الفصل الحادي عشر

التصوير المقطعي
TOMOGRAPHY

نظرة عامة
Overview

إن العديد من التقنيات المُستخدمة في التصوير الشعاعي العام فعالة في الحصول على صور تشخيص عالية الجودة للتراكيب الداخلية للمرضى. يتم استخدام تقنيات التصوير الشعاعي العام عند تصوير عظام الأطراف أو لتصوير الرئتين، على سبيل المثال، عندما تكون البنية التشريحية المطلوبة غير محجوبة نسبياً. إلا أن هناك تراكيب معينة في جسم الإنسان لا يمكن تصويرها مباشرة لأنها مخفية جزئياً أو كلياً من قبل أعضاء تغطيها. قد تقع البنية المطلوبة أيضاً في منطقة داخل الجسم مُحاطة بأنسجة مماثلة. في هذه الحالات، فإن هناك حاجة إلى تقنيات تصوير شعاعي خاصة للحصول على صور للأعضاء المحجوبة.

إن الأعضاء التي يتضمنها الجهاز الهضمي، على سبيل المثال، مُحاطة بأنسجة ذات كثافة متشابهة ومن الصعب جداً تمييزها من خلال تقنيات التصوير الشعاعي العادي. إن بعض هذه الأعضاء مخفي أيضاً من قبل تراكيب أخرى داخل الجسم عند النظر إليها من المسقط الخلفي- الأمامي (AP). إن إحدى طرق تصوير هذه الأعضاء هي استخدام **مواد التباين** (contrast agents). عند إدخال مواد التباين إلى بنية مثل المعدة، فإنها تؤدي إلى إضاءة تلك البنية فقط على الصورة الشعاعية. ويتم استخدام مواد التباين بشكل شائع في عمليات التنظير التألقي وتصوير الأوعية للمساعدة في تشخيص التشوهات الهيكلية الموجودة في نظام الدورة الدموية والجهاز الهضمي.

ولكن من أجل عمليات التصوير الشعاعي العام، يمكن استخدام تقنية أخرى لتصوير التراكيب المخفية داخل الجسم. يكاد يكون من المستحيل، على سبيل المثال، الحصول على صور جيدة للكليتين باستخدام التقنيات التقليدية للتصوير الشعاعي بسبب وجود أعضاء تغطيها. تحجب أعضاء الجهاز الهضمي، في الإسقاط AP القياسي، مشاهدة الكليتين وسوف تكون هذه الأعضاء متراكبة على صورة الكليتين. وتتضمن الأمثلة الأخرى لتراكيب من الصعب تصويرها عن طريق التصوير الشعاعي العام عظم القص (عظم الصدر) (صورة AP)، الفقرات الصدرية (صورة جانبية)، والمرارة.

إن الحل الأسهل عند تصوير الأعضاء المحجوبة قد يكون في تكثيف (أو تركيز) حزمة الأشعة السينية فقط على ذلك العضو المعني. إذا كان بالإمكان تركيز حزمة الأشعة السينية على مستوى وحيد داخل الجسم تقع فيه البنية المطلوبة، فقد تكون الصورة الناتجة فقط لهذه البنية، بغض النظر عن الأعضاء المحيطة. ويتم تحقيق هذا التركيز الخاص على المستوى من خلال **التصوير المقطعي**.

إن التصوير المقطعي هو تطبيق متخصص للتصوير الشعاعي الذي يتم فيه تصوير مقطع أو "شريحة" للمريض (مقطع (tomo) هو الكلمة اليونانية لشريحة (slice)). إن التصوير الشعاعي المقطعي للجسم، الذي تم اختراعه في عشرينيات القرن العشرين، تم إتمامه في عام ١٩٢٩م من قبل Jean Kieffere، وهو أخصائي تكنولوجيا تصوير شعاعي يعمل في الولايات المتحدة. وعلى مر السنين، تم استخدام مصطلحات أخرى كثيرة لوصف تقنية التصوير الشعاعي المقطعي، بما في ذلك التصوير المستوي (planigraphy) ("مستوى")، والتصوير الطبقي (laminagraphy) ("طبقة")، والتصوير الطبقي (stratigraphy) ("طبقة")، إلا أن التصوير المقطعي هو المصطلح الأكثر شيوعاً اليوم. يسمح التصوير المقطعي في الواقع لأخصائي الأشعة بتصوير شريحة واحدة من البنية التشريحية في أي عمق واقع داخل جسم المريض.

التطبيق
Application

بعد أن كان التصوير المقطعي أداة تشخيص مفضلة للعديد من الدراسات، فإن للتصوير المقطعي التقليدي الحالي استخدامات محدودة. ومع ظهور وتحسين الـ CT (التصوير المقطعي المحوسب) (computed tomography)، فإن العديد من العمليات التي تم تنفيذها في الماضي باستخدام التصوير المقطعي التقليدي يجري تنفيذها حالياً بواسطة ماسحات الـ CT. في الواقع، فإن معظم المؤسسات الطبية الكبيرة تستخدم بانتظام ماسحات الـ CT لإجراء دراسات مقطعية. يقتصر التصوير المقطعي التقليدي الحالي على بعض الأنواع المحددة فقط من الدراسات. يتضمن الاستخدام الأساسي لوحدات التصوير المقطعي دراسات الكليتين، خصوصاً الـ IVPs (التصوير البوابي بين الأوردة) (Inter-Venal Pyleography) ودراسات الـ KUBs (الكلية، والحالب، والمثانة). لا يزال يتم إجراء هذه العمليات بشكل روتيني، وتوفّر هذه العمليات وسيلة قيّمة لتشخيص وظائف الكليتين والمسالك البولية.

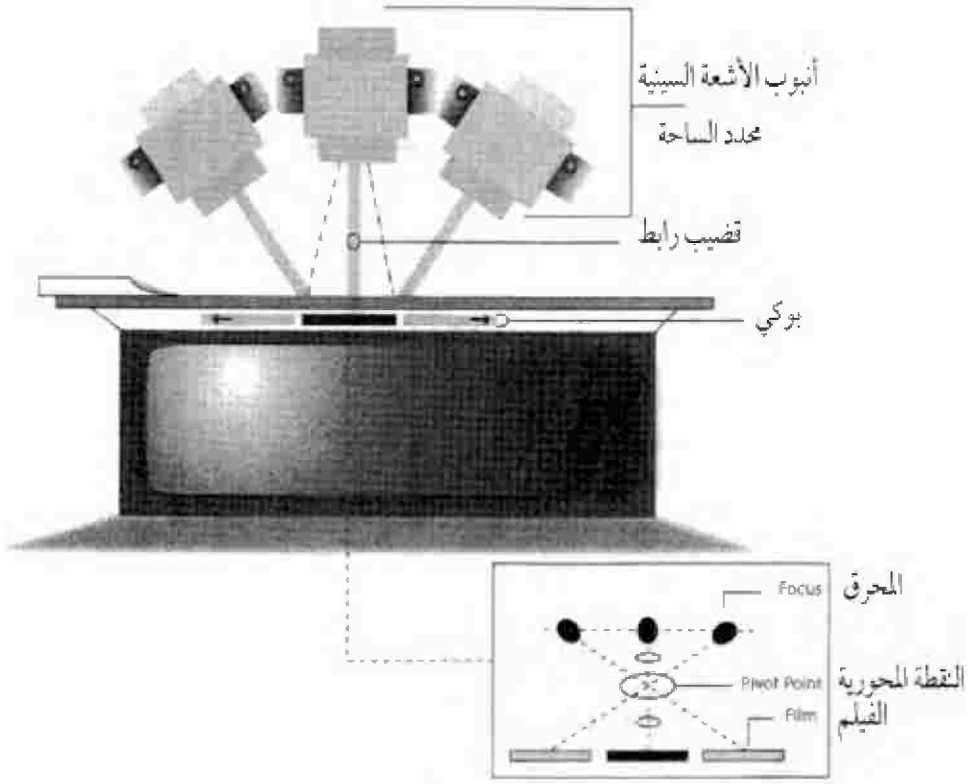
مبادئ التصوير المقطعي
Principles Of Tomography

إن الهدف الرئيسي من التصوير المقطعي هو الحفاظ على التركيز الدقيق لمقطع بنية تشريحية يقع على عمق واحد داخل المريض. يتم تحقيق هذا الهدف من خلال جعل التراكيب المحيطة بهذه البنية غير واضحة. ومن المفيد التفكير في التصوير الطبقي بتعابير معاكسة. بدلاً من "التركيز" على بنية تقع في مستو محدد، فإننا نجعل التراكيب المحيطة غير المرغوب فيها غير واضحة بحيث تظهر فقط البنية المطلوبة مُركّزة على الفيلم. في الواقع، يجعل التصوير المقطعي البنية التشريحية الواقعة فوق وتحت المستوى المطلوب غير واضحة، وبالتالي التأكيد على البنية المستهدفة بشكل خاص. يتم تحقيق تأثير عدم الوضوح من خلال استخدام الحركة.

كما هو الحال مع أي عملية تصوير شعاعي، ينبغي أن يظل المريض بدون حركة إلى حد معقول خلال التعريض للأشعة السينية بحيث يستطيع تكنولوجي التصوير الشعاعي الحصول على صورة مُركّزة تركيزاً شديداً. وينطبق ذلك على التصوير المقطعي أيضاً. لخلق تأثير عدم الوضوح، يتم تحريك أنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة. تحدث حركة الأنبوب/المستقبل أثناء التعريض بينما يستلقي المريض ساكناً تماماً على طاولة الأشعة السينية.

لقد تم على مر السنين استخدام عدة أنواع من حركة الأنبوب/المستقبل للحصول على أثر عدم الوضوح هذا، بما في ذلك الحركات الدائرية، والحركات العمودية، وحتى الحركات الحلزونية. إلا أن الطريقة المفضلة اليوم هي تلك التي يتحرك فيها أنبوب الأشعة السينية في خط مستقيم، موازياً لسطح الطاولة ومستقبل الفيلم. لقد ثبت أن هذا النوع الخاص من التصوير المقطعي، ويدعى **التصوير المقطعي مستقيم الخطوط** (rectilinear tomography)، أو ببساطة، **التصوير المقطعي الخطي** (linear tomography)، لقد ثبت أنه أكثر فعالية في إنتاج صور مقطعية نوعية. وعلاوة على ذلك، فإن وحدة التصوير المقطعي الخطي هي الأبسط من حيث التصميم والأرخص للمُصنِّع.

إن مبادئ التصوير المقطعي أكثر سهولة للفهم عندما يتم تصور مجموعة الأنبوب/المستقبل كنقطة ارتكاز تتحرك حول نقطة محورية (انظر الشكل رقم ٤١). إن الأنبوب والمستقبل (أي بوكي الطاولة) متصلان مادياً مع بعضهما، ويتمحوران حول نقطة مركزية تقع على طاولة التصوير المقطعي. إن طاولة التصوير المقطعي مُصمَّمة خصيصاً لتلائم هذه المجموعة المُعدَّلة للأنبوب/البوكي. في التصميم الأكثر بساطة، فإن أنبوب الأشعة السينية متصل ميكانيكياً بالمستقبل من خلال قضيب وصل معدني صلب. إن النقطة الواقعة في منتصف المسافة بين الفيلم وأنبوب الأشعة السينية تصبح **النقطة المحورية**، أو **نقطة الارتكاز**. عندما يتم تحريك أنبوب الأشعة السينية إلى اليمين (يتم النظر إليه من واجهة الطاولة) فإن البوكي يتحرك في الاتجاه المعاكس، وبنفس سرعة أنبوب الأشعة السينية.



الشكل رقم (٤١). طاولة التصوير المقطعي.

يجب على أنبوب الأشعة السينية والمستقبل، في التصوير المقطعي، التحرك في وقت واحد، وبنفس السرعة، وفي اتجاهين متعاكسين في حين يبقى شعاع الأشعة السينية مُركّزاً على مستقبل الصورة. وبما أن الإشعاع ينتقل في خطوط مستقيمة خلال الهواء، يمكن استخدام قضيب الوصل لتمثيل الجزء المركزي للحزمة الفعلية للأشعة السينية. ويمكن من المخطط (الشكل رقم ٤١)، ملاحظة أن الحزمة تبقى مُركّزة على الفيلم في جميع أنحاء المجال الكامل للحركة.

إن النقطة المحورية هي نقطة المحرق الدقيقة لحزمة الأشعة السينية. إن الأجسام الواقعة في نقطة الارتكاز فقط هي التي تلقي ظلالها على مركز الفيلم خلال عملية مسح التعريض بالتصوير المقطعي. إن التراكيب التي تقع مباشرة فوق أو تحت هذه النقطة المحرقية تكون غير واضحة بسبب الظلال التي تتحرك بسرعات مختلفة بالنسبة إلى سرعة ظل الجسم الواقع في المحرق. من النافذة التوضيحية المُدرجة في الشكل رقم (٤١)، فإنه من الواضح أن البنية الواقعة في أي نقطة فوق مستوى المحرق تلقي ظلاً يتحرك أسرع من ظل البنية الواقعة في مستوى المحرق؛ وظلال

التراكيب الواقعة تحت مستوى المحرق تتحرك بسرعة أبطأ (إن الخط المرسوم من محرق أنبوب الأشعة السينية خلال البنية العلوية أو السفلية يبيّن هذه الظاهرة). تظهر كل من البنية العلوية والسفلية غير واضحة على الفيلم.

يتم وضع النقطة المحورية، عند الدراسة بالتصوير المقطعي، في المستوى الذي تقع فيه البنية المطلوبة داخل الجسم. في هذه الطريقة، تظهر فقط تلك البنية المُركّزة على الفيلم حتى لو كانت محاطة بأنسجة مماثلة. يُشار إلى ذلك المستوى، الموازي لمستوى الفيلم، بأنه **مستوى الهدف** (objective plane). يمكن تحريك النقطة المحورية (أو المحرق) إلى الأعلى أو إلى الأسفل خلال أي مستوى هدف داخل جسم المريض. وعلى وجه التحديد، إذا كان المريض ممدداً على طاولة الأشعة السينية في وضعية الاستلقاء (على ظهره)، فإنه يمكن رفع النقطة المحورية إلى مستوى ارتفاع عظم القص، أو يمكن خفضها إلى مستوى العمود الفقري الواقع بضعة ملليمترات فقط فوق سطح الطاولة.

عند التحضير للصورة المقطعية، يجب على تكنولوجي التصوير الشعاعي أخذ متغيرين هامين في الاعتبار: **الموقع** الدقيق للبنية و**السماكة** المطلوبة للشريحة. أولاً، يتم أخذ قياس لتحديد الموقع الدقيق للمقطع المطلوب للبنية التي ينبغي تصويرها. يستخدم التكنولوجي هذا القياس لضبط **ارتفاع التصوير المقطعي**. إن ضبط ارتفاع التصوير المقطعي هو، في الواقع، ارتفاع نقطة الارتكاز والنقطة المحورية. يضبط التكنولوجي ارتفاع التصوير المقطعي بتحريك نقطة الارتكاز وفقاً لمسافة القياس. يتم الآن وضع النقطة المحورية بشكل دقيق في مستوى البنية التشريحية المطلوبة ولن تتحرك خلال التعريض. وفي طاولات التصوير المقطعي ذات التصميم الأولي التي لديها **نقطة ارتكاز ثابتة**، يتم نقل ارتفاع الطاولة إلى الأعلى أو الأسفل لضبط ارتفاع التصوير المقطعي.

عند ضبط ارتفاع التصوير المقطعي، يجب على التكنولوجي ضبط السماكة على سماكة مقطع البنية التشريحية المطلوبة للدراسة. إن **سماكة التصوير المقطعي**، المحددة من قبل أخصائي الأشعة، تختلف تبعاً لنوع الفحص. إن سماكة التصوير المقطعي هي، في الواقع، المنطقة ذات الحدة الأعظم داخل البنية التي يتم تصويرها. عند عرض صورة مقطعية، فإن الأجسام القريبة جداً من ضبط ارتفاع التصوير المقطعي (النقطة المحورية) ستظهر حادة نسبياً. وعند الابتعاد عن المحرق، فإن عدم وضوح الصورة يزداد تدريجياً إلى نقطة تصبح فيها البنية التشريحية غير واضحة بحيث تظهر "كضجيج" خلفي. يمكن ضبط سماكة التصوير المقطعي بحيث تظهر كامل البنية حادة على الفيلم، أو يمكن ضبط سماكة الشريحة لعرض مقطع رقيق مقداره بضعة ملليمترات.

وبتعابير معاكسة، فإن زيادة درجة عدم الوضوح للأنسجة الواقعة مباشرة فوق وتحت البنية المطلوبة يخلق أثراً لمقطع رقيق. وينجم عن خفض درجة عدم الوضوح بقاء مقطع سميك في المحرق. يتم التحكم بسماكة الشريحة عن طريق درجة عدم الوضوح الذي يتم إنشاؤه.

إن طريقة التحكم بسماكة المقطع هي تغيير المسافة التي ينتقلها أنبوب الأشعة السينية خلال حركة التصوير المقطعي. أساساً، **كلما كانت حركة أنبوب الأشعة السينية أكبر كلما تم تضخيم تأثير عدم الوضوح أكثر**. عندما يكون أنبوب الأشعة السينية بشكل مباشر فوق الرأس، على سبيل المثال، فإن محور الأنبوب/البوكي عمودي على الطاولة، أو عند درجة الصفر. في هذا الإعداد، الذي يُستخدم عادة في التصوير الشعاعي العام، يقترب المحرق من اللانهاية. ولكن خلال عملية مسح تصوير مقطعي، فإن مجموعة الأنبوب/البوكي تبدأ عند بعض النقاط باتجاه نهاية الرأس للطاولة، على سبيل المثال، وتتحرك مسافة متساوية من خلال نقطة الصفر إلى نقطة عند نهاية القدم للطاولة. وهذه هي الحركة التي تخلق أثر عدم الوضوح، ونستطيع التحكم بدقة في سماكة الشريحة من خلال التحكم في كمية الحركة.

ومن أجل الحفاظ على تركيز دقيق لحزمة الأشعة السينية على بنية معينة خلال عملية مسح تصوير مقطعي، فإنه يجب على أنبوب الأشعة السينية الدوران عند تحركه على طول مساره. بينما يتحرك أنبوب الأشعة السينية على طول الطاولة، فإنه يتم تدويره لكي يظل بمحاذاة البوكي. إن تحريك الأنبوب باتجاه نهاية الرأس للطاولة مسافة معينة يؤدي إلى تدوير أنبوب الأشعة السينية إلى الزاوية المتطابقة مع هذه المسافة، على سبيل المثال، - ٢٠ درجة. كما يؤدي تحريك أنبوب الأشعة السينية في الاتجاه المعاكس (باتجاه نهاية القدم للطاولة) نفس المسافة من درجة الصفر العمودية إلى تشكيل أنبوب الأشعة السينية مع المحور زاوية مقدارها +٢٠ درجة.

بدلاً من تعديل مسافة المسح في التصوير المقطعي، يتم ضبط سماكة التصوير المقطعي من خلال تعديل زاوية الأنبوب، أو **زاوية التصوير المقطعي**. وبالتالي، عند إعدادات زوايا التصوير المقطعي الكبيرة، فإن أنبوب الأشعة السينية يتحرك مسافة كبيرة، مما يؤدي إلى إنشاء صورة لمقطع رقيق من البنية التشريحية. وينجم عن إعدادات زوايا التصوير المقطعي الصغيرة حركة محدودة ومقاطع سميكة (انظر الملحق ج (G)).

على سبيل المثال، ابتداء من زاوية مقدارها (- ١) درجة، يجب على الأنبوب التحرك درجة واحدة من نهاية الرأس للطاولة ليعود إلى نقطة الصفر، بعد ذلك يجب عليه التحرك من خلال الصفر إلى (+١) درجة. إن الحركة الإجمالية هي درجتين. ونظراً لأن هذه الحركة في حدودها الدنيا، فإن معظم الأجسام في مسار الحزمة تكون مُركّزة بشدة، مشابهة من حيث المظهر التصوير الشعاعي العام. تؤدي إعدادات المسح بزوايا صغيرة مقدارها ١٠ درجة أو أقل إلى مقاطع سميكة نسبياً أو إلى تصوير **منطقة**. ويتم تسمية تقنية التصوير المقطعي التي تستخدم زوايا صغيرة **بالتصوير المناطقي** (zonography)، وهو أمر مفيد للغاية عندما تكون التراكيب المحجوبة بعيدة عن مستوى الهدف، أو عندما ينبغي تصوير كامل العضو (الكلية، على سبيل المثال).

عند تحريك نقطة البداية إلى ٢٠ درجة (نهاية الرأس)، يتحرك أنبوب الأشعة السينية الآن من – ٢٠ درجة من خلال الصفر إلى +٢٠ درجة مما ينتج عن ذلك مسح إجمالي مقداره ٤٠ درجة. تتحرك مجموعة الأنبوب/البوكي الآن مسافة كبيرة، مما يؤدى إلى درجة أكبر من عدم الوضوح. وعن طريق زيادة إعدادات زاوية التصوير المقطعي أبعد من ذلك إلى ٤٠ درجة، فإن الأنبوب يتحرك مسافة أكبر بكثير على طول الطاولة ليحقق مسحاً إجماليًا مقداره ٨٠ درجة، مما يسبب درجة قصوى من عدم الوضوح. في هذه الحالة، فإن مستوى رقيقاً جداً فقط قياسه بضعة ملليمترات يكون في المحرق على الفيلم.

وهكذا يسمح التصوير المقطعي الخطي بالتحكم بشكل كامل بعمق وسماكة الشريحة. في التصوير المقطعي، ليس هناك سوى بضع زوايا تصوير مقطعي قياسية ثبت أنها فعالة لمعظم الدراسات. وكقاعدة عامة، فإن وحدة التصوير المقطعي التقليدية توفّر إعدادات لزوايا تصوير مقطعي مقدارها ١٠ درجة، و ٢٠ درجة، و ٤٠ درجة.

هناك بارامتر آخر في التصوير المقطعي يجب أخذه أيضاً في الاعتبار وهو السرعة التي يتحرك بها الأنبوب خلال عملية مسح التصوير المقطعي. يتم ضبط سرعة التصوير المقطعي من قبل التكنولوجي لتلبية طلب كل مريض على حدة. توفّر كل وحدة تصوير مقطعي إعدادات **سرعة عالية وسرعة بطيئة** لحركة أنبوب الأشعة السينية/المستقبل. وغالباً ما يتم استخدام تقنيات التصوير المقطعي السريعة عندما يكون هناك حاجة إلى أزمنة تعريض قصيرة، مثل حالات تصوير الأطفال، أو عندما يعاني المريض الألم ولا يمكنه البقاء بلا حركة لفترات طويلة من الزمن. تساعد السرعة العالية في تقليل حركة المريض التي يمكن أن تؤدي إلى تقليل جودة الفيلم.

يتم استخدام سرعات مسح التصوير المقطعي البطيئة في ظل ظروف عديدة. بادئ ذي بدء، يتم تركيب العديد من الوحدات في غرف ذات مساحات محدودة. ونظراً للقوة الدافعة التي تنشأ خلال عملية مسح التصوير المقطعي، فإن الحركة السريعة تتطلب مسافة كبح أكبر لمجرد أن الأنبوب يستغرق وقتاً أطول للوصول إلى التوقف الكامل. ولذلك فإنه لا يمكن استخدام إلا السرعة البطيئة في غرف التصوير المقطعي ذات المساحة المحدودة. بالإضافة إلى ذلك، فإن هناك اهتزازاً أقل وحركة أكثر سلاسة عند السرعات البطيئة، مما يساعد في إنتاج فيلم ذي نوعية أفضل. ومن الناحية المثالية، ينبغي استخدام السرعة البطيئة كلما أمكن ذلك.

ولكن هناك عدداً قليلاً من القضايا المتعلقة بالصور التي تنتجها تقنيات التصوير المقطعي الخطي التي ينبغي ذكرها في هذا الوقت. يتم، في التصوير الشعاعي العام، وضع أنبوب الأشعة السينية مباشرة فوق العضو الذي ينبغي تصويره في مسقط AP/PA، ويبقى الأنبوب بلا حركة خلال التعريض. ينتج هذا الإعداد دائماً الصورة الأكثر حدة على الفيلم. بما أن مجموعة الأنبوب/البوكي في حركة ثابتة خلال تعريض التصوير المقطعي، فإن الصور الناتجة تكون مشوهة قليلاً وقد يظهر تخطيط طفيف على الفيلم. وعلاوة على ذلك، في بعض الحالات، يمكن أن تظهر

الصورة النهائية ممدودة في اتجاه حركة أنبوب. إن هذه الآثار التي تقلل من جودة الصورة هي نتيجة مباشرة لعملية التصوير المقطعي ولسوء الحظ لا يمكن تجنبها. يمكن أيضاً لصور التراكيب الأخرى داخل الجسم أن تظهر متراكبة على البنية المطلوبة، اعتماداً على قربها من تلك البنية. وغني عن القول، بأن هناك حاجة إلى عين ذات خبرة لقراءة الصورة المقطعية بشكل صحيح.

تجهيزات التصوير المقطعي
Tomographic Equipment

إن وحدة التصوير المقطعي هي، في جوهرها، وحدة تصوير شعاعي عام معدَّلة بشكل طفيف. إن التجهيزات في جناح التصوير المقطعي مماثلة لتلك الموجودة في غرفة التصوير الشعاعي العام مع استثناءات مهمة موجودة في ثلاثة مجالات هي: طاولة الأشعة السينية، ودعم الأنبوب، ومولد الأشعة السينية.

طاولة التصوير المقطعي The Tomographic Table

كما تمت المناقشة في الفصل الرابع، فإن طاولة التصوير الشعاعي هي طاولة متخصصة تساعد في تصوير المريض. بالإضافة إلى الأجهزة الميكانيكية القياسية الموجودة في جميع طاولات التصوير الشعاعي، فإنه يجب على طاولة التصوير المقطعي أن تتضمن وسائل ميكانيكية لتوصيل أنبوب الأشعة السينية إلى مستقبل الصورة. يضمن هذا الوصل المادي أن أنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة يتحركان في وقت واحد وبنفس السرعة. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب طاولات التصوير المقطعي وسيلة كهروميكانيكية أيضاً للتحكم بحركات دقيقة لمجموعة الأنبوب/المستقبل. هناك حاجة إلى مجموعة قيادة محرك، بالإضافة إلى الدارات الإلكترونية المرافقة للتحكم بحركة الأنبوب/المستقبل.

يتم، في معظم الحالات، توصيل أنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة (عادة بوكي الطاولة) فعلياً عن طريق إما عمود صلب، أو عن طريق **قضيب توصيل** بسيط. يُفضل في كثير من الأحيان استخدام قضيب التوصيل لأنه قابل للإزالة، مما يسمح باستخدام التجهيزات للدراسات العامة. وهناك العديد من موديلات قضبان التوصيل قيد الاستخدام حالياً. ومع ذلك يتم، في التصميم الأكثر بساطة، ربط الأنبوب والمستقبل معاً بقضيب أو عصا من الفولاذ. يتم في هذا التصميم توصيل القضيب إلى الطاولة وأنبوب الأشعة السينية قبل الصورة المقطعية ومن ثم يمكن إزالته وتخزينه داخل غرفة الأشعة السينية لدراسات التصوير الشعاعي العام. تسمح بعض تصاميم التجهيزات للقضيب بأن يبقى موصولاً بصورة دائمة مع مجموعة أنبوب الأشعة السينية. في هذه الحالة، يتم فصل القضيب من أجل الاستخدام العام.

يربط قضيب التوصيل بوكي الطاولة مع دعم الأنبوب الذي هو عبارة عن دعامة أنبوب (tubestand) أو رافعة أنبوب (tubecrane) علوية. عادة ما يتم تثبيت قضيب التوصيل في مكانه إما من خلال رجل نابض، أو زر إقفال. يجب على دعم الأنبوب أن يتضمن وسائل تحسس للربط مع الطاولة، والدارات الإضافية التي تفصل أقفال أنبوب الأشعة السينية الكهرومغناطيسية الجانبية والدورانية عندما يكون موصولاً. حالما يتم تثبيت قضيب التوصيل، تتحرك مجموعة الأنبوب/البوكي كوحدة واحدة. إن نظام التحريك بواسطة المحرك، الموجود داخل طاولة التصوير المقطعي، يتحكم الآن بالحركة الجانبية للأنبوب/البوكي. إن مجموعة التحريك بمحرك، التي تتضمن محركاً وتروسه وتوصيلاته المرتبطة به، تسمح بتحديد دقيق للموقع وكبح مجموعة الأنبوب/البوكي.

يتم تزويد لوحة التحكم، الموصولة عادة إلى الطاولة، بالطاقة لتعشيق التروس والتحكم بجميع حركات الأنبوب/البوكي. توفّر لوحة التحكم، على وجه التحديد، اختيارات تقنية التصوير المقطعي لكل من زاوية التصوير المقطعي، وسرعة المسح، وسماكة الشريحة. بالإضافة إلى ذلك، توفّر كافة لوحات التحكم بالتصوير المقطعي مفتاح اختبار يسمح للمُشغِّل بتنفيذ مسح "تجريبي" للتصوير المقطعي دون استخدام الأشعة السينية.

يجب أن تتضمن طاولة التصوير المقطعي أيضاً وسيلة لتحديد موقع أنبوب الأشعة السينية والبوكي. إن الوسيلة الأسهل (والأرخص) لكشف هذه الحركة و التحكم فيها هي من خلال سلسلة موضوعة بشكل استراتيجي **من المفاتيح الميكروية، أو المفاتيح المغناطيسية، أو الحساسات الضوئية**. تكتشف هذه الحساسات، التي تقع مباشرة تحت سطح الطاولة، موقع الأنبوب/البوكي ويمكن استخدامها للتحكم بطول شوط التصوير المقطعي. وعلاوة على ذلك، تتطلب الطاولات التي يمكنها الارتفاع قفل تعريض إضافي للإشارة إلى أن الطاولة عند ارتفاع التعريض الصحيح.

إن الروابط الميكانيكية، كما سيتم مناقشتها لاحقاً في هذا الفصل، بين أنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة تتآكل مع مرور الوقت ويمكن أن تصبح مصدراً لمشاكل التصوير. ورداً على هذا "الحلقة الأضعف" في النظام، فقد تخلصت التصاميم الأحدث للتجهيزات من قضيب الوصل كلياً، مستخدمةً بدلاً من ذلك **نظاماً ليس له نقطة ارتكاز**. تستخدم الأنظمة التي ليس لها نقاط ارتكاز محركات منفصلة لحركات أنبوب الأشعة السينية والبوكي، مما يلغي الحاجة لأية وصلات فعلية بين المكونات. يتم التحكم في المحركات الفردية من قبل برامج توفّر تشغيلاً دقيقاً وسلساً.

مولد الأشعة السينية The X-ray Generator

إن مولد الأشعة السينية المُستخدم في التصوير المقطعي هو نفس ذلك المُستخدم في التصوير الشعاعي العام، مع عدد قليل من المكونات الإضافية المتخصصة. في الواقع، فإن العديد من المولدات المُستخدمة في التصوير الشعاعي العام يمكن تحديثها بسهولة لتطبيقات التصوير الشعاعي الخاصة مثل التصوير المقطعي. إن التصميم المفتوح

هو تدبير فعال مُكلف مُستخدم من قبل المُصنّعين. بشكل عام، يتضمن مولد الأشعة السينية للتصوير المقطعي مفتاح تشغيل خاص على منصة التحكم، يمكّن من استخدام نمط تشغيل التصوير المقطعي. عندما يكون المولد في نمط "**التصوير المقطعي**"، فإنه يتم تفعيل أنبوب الأشعة السينية والمستقبل المناسبين. كما توفّر مولدات التصوير المقطعي مجالاً واسعاً من اختيارات الـ mA (الميلي أمبير).

هناك اعتبار آخر لمولدات التصوير المقطعي له علاقة بأزمنة التعريض الطويلة اللازمة للفحص. خلال شوط التصوير المقطعي، يمكن لأنبوب الأشعة السينية التحرك لمسافة مقدارها عدة أقدام أو أكثر عندما ينتقل من نهاية الرأس إلى نهاية القدم لطاولة التصوير الشعاعي. والأهم من ذلك، يتم إصدار شعاع الأشعة السينية خلال معظم تلك الأشواط: يمكن أن تدوم مدة التعريض خمس ثوان! ولذلك يجب على أنبوب الأشعة السينية والمولد أن يكونا قادرين على التكيُّف مع هذه الأزمنة الطويلة للتعريض. إن إحدى الطرق لضمان عدم تجاوز حدود الحرارة والتعريض لأنبوب الأشعة السينية هي عن طريق استخدام **إعدادات تقنية mA منخفضة جداً**. ومن ثم، يجب على جميع مولدات الأشعة السينية للتصوير المقطعي أن يكون لديها القدرة على توفير هذه الإعدادات المنخفضة جداً للـ mA.

ينبغي لمولد الأشعة السينية توفير إمكانية اختيار القيمة ٢٥ ميلي أمبير وأدنى على المحرق الصغير لأنبوب الأشعة السينية. يمكن تحقيق أزمنة تعريض طويلة بسهولة عند هذه الإعدادات المنخفضة وذلك دون المخاطرة بإلحاق الضرر بأنبوب الأشعة السينية. وفقاً لذلك، توفّر تقنيات التصوير المقطعي عادة ضبط لـ ٥ ميلي أمبير، و ١٠ ميلي أمبير، و ١٥ ميلي أمبير، و ٢٥ ميلي أمبير.

التشغيل
Operation

للحصول على صورة مقطعية، يتم وضع المريض على سطح الطاولة بحيث يتم توسيط البنية التشريحية المطلوبة مباشرة فوق مستقبل الصورة. يتم قياس مستوى البنية (بالنسبة إلى سطح الطاولة)، ويتم ضبط نقطة الارتكاز على تلك المسافة. يتم تصوير **فيلم كشاف**، (أي صورة شعاعية AP/PA عادية) لضمان أن إعداد تقنية الـ kVp صحيح، والتحقق من الموقع أيضاً. يختار المشغل بعد ذلك نمط "التصوير المقطعي" على منصة التحكم بالأشعة السينية وكذلك برامج زاوية وسرعة التصوير المقطعي على لوحة التحكم بالتصوير المقطعي. عند هذه النقطة، يمكن إجراء **تشغيل تجريبي** (أي شوط للأنبوب بدون إشعاع أشعة سينية) لضمان أن الوحدة تعمل على النحو الذي تم برمجتها عليه وأنه لا توجد أية عوائق في مسار مجموعة أنبوب الأشعة السينية/البوكي.

يتم بعد ذلك تحريك أنبوب الأشعة السينية إلى نقطة البداية من أجل مسح التصوير المقطعي. يتم البدء بالتعريض في لوحة التحكم بالأشعة السينية عن طريق قبضة يدوية يؤدي إلى تحريك الأنبوب. وبما أن **الحركة السلسة**

ضرورية للحصول على صورة مقطعية نوعية، فإنه ينبغي لأنبوب الأشعة السينية أن يتحرك بسرعة ثابتة قبل إصدار الإشعاع. يبدأ التعريض بمجرد أن يصل الأنبوب إلى زاوية التصوير المقطعي المُبرمَجة. يتم إنهاء التعريض كما هو مُبرمَج من قبل مؤقت الأشعة السينية، أو عندما ينهي الأنبوب مسحه ويتم البدء بالفرملة.

المعايرة
Calibration

لمعايرة وحدة التصوير المقطعي، ينبغي لمهندس الخدمة أن ينهي أولاً جميع إجراءات المعايرة اللازمة لتجهيزات التصوير الشعاعي العام كما هو موضح سابقاً في هذا الكتاب. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي للمهندس التركيز بشكل خاص على مجالين: المجال المنخفض لمعايرات الـ mA، وعمليات ضبط طاولة التصوير المقطعي.

ينبغي لمهندس الخدمة أن يكون أكثر حذراً عند معايرة قيم الـ mA المنخفضة لضمان أن أشكال أمواج تيار الأنبوب عند ٥، و ١٠، و ١٥، و ٢٥ ميلي أمبير ثابتة على كامل مدة التعريض، وأنها تبقى ثابتة قدر الإمكان. إن السبب في ذلك ذو شقين. أولاً وقبل كل شيء، إنه من الصعب عموماً الحصول على شكل موجة مستقر عند هذه الإعدادات المنخفضة للتيار بسبب الخصائص المتأصلة لأنبوب الأشعة السينية. وثانياً، بسبب عمليات التعريض الطويلة اللازمة للتصوير المقطعي (على سبيل المثال، ١– ٥ ثانية) فإن هناك فرصة أكبر لتغيرات شكل الموجة نتيجة للتغيرات والضجيج الذي يحدث على خط التغذية الوارد. ويُنصح بشدة باستخدام راسم إشارة عند معايرة قيم الـ mA لضمان عمليات الضبط الصحيحة. بعد أن يتم معايرة جميع قيم الـ mA، ينبغي للمهندس مراقبة أشكال أمواج الـ mA على راسم الإشارة خلال عمليات التعريض الطويلة للتحقق من المعايرة.

ينبغي للمهندس أيضاً التركيز على معايرات طاولة التصوير المقطعي. وللحصول على تصوير دقيق، ينبغي معايرة البارامترات التالية: **ارتفاع نقطة الارتكاز**، **وسرعة المسح**، **وزاوية التصوير المقطعي**. ونظراً لأن تصاميم طاولات التصوير المقطعي يمكن أن تختلف، يتم فيما يلي توضيح المبادئ العامة للمعايرة.

يتم ضبط ارتفاع نقطة الارتكاز بحيث إنه، على سبيل المثال، عندما يشير مؤشر ارتفاع نقطة الارتكاز إلى خمسة سنتيمترات، يكون المحرق الحقيقي بالضبط ٥ سم فوق سطح الطاولة. إن ما يجري معايرته أساساً هو مؤشر الارتفاع (أي قراءة خرج تمثيلية أو رقمية). يقيس مهندس الخدمة فوق سطح الطاولة مسافة معينة، ويقوم بمعايرة القراءات لتتوافق مع الإعداد الفعلي. ينبغي التحقق من عملية الضبط بواسطة فيلم اختبار. للقيام بذلك، ينبغي وضع فانتوم على سطح الطاولة وتعريضه بعد ذلك. يتم تصميم معظم **فانتومات التصوير المقطعي** بخطوات متزايدة يتم تعليمها بشكل واضح بواسطة علامات رقمية من الرصاص. إذا تم ضبط ارتفاع نقطة ارتكاز مقدارها ٥ سم،

على سبيل المثال، فإن الرقم "٥" يظهر عندئذ في محرق الفيلم الذي تم تعريضه والأرقام "٤" و "٦" ينبغي أن تظهر غير واضحة.

يتم ضبط سرعة المسح بطرق مختلفة. يتم ضبط السرعة في التصاميم الأساسية أولاً من خلال قياس الزمن الفعلي الذي يستغرقه إجراء مسح كامل، ومن ثم عن طريق معايرة زمن المسح وفقاً لمواصفات الشركة المصنعة. وعادة ما يتم استخدام ساعة توقيت لهذه المعايرة. يتم قياس زوايا التصوير المقطعي، ومن ثم ضبطها عن طريق تغيير مواقع المفاتيح الميكروية أو الحساسات الإلكترونية المرتبطة بها. ويتم في كثير من الأحيان تصحيح هذه الزوايا وليس هناك حاجة إلى عمليات ضبط الحقل.

أعطال وحدات التصوير المقطعي
Failures With Tomographic Units

بصفة عامة، كلما تضمنت تجهيزات التصوير الشعاعي حركة زائدة، فإنه يمكن التنبؤ بحدوث أعطال نتيجة لتلك الحركات. إذا تم تغيير موقع أنبوب الأشعة السينية بشكل متكرر، كما هو الحال في التصوير الشعاعي العام، فإن كابلات التوصيل المربوطة إلى أنبوب الأشعة السينية تميل إلى أن تكون تحت الإجهاد. ونظراً للحركات المتكررة المرافقة للتصوير المقطعي، فإن جميع كابلات التوصيل المربوطة إلى دعم الأنبوب تتلقى نفس الإجهاد. في نهاية المطاف، تصبح هذه الكابلات تالفة أو يمكن أن تصبح النواقل خارج أماكنها أو مقطوعة. وفقاً لذلك، ينبغي لمهندس الخدمة في كل صيانة وقائية فحص حالة توصيل هذه الكابلات بدقة، والكابلات الموصولة إلى مستقبل الصورة، والبحث عن النواقل المفكوكة والعازلية المتضررة.

إن العطل الميكانيكي الآخر الشائع الذي يحدث في وحدات التصوير المقطعي هو أيضاً نتيجة للحركات الروتينية لمجموعة الأنبوب/البوكي. دون شك، فإن المعيار الوحيد الأكثر أهمية بالنسبة للتصوير المقطعي هو أن يبقى الأنبوب والمستقبل **بدون اهتزاز** خلال التعريض. على وجه التحديد، يجب أن يكون مقدار "التأرجح" في الروابط الميكانيكية ضئيلاً للغاية من أجل إنتاج صورة نوعية على الفيلم. يسبب تأرجح الروابط حركة غير مستوية أو **فقدان الحركة** الذي يؤدي إلى عدم وضوح غير مرغوب فيه على الفيلم. إن فقدان جودة الصورة أكثر ما تتم ملاحظته عندما ينشأ التأرجح في نقطة ارتكاز طاولة التصوير المقطعي، لأن الآثار المترتبة على فقدان الحركة يتضخم هنا. يحدث عدم الوضوح هذا غير المرغوب فيه أيضاً عندما يحدث التأرجح في رابط البوكي. وأخيراً، فإن فقدان الحركة له تأثير قليل للغاية عندما يحدث في أنبوب الأشعة السينية.

بسبب تأثيرات فقدان الحركة، فإنه ينبغي المحافظة على عدد الروابط بحدوده الدنيا في تصميم التجهيزات. بغض النظر، فإن مشاكل جودة الصورة غالباً ما تنجم عن وجود وصلة تالفة أو متضررة في مجموعة

الأنبوب/البوكي. ولذلك ينبغي للمهندس، فحص مجموعة الأنبوب/المستقبل بشكل روتيني خلال عملية الصيانة الوقائية، وينبغي له إجراء عمليات الضبط أو الإصلاحات المناسبة عند الضرورة.

إن المفاتيح الميكروية المُستخدمة للكشف عن حركات الأنبوب/المستقبل هي أيضاً عرضة للعطل وخاصة في التجهيزات التي تستخدم مفاتيح وماسكات ميكانيكية. تتآكل هذه المكونات ببساطة جرّاء الاستخدام العادي، وتتطلب عمليات ضبط متكررة. إن الأنظمة التي تستخدم حساسات مغناطيسية أو حساسات الأشعة تحت الحمراء هي أقل إثارة للمشاكل.

وكما ذُكر آنفا في هذا الفصل، تستخدم التصاميم الأفضل للتجهيزات **أنظمة ليس لها نقطة ارتكاز** تستخدم أنظمة تحريك يتم التحكم بها عن طريق معالجات صغرية منفصلة لكل من حركات الأنبوب والبوكي. ليس لأنبوب الأشعة السينية ومستقبل الصورة اتصال فعلي في هذه الأنظمة. ولذلك، لا توجد أية مشاكل ذات صلة بالروابط. لقد قامت الأنظمة التي ليس لها نقطة ارتكاز بتخفيض احتمالات فقدان الحركة بشكل كبير.