

Do-X-Mart bietet Ihnen mit der Rubrik DoXRay praxisbezogene Hilfe für den täglichen Umgang mit dem Röntgen, der nach wie vor meistverbreiteten bildgebenden Diagnosetechnik in unseren Praxen. Das Röntgen im Spital haben wir alle kennengelernt: Röntgenzettel ausfüllen und dann am Rapport das Ergebnis bestaunen. Allein auf sich gestellt in der Praxis stellen Sie sich aber plötzlich ganz andere Fragen: Lohnt sich Röntgen überhaupt noch für mich? Welche Aufnahmen mit welcher Einstellung sind ideal? Was, wenn die Bildqualität nicht stimmt? Was tun bei Dunkelkammerproblemen und Apparatepannen? Lohnt sich eine Investition ins digitale Röntgen?

Dies und vieles mehr können Sie in Zukunft hier lesen. Unsere Partnerfirma Wiroma, mit der wir seit über einem Jahr äusserst erfolgreich zusammenarbeiten (Sie erinnern sich: GenerX-Röntgenfilme, das heisst generische Preise für Markenqualität), wird freundlicherweise diese Rubrik betreuen. Wiroma ist ein führender Anbieter für Röntgen und Strahlenschutz, dessen fachliche Kompetenz, Zuverlässigkeit und Innovationsfreude (auch beim digitalen Röntgen) uns überzeugt haben.

Digitale Radiografie in der Arztpraxis (Teil 1)

Die Entscheidung für die Anschaffung einer digitalen Röntgeneinrichtung oder einen Umstieg von analoger auf digitale Röntgentechnik hängt von vielen Faktoren ab: von der Disziplin und Grösse der Praxis, dem radiologischen Anteil an der diagnostischen Tätigkeit und nicht zuletzt vom Budget, das zur Verfügung steht. Für welches System man sich auch entscheidet, billig ist der Einstieg in die Welt digitalen Röntgens auf keinen Fall. Umso wichtiger ist es, sich vor einer solchen Investition genau zu informieren.

Heinz Gschwind

Unter dem Begriff «digitales Röntgen» versteht man eine Technik zur Akquisition, Bearbeitung und Präsentation von Röntgenaufnahmen mithilfe der Computertechnologie. Es existiert kein Unterschied zwischen Analog- und Digitaltechnik, was das Erstellen der eigentlichen Röntgenaufnahme angeht. Sowohl bei der herkömmlichen Filmfolien-Technik als auch bei der digitalen Röntgentechnik werden die Aufnahmen mit den üblichen Röntgeneratoren und -röhren geschossen. Beim nächsten Schritt, der Bilderfassung und -darstellung, kommt aber die Digitaltechnik ins Spiel.

Die digitale Röntgenbilderfassung unterscheidet sich in der Art (Technologie), wie aus der Strahlung ein Bild erstellt werden kann. Alle Bilderfassungssysteme liefern ein Rohbild im Dicom-Format. Die Dateien erkennt man an der Namensweiterung «.dcm» (z.B. I00231.dcm). Dieses Rohbild muss noch durch entsprechende Programme nachbearbeitet werden können. Darüber wird im zweiten Teil dieser Serie berichtet werden.

Technologien

Speicherfolien (CR-System > Computed radiography)

Anstelle eines Röntgenfilms und der Verstärkerfolien wird eine spezielle Speicherfolie in die Kassette eingelegt. Nach



Kassette mit Speicherfolie in Schutzhülle

erfolgreicher Belichtung der Folie kann diese in einem Lesegerät (Scanner) ausgelesen werden. Die Folie wird mithilfe eines Laserstrahls abgetastet. Dabei entstehen Lichtblitze, deren Intensität von der aufgenommenen Röntgenstrahlung abhängt. Das emittierte Licht wird mit Hilfe eines Photomultipliers verstärkt und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Nach dem Lesevorgang ist die Bildinformation, leicht geschwächt zwar, immer noch vorhanden. Vor einer Wiederverwendung muss diese mit intensivem Licht gelöscht werden. Mehrere tausend Scan- und Löschvorgänge sind mit der gleichen Folie möglich.

Manuelle Folieneingabe

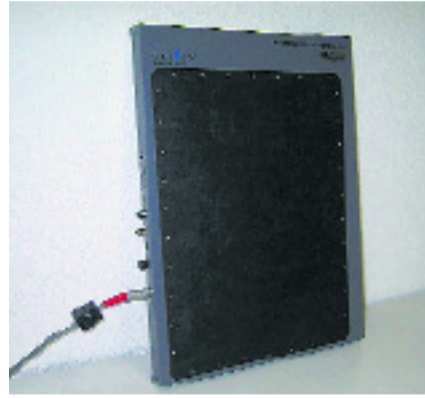
Die Folie muss nach der Belichtung aus der Kassette genommen und in den Scanner eingegeben werden (wie bei einem konventionellen Film). Unmittelbar nach dem Scannen wird die Folie gelöscht und muss in einer Schutzhülle in die Kassette zurückgelegt werden. Das Handling ist aufwendiger, die Scannermechanik aber einfach.

Automatische Folienscanner

Die Kassette wird geschlossen in den Scanner eingelegt. Die Folie wird automatisch der Kassette entnommen, ausgelesen, gelöscht und wieder in die Kassette zurückgesteckt. Dem einfacheren Handling steht eine aufwendigere Mechanik im Scanner gegenüber. Ob manuell oder automatisch, der Auslesevorgang dauert für eine 35-x-43-Kassette zwischen 50 und 100 Sekunden, abhängig von der gewählten Auflösung. Das bedeutet keine grossen Zeitersparnisse gegenüber der konventionellen Filmverarbeitung.

Flachdetektoren (DR-System > Direct digital radiography)

Flachdetektoren (Flat Panels) liefern bei Bestrahlung direkt ein elektrisches Signal. Eine Ausleseeinheit (Scanner) entfällt. Ein Flat Panel besteht aus einzelnen kleinen Bildelementen (Pixeln). Je nach Grösse und Auflösung des Panels sind es rund 10 Millionen Pixel, welche ausgele-



Flachdetektor 30 x 40 cm (Flat Panel)

sen werden müssen. Der Aufwand zur Herstellung eines solchen Detektors ist enorm. Noch ist es nicht möglich, solche Detektoren fehlerfrei herzustellen. Es muss eine gewisse Anzahl defekter Pixel toleriert werden. Mit entsprechender Software werden diese Defekte bis zu einem gewissen Grad «retuschiert». Aber die Qualitätsansprüche an die Detektoren sind hoch. Ist die Anzahl defekter Pixel zu hoch, oder liegen mehrere defekte direkt nebeneinander, so wird das Panel als Ausschuss deklariert.

Grundlage jedes digitalen Flachdetektors ist eine Matrix aus Transistoren und Fotodioden beziehungsweise Kondensatoren. Die Bildgrösse und die Ortsauflösung werden von der Anzahl und der Kantenlänge der einzelnen Bildelemente (Pixel) bestimmt. Im Detektor werden die einfallenden Röntgenquanten in elektrische Signale umgewandelt.

Bei Systemen, die den Halbleiter Selen als Konvertermaterial verwenden, werden die eingestrahelten Röntgenquanten direkt in elektrische Impulse umgewandelt. Bei anderen Detektortypen wird die Röntgenstrahlung zunächst in einer Szintillatorschicht (zum Beispiel Cäsiumjodid) in Photonen umgewandelt und dann von Fotodioden registriert. Durch Verstärkung der kleinen elektrischen Signale und eine anschliessende Analog-digital-Wandlung entsteht in beiden Fällen ein elektronisches Rohbild. Dieses kann nun genau gleich wie bei den Foliensystemen nachbearbeitet werden. Nach erfolgreicher Aufnahme wird bereits nach wenigen Sekunden das Bild auf dem Monitor dargestellt. Ein Handling mit Kassetten und Folien entfällt vollständig.

Detektor-Array

Wegen der aufwendigen Herstellung eines Flat Panels wurden Lösungen gesucht, welche die Vorzüge eines Flat Panels haben, aber in der Herstellung nicht so aufwendig sind. Aufgrund der sehr aufwendigen Herstellung eines Flat Panels, suchte man nach einfacheren Möglichkeiten zur Erzeugung eines direkt digitalen Bildes. Dabei kristallisierte sich eine



CCD-Detektor mit einer Kamera

technisch raffinierte Lösung heraus: der Detektor-Array. Die einzelnen Bildpunkte werden nicht auf einer Fläche, sondern nebeneinander in einer Linie montiert. Während der Aufnahme bewegt sich der Array von einem Bildrand zum anderen. Dieses Abscannen dauert zirka 5 Sekunden, und wenig später steht das Bild zur Nachbearbeitung auf dem Monitor zur Verfügung. Damit der Patient während der Exposition nicht vollflächig bestrahlt wird, ist das Strahlenbündel dank einer Schlitzblende begrenzt. Die Strahlenlinie bewegt sich synchron mit dem hinter dem Patienten liegenden Detektor-Array. Ein weiterer Vorteil besteht im Verzicht auf ein Streustrahlenraster und der damit einhergehenden Dosisreduktion. Dank dem schmalen Sensor wird dieser von den meisten Streustrahlen nicht getroffen.

Da eine Aufnahme zirka fünf Sekunden dauert, stellt sich die Frage nach Bewegungsunschärfen. Im Gegensatz zu allen anderen Systemen aber zeichnen sich Bewegungen des Patienten nicht als Unschärfe, sondern als leichte geometrische Verzerrungen ab.

Dieses System kann als Einziges nicht an eine bestehende Anlage adaptiert werden.

CCD-System (Coupled charge device)

Bei diesem System wird ein Leuchtschirm von hinten mit einer oder mehreren CCD-Kameras abfotografiert. Der Leuchtschirm ist direkt hinter dem Streustrahlenraster angebracht. Es werden Spiegel und Linsen eingesetzt, um das Bild auf dem Leuchtschirm scharf auf einem Sensorchip abzubilden. Bei diesen Systemen wirken, zusätzlich zu den Schwierigkeiten bei der Erzeugung eines digitalen Bildes, optische Elemente, wie Linsensysteme und Spiegel. An beide Elemente werden hohe Anforderungen bezüglich Abbildungsqualität gestellt. Im Weiteren benötigen diese auch relativ viel Raum. Das wirkt sich negativ auf ein Handling mit der Röntgenanlage aus.

Auch bei diesem System steht das Bild wenige Sekunden nach der Aufnahme auf dem Bildschirm zur Verfügung.



Heinz Gschwind

Digitale Radiografie in der Arztpraxis (Teil 1)

Gegenüberstellung der einzelnen Systeme

Bei der Entscheidung, welches System für den eigenen Bedarf am besten geeignet ist, kommen verschiedene Faktoren zum Tragen. Zum einen ist ein Speicherfoliensystem (CR) in der Anschaffung deutlich günstiger, und zum anderen kann es an mehreren Arbeitsplätzen beziehungsweise Röntgenanlagen eingesetzt werden. Auch ein mobiler Einsatz ist mit einem CR-System möglich. Ein CR-System bringt im Arbeitsablauf gegenüber der konventionellen Filmtechnik keinen nennenswerten Zeitgewinn. Der Zeitgewinn liegt, wie bei allen Digitalsystemen, in der Bildverwaltung und -archivierung. CR-Systeme benötigen, je nach Technologie, einen mehr oder weniger grossen Service- und Wartungsaufwand. Die Speicherfolien nützen sich ab und müssen nach mehreren tausend Scanvorgängen ersetzt werden.

Flachdetektorsysteme zeichnen sich durch ein einfaches Handling aus. Damit verbunden ist ein grosser Zeitgewinn. Es können bis zu vier Bilder pro Minute geschossen werden. Ein grosser Vorteil der Flachdetektoren gegenüber allen andern Digitalsystemen liegt im geringen Serviceaufwand. Die Detektoren arbeiten wartungsfrei. Die Problematik liegt hier bei der Ausfallquote der einzelnen Pixel. Ist eine gewisse Anzahl Pixel ausgefallen, ist ein Ersatz des ganzen Flat Panels zwingend. Eine Reparatur ist nicht möglich.

Die Detektoren werden, mit wenigen Ausnahmen, fest in die Bucky eingebaut. Bei

Technologien für digitales Röntgen im Überblick

Technologie	Vorzüge	Nachteile	Zukunft	Preis (Fr.)
CR Speicherfolie	Kann an bestehende Röntgenanlagen adaptiert werden. Einsatz auf mehreren Arbeitsplätzen. Mobiler Einsatz möglich. Hohe Auflösung. Robust.	Keine Zeitersparnis. Handling. Serviceaufwand.	-/+ Wird auch in Zukunft wegen des Preises noch lange im Handel bleiben.	Ab 55 000.–
DR Flat Panel Flachdetektor	Kann an bestehende Röntgenanlagen adaptiert werden. Hohe Aufnahmefrequenz möglich. Wartungsfrei. Mobiler Einsatz möglich.	Je nach Hersteller pro Arbeitsplatz ein Detektor. Keine Reparatur möglich.	++ Die Zukunft des digitalen Röntgens schlechthin.	Ab 150 000.–
DR Detektor-Array (Scanning)	Einfacherer Detektor. Dosisreduktion wegen Wegfall eines Rasters.	Hohe Wartungs- und Servicekosten. Eine Adaption an ein bestehendes System ist nicht möglich.	-- Wird mit einer Preissenkung des Flat Panels geringe Chancen im Markt haben.	Ab 170 000.– Komplettsystem
CCD Kamerasystem	Kann an bestehende Röntgenanlagen adaptiert werden. Hohe Aufnahmefrequenz möglich.	Empfindliche Optik. Mobiler Einsatz nicht möglich. Pro Arbeitsplatz ein Detektor.	- Wird mit einer Preissenkung des Flat Panels weniger Chancen im Markt haben.	Ab 120 000.–

mehreren Arbeitsplätzen bedeutet dies einen grossen Investitionsaufwand. Ein Hersteller ermöglicht mit seinem Flat Panel den Wechsel von einer Bucky zur andern. Dieses lässt sich aus der Bucky herausziehen und ermöglicht so auch eine Aufnahme direkt und ohne Bucky. Bereits seit Jahren sind in der Veterinärmedizin Flat Panel in kleineren Formaten auch im mobilen Einsatz.

Das Detektor-Array lässt sich in der Regel nur an einem Arbeitsplatz installieren. In der Schweiz wird ein System mit einem Schwenkbügelstativ angeboten. Dieses System lässt sich als Einziges nicht an eine bestehende Anlage adaptieren. Der Aufwand an die Mechanik ist

gross. Es wird höchste Präzision verlangt. Damit verbunden ist ein gewisser Service- und Wartungsaufwand. Auch die Röntgenröhre muss aufgrund der langen Belichtungszeiten öfter als üblich ersetzt werden.

CCD-Systeme sind immer fest an eine Röntgenanlage montiert. Sei es an einem Schwenkbügelstativ in einem Schwimmtisch oder in einer Wandbucky. Hier zeigt sich auch der grosse Investitionsaufwand, wenn zum Beispiel mit einem Schwimmtisch gearbeitet wird. Dann muss in der Wandbucky ein zweites CCD-System installiert werden. Für den mobilen Einsatz sind diese Systeme nicht geeignet. Zu empfindlich reagiert das Lin-

sen- und Spiegelsystem auf Erschütterungen und auf grosse und schnelle Temperaturschwankungen, wie sie im Ausseinsatz möglich sind. Auch diese Systeme sind nicht ganz wartungsfrei. ♦

In Teil 2 werden die Bildnachbearbeitung und die dazu nötige Hardware thematisiert.

Kontaktadresse:

Heinz Gschwind
WIROMA AG
Schwarzenburgstrasse 854
3145 Niederscherli
E-Mail: h.gschwind@wiroma.com