

Methodik der Schnittbildechokardiographie beim Pferd

P. Stadler, U. D'Agostino und E. Deegen

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover
(Vorsteher: Prof. Dr. E. Deegen)

Einleitung

Die ersten Versuche, die Eigenschaften des Ultraschalles medizinisch zu nutzen, liegen ungefähr vierzig Jahre zurück. *Keidel* (1950), *Edler* und *Hertz* (1954), *Edler* und *Gustafson* (1957) sowie *Effert* und *Domanig* (1959) entwickelten die ersten brauchbaren Ultraschalluntersuchungsmethoden für das Herz des Menschen. In der Pferdemedizin ist die Echokardiographie erst im letzten Jahrzehnt eingesetzt worden. *Pipers* und *Hamlin* (1977) setzten die M-mode-Echokardiographie zur Messung von Herzdimensionen und zur Erfassung der Bewegungsmuster von Mitralklappen und Aortenklappen ein. Es ergaben sich große Ähnlichkeiten mit den Echokardiogrammen des Menschen.

In der Folgezeit wurden neben Herzklappenschäden (*Bonagura* und *Pipers*, 1983), Klappenatresien (*Reef*, 1987) und intrakardialen Kurzschlüssen (Shunts) (*Pipers et al.*, 1985) auch Ergüsse in den Herzbeutel (*Reef et al.*, 1984), Herzkammerdilatationen und Myokardhypertrophien mit Hilfe von Ultraschalluntersuchungen beim Pferd diagnostiziert (*Rantanen*, 1986). Hierzu kam auch beim Pferd, neben der M-mode-Echokardiographie, die Schnittbildechokardiographie zum Einsatz (*Bonagura*, 1983; *Kvart et al.*, 1985; *Lombard*, 1984; *Reef*, 1987; *Stewart et al.*, 1984; *Wingfield et al.*, 1980).

Die physikalisch-technischen Grundlagen der Schnittbildechokardiographie wurden unter anderem bei *Stadler* (1988) besprochen. Die fast unbegrenzte Zahl möglicher Schnittebenen durch das Herz macht die Reduktion auf klinisch wichtige Ebenen unumgänglich. Hieraus ergibt sich die Forderung nach Standardisierung und Reproduzierbarkeit der Schnittbilder. *Yamaga* und *Too* (1984) bieten eine Systematik für die Schnittbildechokardiographie beim Pferd mit dem Linearscanner an. Eine Standardisierung der Schnittbildechokardiographie auch mit dem Sektorscanner erscheint deshalb notwendig, weil zusätzliche Methoden der Echokardiographie, nämlich die Darstellung im M-mode und die Dopplertechnik, einheitliche Schnittbilder verlangen.

Für das Pferd existiert, bis auf die Arbeiten von *Bonagura et al.* (1985) und *Carlsten* (1987), kein Versuch, die Schnitt-

Zusammenfassung

Für die Diagnostik von Herzkrankheiten beim Pferd wurde die Schnittbildechokardiographie mit dem Sektorscanner beschrieben. Eine Standardisierung von Schallkopfpositionen wurde für einen 2,5-MHz-Schallkopf vorgeschlagen. Bei einem heterogenen Patientengut von 20 herzkranken und herzgesunden Warmblutpferden waren 16 Schnittbilder des Herzens mit guter Qualität darstellbar sowie inter- und intraindividuell reproduzierbar. Parallel zur langen und kurzen Herzachse wurden Schnittebenen beschrieben und die dazugehörigen Schnittbilder und Schallkopfpositionen erläutert.

Real-time, two-dimensional echocardiography in warmblooded horses

For the diagnosis of cardiac disease in the horse, B-mode echocardiography with the sector scanner is described. A standardisation of transducer positions for a 2.5 MHz transducer is suggested. In a heterogenous group of 20 diseased and healthy warmblooded horses, in 16 specific levels, echocardiographic images of good quality could be reproduced inter- and intraindividually. Parallel to the long and short heartaxis different levels with corresponding echocardiographic images and transducer positions are described.

bildechokardiographie mit dem Sektorscanner zu systematisieren.

Bonagura et al. (1985) untersuchten gesunde Vollblüter von der rechten Körperseite. Sie machten keine Angaben zu den verwendeten Schallköpfen und deren Positionierung. *Carlsten* (1987) beschrieb die Untersuchung von gesunden Trabern mit einem 3,5-MHz-Schallkopf von beiden Seiten. Da in der Schnittbildechokardiographie ein besonderer diagnostischer Wert zu liegen scheint (*Rantanen*, 1986), haben wir versucht, die von *Carlsten* an gesunden Trabern erarbeiteten Standardpositionen des Schallkopfes nicht nur an gesunden, sondern insbesondere auch an herzkranken Warmblutpferden nachzuvollziehen.

Unsere Untersuchung sollte klären, ob unterschiedliche Schallkopfpositionen zum Auffinden derselben Herzstrukturen für herzgesunde und herzkranken Warmblutpferde gleichermaßen gelten und ob das Auffinden von Herzstrukturen mit Hilfe von Richtungsangaben für die Lage des Schallsektors vereinfacht werden kann. Schließlich wurde ein Schallkopf mit einer größeren Eindringtiefe verwendet und auf seine Eignung für die Schnittbildechokardiographie beim Pferd geprüft.

Material und Methodik

Die Tab. 1 enthält Angaben zur Kasuistik der 20 untersuchten Pferde.

Vorbereitung des Patienten

Die Pferde wurden im Bereich des 3. bis 4. Interkostalraumes rechts und links geschoren. Die ventrale Begrenzung des Untersuchungsfeldes liegt beidseits in einer horizontalen Linie 10 cm dorsal des Sternums und die dorsale Begrenzung in einer dazu parallelen Linie ca. 1 1/2 Handbreit oberhalb des Olekranons (s. Abb. 1).

Die Haut wurde in dem enthaarten Bereich rasiert oder mit

Nr.	Alter	Gewicht	Rasse	Verwendungszweck	Kardiologische Diagnose
1	18	590	Hann.	Deckhengst	Insuffizienz der Aortenklappe Stenose der Mitralklappe
2	15	600	Trak.	Freizeitpferd	Insuffizienz der Aortenklappe
3	7	530	Hann.	Reitpferd (Dressur)	Insuffizienz der Mitralklappe
4	14	420	o. Brdz.	Freizeitpferd	o. B.
5	7	610	Westf.	Reitpferd (Dressur)	Vorhofflimmern
6	6	560	Hann.	Reitpferd (Dressur)	Insuffizienz der Mitralklappe
7	16	480	Hann.	Freizeitpferd	Insuffizienz der Trikuspidalklappe
8	11	720	Holst.	Reitpferd (Springen)	Vorhofflimmern
9	10	470	Pol. Wbl.	Freizeitpferd	o. B.
10	20	600	Hann.	Deckhengst	Vorhofflimmern
11	5	540	Hann.	Reitpferd (Dressur)	Vorhofflimmern Insuffizienz der Mitralklappe
12	11	510	Hann.	Zuchtstute	o. B.
13	7	530	o. Brdz.	Freizeitpferd	o. B.
14	12	570	Hann.	Reitpferd (Dressur)	Mitralklappenprolaps in das linke Atrium
15	15	530	Hann.	Freizeitpferd	o. B.
16	14	680	Westf.	Zuchtstute	o. B.
17	18	700	Hann.	Zuchtstute	Vorhofflimmern
18	6	650	Bay. Wbl.	Reitpferd (Dressur)	o. B.
19	12	520	Hann.	Reitpferd (Dressur)	Mitralklappenprolaps in das linke Atrium Dilatation der Arteria pulmonalis
20	7	540	Trak.	Reitpferd (Vielstgk.)	Dilatation der Arteria pulmonalis

Tab. 1: Angaben zur Kasuistik

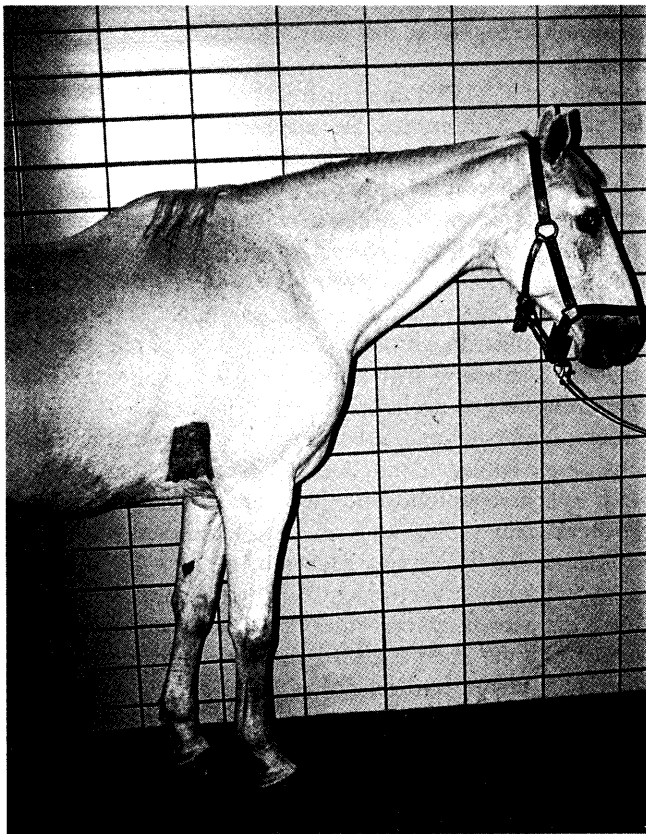


Abb. 1: Umfang des enthaarten Untersuchungsfeldes.

einer Enthaarungscreme depiliert und mit Kontaktgel versehen.

Die Untersuchungen wurden mit einem Sektorscanner der Fa. Ausonic und einem mechanischen, von 6 bis 18 cm fokussierten 2,5-MHz-Schallkopf mit einem Abstrahlwinkel von 90 Grad durchgeführt. Der Echograph wurde auf B-mode-Funktion eingestellt und der Positionsanzeiger auf die rechte Seite des Bildschirms (s. Abb. 2) gelegt.

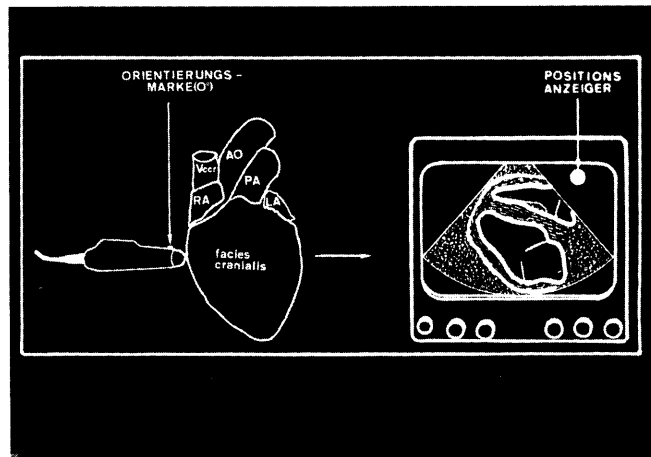


Abb. 2: Lage des Positionsanzeigers auf dem Bildschirm. Der Positionsanzeiger wird in unseren Untersuchungen immer auf die rechte Seite gelegt.

Mit Hilfe der Orientierungsmarke an dem Schallkopf (s. Abb. 2 und 3) kann die Schnittführung durch das Herz kontrolliert werden. Als Ausgangspunkt (Nullgradstellung) wurde die Dorsalausrichtung der Orientierungsmarke am Schallkopf gewählt (Abb. 3).

Die bewegten Monitorbilder wurden auf Videoband aufgezeichnet, und später wurde Bild für Bild ausgewertet.

Für die Orientierung auf dem Bildschirm sind wir nur für die Darstellung der kurzen Achse von den Empfehlungen der Amerikanischen Gesellschaft für Echokardiographie (Henry et al., 1980) abgewichen. Nach diesen Empfehlungen der Amerikanischen Gesellschaft für Echokardiographie erscheint in dem Schnittbild der langen Herzachse die Herzspitze links auf dem Monitor, die Herzbasis dagegen rechts. Diese Orientierung haben wir beibehalten (Abb. 2). Das Bild der kurzen Achse erscheint dagegen in unseren Darstellungen so auf dem Monitor, als würde man das in seiner kurzen Achse quer geschnittene Herz von dorsal betrachten. Wir stellen in der kurzen Herzachse, von der rechten Seite untersucht, das rechte Herz oben und die

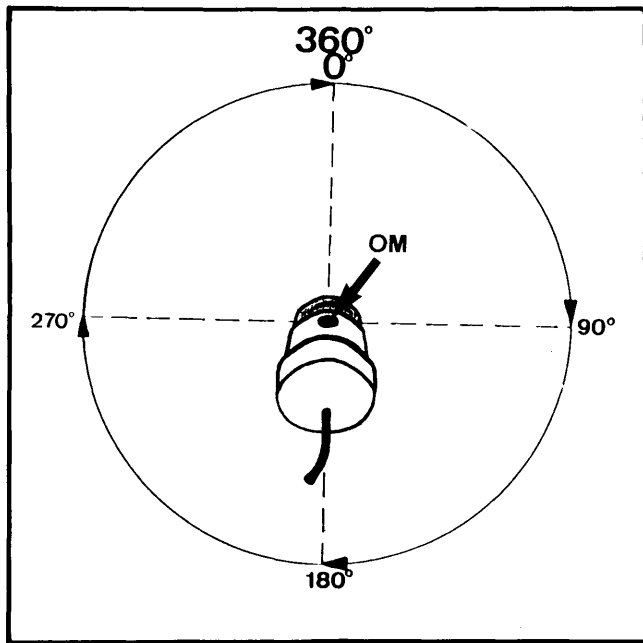


Abb. 3: Nullgradstellung des Schallkopfes. OM = Orientierungsmarke.

Austreibungsbahn des rechten Ventrikels links unten auf dem Bildschirm dar.

Von der linken Seite untersucht, erscheint die Austreibungsbahn des rechten Ventrikels bzw. der Pulmonalklappebene rechts oben auf dem Monitor und die Aortenklappenebene sowie der Querschnitt des linken Ventrikels etwas nach links und unten versetzt (s. alle weiteren Abb.). Die Einströmungsbahn des rechten Ventrikels liegt dabei rechts unten auf dem Bildschirm.

Das Herz wurde mit den von *Carlsten* (1987) beschriebenen 8 Schallkopfpositionen untersucht. Die Bezeichnung und Einteilung in Herzhachsen wurden übernommen. In der folgenden Tabelle sind die Herzhachsen und die Lage der echokardiographischen Fenster für die Schallkopfposition aufgeführt.

Bezeichnung nach *Carlsten* (1987)

1. Rechts kaudal lange Achse (RKDLA)
2. Rechts kaudal kurze Achse (RKDKA)
3. Rechts kranial kurze Achse (RKRKA)
4. Rechts kranial lange Achse (RKRLA)
5. Links kaudal lange Achse (LKDLA)
6. Links kaudal kurze Achse (LKDKA)
7. Links kranial kurze Achse (LKRKA)
8. Links kranial lange Achse (LKRLA)

Zugang zum Herzen

- (4. ICR) re. Vorderbein ggr. vorgestellt
- (4. ICR) re. Vorderbein ggr. vorgestellt
- (3. ICR) re. Vorderbein extrem vorgestellt
- (3. ICR) re. Vorderbein extrem vorgestellt
- (4. ICR) li. Vorderbein ggr. vorgestellt
- (4. ICR) li. Vorderbein ggr. vorgestellt
- (3. ICR) li. Vorderbein extrem vorgestellt
- (3. ICR) li. Vorderbein extrem vorgestellt

Tab. 2: Herzhachse nach *Carlsten* (1987) und Lage der echokardiographischen Fenster

Die Untersuchung erfolgte in der Reihenfolge der Schallkopfpositionen von 1 bis 8.

Ergebnisse

Die Untersuchung konnte bis auf 2 Fälle am stehenden, nicht sedierten Pferd durchgeführt werden. Die Sedierung erfolgte mit 0,01 mg/KgKGW Domosedan (Detomidin). Ausgehend von der linken oder rechten Körperseite der

Pferde, erhielten wir Schnittbilder des Herzens, deren Qualität humanmedizinischen Schnittbildechokardiogrammen entsprach.

Die Darstellung eines vollständigen Herzschnittes auf einem Monitorbild, d. h. einschließlich des Perikards der schallkopffernen Herzwand sowie des vollständigen hinteren Mitralsegels, konnte mit dem 2,5-MHz-Schallkopf bei 12 Pferden von der rechten Seite aus erreicht werden. Bei den restlichen 8 Pferden reichte die Eindringtiefe nur bis zum Myokard der linken Herz hinterwand sowie bis zu den lumenseitigen zwei Dritteln des hinteren Mitralsegels. Somit konnte bei diesen Probanden das Perikard der linken Herz hinterwand und der wandständige Anteil des hinteren Mitralsegels von rechts nicht abgebildet werden.

Von der linken Seite aus gelang bei allen Probanden die Darstellung des gesamten Herzens einschließlich des Perikards der rechten Herzvorderwand und des vorderen Trikuspidalsegels.

Bei 19 Pferden wurden reproduzierbare Monitorbilder erhalten. Bei einer hochtragenden Stute war die Darstellung der 16 Herzschnittbilder von den beschriebenen Schallkopfpositionen aus nicht möglich. Bei einer zweiten Untersuchung nach dem Abfohlen konnten dann die Bilder aller Schallkopfpositionen dargestellt werden, allerdings mit schlechter Bildqualität, da diese Stute zusätzlich hochgradig adipös war.

Schallkopfpositionen

Im folgenden werden Schallkopfpositionen, die zu den entsprechenden Schnittebenen führen, aufgezeigt und die mit dieser Technik erhaltenen Schnittbilder vorgestellt.

Schallkopfposition 1: Rechts kaudal lange Achse (RKDLA) (4. ICR)

Die Untersuchung wurde in allen Fällen durch ein geringgradig nach vorn gestelltes rechtes Vorderbein erleichtert. Der Schallkopf wurde ca. 1 Handbreit oberhalb des Olekranons in waagrecht oder geringgradig kaudodorsaler

Richtung aufgesetzt. Man erhält das Bild der Abb. 5. Die Orientierungsmarke lag in einem Winkel von 350 bis 10 Grad (s. Abb. 3).

Danach wurde die Anschallrichtung etwas nach kranial verändert. Bei Lage der Orientierungsmarke in einem Winkel zwischen 10 und 40 Grad (s. Abb. 3) erschien das Bild der Abb. 6.

Die Austreibungsbahn des linken Ventrikels, die Aortenklappen und die Aortenwurzel wurden sichtbar. Die

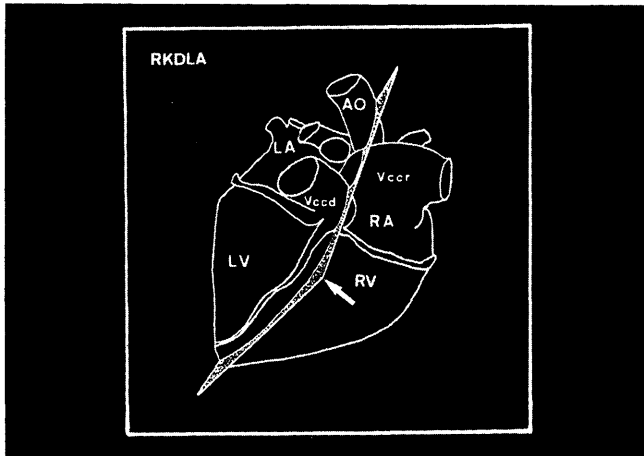


Abb. 4: Schnittebene der langen Achse von rechts kaudal (RKDLA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; Vccr: Vena cava cranialis; Vccd: Vena cava caudalis (Pfeilspitze = Ansatzpunkt des Schallkopfes).

Mitralklappen verschwanden aus der Schnittebene. Je mehr die Schallkopfrichtung nach dorsal zeigte, desto größer wurde der Anteil des rechten Ventrikels im Monitorbild.

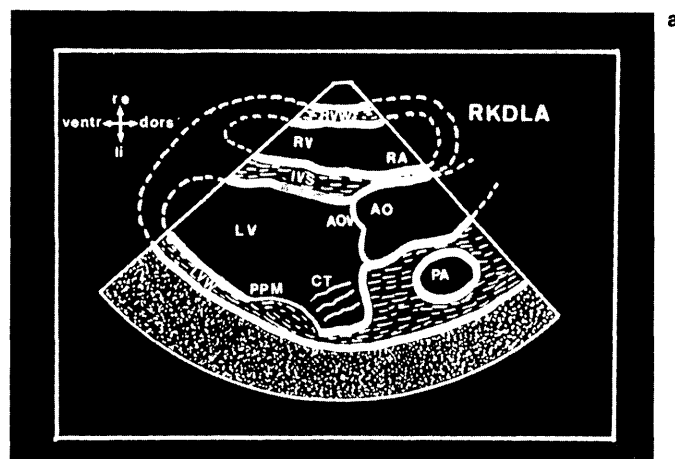
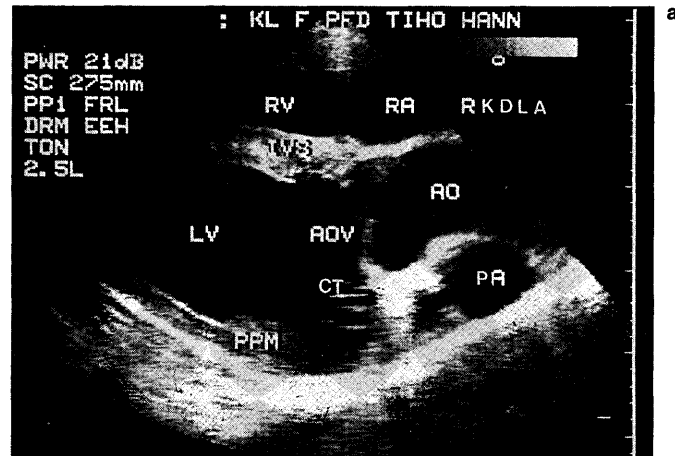


Abb. 6 a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von rechts kaudal (RKDLA), entwickelt durch eine geringe Lageveränderung des Schallkopfes aus der Position der Abb. 5. Die Ausbreitungsbahn des linken Ventrikels wird sichtbar. AO: Aortenwurzel; AOV: Aortenklappe; PA: Pulmonalarterie; PPM: Papillarmuskeln; CT: Chordae tendineae.

Schallkopffosition 2: Rechts kaudal kurze Achse (RKDKA) (4. ICR)

Aus der vorher beschriebenen Position der langen Achse wurde die Orientierungsmarke auf ca. 270 Grad eingestellt. Das Herz konnte durch Versetzen des Schallkopfes bei late-

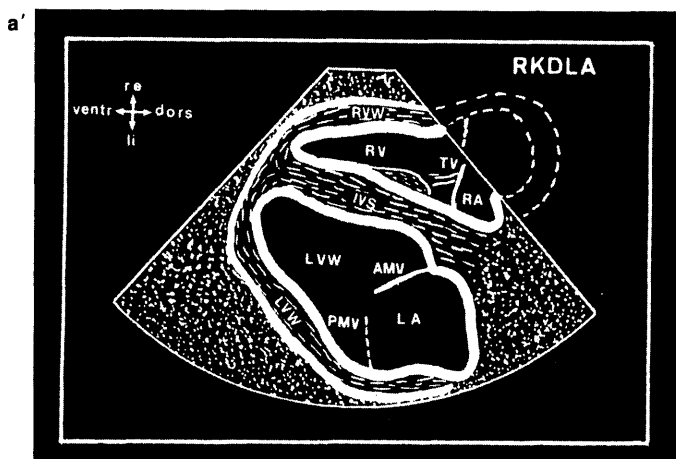
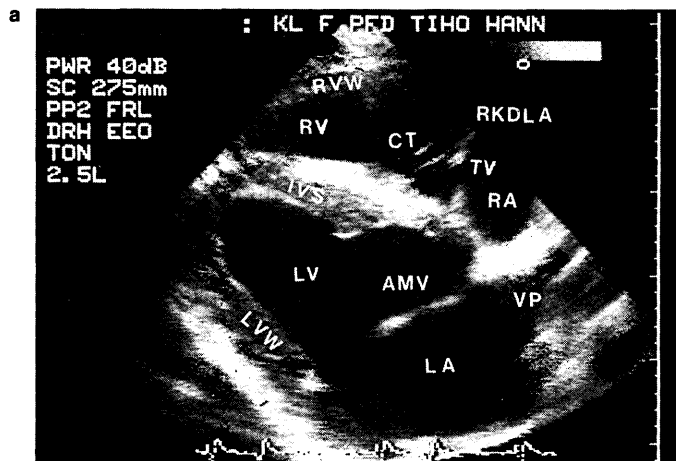


Abb. 5 a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von rechts kaudal (RKDLA). RVW: rechte Ventrikelwand; IVS: interventrikuläres Septum; LVW: linke Ventrikelwand; RV: rechter Ventrikel; LV: linker Ventrikel; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; TV: Trikuspidalklappe; AMV: vorderes Mitralsegel; PMV: hinteres Mitralsegel; CT: Chordae tendineae.

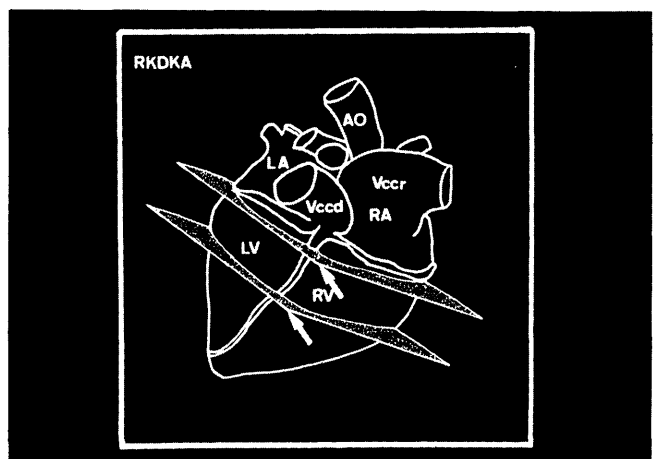


Abb. 7: Schnittebenen der kurzen Achse von rechts kaudal (RKDKA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; Vccr: Vena cava cranialis; Vccd: Vena cava caudalis (Pfeilspitze = Ansatzpunkt des Schallkopfes).

rolateraler bis geringgradig kaudodorsaler Anschallrichtung in mehrere Schnittebenen unterteilt werden (Abb. 7). Die ventrale Schnittebene wurde erreicht, wenn sich der

Schallkopf ca. 1/2 Handbreit über dem Olekranon im 4. Interkostalraum befand. Die Mitralklappenebene erreichten wir ca. 1/2 Handbreit höher (s. Abb. 8a, a', b, b').

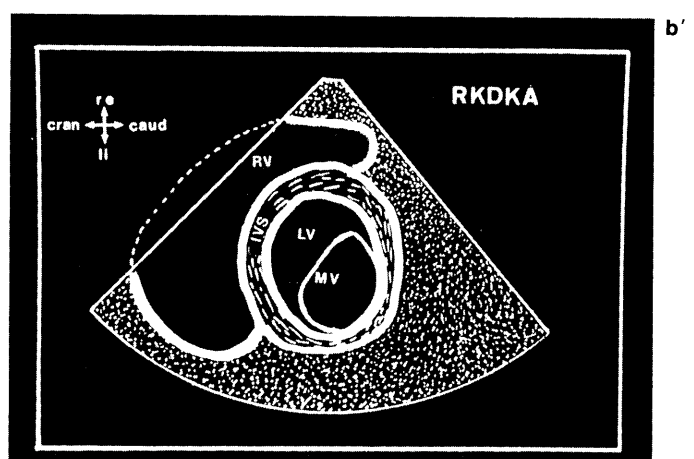
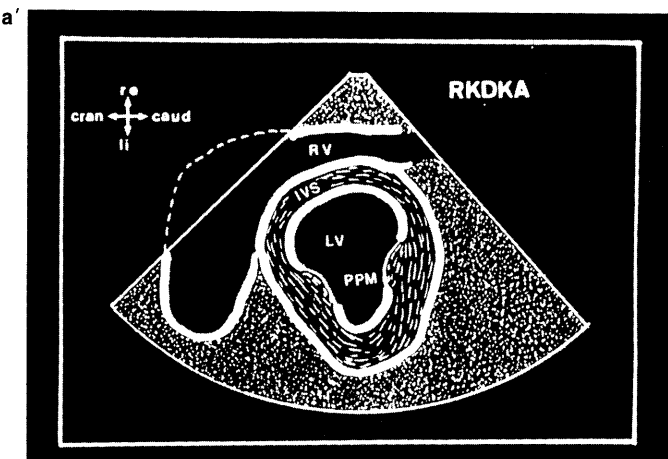
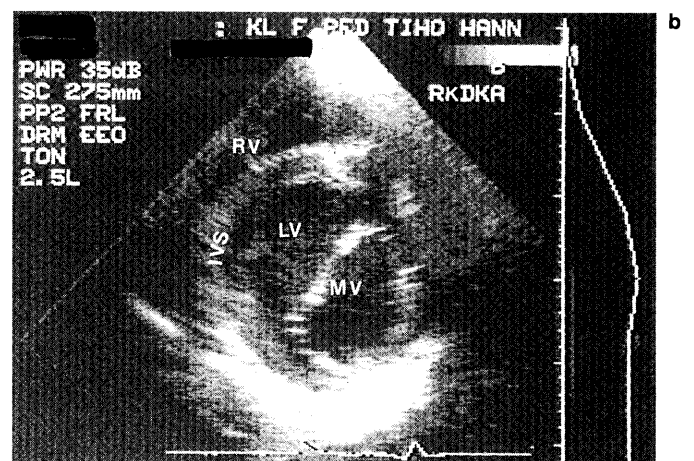
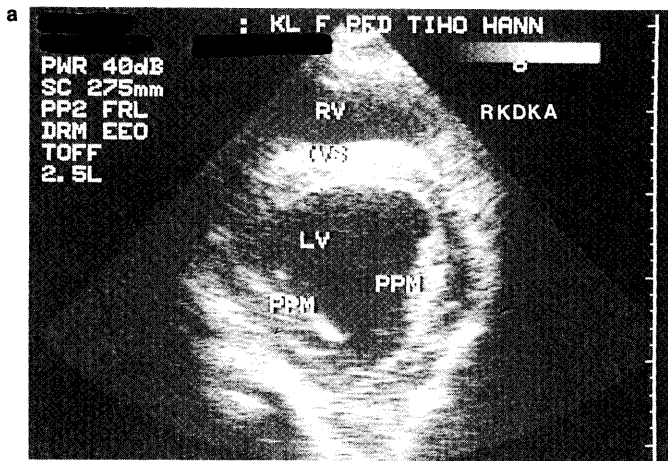


Abb. 8 a und a' sowie b und b': Schnittbilder und Schemata aus zwei Schnittebenen der kurzen Achse von rechts kaudal (RKDKA). Bei a und a' liegt die Schnittführung etwas dorsal der Herzspitze, die Papillarmuskeln sind angedeutet. Bei b und b' wird das Herz im

Bereich der Mitralklappenebene in der Diastole quer angeschnitten. RV: rechter Ventrikel; LV: linker Ventrikel; PPM: Papillarmuskeln; IVS: Interventrikularseptum; MV: Mitralklappen.

Schallkopfposition 3: Rechts kranial kurze Achse (RKRKA) (3. ICR)

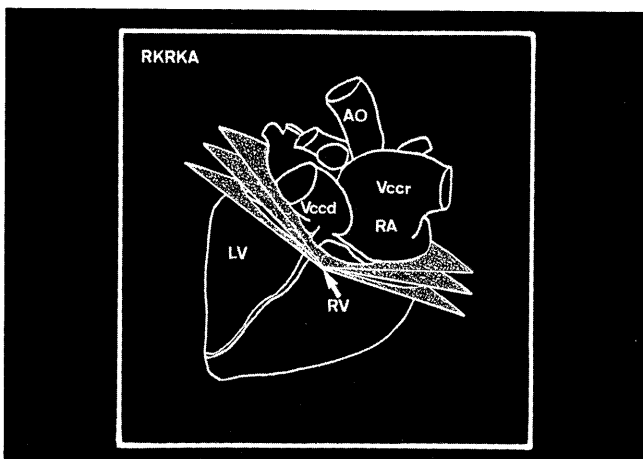


Abb. 9: Schnittebene der kurzen Achse von rechts kranial (RKRKA). AO: Aorta; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; Vccr: Vena cava cranialis; Vccd: Vena cava caudalis (Pfeilspitze: Ansatzpunkt des Schallkopfes).

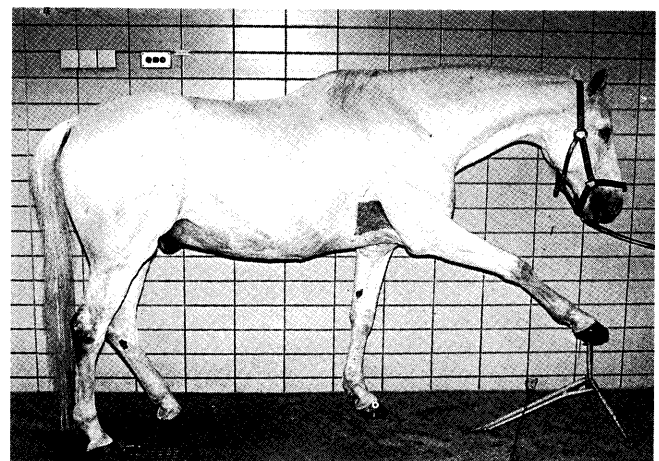


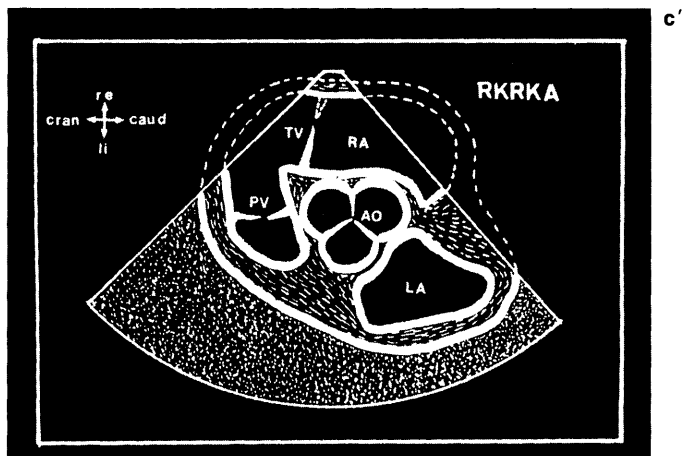
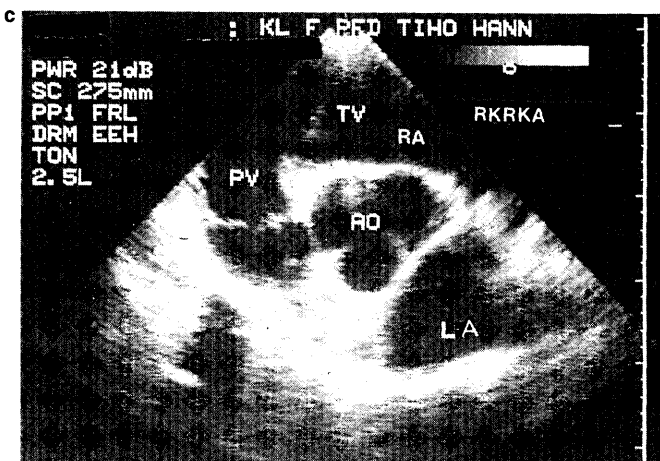
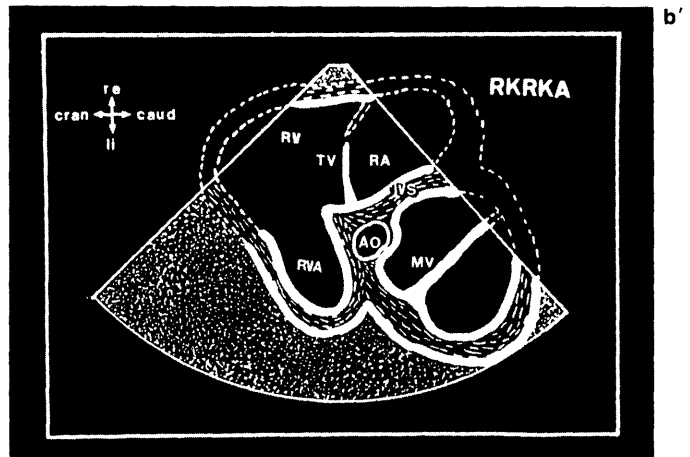
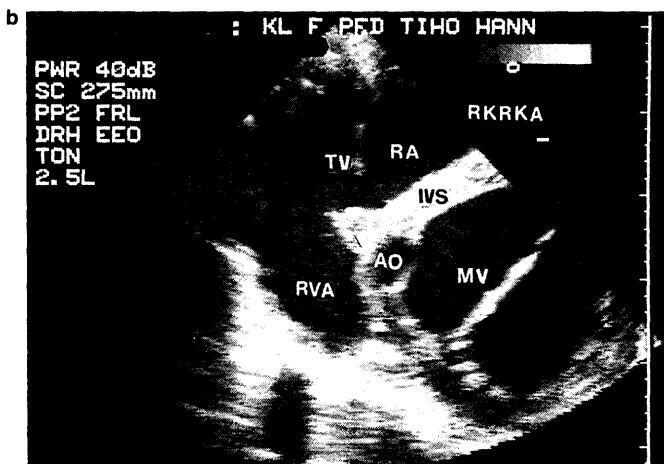
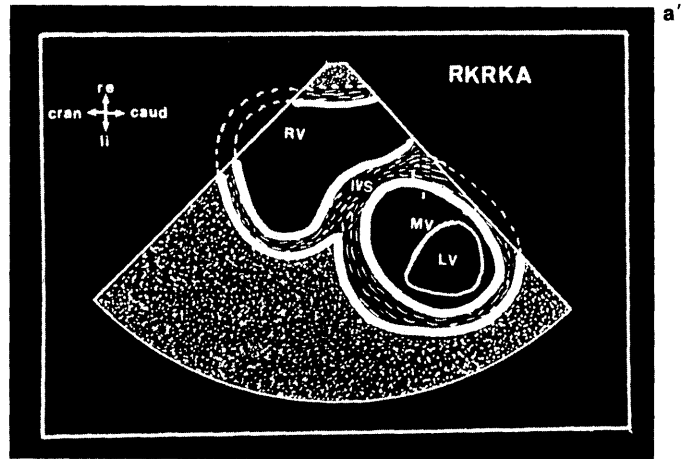
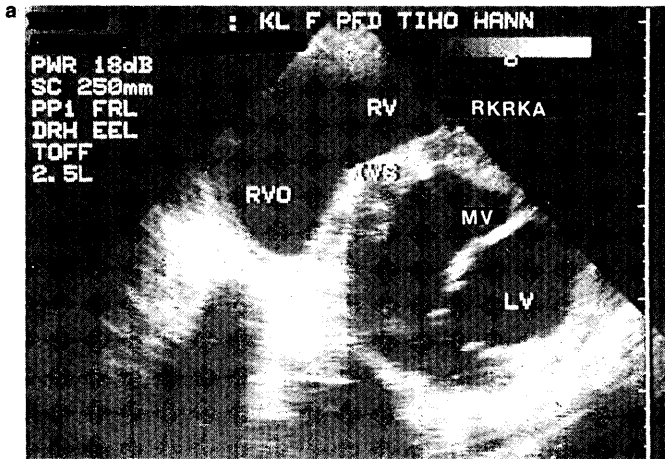
Abb. 10: Extreme Vorstellung des Vorderbeines durch Einsatz eines Schmiedebockes.

Zur Darstellung dieser Achse wurde die Lage der Orientierungsmarke bei ca. 270 Grad beibehalten und der Schallkopf in den 3. Interkostalraum versetzt. Das rechte Vorder-

bein wurde extrem vorgestellt. Wir haben diese Beinstellung bei 14 Probanden mit Hilfe eines Schmiedebockes erreicht (s. Abb. 10). Bei den restlichen 6 Pferden reichte eine extreme Vorstellung des Vorderbeines mit Bodenkontakt des Hufes aus.

Auch in dieser Achse wurde das Herz in mehreren Ebenen dargestellt (s. Abb. 11).

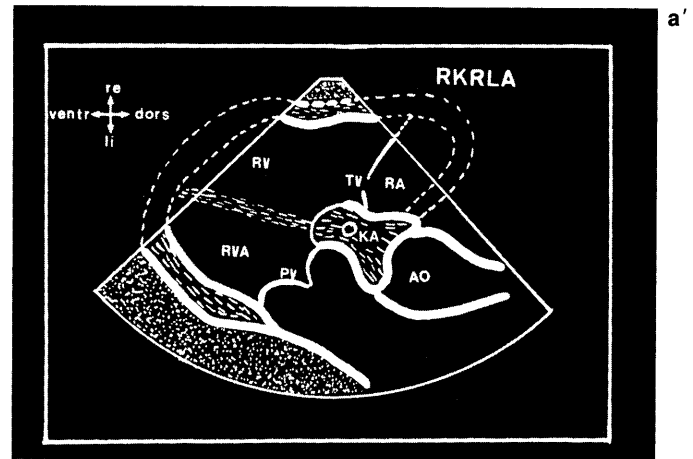
Abb. 11 a und a', b und b' sowie c und c': Drei Schnittbilder der kurzen Achse von rechts kranial (RKRKA). Abb. a und a': Mitralklappenebene. Abb. b und b': Mitralklappenschlußebene mit Andeutung der linksventrikulären Austreibungsbahn und Trikuspidalklappenebene. Abb. c und c': Schnittbild der Aortenklappe mit ihrer typischen Kleeblattform in der Diastole. RV: rechter Ventrikel; LV: linker Ventrikel; RA: rechtes Atrium; LA: linkes Atrium; MV: Mitralklappe; TV: Trikuspidalklappe; PV: Pulmonalklappe; AO: Aorta; IVS: Interventrikularseptum; RVO u. RVA: rechtsventrikuläre Austreibungsbahn.



Im Vergleich zu der kaudalen kurzen Achse rechts (RKDKA) rückt der linke Ventrikel in dieser Einstellung aus dem Bildzentrum an den rechten Bildrand. Zuerst wurde die Mitralklappenebene aufgesucht (Abb. 11 a und a'). Sie liegt ungefähr 1 Handbreit oberhalb des Olekranons. Durch Kippen des Schallkopfes in dorsale Anschallrichtungen (s. Abb. 9) konnten Schnittbilder von 3 Ebenen dargestellt werden: erstens ein Bild auf Höhe der Mitralklappen etwas ventral der Mitralklappenschlußebene (sog. „Fischmaulblick“), zweitens ein Bild der Mitral- und Trikuspidalklappenschlußebene mit Andeutung der linksventrikulären Austreibungsbahn (Abb. 11 b und b') und drittens, noch etwas weiter dorsal gelegen, ein Bild der Aortenklappenebene mit ihrer typischen Kleeblattform in der Diastole. In diesem Schnittbild werden zusätzlich zwei Semilunarklappen der Pulmonalklappe sichtbar (Abb. 11 c und c').

Schallkopfposition 4: Rechts kranial lange Achse (RKRLA) (3. ICR)

Aus der zuletzt beschriebenen kurzen Untersuchungsachse von rechts kranial wurde die Orientierungsmarke auf 0 bis



10 Grad gedreht (s. Abb. 12). Es erschien ein Längsschnitt der Pulmonalarterie mit zwei Semilunarklappen (PV) unten auf dem Monitor. Die Aorta und das rechte Herz waren dabei schräg angeschnitten (s. Abb. 13 a und a').

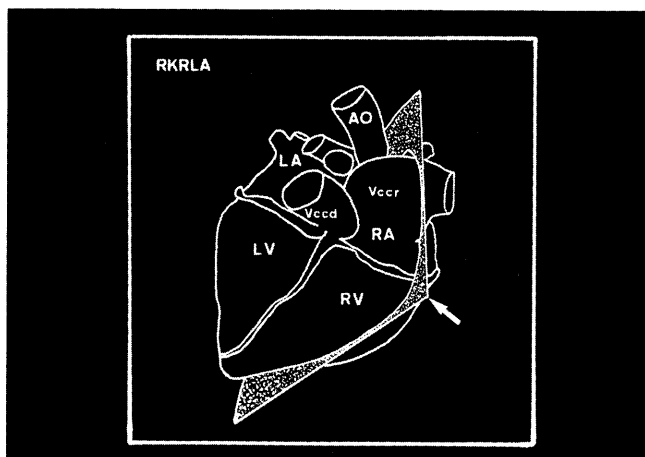


Abb. 12: Schnittebene der langen Achse von rechts kranial (RKRLA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; Vccr: Vena cava cranialis; Vccd: Vena cava caudalis (Pfeilspitze = Ansatzpunkt des Schallkopfes).

Schallkopfposition 5: Links kaudal lange Achse (LKDLA) (4. ICR)

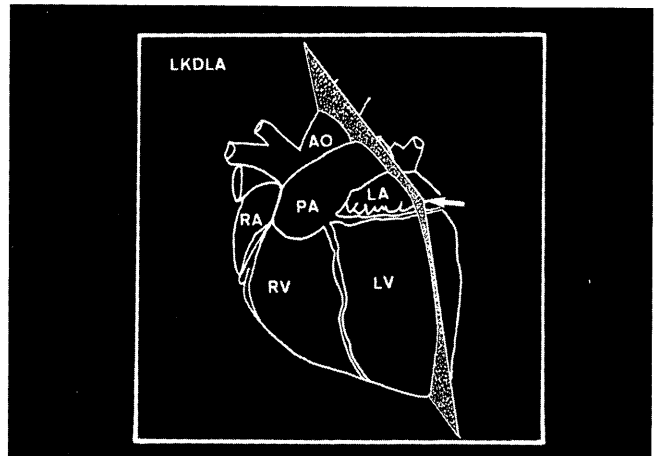


Abb. 14: Schnittebene der langen Achse von links kaudal (LKDLA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; PA: Pulmonalarterie.

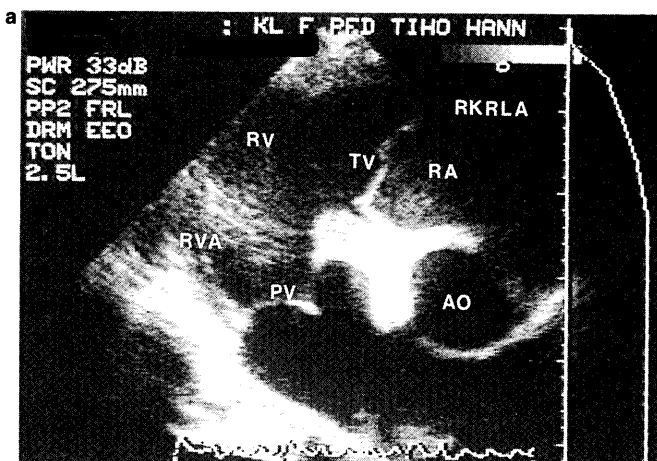


Abb. 13 a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von rechts kranial (RKRLA). RVA: rechtsventrikuläre Austreibungsbahn; RV: rechter Ventrikel; TV: Trikuspidalklappe; RA: rechtes Atrium; AO: Aorta; PV: Pulmonalklappe.

Auch links lag die Schallkopfposition für die kaudale Untersuchungsachse im 4. Interkostalraum, bei leicht vorgestelltem linken Vorderbein. Der Schallkopf wurde bei dorsokaudaler Anschallrichtung 1/2 bis 1 Handbreit über dem Olekranon aufgesetzt. Die Orientierungsmarke befand sich zwischen 0 und 10 Grad. Es erschien das Bild der Abb. 15.

Wurde der Schallkopf aus dieser Position geringgradig nach kranial gerichtet und die Orientierungsmarke auf ca. 340 bis 350 Grad gedreht, erhielten wir die Austreibungsbahn des linken Ventrikels mit der längsgeschnittenen Aorta und zwei ihrer Semilunarklappen auf dem Monitor. Zusätzlich wurde ein größerer Anteil des rechten Ventrikels mit zwei Trikuspidalklappen sichtbar (Abb. 16).

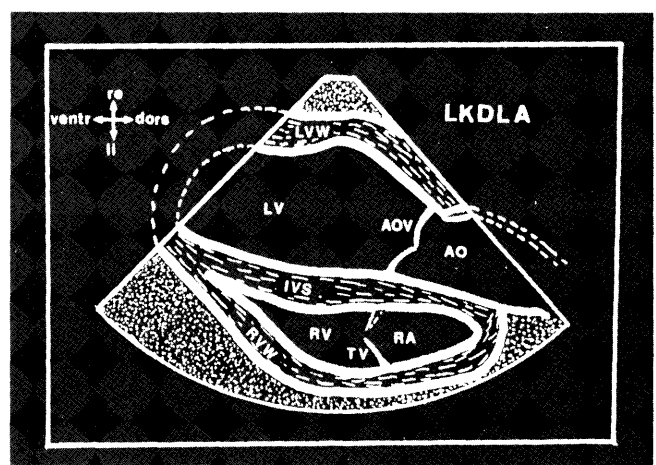
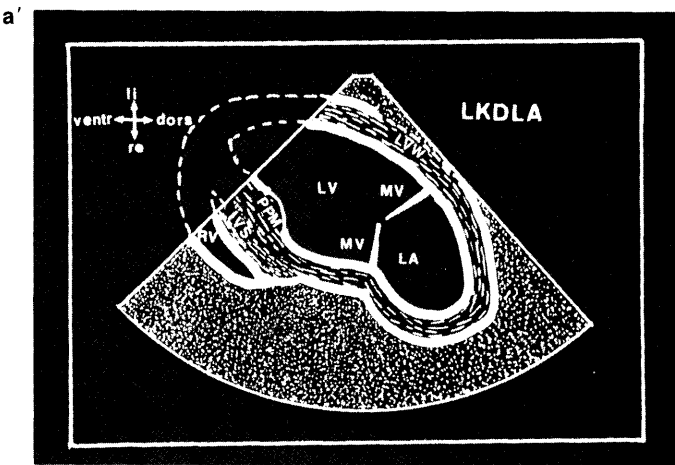
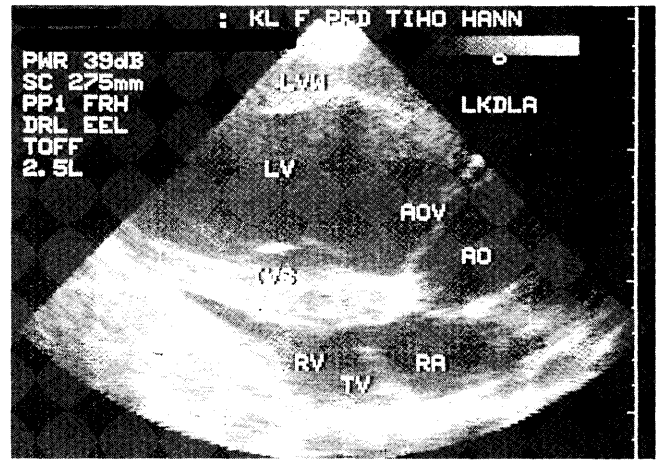
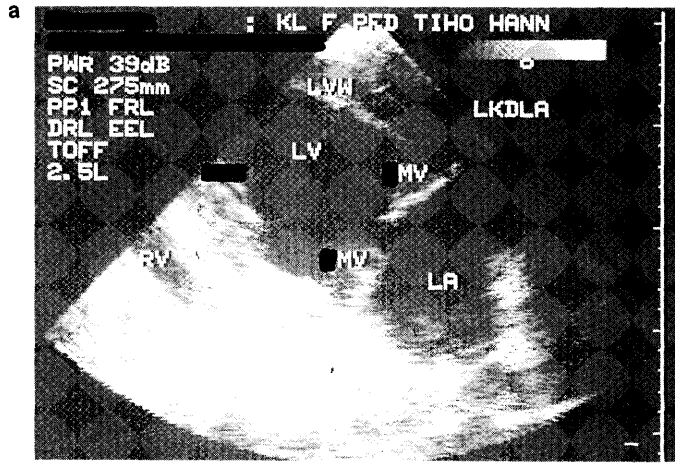


Abb. 15a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von links kaudal (LKDLA). LV: linker Ventrikel; LA: linkes Atrium; MV: Mitralkappen; RV: rechter Ventrikel; LVW: linke Ventrikelwand.

Abb. 16a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von links kaudal (LKDLA), erreicht durch geringgradige Lageveränderung des Schallkopfes aus der Position der Abb. 15.

Schallkopfposition 6: Links kaudal kurze Achse (LKDKA) (4. ICR)

Für diese Ebene wurde die Orientierungsmarke auf ca. 250 bis 270 Grad eingestellt. Durch Versetzen des Schallkopfes bei waagerechter Ausrichtung von ventral nach dorsal waren drei Schnittebenen darstellbar.

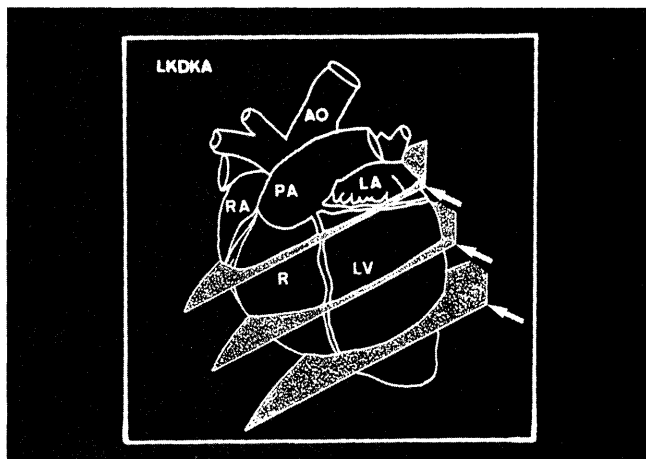


Abb. 17: Schnittebenen der kurzen Achsen von links kaudal (LKDKA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; PA: Pulmonalarterie (Pfeilspitzen = Ansatzpunkte des Schallkopfes für die 3 Schnittebenen).

Die ventrale Ebene dieser kurzen Achse mit dem Schallkopfansatz ca. 1/2 Handbreit über dem Olekranon zeigte einen Schnitt durch das ventrale Herz in der Nähe des Apex. Das rechte Herz stellt sich als schmale Sichel dar (s. Abb. 18a und a').

Die mittlere Ebene (ca. 1 Handbreit über dem Olekranon) zeigte die Papillarmuskeln und das Trabeculum septomarginalis des linken Ventrikels. Der Anteil des rechten Herzens wurde größer (s. Abb. 18b und b'). In der dorsalen Schnittebene (ca. 1 bis 1 1/2 Handbreit über dem Olekranon) wurden die Mitralkappen in der sogenannten „Fischmaulform“ sichtbar (s. Abb. 18c und c').

Schallkopfposition 7: Links kranial kurze Achse (LKRKA) (3. ICR)

Diese Schallkopfposition erforderte eine extreme Vorstellung des linken Vorderbeines. Wir haben dazu immer einen Schmiedebock benutzt (s. Abb. 10).

Der Schallkopf wurde im 3. Interkostalraum ca. 1 bis 1 1/2 Handbreit über dem Olekranon aufgesetzt. Die Orientierungsmarke befand sich etwa zwischen 250 und 270 Grad. Bei leicht kraniodorsaler Anschallrichtung erschienen die Semilunarklappen beider großer Herzgefäße in Kleeblattform auf dem Monitor (s. Abb. 20). Ein kleiner Anteil des

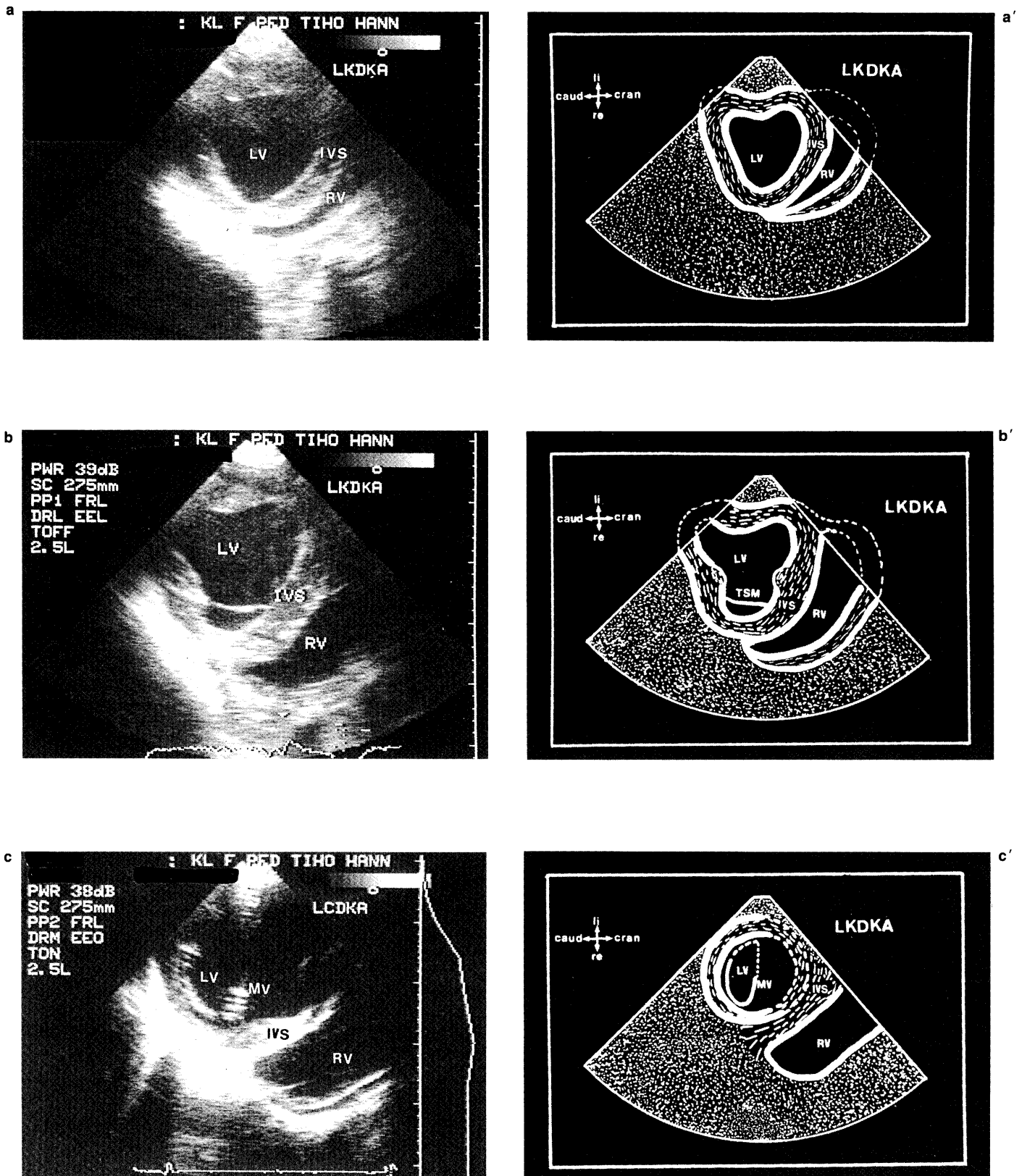


Abb. 18 a und a', b und b', c und c': Schnittbilder und Schemata der drei Schnittebenen der kurzen Achse von links kaudal (LKDKA). Abb. a und a': Schnitt durch das ventrale Herz geringgradig dorsal der Apex. Abb. b und b': Die mittlere Schnittebene mit Papillarmuskeln

und Trabeculum septomarginalis des linken Ventrikels. Abb. c und c': Die dorsale Schnittebene mit den Mitralklappen in der sog. „Fischmaulform“. TSM: Trabeculum septomarginalis.

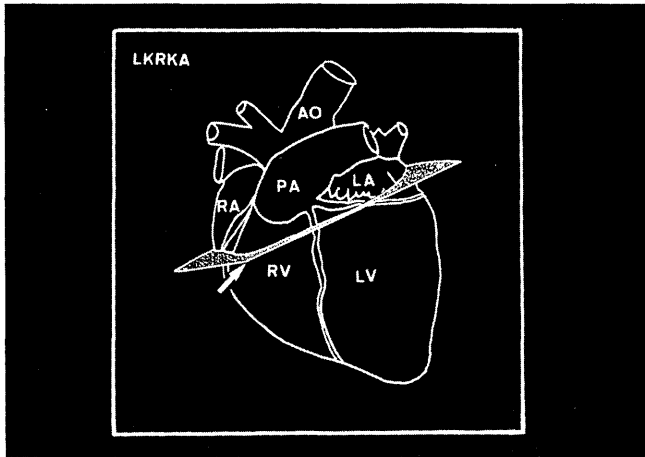
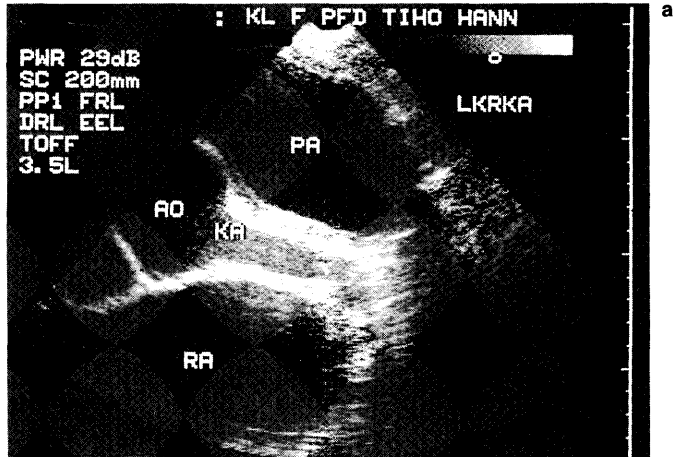
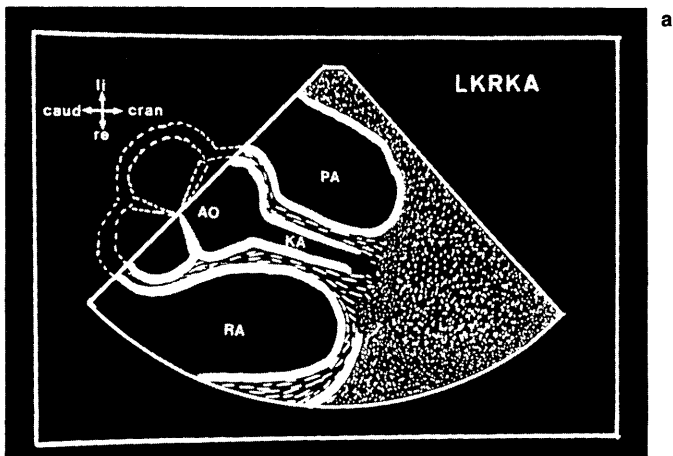


Abb. 19: Schnittebene der kurzen Achse von links kranial (LKRKA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; PA: Pulmonalarterie (Pfeilspitze = Ansatzpunkt des Schallkopfes).

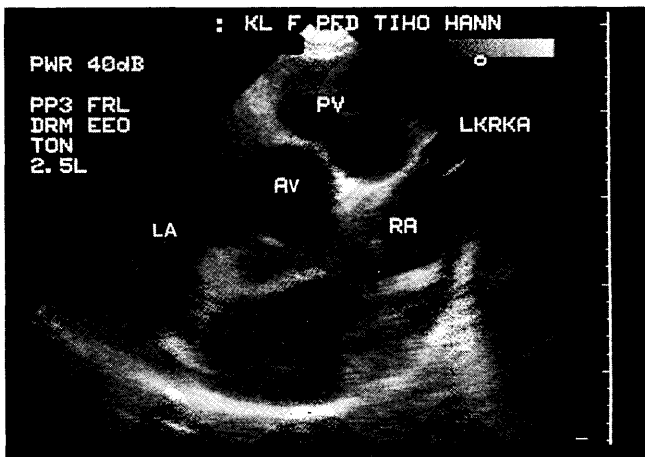


a

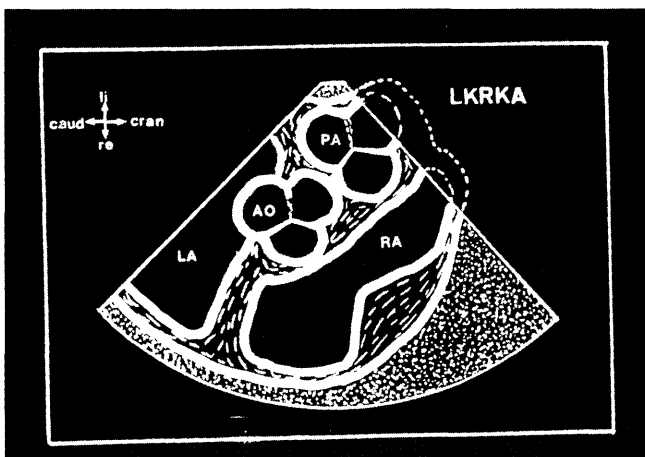


a'

Abb. 21 a und a': Darstellung der Arteria coronaria dexter aus der kurzen Achse von links kranial (LKRKA). PA: Pulmonalarterie; AO: Aorta; RA: rechtes Atrium; KA: rechte Koronararterie.



a



a'

Abb. 20 a und a': Schnittbild und Schema der kurzen Achse links kranial (LKRKA). Die Klappenebenen der Ausstrebungsbahnen beider Ventrikel sind erkennbar. PA: Pulmonalarterie; AO: Aorta; RA: rechtes Atrium; LA: linkes Atrium.

linken Vorhofs und ein fast vollständiges rechtes Atrium wurden sichtbar.

Bei minimaler Veränderung der Schallkopfpositionen nach dorsal und bei Vergrößerung des Bildausschnittes gelang es, die rechte Koronararterie darzustellen (Abb. 21).

Schallkopfposition 8: Links kranial lange Achse (LKRLA) (3. ICR)

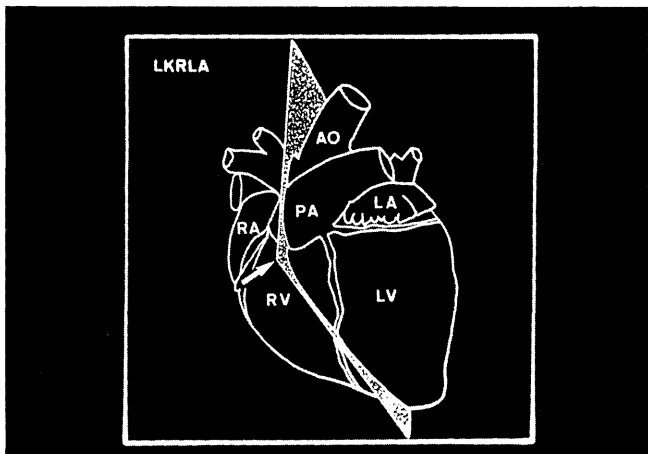


Abb. 22: Schnittebene der langen Achse von links kranial (LKRLA). AO: Aorta; LA: linkes Atrium; RA: rechtes Atrium; LV: linker Ventrikel; RV: rechter Ventrikel; PA: Pulmonalarterie; RV: rechter Ventrikel; LV: linker Ventrikel.

Zur Darstellung der langen Achse links kranial (LKRLA) wurde der Schallkopf nun auf ca. 180 Grad eingestellt. Die Anschallrichtung blieb geringgradig kraniodorsal. Auf dem

Monitor erschien oben die Pulmonalarterie mit zwei ihrer Semilunarklappen längs angeschnitten. Die Aorta wurde oberhalb ihrer Klappenebene schräg angeschnitten und lag am linken Bildrand. Außerdem erfolgte ein Schnitt quer durch das rechte Atrium (Abb. 23).

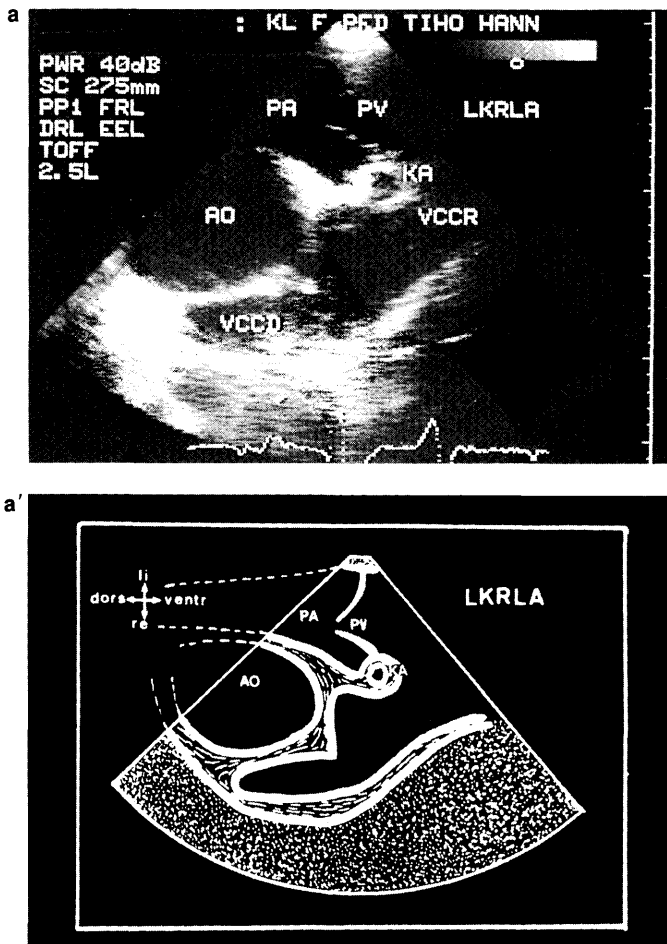


Abb. 23 a und a': Schnittbild und Schema der langen Achse von links kranial. PA: Pulmonalarterie; AO: Aorta; PV: Pulmonalklappe; RA: rechtes Atrium; KA: Koronararterie.

Diskussion

Die vorliegende Arbeit ist an 20 Pferden durchgeführt worden. Wir haben bewußt ein heterogenes Patientengut von herzgesunden und herzkranken Pferden ausgewählt. Für beide Gruppen galten, bis auf 2 Ausnahmen, die gleichen Schallkopfpositionen zur Darstellung bestimmter Herzstrukturen.

Die 1. Ausnahme stellte eine hochtragende, hochgradig adipöse Stute dar. Das Herz erschien bei ihr sehr stark nach kranial verlagert und wäre bei extrem vorgestelltem Vorderbein darstellbar gewesen. Da die Stute hochgradig widersetzlich war, gelang die Untersuchung jedoch nicht. Fünf Tage nachdem die Stute abgefohlt hatte, konnte die Untersuchung in Sedierung erfolgreich durchgeführt werden. Wir erhielten nun Schnittbilder aus allen aufgeführten Ebenen.

Die 2. Ausnahme machte ein Patient mit Vorhofflimmern, Mitralklappeninsuffizienz und einem Megakard. In den

langen sowie auch in den kurzen Achsen konnte von rechts das linke Atrium und der linke Ventrikel nur sehr unvollständig abgebildet werden. Von links untersucht, galt gleiches für das rechte Herz. Hier reichte also die Eindringtiefe des 2,5-MHz-Schallkopfes nicht aus, um das hochgradig vergrößerte Herz vollständig von einer Körperseite darzustellen.

Schlechte Bildqualität lieferten mastige Pferde. Außerdem brachten die Untersuchungen von der linken Körperseite oft Echokardiogramme mit einer schlechteren Bildqualität als die von der rechten. Dieses steht im Gegensatz zu der Untersuchung von *Carlsten* (1987).

Voraussetzung für eine gute Bildqualität war eine rasierte oder depilierte Haut im Bereich des Untersuchungsfeldes. Anderen Autoren reichte eine Schur aus (*Carlsten*, 1987; *Rantanen*, 1986).

Wir konnten mit dem 2,5-MHz-Schallkopf eine Eindringtiefe von 25 bis 27 cm erreichen. *Carlsten* (1987) mußte sein Untersuchungsfeld mit dem 3,5-MHz-Schallkopf auf 20 cm Eindringtiefe begrenzen. Dagegen gelang es uns, mit dem 2,5-MHz-Schallkopf zusätzlich den rechten Ventrikel und das rechte Atrium auch von links darzustellen (s. Abb. 16 a und a').

Wir stellten den Truncus pulmonalis und auch die Pulmonalklappen bei allen Probanden im Längsschnitt dar (s. Abb. 13 und 23). Bisher wurde diese Möglichkeit für das Pferd noch nicht beschrieben. Eine gute Bildqualität dieser Strukturen erreichten wir von links wie auch von rechts jedoch nur bei dilatiertem rechtem Herzen. Dieses Problem ist in der Humanmedizin für die Pulmonalklappe (*Weyman et al.*, 1974), aber auch für die Trikuspidalklappe (*Feigenbaum*, 1981) bekannt.

Der von uns verwendete Schallkopf brachte, bis auf die oben erwähnten Ausnahmen, sowohl in den langen wie auch in den kurzen Untersuchungsachsen eine zufriedenstellende Auflösung. Somit hatten wir eine gute Vorstellung von der Kinetik des gesamten Herzens. Weil jedoch auch dieser Schallkopf noch eine begrenzte Eindringtiefe hat bzw. sein Fokus in einem Bereich von 6 bis 18 cm liegt, ergeben sich daraus noch einige Probleme. So ist einerseits die Auflösung des Perikards der linken Herzhinterwand bei der Untersuchung von rechts und andererseits die Auflösung des rechten Perikards und der rechten Ventrikelwand bei der Untersuchung von links nicht immer zufriedenstellend.

Die Ursache dafür liegt darin, daß diese Strukturen sich jeweils außerhalb des Schallkopffokus und somit im Fernbereich des Untersuchungsfeldes befinden.

Das schmälert die Eignung des Ultraschallgerätes weder für die Untersuchung der Kinetik noch zur Ausmessung des Herzens. Soll jedoch eine bessere Auflösung einzelner Herzstrukturen erreicht werden, empfiehlt sich der Einsatz höherfrequenter Schallköpfe (3,5, 5,0 und 7,5 MHz). So wird eine hervorragende Auflösung der Details des Pferdeherzens gewährleistet.

Feinauflösende Schallköpfe setzten wir erst ein, nachdem eine Gesamtübersicht über das Herz mit dem 2,5-MHz-Schallkopf mit Hilfe der 8 Schallkopfpositionen erstellt wurde.

Da bei steigender Frequenz die Eindringtiefe immer geringer wird, ist z. B. mit 7,5 MHz nur die Untersuchung des Ventrikelmyokards der rechten Herzwand von rechts und die der linken Herzwand von links möglich. Auch sind die Mitralklappen und Trikuspidalklappen nur bis zu einer Eindringtiefe von 7 bis 8 cm mit dieser Frequenz darstellbar.

Ein Beispiel für den Einsatz eines höherauflösenden Schallkopfes bietet die bessere Erkennung der Koronararterien mit dem 3,5-MHz-Schallkopf (s. Abb. 21). Die Koronararterien können von rechts und links gleichermaßen gut dargestellt werden.

Carlsten sah die AV-Klappen grundsätzlich besser in den langen Achsen. Wir konnten die Mitralklappen bzw. beide Mitralsegel auch in der kurzen Achse mit guter Qualität darstellen (s. Abb. 18 c und c' sowie 11 a und a', b und b'). Die Interpretation der Echokardiogramme der kurzen Achsen bergen jedoch gewisse Gefahren in sich. Der Eindruck eines insuffizienten Mitralklappenschlusses kann z. B. entstehen, wenn die Mitralklappen nicht exakt in der Schlußebene quer geschnitten werden. Es entsteht dann das

sogenannte falsche Ostium (Feigenbaum, 1986). Gleiches gilt auch für die übrigen Herzklappen.

Gegen die Schallkopfpositionen im 3. Interkostalraum reagierten einige Pferde mit Widerstand. 2 Pferde unserer Studie mußten für diese Schallkopfpositionen sediert werden. In den meisten der übrigen Fälle wurde die Untersuchung mit Hilfe eines Schmiedebockes (s. Abb. 10) allerdings besser geduldet als während des manuellen Aufhebens der Vordergliedmaßen.

Die Untersuchung hat erwiesen, daß die Schnittbildechokardiographie für das Warmblutpferd ebenso durchführbar ist wie für den Traber und den Vollblüter.

Wir sind der Ansicht, daß die Schnittbildechokardiographie die Grundlage der Echokardiographie darstellt. Wird nämlich die Schnittbildtechnik beherrscht, ist das exakte Ausrichten des Ultraschallstrahles für die M-mode-Untersuchung unproblematisch.

Bei zunehmender Erfahrung im Umgang mit der Echokardiographie ist eine wesentliche Erweiterung der Diagnostik von Herzerkrankungen des Pferdes zu erwarten.

Literatur

- Bonagura, J. D., Herring, D. S., und Welker, F. (1985): Echocardiography. Veterinary clinics of North America: Equine Practice 1 (2), 311-333.
- Bonagura, J. D., und Pipers, F. S. (1983): Echocardiographic features of aortic valve endocarditis in a dog, a cow, and a horse. JAVMA 182 (6), 595-599.
- Bonagura, J. D., und Pipers, F. S. (1983): Diagnosis of cardiac lesions by contrast echocardiography. JAVMA 182 (4), 396-402.
- Carlsten, J. C. (1987): Two-dimensional real-time echocardiography in the horse. Veterinary Radiology 28 (3), 76-87.
- Eidler, L., und Gustafson, A. (1957): Ultrasonic cardiogram in mitral stenosis. Acta Med. Scand. 159, 85-90.
- Eidler, I. und Hertz, C. H. (1954): Use of ultrasonic reflectoscope for continuous recording of movements of heart walls. Kunigl. Fysiogr. Sallad. Lund. Forhandl. 24, 5.
- Effert, S., und Domanig, E. (1959): Diagnostik intraaurikulärer Tumoren und großer Thromben mit dem Ultraschallverfahren. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 84, 6-8.
- Feigenbaum, H. (1981): Echocardiography. Edition 3, Philadelphia, Lea & Febiger.
- Keidel, W. D. (1950): Über eine Methode zur Registrierung der Volumenänderungen des Herzens am Menschen. Zeitschr. f. Kreislauff. 39, 257-271.
- Kvart, C., Carlsten J., Jeffcott, L. B., und Nilsfors, L. (1985): Diagnostic value of contrast echocardiography in the horse. Equine vet. J. 17 (4), 357-360.
- Lombard, C. W., Evans, M., Martin, L., und Therani, J. (1984): Blood pressure, electrocardiogram and echocardiographic measurements in the growing pony foal. Equine vet. J. 16 (4), 342-347.
- O'Callaghan, M. W. (1985): Comparison of echocardiographic and autopsy measurements of cardiac dimensions in the horse. Equine vet. J. 17 (5), 361-368.
- Pipers, F. S., und Hamlin, R. L. (1977): Echocardiography in the horse. JAVMA 170 (8), 815-819.
- Pipers, F. S., Reef, Virginia B., und Wilson, J. (1985): Echocardiographic detection of ventricular septal defects in large animals. JAVMA 187 (8), 810-816.
- Rantanen, N. W. (1986): Diagnostic ultrasound. The Vet. Clinics of North America Equine Practice, Philadelphia, W. B. Saunders.
- Reef, Virginia B., Mann, P. C., und Orsini, P. G. (1987): Echocardiographic detection of tricuspid atresia in two foals. JAVMA 191 (2), 225-228.
- Reef, Virginia B. (1987): Mitral valvular insufficiency associated with ruptured chordae tendineae in three foals. JAVMA 191 (3), 329-331.
- Reef, Virginia B., Gentile, D. G., und Freeman, D. E. (1984): Successful treatment of pericarditis in a horse. JAVMA 185 (1), 94-97.
- Stadler, P. (1988): Echokardiographie beim Pferd - Physikalisch-technische Grundlagen. Pferdeheilkunde 4, 111-115.
- Stewart, J. H., Rose, R. J., und Barke, A. M. (1984): Echocardiography in foals from birth to three months old. Equine vet. J. 16 (4), 332-341.
- Weyman, A. E., Dillon, J. C., Feigenbaum, H., und Chang, S. (1974): Echocardiographic patterns of pulmonic valve motion in pulmonic stenosis. Am. J. Cardiol 34, 644.
- Wingfield, W. E., Mueller, C. W., Voss, J. L., Bennett, D. G., und Breukels, J. (1980): Echocardiography in assessing mitral valve motion in three horses with atrial fibrillation. Equine vet. J. 12 (4), 181-184.
- Yanaga, Y., und Too, K. (1984): Diagnostic ultrasound imaging in domestic animals: Two-dimensional and M-mode echocardiography. Jap. Journal of Vet. Science 46 (4), 493-502.

Dr. P. Stadler
Klinik für Pferde
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
D-3000 Hannover

Vorgetragen anlässlich des Kardiologischen Kolloquiums der Klinik und Poliklinik für Kleine Haustiere an der Freien Universität Berlin am 11. und 12. Mai 1988.

Wir danken Herrn Sprung, Geschäftsführer der Fa. Eickemeyer, Tuttlingen, für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.