

*Kasuistiken/Casuistics*

**Neue diagnostische Möglichkeiten  
der postmortalen Koronarangiographie  
durch digitale Subtraktionsangiographie (DSA)**

**G. Weiler, M. Riße, and J. Timmermann**

Institut für Rechtsmedizin der Universität-GHS Essen und Radiologische Abteilung  
des Marienhospitals Essen, Hufelandstr. 55, D-4300 Essen 1, Bundesrepublik Deutschland

**New Diagnostic Possibilities in Postmortal Coronary Angiography  
by Digital Subtraction Angiography (DSA)**

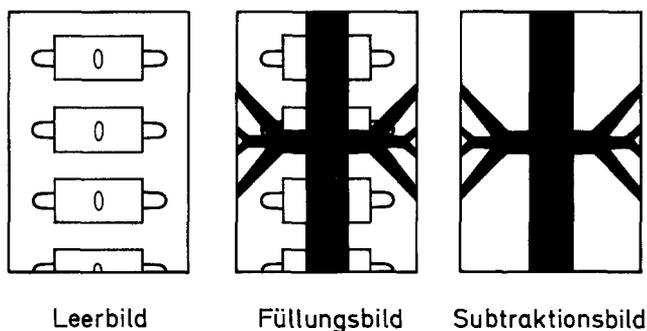
**Summary.** Postmortal digital subtraction angiography permits vessels filled with a contrast agent to be visualized selectively in a video film shot and the contrast agent flow to be observed directly in the coronary arteries. Compared to conventional static methods of postmortal coronary angiography, the judgment on the hemodynamic effects of stenosis and occlusion, as well as of collaterals and anastomosis, will be improved and therefore the diagnosis of acute coronary death. The diagnostic possibilities and advantages of DSA are demonstrated in two cases.

**Key words:** Postmortal coronary angiography – Digital subtraction angiography

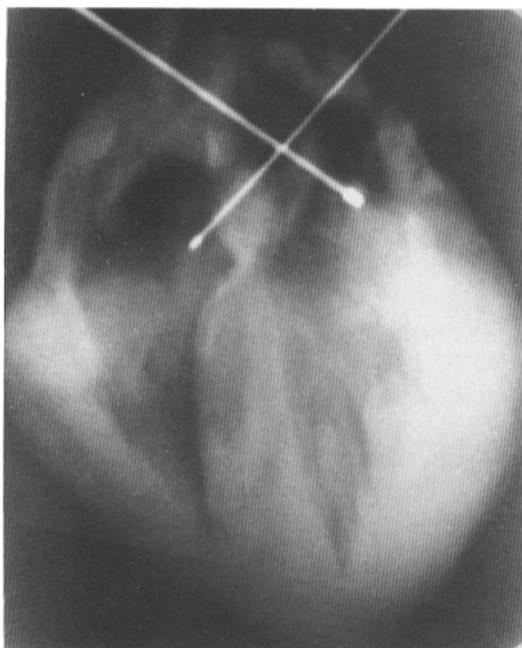
**Zusammenfassung.** Die postmortale digitale Subtraktionsangiographie ermöglicht eine selektive Darstellung kontrastmittelgefüllter Gefäße aus einer Videofilmszene und die direkte Beobachtung des Kontrastmittelflusses in den Koronararterien. Im Vergleich zu den konventionellen statischen Verfahren der postmortalen Koronarangiographie wird die Beurteilung der hämodynamischen Wirkung von Stenosen und Verschlüssen als auch von Kollateralen und Anastomosen und damit die Diagnose des akuten Koronartodes verbessert. Die diagnostischen Möglichkeiten und Vorteile der DSA werden an zwei Fällen dargestellt.

**Schlüsselwörter:** Koronarangiographie, postmortal – Subtraktionsangiographie

Postmortale angiographische und morphometrische Untersuchungen der Koronararterien haben ihre rechtsmedizinische Bedeutung vor allem bei der Erfassung des akuten Koronartodes und bei der Bewertung konkurrierender Todesursachen (Brinkmann und Oeser 1976; Weiler 1979; Weiler und Riße 1981; Weiler 1982; Weiler und Riße 1983; Riße und Weiler 1986). Die postmortale Koronarangiographie war bisher auf statische Verfahren, meist durch vorangehende Füllung der Koronararterien mit einem Barium-Gelatine-Gemisch, begrenzt. Die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) ermöglicht dagegen u. a. eine zusätzliche funktionelle Beurteilung durch direkte Beobachtung des koronaren Kontrastmittelflusses.



**Abb.1.** Prinzip der Röntgen-Subtraktion (nach Arlart)



**Abb.2.** Leerbild eines druckfixierten Herzens mit guter räumlicher Darstellung der Herzspalten und der Herzspaltenwand

## Methoden

Die DSA beruht auf der Verbindung zweier technischer Verfahren. Zum einen der Subtraktionstechnik, die durch Subtraktion eines Leerbildes störende Bildelemente zu eliminieren und selektiv z. B. mit Kontrastmittel gefüllte Gefäße darzustellen vermag, zum anderen der computermäßigen Bildverarbeitung analoger Fernseh-Video-Bilder. Abbildung 1 veranschaulicht das Prinzip der Röntgensubtraktion, Abb. 2 zeigt ein postmortales „Leerbild“ eines druckfixierten Herzens.

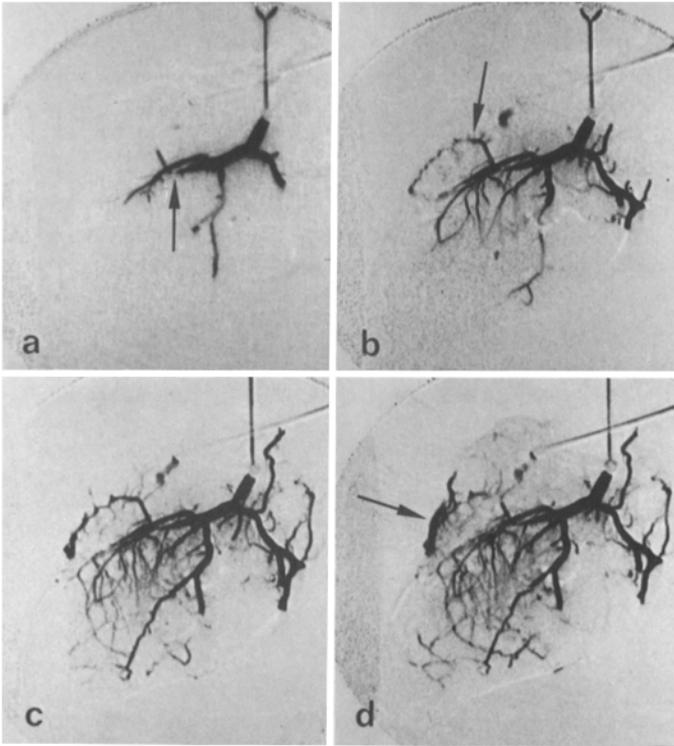
Auch für die postmortale Koronarangiographie mittels DSA verwenden wir Herzen, die über das Koronarsystem mit Formalin (5%) bei physiologischem Druck (100 mm Hg, 30 bis 60 min) fixiert wurden. Damit kann der Zeitpunkt der radiologischen Untersuchung frei gewählt werden und es liegt für den klinischen Angiographieraum ein sauberes, unblutiges Organ vor. Die Koronararterien werden selektiv manuell mit einer Spritze über eingebundene Kanülen mit jeweils 3 bis 5 ml Solutrast 370 (= Iopamidol) gefüllt und gleichzeitig dargestellt. Die Durchleuchtung kann den in der klinischen Koronarangiographie gebräuchlichen Positionen angepaßt werden und dauert nur wenige Minuten. Die Bildserie, die mit einer Frequenz von einem Bild pro Sekunde angefertigt wird, steht zur Dokumentation zur Verfügung. Kontrastmittelausbreitung und Füllung werden direkt am Fernsehmonitor beobachtet. Die Untersuchungen erfolgten mit dem Gerät DF 3000 von General Electric. Mit einem Zusatzgerät kann eine computermäßige Quantifizierung der dargestellten Koronarstenosen vorgenommen werden.

## Ergebnisse

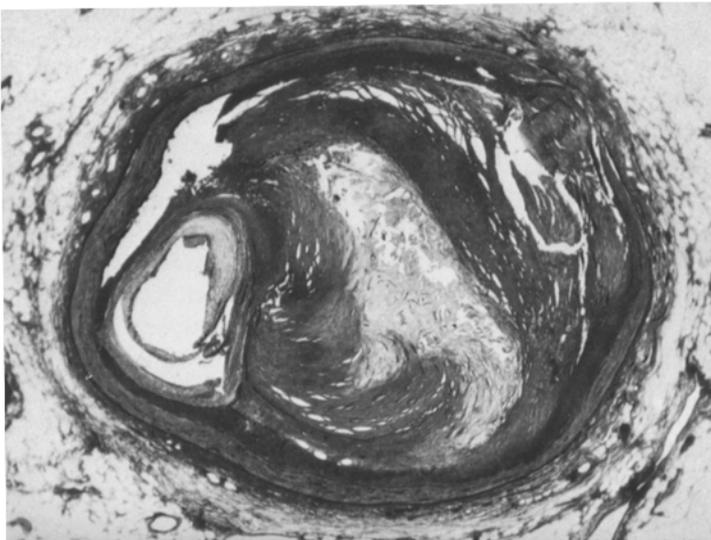
Die Ergebnisse unserer ersten postmortalen Koronarangiographien mittels DSA werden paradigmatisch an zwei Fällen vorgestellt.

### Fall 1

560 g schweres Herz eines 40jährigen athletischen Mannes, der akut beim Tennisspielen verstarb. Abbildung 3a–d zeigt vier ausgewählte Momentaufnahmen der Angiographie der linken Koronararterie. Im proximalen Teil des Ramus interventricularis anterior (RIVA) bewirkt ein Gefäßverschluß ein spitz auslaufendes Kontrastmittelband (*Pfeil* in Abb. 3a). Der Verschluß wird verzögert durch eine Kollaterale überbrückt. Von dieser Kollateralen geht eine Anastomose zur rechten Koronararterie ab (*Pfeil* in Abb. 3b), die sich retrograd zu füllen beginnt (*Pfeil* in Abb. 3d). Die Abbildung 4 zeigt den histologischen Querschnitt in Höhe des Kontrastmittelstops mit einer funktionell unwirksamen Rekanalisation bei einem 1 cm langen, z. T. verkalkten arteriosklerotischen Verschluß. Die anderen Koronararterienäste haben keine hämodynamisch wirksamen Stenosen. Im Myocard besteht lediglich eine herzsptizennahe, pfennigstückgroße Innenschichtnarbe der linken Vorderwand. Die morphometrischen Koronararterienbefunde, unter Berücksichtigung des Herzgewichtes, ergeben nach unserem Verfahren (Weiler 1979) einen Wert, wie er für akute Koronartodesfälle typisch ist. Der angiographisch nachweisbare Kollateral- und Anastomosenkreislauf konnte in diesem Falle bei erheblicher physischer Belastung den akuten Koronartod nicht verhindern. Das bestätigen die Ergebnisse von Trappe et al. (1985), daß das Kollateralenmuster bei isolierten Stenosen des



**Abb.3.** Fall 1. Momentaufnahmen der Angiographie der linken Koronararterie bei akutem Koronartod. Verschuß des RIVA mit Kollaterale und davon abgehender Anastomose zur A.coronaria dextra mit retrograder Füllung (vergl. Text)

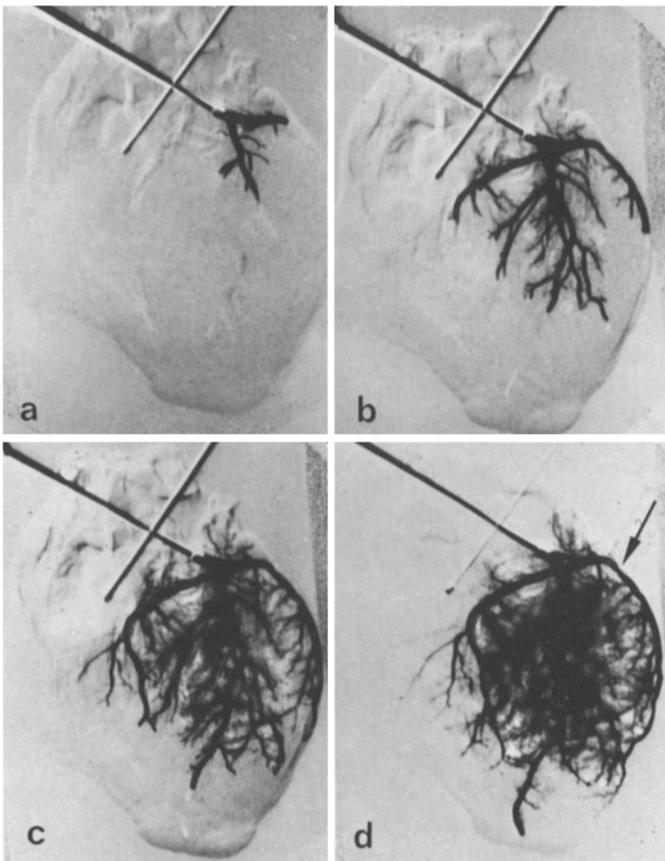


**Abb.4.** Fall 1. Histologischer Querschnitt des RIVA in Höhe des Kontrastmittelstopps

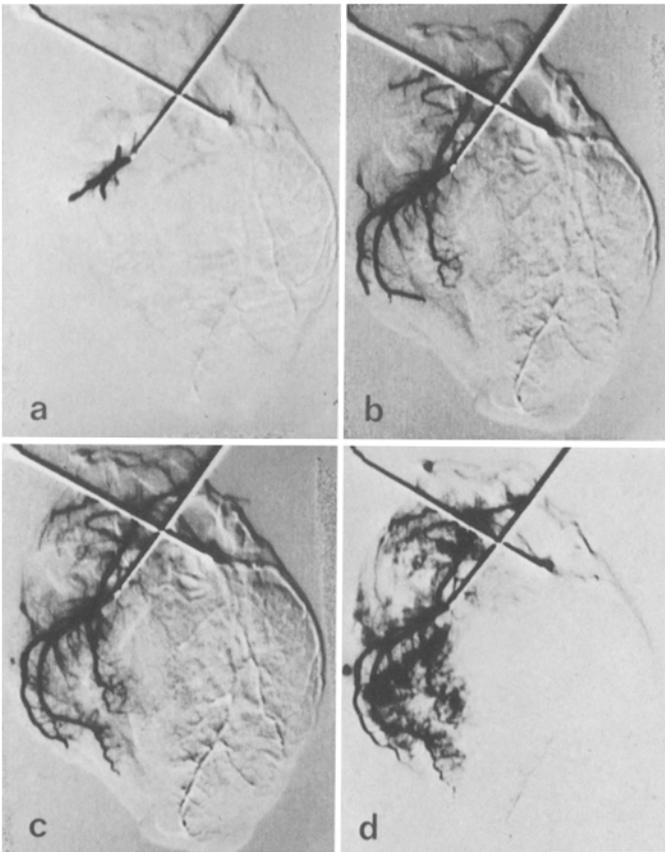
RIVA keinen Einfluß auf den Eintritt des plötzlichen Herztodes hat und bei derartigen Verschlüssen komplexe Arrhythmien zu Lebzeiten auf ein erhöhtes Risiko hinweisen.

### Fall 2

Ein 48jähriger Mann verstirbt plötzlich und unerwartet in seiner Wohnung, in einem Sessel sitzend. Eine physische oder psychische Belastung ist nicht vorausgegangen, eine Beeinträchtigung durch Alkohol, Medikamente oder Gifte ist nicht nachweisbar. Die Anamnese ist unauffällig. Das Herzgewicht beträgt 358 g. Die Koronarangiographie zeigt in Abb.5 ausgewählte Phasen der Füllung der linken und in Abb.6 der rechten Koronararterie. Vor allem die Bilder der Abb.5b und c zeigen die erzielbare stereoskopische Gefäßdarstellung. Es liegt ein Linksversorgungstyp vor. Im RIVA bestehen mehrere bis 60%ige Ste-

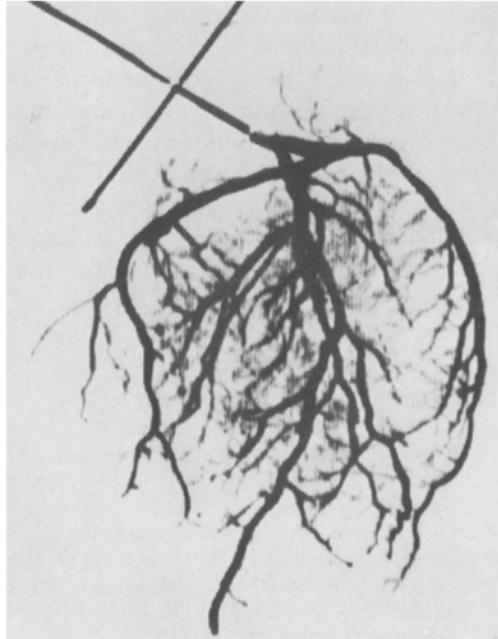


**Abb.5.** Fall 2. DSA der linken Koronararterie bei akutem Koronartod. Linksversorgungstyp. Bis 60%ige Stenosen im RIVA und 80%ige Stenose im linken Kantenast (*Pfeil*). Apikaler Kapillarfüllungsdefekt (4d) bei histologisch nachweisbaren Myolysen



**Abb. 6.** Fall 2. DSA der rechten Koronararterie. Durch Subtraktion der linksseitigen Angiographie stereoskopisches Bild (b und c)

nosen im linken Kantenast eine 80%ige Stenose (*Pfeil* in Abb. 5d). Die Stenosen werden, wie beim Vergleich angiographischer und morphometrischer Befunde häufig nachweisbar (Barmeyer 1971; Staiger et al. 1976; Weiler 1979) im Angiogramm zu gering eingestuft. Es besteht kein wirksamer Anastomosenkreislauf. Histologisch finden sich im Myocard des Herzspitzenbereichs ausgehende, herdförmige, hypoxische Myolysen. Die dadurch verringerte bzw. gestörte Mikroperfusion läßt sich offenbar, ebenso wie in Schwielenbezirken, durch eine verminderte oder fehlende Kapillarfüllung bei der DSA erfassen. Die fehlende apikale Kapillarfüllung des Bildes 5 d kann durch die hier nachweisbare Myocardschädigung erklärt werden. Durch Subtraktion von Bildelementen läßt sich auch ein angiographisches Gefäßbild ohne störende Herzschaten oder einer zu starken Kapillarfüllung erzielen, wie dies in Abb. 7 dargestellt ist. Der Sterbefall muß epikritisch als akute Koronarinsuffizienz unter dem Bild des plötzlichen Herztodes, vermutlich durch Kammerflimmern gesehen werden, wobei sich die tödliche Koronarinsuffizienz durch angiographische und morphologische Befunde hinreichend sichern läßt.



**Abb. 7.** Fall 2. Subtraktionsbild ohne störende Herz- oder Kapillarschatten, entspricht Füllungszustand von Bild 5d

## Diskussion

Die digitale Subtraktionsangiographie zählt heute bereits in vielen radiologischen Abteilungen zu den diagnostischen Routineverfahren. Über ihre Anwendungsgebiete sowie technische und diagnostische Möglichkeiten liegen zahlreiche Arbeiten vor (Seyferth et al. 1982; Heuser et al. 1985; Arlart 1985 a, b; Bargon 1985; Meiners und Bigot 1985). Der klinische Vorteil der DSA besteht vorwiegend in der verbesserten Darstellung auch kleiner Gefäße mit geringeren Kontrastmittelmengen sowie der Möglichkeit funktioneller und quantitativer Untersuchungen, etwa in Form von Flußmessungen. Erste postmortale koronarographische Untersuchungen mittels DSA wurden von Kempfer et al. (1984) bei acht Herzen vorgenommen. Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens im Rahmen der postmortalen Angiographie liegt in der direkten Beobachtung des Kontrastmittelflusses, dessen Behinderung durch Stenosen oder der Ausprägung von Kollateralen und Anastomosen. So läßt sich etwa die Strömungsrichtung distal einer Stenose oder eines Verschlusses mit retrograder Füllung oder die Wirksamkeit einer kollateralen Überbrückung am Monitor verfolgen und auch dokumentieren (vergl. Abb. 3). Aus der sich anschließenden Füllung des Kapillarnetzes bzw. entsprechender Aussparungen sind Rückschlüsse auf die myocardiale Mikroperfusion möglich. Die von uns angewandte vorangehende Druckfixierung des Herzens erlaubt eine saubere und zeitlich zur Obduktion ungebundene angiographische Untersuchung. Das wasserlösliche Kontrastmittel kann ausgespült und die Untersuchung unter speziellen Aspekten wiederholt werden. Auch eine spätere klassische Füllung der Koronararterien mit Bariumsulfat-Gelatine-Brei kann angeschlossen werden. Technisch

sind bei fraktionierter Angiographie sowohl schattenfreie als auch stereoskopische Gefäßdarstellungen erzielbar (vergl. Abb. 5 und 7).

Die postmortale DSA ermöglicht im Vergleich zur klassischen statischen postmortalen Koronarangiographie eine zusätzliche funktionelle Beurteilung der koronaren Durchblutung und damit der hämodynamischen Wirkung von fixierten Koronarstenosen. Damit wird die morphologische Diagnose einer koronaren Herzerkrankung und auch des akuten Herztodes verbessert. Hinsichtlich des Beweiswertes ist zu beachten, daß vitale funktionelle Phänomene, wie etwa Koronarspasmen oder exzentrische dynamische Koronarstenosen, naturgemäß nicht faßbar sind.

## Literatur

- Arlart IP (1985) Digitale Subtraktionsangiographie. *Klinikarzt* 14:527–537
- Arlart IP (1985) Eine Alternative zur konventionellen Angiographie? *Klinikarzt* 14:1279–1289
- Bargon G (1985) Die digitale Subtraktionsangiographie (DSA). *Klinikarzt* 14:524
- Barmeyer J, Baumeister L, Blümchen G (1971) Morphologie und postmortales Angiogramm bei Koronarsklerose. *Z Kreislaufforsch* 60:679–683
- Brinkmann B, Oeser J (1976) Die forensische Bedeutung coronarometrischer Untersuchungen. *Z Rechtsmed* 78:137–147
- Heuser L, Krestin GP, Hannekum H, Wimmer G (1985) Darstellung aortokoronarer Venenbrücken mit der digitalen Subtraktionsangiographie. *Dtsch Med Wochenschr* 110:243–246
- Kempton H, Scholmann HJ, Felix R, Paepfer H (1984) Postmortale Koronarangiographie mittels digitaler Subtraktionsangiographie (DSA). *Herz Kreisl* 16:145–148
- Meiners G, Bigot JM (1985) DSA nach Nierentransplantation. *Klinikarzt* 14:538–542
- Riße M, Weiler G (1986) Die koronare Muskelbrücke und ihre Beziehung zu lokaler Koronarsklerose, regionaler Myokardischämie und Koronarspasmus. Eine morphometrische Studie. *Z Kardiologie* 74:700–705
- Seyferth W, Dilbat G, Marhoff P, Zeitler E (1982) Digitale Subtraktionsangiographie – diagnostische Bereicherung oder technische Spielerei? *Herz und Gefäße* 2:742–757
- Staiger J, Dieckmann H, Adler CP, Barmeyer J (1976) Vergleichende Untersuchungen von Koronarangiographie und quantitativer Morphologie der Koronararterien (Planimetrie). *Verh Dtsch Ges Inn Med* 82:1163–1166
- Trappe HJ, Hartwig CA, Wenzlaff P, Lichtlen PR (1985) Arrhythmieverhalten und plötzlicher Herztod bei isolierten Stenosen oder Verschlüssen des Ramus interventricularis anterior. *Z Kardiologie* 74:165–174
- Weiler G (1979) Quantitative Morphologie des akuten Koronartodes. *Z Rechtsmed* 83:39–48
- Weiler G (1982) Koronarbedingte Ursachen des plötzlichen Herztodes und ihr morphometrischer Nachweis. *Proceedings XII. Kongreß Intern Akademie f Gerichtl und Soziale Med*, Vol I. Egermann, Wien, S 59–63
- Weiler G, Riße M (1981) Morphometrische Untersuchungen bei stenosierender Koronarsklerose und ihre Bedeutung für die Bewertung konkurrierender Todesursachen. *Forensic Sci Int* 18:131–139
- Weiler G, Riße M (1983) Rechtsmedizinische Aspekte zur tödlichen Coronarinsuffizienz bei normalen Coronararterien. *Z Rechtsmed* 90:109–113

Eingegangen am 6. Januar 1986