

Einsatz eines dentalen Röntgengerätes zur intraoperativen Verlaufskontrolle bei orthopädischen Eingriffen

Daniel Koch und Daniel Zulauf

In Kürze

Das Einsatzgebiet eines mobilen Dentalröntgengerätes mit Schwenkarm wird auf das Gebiet der Kleintierorthopädie erweitert. Dort dient es als Ersatz eines C-Bogens, welcher aus finanziellen und Strahlenschutzgründen keine weite Verbreitung in der Veterinärmedizin mehr findet. In diesem Beitrag wird beschrieben, wie die Entscheidungsfindung bei orthopädischen Eingriffen erleichtert, der Implantatsitz vor dem Schliessen der Haut kontrolliert und damit Narkosezeit und Risiken minimiert werden. Die Indikationen lassen sich erweitern.

Einführung

In der Kleintierchirurgie besteht nicht selten das Bedürfnis, einer intraoperativen Hilfestellung durch bildgebende Verfahren. Dazu gehören unter anderen die Überprüfung einer korrekten Lagerung des Patienten bei Hüftprothesen, die Bestätigung der Lokalisation bei dekompressiver Wirbelsäulen Chirurgie oder die Sicherstellung des Sitzes von Implantaten. Die klassische Methode für diesen Zweck ist der 1955 eingeführte mobile C-Bogen. Dies ist ein auf Röntgentechnik beruhendes Medizingerät, bei welchem die Röntgenquelle und der Röntgendetektor über einen C-förmigen Bogen fest miteinander verbunden sind. Der Schwenkarm lässt sich in verschiedenen Ebenen bewegen, wodurch er sich für den Einsatz am anästhesierten respektive sich in Operation und damit praktisch immobil befindlichen Patien-

ten hervorragend eignet. Moderne Geräte sind heutzutage mit Flat Panels ausgerüstet (Krettek und Gebhard, 2012).

Aus Kostengründen werden C-Bögen in der Veterinärmedizin nur selten eingesetzt (Guiot und Dejardin, 2012; Kaur et al., 2015). Darüber hinaus wird bei der Durchleuchtung, für welche die C-Bögen entwickelt wurden, gerade bei älteren Geräten eine erhebliche Strahlenmenge generiert, welche im Vergleich zur konventionellen Röntgentechnik in einer 10 – 30-fachen Strahlenexposition mündet (Schütz et al., 2016). Das Fehlen einer intraoperativen Bildgebung führt dazu, dass manche Operationsfehler erst bei der unmittelbaren postoperativen Kontrolle entdeckt werden und ein Folgeingriff mit Zusatzbelastung für den Patienten und Zusatzkosten entsteht. Mit der Verfügbarkeit von mobilen Dentalröntgengeräten mit 3-Achsen-Schwenkarm eröffnen sich nun ähnliche Einsatzmöglichkeiten wie mit dem C-Bogen. Die Autoren präsentieren in ihrem Beitrag ihre eigenen Erfahrungen mit zwei leicht unterschiedlichen Techniken in der orthopädischen Kleintierchirurgie.

Fälle mit Speicherfolie in Röntgenkassette

Zum Einsatz kam ein dentaler Röntgenerator (X-Mind DC Mobile, Aceton, France), welcher auf einem drehbaren Stativ und einem zweiachsigen Schwenkarm montiert ist. Aus Strahlenschutzgründen ist eine ca. 15 cm lange transpa-



Abb. 1: Anordnung von Dentalröntgengerät, Objekt und Röntgenkassette zur Anfertigung von intraoperativen Röntgenbildern.

rente strahlenundurchlässige Hülse aufgeschraubt. Das Ende der Hülse wurde jeweils ca. 10 cm über das darzustellende Objekt geschoben. Als Detektor kam eine digitale Röntgenkassette des Formates 20 x 30 cm zum Einsatz. Diese wurde vom Anästhesiepersonal unter den Patienten geschoben und lag somit direkt auf dem Operationstisch. Dabei kam der sterile Operationsbereich nicht in Kontakt mit der Kassette oder dem unsterilen Personal. Bei der Auslösung des Generators mittels Handschalter trug die betreffende Person Schutzkleidung und die Chirurgen verliessen den Raum (Abb. 1).

Fall 1:

Eine zweieinhalb Jahre alte Katze erlitt eine distale Humerusfraktur. Die Fragmente waren sehr klein. Nach Insertion eines intramedullären Nagels wurde eine winkelstabile Platte auf die mediale Seite des Humerus geschraubt. Um den Sitz der Nagelspitze und die Position der distalen Schrauben zu prüfen, wurde eine intraoperative Aufnahme angefertigt (Abb. 2). Hier war zu erkennen, dass die Platte zu weit kranial sass und die Position verändert werden musste (Abb. 3).

Fall 2:

Nach lateraler Ellbogenluxation und erstem misslungenen konservativen Heilungsversuch nach Reposition und Carpalschlinge musste eine fünf Jahre alte Katze chirurgisch versorgt werden. Das mediale Seitenband war am *Epiondylus humeri* abgerissen und rückgebildet. Eine 2,7 mm Cortexschraube wurde als Anker in den Humerus eingedreht. Deren Sitz sowie die Vermeidung von Gelenkanteilen konnte mit dem Dentalröntgengerät geprüft und als korrekt beurteilt werden (Abb. 4).

Fall 3:

Bei einem zehn Jahre alten Münsterländer wurde ein Osteosarkom festgestellt. Um im Rahmen der folgenden onkologischen Behandlung diagnostische Sicherheit zu erhalten, wurde eine Biopsie entnommen und präventiv eine Platte an den medialen Humerusschaft geschraubt. Da der Knochen makroskopisch keine Abnormitäten zeigte, wurden der Sitz der Platte und der Biopsiestelle mit einem intraoperativen Röntgenbild bestätigt (Abb. 5).

Fall 4:

Iliosakralgelenkdiastasen verlangen in vielen Fällen eine stabile Fixation des Iliums am Sakrum. Letzteres ist sehr dünn und beim Bohren des Schraubenloches werden hohe anatomische Kenntnisse vorausgesetzt (*de Camp, 2005*). Aus diesem Grund ist es für den Chirurgen hilfreich, wenn die Schraubenposition zumindest aus einer Richtung verifiziert werden kann und damit eine unbeabsichtigte Verankerung im 7. Lendenwirbel oder zu weit kaudal verhindert werden kann (Abb. 6).



Abb. 2: Ungenügende Plattenfixation eines Humerus einer Katze nach distaler Trümmerfraktur und Setzen eines intramedullären Nagels.



Abb. 3: Gleicher Patient wie in Abbildung 2, die Fraktur wurde mit einer längeren und besser positionierten Platte versorgt.



Abb. 4: Kontrolle des Sitzes einer Ankerschraube im medialen Epikondylus einer Katze.

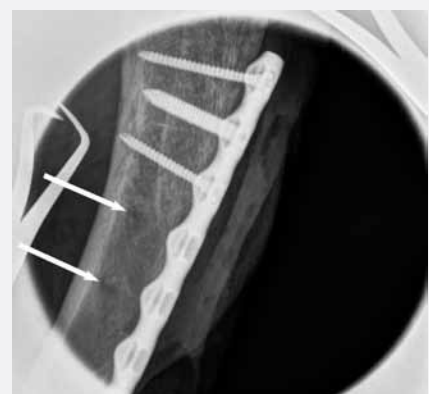


Abb. 5: Nach Sicherung des Humerus mit einer Platte wurde mittels intraoperativem Röntgenbild der Ort der Biopsieentnahmen (Pfeile) überprüft.



Abb. 6: Bei Iliosakralgelenkdiastasen bestehen wenig Platz und schlechte intraoperative Übersichtlichkeit, weswegen eine Kontrolle des Implantatsitzes vor Operationsende sinnvoll ist.



Abb. 7: Provisorische Fixation eines Radius nach Korrekturosteotomie; die Längsachse wurde als korrekt beurteilt.

Fall 5:

Für eine nach Fugentrauma der Ulna aussenrotiertes und valgisiertes Antebrachium wurde eine Korrekturosteotomie geplant. Der Patient war ein acht Monate alter Rehpinscher. Nach erfolgten Knochenschnitten wurde die eine winkelsta-

bile Platte zunächst mit je 1 Schraube im distalen und proximalen Fragment provisorisch fixiert und mit Hilfe des intraoperativen Röntgenbildes die korrekte axiale Ausrichtung geprüft (Abb. 7). Erst anschliessend wurden die restlichen Schrauben platziert.



Abb. 8: Präoperatives Röntgenbild einer Talusfraktur bei einer Katze (normale Radiographie).



Abb. 9: Intraoperative Kontrolle der Position der Bohrhülse.



Abb. 10: Intraoperative Kontrolle der Osteosynthese mit Dentalsensor (II Aufnahme).



Abb. 11: Intraoperative Kontrolle der Osteosynthese mit Dentalsensor (ap Aufnahme).

Fälle mit Dentalsensor

Bei diesem Verfahren wurde derselbe Röntgenerators verwendet. Anstelle einer Röntgenkassette wurde ein digitaler Röntgensensor (Sopix 2 USB Sensor Size 2) eingesetzt, welcher mittels Kabelverbindung mit einem Laptop verbunden war. Der Röntgensensor und das Kabel wurden mit einem sterilen Einwegschutz aus der endoskopischen Chirurgie überzogen und konnten so vom Chirurgen im Operationsfeld manipuliert werden. Entweder wurde der Röntgensensor zwischen dem zu röntgendem Objekt und der sterilen Tischabdeckung eingeklemmt oder mittels sterilem Klebeband am Objekt befestigt. Dann konnte der Röntgenerators wie oben beschrieben von einer unsterilen Person nahe an das Objekt gebracht werden. Ungeschützte Personen konnten den Raum verlassen.

Fall 6:

Eine dreijährige Katze wurde aufgrund

einer intraartikulären dislozierten Talusfraktur (Abb. 8) behandelt. Um eine korrekte Reposition zu gewährleisten, wurde diese mittels intraoperativem Röntgen kontrolliert (Abb. 9) und dann mittels einer 1,5 mm Cortikalisschraube fixiert. Die Fixation wurde ebenfalls kontrolliert (Abb. 10 und 11). Eine postoperative Röntgenkontrolle entfiel.



Abb. 12: Mit einem vergleichsweise dünnen Kirschnerdraht wird die Richtung evaluiert.

Fall 7:

Eine sechsjährige Katze wurde infolge nicht-reduzierbarer komplexer distaler Humerusfraktur behandelt. Das distale Fragment war sehr klein. Es wurde ein transcondylärer 0,8 mm Kirschnerdraht platziert und dessen Position kontrolliert (Abb. 12). Danach wurde ein transcondylärer 1,6 mm Nagel mit positivem Gewinde nachgeschoben (Abb. 13).

Fall 8:

Bei einer zehnjährigen Katze wurde eine distale intraartikuläre Tibiafraktur mit kranialem Chipfragment (Abb. 14) und sekundärer tibiotarsaler Instabilität behandelt. Aufgrund der unübersichtlichen Situation wurde die exakte Fixation mittels 1,5 mm Cortikalisschraube mittels Röntgenbild kontrolliert (Abb. 15).

Fall 9:

Bei einer fünfjährigen Katze wurde eine carpometacarpale Instabilität und Metacarpalfraktur mittels intramedullärem Pinning fixiert (Abb. 16) Das intraoperative Röntgenbild wurde zu Hilfe genommen, um eine Penetration der Pins ins radiocarpale Gelenk auszuschließen.

Fall 10:

Bei einer fünf Monate alten Katze wurde eine Salter-Harris Typ I Fraktur der distalen Tibia und eine diaphysäre Fibulafraktur mittels Crosspinning fixiert (Abb. 17 und 18). Durch das intraoperative Bild entfiel das postoperative Röntgen.



Abb. 13: Der endgültige Sitz des Gewindenagels als Teil eines Fixateur externe bei einer distalen Humerusfraktur.



Abb. 14: Darstellung des Fragmentes an der distalen Tibia einer Katze.



Abb. 15: Intraoperative Kontrolle des Implantates und Fragmentsitzes unter besonderer Berücksichtigung der artikulären Anteile.



Abb. 16: Bei dieser Technik der partiellen Arthrodese dürfen die Kirschnerdrahtspitzen das Radiocarpalgelenk nicht penetrieren, sollten aber so weit als proximal zu liegen kommen.



Abb. 17: Intraoperative und gleichzeitig postoperative Kontrolle nach Fixation einer Salter-Harris-Fraktur der distalen Tibia (II Aufnahme).



Abb. 18: Gleicher Patient wie in Abb. 17; man beachte insbesondere den Abstand der Kirschnerdrähte zum Gelenk respektive zur Fraktur.

Diskussion

Technische Anpassungen:

Betreffend Einsatz des Dentalröntengerätes bestehen Auflagen zum Strahlenschutz (1998). Nationale Vorschriften sind zu beachten. In der Schweiz wird verlangt, dass ungeschütztes Personal einen Abstand von zwei Meter zur Strahlenquelle haben soll. Geschütztes Personal kann dichter stehen. Besondere Anforderungen an den Raum werden nicht gestellt. Die Vorsichtsmaßnahmen sind bei den im Beitrag geschilderten Fällen eingehalten worden. Zum Zeitpunkt der Strahlenbelastung befand sich nur eine Praxisassistentin mit Schutzkleidung

beim Patienten. Die Auslösung fand mit dem Fernauslöser statt.

Das Einhalten der Sterilität beim Röntgenvorgang stellte sich als recht einfach heraus. Die Röntgenkassette wurde nach Anheben des Operationstuchrandes unter den Patienten geschoben. Im Falle der Standardkassette mit erheblich größeren Dimensionen als das zu untersuchende Detail war dies recht einfach. Die steril arbeitenden Chirurgen schoben dann nicht notwendige Instrumente zur Seite, so dass nur Tuchklemmen und Implantate im Strahlenfeld verblieben. Einzig bei der Operation der Iliosakralgelenkdiastase wurde die Röntgenkassette schon vor dem Operationsbeginn platziert. Im Fall des Digitalsensors muss mit einer sterilen

Einweghülle gearbeitet werden. Dieser Vorgang muss aber nur einmalig erfolgen, da der Sensor nach der Belichtung gleich wieder einsatzbereit ist.

Die Strahlendosis musste angepasst werden. Im Falle der Röntgenkassette haben wir dazu eine kleine Tabelle geführt, nach welcher mittels ca. sieben Versuchen folgende Richtwerte ermittelt werden konnten: Für Objekte zwischen 2 cm und 5 cm, wie zum Beispiel Extremitäten der Katze, haben wir im Vergleich zu den Werten für Hundecanini die Dosis verdoppelt. Für Objekte bis 10 cm Dicke wählten wir die dreifache Dosis. Die entsprechenden Werte sind abhängig von der Strahlenquelle und dem Sensor und sind individuell zu erstellen. Im Falle des Digitalsensors ist die Strahlendosis in der Regel kleiner als bei der ersten Technik und entspricht etwa der Darstellung eines Caninus beim großen Hund. Die Bilder standen im Fall des Digitalsensors unmittelbar, bei der Röntgenkassette innerhalb von ca. 60 Sekunden zur Verfügung.

Ein Unterschied in den beschriebenen Techniken besteht in der Flexibilität der intraoperativen Positionierung der Objekte im Röntgenstrahl. Hier ist das Verfahren mit Digitalsensor dem C-Bogen und dieser der Röntgenkassette überlegen. Andererseits können mit Dentalsensor und Röntgenkassette störende Objekte mit Operationstische oder Instrumente

weitestgehend ausgeblendet werden. Bei den oben vorgestellten Fällen wurden aber größtenteils Gliedmassen untersucht, welche ihrerseits eine gewissen Mobilität erlauben. Der Nachteil des Digitalsensors besteht in der geringen Größe des Röntgenbildes, welches oft nur einen kleinen Ausschnitt des Operationsfeldes sichtbar macht. Gezielt eingesetzt gibt er dem Chirurgen aber oft alle nötigen Informationen. In gewissen Fällen wird sogar ein postoperatives Kontrollröntgenbild unnötig.

Einsatzmöglichkeiten:

Die hier vorgestellten Fälle stammen allesamt aus der orthopädischen Chirurgie. Wegen der geringen Objektdicke eignen sich Katzen hervorragend für den intraoperativen Einsatz des Dentalröntgengerätes. Wie das Beispiel des Hundes zeigt, sind aber auch Objekte bis zu 10 cm darstellbar. Die Positionierung von Becken zur Hüftchirurgie, so wie es in der Humanmedizin Standard geworden ist (Jolles *et al.*, 2004) und mit C-Bogen in der Veterinärmedizin fallweise umgesetzt wird (Vezzoni *et al.*, 2013), muss erst noch evaluiert werden. Es ist vorstellbar, dass mit zunehmender Schichtdicke technische Limiten des Dentalröntgengerätes zu Tage treten.

Die Indikationen ergaben sich aus der Sicherstellung des operativen Erfolges, bevor die Operationswunde verschlossen wurde und allenfalls Bestecke bereits vom sterilen Beistelltisch entfernt wurden. Damit konnte sehr viel Zeit gespart werden. Exemplarisch soll hier die Fixation des traumatischen separierten Iliosakralgelenkes der Katze herangezogen werden, weil hier die Komplikationsrate und Re-Operationsrate sehr hoch ist (Tomlinson, 2003). Mit der von uns vorgeschlagenen intraoperativen Kontrolle werden Fehler bei der Insertion des Implantats so früh erkannt, dass Folgeoperationen unterbleiben können. Dem Zeitgewinn, der Stressreduktion und der Kürzung der Narkosedauer muss die Strahlenbelastung für Personal und Patient gegenübergestellt werden. Sie ist deutlich geringer als bei einer fluoroskopischen Aufnahme bei einem C-Bogen (Guiot und Dejaradin, 2012; Schütz *et al.*,

2016). Es war in unseren Fällen meistens so, dass nach erfolgter intraoperativer Radiographie auch noch zwei postoperative Bilder folgten. Auf diese könnte verzichtet werden, wenn die wichtigen Informationen vorlägen.

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen kann das Anwendungsgebiet durchaus in die korrekte Wahl des Zuganges bei dekompressiver Chirurgie bei Bandscheibenleiden oder mit Hilfe von Kontrastmitteln auch in die intraoperative Identifikation von ektopischen Uretern oder portosystemischen Shunts erweitert werden. Bei Ostektomien oder Neoplasien kann der Abstand des Schnittrandes zum veränderten Gewebe oder einem Gelenk rasch bestimmt werden.

Schlussfolgerungen

Der Einsatz des dentalen Röntgengerätes zur intraoperativen Darstellung von Position der Implantate oder Osteotomie stellt eine willkommene Alternative zum C-Bogen dar. Der Verzicht auf bewegliche Bilder aus einem C-Bogen stellt bei unseren Indikationen keinen Nachteil dar. Durch das erweiterte Anwendungsgebiet des Digitalröntgengerätes wird das sichere Applizieren von Implantaten gefördert und es lässt sich Operations- und Narkosezeit einsparen. Eine intraoperative Prüfung des orthopädischen Eingriffes erhöht ganz allgemein die Sicherheit für Chirurgen und Patienten und erleichtert den Eingriff.

Literatur

1. Bundesrat (1998): *Verordnung über den Strahlenschutz bei medizinischen Röntgenanlagen vom 20. Januar 1998*. Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern.
2. de Camp C. (2005): *Fracture-luxation of the sacro-iliac joint*. *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. Johnson A., Houlton J. und Vannini R. Stuttgart, Thieme: 164-169.
3. Guiot L. P., Dejaradin L. M. (2012): *Perioperative imaging in minimally invasive osteosynthesis in small animals*. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 42: 897-911, v.
4. Jolles B. M., Genoud P., Hoffmeyer P. (2004): *Computer-assisted cup placement techniques*

in total hip arthroplasty improve accuracy of placement. *Clin Orthop Relat Res*: 174-179.

5. Kaur A., Kumar A., Kumar D., Mohindroo J., Saini N. S. (2015): *Feasibility of C-arm guided closed intramedullary pinning for the stabilization of canine long bone fractures*. *Vet World* 8: 1410-1415.

6. Krettek C., Gebhard F. (2012): *Entwicklung der intraoperativen C-Bogenanwendung in der Unfallchirurgie*. *Unfallchirurg* 115: 100-106.

7. Schütz U., Beer M., Wild A., Oehler S., Kraus M. (2016): *Strahlenschutz bei C-Bogen-geschützten Wirbelsäulenprozeduren in Orthopädie und Unfallchirurgie*. *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis* 4: 224-237.

8. Tomlinson J. (2003): *Fractures of the pelvis*. *Textbook of Small Animal Surgery*. Slatter D. Philadelphia, W.B. Saunders: 1889-2001.

9. Vezzoni L., Montinaro V., Vezzoni A. (2013): *Use of a revision cup for treatment of Zurich cementless acetabular cup loosening*. *Surgical technique and clinical application in 31 cases*. *Vet Comp Orthop Traumatol* 26: 408-415.

Korrespondenzadressen:

Daniel Koch, Dr. med. vet. ECVS
Daniel Koch Kleintierchirurgie AG
Ziegeleistrasse 5
CH-8253 Diessenhofen

Daniel Zulauf, Dr. med. vet. ECVS
Tierklinik am Sonnenberg
Schaufelgasse 28
CH-4313 Möhlin