

CT- und MRT-Befunde an isolierten Leichenherzen

Vergleich der radiologischen mit den pathologisch-anatomischen Befunden

Neben konventionellen Röntgenaufnahmen spielen in der postmortalen Diagnostik moderne bildgebende Verfahren, wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT), eine zunehmende Rolle. Das Institut für Rechtsmedizin in Bern prägte den Begriff „Virtopsy“ [21, 22, 23]. Die Erfahrungen der forensischen Radiologie mit postmortal erstelltem Schnittbildmaterial sind aufgrund der wenigen in der Vergangenheit erfolgten CT- und MRT-Untersuchungen an Leichen oder Leichenteilen noch nicht sehr umfangreich und beschränken sich meist auf Fallberichte mit eng begrenzten Fragestellungen, wie dem Fremdkörpernachweis, der Darstellung von Schuss- oder Stichkanälen (postmortal und vital) [12, 21], 3D-Rekonstruktionen der Verletzungen bei Frakturen nach Traumata [10] oder Identifizierungen [18]. Dazu finden sich in der Literatur ausführliche Einzelfallstudien, auch mit zusätzlichen Kontrastmittelinjektionen [20]. Erst seit jüngster Zeit wird sich der Validierung dieser Untersuchungstechniken in der erweiterten postmortalen Befunderhebung systematisch gewidmet [23]. Einen Sonderfall stellt dabei das Visible Human Project® [2] dar, das von der National Library of Medicine (NLM) geplant und realisiert wurde. Grundlage dieses Projektes bilden CT- und MRT-Bilder vollständiger menschlicher Leichen im Ver-

gleich zu Ganzkörpergefrierschnitten in identischer Schnittführung.

Da es nicht ohne weiteres möglich ist, die Erkenntnisse der klinischen Radiologie auf die postmortale Befunderhebung zu übertragen, sind umfangreiche Untersuchungsserien erforderlich. Insbesondere die postmortalen Veränderungen an der Leiche, wie Autolyse, Hypostase, Totenstarre, fehlende Belüftung der Lungen oder Kruorgerinnsel, haben einen erheblichen Einfluss auf die postmortale Diagnostik mit Hilfe der Bildgebung. Das komplette Scannen einer verstorbenen Person mit CT und MRT erfordert einen hohen materiellen, personellen und finanziellen Aufwand. Systematische Unter-

suchungen einzelner organspezifischer Befunde und der postmortalen Veränderungen erfordern bei diesem Vorgehen eine aufwändige Logistik. Aus diesen Gründen sollten im Rahmen dieser Arbeit isolierte Leichenorgane vergleichend autoptisch und radiologisch untersucht werden. Das Herz stellt ein für diese Anforderungen geeignetes Organ dar. Es bietet ein breites Spektrum organspezifischer Befunde, die von pathologisch-anatomischer und forensischer Relevanz sind [17]. In der vorliegenden Arbeit sollte eine artefaktarme Methode zur Entnahme des Herzens entwickelt werden, die es gestattet, nach durchgeführter CT- und MRT-Untersuchung, die erhobenen Befunde

Tabelle 1

Standardisiertes Histologieschema

Schnitt 1	Sagittalschnitt durch ventrale Anteile des rechten Atriums, der Valva tricuspidalis und des rechten Ventrikels
Schnitt 2	Sagittalschnitt durch ventrale Anteile des linken Atriums, der Valva mitralis und des linken Ventrikels
Schnitt 3	Transversalschnitt parallel zur Klappenebene aus der linken Vorderwand in mittlerer Höhe zwischen Apex und der Klappenebene
Schnitt 4	Transversalschnitt parallel zur Klappenebene aus der linken Hinterwand in mittlerer Höhe zwischen Apex und der Klappenebene
Schnitt 5	Transversalschnitt durch das subvalvuläre Septummyokard (Anschnitte des Reizleitungssystems)
Schnitt 6	Flachschnitt durch den M. papillaris posterior

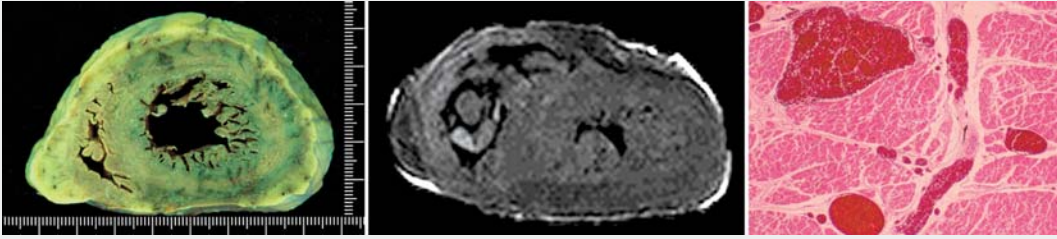


Abb. 1 ▲ Innere Livores am fixierten Präparat und im T2-gewichteten (tirm) MR-Bild an der Hinterwand des linken Ventrikels, histologisch (HE-Färbung) prall mit Erythrozyten gefüllte intramurale Gefäße

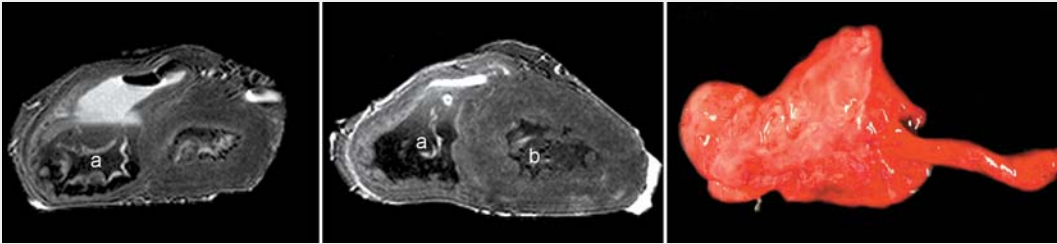


Abb. 2 ▲ T2-gewichtete MR-Bilder mit rechtsventrikulären postmortalen Gerinnseln (a) und beginnenden Fäulnisgasblasen (b); aus vorwiegend Speckhautanteilen bestehendes, gemischtes postmortales Gerinnsel aus dem rechten Ventrikel und der A. pulmonalis

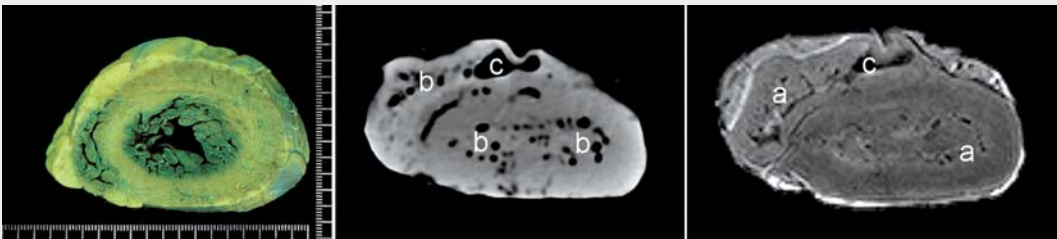


Abb. 3 ▲ Von zentral beginnende Fäulnis am fixierten Präparat, im CT mit intrakavitären Fäulnisgasblasen (b) und konfluierender Gasblase im rechten Ventrikel (c), im MRT T2-gewichtet mit gasbedingten Signalauslöschungen (a) und (c)

mit makroskopischen und histologischen Veränderungen zu vergleichen.

Material und Methode

Insgesamt wurden bei 34 Leichen im Rahmen gerichtlicher Obduktionen die Herzen entnommen und vor der pathologisch-anatomischen Sektion CT- und MRT-Untersuchungen durchgeführt. Es handelte sich um 22 Männer, 11 Frauen und einen Knaben, die in einem Alter von 4–97 Jahren verstarben. Ein entsprechendes Votum der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät liegt unter der Registriernummer 169/01 vor.

Sektionstechnik des Herzens

Nach der äußeren Besichtigung der Leiche wurde in Abweichung vom üblichen Vorgehen der Thorax einschließlich der Entnahme des Sternums eröffnet. Der frei liegende Herzbeutel wurde mit einem y-förmigen Schnitt eröffnet, die Herzbeutel-flüssigkeit in einer Spritze zwischenzeitlich asserviert. Es folgte die Abbindung der Aorta und der A. pulmonalis sowie nach stumpfer Präparation der V. cava inferior und der linken Vv. pulmonales. Danach wurden die rechten Vv. pulmonales und die V. cava superior unterbunden. Nach Durchtrennung der Gefäße distal der Unterbindungen wurde das Herz isoliert, gewogen und unverzüglich in einen Plastikbeutel gelegt. Die Herzbeutel-flüssigkeit wurde zugegeben und der Beutel

weitgehend luftfrei und luftdicht verschlossen. Die CT- und MRT-Untersuchungen fanden 2–6 h danach statt. Am Folgetag wurden die Unterbindungen gelöst, und das Herz, nachdem das Blut abgelassen war, erneut gewogen. Anschließend wurden die Vorhöfe und die supra-valvulären Anteile der Aorta und der A. pulmonalis kurz über der Klappen-ebene abgesetzt. Im Wasserbad waren funktionelle Untersuchungen der passiven Klappenfunktion durch Aufschwemmen des Präparates möglich. Die Koronarien wurden von den Ostien bis in die Peripherie eröffnet. Für 3–6 Tage erfolgte eine Fixierung in 10-prozentiger gepufferter Formaldehydlösung. Danach wurde das Herz in Anlehnung an die bildgebenden Verfahren, vom Apex beginnend, parallel zur Klappen-ebene in 5 mm star-

ke Scheiben geschnitten. So konnte ein unmittelbarer morphologischer Vergleich mit den radiologischen Bildern erfolgen. Neben der Durchführung eines standardisierten Histologieschemas (■ Tabelle 1) wurden alle makroskopisch und radiologisch auffälligen Areale histologisch untersucht (Hämatoxylin-Eosin-, Azan-, Elastica-van-Gieson- und Berliner-Blau-Färbung entsprechend den üblichen Färbeprotokollen).

Computertomographie

Alle computertomographischen Untersuchungen wurden an einem Siemens Somatom Plus 4 Spiral-CT vorgenommen. Die Bilder wurden zur besseren Darstellung von Verkalkungen mit einer Weite von 2000 Hounsfield-Einheiten (HE) und einem Center von 200–500 HE gefenestert. Die Untersuchung erfolgte in kontinuierlicher Schichtführung; die Schichtdicke betrug 3 mm.

Magnetresonanztomographie

Die magnetresonanztomographischen Untersuchungen fanden an einem Magnetom Vision 1,5 Tesla der Firma Siemens statt. In einer konventionellen Kopfspule wurden vorwiegend klappenebenenparallele Schichtbilder mit einer Dicke von 4 mm angefertigt. Die Untersuchung erfolgte immer sowohl in T1- als auch in T2-Wichtung. Dabei kamen Spin-Echo- (se-), Turbo-Spin-Echo- (tse-) und Turbo-Inversion-Recovery- (tirm-) Sequenzen zum Einsatz.

Ergebnisse

Postmortale Veränderungen

Die inneren Totenflecke am Herzen waren im Sektionspräparat durch eine dunklere Färbung des Myokards erkennbar. In der MRT-Aufnahme mit T2-Wichtung (tirm) zeigten sich dazu bei Rückenlage der Leiche schwach hypodense Areale im septumnahen und seitenwandnahen Hinterwandbereich. Diese erlaubten die Zuordnung und zeichneten sich histologisch durch eine massive Blutfüllung der intramyokardialen Gefäße aus (■ Abb. 1). Die verminderten Serumanteile wurden als Ursache für das schwache Signal der in-

Zusammenfassung · Abstract

Rechtsmedizin 2004 · 14 : 109–116
DOI 10.1007/s00194-004-0252-8
© Springer-Verlag 2004

K. Jachau · T. Heinrichs · W. Kuchheuser · D. Krause · H. Wittig · R. Schöning · N. Beck · O. Beuing · W. Döhring · C. Jackowski

CT- und MRT-Befunde an isolierten Leichenherzen. Vergleich der radiologischen mit den pathologisch-anatomischen Befunden

Zusammenfassung

An 34 isolierten Leichenherzen wurden Computertomographie- (CT-) und Magnetresonanztomographie- (MRT-) Befunde mit pathologisch-anatomischen Befunden und postmortalen Veränderungen verglichen. Innere Totenflecke und postmortale Gerinnselbildungen waren in der MRT, beginnende Fäulnis durch die Darstellung kleiner Gasblasen in der CT gut zu diagnostizieren. Kardiale Verkalkungen der Klappen, der Koronarien und der Papillarmuskeln konnten computertomographisch in ihrem Befallsmuster exakt lokalisiert werden. Ein Septuminfarkt zeigte sich sehr deutlich im T2-gewichteten MR-Bild. Die kollagenen Myokardnarbenareale konnten durch die von ihrer Zusammensetzung abhängigen Kontrastierungen in der T2-Wichtung veranschaulicht werden. Morphologische Veränderun-

gen, wie Hypertrophie und Dilatation, waren sehr deutlich in ihrem Ausmaß auch in der postmortalen Bildgebung zu beurteilen. Die virtuell und real gemessenen Kammerwandstärken stimmten überein. Ein verkalkter Venenbypass mit Thrombosierung war erkennbar. Lediglich eine agonale intramurale Blutung fiel in der primären postmortalen radiologischen Diagnostik aufgrund nur sehr dezenter Kontraste nicht auf. Insgesamt zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung der radiologischen Befunde mit den histologisch bestätigten Sektionsdiagnosen.

Schlüsselwörter

Obduktion · Computertomographie · Magnetresonanztomographie

Computed tomography and magnetic resonance imaging compared to pathoanatomic findings in isolated human autopsy hearts.

Abstract

Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) findings obtained from 34 isolated autopsy hearts were compared to pathoanatomic findings and postmortem changes. MRI clearly revealed internal postmortem lividity and postmortem blood clot formation, whereas small gas bubbles demonstrated by CT referred to beginning putrefaction. The pattern of cardiac calcification of the valves, the coronary vessels and papillary muscles could be exactly located by employing CT. The T2-weighted MR image clearly showed a septal infarction. Due to their composition-based contrast, collagenic myocardial scar areas could be demonstrated in T2 weighted images. Morphological changes, such as hypertrophy and dilatation,

could be evaluated for both extent and postmortem pattern. The actual ventricular wall thicknesses were identical with those measured. A calcified venous bypass with thromboses was detected. Primary postmortem radiological diagnosis only failed in a case of agonal intramural bleeding which was not detectable due to highly discreet contrast. In general, the radiological findings obtained were in very good correspondence with the histologically confirmed autopsy diagnoses.

Keywords

Autopsy · Computed tomography · Magnetic resonance tomography

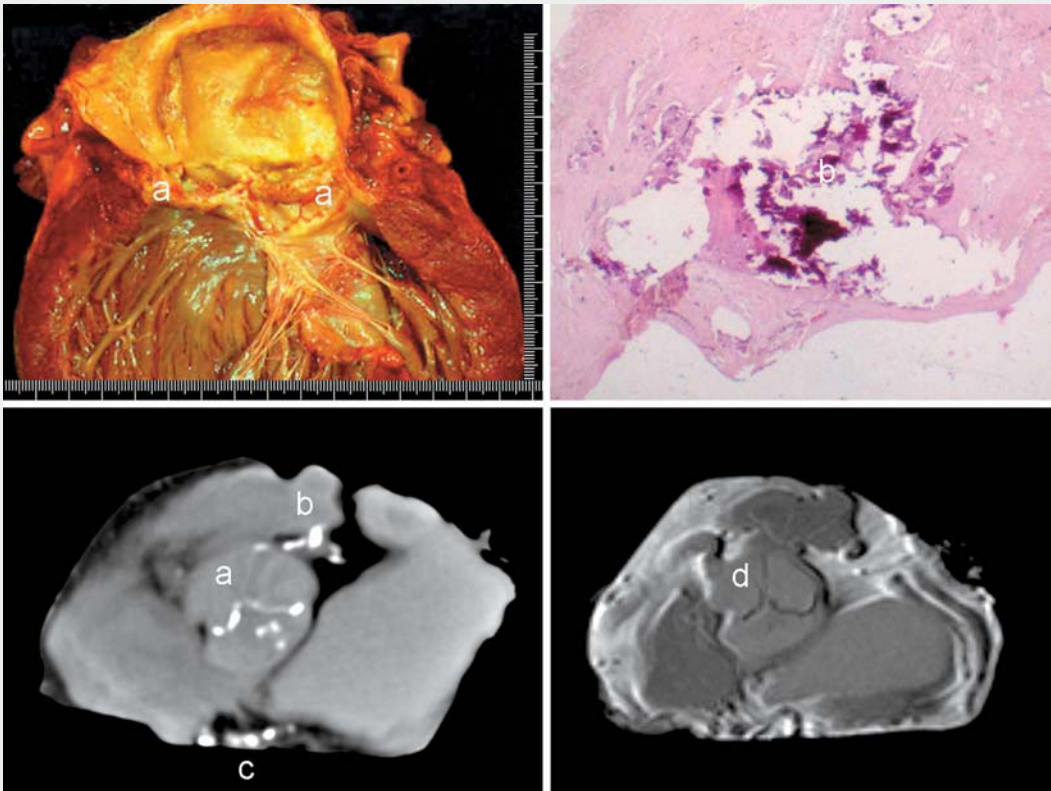


Abb. 4 ▲ Aortenklappenverkalkung (a) in der CT (Bild unten links) mit Kalkbetonung an den Klappenrändern und den entsprechenden Signalauslöschungen (d) im MRT-Bild mit T1-Wichtung (Bild unten rechts); Verkalkung des linken Hauptstammes (b) und des R. interventricularis posterior (c); histologisches Bild (HE-Färbung): rechts oben

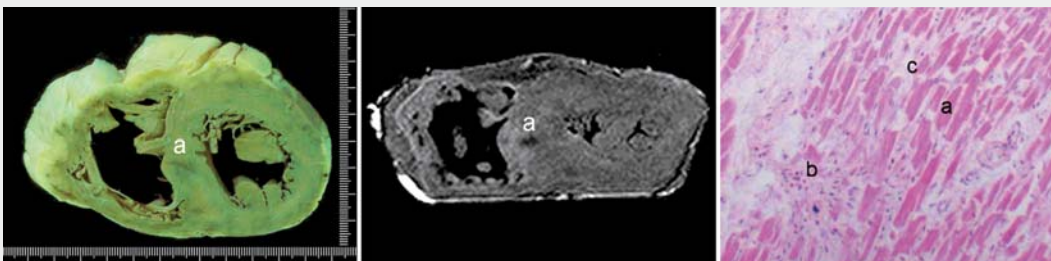


Abb. 5 ▲ Fixiertes Präparat (links) und T2-gewichtetes (tirm) MR-Bild (Mitte) eines akuten Infarktes (a), Infarktareal in HE-Färbung (rechts) mit kernlosen Kardiomyozyten und verstärkter Zytoplasm eosinophilie (a), Granulozytose (b) und interstitiellem Ödem (c)

neren Totenflecke in der T2-Wichtung angegeben. In der Bildgebung erschienen die postmortalen Gerinnsel vorwiegend als in den Bluträumen liegende, unregelmäßig geformte Strukturen ohne direkten Wandkontakt (■ Abb. 2).

Der radiologische Nachweis der frühen Fäulnisveränderungen erfolgte in erster Linie indirekt über die Gasbildung der Fäulnisbakterien und dessen Ansammlung in Form von Gasbläschen im Gewebe. Sie sind radiologisch schon zu einem Zeitpunkt nachweisbar, an dem es noch

nicht zum Zusammenfließen der kleineren Gasblasen im Gewebe gekommen ist. Die Gasblasen waren sowohl computertomographisch als auch magnetresonanztomographisch auffällig (■ Abb. 3).

Pathologische Befunde

Unter den 34 isolierten Herzen fanden sich 6 Fälle mit deutlichen Verkalkungen der Aortenklappe und 2-mal der Mitralklappe. Veränderungen der Herzklappen, die mit Kalkeinlagerungen einhergehen, sind

in der Computertomographie in einem Fenster mit einer Weite von 2000 HE und einem Center zwischen 200–500 HE sehr zuverlässig nachzuweisen (■ Abb. 4). Die Klappenverkalkungen konnten exakt lokalisiert und beschrieben werden und zeigten in der Bildgebung eine korrekte Übereinstimmung mit dem makroskopischem Obduktionsbefund.

Histologisch fanden sich neben den Residuen abgelaufener kardialer Ischämien auch kleinere Areale mit frischen Myokardnekrosen. Es kam in diesen Ge-

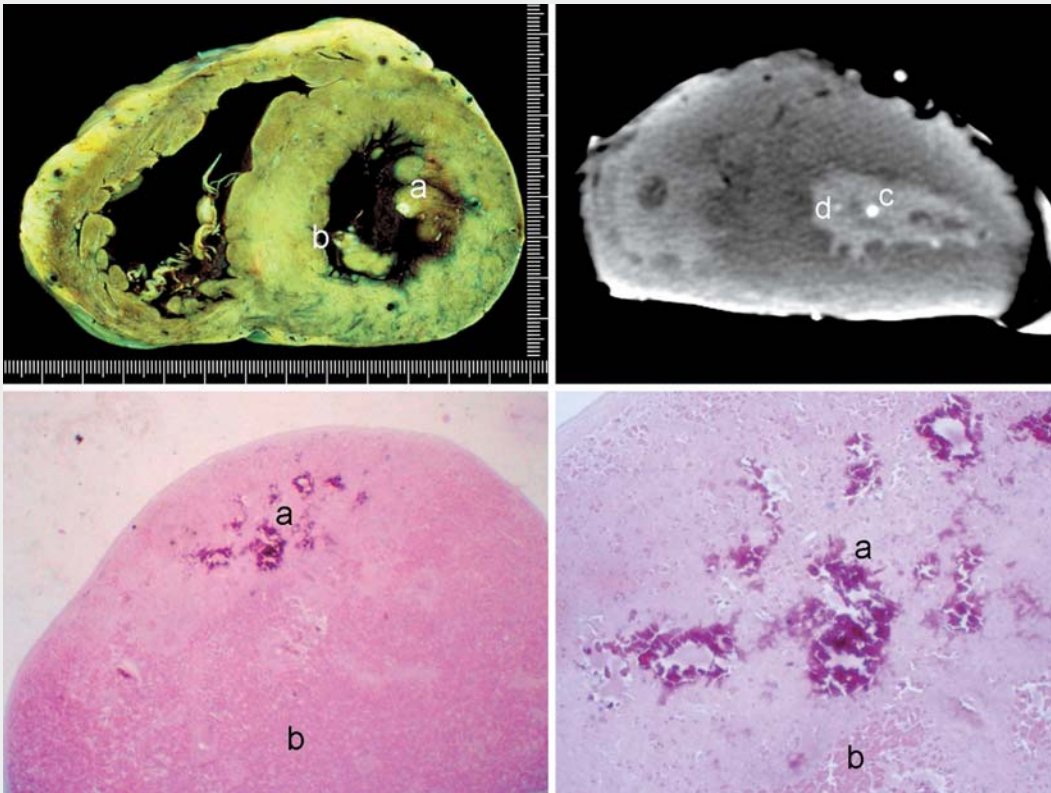


Abb. 6 ◀ Verkalkungen der Papillarmuskelspitzen am fixierten Präparat und in der CT, massive Kalkeinlagerungen im M. papillaris anterior (a und c) und dezent im M. papillaris posterior (b und d), histologisch Papillarmuskelspitzenquerschnitt mit deutlichen Kalkeinlagerungen (a) und angeschnittener Muskulatur (b), beide histologischen Bilder unten (HE-Färbung)

bieten zu einer Homogenisierung des Sarkoplasmas mit zunehmendem Verlust der myokardialen Querstreifung, beginnender Karyolyse und verstärkter Eosinophilie. Im gesamten Untersuchungsgut war jedoch kein letaler Myokardinfarkt nachzuweisen, der aufgrund seiner Ausdehnung zu einer akuten linksventrikulären Insuffizienz hätte führen müssen. Es fand sich jedoch auf der Schnittfläche ein ca. 1×1 cm großer frischer Septuminfarkt (▣ Abb. 5), der aufgrund seiner Lokalisation offenbar unter Einbeziehung des HIS-Bündels zu einem AV-Block III mit ventrikulären Frequenzen von <30/min führte und als Todesursache gewertet wurde. In dem T2-gewichteten (tirm) MR-Image fiel dieses Areal durch eine lokale Hypointensität des basisnahen Septums mit signalreichem Randsaum auf. Dieser Bereich war deutlich gegenüber dem restlichen Myokard abzugrenzen. Die Signalinhomogenitäten sind als Ausdruck der differierenden Flüssigkeitszusammensetzungen anzusehen. Die Areale, in denen sich noch ein Ödem ausbilden konnte, zeigten sich im T2-gewichteten Bild signalreich. Die Gewebeanteile mit vital

verringertes Blutzufluss erzeugten ein deutlich schwächeres Signal. Dazu ließ sich in der makroskopischen Aufarbeitung das gezeigte korrespondierende Infarktgebiet nachweisen, das histologisch geschwollene, kernlose Myozyten und ein interzelluläres Ödem aufwies. Als Zeichen eines prolongierten Infarktgeschehens fanden sich auch Areale mit Granulationsgewebe.

Beim Nachweis von Kalzifikationen jeglicher Lokalisation und Genese erwies sich die CT als ein hervorragend geeignetes Mittel, auch bei fortgeschrittenen Fäulnisveränderungen. Kalzinosen waren wegen ihrer Fäulnisresistenz als Hyperdensitäten in der CT und als Signalauslösungen in der MRT noch lange nach Todeintritt auffällig. So war es möglich, mit der CT einen vollständigen Überblick über den Verkalkungsgrad der Koronarien zu erhalten, ohne jedoch eine Aussage über die resultierenden Lumenreduktionen tätigen zu können. Punktförmige Hyperdensitäten im Lumen des linken Ventrikels erwiesen sich als Papillarmuskkelkalzinosen (▣ Abb. 6) mit Betonung der Papillarmuskelspitzen.

In 13 Präparaten fielen Myokardbezirke auf, die in unterschiedlicher Lokalisation und Ausbreitung in kollagenes Bindegewebe umgewandelte Areale enthielten. Ihr Erscheinungsbild reichte von kleinen bindegewebigen Schwielen, wie sie im Rahmen der chronischen Koronarsuffizienz auftreten, bis hin zu kompletten transmuralen kollagenen Narben, ohne Anteile von erhaltenem Restmyokard. Die Variationen des radiologischen Erscheinungsbildes waren entsprechend der unterschiedlichen histologischen Zusammensetzungen weit gefächert. Sie traten in Abhängigkeit von ihrem Kollagen- und Fettanteil und von ihrer Ausdehnung als lokale Hyperintensitäten unterschiedlicher Kontrastierung in der MRT mit T2-Wichtung in Erscheinung, die geeignet waren, in Kombination mit den erhobenen Koronarbefunden einen morphologischen Überblick zu vermitteln, der den pathologisch-anatomischen Befunden entsprach.

Im Untersuchungsgut fand sich kein akuter thrombotischer Verschluss eines Koronargefäßes. Es konnte jedoch ein thrombotischer Verschluss eines solitä-

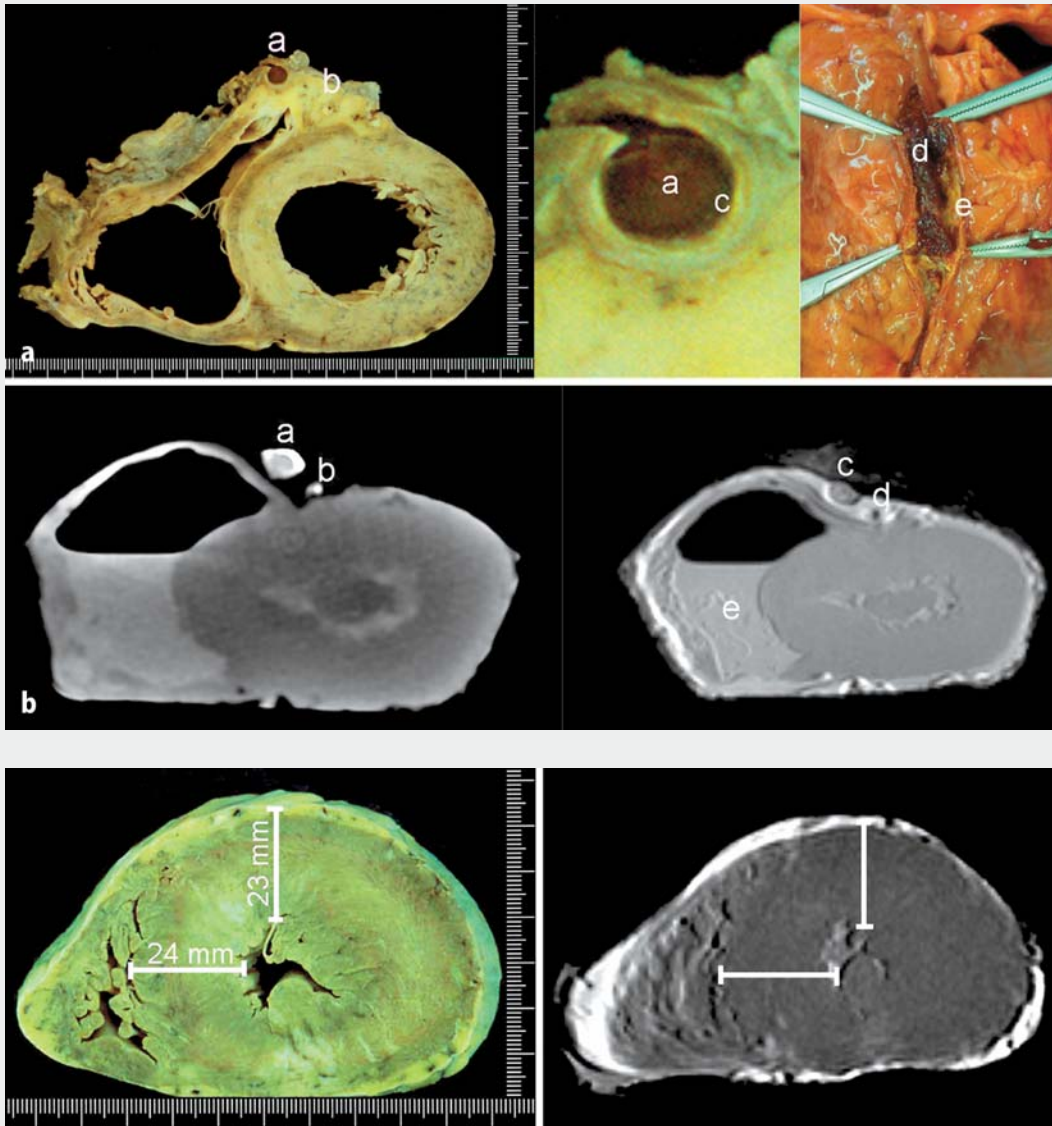


Abb. 7 ◀ a Thrombotisch verschlossener Single-Venen-Bypass (a) auf den nahezu verschlossenen RIVA (b), deutliche Kalkeinlagerung in die Venenwand (c), Thrombuslage (d) in verkalktem Veneninterponat (e), Abb. 7b Thrombosierung des Single-Venen-Bypass aus Abb. 7a: links im CT-Bild: Hyperdensität der Venenwand durch Kalkeinlagerung (a) und des RIVA (b). Rechts im MRT-Bild: fehlende Darstellung der Venenwand (c) und des RIVA (d) durch verkalkungsbedingte Signalauslöschung; Leichenblut (e) und Gas im rechten Ventrikel

Abb. 8 ◀ Massive linksventrikuläre Hypertrophie mit Narben eines Myokardinfarktes; links im fixierten Präparat und rechts im T1-gewichteten (se) MRT-Bild

ren Bypassgefäßes nachgewiesen und visualisiert werden. In dem den verkalkten R. interventricularis anterior (RIVA) überbrückenden aortokoronaren Venenbypass fand sich über der linken Vorderwand ein das komplette Bypasslumen ausfüllender Thrombus von 32-mm-Länge (▣ Abb. 7a). In der CT zeigten sich deutliche, zum Teil kreisförmige Hyperdensitäten in atypischer Lage, die nicht einem Koronargefäß zugeordnet werden konnten. Auch am RIVA waren diese Veränderungen nachweisbar (▣ Abb. 7b). In der MRT (T1-gewichtet) erkannte man den Thrombus signalinhomogen, von einer signalleeren Spange umgeben, die den in der CT nachgewiesenen Verkalkungen entsprach.

Im Rahmen dieser Studie waren 12 Fälle mit z. T. schweren Linksherzhypertrophien oder kombinierten Rechts- und Linksherzhypertrophien aufgefallen. Es zeigten die fixierten Präparate und die T1-gewichteten (se) Aufnahmen eine massive linksventrikuläre Hypertrophie mit Kammerwandstärken bis zu 24 mm und Messwertübereinstimmungen von ± 1 mm (▣ Abb. 8). Histologisch fanden sich deutlich hypertrophierte Fasern mit z. T. bizarren Myozytenformationen und vergrößerten, hyperchromatischen Kernen. Hinsichtlich links- und rechtsventrikulärer Dilatation waren sowohl das Ausmaß der Dilatation als auch die Wandausdünnung im MR-Bild beurteilbar.

Eine in der makroskopischen Aufarbeitung sichtbare subepikardiale Blutung fiel initial aufgrund der sehr dezenten Signalunterschiede im T2-gewichteten (tirm) MRT-Bild nicht auf und konnte erst in der gezielten Suche einem schwach hypointensen Areal der linken Vorderwand zugeordnet werden. Histologisch waren keine Zeichen der Vitalität dieser Blutung im Sinne eines ausgeprägten Fibringerüsts oder Siderophagen zu finden.

Diskussion

Um den hohen materiellen, personellen und finanziellen Aufwand für systematische postmortale CT- und MRT-Untersuchungen zu reduzieren, entschieden wir

uns im Gegensatz zu anderen Arbeitsgruppen [13, 23] isolierte Einzelorgane zu scannen.

Da die CT in der klinischen Radiologie bereits zur Quantifizierung koronarer Kalkifikationen etabliert wurde [8], war zu erwarten, dass sie auch postmortal ein sehr sicheres und aussagekräftiges Verfahren darstellt, um den Grad von Kalk-einlagerungen einzuschätzen. Kalk in Form von Kalziumhydroxylapatit ist eine röntgendichte Struktur [19]. Er erscheint deshalb in der CT hyperdens und verursacht ein reduziertes Signal in den MR-Bildern. Dieses Phänomen wurde 2001 von Rodriguez et al. [15] anhand des kalzifizierten myokardialen Tuberkuloms in vergleichbarer Weise beschrieben. Sowohl die Kalzinosen der Koronarien als auch die der Aorten- und Mitralklappe sind forensisch relevant, da der plötzliche Tod kardialer Ursache einen bedeutenden Teil der als natürlich erkannten Todesfälle in der Rechtsmedizin darstellt. Die radiologische Nachweisbarkeit ist exakt in Lokalisation und Ausdehnung und durch Fäulnis nicht limitiert, da die Verkalkungen dieser gegenüber sehr inert sind. Ähnlich wie Bisset [3] und Bisset et al. [4] sahen wir die Grenzen der diesbezüglichen radiologischen Diagnostik in der z. Z. noch fehlenden Aussagekraft über die hämodynamische Relevanz der erhobenen Befunde. Doch konnten in klinischen Studien [19] bei 94% der Patienten mit nachgewiesenen Koronarverkalkungen eine oder mehrere mindestens 75%ige Stenosisierungen der Koronarien gefunden werden. Daraus resultiert auch für den postmortalen Kalknachweis eine deutlich erhöhte Wahrscheinlichkeit für relevante Stenosisierungen. Da sicher auch in der Klinik die invasive Koronardiagnostik eines Tages durch die nichtinvasiven Verfahren abgelöst werden wird [16], kann diese Lücke in Zukunft wahrscheinlich mit Methoden, wie der Darstellung der Koronarien mit Kontrastmittel im MSCT („multislice computed tomography“) [11], oder die 3D-Rekonstruktion des Koronargefäßsystems [14] mit CT oder mit MRT [1] unter entsprechender Abwandlung auch postmortal zu schließen sein. Weitere Befunde, wie der Nachweis eines akuten Infarktareals, sollten unter Berücksichtigung der gezeigten Verkalkungen ein in sich

schlüssiges Gesamtbefundbild ergeben. Vergleichbar verhält es sich mit dem radiologischen Kalknachweis an den Herzklappen.

Die MRT mit vorwiegend T₂-Wichtung konnte sehr deutlich den einen akuten Myokardinfarkt dieser Studie zeigen (■ Abb. 5). Damit stützt unser Ergebnis die von Thali et al. [23] publizierten Ergebnisse, die entgegen Patriquin et al. [13] den Myokardinfarkt auch am kompletten Leichnam deutlich in seiner Lokalisation und Ausdehnung im MR-Bild mit T₂-Wichtung abgrenzen konnten. Die entsprechenden Hypodensitäten decken sich auch mit den Ergebnissen von Hsu et al. [7], die myokardiale Infarktareale postmortem am formalinfixierten Präparat in der MRT visualisierten. Hypertrophie und dilatative Veränderungen des Herzmuskels können sehr exakt in der Bildgebung verdeutlicht werden. Sowohl in der CT als auch in der MRT ist die makroskopische Morphe des Herzens ausgezeichnet zu beurteilen. Die möglichen Aussagen beschränken sich nicht nur auf die Angabe von Wanddicken oder das Ausmaß von Dilatationen im Querschnitt des Herzens. Es wurden bereits für die vitalen Messungen Verfahren entwickelt, mit denen man die kardialen Volumina berechnen kann [5].

Für vitale Blutungen konnte von Thali et al. [23] der radiologische Nachweis im Gewebe mit wesentlich höheren Kontrasten in der MRT mit T₂-Wichtung geführt werden. Damit ergibt sich aus der Kontrastierung in der T₂-Wichtung schon ein erster Anhaltspunkt für die Unterscheidung zwischen vital und postmortal. Auch hier müssen weiterführende Untersuchungen folgen. Schwere kardiale Traumata mit Ausbildung einer Herzbeutelamponade sollten zweifelsfrei mit der Bildgebung zu diagnostizieren sein. Dieser Nachweis wurde von Uchigasaki et al. [24] schon mit der Ultraschalluntersuchung postmortal geführt.

Mit dieser Studie sollte ein Beitrag zur Evaluation radiologischer Methoden für die postmortale Befunderhebung am Beispiel isolierter Leichenherzen gegeben werden. Es konnten sehr gute Übereinstimmungen zwischen den in der Bildgebung aufgefallenen Veränderungen und den histologisch gesicherten makroskopischen Befunden gezeigt werden. Weiter-

führend sollen andere isolierte Organe und Organsysteme mit der gleichen Methodik untersucht werden; einige Einzelergebnisse liegen vor [6, 9].

Korrespondierender Autor

Dr. med.K. Jachau

Institut für Rechtsmedizin,
Universität Magdeburg,
Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg,
Tel.: 0391-6715843, Fax: 0391-6715810,
E-mail:Katja.Jachau@medizin.uni-magdeburg.de

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Achenbach S, Ropers D, Regenfus M, Pohle K, Giesler T, Moshage W, Daniel WG (2001) Noninvasive coronary angiography by magnetic resonance imaging, electron-beam computed tomography, and multislice computed tomography. *Am J Cardiol* 88:70E–73E
2. Ackermann MJ, Yoo T, Jenkins D (2001) From data to knowledge – The Visible Human Project continues. *Medinfo* 10:887–890
3. Bisset R (1998) Magnetic resonance imaging may be alternative to necropsy. *BMJ* 317:1450
4. Bisset R, Thomas N, Turnbull I, Lee S (2002) Postmortem examinations using magnetic resonance imaging: four year review of a working service. *BMJ* 324:1423–1424
5. Choudhury L, Mahrholdt H, Wagner A et al. (2002) Myocardial scarring in asymptomatic or mildly symptomatic patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 40:2156–2164
6. Heinrichs T, Beuing O, Jachau K et al. (2003). Supplementband zum 84. Deutschen Röntgenkongress Wiesbaden: PO 148
7. Hsu J, Johnson G, Smith W, Reimer K, Ideker R (1994) Magnetic resonance imaging of chronic myocardial infarcts in formalin-fixed human autopsy hearts. *Circulation* 89:2133–2140
8. Keelan P, Bielak L, Ashai K et al. (2001) Long-term prognostic value of coronary calcification detected by electron-beam computed tomography in patients undergoing coronary angiography. *Circulation* 104:412–417
9. Kuchheuser W, Heinrichs T, Reck J, Beck N, Jachau K, Schöning R, Krause D (2003) Postmortale CT- und MRT-Untersuchungen isolierter menschlicher Organe am Beispiel von Leber und Nieren. *Rechtsmedizin* 13:256
10. Myers JC, Okoye MI, Kiple D, Kimmerle EH, Reinhard KJ (1999) Three-dimensional (3-D) imaging in post-mortem examinations: elucidation and identification of cranial and facial fractures in victims of homicide utilizing 3-D computerized imaging reconstruction techniques. *Int J Legal Med* 113:33–37
11. Nieman K, Oudkerk M, Rensing BJ, Ooijen P van, Munne A, Geuns RJ van, Feyter PJ de (2001) Coronary angiography with multi-slice computed tomography. *Lancet* 357:599–603
12. Oehmichen M, Gehl HB, Meissner C, Petersen D, Hoche W, Gerling I, König HG (2003) Forensic pathological aspects of postmortem imaging of gunshot injury to the head: documentation and biometric data. *Acta Neuropathol* 105:570–580

13. Patriquin L, Kassarian A, O'Brien M, Andry C, Eustace S (2001) Postmortem whole-body magnetic resonance imaging as an adjunct to autopsy: preliminary clinical experience. *J Magn Reson Imaging* 13:277–287
14. Rah BR, Katz RJ, Wassermann AG, Reiner JS (2001) Post-mortem three-dimensional reconstruction of the entire coronary arterial circulation using electron-beam computed tomography. *Circulation* 104:3168
15. Rodriguez E, Soler R, Juffe A, Salgado L (2001) CT and MR findings in a calcified myocardial tuberculoma of the left ventricle. *J Comput Assist Tomogr* 25:577–579
16. Schulthess GK, Schwitler J (2001) Cardiac MR imaging: facts and fiction. *Radiology* 218:326–328
17. Schweizer W, Robertson S, Stella D, Czucman F, Schaepman M, Dangel S, Dirnhofer R (1999) Comparison of magnetic resonance imaging and cardiac pathology in 50 native human autopsy hearts. *Proceedings of the International Association of Forensic Sciences, 15th Triennial Meeting, Los Angeles*
18. Smith DR, Limbird KG, Hoffman JM (2002) Identification of human skeletal remains by comparison of bony details of the cranium using computerized tomographic (CT) scans. *J Forensic Sci* 47:937–939
19. Stanford W (1999) Coronary artery calcification as an indicator of preclinical coronary artery disease. *Radiographics* 19:1409–1419
20. Stein KM, Ruf R, Matejic D, Mattern R (2003) Methodentwicklung zur Darstellung subduraler Blutungsquellen mit der postmortalen Computertomographie. *Rechtsmedizin* 13:228
21. Thali MJ, Schwab CM, Tairi K, Dirnhofer R, Vock P (2002) Forensic radiology with cross-section modalities: spiral CT evaluation of a knife wound to the aorta. *J Forensic Sci* 47:1041–1045
22. Thali MJ, Yen K, Plattner T, Schweizer W, Vock P, Ozdoba C, Dirnhofer R (2002) Charred body: virtual autopsy with multi-slice tomography and magnetic resonance imaging. *J Forensic Sci* 47:1326–1331
23. Thali MJ, Yen K, Schweizer W et al. (2003) Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – A feasibility study. *J Forensic Sci* 48:386–403
24. Uchigasaki S, Osterhelweg L, Sperhake JP, Püschel K, Oshida S (2003) Herzbeuteltamponade – Diagnose durch Ultraschall vor der Obduktion. 12. Frühjahrstagung, Kiel, V3

Stefan Pollak, Pekka Saukko

Atlas of Forensic Medicine (CD-Rom)

Holland: Elsevier 2003, 1 Abb., (ISBN 0-444-82597-5), 64.65 EUR

Ein „Atlas der Rechtsmedizin“ von S. Pollak und P. Saukko: Wer diese Informationen liest, der benötigt eigentlich keine weitere Kommentierung, denn diese Kombination spricht im positiven Sinne eigentlich schon für sich.

Rechtsmedizinische Atlanten sind mittlerweile in vielfältigen Ausführungen erschienen. Nun liegt ein rechtsmedizinischer Atlas vor, der sich auf CD-Rom präsentiert. Das Inhaltsverzeichnis ist umfangreich wie bei einem guten Lehrbuch und lässt kein bildlich darstellbares Thema der Rechtsmedizin unbehandelt. Die Gliederung ist klar und deutlich und das System sowie die Benutzeroberfläche erklären sich von selbst, so dass keine Spezialkenntnisse zum Benutzen des digitalen Atlas notwendig sind.

Man kann sich die Bilder den Kapiteln entsprechend anschauen, es besteht aber auch die Möglichkeit, das Inhaltsverzeichnis nicht kapitelweise aufstellen zu lassen, sondern z.B. ein Inhaltsverzeichnis geordnet nach Körperteilen, Objekten oder z.B. der Todesart aufzurufen. Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit, auch einen eigenen Index zu erstellen und Bilder nach eigener Vorstellung und Reihenfolge dort zusammenzustellen, was insbesondere für die Verwendung im Unterricht ausgesprochen hilfreich und nützlich ist. Überdies besteht die Möglichkeit, zu den schon bestehenden Legenden weitere Anmerkungen und Beschreibungen hinzuzufügen.

Der Atlas enthält mit rund 1.600 Abb. die wohl umfangreichste bislang publizierte Sammlung rechtsmedizinischer Bilder. Die Abbildungen sind von durchweg hervorragender Qualität und werden von knappen, aber alle relevanten Informationen enthaltenden Legenden begleitet. Zusätzlich sind sämtliche Kapitel von einem kurzen Textteil begleitet, der die entsprechende Materie zusammenfassend darstellt. Durch einfaches Anklicken kann problemlos zwischen der deutschen und englischen Sprache hin- und hergewechselt werden, so dass der Atlas indirekt auch noch eine Art Wörterbuchfunktion Deutsch-Englisch für die Rechtsmedizin erfüllt.

Die Systemvoraussetzungen sind: Windows 95, 98, Windows ME, Windows 2000, Windows NT, Windows XP, ein CD-Laufwerk sowie 32 MB Arbeitsspeicher. Das Programm benötigt auf der Festplatte ca. 10 MB. Mit dem Einlegen der CD-Rom in das Laufwerk wird man automatisch durch das Installationsprogramm geführt, dass sich selbst erklärt und auch für den Umgang mit PC's wenig Geübten keine Probleme darstellt. Zusätzlich wird ein englisch- und deutschsprachiges kurzes Begleitheft mitgeliefert, das weitere Hinweise und Problemlösungen gibt.

Wer das Fach Rechtsmedizin lehrt und mit modernen Medien arbeitet, der muss sich diesen hervorragenden Atlas von S. Pollak und P. Saukko kaufen. Der Preis ist zudem mehr als fair.

M.A. Rothschild (Köln)