WHITE PAPER

Digitale Tomosynthese für DR 800 und DR 600

Eine Methode für eine schnellere Patientenversorgung und erhöhte Krankenhausproduktivität

AGFA

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung 3

Digitale Tomosynthese – warum jetzt? 6

Klinischer Mehrwert 8

- Fallbeispiel 1 8
- Fallbeispiel 2 9
- Fallbeispiel 3 10

Höhere Produktivität 11

Schlussfolgerung: Digitale Tomosynthese – Eine Methode für eine schnellere Patientenversorgung und erhöhte Krankenhausproduktivität 11

Digitale Tomosynthese – Erweiterung der konventionellen 2D-Röntgenbildgebung in die nächste Dimension

Kurzfassung

Trotz einer Vielzahl von Publikationen und klinisch orientierten Untersuchungen und Studien, die auf mögliche Anwendungen in verschiedenen Bereichen hinweisen, hat sich die digitale Tomosynthese (DTS) klinisch noch nicht umfassend durchgesetzt. Abgesehen von der Mammographie, bei der sich die digitale Brust-Tomosynthese (DBT) immer mehr etabliert, ist die DTS anderer Körperregionen zwar im akademischen Bereich anerkannt, aber weniger in der klinischen Praxis. Mit der Tomosynthese-Lösung von Agfa, die eine neuartige Rekonstruktion zusammen mit der hochmodernen MUSICA-Bildverarbeitung auf den beiden Röntgenmodalitäten DR 800 und DR 600 ermöglicht, kann das Unternehmen diese Lücke schließen. Anhand gut dokumentierter und praktischer klinischer Fälle beschreibt dieses White Paper das Potenzial der digitalen Tomosynthese im radiologischen Bereich. Es zeigt, dass die DTS eine nützliche Ergänzung zur 2D- und CT-Bildgebung sein kann, um die Produktivität der Abteilung und die Patientenversorgung zu verbessern.

In der klinischen Praxis sind planare Röntgenaufnahmen in der Regel die erste Bildgebungstechnik, die eingesetzt wird. Bei der muskuloskelettalen Bildgebung kann dies beispielsweise eine Schulter in AP und lateraler Projektion sein. In vielen Fällen ist diese 2D-Technik jedoch nicht hinreichend aussagekräftig, so dass die endgültige Diagnose nicht allein durch die klassische Röntgenbildgebung gestellt werden kann und Patienten zur weiteren Abklärung an andere bildgebende Verfahren wie CT oder MRT weiterverwiesen werden. Dies hat oft zusätzliche Wartezeiten und die Notwendigkeit neuer Termine zur Folge. Eine bildgebende Technik, wie die digitale Tomosynthese, die einen sofortigen Abschluss des Diagnosezyklus ermöglicht, indem die fehlenden klinischen Informationen noch während der Anwesenheit des Patienten innerhalb der Abteilung zur Verfügung gestellt werden, wäre daher mehr als wünschenswert.

Mehrwert durch einen verbesserten klinischen Ablauf

Es lohnt sich daher, die Rolle und den Mehrwert der digitalen Tomosynthese in der allgemeinen Röntgendiagnostik im Hinblick auf eine verbesserte klinische Versorgung zu überdenken. Dies ist besonders relevant angesichts der immer wichtiger werdenden Produktivitätssteigerungen, speziell in mittelgroßen Krankenhäusern mit eingeschränktem Zugang und begrenzter Kapazität für weiterführende bildgebende Untersuchungen, wie CT oder MRT.

Die digitale Tomosynthese ist eine Erweiterung der auf eine Aufnahmeebene beschränkten 2D-Projektionsradiographie. Durch eine zweidimensionale Aufnahmebewegung (Sweep) werden hierbei Informationen zusätzlich in z-Richtung hinzugefügt. Die DTS erzeugt Schichtbilder eines Objektes durch ein direkt-digitales Aufzeichnungssystem mit einem digitalen halb-dynamischen Flachdetektor (DR). Dies geschieht durch eine größere Anzahl von Aufnahmen (typischerweise zwischen 20 und 40) mit niedriger Dosis über einen Bereich verschiedener Projektionswinkel, gefolgt von einer numerischen Rekonstruktion der einzelnen 2D-Projektionsaufnahmen in planaren Schichten, die sich in vertikaler z-Richtung unterscheiden. Die rekonstruierten Schichten werden nachbearbeitet, um eine 2D-vergeichbare Bildqualität und -darstellung zu erhalten. Die digitale Tomosynthese ist in diesem Sinne eine Zusatzapplikation für allgemein verfügbare DR-Systeme.

Das folgende Schema zeigt das Rekonstruktionsprinzip:

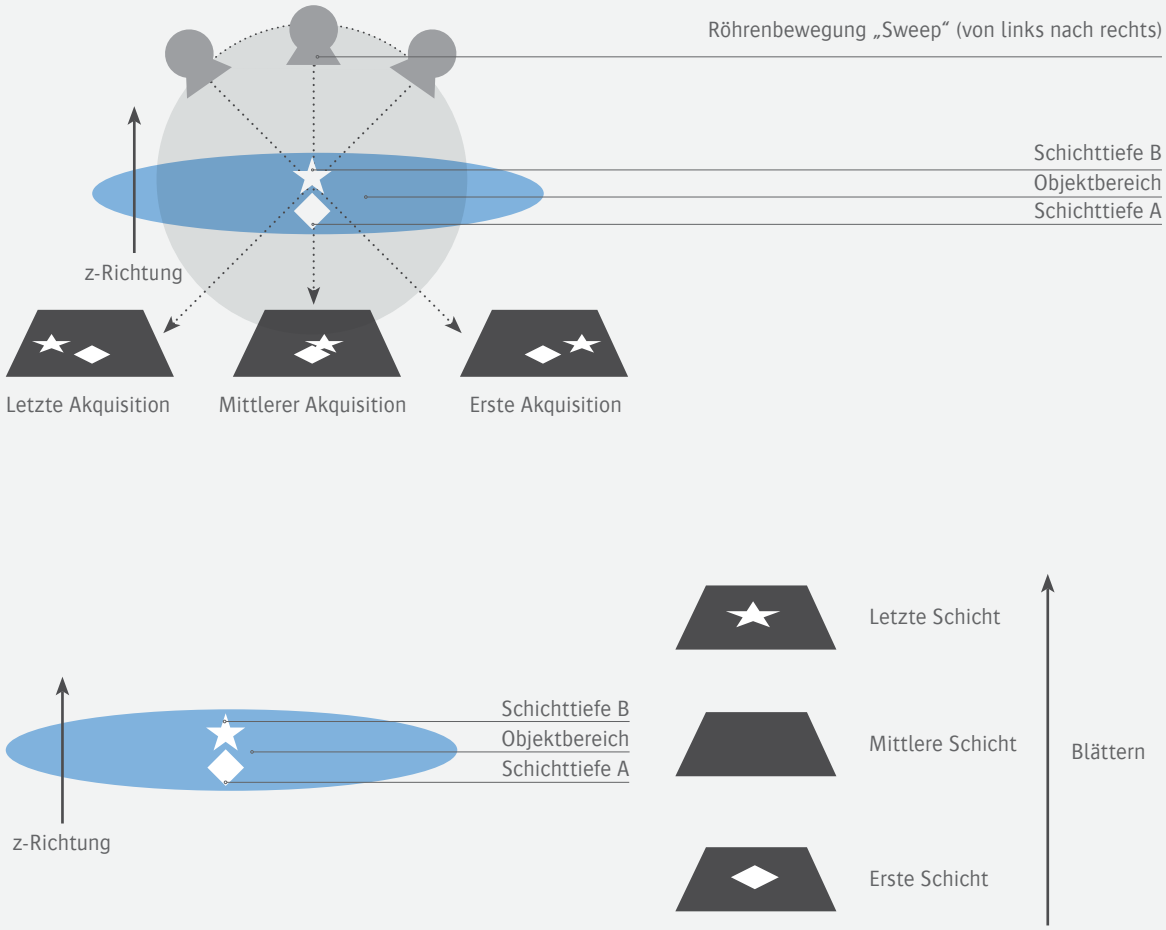


Abb. 1: Prinzip der Tomosynthese und Rekonstruktion

Der primäre Zweck der DTS ist es, störende anatomische Überlappungen bei 2D-Röntgenprojektionen zu reduzieren, indem das 2D-Röntgenbild in verschiedene Schichten aufgeteilt wird, ohne dass es zusätzlich durch darüber- oder darunterliegende Objektstrukturen gestört wird.

Die Abbildungen (a) bis (d) veranschaulichen die Unterschiede der Bilddarstellung der drei bildgebenden Modalitäten:

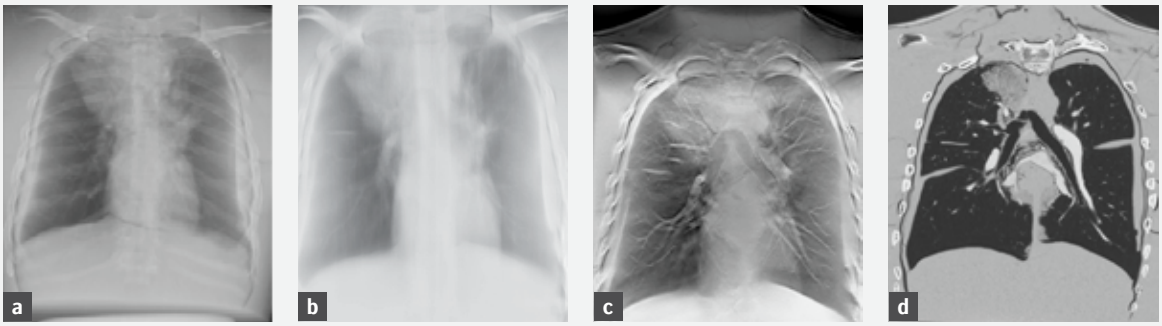


Abb. 2: Beispiele für röntgenbasierte Bildgebung: (a) PA-Aufnahme, (b) klassische Tomographie, (c) Tomosyntheseaufnahme in der gleichen Höhe wie (b), (d) koronale CT-Untersuchung, ebenfalls in der gleichen Höhenposition

Innerhalb des DR-Portfolios von Agfa wird die DTS für das DR 800 und DR 600 angeboten. Beide Systeme verwenden entweder einen voll-dynamischen Detektor (DR 800) mit einer Pixelgröße von 148 µm oder einen halb-dynamischen Flachdetektor (DR 600) mit einer Pixelgröße von ebenfalls 148 µm. Die Bildrate beträgt 6 beziehungsweise 5,2 Aufnahmen pro Sekunde. Die Aufnahmen werden mit derselben intuitiv gestalteten Softkonsole (Teil der MUSICA Workstation) durchgeführt wie die planaren 2D-Röntgenuntersuchungen, unterstützt durch eine Zwei-Punkt-Belichtungstechnik. Die typische Dauer eines Untersuchungsablaufes liegt zwischen fünf und zehn Sekunden.

Neue Optionen und Parameter

Die Tomosynthese ermöglicht die Auswahl eines kleinen (15°) oder großen (22° oder 30°) systemabhängigen Aufnahmewinkels und einer wählbaren Schichtdicke zwischen zwei und neun Millimetern. Der Schichtbereich kann vom Benutzer eingestellt werden, um die erforderliche Aufnahmeregion präzise zu erfassen. Für die anschließende Rekonstruktion stehen drei Qualitätsstufen (niedrig, mittel und hoch) zur Verfügung, die jeweils einen Unterschied im Detailgrad und in der Rekonstruktionszeit (zwischen 30 und 90 Sekunden) bieten.

An der MUSICA Workstation kann eine neue Rekonstruktion mit unterschiedlichen Schichtdicken aus demselben Aufnahmebildsatz ohne erneute Exposition gestartet werden.

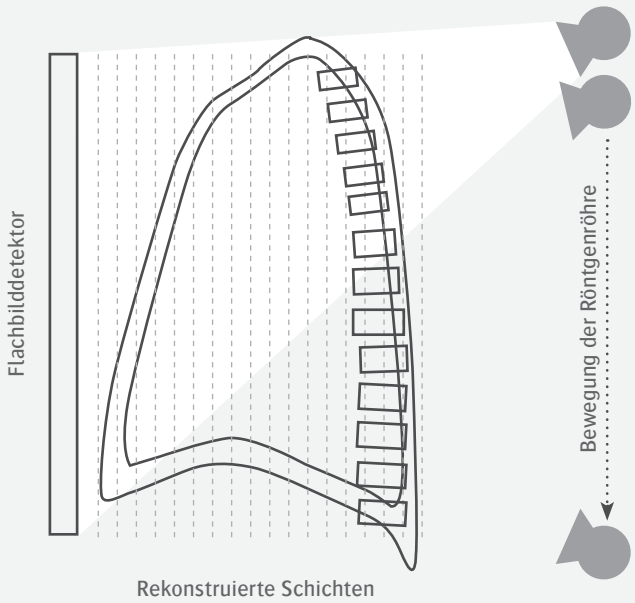
Die fertig rekonstruierten Schichten werden automatisch mit modernster MUSICA-Bildverarbeitungssoftware bearbeitet und zusammen mit den 2D-Röntgenaufnahmen zur Diagnose an das Bildarchivierungssystem übertragen. Hinsichtlich der Strahlenexposition sind die Dosiswerte für Tomosynthese-Untersuchungen (Gesamtdosis pro Durchlauf) sowohl bei der DR 800- als auch bei der DR 600-Lösung vordefiniert und konfiguriert; sie reichen vom Fünf- bis maximal Zehnfachen der Dosis des planaren 2D-Röntgens (eine Aufnahmeebene) – mit dem Potenzial für weitere Dosisreduzierungen. Die applizierte Dosis ist immer noch erheblich geringer im Vergleich zu einer CT-Untersuchung, selbst dann, wenn ‚low-dose' CT-Protokolle zur Anwendung kommen.

Die Autoren einer kürzlich erschienenen Publikation[1] beziffern die Strahlendosis im Zusammenhang mit der Tomosynthese eines Handgelenks (einschließlich koronaler und sagittaler Aufnahmen) als 25 Prozent geringer als bei einer Standardröntgenaufnahme mit fünf Projektionen und sogar 28-mal geringer als bei einer CT-Untersuchung.

Mit dem Schwerpunkt dieses White Papers auf muskuloskelettale Anwendungen – einer Hauptgruppe von Röntgenuntersuchungen in mittleren und produktivitätsorientierten Krankenhäusern [1] – wird ein zweiter Vorteil der DTS deutlich: die verbesserte und schnellere Patientenversorgung.

Die richtige Patientenpositionierung kann sich als extrem schwierig erweisen, wobei Frakturen starke Schmerzen verursachen und die Bewegungsfreiheit des Patienten einschränken können. Eine zweite Projektion kann aufgrund der Art der Fraktur unmöglich sein oder es sind zusätzliche Röntgenaufnahmen aus verschiedenen Winkeln erforderlich, die eine Neupositionierung oder Bewegung des Patienten erfordern. Bei einer Tomosynthese unmittelbar nach einer Basis-Röntgenuntersuchung ist der Patient bereits positioniert und muss nicht neu eingestellt oder in eine andere Modalität verlegt werden. Die notwendigen Informationen zum Abschluss der Diagnose können sofort und mit minimaler Zusatzbelastung für den Patienten gewonnen werden.

Das Wertversprechen der digitalen Tomosynthese basiert also nicht nur auf den positiven Auswirkungen auf die Produktivität der Abteilung, die sich aus der schnellen Gewinnung klinischer Informationen ergeben, sondern auch auf den starken Argumenten einer besseren Patientenversorgung. Beides zusammen deutet auf ein hohes Potenzial für eine breitere Nutzung im klinischen Alltag hin, als dies derzeit der Fall ist.



Der erste Schritt in der Tomosynthese ist die Bildakquisition: Mehrere Röntgenprojektionsaufnahmen werden aus verschiedenen Winkeln aufgenommen, wie in Abb. 3 dargestellt. Anschließend berechnet ein Rekonstruktionsalgorithmus die Schichten parallel zum Detektor, wie durch die gestrichelten Linien dargestellt wird.

Abb. 3: Schema einer Tomosynthese-Akquisition

Digitale Tomosynthese – warum jetzt?

Neben der Produktivität und den Vorteilen für die Patientenversorgung ist die Bildqualität einer DTS-Lösung entscheidend für ihre erfolgreiche Einführung und Anwendung. Agfa hat einen neuen Rekonstruktionsalgorithmus entwickelt, der zusammen mit der bekannten und etablierten MUSICA-Bildprozessierung dem Anwender die optimale Bildqualität bietet.

Dieser Rekonstruktionsalgorithmus ist das Kernelement der Tomosynthese-Anwendung. Er beeinflusst nicht nur maßgeblich das Rauschen und die Auflösung der endgültigen Rekonstruktionsaufnahmen, sondern hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Restunschärfe von Strukturen außerhalb der Schichtebene. Üblicherweise werden einstufige Rekonstruktionsalgorithmen wie ‚Shift-and-add' sowie ‚Filtered Back Projection' (FBP) verwendet. Diese Algorithmen sind zwar schnell, erzeugen jedoch Rauschen und Artefakte.

Agfas Rekonstruktionssoftware verwendet einen modernen iterativen Rekonstruktionsalgorithmus. Dieser Algorithmus aktualisiert die Rekonstruktion fortlaufend, indem die akquirierten Aufnahmen mit den simulierten akquirierten Aufnahmen verglichen werden, letztere basieren auf den rekonstruierten Aufnahmen. Die Rekonstruktion endet, sobald die optimale Lösung gefunden ist. Der Prozess wird beschleunigt, indem die parallele Rechenkapazität der Graphikkarte des Computers genutzt wird. Die daraus resultierende Rekonstruktion dauert in der Regel deutlich weniger als eine Minute.

Die Software umfasst des weiteren mehrere Bildverbesserungsschritte, die entwickelt wurden, um Tomosynthese-spezifische Artefakte zu unterdrücken.

Im letzten Schritt werden die Rekonstruktionsaufnahmen mit der MUSICA-Bildverarbeitungstechnologie optimiert. MUSICA basiert auf der patentierten Multiskalen-Prozessierung, die eine größere Detailgenauigkeit bietet und eine konsistente Visualisierung gewährleistet. Eine spezielle Tomosynthese-Version von MUSICA wurde entwickelt, um das Erscheinungsbild der Rekonstruktionsaufnahmen zu verbessern.

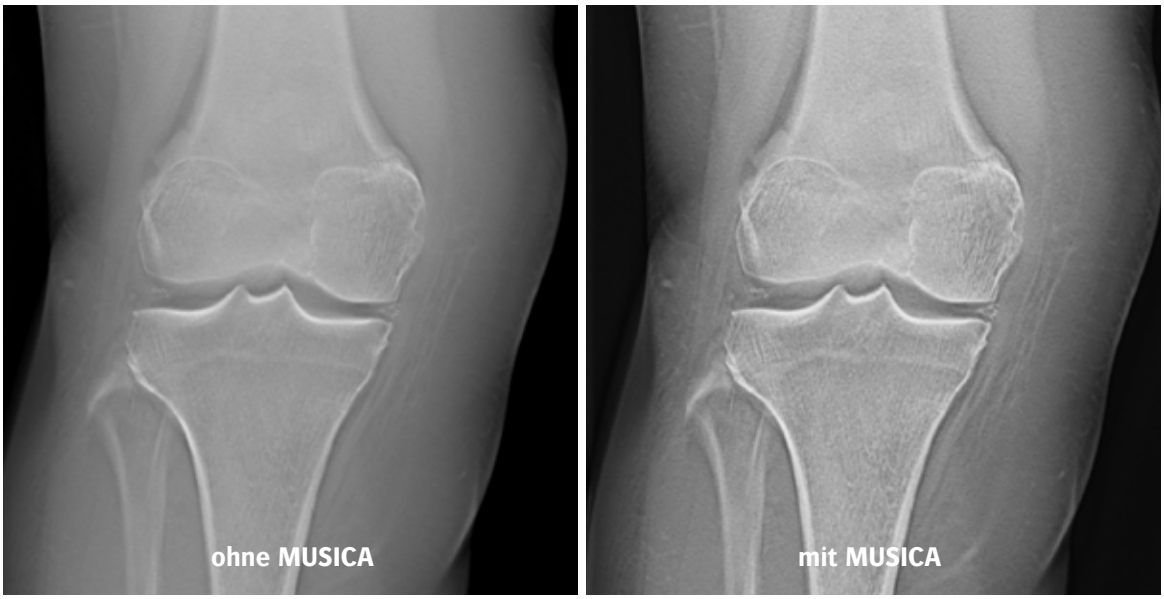


Abb. 4: Vorteile der MUSICA-Bildprozessierung

Klinischer Mehrwert

Im folgenden Abschnitt werden mehrere ausgewählte klinische Fälle vorgestellt. Beschrieben werden dabei ihre klinische Indikation, die 2D-Projektion sowie die relevanten DTS-Schicht(en) und eine Erläuterung des Mehrwertes der DTS.

Fallbeispiel 1:

Indikation: 74-jähriger Patient mit postoperativer Kontrolle nach Osteosynthese des Humeruskopfes.

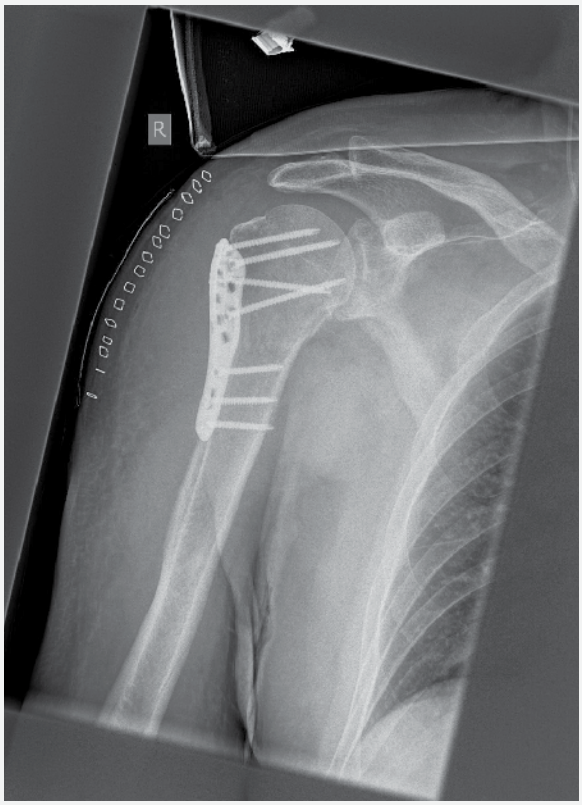


Abb. 5a: 2D-Projektion AP

Abb. 5b: DTS (Schicht 13)

DTS-Aufnahmeparameter: 70 kV, 46 mAs insgesamt, 39 Schichten, Schichtdicke 2 mm, Rekonstruktionsqualität hoch

Mehrwert der Tomosynthese: Eine gute und ausreichende Positionierung der osteosynthetisch unterstützten Fraktur kann mit dem Humeruskopf und den Schrauben scharf abgegrenzt in derselben Bildebene festgestellt werden.

Fallbeispiel 2:

Indikation: 73-jähriger Patient; Feststellung einer akuten Wirbelfraktur als mögliche Ursache für starke Rückenschmerzen.

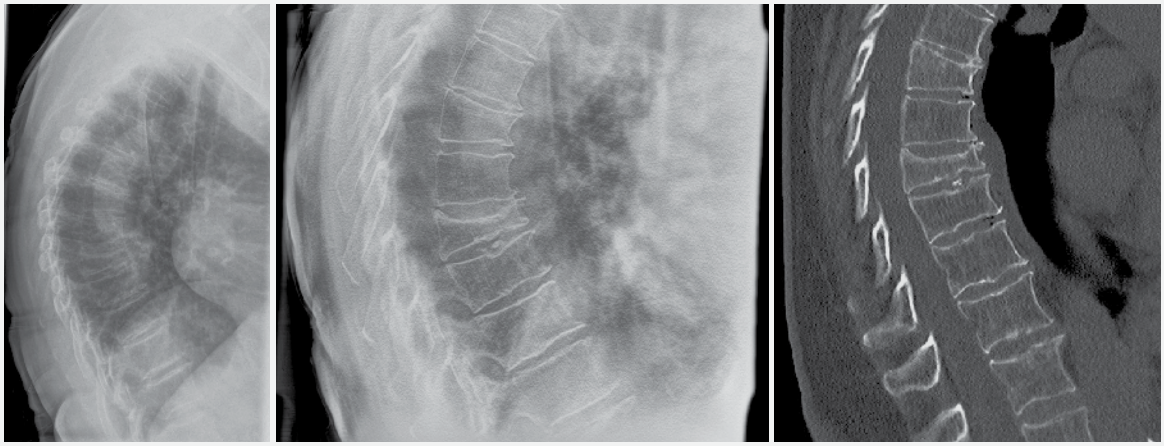


Abb. 6a: 2D-Projektion seitlich Abb. 6b: DTS (Schicht 7) Abb. 6c: CT-Rekonstruktion

DTS-Aufnahmeparameter: 80 kV, 74 mAs insgesamt, 21 Schichten, Schichtdicke 2 mm, Rekonstruktionsqualität hoch

Mehrwert der Tomosynthese: Eine neuere BWK 8 Fraktur wird durch die Tomosynthese genauso diagnostiziert wie durch die CT-Untersuchung. Zusätzlich ist eine ältere BWK 6 Fraktur sichtbar.

Fallbeispiel 3:

Indikation: 94-jähriger Patient; mögliche Fraktur (ja/nein) nach Distorsion von Unterschenkel und Knöchel.

Abb. 7a: 2D-Projektion

Abb. 7b: DTS (Schicht 17)

DTS-Aufnahmeparameter: 60 kV, insgesamt 37 mAs, insgesamt 13 Schichten, Schichtdicke 2 mm, Rekonstruktionsqualität hoch

Mehrwert der Tomosynthese: Eine Weber-B-Fraktur, die nicht in dorsaler oder ventraler Richtung orientiert ist (und daher in einer AP und lateralen Projektion nur schwer oder gar nicht erfasst werden kann), ist deutlich sichtbar.

Die in diesem Abschnitt skizzierten Fälle zeigen, dass in der muskuloskelettalen Röntgendiagnostik spezifische klinische Indikationen identifiziert und gruppiert werden können, die von einer DTS profitieren, die ergänzend zur Standard-2D-Bildgebung - anstatt einer CT- oder MRT-Konsultation - durchgeführt wird. Dazu gehören Indikationen wie die Bestimmung der postoperativen Osteosynthese, neue oder bestehende Wirbelkörperfrakturen und disangulierte Mikrofrakturen.

Verbesserte Produktivität

Neben den klinischen Aspekten können Patient und Krankenhaus bei bestimmten klinischen Indikationen von der Anwendung der digitalen Tomosynthese (DTS) unmittelbar nach 2D-Projektionen profitieren. Angenommen, die Dauer einer Standard-2D-Projektion (AP und lateral) beträgt zehn Minuten, einschließlich Patientenpositionierung sowie Starten und Beenden der Untersuchung auf der MUSICA Workstation, so würde die zusätzliche Tomosynthese nur einen Mehraufwand von maximal fünf Minuten bedeuten. Im Regelfall ist keine Neupositionierung des Patienten erforderlich. Zudem kann das Starten der Untersuchung, die Messung der Objektdicke und die Durchführung der Aufnahmesequenz (Sweep) innerhalb eines Zeitrahmens von ein oder zwei Minuten erfolgen.

Hinsichtlich der Patientenversorgung und der diagnostischen Effizienz verlängert die DTS die Untersuchungszeit um schätzungsweise 30 Prozent der Gesamtzeit einer 2D-Röntgentechnik. Darüber hinaus bestätigen Radiologen, dass die zusätzliche Zeit für das Lesen der Sequenzen auf der diagnostischen Workstation vernachlässigbar gering ist.

Schlussfolgerung: Digitale Tomosynthese – Eine Methode für eine schnellere Patientenversorgung und erhöhte Krankenhausproduktivität

Es wurden mehrere muskuloskelettale Fälle mit Indikationen, Bildbeispielen (2D und DTS) und ergänzenden Wertversprechen der DTS vorgestellt. Letztere umfassen einen kürzeren Diagnostikzyklus und eine deutliche Verbesserung der Patientenversorgung. Diese Fälle deuten darauf hin, dass bei nur geringem Mehraufwand (Verlängerung der 2D-Untersuchungszeit) und einer signifikant geringeren Strahlenbelastung (im Vergleich zur CT) ein klarer klinischer Nutzen erzielt wird.

Die Hauptvorteile der digitalen Tomosynthese von Agfa können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Schnellere Diagnose:** Die endgültige Diagnose ist möglich, während der Patient noch in der Klinik ist, Wartezeiten für Aufnahmen an nachfolgenden bildgebenden Modalitäten können vermieden werden.
- **Verbesserte Patientenversorgung:** Patienten müssen nur noch selten oder gar nicht neupositioniert werden, um die notwendigen klinischen Informationen zu erhalten. Seitliche Projektionen, die für den Patienten oft schmerzhaft sind, können vermieden werden.
- **Geringere Strahlendosis:** Im Vergleich zur CT ist eine signifikant geringere Dosis erforderlich, dies gilt auch für die ‚low-dose' CT.

Die digitale Tomosynthese-Lösung von Agfa bietet eine erhöhte Produktivität bei gleichzeitig deutlich verbesserter Patientenversorgung.

Für weitere Details über die DTS-Lösung von Agfa und die DR-Systeme DR 800 und DR 600 besuchen Sie bitte unsere Website unter www.agfa.com.

Danksagung:

Alle klinischen Bilder wurden mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. med. Dirk Lommel, Radiologie Wittlich, Deutschland, zur Verfügung gestellt.

Literatur (Auswahl):

[1] Tomosynthesis in musculoskeletal pathology; A. Blum, A. Noël, D. Regent, N. Villani, R.Gillet, P.G. Teixeira, 2018 doi.org/10.1016/j.diii.2018.05.001
[2] Dose Reduction in Tomosynthesis of the Wrist; A.S. Becke, K. Martini, K. Higashigaito, R. Guggenberger, G. Andreisek and T. Frauenfelder, American Journal of Roentgenology. 2017; 208: 159-164. 10.2214/AJR.16.16729
[3] Digital Tomosynthesis (DTS) for quantitative assessment of trabecular microstructure in human vertebral bone; W. Kim, D. Oravec, S. Nekkanty, J. Yerramshetty, E.A. Sander, G.W. Divine, M.J. Flynn, Y.N. Yeni, 2014 DOI:10.1016/j.medengphy.2014.11.005
[4] Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison with Radiography and CT, American Journal of Roentgenology 205(1):136-141, 2015 DOI: 10.2214/AJR.14.13833
[5] Use of tomosynthesis for erosion evaluation in rheumatoid arthritic hands and wrists; C. Canella, P. Philippe, V. Pansini, J. Salleron, R.M. Flipo, A. Cotten DOI: 10.1148/radiol.10100791
[6] Comparison of irradiation for tomosynthesis and CT of the wrist; A. Noël, M. Ottenin, C. Germain, M. Soler, N. Villani, O. Grosprêtre, A. Blum, J Radiol. 2011 Jan;92(1):32-9. DOI: 10.1016/j.jradio.2010.11.001. Epub 2011 2014.
[7] Digital Tomosynthesis to Evaluate Fracture Healing: Prospective Comparison with Radiography and CT; A.S. Ha A.Y. Lee, D.S. Hippe, S.H. Chou and F.S. Chew https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.14.13833

Die Autoren:

Friedrich Wanninger arbeitet im Agfa-Werk in München, Deutschland. Als Teamleiter ist er einer der Experten des Unternehmens für Bildqualität und Flachdetektoren. Er hat einen Diplom-Abschluss in Medizinischer Physik.

Vincent Van Nieuwenhove ist als Forschungsingenieur und Entwickler der Tomosynthese-Algorithmen am Hauptsitz von Agfa in Mortsel, Belgien, tätig. Er trägt einen Doktortitel in Physik.

Bernd Hoberg arbeitet in der Geschäftsstelle in Düsseldorf, Deutschland. Er ist DR-Produktmanager in Deutschland, Österreich und der Schweiz und vertritt das Unternehmen in mehreren technischen Ausschüssen.

www.agfa.com

D | Agfa Healthcare Germany GmbH | Paul-Thomas-Straße 58 | 40599 Düsseldorf, Deutschland | T +49 211 22986 0
AT | Agfa NV, Zweigniederlassung Österreich Diefenbachgasse 35/3/5/15 | 1150 Wien, Österreich | T +43 1 899 66 0
CH | AGFA, Mortsel/Belgien, Zweigniederlassung Dübendorf/Schweiz | Stettbachstrasse 7 | 8600 Dübendorf, Schweiz | T +41 44 823 71 11

© Copyright 2020 by Agfa NV, 2640 Mortsel, Belgien.

Agfa und der Agfa-Rhombus sind Warenzeichen der Agfa-Gevaert N.V., Belgien, oder ihrer Tochtergesellschaften. MUSICA ist ein Warenzeichen der Agfa N.V., Belgien. Alle anderen Markenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber und werden redaktionell ohne Absicht einer Rechtsverletzung erwähnt. Die Angaben in dieser Publikation sind nur für Veranschaulichungszwecke vorgesehen und repräsentieren nicht unbedingt Standards oder Spezifikationen, die von Agfa erfüllt werden müssen. Alle hierin enthaltenen Informationen sind nur als Leitfaden vorgesehen und die in dieser Publikation beschriebenen Eigenschaften von Produkten und Dienstleistungen können jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden. Bestimmte Produkte und Dienstleistungen sind in Ihrer Region möglicherweise nicht verfügbar. Bitte nehmen Sie bei Fragen zur Verfügbarkeit Kontakt mit Ihrem regionalen Ansprechpartner auf. Agfa bemüht sich gewissenhaft um die Bereitstellung möglichst fehlerfreier Informationen, übernimmt jedoch keine Haftung für etwaige typographische Fehler.

DE202004