي إلى مستوى قوة ما قبل الضغط. بعد ذلك يضغط التكنولوجي الثدي يدوياً عن طريق تدوير قرص الضغط إلى أن يتم التوصل إلى الكمية المرغوب فيها من الضغط.

تتألف مجموعة الضغط من **محرك ضغط ، وناقل ضغط ، ومجذاف ضغط**. يحرك محرك الضغط ناقل الضغط (مع المجذاف) أعلى وأسفل الذراع القوسي عن طريق سلسلة أو حزام. وبمجرد الوصول إلى الموضع يمنع **كابح المحرك** أي تراجع في ناقل الضغط. أيضاً ، ومن أجل سلامة المريض ، فإن محرك الضغط يتضمن **مجموعة فصل حركة (كلاتش)** مصممة لمنع الضغط الزائد أثناء الضغط اليدوي.

إن قوة الضغط المسبق ذات المحرك قابلة للضبط في المجال من ١٥ إلى ٣٠ رطل للقوة. ومن أجل الضغط اليدوي فإن فاصل الضغط سوف يفصل محرك الضغط عندما يتم الوصول إلى حد أقصى للضغط يبلغ عادة خمسة وستين رطلاً. يوفر معظم وحدات التصوير الشعاعي للثدي وسيلة للإشارة إلى **ارتفاع الضغط وقوة الضغط**

المستخدم أثناء التعريض ؛ لأن هذه القيم حاسمة في تحليل الصورة. يتضمن أحدث التصاميم **تحرير آلي للضغط**. يتراجع هنا مجذاف الضغط تلقائياً بمجرد ما يتم الانتهاء من التعريض مما يساعد في راحة المريض.

ينبغي لمجذاف الضغط تلبية توجيهات معينة. يجب على كل مجذاف أن يلائم الحجم الدقيق للبوكي المستخدم. وبما أنه يتم تبديل المجاذيف بشكل متكرر على مدى اليوم، لذلك ينبغي أن تكون مصممة لإزالة واستبدال سريعين من دون مجهود. والأهم من ذلك أنه ينبغي أن تكون المجاذيف قوية بما فيه الكفاية لتحمل قوة لا يستهان بها، إلا أنها يجب ألا تغير من حزمة الأشعة السينية بأي شكل من الأشكال. وبناء على ذلك فإن معظم ا المجاذيف مصنوعة من الأكريليك. يمكن لمجاذيف الضغط هذه مع العناية الملائمة أن تدوم لعدد من السنوات. إلا أن الضغط الزائد المتكرر المطبق على الفانتوم (أثناء اختبار مراقبة الجودة) سوف يتسبب في فشل سابق لأوانه تتم الإشارة إليه عادة بتشكل شقوق على طول ضلع القفص الصدري.

**مستقبل الصورة**

تشابه مجموعة مستقبل الصورة المستخدمة في التصوير الشعاعي للثدي في الوظيفة تلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام إلا أنه تم تعديلها للتصوير الشعاعي للثدي. يتضمن مستقبل الصور: **نظام شبكة الأشعة السينية، وماسك كاسيت الفيلم، ودارة التحكم الآلي بالتعريض (AEC)**. إضافة إلى ذلك تشكل **طاولة التكبير** جزءاً لا يتجزأ من جميع وحدات التصوير الشعاعي للثدي.

وكما ذُكر سابقاً في هذا الفصل فإن أنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة مثبتان مادياً إلى الذراع القوسي عند SID ثابتة. المستقبل أو البوكي مثبت إلى الطرف السفلي أو القدمي للذراع القوسي مما يوفرسطحاً صلباً لوضع الثدي عليه. يجب أن يكون سطح البوكي صلباً وخالياً من العيوب التي يمكن أن تسبب تشويهات صنعية على الصورة. هناك حجمان شائعان للبوكي يُستخدمان في التصوير الشعاعي للثدي : ١٨ × ٢٤ سم (٨ × ١٠ إنش) و ٢٤ × ٣٠ سم (١٠ × ١٢ إنش). الاسم الشائع للبوكي ذي القياس ١٨ × ٢٤ سم هو **البوكي الصغير** ويُستخدم بداية إن أمكن. يستخدم البوكي الصغير حجم حقل صغيراً مما يقلل من كمية الاشعاع التبعثري. أما **البوكي الكبير** فيُستخدم للأثداء الكبيرة التي لا يمكن تصويرها بالكامل على بوكي صغير.

وبشكل مماثل للمستقبل المستخدم في أجهزة التصوير الشعاعي العام فإن البوكي يؤوي شبكة الأشعة السينية و آلية تحريك الشبكة. وكما في جميع أجهزة البوكي فإن شبكة الأشعة السينية تتحرك بشكل مستمر أثناء التعريض بحيث أن الصورة على الفيلم تكون خالية من خطوط الشبكة. يُستخدم للتصوير الشعاعي للثدي شبكتان خاصتان لتحسين جودة الصورة: **الشبكات الخطية *(linear grids)*** و**الشبكات الخلوية *(cellular grids)***. تُستخدم الشبكات الخطية بشكل شائع أكثر من قبل الشركات المصنِّعة للأجهزة. ونظراً لخصائص الامتصاص لنسيج الثدي وللزيادة في

جرعة الإشعاع المرتبطة بنسب شبكة أعلى فإنه ينبغي أن يكون للشبكات الخطية دائماً نسبة شبكة منخفضة. وبالتالي فإنه يتم استخدام نسب شبكة ٤ : ١ أو ٥ : ١ (خطوط لكل بوصة) بشكل شائع في وحدات التصوير الشعاعي للثدي . أما الشبكات الخلوية التي هي أيضا فعالة جداً في التقليل من الإشعاع التبعثري في الكيلو فولتات المنخفضة جداً، فإنه يتم استخدامها حالياً من قبل اثنين فقط من مُصنّعي الأجهزة.

تتضمن مجموعة البوكي أيضاً ماسك كاسيت الفيلم. يتم وضع كاسيت فيلم محمَّل بفيلم جديد (أي غير معرَّض) في فتحة تقع في البوكي تحضيراً للتعريض. وفي العادة فإن مزلاجاً (latch) ميكانيكياً يقوم بمركزة كاسيت الفيلم ضمن حقل الإشعاع ويثبته في مكانه. تتم إزالة الكاسيت بمجرد حدوث التعريض عن طريق الضغط يدوياً على إعتاق المزلاج.

أخيراً، تحتوي طاولة البوكي على كاشف الـ AEC (التحكم الآلي بالتعريض) وهو عبارة عن جهاز تحسس خروج يتحسس للإشعاع الذي يمر عبر الثدي والشبكة وكاسيت الفيلم. بمجرد وصول كمية معايَرة من الإشعاع إلى الكاشف فإنه يقوم بتوليد إشارة إيقاف التعريض المستخدمة لإنهاء التعريض. الكاشف قابل للحركة بحيث يستطيع التكنولوجي وضعه مباشرة تحت ذلك الجزء من الثدي الذي يحقق الكثافة الأفضل للصورة. إن موضعة هذه الخلية الضوئية أمر حيوي للحصول على صور جيدة. إن الموضعة غير الصحيحة غالباً ما تكون سبباً لمشاكل في كثافة الصورة.

**منصة التحكم بالأشعة السينية The X-ray Control Console**

تقع منصة التحكم بالأشعة السينية لوحدة التصوير الشعاعي للثدي في الغالب في زاوية غرفة الأشعة السينية، إلا أنها يمكن أيضاً أن تكون مثبتة مباشرة على القنطرة. وفي كلتا الحالتين فإنه يتم تأمين التحكم من وراء حاجز رصاصي يحمي المشغل من التعرض للإشعاع. إن التحكم بالأشعة السينية مماثل في تصميمه لجميع وحدات التحكم بالأشعة السينية الأخرى وهو يتيح للمشغل اختيار تقنية التعريض للأشعة السينية (مثل الكيلو فولت والميلي أمبير والزمن)، ونمط التشغيل (مثل يدوي مقابل آلي)، ونوع المرشح (مثل المولبيدينوم أو الروديوم)، والشروع في تتابع التعريض.

يتم إضافة إلى ذلك إدخال كافة بيانات المريض عن طريق لوحة مفاتيح منصة التحكم ويمكن تحميلها في وقت لاحق إلى القرص الصلب للمنصة، أو يمكن تخزين البيانات على قرص مرن. يتم تسجيل المعلومات أيضاً على بطاقة الفيلم بحيث أن كل فيلم يحتوي على: اسم المريض، وتقنية التعريض، ومعلومات إضافية مثل ارتفاع وقوة الضغط. يتم وضع بطاقة على جميع الأفلام لتوفير حفظ سجل دقيق وهو متطلب آخر للـ MQSA.

## فيلم الأشعة السينية وكاسيتات الأفلام وتحميض الفيلم
## X-Ray Film, Film Cassettes, and Film Processing

يختلف فيلم الأشعة السينية المستخدم في التصوير الشعاعي للثدي في عدد من الطرق عن الفيلم المستخدم في التصوير الشعاعي العام. يكمن الفرق الرئيسي بين هذين النوعين من الأفلام في الطبقة الحساسة للفيلم. وفي حين يُستخدم في التصوير الشعاعي العام فيلماً مزدوج الطبقة الحساسة (أي طبقة حساسة على كلا جانبي الفيلم)، فإن التصوير الشعاعي للثدي يتطلب استخدام **فيلم أحادي الطبقة الحساسة**. إن الفيلم ذا الطبقة الحساسة المزدوجة (المستخدم مع شاشات مزدوجة) فعال جداً للتصوير الشعاعي العام ولكنه لا يعطي صورة حادة بما يكفي لجعل التكلسات الصغرى داخل الثدي مرئية. ولذلك فإن جميع تصاميم التصوير الشعاعي للثدي تستخدم فيلماً وحيد الطبقة الحساسة.

يجب أيضاً استخدام الفيلم وحيد الطبقة الحساسة مع كاسيت فيلم يحتوي على **شاشة تركيز مفردة**. ومن أجل إنتاج الصورة الأكثر حدة فإن الجانب الحساس من الفيلم أحادي الطبقة الحساسة يجب أن يكون على **اتصال مباشر** مع **شاشة التركيز** المفردة. إضافة إلى ذلك فإنه يتم استخدام ترتيبة **شاشة خلفية** فقط، فمع ترتيبة الشاشة الخلفية يمر الإشعاع عبر الفيلم إلى الشاشة الموجودة خلف الفيلم. تضمن هذه الترتيبة أن تقطع الشدة الأكبر للضوء الذي يخرج من سطح الشاشة أقصر مسافة ممكنة ليعرِّض الفيلم، وبهذا يتم التوصل إلى الصورة ذات الوضوحية العالية.

وكما هو الحال مع التصوير الشعاعي العام فإن التركيبة الصحيحة للفيلم/ الشاشة مطلوبة للحصول على الصور ذات الجودة الأفضل. يجب أن يعطي الفيلم المستخدم في التصوير الشعاعي للثدي التباين الأعلى الممكن على مدى مجالات الكثافة التي تنتج الرؤية الأفضل للنسيج. إن مجال الكثافة المثلى للتصوير الشعاعي للثدي هو (0.6 D) إلى (2.2 D) (2.8 D مع بقعة ضوء ساطعة).

بعد أن يكون قد تم تعريض مجموعة من الأفلام أثناء فحص الثدي بالتصوير الشعاعي فإن التكنولوجي يرسلها إلى الغرفة المظلمة للتحميض. ومرة أخرى فإن متطلبات تحميض الفيلم مختلفة تماماً عن تلك المستخدمة في التصوير الشعاعي العام. وكقاعدة عامة فإنه ينبغي استخدام جهاز تحميض فيلم **مخصص** للتصوير الشعاعي للثدي. إضافة إلى ذلك فإنه يجب أن تكون أجهزة التحميض تعمل بشكل فعال طوال اليوم لضمان الاستقرار. يجب في العادة تمرير حد أدنى موصى به من عدد الأفلام (مثل ٢٠ فيلماً في اليوم) خلال جهاز التحميض لضمان أنه يتم تدوير مواد كيميائية جديدة في جميع أنحاء جهاز التحميض.

وبما أن عدداً غير محدد من العوامل (البارامترات) يمكن أن يتأثر بأداء جهاز تحميض الفيلم فإنه يتم تطبيق معايير صارمة لمراقبة الجودة هنا أيضاً. يُنصح أن يتبع مركز التصوير توجيهات الشركة المصنعة للفيلم من أجل مراقبة الجودة مما يتطلب من التكنولوجي تسجيل قراءات الفانتوم بشكل روتيني وكذلك تشغيل شرائط قياس الحساسية.

## شروط المشاهدة
## Viewing Conditions

إن الشروط البيئية لغرفة قراءة الفيلم المهمة للتصوير الشعاعي العام حاسمة في التصوير الشعاعي للثدي . إن الشروط المثالية أساسية بشكل مطلق من أجل التشخيصات الصحيحة للصور الشعاعية للثدي. وبناء على ذلك فقد تم وضع توجيهات صارمة ومحددة لضمان وجود ظروف مشاهدة مثلى في كل مركز للتصوير الشعاعي للثدي. يكمن الهدف النهائي في الحصول على بيئات متطابقة في جميع غرف المشاهدة بحيث إن الفيلم الذي تتم مشاهدته في منشأة ما سوف يبدو نفسه عند "قراءته" في مركز تصوير مختلف.

وكما في التصوير الشعاعي العام فإن الخرج الضوئي لصندوق المشاهدة يجب أن يكون ذا لون وكثافة محددين. إلا أن الخرج الضوئي الضروري للمشاهدة أعلى بكثير (٢٠٠٠- ٣٠٠٠ شمعة/المتر المربع مقابل ١٤٠٠ شمعة/المتر المربع من أجل التصوير الشعاعي العام). يجب تنظيف وتفقد صناديق المشاهدة على أساس روتيني. ينبغي لطبيب الأشعة عند قراءة الأفلام أن يغطي المنطقة التي حول الفيلم مباشرة للمساعدة في تشخيص دقيق للصورة. علاوة على ذلك، يجب أن يكون هناك بقعة ضوء ساطعة متاحة في غرفة قراءة الأفلام. إن الخرج ذا الشدة العالية لبقعة الضوء (٢٠٠٠٠ شمعة/المتر المربع) يساعد في رؤية التفاصيل الدقيقة في مناطق التعرض العالي (حد أقصى للكثافة : 2.8 D إلى 3.0 D). ينبغي استخدام عدسة مكبرة بتكبير مرتين على الأقل (من متطلبات الـ MQSA) أثناء تقييم الفيلم.

## تركيب أجهزة التصوير الشعاعي للثدي
## Installation of Mammography Equipment

إن تركيب وحدة التصوير الشعاعي للثدي أكثر بساطة بكثير من تركيب جهاز تصوير شعاعي عام. يلغي التصميم المستقل (stand-alone) تمديدات الكابلات المعقدة ومعظم إجراءات المحاذاة اللازمة في التصوير الشعاعي العام. يحدد القائم بالتجميع من أجل التركيب مكان الوحدة داخل غرفة فحص الثدي بالتصوير الشعاعي كما هو محدد بمخطط الغرفة ويثبتها إلى الأرض. يتم توصيل خط تغذية بالكهرباء مخصص ونظيف مباشرة إلى دارات الطاقة في القنطرة وكبلين أو أكثر من كابلات الربط الممتدة بين القنطرة ومنصة التحكم.

يتم اليوم معايرة معظم الوحدات في المصنع من أجل أنبوب الأشعة السينية الخاص المركّب في الوحدة. وفي العادة فإن اختباراً وظيفياً هو كل المطلوب للتحقق من التشغيل الصحيح وضمان أن الوحدة لم تتضرر بأي شكل من الأشكال أثناء الشحن. ينبغي لمهندس الخدمة مع ذلك التحقق دائماً من جميع المعايرات وخاصة معايرة الميلي أمبير وضبوطات الضغط. وفيما عدا ذلك فإن الجزء الأكبر من إجراءات المعايرة يتكون من إعداد ومعايرة نظام التعريض الآلي (أنظر أدناه).

## ضمان الجودة في التصوير الشعاعي للثدي
## Quality Assurance in Mammography

إن من المهم قبل الشروع في المعايرات أن نفهم مصدر معايير المعايرة (مواصفاتها القياسية). ينظم "قانون معايير جودة التصوير الشعاعي للثدي" (MQSA) جميع جوانب التصوير الشعاعي للثدي في الولايات المتحدة. يضع الـ MQSA توجيهات من أجل جميع جوانب التصوير الشعاعي للثدي بما في ذلك معايير لأجهزة إنتاج الإشعاع والأفلام وتحميض الأفلام وشروط المشاهدة في غرفة القراءة وحتى لحفظ سجلات المرضى. لقد تم وضع هذه التوجيهات، المفروضة من قبل "إدارة الغذاء والدواء (FDA)"، لكي تساعد في ضمان حصول المرضى على رعاية ذات جودة ثابتة في جميع مراكز التصوير الشعاعي للثدي في جميع أنحاء البلاد.

يجب أن تكون كل منشأة للتصوير الشعاعي للثدي مُعتَمدة من قبل الكلية الأمريكية للطب الشعاعي (ACR) لكي تعمل بصورة قانونية. تقوم الـ ACR بتكليف من الـ FDA بوضع المعايير والممارسات التي يتعين اتباعها بدقة. يجب على كل مركز للتصوير الشعاعي للثدي أن يقوم بإجراءات **ضمان الجودة (QA)** بانتظام على جميع مكونات نظام التصوير الشعاعي للثدي . يجب بشكل خاص التحقق من نظافة الغرفة المظلمة يوميًّا كما يتعين القيام بضبط جودة جهاز تحميض الفيلم على أساس يومي. يجب تقييم صور الفانتوم كل أسبوع للتأكد من العمل الصحيح للجهاز. إضافة إلى ذلك، يجب تنظيف كاسيتات الأفلام واختبارها ويتم التحقق من شروط المشاهدة على أساس أسبوعي.

يتم التحقق من وحدات التصوير الشعاعي للثدي أسبوعياً عن طريق استخدام فانتوم تصوير ثدي خاص. يجب أن يكون الفانتوم المستخدم للتصوير الشعاعي للثدي مُعتَمَداً من قبل الـ ACR. يحتوي الفانتوم النموذجي المعتمد من قبل الـ ACR والمصنوع من الأكريليك على حشوة من الشمع مع ألياف وبقع وكتل. يجب أن يحاكي الفانتوم ثدياً مضغوطاً من ٤.٢ سم وأن تكشف صورة الفانتوم عما لا يقل عن أربعة ألياف وثلاث كتل وأربع بقع. يمكن العثور على توجيهات الـ MQSA/ACR فيما يتعلق بالفانتومات في كل مرفق وهي متاحة على الإنترنت.

يحدد الـ MQSA أيضاً معايرات الأجهزة. يجب على مهندس الخدمة عندما يتم تركيب جهاز جديد أن يتبع التوجيهات الموضوعة من أجل دقة المعايرة. يجب بمجرد تركيب وحدة التصوير الشعاعي للثدي أن يتم اختبارها بشكل دقيق من قبل فيزيائي إشعاع لضمان أن جميع التوجيهات والمعايير مستوفاة.

## الصيانة الوقائية والمعايرة
## Preventive Maintenance and Calibration

تتم معايرة وحدات التصوير الشعاعي للثدي لتلبية جميع مواصفات الشركة الصانعة التي يجب أن تتوافق أيضاً مع توجيهات الـ MQSA. ينبغي فحص ومعايرة أنظمة التصوير الشعاعي للثدي مرتين على الأقل في السنة. يستطيع مهندس الخدمة عند تخديم جهاز أن يتبع التوجيهات العامة للصيانة الوقائية والمعايرة المستخدمة لأجهزة التصوير الشعاعي. ينبغي لمهندس الخدمة بشكل خاص تنظيف وتفحص جميع المجموعات الميكانيكية والتحقق من التشغيل الصحيح. يمكن أيضاً معايرة مولد الأشعة السينية باستخدام المبادئ المذكورة سابقاً في هذا الكتاب.

يجب بالإضافة إلى ذلك معايرة مجموعة الضغط لتحقيق قوى ضغط آمنة وفعالة ولإظهار ارتفاع الضغط الصحيح. تشابه معايرات محدد الساحة تلك الموجودة في الأشعة العامة، إلا أنها أكثر تعقيداً بقليل بسبب التسامحات الحرجة المطلوبة في التصوير الشعاعي للثدي.

أخيراً، يجب التحقق من دارات التعريض الآلي ومعايرتها. إن هذا في التصوير الشعاعي للثدي عادة ما يكون الضبط الأكثر أهمية والأكثر استهلاكاً للوقت. يقوم المهندس أثناء معايرة الـ AEC بأخذ تعريضات باستخدام سماكات متفاوتة للأكريليك ومن ثم يقوم بعمليات الضبط بحيث تكون الكثافات منتظمة على كامل مجال السماكات (أي ٢ سم إلى ٨ سم من الأكريليك). يجب، من أجل التصوير الشعاعي للثدي، أن تعمل دارة الـ AEC على مدى كامل مجال الكيلو فولت بما لا يزيد عن ±٠,٣ كثافة (±٠,١٥ كثافة للبوكي الصغير). ينبغي للمهندس أن يولي عناية كبيرة أثناء هذه المعايرة؛ لأنها سوف تؤثر في النهاية على جودة الصور النهائية.

## الأعطال في وحدات التصوير الشعاعي للثدي
## Failures with Mammography Units

تتعطل أجهزة التصوير الشعاعي للثدي بطرق مشابهة لأجهزة التصوير الشعاعي العام وبنفس التواتر. يكمن الفرق في خدمة أجهزة التصوير الشعاعي للثدي في نهج تقديم الخدمة. إن الغرض الرئيسي من إجراء فحص التصوير الشعاعي للثدي هو الكشف عن السرطان. غالباً ما يكون المرضى الذين يأتون للفحص قلقين ومهمومين

ومرعوبين، وعلى أقل تقدير غير مرتاحين. ينبغي لمهني الخدمة أن يكون واعياً للطبيعة الحساسة لخدمة التصوير الشعاعي للثدي، وينبغي أن يستخدم دائماً الحذر عندما يكون في طلبات خدمة.

إن التسجيل في منطقة الاستقبال ومن ثم البقاء في منطقة الانتظار المحددة حتى يتم إعطاء الإذن بالدخول إلى جناح التصوير الشعاعي للثدي هو من الممارسات الجيدة عند الوصول لإجراء خدمة. ينبغي لأدوات الخدمة وأجهزة الاختبار الخاصة بالمهندس أن تبقى خارج مركز التصوير أيضاً، لأن وجودها قد يشكل إرباكاً للمرضى. وكما هو الحال دائماً فإن المظهر المهني واللطف العام يساعدان كثيراً.

يمكن للمهندس عند تخديم أجهزة التصوير الشعاعي للثدي استخدام ممارسات تحديد وإزالة الأعطال التي تم توضيحها سابقاً في هذا الكتاب. وفي الحقيقة فإن الخبرة في خدمة التصوير الشعاعي العام تُعتبر ميزة كبيرة عند التعامل مع مواضيع الخدمة الخاصة بالتصوير الشعاعي للثدي. يحدث كثير من الأعطال في المجموعات الميكانيكية كالأقفال الكهرومغناطيسية والمحركات ومفاتيح التحكم وغيرها من مكونات الأشعة السينية المشتركة. يمكن تصحيح الأعطال في هذه المناطق باستخدام مهارات الإصلاح العامة. سوف يتم التركيز فيما يلي أدناه على الأعطال التي تنفرد بها أجهزة التصوير الشعاعي للثدي مع شرح السبل لعزل أسبابها.

وحسب خبرة المؤلف فإن معظم الأعطال الميكانيكية في وحدات التصوير الشعاعي للثدي يحدث عادة في منطقتين: مجموعة محرك الضغط ومستقبل الصورة. تميل المكونات الرئيسية **لمحرك الضغط** إلى التعطل مع الزمن، نظراً لحجم القوة المستخدمة أثناء الضغط. وتحديداً فإن سلاسل التحريك تنهار والمسننات (التروس) تتآكل ويتعطل فاصل الحركة والمحرك في نهاية المطاف. إن مجذاف الضغط الذي تتم إزالته ومن ثم إعادته إلى مكانه في كل حالة يتطلب إصلاحاً أو استبدالاً بعد فترة من الزمن. وأيضاً، إذا ما تم تطبيق ضغط زائد بشكل متكرر في اختبار الفانتوم فإن شقوقاً ستتشكل في المجذاف مما يتسبب في تشويشات صنعية للفيلم.

يتلقى **مستقبل الصورة** في وحدات التصوير الشعاعي للثدي قدراً كبيراً من سوء المعاملة لأنه يتم تغيير أجهزة البوكي بشكل متكرر خلال اليوم. والحقيقة هي أن أجهزة البوكي ثقيلة إلى حد ما (تزن ٥- ٨ رطل) وغالباً ما يتم إسقاطها أو إساءة التعامل معها خلال اليوم. عندما يتضرر البوكي فإن الشكوى الأكثر شيوعاً هي ظهور خطوط شبكة على صورة الثدي وهي علامة أكيدة على فقدان حركة الشبكة. بوجود خطوط الشبكة فإن الشبكة تكون إما قد قفزت عن مسارها بعد إسقاطها أو أن محرك الشبكة قد تعطل. يمكن في معظم الحالات إصلاح أجهزة البوكي الخطية ميدانياً مما يساعد على تقليل فترة توقف الجهاز. إلا أن معظم الشركات المصنعة لا تنصح بالإصلاح الميداني لأنظمة الشبكة الخلوية نظراً لتصميمها المعقد. وبدلاً من ذلك فإنه يتم التعامل مع الخدمة على أساس برنامج إصلاح/ تبديل يضمن جودة الإصلاح ويساعد أيضا على تقليل فترة توقف الجهاز.

وحتى الآن فإن غالبية طلبات خدمة التصوير الشعاعي للثدي تتعلق بفقدان جودة الصورة؛ والأكثر شيوعا من هذه الطلبات يتناول تحديداً مشاكل الكثافة. وعموماً فإن التكنولوجي يلاحظ وجود تغيير في الكثافة على تعرض الفانتوم الذي تم أخذه في صباح يوم معين ويطلب الخدمة. وبما أن مولدات الأشعة السينية ذات التردد العالي ذات موثوقية عالية فإن التغير في الكثافة غالباً ما يكون نتيجة لتغير في تحميض الفيلم أو تغيير مجموعة الأفلام المستخدمة. وعندما يجيب المهندس (عبر الهاتف) على طلب خدمة فينبغي أن يحاول استبعاد هذه (أي تحميض الفيلم ومجموعة الأفلام) كأسباب لمشكلة كثافة الصورة. إن الطريقة الأفضل لعزل مشكلة كثافة تم العثور عليها في تعريض فانتوم هو أن يتم أولاً تحديد ما إذا كان مؤشر الميلي أمبير ثانية (mAs) صحيحاً أم لا (أي أنه يطابق القيمة المذكورة على بيانات مراقبة الجودة الأسبوعية). ينبغي ثانياً أن يبقى مؤشر الـ mAs ثابتاً من أجل كل تعريض فانتوم. فإذا كان الـ mAs ثابتاً ولكن كثافة الصورة تتغير، فإن مهندس الخدمة يمكن أن يستبعد بثقة وحدة الأشعة السينية كسبب وأن يبدأ البحث في مكان آخر عن المشكلة. إن تغيّراً أو تذبذباً في الـ mAs يشير إلى حاجة دارات الـ AEC إلى المعايرة.

الحقيقة أن معظم طلبات الخدمة ذات صلة بمواضيع الكثافة. ومع وجود متغيرات كثيرة يمكن أن تسبب مشكلة الكثافة مثل جهاز التحميض والفيلم والغرفة المظلمة واختلافات غرفة القراءة فإنه ينبغي للمهندس أن يقوم أولاً بفحص دقيق شامل لكامل بيئة التصوير الشعاعي للثدي . لا بد من التذكير هنا بعدم إجراء أية تغييرات حتى يتم العثور على سبب تأرجح الكثافة. ينبغي التعامل مع مشاكل تشويهات الأفلام بشكل مشابه. وهنا مرة أخرى يجب استبعاد البيئة بالكامل أولاً قبل أن يبدأ المهندس بتفكيك وحدة التصوير الشعاعي للثدي وتحديد وإزالة أعطالها.

تنشأ طلبات الخدمة في كثير من الأحيان عن عدم قيام فيزيائي الإشعاع بالفحص. يقوم فيزيائي الإشعاع بعمليات فحص روتينية تختبر بشكل شامل كل وظيفة من وظائف وحدة التصوير الشعاعي للثدي . يتم العثور على الأخطاء الصغيرة في محاذاة الحقل الضوئي أو تتبع كثافة الـ AEC في أثناء هذه الاختبارات المنهجية. وعلى الرغم من أن كثيراً من هذه الأخطاء لا يؤثر بشكل حاسم على جودة الصورة، إلا أنها مع ذلك يمكن أن تسبب زيادة في التعريض للمريض، وبالتالي لا بد من التصدي لها. يستجيب المهندس لهذا النوع من طلبات الخدمة بأن يطلب أولاً نسخة من تقرير الفيزيائي بحيث يعرف بالضبط أين يجب أن يركز في عمليات ضبط المعايرة.

ينبغي للمهندس بمجرد انتهاء الخدمة على الوحدة، وقبل أن يغادر أن يقوم دائماً "بإطلاق" ("shoot") صورة فانتوم للتحقق من التشغيل السليم للنظام بأكمله. ينبغي ترك أفلام الاختبار في الموقع سوية مع تقرير الخدمة لتوثيق المعايرة.

## المُستقبَل: التصوير الشعاعي الرقمي للثدي
## The Future: Digital Mammography

يوفر التصوير الشعاعي الرقمي للثدي مزايا عديدة على التصوير الشعاعي التقليدي للثدي بواسطة الفيلم/الشاشة. فقبل كل شيء يتطلب التصوير الشعاعي الرقمي للثدي إشعاعاً أقل للحصول على الصور. أيضاً، يلغي المجال الديناميكي الأوسع للصور الرقمية من حيث المبدأ الحاجة إلى إعادة التصوير مما يقلل أيضاً من تعرض المريض. يتم في التصوير الرقمي تعويض التأرجحات الطفيفة في كثافات الصور عن طريق تغيير إعدادات النافذة والمستوى في التحكم. وعلاوة على ذلك فإن استخدام التعريض الرقمي المباشر يلغي جميع مشاكل التصوير الناجمة عن الأفلام غير المتسقة وشاشات التكثيف المعيبة وتغيرات الغرفة المظلمة وتحميض الفيلم. كما أنه يتم أيضاً التخلص من ارتفاع تكلفة شراء وحفظ هذه البنود المساعدة.

ثمة ميزة أخرى للتصوير الشعاعي الرقمي للثدي، وهي أن الصور تكون متاحة عادة في غضون ثوانٍ من التعريض مما يسمح للتكنولوجي بمشاهدة الصور بسرعة أكبر وتقصير زمن الفحص. ونتيجة لذلك فإنه يمكن فحص مرضى أكثر في يوم واحد بوحدة رقمية. يمكن بمجرد الحصول على الصور أرشفتها وإرسالها إلى مواقع بعيدة للتقييم والتخزين. أخيراً، يستخدم معظم الوحدات الرقمية نظام الكشف بمساعدة الحاسوب (CAD) لتحديد شذوذات الثدي. يقوم الكمبيوتر من خلال برنامج الـ CAD بتحليل الفيلم مشيراً إلى سرطانات محتملة ليفحصها طبيب الأشعة في وقت لاحق. يحصل كل فيلم بالمحصلة على قراءة "مزدوجة" مما يحسّن بشكل كبير الكشف عن سرطان الثدي.

إن أية عيوب (أي انخفاض وضوحية الصورة والتكلفة العالية) في الوحدات الرقمية الأولى قد تم القضاء على معظمها حتى تاريخ كتابة هذه السطور. تستطيع الوحدات الرقمية اليوم أن تنتج صوراً رقمية تفوق وضوحيتها تلك التي يتم الحصول عليها باستخدام أنظمة الفيلم/ الشاشة العادية. أيضاً، أصبحت الآن الشاشات عالية الدقة (١٠ أزواج خطوط أو أكثر) في متناول اليد ومتاحة بسهولة. يستخدم الكثير من المستشفيات حالياً أنظمة تصوير ثدي رقمية وقريباً سيتم القيام بمعظم الإجراءات على وحدات رقمية.