

Beurteilung des Schweregrades von Mitralklappeninsuffizienzen beim Pferd mittels Farbdoppler-Echokardiographie

Heidrun Gehlen, P. Stadler und E. Deegen

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Zusammenfassung

Um die klinische Wertigkeit der Farbdopplerechokardiographie bei der Beurteilung des Schweregrades einer Mitralklappeninsuffizienz zu ermitteln, wurden 36 Pferde untersucht, bei denen die Regurgitation mittels konventioneller (PW-/ CW-Doppler) und Farbdoppler-Echokardiographie nachgewiesen worden war.

Im farbkodierten Bild wurde zunächst die Jetgeometrie mit Hilfe der Parameter Jetbreite, Jetlänge und Jetfläche bestimmt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, daß die Vermessung der Jetgeometrie lediglich eine grobe Einteilung in gering und hochgradig erkrankte Mitralklappen ermöglicht, wobei sich die Berechnung der Jetfläche als sensibelster Parameter herausstellte.

Als neue Quantifizierungsmethode beim Pferd wurde die Vena contracta vermessen, welche als engste Stelle des Regurgitationsjets annähernd den Durchmesser des Regurgitationsostiums repräsentiert. Es handelt sich bei der Vena contracta um eine farbdopplerechokardiographische Quantifizierungsmethode, die in der Humankardiologie bereits seit einigen Jahren etabliert ist.

Durch Vermessung der Vena contracta bei insgesamt 43 Mitralklappenregurgitationen, konnte in der vorliegenden Studie ein Quantifizierungsschema zur Beurteilung von Mitralklappeninsuffizienzen beim Pferd mit vier signifikant unterschiedlichen Schweregraden erstellt werden. Dabei war es auch möglich, physiologische Regurgitationen (\varnothing der V.c.: 0,3 cm) von pathologischen Rückflüssen (Insuffizienzen) abzugrenzen.

Desweiteren bietet diese Methode durch Kombination mit der konventionellen Dopplerechokardiographie (Geschwindigkeitsmessung) die Möglichkeit das regurgitierte Blutvolumen abzuschätzen.

Der besondere Wert dieses neu entwickelten Quantifizierungsmodells (Vena contracta) liegt in der Vereinfachung der echokardiographischen Untersuchung und der damit verbundenen Verkürzung der Untersuchungszeit im Vergleich zur konventionellen Dopplerechokardiographie, die bisher beim Pferd zur Quantifizierung von Mitralklappenerkrankungen herangezogen und die in der vorliegenden Studie als Referenzmethode angewendet wurde. Damit steht ein nichtinvasives Verfahren zur Verfügung, das beim Pferd eine präzise Beurteilung physiologischer und pathologischer Mitralklappenflüsse ermöglicht. Auf eine Untersuchung der Mitralklappeninsuffizienzen mit der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler) kann damit verzichtet werden. Die Untersuchung des Herzens mit der konventionellen Echokardiographie (B-Mode, M-Mode) ist als Basis der Farbdopplerechokardiographie jedoch unverzichtbar.

Schlüsselwörter: Pferd, Echokardiographie, Farbdoppler, Vena contracta, Mitralklappeninsuffizienz

Grading of equine mitral valve insufficiency by colour flow doppler echocardiography

With conventional (PW-/ CW-Doppler) and colour flow doppler echocardiography detailed examinations on 36 horses with mitral valve regurgitation were performed. The jet geometry was assessed in the colour-code picture with jet's width, length and surface area. As a new method in equine medicine the diameter of the Vena contracta was measured in the colour-code picture.

The Vena contracta is defined as the narrowest part of the regurgitant jet and represents approximately the size of the regurgitant ostium.

Measurement of the Vena contracta recently has been successfully used in human cardiology for quantification of mitral valve regurgitation.

By measurement of the Vena contracta in 43 cases of mitral valve regurgitation, a quantification score with four grades of severity for the assessment of mitral valve insufficiency in horses could be established. It was possible to delimit physiologic regurgitation from pathologic reflux (insufficiency). Furthermore the amount of regurgitated blood can be estimated by the combination of Vena contracta with conventional doppler echocardiography (velocity measurement).

The value of this newly evaluated quantification method is a simplification of the echocardiographic examination and the reduction of examination time related to this fact (compared with conventional doppler echocardiography). Therefore, a non-invasive method for the precise assessment of physiologic and pathologic blood flow at the mitral valve in the horse is available. Now it is possible to examine mitral valve insufficiency without conventional doppler echocardiography, whereas the examination of the heart by conventional echocardiography (B-Mode, M-Mode) remains irreplaceable as the basis of colour doppler echocardiography.

keywords: horse, echocardiography, colour flow doppler, Vena contracta, mitral valve insufficiency

Einleitung

Bei der Vielzahl möglicher Ursachen einer Mitralklappenregurgitation und bei deren unterschiedlicher hämodynamischer Ausprägung ist für die prognostische Einschätzung

und eine Therapieentscheidung eine qualitative und quantitative Diagnostik nötig. Im folgenden werden die Möglichkeiten der modernen Echokardiographie zum einen bei der

Untersuchung der Mitralklappenmorphologie und zum anderen bei der dopplerechokardiographischen Quantifizierung einer Mitralinsuffizienz zusammengefaßt.

Mit der konventionellen Echokardiographie ließ sich die Mitralinsuffizienz lange Zeit nur indirekt nachweisen (Becher et al. 1989).

Dabei lieferten Parameter wie z.B. ein dilatiertes linkes Atrium, ein dilatierter linker Ventrikel oder verdickte Klappensegel entsprechende Hinweise. Erst die Doppler-Echokardiographie ermöglichte es, eine Mitralklappeninsuffizienz mit ausreichender Sensitivität und Spezifität direkt nachzuweisen. Die konventionelle Dopplertechnik hat sich inzwischen zur Beurteilung einer Herzklappeninsuffizienz etabliert. Sie ist jedoch einerseits aufwendig, andererseits gab es Patienten, die sich mit dieser Methode nicht zufriedenstellend beurteilen ließen.

In dieser Hinsicht verspricht die Farbdoppler-Echokardiographie, als technisch hochwertiges Dopplerverfahren, eine verbesserte nicht invasive Abschätzung des Schweregrades der Mitralinsuffizienz (Blissit et al. 1995, Grossmann et al. 1995).

Folgende Fragen sollen in dieser Studie geklärt werden:

1. Läßt die farbkodierte Dopplerechokardiographie, insbesondere die Vermessung der Vena contracta, bei der Diagnostik von Mitralklappeninsuffizienzen eine quantitative Beurteilung zu?
2. Ist die farbkodierte Dopplerechokardiographie der herkömmlichen gepulsten Dopplerechokardiographie (PW-/CW Doppler) überlegen?

Als semiquantitativer Meßparameter soll der Durchmesser der „Vena contracta“ ermittelt werden. Dabei handelt es sich um den farbkodiert darstellbaren Regurgitationsjet im Ursprung des Klappendurchtritts (Chen et al. 1995, Grayburn et al. 1994, Gehlen 1997).

Durch die Vermessung der farbkodierten „Vena contracta“ soll die effektive Insuffizienzöffnungsfläche, die der morphologischen Defektgröße in der Klappenebene entspricht (Hammentgen 1991) sowie das regurgitierte Blutvolumen ermittelt und eine quantitative Schweregradeinteilung der Mitralklappenregurgitationen vorgenommen werden.

Gleichzeitig erfolgt eine Vermessung der Jetlänge, -breite und -fläche. Als Referenzmethode dient die konventionelle Dopplertechnik (PW-/CW-Doppler).

Morphologie der Mitralklappe

Der Mitralklappenapparat ist eine funktionelle Einheit aus unterschiedlichen morphologischen Strukturen. Klappenring, Klappensegel, Chordae tendineae und Papillarmuskel ermöglichen nur in ihrem aufeinander abgestimmten Zusammenspiel einen einwandfreien Klappenschluß (Dillon et al. 1973). Echokardiographisch lassen sich bei ausreichend guter Schallqualität alle wichtigen Details während der Herzaktion darstellen (Fehske 1992).

Mitralklappenerkrankungen

Erkrankungen der Mitralklappe sind besonders bei Sportpferden von großer Bedeutung, da sie sich erheblich auf die Leistungsfähigkeit auswirken können. Ursache hierfür kön-

nen neben degenerativen Veränderungen auch virale oder bakterielle respiratorische Erkrankungen mit entzündlichen Veränderungen der Herzklappen sein (Stadler, 1996).

Aufgrund einer Veränderung der Kollagenstruktur kommt es zu einer Verquellung und Verdickung der Klappen mit Auftreibungen an den Klappenrändern. Diese degenerativen Veränderungen können zu einer Insuffizienz an der Herzklappe führen. Akute bakterielle Entzündungen können den Klappenapparat in allen Anteilen befallen. Die Echokardiographie gilt als besonders zuverlässig zum Nachweis der morphologischen Veränderungen.

Es können Pferde jeden Alters betroffen sein, allerdings sind chronisch degenerative Erkrankungen vermehrt bei älteren Pferden zu finden (Patteson 1994). Selten kommt es beim Pferd auch zu einem Zerreißen der Chordae tendineae (Darke et al. 1996). Dies hat meistens eine schwere hämodynamische Störung zur Folge (Stadler 1996, Marr et al. 1990).

Semiquantitative Erfassung der Jet-Morphologie

Nach dem Durchtritt von Blut durch Engstellen entstehen im Herzen turbulente Strömungen. Solche „Jets“ zeigen charakteristische Formationen und sind in ihrer Ausbildung von vielen Randbedingungen abhängig. Die „Jet-Morphologie“ ist im Rahmen der Dopplerechokardiographie von besonderer Bedeutung (Fehske et al. 1989). Dies trifft nicht nur für die antegraden Jets bei Stenosen, sondern auch für retrograde Jets bei Klappeninsuffizienzen zu (Abbildung 1).

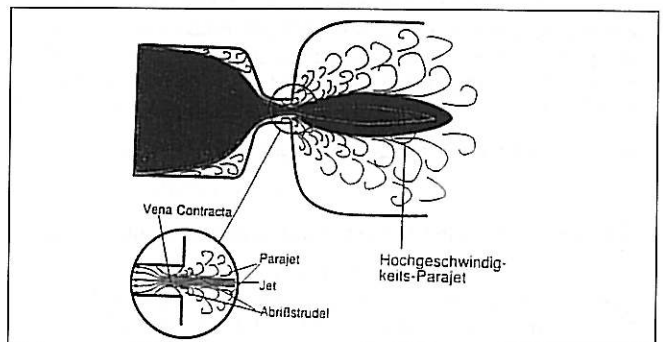


Abb. 1: Schematische Darstellung des Insuffizienzjets (nach Fehske 1993)

Scheme of regurgitation jet (by Fehske, 1993)

Ein Insuffizienzstrahl läßt sich allgemein in

1. die Konvergenzzone vor der Engstelle = Einstrombahn
2. die hämodynamisch wirksame „Vena contracta“ = Durchtritt durch die Klappe
3. den Jet selbst mit den „Para-Jet“-Schichten sowie den Abrißstrudeln und
4. die rückwärtsgerichteten Randwirbel oder Strudeln einteilen (siehe Abb. 1).

Besonders im Hinblick auf eine Quantifizierung von Regurgitationen ist es wichtig, die Jet-Morphologie möglichst aus mehreren Schnittbildebenen zu untersuchen (Fehske 1988). Die dreidimensionalen Regurgitationsjets lassen sich nämlich im zweidimensionalen farbkodierten Verfahren zunächst

nur in einer Ebene darstellen. Außerdem muß zur Quantifizierung der Regurgitationen die wirksame Durchtrittsfläche von Abrißburbulenzen unterschieden werden.

Die Ausprägung der Abrißburbulenzen hängt weitgehend von der Gestaltung des Durchtrittsrandes ab (Sahn 1988). Abrißburbulenzen führen auch innerhalb der Stenoseöffnungsfläche zu einem gewissen Rückstau bzw. zu einer Stromlinienkontraktion, so daß die wirksame Durchtrittsfläche kleiner als das eigentliche Lumen ist. Die resultierende tatsächliche Strömungsquerschnittsfläche wird als „Vena contracta“ bezeichnet, weil das Verhältnis der hämodynamisch wirksamen zur morphologischen Strömungsfläche in der Strömungslehre durch die „Kontraktionsziffer“ erfaßt wird (Truckenbrodt 1993).

Material und Methoden

Probandengut

Es wurden insgesamt 36 Pferde untersucht. Dabei handelte es sich um stationär in die Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover eingestellte Patienten. Aus Tabelle 1 sind die Rasse, das Alter, das Geschlecht, die Größe, das Gewicht und der Vorbericht zu entnehmen. Bei diesen 36 Probanden ergab die klinische Voruntersuchung des Herz-Kreislaufapparates und die echokardiographische Voruntersuchung einen Hinweis auf das Vorliegen einer Mitralklappeninsuffizienz.

Technische Ausrüstung

Alle Ultraschalluntersuchungen wurden mit dem Farbdopplergerät „Vingmed 600E“ (FA: Diasonic Sonotron, Garching) und einem fokussierten 2,5 MHz-Phased-Array-Schallkopf durchgeführt. Dieser hat eine Eindringtiefe von 300 mm und einen maximalen Sektorwinkel von 90 Grad. Außerdem waren die konventionellen Dopplertechniken (PW-/ CW-Doppler) in das Gerät integriert. Zum Ausdrucken von Bildern steht zum einen der schwarz-weiß Drucker „P 860 CE“ (Fa. Sony, Japan), zum anderen der Farbdrucker „Mavigraph UP-3000 P“ (Fa. Sony, Japan), für die Aufzeichnungen der Untersuchungen ein S-VHS-Videorecorder „AG 7350“ (Fa. Panasonic, Osaka, Japan) zur Verfügung.

Vorbereitung der Pferde

Die Pferde wurden vor der echokardiographischen Untersuchung beiderseits im Bereich des 3. und 4. Intercostalraumes auf Höhe des Olekranons ca. handflächengroß geschoren. Die Haut wurde anschließend mit Alkohol entfettet und mit Ultraschallkontaktgel versehen.

Zur Ableitung eines Elektrokardiogramms wurden zwei Elektroden an der rechten Halsseite (ca. handbreit vor dem rechten Schulterblatt) und eine Elektrode an der Unterbrust befestigt. Die Darstellung der bipolaren Brustwandableitung erfolgte parallel zur Ultraschalluntersuchung auf dem Monitor (EKG-getriggert).

Konventionelle dopplerechokardiographische Untersuchung von Mitralklappeninsuffizienzen (PW-/ CW-Doppler)
Mit Hilfe der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler) wurde die Phasenzugehörigkeit, die Dauer und die Intensität der Regurgitation beurteilt. Dabei erfolgte die Untersuchung zunächst im „Low Pulse Repetition Frequency Doppler“ (LPRF) und im „High Pulse Repetition Frequency Doppler“ (HPRF).

Mit dem LPRF-Doppler konnten Blutflußgeschwindigkeiten bis 0,7 m/s, mit dem HPRF-Doppler Blutflußgeschwindigkeiten bis 1,2 m/s gemessen werden. Wurden Flußgeschwindigkeiten über 2m/s registriert, erfolgte eine Untersuchung mit dem „Continuous Wave Doppler“ (CW), mit dessen Hilfe Geschwindigkeiten bis zu 5 m/s registriert werden können (Blissit et al. 1995, Bonagura 1994, Long 1990, Long et al. 1992).

Um die Geschwindigkeit der Insuffizienzströmung exakt bestimmen zu können, erfolgte die konventionelle Doppleruntersuchung (PW-/ CW-Doppler) nicht im grauwertskalierten, sondern nach der Orientierung im farbcodierten Echtzeit-Schnittbild. Der Vorteil gegenüber dem Mapping bestand darin, daß das Meßtor bzw. der Meßstrahl genauer im Insuffizienzstrahl auf Höhe des Klappenschlußpunktes positioniert werden konnte. Da durch die Farbcodierung auch die Richtung des Insuffizienzjets sichtbar ist, wird eine bessere Anlotung der Blutströmung als mit dem konventionellen Doppler möglich.

Die in Geschwindigkeits-Zeit-Diagrammen (VTI) dargestellten Flußprofile wurden entsprechend ihrer Phasenzugehörigkeit (Systole bzw. Diastole) eingeteilt. Dabei wurde zwischen holosystolisch/ -diastolisch und früh- bzw. spätsystolisch/ -diastolisch unterschieden. Desweiteren wurde die Intensität (Echodichte) der Blutflüsse in Relation zum Hintergrundrauschen in vier Stufen beurteilt. Bei der PW-/ CW-Doppleruntersuchung wurden außerdem die Auffindbarkeit der Insuffizienz und die Turbulenzen beurteilt.

Die Untersuchung wurde in den von Weinberger (1991) und Stadler et al. (1992) beschriebenen Schallpositionen durchgeführt. Anschließend wurden die Mitralklappenregurgitationen mit Hilfe eines Punktesystems in vier Schweregrade (Grad D1–4), von physiologisch bis hochgradig eingeteilt (Abb. 2).

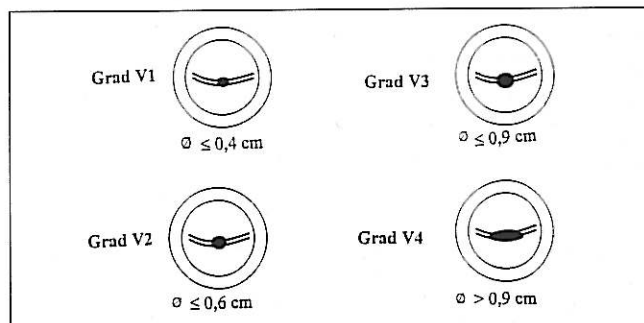


Abb. 3: Quantifizierungsschema von Mitralklappeninsuffizienzen mit Hilfe der Vena contracta.

Grading scheme of mitral valve regurgitation with the Vena contracta.

Tab. 1: Basisdaten der untersuchten Pferde

Basic informations of the examined horses

Pferd Nr.	Rasse	Alter (Jahre)	Geschlecht	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Vorbericht
1	Trakehner	3	Stute	154	500	Herzgeräusch
2	Trakehner	7	Wallach	162	545	Herzgeräusch
3	Oldenburger	8	Wallach	160	520	Leistungsinsuffizienz
4	Vollblut	10	Wallach	159	420	Abmagerung, Herzgeräusch
5	Hannoveraner	9	Wallach	163	580	Herzgeräusch
6	Hesse	6	Stute	152	630	Leistungsinsuffizienz, Herzgeräusch
7	Dän. Warmblut	9	Wallach	176	700	Herzgeräusch
8	Hannoveraner	11	Wallach	168	530	Leistungsinsuffizienz, Herzgeräusch
9	Oldenburger	4	Wallach	163	520	Herzgeräusch
10	Friese	4	Wallach	157	445	Anämie, Ödeme
11	Hannoveraner	7	Wallach	166	563	Leistungsinsuffizienz
12	Hannoveraner	3	Wallach	161	515	Kolik, Herzgeräusch
13	Oldenburger	9	Wallach	158	515	Nachkontrolle Herzinsuffizienz
14	Hannoveraner	8	Wallach	155	560	Herzgeräusch
15	Oldenburger	15	Stute	159	520	Herzgeräusch
16	Hesse	11	Wallach	161	485	Herzgeräusch nach Belastung
17	Westfale	3	Wallach	166	515	Herzgeräusch
18	Trakehner	9	Wallach	159	530	Herzgeräusch
19	Hannoveraner	10	Wallach	168	580	Kreislaufversagen
20	Pole	10	Wallach	166	580	Kolik, Herzgeräusch
21	Holsteiner	14	Wallach	158	470	Herzgeräusch, Leistungsinsuffizienz
22	Hannoveraner	5	Hengst	157	595	Leistungsinsuffizienz
23	Trakehner	10	Wallach	165	595	Herzgeräusch, Blasenstein
24	Trakehner	5	Hengst	160	540	Orbitafraktur, Herzgeräusch
25	Trakehner	10	Hengst	165	540	Lungenbluten, Herzgeräusch
26	Hannoveraner	16	Wallach	164	540	Herzgeräusch
27	Friese	7	Hengst	165	623	Kreislaufversagen
28	Hannoveraner	9	Wallach	168	650	Herzgeräusch
29	Hannoveraner	11	Wallach	167	634	Leistungsinsuffizienz, Herzgeräusch
30	Quarterhorse	9	Wallach	158	510	Leistungsinsuffizienz
31	Hannoveraner	4	Stute	166	550	Leistungsinsuffizienz, Herzgeräusch
32	Warmblut	9	Wallach	165	512	Kreislaufversagen
33	Hannoveraner	13	Wallach	166	550	Leistungsinsuffizienz
34	Hannoveraner	18	Wallach	168	580	Herzgeräusch
35	Trakehner	9	Wallach	170	590	Leistungsinsuffizienz, Arrhythmie
36	Hannoveraner	11	Wallach	165	488	Herzgeräusch

Farbdopplerechokardiographische Untersuchung von Mitralklappeninsuffizienzen

Grundeinstellung des Gerätes

Um eine Vergleichbarkeit der farbdopplerechokardiographisch dargestellten Mitralklappenregurgitationen zu ermöglichen, wurde stets die gleiche Grundeinstellung des Gerätes gewählt. Dabei wurde die von Höch (1995) erarbeitete Geräteeinstellung für die farbdopplerechokardiographische Darstellung physiologischer Flußprofile an der Mitralklappe übernommen. Für die optimale Darstellung von Insuffizienzen an der Mitralklappe wurde eine Eindringtiefe von 20 cm gewählt, mit einer Nyquist-Grenze von 0,7 m/s. Die Größe des Farbsektors ergab sich aus der Größe der darstellbaren Regurgitationsfläche, die zunächst in ihrer vollen Ausdehnung erfaßt wurde.

Dabei erfolgte die farbdopplerechokardiographische Darstellung im Varianz-Modus, d.h. mit Turbulenzindikator. Die Bildaufbaurrate (FPS-frames per second) betrug dabei meist zwischen 10 und 12 Bilder pro Sekunde. Der Wandbewegungsfilter (low velocity reject) wurde bei maximaler, noch artefaktfreier Farbbildverstärkung (color gain), auf 0,3 m/s festgelegt. Der Focus des Schallkopfes befand sich auf Höhe des Klappenschlußpunktes gelegt.

Anschallpositionen zur Darstellung der farbkodierten Vena contracta und der Jetdimensionen (Jetgeometrie)

Die farbkodierte dopplerechokardiographische Untersuchung folgt der morphologischen zweidimensionalen Darstellung des Herzens. Dabei wird mindestens in zwei zueinander etwa senkrecht stehenden Ebenen untersucht (Fehske 1988). Durch tomographisches Abfahren der Klappen wird dabei zunächst der Regurgitationsjet in seiner maximalen Ausdehnung und Geschwindigkeit dargestellt und nachfolgend die Durchtrittsstelle durch die defekte Klappe gesucht. Dabei wurde die Mitralklappe im Schnittbild der

langen und kurzen Herzachse von links kaudal untersucht (LKDLA).

Die gesamte Untersuchung wurde auf Videobänder zur späteren Auswertung aufgezeichnet.

Vermessung der Jet-Dimensionen

Die Schallkopfposition wurde solange variiert, bis der Jet in der größten darstellbaren Länge und Breite erschien. Die fünf größten Regurgitationsflächen,-längen und -breiten wurden dokumentiert. Die Analyse des Blutflusses erfolgte vom Videoband.

Der Umfang des Regurgitationsstroms wurde mit dem Cursor umfahren und mit Hilfe des Computers daraus die Fläche der Regurgitation berechnet (Abb.3). Die Länge des Regurgitationsjets wurde von der Mitte der Klappenebene bis zur Spitze des Regurgitationsjets gemessen. Die Breite des Regurgitationsflusses wurde nach Angaben von Höch (1995) einen Zentimeter distal der Durchtrittsstelle gemessen.

Schweregradeinteilung der Mitralklappenregurgitationen mit Hilfe der farbkodierten Vena contracta

Die Schweregradeinteilung der Mitralklappenregurgitationen erfolgte in Anlehnung an humanmedizinische Quantifizierungsmethoden (Fehske 1988) und mit Hilfe der routinemäßig eingesetzten konventionellen Dopplertechnik (PW-/CW-Doppler). In Voruntersuchungen wurden bei unterschiedlich schwer erkrankten Mitralklappen die Dimensionen der Vena contracta vermessen, und als Maßstab für die Schweregradeinteilung dieser Studie festgelegt.

Die Vermessung der Vena contracta erfolgte vom Videoband. Dabei wurde der kleinste Durchmesser des Regurgitationsjets im Klappendurchtritt an 10 verschiedenen Herzzyklen, sowohl in der langen (Abb. 4a/b), als auch in der kurzen Herzachse (Abb. 5a/b), gemessen. Mit Hilfe des Mittelwertes erfolgte die Graduierung nach Abbildung 3.

V _{max} (m/s)	<2	1 Pkt	>2	2 Pkt	>3,5	3 Pkt	>4,5	4 Pkt
Dauer	früh	1 Pkt	holo	2 Pkt	spät	1 Pkt	-	-
Turbulenzen	ggr.	1 Pkt	mtgr.	2 Pkt	hgr.	3 Pkt	höchstgr.	4 Pkt
Intensität	ggr.	1 Pkt	mtgr.	2 Pkt	hgr.	3 Pkt	höchstgr.	4 Pkt
Auffindbarkeit	schwer	1 Pkt	mäßig	2 Pkt	gut	3Pkt	sehr gut	4 Pkt
Schweregrad					Gesamtpunktzahl			
Grad D1 (physiologische Regurgitation)					<5			
Grad D2 (hämodynamisch relevant)					5-10			
Grad D3 (hämodynamisch bedeutend)					>10<15			
Grad D4 (hämodynamisch gravierend)					>15			

Abb. 2: Bewertungsschema von Mitralklappenerkrankungen beim Pferd mit Hilfe der konventionellen Dopplertechnik

Grading scheme of mitral valve regurgitation with conventional doppler technique

V max = maximale Geschwindigkeit mtgr. = Mittelgradig
 Pkt. = Punktzahl hgr. = hochgradig
 ggr. = geringgradig

Berechnung der Fläche des Regurgitationsostiums und des Regurgitationsvolumens

Mit Hilfe der Mittelwerte von zehn Einzelmessungen der Vena contracta erfolgte eine semiquantitative Berechnung der Fläche des Regurgitationsostiums nach Formel 1.

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (1)$$

Zur Bestimmung des VTI (Velocity-Time-Integral) wurde die Meßlinie des CW-Dopplers auf Höhe des Klappendurchtritts des farbkodiert dargestellten Regurgitationsjets positioniert und in den Modus des CW-Dopplers umgeschaltet.

Von den Videoaufzeichnungen wurden die Sequenzen mit den deutlichsten Regurgitationsflußprofilen, der größten maximalen Geschwindigkeit und Intensität für die Messungen ausgewählt. Um das Integral über der Dopplerkurve zu ermitteln, wurde diese mit dem Bildschirmscursor umfahren und der Beginn des folgenden Regurgitationsflußprofils markiert.

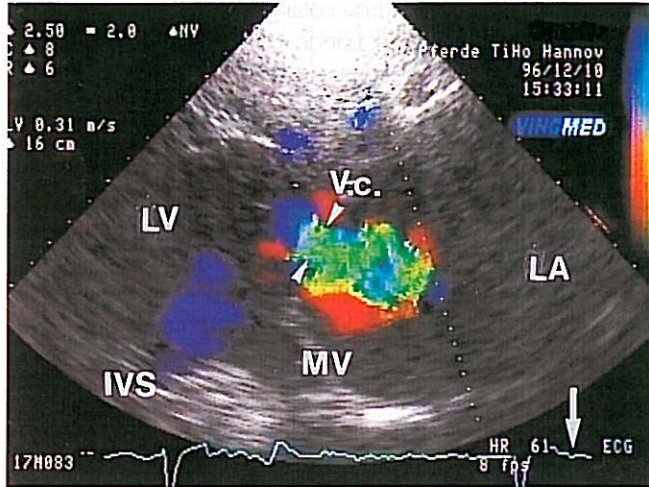


Abb. 4a: Systolischer Regurgitationsfluß an der Mitralklappe (Vena contracta = 0,88 cm: Schweregrad V3)

Systolic regurgitation flow at the mitral valve (Vena contracta = 0,88 cm : severity grade V3)

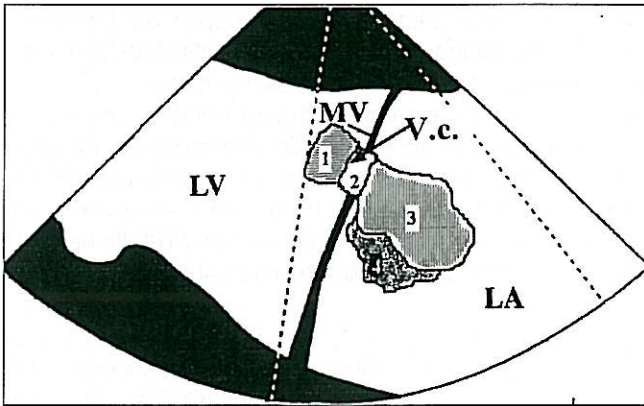


Abb. 4b: Schematische Darstellung des Regurgitationsflußprofils aus Abb. 4a :

- 1 = Einstrombahn (blau), 2 = V.c.,
- 3 = turbulenter Ausfluß (blau-grün),
- 4 = retrograder Strudel (rot)

Scheme of the regurgitation flow in Fig. 4a :

- 1 = Inflow (blue), 2 = V.c.,
- 3 = turbulent outflow (blue- green),
- 4 = retrograde whirle (red)

Das VTI wurde vom Gerät automatisch errechnet und angezeigt. Die semiquantitative Berechnung des regurgitierten Volumens erfolgte nach der Formel 2.

$$DV = A \times VTI \quad (2)$$

DV = Durchflußvolumen

A = Fläche; VTI = Velocity-Time-Integral

Statistische Auswertung

Alle Meßwerte wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SAS in Form einer deskriptiven Statistik ausgewertet. Dabei wurde für jeden Parameter der Mittelwert, die Standardabweichung, der Minimal- und Maximalwert sowie der Median erfaßt. Durch den gepaarten t-Test wurden die Meßergebnisse auf signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Schweregraden der Insuffizienzen innerhalb einer Beurteilungsmethode verglichen. Außerdem wurde die Korrelation zwischen den Schweregraden der verschiedenen Beurteilungsmethoden mit Hilfe der Spearman Korrelationsanalyse erstellt.



Abb. 5 a: Zwei systolische Regurgitationsflüsse am Querschnitt der Mitralklappe (Doppelregurgitation: Schweregrad 3)

Systolic regurgitation at the cross-sectional of the mitral valve (two regurgitations : severity grade 3)

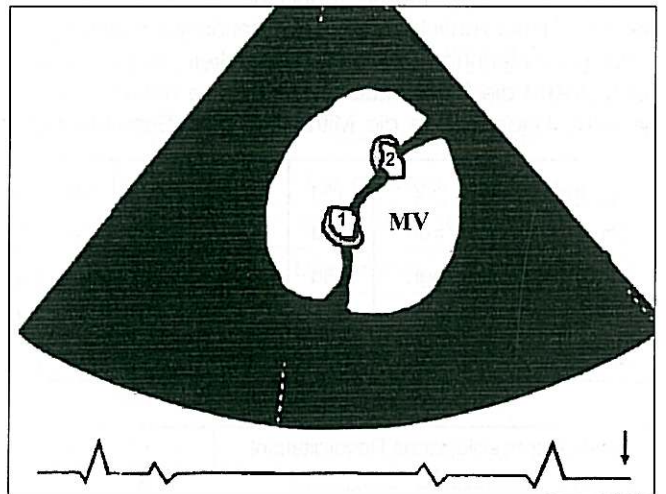


Abb. 5 b: Schematische Darstellung von zwei Regurgitationsflußprofilen aus Abb. 5 a :

- 1 = V.c. (blau-grün), 2 = V.c. (blau-grün)

Scheme of the regurgitation flow in Fig. 5a :

- 1 = V.c. (blue-green), 2 = V.c. (blue-green)

Legende zu Abb. 4a, 4b, 5a und 5b:

IVS = Interventrikularseptum

LA = linkes Atrium

MV = Mitralklappe

LV = linker Ventrikel

V.c. = Vena contracta

Ergebnisse

Ergebnisse der konventionellen Dopplerechokardiographie
 Aufgrund der Ergebnisse der speziellen dopplerechokardiographischen Untersuchung (PW-/CW Doppler), wurden die 36 Patienten mit Regurgitationen an der Mitralklappe, in vier Gruppen unterschiedlicher Schweregrade eingeteilt.

Bei sieben Pferden konnten an der Mitralklappe zwei Rückflüsse gleichzeitig nachgewiesen werden. Diese Doppelregurgitationen wurden einzeln untersucht und bewertet, deshalb ergaben sich 43 Mitralklappenregurgitationen bei 36 Pferden.

Mit Hilfe der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler) war eine Einteilung der Klappenregurgitationen in vier Schweregrade, von physiologisch bis hochgradig, möglich.

Die Regurgitationen wurden mit Hilfe der konventionellen Dopplertechnik nach dem Bewertungsschema in Abbildung 2 beurteilt.

Dabei wurden an der Mitralklappe die meisten der Regurgitationen als mittelgradig (Grad D 3) beurteilt (47 %).

Sechs der Regurgitationen wurden physiologisch, drei geringgradig, und vierzehn Mitralklappeninsuffizienzen hochgradig beurteilt.

Ergebnisse der farbkodierten Dopplerechokardiographie

Auswertung der Jetgeometrie der Mitralklappenregurgitationen: Graduierung nach konventioneller Dopplertechnik

Im Farbdoppler stellte sich die Mitralklappenregurgitation als systolischer turbulenter Rückstrom in den linken Vorhof dar.

Bei undichter Mitralklappe erreichte der von der Klappenebene in den Vorhof gerichtete Jet Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 6 m/sec..

Die Nyquist-Grenze (Höch 1995) wurde zum Teil weit überschritten, so daß es durch das Aliasing (Höch 1995) zu einem mehrfachen Farbumschlag kam.

Die Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte der Jetflächen, Jetlängen und Jetbreiten, mit den dazugehörigen Standardabweichungen der Mitralklappenregurgitationen.

Die Einteilung der Mitralklappenregurgitationen erfolgte nach den mit der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler) ermittelten Schweregraden (Abb. 2). Dabei zeigte sich, daß eine entsprechende Einteilung mit der Jetgeometrie nicht möglich war. Mit Hilfe der Dimensionen der Jetgeometrie (Jetbreite, Jetlänge, Jetfläche) gelang lediglich eine Unterscheidung zwischen physiologischen bzw. geringgradigen und hochgradigen Regurgitationen an der Mitralklappe.

Tab. 2: Jetflächen, Jetlängen und Jetbreiten bei unterschiedlich schweren Mitralklappenregurgitationen (Graduierung nach konventioneller Dopplertechnik).

Jetarea, Jetlength, and Jetwidth of different mitral valve regurgitations (grading with conventional doppler technique).

Schweregrad der Regurgitation Parameter	Grad D1 n = 3 (physiol.)	Grad D2 n=6 (ggr.)	Grad D3 n=20 (mgr.)	Grad D4 n=14 (hgr.)		
Jetfläche (cm ²) (Mittelwert)	10,4	10,95	17,15	24,26		
Standardabweichung	3,98	5,58	8,98	11,01		
Jetlänge (cm) (Mittelwert)	4,5	5,00	5,94	7,11		
Standardabweichung	0,87	1,42	1,50	1,43		
Jetbreite (cm) (Mittelwert)	1,60	1,70	2,25	2,27		
Standardabweichung	0,73	0,41	0,93	0,70		
Unterschiede zwischen den Schweregraden	1→2	1→3	1→4	2→3	2→4	3→4
Jetfläche	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Jetlänge	n.s.	n.s.	**	n.s.	*	n.s.
Jetbreite	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

Physiol. = physiologische Regurgitation;
 ggr. = geringgradige Regurgitation ;
 mgr. = mittelgradige Regurgitation;
 hgr. = hochgradige Regurgitation
 n = Anzahl der Regurgitationen an der Mitralklappen
 Grad D1-4 = Schweregrad (Graduierung nach der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler)
 n.s. = nicht signifikant; * = geringe Signifikanz;
 ** = signifikant; *** = hoch signifikant

Der Parameter Jetbreite ergab keine signifikante Differenzierungsmöglichkeit in unterschiedliche Schweregrade.

Semiquantifizierung der Mitralklappeninsuffizienzen durch Vermessung der Vena contracta

Aufgrund der Meßwerte der Vena contracta sowohl in der langen als auch in der kurzen Herzachse (Abb. 6), erfolgte eine Schweregradeinteilung nach dem Beurteilungsschema in Abbildung 4.

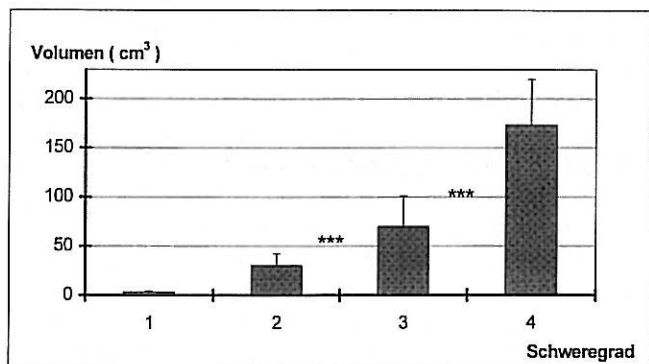


Abb. 6 : Beziehung zwischen den errechneten Regurgitationsvolumina (Vena contracta) und den ermittelten Schweregraden der Mitralklappeninsuffizienzen. (***) = hoch signifikanter Unterschied)

Comparison of the regurgitation volume between different degrees of mitral valve regurgitations grading with the Vena contracta. (***) = high significant)

Dabei zeigte sich in den Voruntersuchungen, daß die den Schweregraden der Herzklappeninsuffizienzen zugeordneten Durchmesser der Vena contracta denen aus der Humankardiologie ähnlich sind.

Die Tabelle 3 zeigt die Mittelwerte der in der langen und kurzen Herzachse gemessenen Vena contracta und dem

VTI (Velocity time integral) mit den dazugehörigen Standardabweichungen.

Nach dem Beurteilungsschema in Abbildung 3 konnten dabei mit dem Schweregrad eins (physiologisch) vier der Regurgitationen mit Grad zwei neun der Insuffizienzen, mit Grad drei achtzehn der Insuffizienzen und mit dem Schweregrad vier zwölf der Mitralklappeninsuffizienzen beurteilt werden.

Desweiteren zeigt die Tabelle 3 die Mittelwerte und Standardabweichungen der errechneten Fläche des Regurgitationsostiums.

Abbildung 6 zeigten graphisch das errechnete Regurgitationsvolumen der Mitralklappenregurgitationen, eingeteilt nach dem Schweregrad der Vena contracta.

Für die Parameter der Vena contracta aus der langen und kurzen Herzachse (VCLA, VCKA) und der Fläche des Regurgitationsostiums zeigen sich hochsignifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Schweregraden.

Für die Parameter VTI und das Regurgitationsvolumen war eine signifikante Unterscheidung lediglich zwischen physiologischer Regurgitation und geringgradiger Regurgitation (Insuffizienz) nicht möglich.

Vergleich der Graduierung von Mitralklappenregurgitationen mit der konventionellen (PW-/ CW-Doppler) und der farbkodierten Dopplertechnik (Vena contracta)

Die Graduierung der Regurgitationen durch Vermessung der farbkodierten Vena contracta wurde mit der Beurteilung derselben Regurgitationen mit der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW Doppler) verglichen. Die Bewertung von Herzklappenregurgitationen mit beiden Methoden ist in Tabellen gegenübergestellt. Der Bezug beider Beurteilungsmethoden zueinander wurde mit Hilfe der Spearman Korrelationsanalyse hergestellt. Dabei zeigte sich eine signifikante Übereinstimmung (p = 0,0001) beider Methoden in der Beurteilung des Schweregrades der Herzklappenerkrankungen.

Tab. 3: Vena contracta, VTI und Fläche des Regurgitationsostiums der Mitralklappenregurgitationen (Graduierung nach Vena contracta)

Vena contracta, VTI and area of regurgitating opening at the mitral valve (grading with the Vena contracta)

Parameter \ Schweregrad der Regurgitationen	Grad V 1 n = 4 (physiol.)	Grad V 2 n = 9 (ggr.)	Grad V 3 n = 18 (mtgr.)	Grad V 4 n = 12 (hgr.)
VCLA (cm)	0,29±0,06	0,56±0,06	0,75±0,06	1,03±0,09
VCKA (cm)	0,32±0,02	0,58±0,05	0,77±0,06	1,06±0,1
VC Fläche (cm ²) (Mittelwert)	0,067±0,02	0,25±0,05	0,44±0,07	0,83±0,14
VTI (cm) (Mittelwert)	46,90±8,96	117,69±36,5	154,61±48,5	199,93±46,1

- VCLA = Vena contracta gemessen in der langen Herzachse (Längsschnitt)
- VCKA = Vena contracta gemessen in der kurzen Herzachse (Querschnitt)
- VC = Vena contracta
- VTI = Velocity-time-integral
- n = Anzahl der Regurgitationen an der Mitralklappen
- Grad V = Schweregradeinteilung der Regurgitationen nach der Vena contracta

Die Tabelle 4 zeigt eine hohe Korrelation ($R_2 = 0,559$) zwischen der Vena contracta-Bestimmung und der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW-Doppler) bei der Bewertung von Mitralklappenregurgitationen.

Dabei wurden 67% der Regurgitationen der Mitralklappe übereinstimmend bewertet.

Tab. 4 : Graduierung von Mitralklappenregurgitationen: Vergleich der Vena contracta-Methode (Grad V1-V2) mit der konventionellen Dopplertechnik (Grad D1- D4).

Comparing the grading of mitral valve regurgitations with the Vena contracta and the conventional doppler technique respectively.

Beurteilung PW/ CW	Grad D1	Grad D2	Grad D3	Grad D4	Total
Beurteilung V.c.					
Grad V1	4	0	0	0	4
Grad V2	1	3	4	1	9
Grad V3	1	0	13	4	18
Grad V4	0	0	3	9	12
Total	6	3	20	14	43

Grad D1-4 = Schweregrad (Graduierung nach der konventionellen Dopplertechnik (PW-/ CW Doppler)

Grad V1-4 = Schweregrad (Graduierung nach Vena contracta)
V. c. = Vena contracta

Diskussion

Für die Bewertung der Funktion der Mitralklappe wurde eine Referenzmethode benötigt, die über die allgemeine Erfassung des kardiologischen Erkrankungsgrades des einzelnen Pferdes hinaus eine Aussage über den Schweregrad der hämodynamischen Störung an dem betreffenden Herzostium zuließ. Hierzu bot sich die inzwischen ebenfalls in der klinischen Routinediagnostik etablierte konventionelle Dopplerechokardiographie (PW-/ CW-Doppler) an. Ihre Anwendung in der kardiologischen Routinediagnostik hat allerdings den Nachteil, sehr zeitaufwendig zu sein, insbesondere weil eine Vielzahl von Parametern erhoben werden muß.

Da diese Methode durch den kombinierten Einsatz mit der Farbdopplerechokardiographie eine Optimierung erfuhr (bessere Positionierung der Meßlinie bzw. des Meßtores) erhob sich die Frage, ob nicht mit Hilfe der farbkodierten Dopplertechnik überhaupt eine schnellere Diagnostik möglich sei, die eventuell sogar den Verzicht auf die zeitaufwendige konventionelle Doppleruntersuchung gestattet.

Beim Pferd wurden in den letzten Jahren ähnliche farbkodierte Darstellungen der intrakardialen Flußphänomene wie beim Menschen erkannt. Insbesondere liegen im Bereich der Jet-Geometrie sowie bei der Erfassung der Flußphänomene im Bereich der Regurgitationsostien übereinstimmende Farbkodierungen vor.

Im In- und Ausland wird schon seit einigen Jahren die kardiologische Untersuchung des Pferdes auch mit der Farb-

dopplertechnik durchgeführt (Long 1993 Marr 1994, Marr et al. 1995, Blissit et al. 1995). Deshalb liegen zwar reichhaltige empirische Erfahrungen, nicht jedoch standardisierte Methoden zur Beurteilung von Herzklappeninsuffizienzen mit dieser Technik vor (Höch 1995).

Eine solche Standardisierung war wünschenswert, um auch eine feinere Differenzierung wie zum Beispiel zwischen gering und mittelgradigen Mitralklappeninsuffizienzen vornehmen zu können. Außerdem sollten physiologische Regurgitationen deutlich von pathologischen Rückflüssen abgegrenzt werden. Diese „klappenschlußassoziierten“ physiologischen Regurgitationen kommen dadurch zustande, daß jede Herzklappe, in Zusammenhang mit dem Stellmechanismus, durch retrograde Blutflüsse zugeedrückt wird (Fehske 1992). Erste Unterscheidungen zwischen physiologischen und pathologischen Regurgitationen sind Höch (1995) durch die Vermessung der Jetgeometrie für den Einsatz der Farbdopplerechokardiographie bereits gelungen.

Obwohl die Beurteilung der Jetgeometrie weniger zeitaufwendig als die konventionelle Dopplerechokardiographie ist, hat auch diese Methode noch einige Nachteile. Zum Beispiel kann die Beurteilung der Ausdehnung des Jets im Vorhof bei einer Mitralklappeninsuffizienz zu Fehldiagnosen verleiten, wenn die physikalischen Grundlagen dieses Phänomens vernachlässigt werden bzw. die Größe der Ausdehnung des Jets möglicherweise mit dem Schweregrad assoziiert wird. Diese Fehler wurden zu Beginn des Einsatzes der Farbdopplerechokardiographie beim Menschen (Fehske 1988) und zum Teil auch beim Pferd gemacht (Höch 1995).

Die Farbkodierung des Regurgitationsjets repräsentiert nämlich nur die Strömungsgeschwindigkeit und nicht etwa ein regurgitiertes Volumen, wie bei der Kontrastmittelangiographie. Die Widersprüchlichkeit einer Vielzahl von Untersuchungen der Jet-Geometrie (Tunon et al. 1994, Yoshida et al. 1988, Grossmann et al.1992, Kirchner et al.1990, Castello et al. 1992, Switzer et al. 1987, Reimold et al. 1992) weist auf die weiterhin bestehende Unsicherheit dieser Methode hin.

In der vorliegenden Studie wurde diese Methode überprüft. Eine differenzierte Einteilung der Mitralklappeninsuffizienzen war mit der Jet-Geometrie jedoch nicht möglich.

Zur Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz sind im Gegensatz zur Jet-Geometrie die direkte Erkennung der morphologischen Defektgröße und ein daraus errechnetes Regurgitationsvolumen die besseren Parameter zur Abschätzung der hämodynamischen Bedeutung einer Klappeninsuffizienz beim Menschen (Fehske 1988).

Diese Möglichkeit bietet die Erfassung der Vena contracta. Mit dieser Methode können außerdem zwei gleichzeitig an der Mitralklappe vorhandenen Regurgitationsostien dargestellt und bewertet werden (Gehlen 1997).

Multiple Regurgitationsflüsse an der Mitralklappe konnten bei 7 Pferden ähnlich wie bei Höch (1995) beobachtet werden. Ursache können Veränderungen an den Kommissuralsegeln der Mitralklappe sein (Miller and Holmes 1984).

Die Semiquantifizierung von Mitralklappenerkrankungen mit der Vena contracta gilt derzeit in der Humanmedizin neben dem PISA-(Proximal isovelocity surface area) Verfahren (Bargiggia et al. 1991) als die sicherste Beurteilungsmethode

(Fehske 1992, Fehske et al. 1994, Sahn and Simpson 1991). In der vorliegenden Arbeit wurde ihre Anwendbarkeit für das Pferd überprüft. Wie bei anderen bildgebenden Verfahren in der Human- und Pferdemedizin gefordert wird, sollte auch für diese Methode beim Pferd die Darstellung der Vena contracta aus mehreren Projektionsebenen erfolgen. Dazu wurde in der vorliegenden Arbeit die Klappenebene tomographisch sowohl in der langen als auch in der kurzen Herzachse untersucht. Diese Methode ist deshalb anwendbar, weil bei fast allen Pferden dieser Studie die genaue Lokalisation des Jets im Klappendurchtritt festgestellt werden konnte. An dieser Stelle konnte der kleinste Querschnitt der Jetbasis (V.c.) als Korrelat zur Größe des Klappendefektes vermessen werden. Die kleinsten Durchmesser der Vena contracta konnten dabei stets in den aus der langen Herzachse geschallten Positionen gemessen werden. Eine automatische Winkelkorrektur, wie sie zur Erfassung physiologischer Blutflüsse im Herzen angewendet wird (Gratopp 1996), war hier nicht nötig, da pathologische Rückflüsse durch die höheren Geschwindigkeiten und Turbulenzen auch bei nicht paralleler Anlotung sicher erkannt und bestimmt werden können (Weinberger 1991).

Die Messung der max. Geschwindigkeit und damit des Geschwindigkeitszeitintegrals (VTI), das neben dem Durchmesser der Vena contracta in die Berechnung des Regurgitationsvolumens eingeht, wird damit auch bei nicht paralleler Anlotung möglich.

Erst bei Anschallwinkeln von mehr als 50% kann es zu einer Fehleinschätzung des regurgitierten Volumens kommen, da die Strömungsgeschwindigkeit unterschätzt, und bei Anwendung der Winkelkorrektur überschätzt wird (Reef et al. 1989). Eine repräsentative Mittelgeschwindigkeit kann jedoch auch dann noch abgeleitet werden.

Auch bei der Berechnung der Regurgitationsöffnungsfläche ergibt sich ein Näherungswert, da die Öffnungsfläche der Regurgitationsostien an der Mitralklappe eher ellipsoid statt zirkulär geformt ist (Fehske 1988). In der klinischen Routinediagnostik kann jedoch auf die Ermittlung von Absolutwerten der Regurgitationsvolumina verzichtet werden, da die gute Reproduzierbarkeit beim Einzeltier einen inter- und intraindividuellen Vergleich (z.B. bei Kontroll- oder Verlaufsuntersuchungen) ermöglicht.

Die weitgehend aus der Humanmedizin übernommene Graduierung von Mitralklappeninsuffizienzen nach dem Durchmesser der Vena contracta korreliert gut mit der Referenzmethode. Somit steht auch beim Pferd eine sensible Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Mitralklappeninsuffizienzen unterschiedlicher Schweregrade zur Verfügung. Ein Rückfluß durch ein Regurgitationsostium unter 0,3 cm Durchmesser wird als physiologisch beurteilt.

Außerdem beansprucht die Messung der Vena contracta eine wesentlich kürzere Untersuchungsdauer als alle bisher zur Verfügung stehenden Verfahren.

Bei Mehrfachregurgitationen kann mit Hilfe der Vena contracta sogar eine Schweregradeinteilung der einzelnen Mitralklappenregurgitationen erfolgen.

Entscheidungen für die weitere Nutzung von Pferden mit Mitralklappeninsuffizienzen im Sport können jedoch nur in

Zusammenhang mit einer ausführlichen klinischen Untersuchung und der echokardiographischen Untersuchung des gesamten Herzens getroffen werden.

Bei Vorliegen von isolierten Mitralklappeninsuffizienzen müssen Dimensionsveränderungen, insbesondere des linken Vorhofes, berücksichtigt werden. Beträgt der Durchmesser der Vena contracta mehr als 0,6 cm kann in jedem Fall von einer Insuffizienz mit hämodynamischer Bedeutung ausgegangen werden.

Literatur

- Bargiggia, G.S., Tronconi, L. und Sahn, D.J. (1991): A new Method for Quantitation of Mitral Regurgitation Based on Color Flow Doppler Imaging of Flow convergence Proximal to Regurgitant Orifice. *Circulation* 84, 1481–1489
- Becher, H., Minert, C., Grube, E. und Lüderitz, B. (1989): Beurteilung des Schweregrades einer Mitralsuffizienz mittels Farbdoppler-Echokardiographie. *Z.Kardiol.* 78, 764–770
- Blissitt, K. and Bonagura, J.D. (1995): Colour flow Doppler echocardiography in normal horses. *Equine vet. J.*, Suppl. 19, 47–55
- Blissitt, K. J. and Bonagura, J.D. (1995): Pulsed wave Doppler echocardiography in normal horses. *Equine vet. J.* Suppl. 19, 38–46
- Bonagura, J.D. (1994): Echocardiography. *J. of the Am. vet. Med. Ass.* 204, 516–522
- Castello, R., Lenzen, P., Aguirre, F. and Labovitz, A.J. (1992): Quantitation of mitral regurgitation by transesophageal echocardiography with Doppler color flow mapping: correlation with cardiac catheterization. *J. Am. Coll. Cardiol.* 19, 1516–521
- Chen, C., Schneider, B., Koschyk, D., Chen, L., Shuaib, T., Hamm, C., Gillam, L., Kupper, W. and Meinertz, T. (1995): Biplane transoesophageal color Doppler echocardiography for assessment of mitral valve area with mitral inflow jet widths. *J.A.M. Soc.Echocardiogr.* 8, 121–131
- Darke, P., Bonagura, J.D. and Kelly, D.F. (1996): *Color Atlas of Veterinary Cardiology*. Mosby- Wolfe Verlag, 45–66
- Dillon et al. (1973): Echocardiographic manifestations of valvular vegetations. *Am. Heart J.* 86, 698–704
- Fehske, W. (1988): *Praxis der konventionellen und farbcodierten Doppler-Echokardiographie*. Verlag Hans Huber, Bern
- Fehske, W., Saborowski, R. und Deubel, R. (1989): Farbdopplerechokardiographische Erfassung von akuten Änderungen der Herzklappeninsuffizienzen. In: *Farb-Doppler und Kontrastechokardiographie* Eberhard Grube (Hrsg.) Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Fehske, W. (1992): Diagnostik der Mitralsuffizienz durch Echokardiographie. *Dtsch. med. Wschr.* 17, 950–957
- Fehske, W., Omran, H., Manz, M., Kohler, J., Hagendorff, A. und Lüderitz, B. (1994): Color-Coded Doppler Imaging of the Vena Contracta as a Basis for Quantification of Pure Mitral Regurgitation. *Am. J. of Cardiol.* 73, 268–274
- Gehlen, 1997: Beurteilung von Herzklappeninsuffizienzen mit Hilfe der farbkodierten Vena contracta. *Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover*
- Gratopp, M. (1996): Die Herzzeitvolumenbestimmung mittels Doppler-Echokardiographie beim herzgesunden und herzkranken Pferd. *Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.*
- Grayburn, P.A., Fehske, W., Omran, H., Brickner, M. E. und Lüderitz, B. (1994): Multiplane transoesophageal echocardiographic assessment of mitral regurgitation by Doppler color flow mapping of the vena contracta. *Am.J.Cardiol.* 74, 912–917
- Grossman, G., Otto, L., Felder, C., Clausen, M., Kress, P., Schmidt, A., Henze, E. and Hombach, V. (1992): Quantification of tricuspid insufficiency-comparison of Doppler echocardiography and radionuclide ventriculography. *Z-Kardiologie.* 81, 9–14
- Grossman, G., Giesler, M., Schmidt, A., Kochs, M., Wieshammer, S., Felder, C., Hoher, M. und Hombach, V. (1995): Schweregradbestimmung bei Mitralsuffizienz. Wertigkeit verschiedener farbdopplerechokardiographischer Methoden. *Z-Kardiol.* 84, 190–197
- Hammengeten, R. (1991): *Transösophageale Echokardiographie monoplan/ biplan*. Atlas und Lehrbuch Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York

- Höch, M. (1995): Farbcodierte Doppler-Echokardiographie beim Pferd. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- Kirchner, K., Strauss, H.J., Hintze, P. und Schaedel, H. (1990): Quantifizierung von Aortenklappeninsuffizienzen mittels Farbdopplerechokardiographie. Z. Gesamte Inn. Med. 45, 281-283
- Long, K.J. (1990): Doppler echocardiography in the horse. Equine vet. Education 2, 15-17
- Long, K.J., Bonagura, J.D. and Darke, P.G. (1992): Standardised imaging technique for guided M-Mode and Doppler echocardiography in the horse. Equine Vet J. 24, 226-235
- Long, K.J. (1993): Doppler echocardiography- clinical applications. Equine Vet. Education 5, 161-166
- Marr, C.M. (1994): Equine echokardiography- sound advice at the heart of the matter. Br. Vet. J. 150, 527-545
- Marr, C.M. and Reef, V.B. (1995): Physiological valvular regurgitation in clinically normal young racehorses: prevalence and two-dimensional colour flow Doppler echocardiographic characteristics. Equine Vet. J., Suppl. 19, 56-62
- Miller, P.J. and Holmes, J.R. (1984): Observations on structure and function of the equine mitral valve. Equine vet. J. 16, 457-460
- Patteson, M.W. (1994): Echocardiographic evaluation of horses with aortic regurgitation. Equine vet. Education. 6, 159-166
- Reef, V., Lalezari, J., DeBoo, J., v.d. Belt, A.J., Spencer, P.A. and Dik, K.J. (1989): Pulsed-wave Doppler evaluation of intracardiac blood flow in 30 clinically normal Standardbred horses. Am. J. vet. Res., 75-83
- Reef, Virginia (1990): Echocardiographic examination in the horse: the basics. Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian 12, 1312-1319
- Reimold, S.C., Thomas, J.D. and Lee, R.T. (1992): Relation between Doppler color flow variables and invasively determined jet variables in patients with aortic regurgitation. J. Am. Coll. Cardiol. 20, 1143-1148
- Sahn, D.J. (1988): Instrumentation and Physical Factors Related to Visualization of Stenotic and Regurgitant Jets by Doppler Color Flow Mapping. J. Am. Coll. Cardiol. 12, 1354-1365
- Simpson, I.A. and Sahn, D.J. (1991): Quantification of valvular regurgitation by Doppler echocardiography. Eur. Heart J. 15, 1335-1339
- Stadler, P., Weinberger, T., Kinkel, N. und Deegen, E. (1992): B-Mode, M-Mode- und dopplersonographische Befunde bei der Mitralklappeninsuffizienz des Pferdes. Zentralbl. Veterinärmed. A. 39, 704-718
- Stadler, P., Höch, M. und Radü, I. (1995): Die Echokardiographie beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der farbcodierten Dopplertechnik. Prakt. Tierarzt. 76, 1015-1023
- Stadler, P. (1996): Ultraschalldiagnostik bei Herzerkrankungen des Pferdes Hannover, Tierärztliche Hochschule, Habilitationsschrift
- Switzer, D.F. and Yoganathan, A.P. (1987): Calibration of color Doppler flow mapping during extreme hemodynamic conditions in vitro: a foundation for reliable quantitative grading system for aortic incompetence. Circulation 75, No. 4: 837-846
- Truckenbrodt, E. (1993): Lehrbuch der angewandten Fluidmechanik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Tunon, J., Cordoba, M., Rey, M., Almeida, P., Rabago, R., Sanchez, Cascos, A. and Rabago, P. (1994): Assessment of chronic tricuspid regurgitation by color Doppler echocardiographie: a comparison with angiographie in the catheterization room. Eur. Heart J. 15, 1074-1084
- Weinberger, T. (1991): Dopplerechokardiographie beim Pferd Dissertation, Hannover
- Yoshida, K., Yoshikawa, J., Shakudo, M., Akasaka, T. and Jyo, Y. (1988): Color Doppler Evaluation of valvular Regurgitation in normal subjects. Circulation 78, 840-847.

Dr. Heidrun Gehlen,
Dr. P. Stadler,
Prof. E. Deegen

Klinik für Pferde
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

Tel. 0511-856 7233
Fax 0511-856 7688

Baypamun® P für Pferde.

Zusammensetzung:

Eine Dosis (2 ml) enthält nach Resuspendierung: Parapoxvirus ovis Stamm D 1701 (chemisch inaktiviert) mindestens $10^{6.45}$ GKID₅₀, Polygeline als Stabilisator 50,0 mg. Wirtssystem: permanente Rinder-nierenzelle.

Anwendungsgebiete:

Prophylaxe, Metaphylaxe und Therapie von Infektionskrankheiten sowie Verhinderung streßinduzierter Krankheiten bei Pferden durch Stimulierung und Steigerung der körpereigenen, erregerunspezifischen Abwehrkräfte (Paramunisierung).

Gegenanzeigen: Keine bekannt.

Nebenwirkungen:

Nach der Applikation kann an der Injektionsstelle in seltenen Fällen eine Schwellung auftreten, die in kurzer Zeit wieder resorbiert wird.

Wartezeiten: Keine.

Zusatzinformation:

Baypamun P ist auch unter dem Entwicklungsnamen PIND ORF bekannt. Besonders bewährt hat sich der Einsatz von Baypamun P zur Verhinderung von Infektionen in der Neugeborenen- und in der Absetzphase ebenso wie im Problembereich der Atemwegs-Infektionen. Die Mehrfachanwendung von Baypamun P – auch in kurzen Zeitabständen – erlaubt die Stimulierung und die Persistenz des Zustandes der Paramunität über den jeweils erforderlichen Zeitraum ohne Wirkungsverlust.

Verschreibungspflichtig.

Bayer Vital GmbH & Co. KG
51368 Leverkusen

Bayer 