

Originalbericht

Kleintierklinik Mönchengladbach, Beltinghovener Strasse 1, 41065 Mönchengladbach
und Radiologiepraxis, Koloniestrasse 56, 47057 Duisburg

Dreidimensionale, computertomographische Angiographie beim Hund

Michael STREICHER, Tim Oliver KINDLER

Zusammenfassung

Die technische Weiterentwicklung in der computertomographischen Bildgebung führt zu höheren Bildauflösungen bei verkürzten Rotationszeiten. Die Anwendung dieser High-End-Geräte ermöglicht eine detailgetreue Darstellungen feinsten Blutgefäße, Gewebeeränderungen und des bewegten Herzens. So kann innerhalb weniger Sekunden ein detailliertes, dreidimensionales Bild der Herzkranzgefäße dargestellt werden. In der Humanmedizin steht die Erkennung von Stenosen im Vordergrund, um so das Risiko für die lebensbedrohliche Erkrankung Herzinfarkt exakt bestimmen und rechtzeitig einzugreifen oder vorbeugender Maßnahmen einleiten zu können Welche dreidimensionalen Darstellungsmöglichkeiten mit Hilfe eines 64-zeiligen Computertomographen bei einem Hund möglich sind, möchte dieser Bericht aufzeigen.

Summary

(erfolgt sobald angenommen)

Einleitung

Entdeckung des Blutkreislaufs

Seit dem 2. Jahrhundert nach Christus glaubte man an die Theorie des griechischen Arztes Galenus, nach der das Blut in der Leber produziert wird, im Herzen durch Luft aus der Lunge angereichert wird und dann durch Poren in den Herzkammerwänden in die Adern fließt. Die Adern bringen das Blut zu den Organen, welche das Blut als ihre Nahrung verbrauchen. So lehrte es die Medizin fast eineinhalb Jahrtausende, bis am 17. April 1616 William Harvey (1578-1657) seine neue Theorie über den Kreislauf des Blutes bei einer Vorlesung in London vorstellt. Er demonstriert sie in einem einfachen Experiment, indem er einer Versuchsperson zeitweise den Unterarm abbindet. Die geschwollenen Venen zeigen, dass hier Blut nicht zurückfließen kann. 1628 veröffentlichte er sein 72seitiges Werk *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* oder kurz: *De Motu Cordis* (Anatomische Studien über die Bewegung des Herzens und des Blutes). Die Darstellung der Blutgefäße beschränkte sich zum Ende des 19. Jahrhunderts auf anatomische Studien.

Entdeckung der Röntgenstrahlung

Kurz nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Conrad Röntgen im November 1895 wurden erste Versuche zur röntgenologischen Gefäßdarstellung unternommen (Beck, 1992). Die erste Angiographie einer menschlichen Leichenhand, wurde Anfang 1896 durch Haschek und Lindenthal publiziert (Beck 1992, Zeitler, 1997; Rieger und Schoop, 1999). Erste Versuche zur Katheterisierung des arteriellen und venösen Systems an Hunden wurden 1905 durch F. Bleichröder durchgeführt. Die ersten Publikationen über Angiographien am lebenden Menschen wurden 1923 durch Sicard und Forestier und Hirsch und Berberich angefertigt. Die erste Angiographie der unteren Extremität wurde 1924 von B. Brooks in Amerika durchgeführt (Beck, 1992). Es folgten die Vorstellung der Methode der „arteriellen Enzephalographie“, 1927 durch Moniz und die erstmalig durchgeführte Aortographie von Dos Santos 1929 (Wilms und Baert, 1995; Rieger und Schoop, 1999).

Katheterisierung

Ein wichtiger Schritt für die Angiographie bedeutete die Einführung der Kathetertechnik. Die erste arterielle Katheterisation der Aorta auf perkutanem Weg wurde 1949 durch Peirce publiziert (Beck, 1992).

Ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung der Kathetertechniken war die Einführung der perkutanen Kathetermethode nach Seldinger, welche 1953 erstmals publiziert wurde und bis heute die gebräuchliche Standardtechnik bei

den angiographischen Untersuchungen darstellt (Lehmann und Jaschke, 1993; Wilms und Baert, 1995; Hagen, 1997)

Kontrastmittel

Ein zentraler Diskussionspunkt seit den Anfängen der Angiographie stellte die Auswahl und die Suche nach einem geeigneten Kontrastmittel dar. (Barke, 1970; Torvika und Walday, 1995). Die Entwicklung der trijodierten Kontrastmittel bedeuteten einen wichtigen Schritt die bisherigen Komplikationen zu senken (Graininger, 1982; Peters und Zeitler, 1991; Schill, 1991; Dawson, 1992; Krause, 1994). Zur Kontrastierung der Gefäße haben sich heute mehrheitlich nichtionische nieder-osmolare Kontrastmittel mit einem Jodgehalt zwischen 250-370 mg J/ ml durchgesetzt (Bouard et al, 1996; Busch et al, 1999; Brilllet et al, 2001). Durch die Anwendung nichtionischer nieder-osmolarer Kontrastmittel konnte die Nebenwirkungsrate signifikant reduziert werden (Manninen et al, 1999; Speck, 1999; Meyer, 2003).

Zur Injektion des Kontrastmittels verwendet man Hochdruckinjektoren um eine kontinuierliche Flussqualität und die nötigen hohen Flussraten zu erreichen (Belli, 1997).

Indikationen in der Humanmedizin

Die CT-Angiographie gilt als ein Untersuchungsverfahren mit geringer Invasivität, hoher räumlicher und begrenzter zeitlicher Auflösung und ermöglicht mit modernen Rekonstruktionsverfahren eine 3D-Darstellung größerer Gefäße (Herzog et al, 2001). Zur Früherkennung der koronaren Herzkrankheit ist die Ermittlung des Gesamtkalkgehalts in den Gefäßen des Herzens von entscheidender Bedeutung, da die Intensität einer Koronarverkalkung direkt mit der Häufigkeit eintretender Erkrankungen wie Herzinfarkt oder Herzrhythmusstörungen korreliert (Herzog et al, 2001). Mit Hilfe der CT-Koronarangiographie und einem speziellen Programm, dem „Calcium – Score“, kann der Gesamtkalkgehalt der Herzkranzgefäße erfasst und damit das Herzinfarkttrisiko beurteilt werden. Neben der Diagnostik des gesamten Kalkgehalts der Herzkranzgefäße spielt zudem die Beurteilung von einzelnen Kalkansammlungen in einem Gefäß eine elementare Rolle in der Früherkennung von Herzinfarkten (Hittmair et al, 1999). Auch hier eignet sich die Koronarangiographie mittels CT. Es können einzelne Kalkansammlungen, die zu einer Gefäßverengung führen können, dargestellt werden. Cholesterinhaltige, nicht verkalkte Ablagerungen, sog. Plaque, können neben der Verkalkung der Herzkranzgefäße ebenfalls eine Ursache für das Erleiden eines Herzinfarktes sein, da auch sie zu Verengungen der Gefäße führen können. Diese lagern sich an der Innenseite eines Gefäßes ab, mit der Gefahr des Loslösens einzelner Plaquepartikel oder gar des gesamten Plaques. Hierdurch kann es zu einem lebensbedrohlichen Gefäßverschluss kommen. Die CT-Koronarangiographie

liefert als erste nicht invasive Methode, also als erste Methode ohne Katheter, die Möglichkeit der frühzeitigen und zuverlässigen Diagnostik von weichen Plaques (Hahn et al, 2001). Auch andere Bereiche der Vorsorgediagnostik profitieren von dem High-End-CT, da aufgrund der hohen Auflösung kleinste Gewebeveränderungen frühzeitig erkannt werden können.

Angiographie in der Tiermedizin

Angiographien haben insbesondere im Bereich der Leber bei der Diagnostik von portosystemischen Shunts Bedeutung erlangt und wurden ausreichend beschrieben (Kneissl, 1997; Henninger, 2001; Henseler et al, 2001; Mahaffey, 2003; Zwingenberger und Schwarz; 2004; Winter et al, 2005; D'Anjou und Huneault, 2008). Auch Gefäßmissbildungen im Bereich des Herzens können mittels CT-Angiographie gut beschrieben werden (Joly et al, 2008). Die Kontrastmitteluntersuchungen des Pancreas kann Hinweise auf einen malignen Prozess liefern (Iserit et al, 2007). Die plastische, dreidimensionale Darstellung von Gefäßen und deren Verlauf ist in der Tiermedizin nicht gebräuchlich und es besteht zur Zeit dafür keine Indikation. Die Darstellung der Herzkranzgefäße hat beim Hund und der Katze, im Gegensatz zum Menschen, keine diagnostische Bedeutung. Durch die räumliche Darstellung auch kleinerer Arterien in Bezug zu umliegenden Geweben könnte sich die praeoperative Planung insbesondere bei größeren Tumorextirpationen als Indikation in der Tiermedizin anbieten. In wie weit sich intra- und extrahepatische Shunts auf diese Weise darstellen lassen muss noch geprüft werden.

Untersuchungsablauf

Der Computertomograph

Die Untersuchung wurde mit dem Aquilion 64 von Toshiba Medical Systems durchgeführt. Als erste Klinik in Europa nahm Ende 2004 die Berliner Charité einen solchen Tomographen in Betrieb. Der Aquilion 64 ist der High-End CT Scanner von Toshiba Medical Systems mit einer Geschwindigkeit von 64 parallelen 0,5 mm Schichten, einer Rotationszeit von bis zu 0,35 s und 0,35 mm isotrope Voxel.

Die Untersuchung

Bei dem hier vorgestellten Patienten handelt es sich um einen 8 Jahre alten, männlich-kastrierten Pittbullmischling mit einem Körpergewicht von 28 Kilogramm. Der Venenkatheter war in der linken Vena cephalica antebrachii platziert. Mittels Kontrastmittelinjektor der Firma Medrat wurden 60 ml Iohexol (Accupaque 300mg I/ml) mit einer Flußgeschwindigkeit von 2 ml/s injiziert. Zum Start des Scanvorgangs wurde mittels Bolus Tracking die Anflutung des

Kontrastmittels in der Aorta descendens auf Höhe des 4. Brustwirbels (Region of interest / ROI) kontrolliert. Sobald ausreichend Kontrastmittel in der ROI vorhanden war, wurde der Scanvorgang mit einer Schichtdicke von 0,5 mm gestartet.

Bilder

Siehe Anhang

Schlußfolgerung

Die dreidimensionale Darstellung von Gefäßen gelingt mit dem Aquilion 64 ausgezeichnet. Auch kleinere Gefäße lassen sich optimal darstellen. In wie weit Gefäße in der Leber und anderen Organen separiert dargestellt werden können, um so pathologische Verhältnisse aufzuzeigen, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Auch Gefäßverläufe in Neoplasien sind für den Chirurgen von entscheidender Bedeutung. Deren Darstellung muss ebenfalls in weiteren Studien untersucht werden.

Die gute Darstellung der Organe wie Leber, Herz und Niere gelingt aufgrund der Kontrastmittelanreicherung in deren Parenchym oder Muskulatur. Die Darstellung der Oberflächenfarbe der Organe kann individuell gewählt werden und gibt keine Hinweise auf den Zustand des Organes. Organe mit geringer Kontrastmittelanreicherung wie Pancreas oder Nebennieren konnten in dieser Untersuchung nicht dargestellt werden.

Polytraumatisierte Patienten könnten aufgrund der hohen Untersuchungsgeschwindigkeit unter Umständen ohne Sedierung computertomographisch untersucht werden, um sich so schnell einen Überblick über innere und äussere Verletzungen ohne größere Manipulation des Patienten zu verschaffen.

Da die Anschaffungskosten für die Tiermedizin vermutlich die nächsten Jahre noch in keiner Relation zum tatsächlichen Nutzen im Vergleich zu „langsameren“ Geräten stehen, bleiben die High-End Geräte vorerst der Humanmedizin vorbehalten.

Literatur

BARKE R (1970): Röntgenkontrastmittel. Thieme, Leipzig, 13-40.

BECK A (1992): Die Geschichte der Angiographie. Verlag der Schwarzwälder Chronik.

BELLI AM (1997): The future of arteriography and vascular interventional. The British Journal of Radiology 70: 168-170.

BOUARD JC, LYONNET D, ILLES JP, BOUARD-MONNIER C, ROUVIERE O, PANGAUD C (1996): Clinical experience with iobitridol 250-300 in digital subtraction angiography. Double-blind randomized studies vs iopromide and iohexol. Acta Radiol I: 85-88

BRILLET PY, TASSART M, BAZOT M, LE BLACHE AF, ALLAIRE E, BOUDGHENE F (2001): Evaluation du reseau Jambier dans l'ischemie critique des membres inferieurs. Comparison entre l'arteriographie et l'angiographie par resonance magnetique(ARM). J Mal Vasc 26: 31-38

BUSCH HP, HOFFMANN HG, METZNER C, OETTINGER W (1999): MR-Angiographie der unteren Extremitäten mit automatischer Tischverschiebung („Mobi- Track“) im Vergleich zur i.a. DSA. Fortschr. Röntgenstr. 170: 275-283

D'ANJOU MA, HUNEAULT L (2008): Imaging diagnosis—complex intrahepatic portosystemic shunt in a dog. Veterinary Radiology & Ultrasound 49: 51–55.

DAWSON P (1992): X-ray contrast agents: Current status and development prospects. Imaging 4: 207-216.

GRAINGER RG (1982): Intravascular contrast media- The past, the present and the future. British Journal of Radiology 55: 1-18.

HAHN D, KENN W, WITTENBERG G, KRAUSE U, SCHULTZ G, PABST T (2001): Diskussion zum Beitrag- Nichtinvasive Gefäßdiagnostik. Deutsches Ärzteblatt 7: 345

HAGEN B (1997): Invasive oder nichtinvasive Angiographie? Die Rolle der klassischen Katheter-Angiographie. Radiologe, 37: 493-500.

HENNINGER W, PAVLICEK M (2001): State-of-the-art incremental CT scan protocols in the dog for the optimal use of contrast medium: part I. Kleintierprax 46:681–756.

HENSELER KP, POZNIAK MA, LEE FT Jr (2001): Three-dimensional CT angiography of spontaneous portosystemic shunts. Radiographics 2001 21:691–704.

HERZOG C, AY M, ENGELMANN K, ABOLMAALI N, DOGANI S, DIEBOLD T, VOGL TJ (2001): Visualisierungsmodalitäten in der Multidetektor CT-Koronarangiographie des Herzens: Korrelation von axialer, multiplanarer, dreidimensionaler und virtuell endoskopischer Bildgebung mit der invasiven Diagnostik. *Fortschr Röntgenstr* 173: 341-349.

HITTMAIR K, WUNDERBALDINGER P, FLEISCHMANN (1999): Bolusoptimierte CT-Angiographie. *Radiologe* 39: 93-99.

ISERI T, YAMADA K, CHIJIWA K, NISHIMURA R, MATSUNAGA S, FUJIWARA R, SASAKI N (2007): Dynamic computed tomography of the pancreas in normal dogs and in a dog with pancreatic insulinoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 48: 328-331.

JOLY H, D'ANJOU MA, HUNEAULT L (2008): Imaging diagnosis—CT angiography of a rare vascular ring anomaly in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 49: 42-46

KNEISSL S, PROBST A, HENNINGER W (1997): Computed tomographic differentiation of the canine liver lobes. *Wien Tierarztl Mschr* 84: 162-170.

KRAUSE W (1994): Angiographic contrast media. In: Lancer P, Roesch J (Hrsg.), *Vascular diagnostics*. Springer, Berlin, Heidelberg, 193-206.

LEHMANN KJ, JASCHKE W (1993): Angiographische Diagnostik der obliterierenden Arteriosklerose. *Schnetztor, Konstanz*, 11-12.

MAHAFFEY FP, EGGER C, CORNELL KK (2003): Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt. *Vet Radiol Ultrasound* 44:392-400.

MANNINEN HI, YANG XM, SODER H, MATSI PJ, BORCH KW, EIDE H (1999): Comparison of iodixanol 270 with iohexol 300 in infrapopliteal arteriography. Digital densitometric analysis of angiographic opacification. *Acta Radiol* 40: 291-295.

WINTER MD, KINNEY LM, KLEINE LJ (2005): Three dimensional helical computed tomographic angiography of the liver in five dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 46: 494-499.

MEYER R (2003): MR-Angiographie statt DSA. *Fortschr Röntgenstr* 175: 316.

PETERS PE, ZEITLER E: (1991): Röntgenkontrastmittel Nebenwirkungen Prophylaxe Therapie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1-4.

RIEGER H, SCHOOP W (1999): *Klinische Angiologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 185-210.

SCHILL D (1991): Röntgenkontrastmittel. Entwicklung, Substanzen und Einsatzgebiete.

Krankenhauspharmazie 12: 4-11.

SPECK U (1999): Kontrastmittel Übersicht, Anwendung und pharmazeutische Aspekte. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 16-17.

TORVIK A, WALDAY P (1995): Neurotoxicity of water-soluble contrast media. Acta Radiologica, 36: 221-229.

WILMS G, BAERT AL (1995): The History of Angiography. JBR-BTR, 79: 299-302.

ZEITLER E (1997): Arterien und Venen. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 111-127.

ZWINGENBERGER AL, SCHWARZ TS (2004): Dual-phase CT angiography of the normal canine portal and hepatic vasculature. Vet Radiol Ultrasound 45:117–124.

Bilder

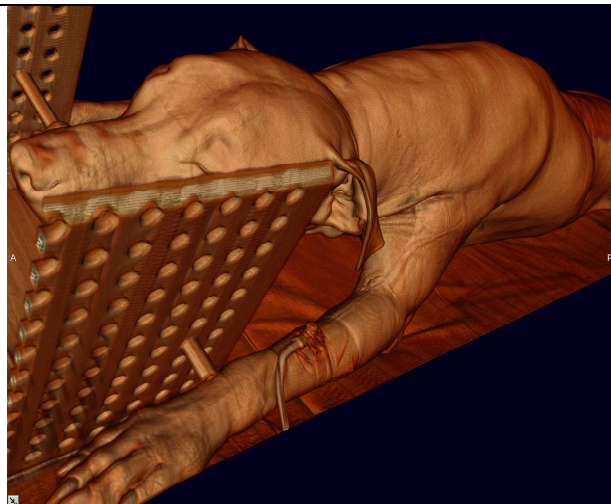


Bild1.bmp

Oberflächenrekonstruktion mittels SSD (Surface Shaded Display) aus errechneten Schwächungsmustern der Röntgenstrahlung. Selbst der Venenkatheter in der linken Vordergliedmaße ist darstellbar.

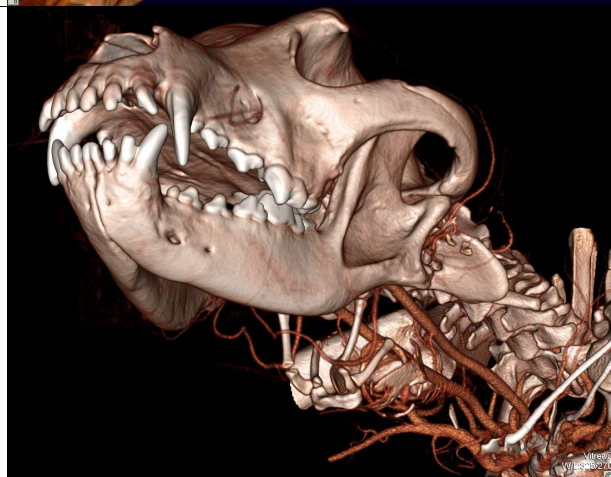


Bild2.bmp

Halsangiographie

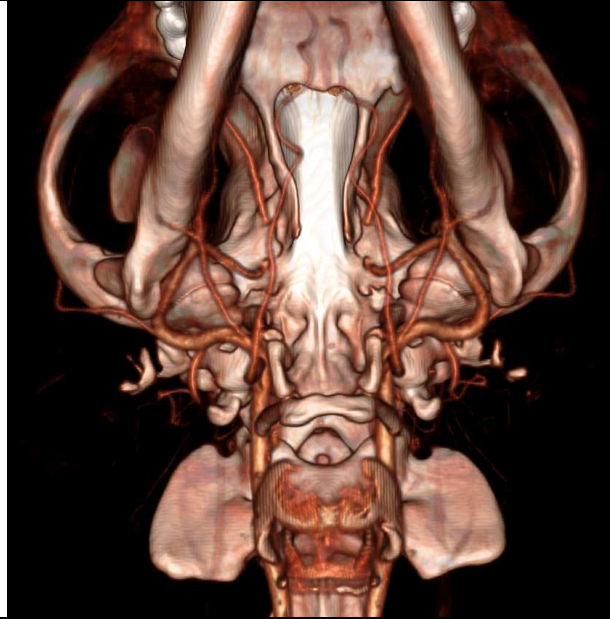


Bild3.bmp

Angiographie im Bereich des Kiefergelenkes

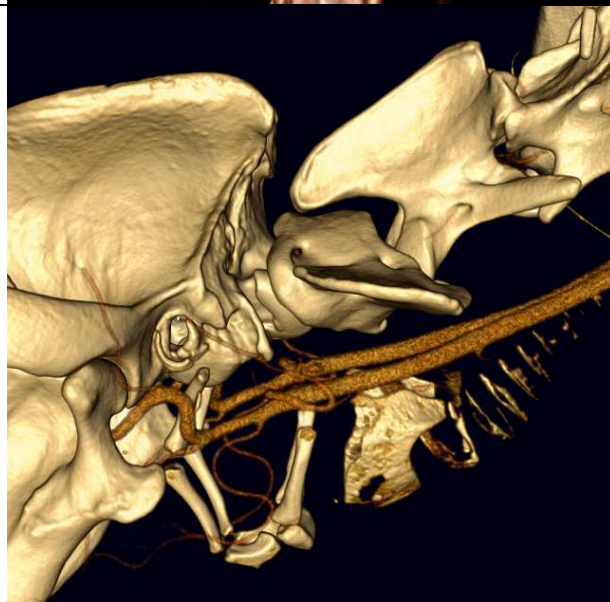


Bild4.bmp

Halsangiographie mit Arteria carotis, Kehlkopf, Zungenbein und den einzelnen Trachealspangen



Bild5.bmp

Ventralansicht Beckenangiographie:

Aorta abdominalis mit Abgang A. iliaca externa und interna und A. sacralis mediana



Bild6.bmp

Dorsale Beckenangiographie:

Darstellung wie Abbildung 5 in Dorsalansicht



Bild7.bmp

Laterale Darstellung der Abbildungen 5 und 6 mit Penisknochen



Bild8.bmp

Laterale Knieangiographie:

Arteria iliaca externa mit Abgang der Arteria caudalis femoris media und weiter distal der Arteria poplitea



Bild9.bmp

Caudale Knieangiographie:

Arteria iliaca externa mit Aufteilung in die Arteria poplitea und Arteria genus descendens sowie die nach distal ziehende Arteria saphena



Bild91.bmp

Schulter rechts im Bereich der Apertura thoracis:

Übergang der Arteria subclavia in die Arteria axillaris und Abgang der Arteria thoracica externa und Arteria thoracica lateralis. Im Bereich des Collum humeri Abgabe der Arteria circumflexa humeri cranialis aus der Arteria axillaris

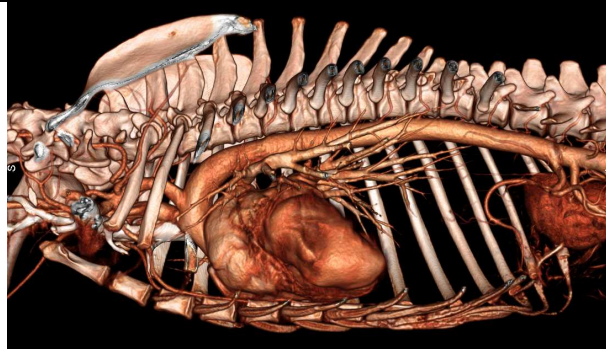


Bild92.bmp

Übersicht Thorax mit rechter Niere

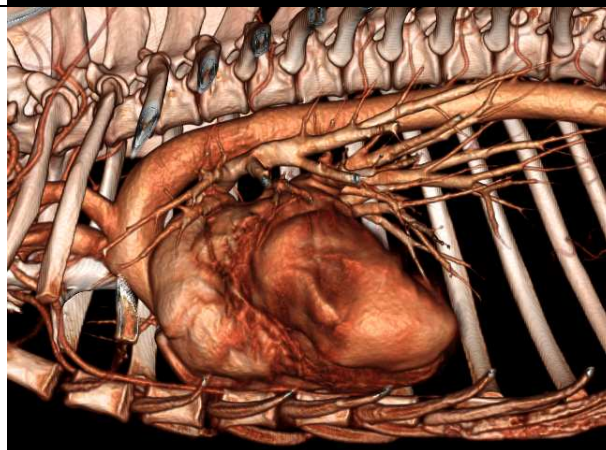


Bild93.bmp

Herz mit Aorta und Lungenarterien

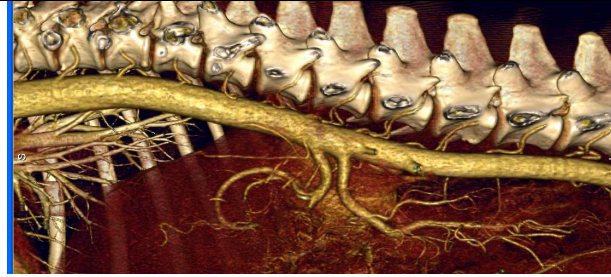


Bild95.bmp
 Aorta thoracica und Aorta abdominalis, Abgänge der Arteriae intercostales dorsales, Arteriae costoabdominales dorsales, Arteriae lumbales, der Arteria coeliaca und Arteria mesenterica cranialis sowie der Arteria phrenica caudalis und der Arteria renalis sinistra



Bild96.bmp
 Ventralansicht:
 Aorta abdominalis mit rechter und linker Niere sowie Abgänge der Arteria coeliaca, Arteria mesenterica cranialis, Arteria renalis sinistra und dextra

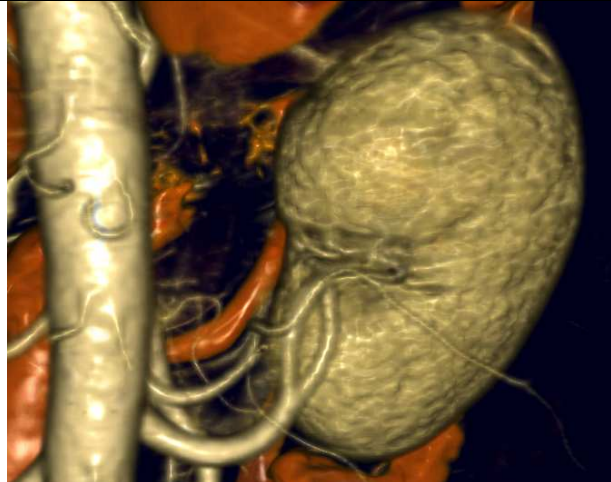


Bild97.bmp
 Die linke Niere: Abgang der Arteria renalis aus der Aorta und Aufteilung in zwei Zweige kurz vor dem Nierenhilus



Bild98.bmp

Darstellung des Bauchraumes: rechte Niere, linke Niere cranialer Pol, Magen halb eröffnet, Leber, Dünndarmschlingen, Lungengefäße

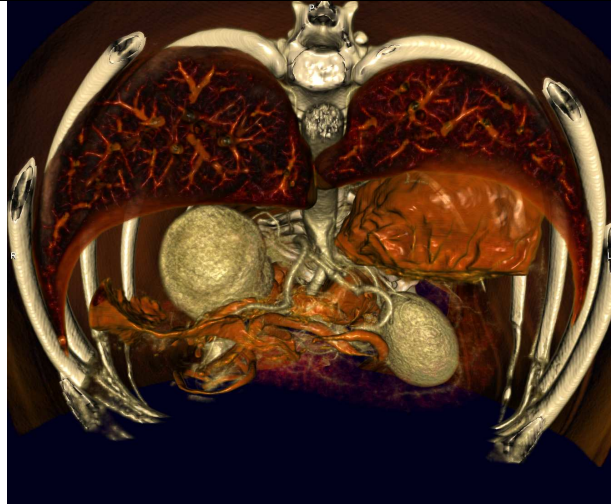


Bild99.bmp

Blick vom Thorax Richtung Abdomen, im oberen Abschnitt Lungenarterien, im unteren Abschnitt Magen, Nieren, Gefäße und Dünndarm