

Möglichkeiten der Farbdopplerechokardiographie und der Herzkatheteruntersuchung zur Beurteilung der Hämodynamik eines Ventrikelseptumdefektes / Fallbericht

Heidrun Gehlen, P. Stadler und E. Deegen

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden echokardiographische Methoden zur Untersuchung eines Ventrikelseptumdefektes an einem klinischen Fallbeispiel vorgestellt.

Die Untersuchung erfolgte klinisch und elektrokardiographisch in Ruhe und nach Belastung, sowie echokardiographisch. Der Defekt im Interventrikularseptum war schon mit Hilfe der B-Mode Technik sicher erkennbar. Zusätzlich lieferte die Farbdopplertechnik in Kombination mit der konventionellen Dopplertechnik (PW-/CW-Doppler) Informationen über die hämodynamische Auswirkung des Defektes. Dabei wurde mit Hilfe der farblich dargestellten Durchtrittsöffnung („Vena contracta“) und der Vermessung des Geschwindigkeitszeitintegrals (Velocity-Time-Integral) das Volumen des pathologischen Blutstromes ermittelt (3,3 Liter pro Minute). Außerdem wurde das regurgitierte Blutflußvolumen durch Vergleich zwischen rechts- und linksventrikulärem Auswurfvolumen errechnet. Dabei zeigten beide Methoden in dem vorliegenden Fall übereinstimmende Ergebnisse, wobei der Vergleich zwischen links- und rechtsventrikulärem Auswurfvolumen erheblich zeitaufwendiger ist. Bei der Herzkatheteruntersuchung wurde ein geringgradiger Druck- und Sauerstoffpartialdruckanstieg im rechten Ventrikel gemessen. Die Untersuchung zeigt, daß bei einem Ventrikelseptumdefekt mit Hilfe der Farbdopplerechokardiographie eine Analyse der Hämodynamik möglich ist.

Schlüsselwörter: Ventrikelseptumdefekt, Echokardiographie, Herzkatheteruntersuchung, Farbdopplerechokardiographie, Schlagvolumen

Colour doppler technique and heart catheterization for haemodynamic evaluation of a ventricular septal defect / Case report

The present case report shows echocardiographic methods used in investigation of a ventricular septal defect.

Clinical examination as well as echocardiography were performed at rest and after exercise. The defect of the interventricular septum was clearly visible with the b-mode technique. Additionally colour-coded echocardiography and conventional Doppler technique (PW-/CW-Doppler) revealed informations about the haemodynamics of this defect.

The volume of the pathological blood flow (3.3 L/min.) was calculated by the „Velocity Time Integral“ (using the „Vena contracta“ method as described elsewhere).

The regurgitated volume of blood was also evaluated by comparing right and left ventricular stroke volume.

The results of both methods showed a good conformity.

A low grade increase in cardiac blood pressure and partial oxygen pressure was measured in the right ventricle by heart catheterisation.

The study shows that analysing haemodynamics of a VSD in horses is possible by using colour-coded echocardiography only.

keywords: ventricular septal defect, echocardiography, heart catheterisation, colour-flow doppler, stroke volume

Einleitung

Ventrikelseptumdefekte gehören zu den häufigsten kongenitalen Vitien beim Pferd (Piper et al. 1985; Reef 1985; 1991a,b, 1995; Patteson 1996; Darke et al. 1996). In den meisten Fällen findet sich der Defekt dabei im bindegewebigen Bereich des Septums (membranöser oder perimembranöser Defekt) (Bonagura 1990; Reef 1985, 1991a,b, 1995; Patteson 1996). Die klinischen Symptome der betroffenen Pferde variieren stark und sind sowohl von der Größe, als auch von der Lokalisation des Defektes abhängig (Reef 1995).

Die hämodynamische Bedeutung eines Ventrikelseptumdefektes ist abhängig von der Größe des Shuntvolumens und der damit verbundenen rechtsventrikulären Druckbelastung (Patteson 1996; Weinzheimer et al. 1989).

Zu einer Umkehr eines links-rechts Shunts in einen rechts-links Shunt kommt es erst bei sehr großen Defekten durch eine Angleichung der Drücke im rechten und linken Ventrikel (Patteson 1996).

Echokardiographisch kann die Mehrzahl dieser Defekte im Längsschnitt des Herzens von rechts („rechte, kaudale, lan-

ge Achse“) als subaortal gelegener Defekt im Interventrikularseptum ultrasonographisch dargestellt werden (Reef 1995). Insbesondere die B-mode-Technik (zweidimensionale Darstellung) ist für die Diagnosefindung besonders gut geeignet (Reef 1995), wobei die Diagnostik bei sehr kleinen Defekten schwierig sein kann.

Hier ermöglicht die Dopplerechokardiographie eine eindeutige Diagnose, mit der Darstellung des Blutflusses durch das Ostium, wobei neben dem gepulsten insbesondere die farbkodierte Dopplertechnik eine eindrucksvolle Darstellung der Shunt-richtung ermöglicht (Patteson 1996; Weinzheimer et al. 1989). Der Farbbereich, der der morphologischen Defektgröße entspricht, wird in der Humankardiologie auch als „Vena contracta“ bezeichnet (Fehske 1988). Bei hohen Geschwindigkeiten (Nyquist Grenze ca. 0,7 m/sec.) tritt das sogenannte „Farbaliasing“, ein Farbumschlag, ein.

Mit Hilfe dieses Durchmessers und der gleichzeitigen dopplerechokardiographischen (continuous wave doppler) Ermittlung des Geschwindigkeits-Zeit-Integrals (velocity-time

integral) in der Durchtrittsstelle, gelingt durch Multiplikation die semiquantitative Berechnung des Durchflußvolumens (Fehske 1988; Gehlen 1997, Gehlen 1998).

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Shuntgröße ist durch die vergleichende Ermittlung der Schlagvolumina im großen wie im kleinen Kreislauf möglich (Köhler 1989; Kinkel 1993; Gratopp 1996; Stadler et al. 1994). Dabei wird zum einen durch Vermessung des Aortendurchmessers und des mittels CW-Doppler ermittelten Flußdiagramms an der Aortenklappe das Schlagvolumen aus dem linken Ventrikel ermittelt. Zum anderen wird durch Vermessung des Pulmonalisdurchmessers und des Flußdiagramms durch die Pulmonalklappe das Schlagvolumen des rechten Ventrikels errechnet (Gratopp 1996). Mit diesen Werten läßt sich das Verhältnis zwischen Lungen- und Körperkreislaufvolumen (Q_p/Q_s) berechnen. Zusätzliche Herzklappeninsuffizienzen, insbesondere der Mitralklappen- und Aortenklappen, können jedoch zu fehlerhaften Ergebnissen führen (Nesser 1989).

In der Humankardiologie ist zur Einschätzung des Schweregrades von Shuntvitien seit vielen Jahren die Herzkatheteruntersuchung als „goldener Standard“ etabliert (Nesser 1989). Die Rechtsherzkatheteruntersuchung ist inzwischen auch Teil der Standarduntersuchung herzkranker Pferde (Muyllé et al. 1974; Frühauf 1995; Seiffert 1996).

Bei der Untersuchung des Ventrikelseptumdefektes wird der Herzkatheter zur Untersuchung des Druck- und Sauerstoffanstieges im rechten Ventrikel eingesetzt (Muyllé et al. 1974; Patteson 1996; Darke et al. 1996; Knauer et al. 1973; Lombard et al. 1983).

Die verschiedenen Möglichkeiten der nicht invasiven Shuntvolumenermittlung, die für die Einschätzung des Schweregrades von Shuntvitien von erheblicher Bedeutung sind, sowie die technische Untersuchungsverfahren für die Diagnosefindung sollen hier an einem klinischen Fallbeispiel aufgezeigt werden.

Fallbericht

Anamnese

Vorberichtlich zeigte der vierjährige deutsche Reitponywallach, bis zu Beginn der reiterlichen Nutzung ein ungestörtes Allgemeinbefinden. Seit der verstärkten körperlichen Belastung durch das Anreiten fiel das Pferd jedoch durch Mattigkeit, Schwitzen und stark eingeschränkte Leistungsbereitschaft auf. Der Haustierarzt stellte ein Herzgeräusch fest und überwies das Pferd zur weiteren Abklärung in die Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

Klinische- und elektrokardiographische Untersuchung

Neben einer allgemeinen klinischen Untersuchung des Patienten erfolgte eine Untersuchung während und nach der Belastung.

Die elektrokardiographische Untersuchung in Ruhe wurde mit einem Mehrkanalschreiber (Firma Hellige), die elektrokardiographische Untersuchung während der Belastung über ein Tele-EKG-System (Firma Hellige cardiostest EK 41, Firma elmed ETM 2000) durchgeführt.

Die Belastung erfolgte standardisiert durch 10 Minuten Trab und 5 Minuten Galopp an der Longe. Direkt nach der Belastung wurden in 15 sekündigem Abstand arterielle Blutproben aus der A. carotis externa für eine Blutgasuntersuchung (paO_2 , $paCO_2$, $aADO_2$) entnommen (Röhrkasse 1993).

Echokardiographische Untersuchung

Die Ultraschalluntersuchungen wurden mit dem Farbdopplergerät „Vingmed 600 E“ (Firma Dasonic Sonotron, Garching) und einem 2,5 MHz Phased Array Schallkopf durchgeführt. Für die simultane Darstellung des EKG auf dem Monitor des Ultraschallgerätes wurde eine bipolare Brustwandableitung gewählt.

Die Untersuchungen im B-mode wurden in den von Weinberger (1991) und Stadler et al. (1993) beschriebenen Schallpositionen durchgeführt.

Für die M-mode Echokardiographie wurde das Herz in der langen Achse von rechts kaudal (RKLA) geschallt (Soulier 1997). Dabei wurde der M-mode Strahl durch den im B-mode sichtbaren Defekt des Septums gelegt.

Herzkatheteruntersuchung

Zur Katheterisierung des rechten Herzens wurde ein 160 cm langer, zweilumiger, flüssigkeitsgefüllter Ballon-Einschwemm-katheter (\varnothing 5 french) nach Swan-Ganz der Firma Biosensors International® verwendet. Zur Registrierung der Drücke stand ein Gould-Druckwandler mit flüssigkeitsgefülltem Druckdom zur Verfügung sowie die Registrieranlage vicom-sm der Firma Hellige. Der Katheter wurde am stehenden, unsedierten Pferd mit Hilfe einer Braunüle über die V. jugularis ins rechte Herz eingeführt und über den rechten Ventrikel und die Pulmonalarterie bis ins Lungenkapillargebiet vorgeschoben. Die mit dem Katheter gewonnenen Blutproben der verschiedenen Kompartimente (V. Jugularis, rechter Vorhof, rechter Ventrikel, Pulmonalarterie, Wedge pressure) wurden blutgasanalytisch untersucht.

Ergebnisse der klinischen-, elektro- und echokardiographischen Untersuchung

Das Pferd war an den Untersuchungstagen ruhig und aufmerksam, die Körpertemperatur betrug 38,1 Grad Celsius, die Atemfrequenz lag bei 16/ min., die Pulsfrequenz bei 34/ min.

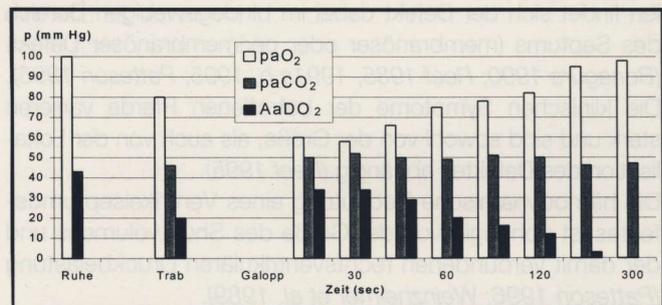


Abb 1: Ergebnisse der arteriellen Blutgasanalyse nach Belastung

Results of the arterial blood gas analysis after work

paO_2 (mmHg) = Sauerstoffpartialdruck in mmHg

$paCO_2$ (mmHg) = CO_2 in mmHg

$AaDO_2$ (mmHg) = alveo-arterielle Sauerstoffdifferenz in mmHg (errechneter Wert)

Bei der Auskultation fiel ein pansystolisches Herzgeräusch 4. Grades (crescendo) mit frühdiastolischem Anteil und Punktum maximum über der Trikuspidalklappe auf. Der zweite Herzton war schlecht abgesetzt.

Nach einer standardisierten Belastung von 10 Min. Trab und 5 Min. Galopp zeigte das Pferd starkes Schwitzen. Die Beruhigungszeit für die Puls- und Atemfrequenz lag jedoch im Normbereich.

Die arteriellen Blutgaswerte nach der Belastung zeigten, daß in den ersten Minuten der Sauerstoffpartialdruck nur langsam wieder anstieg und die Ruhewerte auch nach 5 Minuten noch nicht wieder erreicht wurden (Abb.1).

Das Elektrokardiogramm zeigte weder in Ruhe noch nach Belastung pathologische Veränderungen.

Die im B-mode gemessenen Dimensionen der Herzhöhlen und die Kinetik der Herzmuskulatur waren unverändert. Es lagen zum Zeitpunkt der Untersuchung weder eine Hypertrophie der Muskulatur noch Dilatationen der Herzhöhlen, als Zeichen einer Dekompensation, vor.

Die Abb. 2 zeigt die B-mode Darstellung des Herzens in der langen Achse (Längsschnitt) von rechts kaudal (RKLA). Der Pfeil kennzeichnet den subaortal gelegenen Defekt im Interventrikularseptum. Die Abb. 3 zeigt den Defekt im M-mode (Pfeil), die Abb. 4 zeigt ein Farb- M-mode Bild. Hier ist der Defekt durch den grün-gelb kodierten Farbbereich sichtbar.

Die mit der konventionellen Doppleruntersuchung ermittelte Shuntgeschwindigkeit betrug 5,2 m/s. Der pathologische Fluß durch das septale Ostium erstreckte sich über die gesamte Systole. Das Geschwindigkeitszeitintegral (VTI) betrug 246 cm. Abbildung 5 zeigt den farbkodierten pathologischen Blutfluß durch den Defekt vom linken in den rechten Ventrikel.

Der Durchmesser, der farbdopplerechokardiographisch durch die Grünkodierung gut erkennbaren Durchtrittsstelle im Interventrikularseptum betrug ca. 1,3 cm („Vena contracta“ des Ventrikelseptumdefektes).

Die mit Hilfe des Durchmessers errechnete Fläche des Durchtrittsstostiums betrug 0,5 cm² (Formel 1). Daraus ergab sich bei Multiplikation mit dem Wert des Geschwindigkeitszeitintegral (VTI) ein Regurgitationsvolumen von ca. 110 ml pro Herzschlag (Formel 2). Bei einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 30 Schlägen pro Minute ergibt sich somit ein Rückflußvolumen von ca. 3,3 Liter pro Minute.

Das linksventrikuläre Schlagvolumen betrug ca. 28 Liter pro Minute, das rechtsventrikuläre Schlagvolumen betrug ca. 31 Liter pro Minute.

Da keine zusätzlichen Herzklappeninsuffizienzen vorlagen, ergibt der einfache Vergleich auch hier eine Schlagvolumendifferenz zwischen rechtem und linken Ventrikel von ca. 3 Liter pro Minute.

Ergebnisse der Herzkatheteruntersuchung

In Abb. 1 sind die Ergebnisse der intrakardialen Druckmessung aufgeführt. Im vorliegenden Fall lag systolisch nur eine geringgradige Druckerhöhung des rechten Ventrikels vor (52 mmHg). Der Mitteldruck lag jedoch deutlich über der Norm.

Innerhalb der Pulmonalarterie konnte nur eine geringgradige Druckerhöhung festgestellt werden.

Die Messung der Sauerstoffpartialdrücke (paO₂) zeigte einen Anstieg zwischen Vena cava und rechtem Ventrikel (Tab. 1).

Tab. 1 : Druckmessungen in verschiedenen Herzkompartmenten (mmHg)

Pressure measurements in different heart compartments (mmHg)

Kompartiment	syst. Druck	Referenzwert	diast. Druck	Referenzwert
Rechter Vorhof	15	6,7 bis 21	2	-1 bis 8
rechter Ventrikel	52	37,7 bis 50,3	3	-3 bis 4,2
Pulmonalarterie	35	34,7 bis 47,4	18	13,8 bis 20,4

Referenzwerte nach *Muyllé et al. 1986*

Diskussion

Die klinische Untersuchung, insbesondere die Auskultation des typischen Herzgeräusches, legt den Verdacht auf das Vorliegen eines Ventrikelseptumdefektes nahe (*Patteson 1996; Darke et al. 1996; Reef 1995*).

Das Ausmaß des Defektes sowie resultierende Dimensionsveränderungen des Herzens sind allerdings aufgrund der Lautstärke des Herzgeräusches nicht feststellbar (*Patteson 1996*).

Die Elektrokardiographie hat kaum eine Bedeutung für die Diagnose eines Ventrikelseptumdefektes oder der dadurch verursachten Dimensionsveränderungen des Herzens (*Patteson 1996*). Sie kann jedoch zur Aufdeckung von Arrhythmien herangezogen werden. So kann z.B. bei Fohlen, aufgrund der Volumenüberladung des rechten Ventrikels durch einen VSD, Vorhofflimmern entstehen. Die Prognose ist in diesen Fällen eher ungünstig (*Darke et al. 1996*).

Das Mittel der Wahl zur Diagnose des Ventrikelseptumdefektes ist die Echokardiographie (*Patteson 1996; Reef 1995*).

Die M-mode Technik ermöglicht erst durch zusätzliche Farbkodierung eine sichere Erkennung des Defektes.

Mit Hilfe der Echokardiographie ist ein größerer Defekt häufig als „echo drop out“ (anechogener Bereich) im B-mode Bild erkennbar (*Fehske 1988*).

Durch die Kombination der B-mode- Technik mit dem konventionellen Doppler läßt sich die Blutflußrichtung und die Jetgeschwindigkeit ermitteln.

Die größte Sensibilität bei der Diagnostik des Ventrikelseptumdefektes hat jedoch die Farbdopplerechokardiographie. Da außer bei sehr großen Shunts ein bedeutendes Druckgefälle zwischen linkem und rechtem Ventrikel besteht, kommt es fast ausnahmslos zur Ausbildung von transeptal zu verlaufenden typischen „Jets“ (*Fehske 1988*). Diese können zumindest qualitativ aus mehreren Schallkopfpositionen, d.h. unabhängig vom Winkel zum Ultraschallstrahl, nachgewiesen werden, da die Reflexionsintensität des Jets immer höher ist als die der umgebenden ungestörten Blutflüsse (*Ortiz et al. 1985; Zeevi et al. 1987; Ludomirski et al. 1986*).

Die farbdopplerechokardiographisch dargestellte Regurgitationsfläche korreliert nur unzureichend mit dem eigentlichen Regurgitationsvolumen (Fehske 1988). Die Farbdopplerechokardiographie ermöglicht aber durch farbliche Darstellung der Durchtrittsstelle des „Jets“ („Vena contracta“) in Kombination mit der konventionellen Dopplertechnik, die Berechnung des Rückflußvolumens und damit Aussagen über den Schweregrad und die Prognose (Fehske 1988). Insbesondere wegen der Nichtinvasivität dieser Methode sind wiederholte Untersuchungen zur Kontrolle des weiteren Verlaufes leicht möglich.

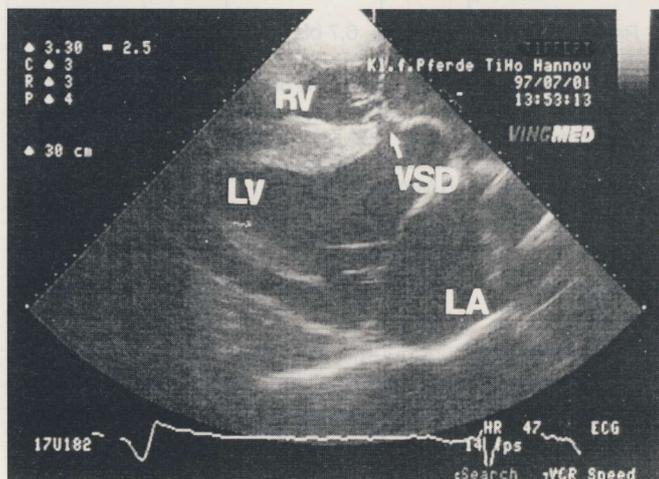


Abb. 2: Darstellung des Ventrikelseptumdefektes im B-mode (Vierkammerblick)
 B-Mode display of the ventricular septal defect (four chamber view)
 RV = rechter Ventrikel
 LV = linker Ventrikel
 LA = linkes Atrium
 VSD = Ventrikelseptumdefekt

Zusätzlich liefert die Messung der Druckunterschiede mit Hilfe des Herzkatheters, sowie die Messung der Blutgaswerte in den verschiedenen Kompartimenten, einen Überblick über die hämodynamische Bedeutung des Ventrikelseptumdefektes. Eine pulmonale Hypertension ist somit im Trend rechtzeitig erfassbar (Nesser 1989).

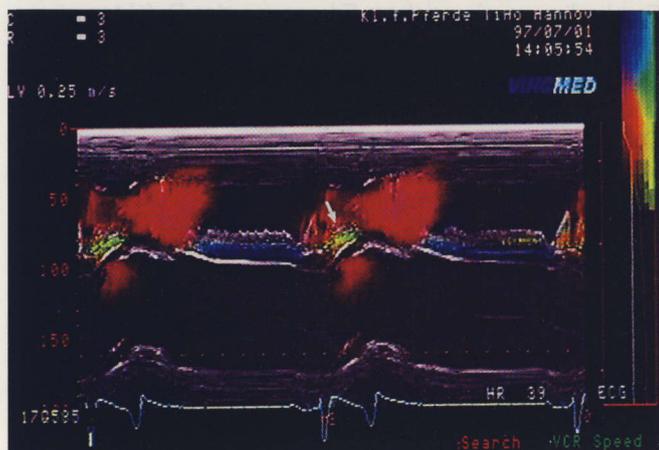


Abb. 3: Darstellung des Ventrikelseptumdefektes im M-mode (Pfeil)
 M-Mode display of the ventricular septal defect (arrow)

Eine Shuntumkehr kann durch Erfassung des erhöhten Lungenkapillardruckes (pulmonary wedge pressure) als Zeichen einer linksventrikulären enddiastolischen Druckerhöhung erkannt werden. Die vorliegende Arbeit zeigt, daß die Herzkatheteruntersuchung die Ergebnisse der Echokardiographie ergänzen kann, ihr Einsatz jedoch nicht obligat ist.

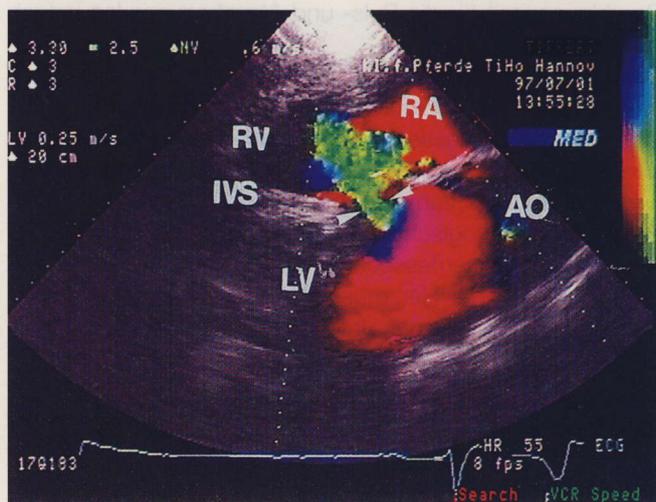


Abb. 4: Darstellung des Ventrikelseptumdefektes im Farb-M-mode (grüncodierter Farbbereich/ Pfeil)
 Color-M-mode display of the ventricular septal defect (coded with green colour/ arrow)

Im vorliegenden Fall ergab eine Nachuntersuchung nach 3 Monaten eine Vergrößerung des Defektes um 0,2 cm und einen Anstieg des pathologischen Blutflußvolumens von 3,3 auf 3,6 Liter/Min.. Da aufgrund dieser Tendenz eine unein-

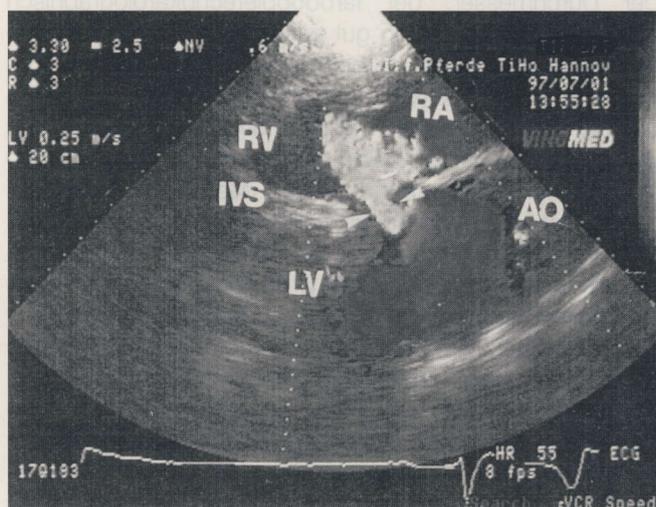


Abb. 5: Darstellung des Ventrikelseptumdefektes mit Hilfe des Farbdopplers (Durchtrittsstelle des Jets deutlich sichtbar = „Vena contracta“)
 Color coded Doppler display of the ventricular septal defect (contraction zone of the jet is clearly visible = „Vena contracta“)
 RV = rechter Ventrikel
 LV = linker Ventrikel
 RA = rechtes Atrium
 AO = Aorta
 IVS = Interventrikularseptum

geschränkte Nutzung des Pferdes als Reitpferd fraglich erschien, entschloß sich der Besitzer das Pferd reiterlich nicht weiter einzusetzen.

Tab. 2: Blutgasanalytische Untersuchung der mit dem Herzkatheter gewonnenen Blutproben
Bloodgas analysis of the bloodsamples collected with the heart catheter

	paO ₂ (mmHg)	paCO ₂ (mmHg)
A. carotis externa	100	46
Vena cava	34,5	56
Rechter Ventrikel	37	55
Pulmonalarterie	40,5	53

paO₂ (mmHg) = Sauerstoffpartialdruck in mmHg

paCO₂ (mmHg) = CO₂ in mmHg

Die Colorflow-Technik ist eine geeignete nichtinvasive Methode zur Analyse der Hämodynamik eines Ventrikelseptumdefektes (Reef 1995; Nesser 1989; Köhler 1989; Darke et al. 1996). Mit dieser Technik kann, besonders im Rahmen von Nachuntersuchungen, eine Aussage über die Prognose sowie das Management der Patienten getroffen werden (Patteson 1996).

Literatur

- Blissit, K. and J.D. Bonagura (1995): Colour flow doppler echocardiography in normal horses. *Equine vet. J.*, Suppl. 19, 47–55
- Bonagura, J.D. (1990): Clinical evaluation and management of heart disease. *Equine vet. Educ.* 2, 31–37
- Bonagura, J.D. (1994): Echocardiography. *J. of the Am. vet. Med. Ass.* 204, 516–522
- Darke, P., J.D. Bonagura and D.F. Kelly (1996): *Color Atlas of Veterinary Cardiology*. Mosby-Wolfe Verlag, 45–66
- Fehske, W. (1988): Praxis der konventionellen und farbkodierten Doppler-Echokardiographie. Verlag Hans Huber, Bern
- Frühaufl, B. (1994): Beziehung zwischen Lungenkapillardruck und Befunden der M-Mode und Doppler-Echokardiographie beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Gehlen, H. (1997): Beurteilung von Herzklappeninsuffizienzen mit Hilfe der farbkodierten Vena contracta. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Gehlen, H. (1998): Beurteilung von Mitralklappeninsuffizienzen beim Pferd mittels Farbdopplerechokardiographie *Pferdeheilkunde*, 14, 303–307
- Gratopp, M. (1996): Die Herzzeitvolumenbestimmung mittels Doppler-Echokardiographie beim herzgesunden und herzkranken Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Höch, M. (1995): Farbkodierte Doppler-Echokardiographie beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Kinkel, N. (1993): Die Herzzeitvolumenbestimmung mit der Doppler-Ultraschalltechnik im Vergleich zu konventionellen Methoden beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Knauer, K.W., W.C. McMullan and D.R. Clark (1973): Diagnosis of an interventricular septal defect in a horse. *Vet. Med. Small Anim. Clin.* 68, 75–78
- Köhler, E. (1989): *Klinische Echokardiographie*. Enke Verlag, Stuttgart, 430–438
- Lombard, C.W., W.K. Scarratt and C.D. Buergeft (1983): Ventricular septal defects in the horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183, 562–565
- Long, K.J., J.D. Bonagura and P.G. Darke (1992): Standardised imaging technique for guided M-Mode and Doppler echocardiography in the horse. *EquineVet. J.* 24, 226–235
- Ludomirsky, A., J.C. Huhta, G.W. Vick, D.J. Murphy, D.A. Danford and W.R. Morrow, (1986): Color Doppler detection of multiple ventricular septal defects. *Circulation*, 74, 1317
- Muyllé, E., P. de Roose, W. Oyaert and C. van den Hende (1974): An interventricular Septal Defect and a Tricuspid Valve Insufficiency in a Trotter Mare. *Equine Vet. J.* 6, 174–176
- Nesser, H.J. (1989): Bestimmung von Shuntgröße und interventrikulärer Druckdifferenz beim Ventrikelseptumdefekt mit Hilfe der CW- und Farbdopplerechokardiographie bei Kindern und Erwachsenen. In: *Farb-Doppler und Kontrastechokardiographie Eberhard Grube* (Hrsg.) Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Oritz, E., P.J. Robinson, J.E. Deanfield and R. Franklin. (1985): Localisation of ventricular septal defects by simultaneous display of superimposed colour Doppler and cross sectional echocardiographic images. *Br. Heart J.* 54, 53
- Patteson, M. (1996): *Equine cardiology*. Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH Berlin, Germany, 119–123
- Piper, F.S., V. Reef and J. Wilson (1985): Echocardiographic detection of ventricular septal defects in large animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 187, 810–816
- Reef, V.B. (1985): Cardiovascular disease in the equine neonate. *Vet. Clin. N.Am. Equine Pract.* 1, 117–129
- Reef, V.B. (1991a): The use of diagnostic ultrasound in the horse. *Ultrasound Quart.* 9, 1–34
- Reef, V.B. (1991b): Advances in echocardiography. *Vet.Clin.North Am. Equine Pract.* 7, 435–450
- Reef, V.B. (1995): Evaluation of ventricular septal defects in horses using two-dimensional and Doppler echocardiography. *Equine Vet. J. Suppl.* 19, 86–96
- Röhrkassé E. (1993): Arterielle Blutgase nach einer standardisierten Belastung bei lungengesunden und geringgradig lungenkranken Pferden. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Schmailzl (1994): *Kardiale Ultraschalldiagnostik*. Blackwell Wissenschaft Verlag, Berlin
- Seiffert, B. (1997): Lungenkapillardruck und echokardiographische Befunde bei Pferden mit Herz- und Lungenerkrankungen. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Soulier, A. (1997): Die echographische Untersuchung des Pferdeherzens mit der farbkodierten Doppler-Technik im M-mode. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Stadler, P., N. Kinkel und E. Deegen (1994): Ein Vergleich der Herzzeitvolumenbestimmung zwischen der Thermodilutionsmethode und der PW-Dopplerechokardiographie zur Beurteilung der systolischen Herzfunktion beim Pferd. *DTW-Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 101, 312–315
- Stadler, P., M. Höch undl. Radü (1995): Die Echokardiographie beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der farbkodierten Doppellertechnik. *Prakt. Tierarzt.* 76, 1015–1023
- Stadler, P. (1996): *Ultraschalldiagnostik bei Herzerkrankungen des Pferdes*. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Weinberger (1991): *Dopplerechokardiographie beim Pferd*. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Zeevi, B., G. Keren, J. Sherez, Berant, M.L.C. Bilieden and S. Laniados (1987): Bidirectional flow in congenital ventricular septal defect: a Doppler echocardiographic study. *Clin Cardiol.* 10, 143

Dr. Heidrun Gehlen
Dr. P. Stadler
Prof. Dr. Dr. h.c. E. Deegen

Klinik für Pferde
Tierärztliche Hochschule
Bischofsholer Damm 15
D 30173 Hannover

Tel.: 0511-856-72 33
Fax: 0511-856-76 88