

---

## Reduktion der Strahlenexposition mittels Speicherfolienradiographie

J.-P. Heyne

### Einleitung

Üblicherweise werden heute bei der Speicherfolienradiographie dieselben Belichtungswerte wie beim Film-Folien-System eingesetzt. Eine Dosisreduktion ist damit nur statistisch durch die Reduktion der Fehlaufnahmen gegeben. Eine Verringerung der Exposition bei jeder Röntgenaufnahme ist praktisch nur durch niedrigere Belichtungswerte, vor allem Reduktion des Stromstärke-Zeit-Produktes möglich. Dabei führt die Dosisreduktion durch Senkung des mAs-Produktes aufgrund des hohen Dynamikumfangs des digitalen Systemes zu scheinbar normalbelichteten (statt unterbelichteten) Aufnahmen, die jedoch einen höheren Rauschanteil aufweisen. Das Bildrauschen beeinträchtigt die Beurteilbarkeit anfangs nicht, bei weiterer Dosisreduktion sind die Aufnahmen für bestimmte Fragestellungen nach dem Prinzip „so wenig Röntgenstrahlung wie nötig“ noch ausreichend aussagekräftig.

Aus dieser Überlegung heraus ergab sich das Ziel der vorliegenden Arbeit: Wie weit kann die Strahlendosis unter Einsatz der Speicherfolienradiographie generell und fragestellungsbezogen gesenkt werden unter Berücksichtigung des dosiskritischsten Untersuchers?

### Material und Methode

Ein original knöchernes Schädel- und Handphantom sowie jeweils das Becken und die Lendenwirbelsäule von zwei Phantomen (jeweils 3M) und zwei Leichnamen (Institut für Anatomie) wurden digital a.p. geröntgt (Schädel, Hand: ADC-70; Becken, LWS: ADC compact, Agfa). Das Handphantom wies eine Zyste, zwei Frakturen und eine „Amputation“ auf; Glassplitter und Steinchen als Fremdkörper wurden in den Strahlengang gebracht. Die Beckenphantome wiesen unterschiedliche pathologische Befunde auf; Muskulatur, Verkalkungen und Darm wurden durch externes Material imitiert. Damit sollten regional realere Gegebenheiten mit Erzeugung von Streustrahlung erreicht werden. Bei den beiden Leichnamen handelte es sich um einen 65- und einen 74-Jährigen Mann (ca. 70–80 und 100 kg Körpergewicht) mit unterschiedlich ausgeprägten degenerativen Veränderungen.

Der Schädel bot mit seinen feinen knöchernen und Nahtstrukturen sehr gute Möglichkeiten zur Beurteilung anatomischer Details. Augenlinsen und Speicheldrüsen als strahlensensible Organe liegen im Strahlengang, die Schilddrüse im Streustrahlungsbereich. Die Untersuchung am Handphantom ermöglichte die Beurteilung feiner Details (z.B. Grenzlamelle); Fragestellungen in der Arthritisdiagnostik konnten berücksichtigt werden. Hohe Relevanz für eine Strahlendosisreduktion haben Aufnahmen von Becken und Lendenwirbelsäule. Becken und Lendenwirbelsäule der zwei Leichname

ermöglichten zum einen die Beurteilung echter Weichteilstrukturen, zum anderen wurde die Wirkung der vermehrten Streustrahlung aufgrund unterschiedlich ausgeprägter Muskulatur und Fettgewebe erfasst.

Die Aufnahmebedingungen blieben konstant und entsprachen den Leitlinien der Bundesärztekammer. Bei konstanter Spannung wurde das mAs-Produkt stufenweise gesenkt und dabei die Eintrittsdosis mittels Halbleiterdetektor des Dosimax (Wellhöfer) ermittelt. Von allen Aufnahmen wurde eine Hardcopy angefertigt.

Fünf Untersucher (Fach- und Assistenzärzte) beurteilten die Aufnahmen nach charakteristischen Bildmerkmalen, kritischen Strukturen, Ortsauflösung und Bildkontrast, an Hand, Becken und Lendenwirbelsäule auch nach den pathologischen Befunden. Es sollte eingeschätzt werden, ob die Aufnahmen sehr gut, ausreichend, unsicher oder nicht beurteilbar waren. Im Falle einer schon unsicheren Beurteilbarkeit war anzugeben, ob die Aufnahme entsprechend vorgegebener klinischer Fragestellungen wie Frakturausschluss, Frakturheilung, mögliche Arthritis/Osteomyelitis/Osteolysen, Stellungskontrolle, Fremdkörpersuche etc. wiederholt werden müsste bzw. ausreichend beurteilbar ist. Die Grenze ausreichend/unsicher darf in der Praxis nicht überschritten, kann jedoch fragestellungsbezogen verschoben werden. So kann eine bei der Frage nach Arthritis unsicher beurteilbare Aufnahme zur Stellungskontrolle nach Fraktur völlig ausreichend sein.

## **Ergebnisse**

### **Schädel**

Die Eintrittsdosis am Schädel betrug bei 73 kV/22 mAs 0,435 mGy. Bis zu einer durchschnittlichen Dosis von 71% waren die Aufnahmen sehr gut, bis 31% (mindestens 56%) ausreichend beurteilbar. Die Kalotte war im Durchschnitt mit 16% (mindestens 40%) der Dosis beurteilbar, die übrigen Strukturen mit 28–40% (mindestens 50–56%). Der Bildkontrast war bis mindestens 18% der Dosis ausreichend. Die Mindestwerte beziehen sich jeweils auf den dosisikritischsten Untersucher.

### **Hand**

Die Eintrittsdosis betrug bei 50 kV/5 mAs 31  $\mu$ Gy. Bis zu einer durchschnittlichen Dosis von 36% waren die Aufnahmen sehr gut, bis 26% (mindestens 52%) ausreichend beurteilbar. Hinsichtlich der einzelnen Knochenstrukturen schätzten die Untersucher die Aufnahmen bis zu einer durchschnittlichen Dosis von 17–25 % (mindestens 39–55%) als noch ausreichend ein. Der Bildkontrast war bis mindestens 22% der Dosis ausreichend.

### **Becken**

Die Eintrittsdosis betrug bei 75 kV objektabhängig 1,08–6,90 mGy. Bis zu einer durchschnittlichen Dosis von 61–71% waren die vier verschiedenen Becken von den fünf Untersuchern als sehr gut, bis 34–40% (mindestens 50–78%) als ausreichend beurteilbar eingeschätzt worden. Zur Beurteilung von Hüftgelenksspalt und Verkalkungen reichen 9–18% (mindestens 17–35%) der Ausgangsdosis, für die regionaltypische

Spongiosa oder das Os sacrum im Durchschnitt der Untersucher 30–56% (mindestens 50–78%).

### **Lendenwirbelsäule**

Die Eintrittsdosis betrug bei 75 kV objektabhängig 2,67–8,14 mGy. Bis zu einer durchschnittlichen Dosis von 40–64% waren die vier verschiedenen Lendenwirbelsäulen von den fünf Untersuchern als sehr gut, bis 18–35% (mindestens 26–44%) als ausreichend beurteilbar eingeschätzt worden. Zur Beurteilung von regionaltypischer Kortikalis und Verkalkungen reichen 8–23% (mindestens 13–28%) der Ausgangsdosis, für die regionaltypische Spongiosa oder das Os sacrum im Durchschnitt der Untersucher 19–36% (mindestens 26–44%).

### **Schlussfolgerungen**

Das Speicherfoliensystem ist heute vorbehaltlos einsetzbar bei Röntgenaufnahmen des Schädels, der Hand, des Beckens, der Lendenwirbelsäule a.p. und somit auch für das übrige Skelett. Dabei kann die Strahlenexposition generell und darüber hinaus fragestellungsbezogen durch Verringerung des mAs-Produktes reduziert werden.

### **Schädel**

Für die ausreichende Beurteilbarkeit einer möglichen Fraktur, der Nasennebenhöhlen, zur Vermessung kann die Dosis auf mindestens 56% (Ø 31%), 40% (Ø 27%), 18% (Ø 14%) gesenkt werden. Mittels Speicherfolienradiographie wird damit bei 73 kV ein fragestellungsbezogenes mAs-Produkt möglich, so z.B. zum Frakturausschluss 73 kV/12,5 mAs und zur Schädelvermessung 73 kV/4 mAs.

### **Hand**

Für den ausreichenden Frakturausschluss kann die Dosis auf mindestens 39% (Ø 20%) gesenkt werden, zur ausreichenden Beurteilbarkeit einer Frakturheilung und möglicher entzündlicher Veränderungen auf mindestens 42% (Ø 23%), zur Stellungskontrolle und Fremdkörpersuche auf mindestens 23% (Ø 14%). Mittels Speicherfolienradiographie wird damit bei 50 kV folgendes fragestellungsbezogenes mAs-Produkt angegeben: Frakturausschluss 2 mAs, Frakturheilung, Arthritis und Osteomyelitis 2,2 mAs, Stellungskontrolle und Fremdkörpersuche 1,25 mAs. Zur Weichteilbeurteilung können 42 kV/4 mAs empfohlen werden.

### **Becken**

Zum Frakturnachweis bzw. -ausschluss kann die Dosis auf mindestens 39% (Ø 23%), zur Beurteilung von Sacroiliitis, Osteolysen, Demineralisation auf mindestens 78% (Ø 34% bis 36%) und zur Stellungskontrolle nach Fraktur auf mindestens 15% (Ø 9%) gesenkt werden.

### **Lendenwirbelsäule**

Zum Frakturachweis bzw. -ausschluss kann die Dosis auf mindestens 28% ( $\emptyset$  17%), zur Beurteilung von Sacroiliitis, Osteolysen, Demineralisation auf mindestens 44% ( $\emptyset$  22% bis 26%) und zur Stellungskontrolle nach Fraktur auf mindestens 25% ( $\emptyset$  10%) gesenkt werden.

Objektbezogene fragestellungsabhängige mAs-Werte für Becken/LWS müssen abgeschätzt werden, da konkrete mAs-Wert-Angaben aufgrund der unterschiedlichen Patientendicke (Belichtungsautomatik) nicht möglich sind.

Die hohe Leservariabilität an der Grenze von noch ausreichend zu schon unsicher beurteilbaren Aufnahmen ist bei einer subjektiven Bildbeurteilung und noch wenig Erfahrung bei Aufnahmen mit erhöhtem Bildrauschen zu erwarten. Der erfahrenste Untersucher war in unserer Untersuchung auch nicht der dosiskritischste. Die Belichtungswerte müssen jedoch in der klinischen Routine immer ausreichend beurteilbare Aufnahmen ergeben. Aus diesen Gründen geht unsere Empfehlung nicht vom Durchschnittswert, sondern vom *untersucherabhängig höchsten Grenzwert* aus. Mit diesen empfohlenen mAs-Produkt-Werten wird der unerfahrene, unsichere Untersucher berücksichtigt und ist ein Spielraum zur weiteren Dosisreduktion bei dem erfahrenen Untersucher, bei schwierigen Belichtungsbedingungen oder unterschiedlichen Objektdicken gegeben. Wenn Erfahrungen mit dosisgeminderten Aufnahmen gesammelt sind, kann eine weitere mAs-Senkung im Konsens angestrebt werden.

Die fragestellungsbezogene mAs-Anwahl entspricht den Leitlinien, die eine Dosisminderung ohne Einschränkung der diagnostischen Information bei geeignetem Strahlenschutz (sprich „so wenig Röntgenstrahlung wie nötig“) fordert sowie den Aussagen der Konsensuskonferenz „Digitale Radiographie“ (München März 1996), dass die Anforderungen an die Detailerkennbarkeit von der klinischen Fragestellung abhängig sind und ein Konzept, das eine fragestellungsbezogene Auswahl der Aufnahmeparameter favorisiert, sinnvoll ist.

Mit konstanter Spannung und variablen mAs ist damit in der klinischen Routine die einfache Handhabung einer fragestellungsbezogenen mAs-Anwahl gegeben. Weitere Untersuchungen und eine Überprüfung im klinischen Einsatz sind erforderlich und Grundlage für die Anpassung der Ärztlichen Leitlinien an die systemspezifischen Besonderheiten der Speicherfolienradiographie.