

Experimentelle Visualisation des ventriculären RLS des Herzens intra vitam* **

J. Ostermeyer, W. Schmitz, W. Hofmann, P. Packschies, A. Ahmadi,
P. Hankeln, J. A. Rossner, H.-P. Bayer, G. Mall, H. Reinhard und J. Schröder

Pathologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. W. Doerr)
und Abteilung für Spezielle Thoraxchirurgie (Vorstand: Prof. Dr. W. Schmitz)
an der Chirurgischen Klinik (Direktor: Prof. Dr. F. Linder) der Universität Heidelberg

Eingegangen am 18. März 1974

Experimental Visualization of the Ventricular Conduction System of the Heart intra vitam

Summary. A method for radiological presentation of the left ventricular conduction system was tested for *in-vivo* tolerability. *In-vivo* tolerability could be demonstrated clinically; however, we should emphasize that hypertonic X-ray contrast dyes may cause morphological changes of unknown significance in the micro- and ultrastructures of the specialized musculature.

Zusammenfassung. In Form von 4 Tierversuchen (Kälber) wird eine *in vitro* an Rinder-, Kälber- und Schafsherzen erarbeitete Methodik zur röntgenologischen Darstellung des RSL des Herzens bezüglich ihrer *in-vivo*-Tolerabilität erprobt.

Klinisch kann die *in-vivo*-Tolerabilität grundsätzlich nachgewiesen werden; wir müssen jedoch betonen, daß durch die Verwendung hypertoner Röntgenkontrastmittel Veränderungen im Bereich der Mikro- und Ultrastrukturen der RLS-Zellen induziert werden können, deren Dignität momentan nicht sicher eingestuft werden kann.

Kürzlich wurde am Heidelberger Pathologischen Institut anhand von *in-vitro*-Versuchen an Rinder-, Kälber- und Schafsherzen eine Methode erarbeitet, die es gestattet, das ventriculäre Reizleitungssystem (RLS), speziell das Hissche Bündel und den linken AV-Schenkel, in seiner ganzen Ausdehnung röntgenologisch sichtbar zu machen (Ostermeyer, 1973). Grundlage dieser Methode ist die Möglichkeit, das perifasciculäre „Lymphspaltensystem“ (Curransche Bindegewebsscheide, Eberth-Belajeffsche „Lymphräume“) mit wasserlöslichen, jodhaltigen, röntgenkontrastgebenden Lösungen zu injizieren. Wir verwendeten für diese Injektionen vorzugsweise das trijodierte Röntgenkontrastmittel Conray EV (Fa. Byk Gulden).

In der vorliegenden Studie geht es uns darum, die *in-vivo*-Tolerabilität dieser Methode der Visualisation des RLS zu demonstrieren.

Material und Methode

Da am Ungulatenherzen in Form der konstant zum anterioren und posterioren Papillarmuskel ziehenden „falschen Sehnenfäden“ (Rössle, 1902) vorzügliche Injektionsstellen zur Instillation des Kontrastmittels in die perifasciculären Bindegewebsscheiden vorliegen, er-

* Herrn Prof. Dr. med. W. Doerr zum 60. Geburtstag gewidmet.

** Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des SFB 90 der Universität Heidelberg, Teilprojekt B. 1.

probten wir die Methode der röntgenologischen Visualisation intraoperativ an 4 Kälbern mit einem Körpergewicht zwischen 75 kg und 120 kg.

I. Narkose

Nach Prämedikation der Tiere mit Combelen, einem Phenothiazinabkömmling wurde durch intravenöse Gabe von Chloralhydrat bzw. Ketanest die Narkose eingeleitet. Anschließend erfolgte die blinde, endotracheale Intubation bei Spontanatmung mit einem Plastiktubus (Charr. 50) und Tamponade des hinteren Rachenraumes. Die Narkose wurde in kontrollierter Beatmung mit einem volumengesteuerten Engström-Respirator durchgeführt; dabei wurde ein O_2/N_2O -Mischungsverhältnis von 1:2 eingehalten.

Die Relaxation erfolgte mit Pancuroniumbromid.

Während der extrakorporalen Perfusion wurde die Narkose als Neuroleptanalgesie (Dehydrobenzperidol + Fentanyl) weitergeführt.

Die Messung von arteriellem und zentralvenösem Druck erfolgte blutig über Statham-Transducer; EKG und Druckwerte wurden fortlaufend (Bandgeschwindigkeit 50 mm/sec) mittels eines Hellige-6-Kanalschreibers registriert.

II. Operation und extrakorporale Perfusion (EKK)

Der operative Zugang erfolgte in Linkssitenlage des Tieres durch den 4. ICR rechts. Nach breiter Eröffnung des Thorax wurde das parietale Perikard Y-förmig gespalten, das Herz freigelegt und zur Kanülierung vorbereitet. Dabei wurde die venöse Leitung über den rechten Vorhof bzw. das rechte Herzrohr mit den Hohlvenen verbunden und die arterielle Leitung über einen 28er Katheter der intraperikardialen aszendierenden Aorta zugeführt.

Zur extrakorporalen Perfusion verwendeten wir eine De-Bakey-Rollerpumpe mit Bentley-Bubble-Oxygenator. Das primäre Oxygenator-Füllvolumen von 3000 ml komplettierte sich aus 2000 ml 5%iger Glucoselösung plus 0,2%ige NaCl-Lösung und 1000 ml ACD-Vollblut.

Während der Perfusion wurde ein Flow von mindestens 6 l/min aufrechterhalten und ein aortaler Mitteldruck von 65 mm Hg nicht unterschritten.

Nach Abklemmen der Aorta wurde der linke Ventrikel im Totalbypass durch einen, zwischen den Papillarmuskeln verlaufenden, etwa 4 cm langen, geraden Schnitt eröffnet.

Nach Darstellung des links-anterioren bzw. des links-posterioren „falschen Sehnenfadens“ des linken AV-Schenkels erfolgte unter elektrischem Fibrillieren des Myokard oberflächlich die Punktions der Curraischen Bindegewebsscheide (20er Stahlkanüle, 2 ml-Spritze) und die Instillation des Röntgenkontrastmittels in die perifasciculären Eberth-Belajeffschen „Lymphräume“.

Da mit einer schnellen Diffusion des Kontrastmittels in das umgebende Gewebe zu rechnen ist, wurden unmittelbar nach der Injektion die entsprechenden Röntgenbilder angefertigt. Wir verwendeten dazu das Gerät Nanodor (Fa. Siemens). Die eigens auf passende Größe zuschnittenen Röntgenfilme wurden zur Aufnahme steril verpackt in den Thorax hinter das Herz poniert.

Abschließend wurde die eröffnete Herzkammer mit 4—5 durchgreifenden Matratzenähten und einer oberflächlichen fortlaufenden Naht verschlossen und sorgfältig entlüftet. Durch mehrmaliges Defibrillieren versuchten wir, normale Kammeraktionen zu induzieren. Ließ sich dies herbeiführen und war ein adäquater Blautauswurf gesichert, erfolgte der Übergang auf zunächst partiellen Bypass. Nach Erreichen einer vollwertigen kardialen Leistung wurden unter fortlaufender Registrierung von EKG, arteriellem und zentralvenösem Druck die Kanülen der Herz-Lungen-Maschine entfernt und die Zugangsstellen zum Herzen verschlossen.

III. Morphologische Untersuchungen

Nach physiologischen Herzaktionen und suffizienten Kreislaufverhältnissen über einen Zeitraum von mindestens 2 Std wurde das Herz in toto aus dem Thorax entfernt und das Myokard zur lichtoptischen, die injizierten Elemente des RLS zur licht- und elektromenoptischen Untersuchung aufgearbeitet. Entsprechende Kontrollpräparate nicht injizierter RLS-Elemente lagen zum Vergleich vor.

Die zur lichtoptischen Untersuchung vorgesehenen Gewebsproben wurden nach Formalinfixation (6%ig) in Paraffin eingebettet und nach Anfertigung der feingeweblichen Schnitte mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt; bei besonderen Fragestellungen verwendeten wir des weiteren die EvG-Färbung, die Masson-Goldner-Färbung und die PAS-Reaktion.

Weiterhin fertigten wir aus in Kunststoff eingebetteten Gewebsproben verschiedene Semi-Dünnschnitte (Färbung: Toluidin-Blau; Schnittdicke: 1 μ . an).

Zur Aufarbeitung für die Elektronenmikroskopie wurden 2 cm lange, aus dem Herzen unmittelbar nach Entnahme herauspräparierte Fasern injizierter spezifischer Muskulatur in einem Halteapparat auf eine Länge von 2,5 cm gleichmäßig gespannt. Die Fixation der unter Spannung stehenden Fasern erfolgte zunächst 45 min bei 0° C, anschließend 8 min bei 37° C in 3%igem Glutaraldehyd mit Sorensen-Puffer (420 mosm). Sodann wurden die Proben längs und quer in 200 μ dicke Scheiben geschnitten und weitere 60 min in Glutaraldehyd fixiert. Es folgte weiterhin: Nachfixation in 1%iger Osmiumsäure, Entwässerung in absolutem Alkohol und Propylenoxid und schließlich die Einbettung in Araldit.

Die Blöcke wurden am Reichert-Mikrotom U2 mit Diamant-Messern ultradünn geschnitten. Die elektronenoptischen Aufnahmen erfolgten mit dem Siemens-Elmiskop Ia.

Ergebnisse

Bei allen 4 Herzen gelang es nach linksventriculärer Kardiotomie und Darstellung eines „falschen Sehnenfadens“ mühelos, die perifasciculären Bindegewebsräume des linken AV-Schenkels mit Röntgenkontrastmittel zu injizieren. Lediglich bei der Anfertigung der Röntgenaufnahmen ergaben sich zu Beginn einige technische Schwierigkeiten mit der für unsere Belange nicht optimalen apparativen Ausrüstung. In Form der Abb. 1 demonstrieren wir das Photogramm einer der intraoperativ gewonnenen Röntgenaufnahmen von Anteilen des linksventriculären RLS. In leichter perspektivischer Verzerrung kommen auf diesem Bild vorzugsweise links-anteriores und links-posteriores Faszikel, Hauptstamm des linken AV-Schenkels und Anteile des Purkinje-Netzes zur Darstellung.

Die Herzen der Kälber I und IV ließen sich nach Kontrastmittelinjektion, Röntgenaufnahme und Ventrikelverschluß nicht reanimieren. Das Einwirken des Röntgenkontrastmittels auf die spezifische Muskulatur glauben wir jedoch als direkte Ursache für diese Fehlschläge ausschließen zu können.

Bei Kalb I war die von uns verordnete Antikoagulationstherapie (3 mg Heparin/kg KG) unzureichend, und es kam während der extrakorporalen Perfusion zu einer gesteigerten Gerinnung, so daß nach einer Perfusionszeit von 50 min die Schlauchsysteme des Oxygenators subtotal mit Fibrin verlegt waren und trotz maximaler Pumpleistung nur noch ein Flow von 1,6–1,7 l/min erreicht wurde. Bei Kalb IV verwendeten wir in Abänderung der vorherigen Versuchsanordnung einen Membranoxygenator (vorher: Bentley-Bubble-Oxygenator), dessen Oxygenierungskapazität (max. 6 l/min) für das relativ schwere Tier (125 kg) unzureichend war, so daß sich das Kalb während der gesamten extrakorporalen Perfusion im Zustand der Hypoxie befand.

Kalb II

Das Tier fiel bereits vor Versuchsbeginn durch eine Tachykardie und eine Tachypnoe auf, so daß wir klinisch die Verdachtsdiagnose einer Pneumonie und u.U. einer Myokarditis stellten. Makroskopisch-pathologisch und schließlich histologisch konnten dann die Diagnosen PI.III-Virus-Myokarditis und eitrige Bronchopneumonie gesichert werden. Die präoperative und präinjektionäre elektrophysiologische Situation des Herzens und die Druckverhältnisse in den herznahen großen Gefäßen waren jedoch unauffällig.

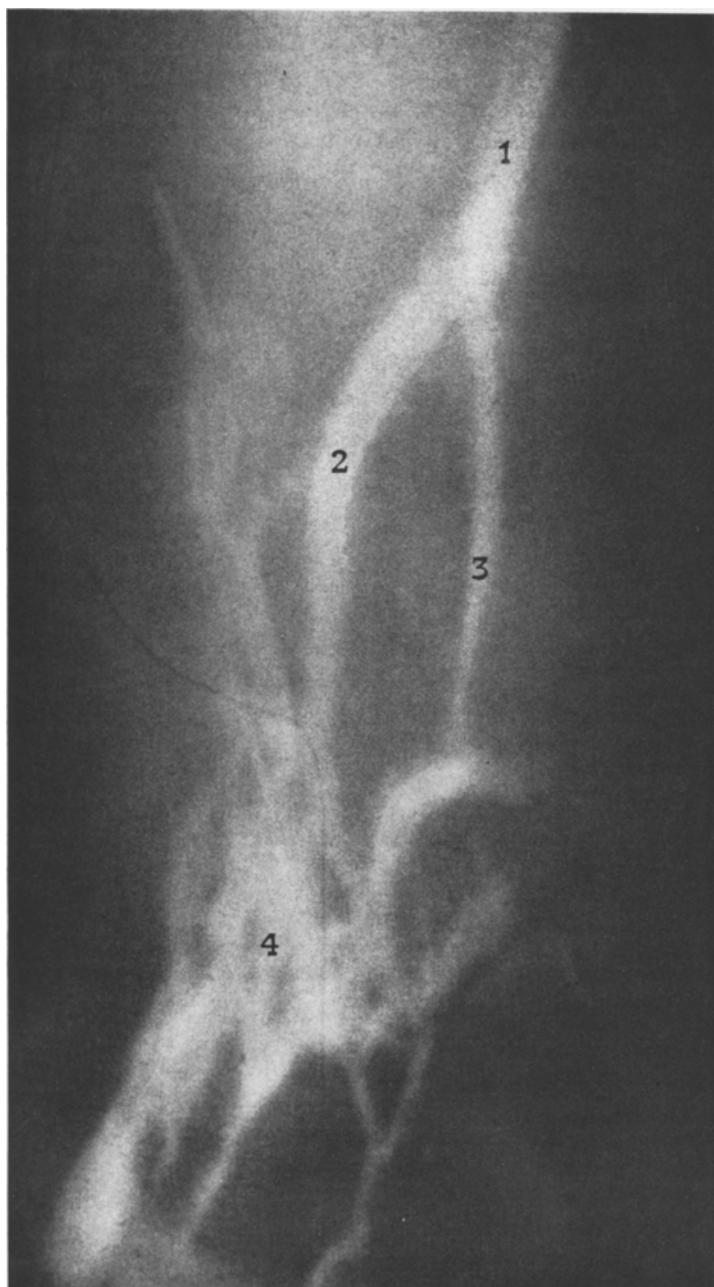
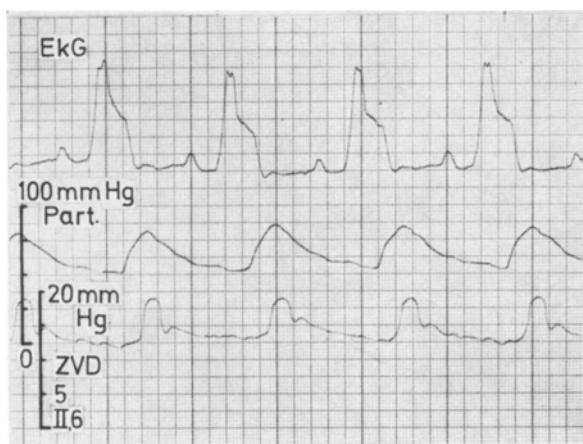


Abb. 1. Intraoperative röntgenologische *in vivo*-Darstellung des linksventriculären RLS
1 Linker AV-Schenkel; 2 links-anteriores Faszikel; 3 links-posteriores Faszikel; 4 Purkinje-Netz



a



b

Abb. 2. a Die ersten spontanen Herzaktionen nach radiologischer Visualisation des linken AV-Schenkels, Ventrikelverschluß und erfolgreicher, mehrmaliger Defibrillation (EKG: Extremitäten-Abl. I, Bandgeschwindigkeit: 50 mm/sec). b EKG, arterieller Druck und zentralvenöser Druck nach Abgang von der Herz-Lungen-Maschine. Es imponieren ein Sinusrhythmus, leichte ST-Senkungen und gleichschenklig hochamplitudige, negative T-Wellen im EKG (Abl. I) und stabile Kreislaufverhältnisse

Nach Röntgendarstellung des RLS und Ventrikelverschluß kam es während der Herz-Reanimationsphase zu einem anfänglichen, therapieresistenten, 30minütigen Kammerflimmern. Durch Gabe von Antiarrhythmica, Beta-Stimulation und 28maliger Defibrillation (120—160 Wsec) bei permanenter manueller Herzmassage



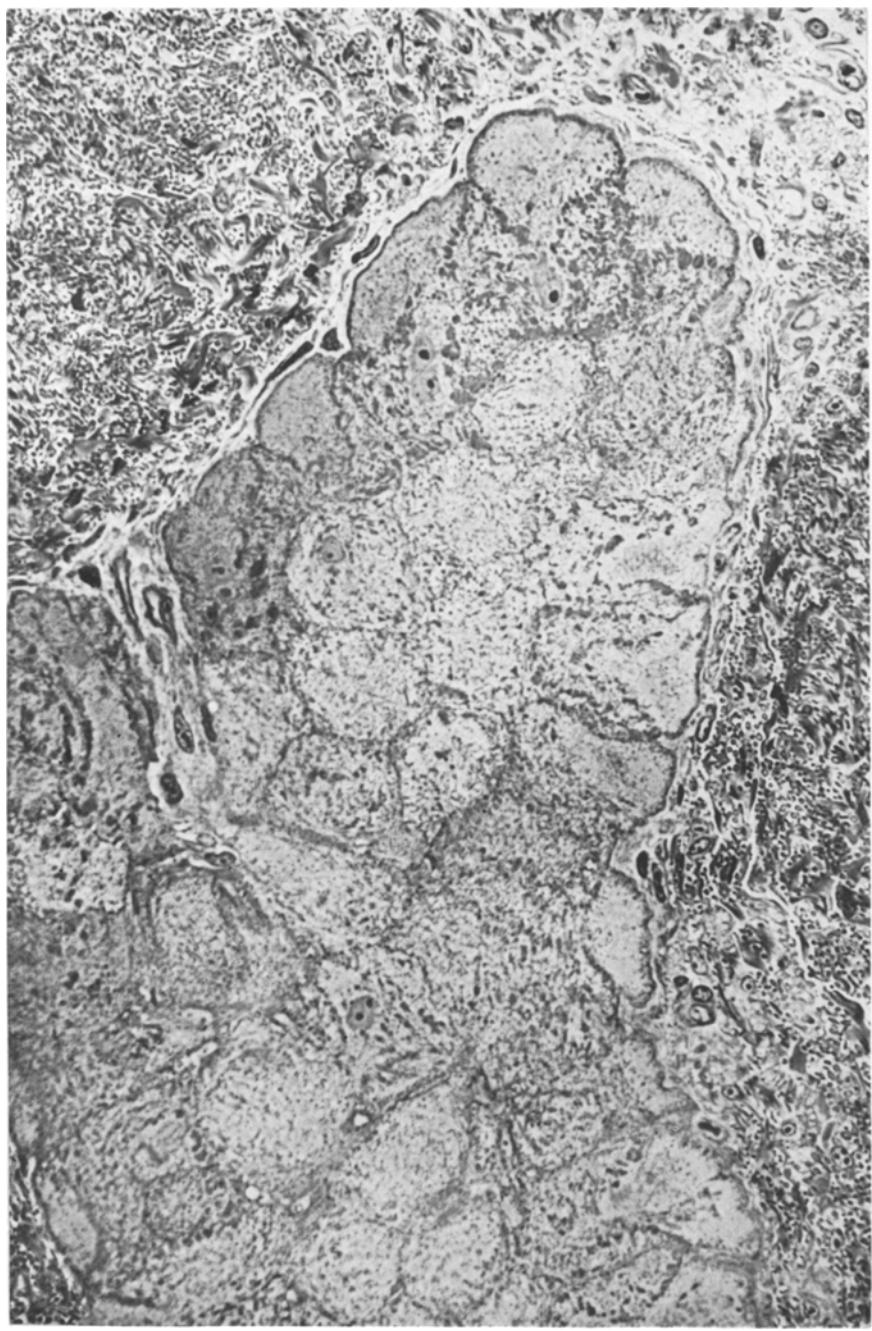
a

Abb. 3. a Histologisches, lichtoptisches Bild der spezifischen Muskulatur eines Kalbsherzens im HE-gefärbten Paraffinschnitt (Vergrößerungsmaßstab 160:1; Nachvergrößerung: 5×) (Präparation: Rieger; Foto: Derks). b Histologisches, lichtoptisches Bild der spezifischen



b

Muskulatur eines Kalbsherzens (K III) im HE gefärbten Paraffinschnitt nach intravitaler, intraoperativer Injektion von Conray EV in die perifasciculären „Lymphscheiden“ zur radiologischen Visualisation des linken AV-Schenkels. (Vergrößerungsmaßstab 160:1; Nachvergrößerung: 5×) (Präparation: Rieger; Foto: Derk)



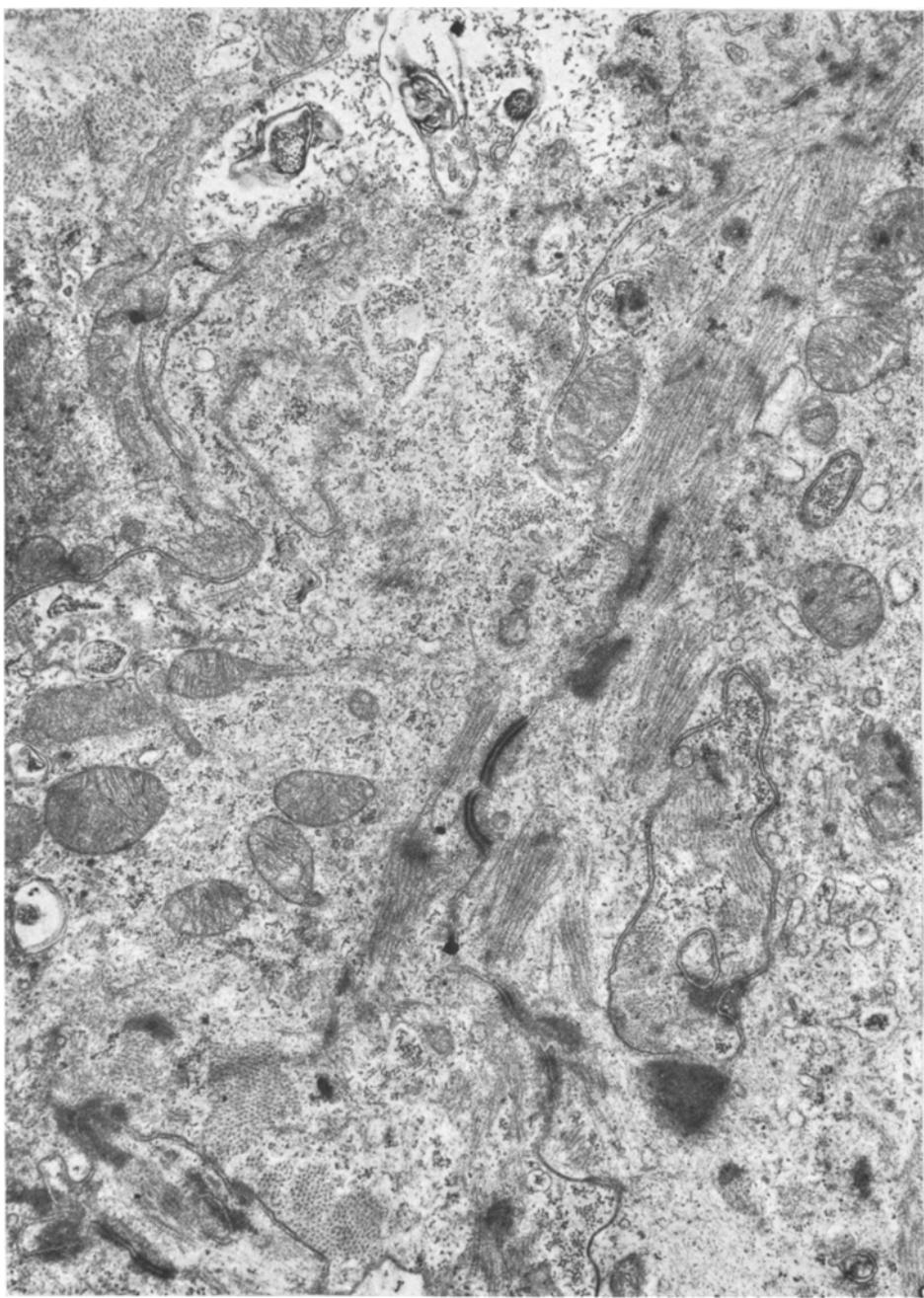
a

Abb. 4. a Histologisches, lichtoptisches Bild der spezifischen Muskulatur eines Kalbsherzens im Semi-Dünnschnitt; Erläuterungen siehe Text. (Vergrößerungsmaßstab 160:1; Nachvergrößerung: 5×) (Präparation: Rieger; Photo: Derk's). b Histologisches, lichtoptisches



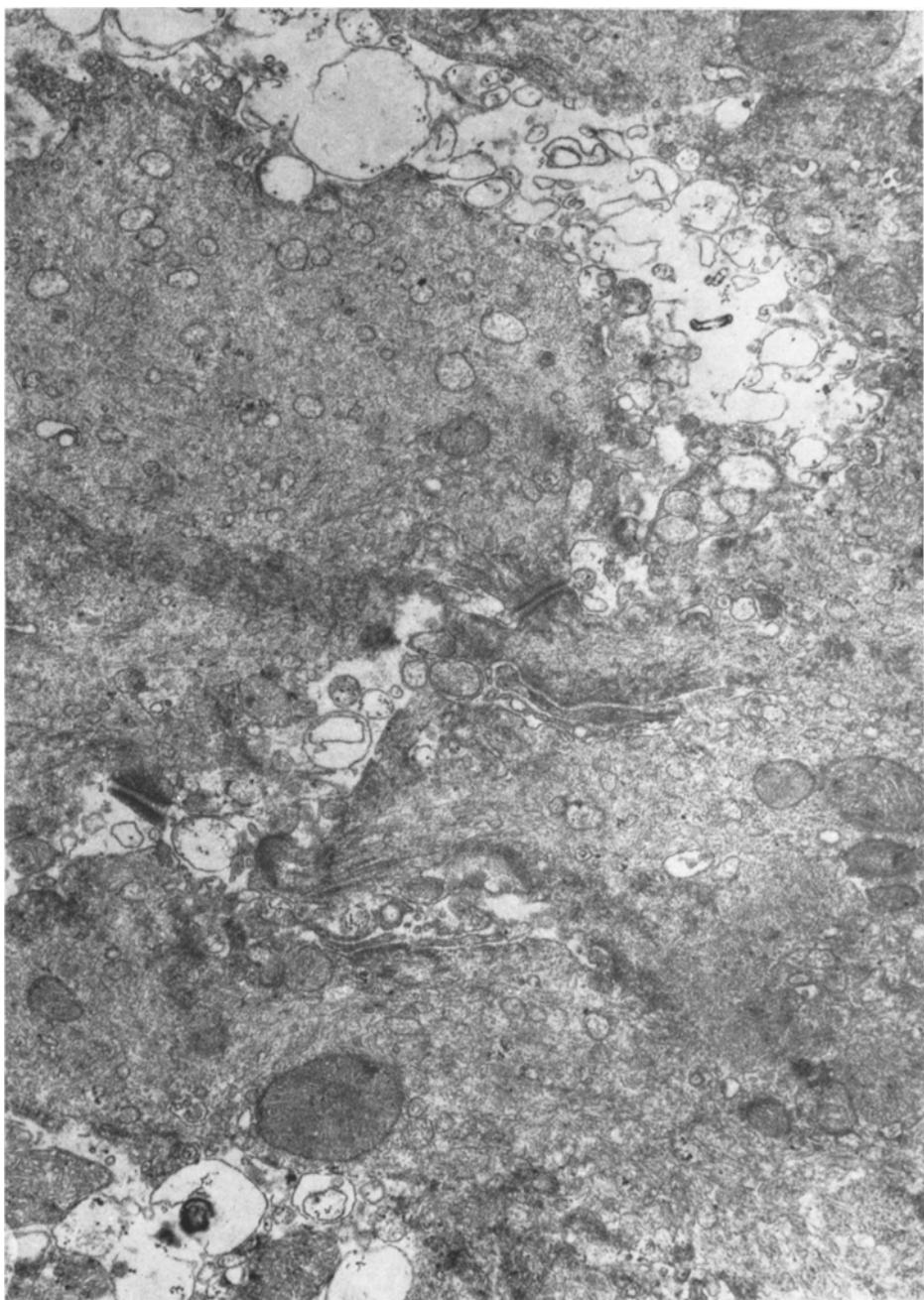
b

Bild der spezifischen Muskulatur eines Kalbsherzens (K III) im Semi-Dünnschnitt nach intraoperativer Injektion von Conray EV in die perifascikulären „Lymphscheiden“. Am rechten Bildrand kommt normales Arbeitsmyokard zur Darstellung. (Vergrößerungsmaßstab 160:1; Nachvergrößerung: 5×) (Präparation: Rieger; Photo: Derk)



a

Abb. 5. a Elektronenoptische Aufnahme der spezifischen Muskulatur eines Kalbsherzens (Vergrößerungsmaßstab 10000:1; Nachvergrößerung: 2,5×) (Präparation: Rieger; Photo: Derkx). b Elektronenoptische Aufnahme der spezifischen Muskulatur eines Kalbsherzens nach intra-



b

vitaler, intraoperativer Injektion von Conray EV in die perifasciculären Lymphscheiden
(Vergrößerungsmaßstab 10000:1; Nachvergrößerung: 2,5×) Präparation: Rieger; Photo:
Derkks)

konnten erste spontane Herzaktionen induziert werden (Abb. 2a). Dabei zeigte sich im EKG ein Sinusrhythmus mit Linksschenkelblock und monophasischen Deformierungen auf Ventrikelebene als Ausdruck der myokardialen Läsion. Innerhalb von 45 min nach Ventrikelverschluß kam es jedoch kontinuierlich zu einer weitgehenden Normalisierung der elektrophysiologischen Verhältnisse, die Kreislaufverhältnisse blieben stabil, und wir entschlossen uns, von der Herz-Lungen-Maschine abzugehen (Abb. 2b).

Nach 2stündigen spontanen und konstanten Herzaktionen mit stabilen Kreislaufverhältnissen und normaler Urinausscheidung wurde das Herz en bloc zur weiteren morphologischen Untersuchung entnommen.

Kalb III

Im Gegensatz zu Kalb II stand uns mit Kalb III ein klinisch und morphologisch völlig herzgesundes Versuchstier zur Verfügung.

Nach KM-Injektion, Röntgendarstellung des RLS und Ventrikelverschluß hatten wir in der Herz-Reanimationsphase eine sehr viel geringere Komplikationsrate. Nach zweimaliger Defibrillation (140 Wsec) stellten sich spontane Herzaktionen ein. Der anfängliche AV-Knoten-Rhythmus bildete sich kontinuierlich zurück, und nach etwa 25 min post Ventrikelverschluß hatte sich der elektrokardiographische Kurvenverlauf weitgehend normalisiert. Es fand sich lediglich ein P-cardiale, eine diskrete ST-Hebung ohne hämodynamische Relevanz.

Postoperative morphologische Befunde

Zur feingeweblichen Untersuchung verglichen wir Elemente spezifischer Muskulatur (linker AV-Schenkel) aus nicht vorbehandelten Kalbsherzen mit denen unserer Versuchstiere II und III lichtoptisch im HE-gefärbten Paraffinschnitt und im toluidinblaugefärbten Semi-Dünnabschnitt und elektronenoptisch im Ultradünnabschnitt (ca. 600 Å). Im lichtoptisch betrachteten Paraffinschnitt (Abb. 3a) stellt sich die aus einem gesunden Kalbsherzen entnommene und nicht mit Kontrastmittel „vorbehandelte“ spezifische Muskulatur als glykogenreicher, epithelartiger Zellverband dar. Das Gefüge der Zellgrenzen ist intakt; man erkennt lediglich feine vacuolare, perl schnurartige Spalträume zwischen den Zellen des RLS, welche auf eine methodisch bedingte Schrumpfung zurückzuführen sind. Der wellenförmige Verlauf der spärlichen Myofibrillen stellt sich eindeutig dar. Die Querstreifung ist nur stellenweise gut zu erkennen. Auf dem entsprechenden Paraffinschnitt spezifischer Muskulatur nach Injektion von Kontrastmittel in die perifasciculären Bindegewebsräume (Abb. 3b) erkennt man die mäßig entfaltete Eberth-Belajeffsche „Lymphscheide“. Weiterhin sind die interzellulären Verbindungen durch eine Vielzahl von Vakuolen gesprengt. Im Zentrum des Faszikels finden sich z.T. riesenhafte Vacuolen, und das Cytoplasma erscheint fein granuliert. Andere Abschnitte des RLS zeigen auch nach KM-Injektion im Gegensatz zu diesem Befund nur geringgradige morphologische Veränderungen, manche erscheinen sogar völlig intakt zu sein.

Im „Semidünn-Präparat“ quergeschnittener spezifischer Muskulatur aus einem „gesunden“, d.h. nicht KM-injizierten Herzen, fällt eine basalmembran-

artige Abgrenzung zwischen RLS-Fasern und umhüllendem Bindegewebe auf. Der E.-Belajeffsche Raum ist durch feine, längsorientierte Fasern und Fibroblasten markiert. Die distinkte Granulierung der Purkinjezellen entspricht im wesentlichen der Gesamtheit der Mitochondrien. Die Zellgrenzen sind stark gefaltet und zeigen eine intensive Verzahnung (Abb. 4 a). Das „Pendant-Präparat“ nach Kontrastmittelinkjektion (Abb. 4 b) zeigt Arbeitsmyokard und spezifische Muskulatur in einem Schnitt. Das breite RLS-Bündel in der linken Hälfte des Bildes zeigt eine kontrastreiche Abgrenzung zum benachbarten, ödematos aufgelockerten Interstitium. Die schmalen Myofibrillenbündel zeigen eine dem Arbeitsmyokard entsprechende Querstreifung, jedoch distinkter und ohne die typische Unterteilung in A- und I-Zonen. Die feine Granulierung entspricht im wesentlichen der Gesamtzahl der Mitochondrien. Die desmosomalen Verbindungen sind nicht gesprengt. Das intercelluläre Gefüge des RLS-Bündels ist in diesem Präparat unauffällig.

Das elektronenoptische Bild der spezifischen Muskulatur aus einem „gesunden“ Kalbsherzen (Abb. 5a) zeigt intakte Zellgrenzen und einen regelrechten Aufbau der desmosomalen Zellverbindungen. Das Grundcytoplasma ist locker strukturiert und diskret von Ribosomen und beta-Glykogenpartikeln durchsetzt. Die zarten Myofilamente sind zu schmalen Fibrillenbündeln zusammengefaßt. Es imponiert eine starke Verzahnung der RLS-Zellen mit intercellulären Kontaktmembranen und cytoplasmatischen Einstülpungen. Die Mitochondrien sind insgesamt unauffällig.

In dem vergleichbaren elektronenoptischen Bild spezifischer Muskulatur nach KM-Injektion (Abb. 5b) imponieren gegenüber der Kontrollaufnahme folgende Besonderheiten: Bei intakten desmosomalen Zellverbindungen sind die Interzellspalten gesprengt. Das Grundcytoplasma ist deutlich verdichtet, Ribosomen und Glykogen können nicht mehr klar voneinander unterschieden werden. Von der Zelloberfläche dringen vacuolierte Kammern, die von einer Membran umgeben sind, ins Zellinnere ein. In den zentralen Abschnitten der Zelle verlieren die Vacuolen an Größe. Myofibrilläre Strukturen können nicht mehr eindeutig festgestellt werden; sie gehen in dem Verdichtungsprozeß der Zellen unter. Die Mitochondrien sind weitestgehend intakt.

Diskussion

Im Jahre 1967 wurde auf der Thoraxchirurgischen Arbeitstagung in Heidelberg von W. Doerr die dringliche Notwendigkeit artikuliert, eine Methode zu erarbeiten, die es dem am offenen Herzen arbeitenden Chirurgen gestattet, zentrale Anteile des ventriculären RLS intraoperativ sichtbar zu machen (Doerr, 1967). Hauptmotivation zu dieser Anregung waren die sich regelmäßig wiederholenden Beobachtungen von Verletzungen der spezifischen Muskulatur bei kardio-chirurgischen Eingriffen mit dem klinischen Bild des „Chirurgischen Herzblocks“ als Folge (Sazaki, 1958; Bristow, 1960; Lillehei, 1963; Gerbode, 1963; Titus, 1963; Gadboys, 1964; McGoon, 1964; Kulbertus, 1969; Knieriem, 1966; Bekier, 1971).

Eine röntgenologische Visualisation des RLS (Ostermeyer, 1973), jüngste Variante der Injektionsmethoden der perifasciculären Bindegewebsräume, bietet gegenüber früher in vitro geübten Techniken (Lhamon, 1912; Aagaart, 1914;

Korth, 1961; Geiss, 1970) den Vorteil eines „Mehr an visueller Information“, daß nicht nur die unmittelbar subendokardial verlaufenden Elemente spezifischer Muskulatur zur Darstellung kommen, sondern auch intramyokardial gelegene Strukturen, welche üblicherweise dem Auge verborgen bleiben.

Die Frage nach der klinischen *in vivo*-Tolerabilität der Sichtbarmachung des RLS auf radiologischer Basis kann nach den Ergebnissen unserer Versuchsreihe grundsätzlich positiv beantwortet werden. Adäquate Auswurfleistung des Herzens und stabile Kreislaufverhältnisse über einen längeren Zeitraum waren bei den Tieren II und III nach operativer Prozedur und röntgenologischer Darstellung des linken AV-Schenkels eindeutig. Besonders eindrucksvoll war es für uns, daß sich das Herz des Versuchstieres II trotz schwerer myokarditischer Vorschädigung nach Operation, KM-Injektion und Röntgenaufnahme reanimieren ließ und auch nach Abgang von der Herz-Lungen-Maschine stabile periphere Kreislaufverhältnisse aufrechterhalten konnte.

Die „Fehlschläge“ während der Versuche I und IV, nach denen sich das Herz jeweils nicht reanimieren ließ, konnten unzweifelhaft zum einen auf eine nicht ausreichende Antikoagulationstherapie, zum anderen auf ein Mißverhältnis zwischen Körpergewicht des Tieres und der Oxygenierungskapazität des Membran-oxygenators zurückgeführt werden.

Trotz der offensichtlichen *klinischen* *in vivo*-Tolerabilität der Methode bleibt abschließend die Frage, ob nicht dennoch durch das Einwirken des Röntgenkontrastmittels auf die spezifische Muskulatur im Bereich der Mikro- und Ultrastrukturen Läsionen gesetzt werden, die zwar zu keiner relevanten Beeinträchtigung der Leitungseigenschaften des RLS führen, welche jedoch die Methode bezüglich ihrer Anwendung am menschlichen Herzen in gewisser Weise diskreditieren würde.

In diesem Zusammenhang muß klar darauf hingewiesen werden, daß zwischen der klinischen Tolerabilität der röntgenologischen Visualisation des RLS und dem morphologischen Äquivalentbild auf cellulärer Ebene deutliche Diskrepanzen bestehen. Es kommt nach einer Injektion von Conray EV in die perifasciculären Bindegewebsspalten, wenn auch nicht zu generalisierten, so doch zu deutlichen strukturellen Veränderungen an der spezifischen Muskulatur. Diese bestehen insbesondere in koazervatähnlichen Sprengungen des interzellulären Spaltraumes, wobei allerdings die desmosomale Verbindung der Purkinjezellen erhalten bleibt. Weiterhin kommt es zu einer starken Verdichtung der intracellulären Cytoplasmastruktur, und die pinocytotische Tätigkeit der Zellen scheint erheblich angeregt. Die mitochondrialen Stoffwechselvorgänge waren, morphologisch faßbar, nicht verändert.

Inwieweit die festgestellten Veränderungen auf cellulärer Ebene reversibel sind oder in eine zunehmende devitalisierende Schädigung übergehen, muß hier offenbleiben; jedoch lassen die vorliegenden Befunde vermuten, daß die hypertonischen Eigenschaften des verwendeten Röntgenkontrastmittels als wesentlicher ursächlicher Teilstoff für die nachgewiesenen Veränderungen anzusehen sind.

Literatur

- Aagaart, O. C., Hall, H. C.: Über Injektionen des Reizleitungssystems und der Lymphgefäß des Säugetierherzens. Anat. Hefte 51, 358 (1914)

- Bekier, J.: Die Anatomie des RLS bei Operationen von Vorhofseptumdefekten. Thoraxchirurgie **19**, 41 (1971)
- Bristow, J. D., Kassebaum, D. G., Starr, A., Griswold, H. E.: Observations on the occurrence of right bundle-branch block following open repair of VSD. Circulation **22**, 896 (1960)
- Curran, E. J.: A constant bursa in relation with the bundle of His. Anat. Rec. **3**, 618 (1909)
- Curran, E. J.: A constant bursa in relation with the bundle of His. Bardeleben Ant. Anz. **35**, 89 (1910)
- Doerr, W.: Die Defekte der Scheidewände des Herzens. Thoraxchirurgie **15**, 530 (1967)
- Eberth, C., Belajeff, A.: Über die Lymphgefäß des Herzens. Virchows Arch. path. Anat. **37**, 124 (1866)
- Gadboys, H. L., Litwak, R. S.: Experimental and clinical aspects of surgical heart block. Progr. cardiovasc. Dis. **6**, 566 (1964)
- Geiss, A.: Beitrag zum perifaszikulären Saftspaltensystem um die Reizleitungsfasern des Ventrikelmyokard. Inaug.-Diss. Heidelberg 1970
- Gerbode, F., Kerth, W. J., Keen, O., Ogata, T., Popper, R. W., Osborne, J. J.: Surgical heart block. Arch. Surg. **86**, 32 (1963)
- Kaiser, G. A., Waldo, A. L., Beach, P. M., Bowman, F. O., Hofman, B. F., Malm, J. R.: Specialised cardiac conduction system. Arch. Surg. **101**, 673 (1970)
- Knieriem, H.-J., Effert, S.: Morphologische Befunde beim kompletten Herzblock. Klin. Wschr. **44**, 349 (1966)
- Korth, Chr.: Über die sog. Lymphräume im Bereich des RLS des Herzens. Inaug.-Diss. Kiel 1961
- Kulbertus, H. E., Coyne, J. J., Halladie-Smith, K. A.: Conduction disturbances before and after surgical closure of VSDs. Amer. Heart J. **77**, 123 (1969)
- Lhamon, R. M.: The sheath of the sinu-auricular bundle. Amer. J. Anat. **13**, 55 (1912)
- Lillehei, W. C., Sellers, R. D., Bonnabeau, T. C., Elliot, R. S.: Chronic postsurgical heart block. J. thorac. cardiovasc. Surg. **46**, 436 (1963)
- McGoon, D., Ongley, P. A., Kirklin, J. W.: Surgically induced heart block. Ann. N.Y. Acad. Sci. **111**, 830 (1964)
- Ostermeyer, J.: Attempt to visualize the ventricular conduction system intravitam; radiologic in vitro visualization of the left ventricular conduction system in cow, calf and sheep hearts. Virchows Arch. Abt. A **361**, 321 (1973)
- Rössle, R.: Über abnorme Sehnenfäden des Herzens. Dtsch. Arch. klin. Med. **74**, 219 (1902)
- Sasaki, R., Theillen, E. O., January, A., Ehrenhaft, J. L.: Cardiac arrhythmias associated with the repair of atrial and ventricular septal defects. Circulation **28**, 909 (1958)
- Titus, J. L., Daugherty, G. W., Kirklin, J. W., Edwards, J. E.: Lesions of atrioventricular conduction system after repair of VSDs. Circulation **28**, 82 (1963)

Dr. med. Jörg Ostermeyer
 Abt. f. Kardiologie und biomedizinische Technik
 der Univ.-Kinderklinik Kiel
 D-2300 Kiel
 Fröbelstraße 15/17
 Bundesrepublik Deutschland