

Die echokardiographische Untersuchung bei Pferden mit Aortenregurgitationen mit und ohne Herzgeräusch

P. Stadler, Maïke Höch, Birgit Frühauf und E. Deegen

Klinik für Pferde, Tierärztliche Hochschule Hannover

Einleitung

Diastolische Herzgeräusche über dem Punctum maximum der Aortenklappe sind nach systolischen Herzgeräuschen über dem Punctum maximum der Mitralklappe bei Mitralklappeninsuffizienz im Rahmen der kardiologischen Untersuchung die häufigsten klinischen Befunde beim Pferd. Die diastolischen Herzgeräusche über der Aortenklappe entstehen durch eine Schlußunfähigkeit dieser Herzklappe und werden meistens durch Veränderungen der Semilunarsegel verursacht. Diese führen nämlich diastolisch zur Regurgitation von Blut aus der Aortenwurzel in den linken Ventrikel (Reef und Spencer, 1987).

Die Beurteilung von Geräuschen über der Aortenklappe in Bezug auf die hämodynamische Bedeutung ist jedoch häufig problematisch. Dies gilt besonders deshalb, weil die Auskultationsbefunde nicht selten als Zufallsbefund ohne Leistungseinbuße (Patterson, 1994) oder bei Ankaufuntersuchungen erhoben werden.

Im Rahmen der klinischen Untersuchung wird einem lauten holodiastolischen Herzgeräusch bis heute in den meisten Fällen eine Bedeutung für die Herzfunktion zugemessen. Die Lautstärke des Geräusches muß allerdings nicht mit dem Schweregrad einer Insuffizienz korrelieren (Patterson, 1994). Auch Holmes und Else (1977) fanden Veränderungen der Semilunarklappen, die nicht mit einem Herzgeräusch einhergingen und andererseits Herzgeräusche mit dem Punctum maximum über der Aortenklappe, denen keine pathologisch-anatomische Veränderung zugrunde lag.

Es stellte sich also die Frage, ob mit Hilfe der Schnittbildtechnik, der M-mode-Technik und der gepulsten (PW-Doppler) oder farbcodierten Dopplerechokardiographie charakteristische Befunde einer Dysfunktion der Aortenklappe erhoben werden können und ob eine Möglichkeit zur Bewertung der hämodynamischen Bedeutung gegeben ist. Bevor jedoch verfeinerte bildgebende Untersuchungstechniken in die Klinikroutine übernommen werden können, müssen häufig neue Fragen beantwortet werden. So wurden im Rahmen der kardiologischen Diagnostik der letzten Jahre mit Hilfe der Dopplerechokardiographie bei

Zusammenfassung

In dieser Studie werden Zusammenhänge zwischen diastolischen Herzgeräuschen über der Aortenklappe und dopplerechographischen Regurgitationsbefunden mit und ohne diastolischem Herzgeräusch untersucht.

Die Herzen von 250 Pferden wurden klinisch und echokardiographisch mit Hilfe der konventionellen M-mode und B-mode Technik und zusätzlich mit der gepulsten und z.T. mit der farbcodierten Dopplertechnik untersucht. 45 dieser Pferde hatten eine dopplerechokardiographisch feststellbare Regurgitation durch die Aortenklappe und 29 davon ein auskultatorisch feststellbares diastolisches Herzgeräusch über dem Punctum maximum der Aortenklappe. Bei den übrigen 16 Pferden konnte kein Herzgeräusch über dieser Herzklappe auskultiert werden.

Bei 12 der Pferde mit und ohne Herzgeräusch wurden Verbreiterungen der Semilunarsegelechos und bei 11 Patienten mit Herzgeräusch ein Ostium der Regurgitation gesehen. Die Pferde mit Auskultationsbefunden hatten einen hochsignifikant größeren Innendurchmesser des linken Ventrikels und der Aortenwurzel im Vergleich zu den Pferden ohne Herzgeräusch. Die Unterschiede der Pferde mit Aortenregurgitation mit ohne Herzgeräusche waren in Bezug auf den vorsystolischen Mitralklappenschluß, das diastolische Flattern des vorderen Mitralsegels und die prozentuale Verkürzungsfraktion (FS %) statistisch auffällig aber nicht signifikant.

Die Doppleruntersuchungen ergaben bei den Pferden mit Herzgeräusch eine signifikant stärkere Intensität des Dopplersignals im Vergleich zu den Pferden ohne Herzgeräusch. Die durchschnittliche maximale Strömungsgeschwindigkeit des Regurgitationsjets war bei den Pferden mit diastolischem Herzgeräusch ($V_{\max} = 2,10 \pm 1,2$ m/s) hochsignifikant gegenüber denen ohne diastolisches Herzgeräusch ($V_{\max} = 1,1 \pm 0,3$ m/s) erhöht. Die Farbdoppleruntersuchungen zeigten bei den Pferden mit diastolischem Herzgeräusch Regurgitationsjets mit deutlich größerer Ausdehnung im linken Ventrikel als bei den Pferden ohne diastolisches Herzgeräusch.

Eine statistische Zuordnung der Lautstärke der Herzgeräusche zur Schwere der Erkrankung, bzw. zu den dopplerechographisch ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten und Intensitäten war nicht möglich.

Auch beim Pferd sollte in Zukunft die physiologische von der pathologischen Aorteninsuffizienz unterschieden werden. Neben der klinischen Diagnostik wird für die Bewertung der hämodynamischen Relevanz einer Aortenregurgitation zusätzlich die Untersuchung mit der konventionellen als auch mit der gepulsten und farbcodierten Dopplerechokardiographie vorgeschlagen.

Schlüsselwörter: Dopplerechokardiographie, Semilunarsegelecho, Insuffizienzjet, Aortenwurzeldilatation, physiologische Aortenklappeninsuffizienz

Echocardiography in horses with and without heart murmurs in aortic regurgitation

The hearts of 250 horses were examined clinically and echocardiographically with conventional M-mode and B-mode techniques as well as with pulsed and in parts with colour Doppler techniques. Of these horses 45 showed aortic regurgitation that was detected by dopplerechocardiography. In 29 of these horses a discernible diastolic murmur was localized over the aortic valve. In the remaining 16 horses no murmur over this valve could be found by auscultation.

Of the horses with a murmur 12 showed a widening of the echo of the semilunar cusp. In 11 horses an ostium of regurgitation was detected. The inner diameter of the left ventricle and the aortic root was significantly larger in horses displaying a murmur compared to those without. Differences in presystolic closure of the mitral valve,

uns vermehrt geringgradige Aortenklappenregurgitationen erkannt, die nicht mit einem auskultierbaren diastolischen Herzgeräusch einhergingen. Da in der Humanmedizin von „physiologischen Klappeninsuffizienzen“ berichtet wird (Fehske, 1988; Kruck und Biamino, 1988; Meltzer et al., 1986) sollte abgeklärt werden, ob die beschriebenen, geringgradigen Regurgitationen an der Aortenklappe solchen physiologischen Klappeninsuffizienzen ähneln oder ob sie eine pathologische Bedeutung haben.

Wie bei der Mitralinsuffizienz unterscheidet man bei der Erkrankung der Aortenklappe zwischen einer akuten und einer chronischen Form.

Als Ursache für eine chronische Aorteninsuffizienz kommen beim Menschen und beim Pferd kongenitale Veränderungen, entzündliche Aortenklappenerkrankungen, infektiöse Endokarditis, Überdehnung des Klappenringes bei Bindegewebserkrankungen und ein Aneurysma dissecans in Frage (Kruck, 1994; Else und Holmes, 1972; Smetzer et al., 1966; Mahaffay, 1952, Schmailzl, 1994).

Als Ursache für die akute Aorteninsuffizienz kommen bei Mensch und Pferd einerseits die infektiöse Endokarditis vor, die sich beim Pferd im Gegensatz zum Menschen häufig nur auf die Semilunarsegel der Aortenklappe erstreckt (Fregin, 1982, Wagenaar et al., 1967; Buergelt et al., 1985, Patteson, 1994). Andererseits können beim Menschen die akute Aortendissektion und eine traumatische Aorteninsuffizienz (Kruck, 1994) vorliegen. Ein rupturiertes Sinus-Val-salvae-Aneurysma (Stadler, 1992), ein intaktes Sinus-Val-salvae-Aneurysma (Reef et al., 1990, Lester et al., 1992) sind auch für das Pferd beschrieben worden.

Pathologisch-anatomisch sind neben den degenerativen Verdickungen (Else und Holmes, 1972) der Semilunarklappensegel besonders bei der akuten Endokarditis valvularis vegetative Veränderungen feststellbar (Bonagura et al., 1985).

Else und Holmes (1972) führten bei 1.557 Schlachtpferden pathologische Untersuchungen durch. Dabei fanden sie bei 235 von insgesamt 356 Pferden mit Klappenläsionen Veränderungen an der Aortenklappe.

Material und Methodik

Von 250 Pferden, deren Herzen sowohl klinisch als auch ultrasonographisch mit der konventionellen M-mode- und B-mode-Technik und zusätzlich mit der gepulsten und z.T. (12 Pferde) mit der farbkodierten Dopplertechnik (Ultraschallgeräte: Microimager 1000; Fa. Ausonic+Vingmed 200; CFM 600 E, Fa. Sonotron) untersucht wurden, hatten 45 Pferde eine PW-dopplerechokardiographisch feststellbare Regurgitation durch die Aortenklappe.

Die Tabellen 1 und 2 geben Auskunft über Rasse, Geschlecht, Alter, Allgemeinbefinden, Leistung, Herzfrequenz bei Pferden mit (Gruppe II, Tab. 2) und ohne (Gruppe I, Tab. 1) Herzgeräusch in der Diastole.

Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurden die Schleimhäute, die kapilläre Füllungszeit, der Puls und die Jugularvenen untersucht. Bei der Auskultation des Herzens

diastolic flutter of the anterior cusp of the mitral valve, and the shortening fraction (FS%) between horses with and without cardiac murmur were statistically obvious but not significant.

Horses with cardiac murmur showed a significantly higher intensity of the Doppler signal compared to horses without murmur. The average maximal flow of the regurgitationjet in horses with diastolic cardiac murmur ($V_{\max} = 2,1 \pm 0,3$ m/sec) were statistically significant higher than in horses without diastolic heart murmur ($V_{\max} = 1,1 \pm 0,3$ m/s). Coloured Dopplerechocardiography in horses with murmur showed regurgitationjets of clearly larger extent compared to horses without diastolic murmur.

Statistically the loudness of a cardiac murmur could not be related to the degree of disease or to flow speed and flow intensities found Dopplerechocardiographically.

In the future a distinction should be made between physiological and pathological aortic insufficiency in horses as well as in other species.

In addition to clinical diagnostics conventional as well as pulsed and colour coded Dopplerechocardiography is suggested for the evaluation of the hemodynamic relevancy of aortic regurgitation.

keywords: Dopplerechocardiography, semilunarcuspecho, Insufficiencyjet, aortic root dilatation, physiologic aortic insufficiency

wurde die Frequenz, die Intensität und die Abgesetztheit der Herztöne, der Herzrhythmus und das Auftreten von Herznebengeräuschen bewertet. Die auftretenden Herzgeräusche wurden nach Tabelle 3 in fünf Grade eingeteilt. Außerdem wurden die Herzgeräusche den Herzphasen im Herzzyklus zugeordnet. In einigen Fällen einer stationären Tachykardie bei Herzfrequenzen über 60/min wurde ein Phonokardiogramm erstellt, um eine sichere Zuordnung des Herzgeräusches zu den Herzphasen zu garantieren. Bei allen Pferden wurden elektrokardiographisch die drei Ableitungen nach *Einthoven* sowie drei bipolare Brustwandableitungen aufgezeichnet. Die Tabellen 1 und 2 zeigen auch die elektrokardiographischen Befunde.

Echokardiographische Untersuchung

Die Pferde wurden zunächst mit der von Stadler et al. (1988) beschriebenen Schnittbildtechnik untersucht. Die Untersuchungen und Messungen fanden in der langen und kurzen Herzachse von rechts kaudal statt. Es wurde versucht, mit Hilfe der Schnittbildtechnik im B-mode direkte Befunde wie Verbreiterungen der Semilunarsegelschichten zu erkennen. Dazu wurde die Aortenklappenebene sowohl in der langen Herzachse von rechts kaudal als auch in der kurzen Herzachse von rechts kaudal und rechts kranial (Stadler et al., 1988) untersucht. Zusätzlich wurden diastolisch der Innendurchmesser des linken Ventrikels, der Durchmesser der linksventrikulären Hinterwand, der Durchmesser des interventrikulären Septums (Robine, 1990) und der Durchmesser der Aortenwurzel (Weinberger, 1991) gemessen. Auch mit Hilfe der M-mode-Technik wurde diastolisch und systolisch der Innendurchmesser des linken Ventrikels und zusätzlich die prozentuale Verkürzungsfraction (FS%) ermittelt. Im M-mode wurde unter-

Tab. 1: Rasse, Alter, Geschlecht und klinische sowie echokardiographische Untersuchung der Pferde ohne auskultierbares Herzgeräusch
Breed, age, sex, clinical and echocardiographical examination of horses without heart murmur

P A T I E N T	R A S S E	G E S C H L E C H T	A L T E R	KLINISCHE UNTERSUCHUNG				ECHOKARDIOGRAPHIE												
				Vorbericht				B-mode				M-Mode				Doppler				
				Leis- tungs- minde- rung	AB	HF	EKG	LVID _b	LWV _b	IVS	AO	LVID _b	LVID _s	FS % MV	VSS	MV Flatt.	AO Flatt.	INT	V _{max} m/sec	WEIT. KL.INS.
1	Tr	H	8			40		120	24	36	82			39		+		++	1,5	
2	Ha	S	16			40		130	25	30	78	130	90	30	2	+	+	+	1	MVI TVI
3	Tr	H	15		+	48		128	21	37	69			30		+				MVI
4	Tr.	S	12			40		105	24	37	77	121	72	36				+	0,8	MVI
5	Ha	W	13			40		102	27	36		122	83	31	+			+++	1,5	MVI TVI
6	Tr	S	10		+	36	Sinus Arrh	116	26	29	65	110	75	40				+	0,8	MVI
7	He	W	16		+	40		116	25	34	81	128	77	44				+	0,8	MVI TVI
8	Ha	W	18			44		132	27	38	79	125	71	31				+	1	MVI
9	Tr	W	16			42	VF	130	22	38	74	130	81	37				++	1,5	MVI
10	Ha	S	10			48	AV2	105	20	30	74	110	70	36		+		+	0,8	
11	Ha	W	6			52		130	21	35	81	129	79	38				+	0,8	TVI
12	Ho	H	5		+	36		118	23	29	64	126	85	32				+	0,6	
13	Ha	W	10			24		115	26	29	80	128	80	36	+	+		+++	1,5	MVI
14	Ho	H	4	+		32		119	30	41	80	129	77	40				+	1,5	
15	XX	W	12	+		40		129	24	41	77	116	73	37	+			++	1,5	MVI TVI
16	Ha	W	13			40	AV2	126	23	39	86	125	80	32				+	1	
Min			4			24		102	83	20	64	110	70	30	30				0,6	
Max			18			52		132	93	30	86	130	95	44	65				1,5	
\bar{x}			11,5			40		120	88	24	76	123	78	35	56				1,1	
S			4,2			6,5		9,8	5	2,6	6,2	6,9	5,7	4,1	9,2				0,3	

sucht, ob ein vorsystolischer Schluß der Mitralklappe, ein diastolisches Flattern des vorderen Mitralsegels oder der Aortensegel (Bonagura und Pipers, 1983; Kruck, 1994) erkennbar war.

Mit der gepulsten Dopplertechnik (PW-Technik) können Strömungsgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s im Klappenbereich erfaßt werden. Wenn höhere Flußgeschwindigkeiten des Blutes vorlagen, wurde mit der CW-Dopplertechnik (CW = continous wave) gemessen. Die Intensität des Regurgitationsflusses wurde direkt an der Klappe bei standardisierter Geräteeinstellung subjektiv aus der Intensität des Refluxsignals im Vergleich zu der Intensität des physiologischen systolischen Ausflußsignals bestimmt. Es wurde eine Einteilung nach Graustufen in die Schweregrade geringe, mittlere und starke Intensität vorgenommen.

Bei zwölf Pferden konnten die intrakardialen Strömungen auch farbkodiert aufgezeichnet und die Ergebnisse mit den Echogrammen der PW- und der CW-Technik verglichen werden.

Statistik

Für die statistische Auswertung wurden die Geräusche 1. und 2. Grades und 4. und 5. Grades jeweils zu einer Lautstärkegruppe zusammengefaßt (Tab. 2).

Der statistische Vergleich der echokardiographischen Parameter beider Gruppen wurde mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse und dem Computerprogramm SAS durchgeführt. Zusätzlich wurden quantitative Prüfungen

Tab. 2: Rasse, Alter, Geschlecht und klinische sowie echokardiographische Untersuchung der Pferde mit auskultierbarem Herzgeräusch

Breed, age, sex, clinical and echocardiographical examination of horses with heart murmur

P A T I E N T	R A S S E	G E S C H L E C H T	A L T E R	KLINISCHE UNTERSUCHUNG						ECHOKARDIOGRAPHIE															
				Vorbericht		diast. HG			EKG	B-mode						M-Mode									
				Leis- tungs- minde- rung	AB	HF	1-2	3		4-5	LVID _D mm	LWV _D mm	Osti- um	IVS mm	AO mm	Vege- tation a.d.AO- Klappe	LVID _D mm	LVID _S mm	FS % MV	VSS	MV Flatt	INT	V _{max} m/sec	WEIT KL. INS	
17	Tr	H	15		+	44			+			115	43	+	43	81	+	105	68	35		+	++	1,5	
18	OX	S	11		+	44			+			105	35	+	35	73	+	116	61	48			+++	5,5	
19	?	H	17	+		42			+			132	28	+	30	92	+	167	88	47	+		+++	1,5	
20	Tr	W	13			36			+	AV2		141	31	+	32	94		146		28			++	1,5	MVI
21	?	W	15			60			+			132	28		35	72		144	98	42			++	1,5	
22	Ho	W	16		+	40			+	AV2		155	37		39	67		170				+	++	1,5	
23	?	W	13	+		36			+	AV2		115	26		41	83		110	75	32			++	1,5	
24	Ha	W	8			44			+			141	21		32	90		143	94	34	+	+	+++	1,5	TVI
25	XX	S	10			36			+			126	33			87		141	99	29	+		+++	1,5	
26	Ha	S	11	+		48			+	AV2		120	26		37	91		116	60	48			+	1,5	
27	OX	S	10			36	+					113	24		48	88		148	76	30			+	1,5	TVI
28	Au	H	9			36	+			AV2		138	24		36	86		130	80	39	+		+	1,5	TVI MVI
29	Ho	S	21			50	+					139	29	+	45	84	+	144		40	+		++	1,0	AO Stenose
30	Fri	W	3		+	80	+		+	VF		131	20	+	33	66	+	142	70	44	+		+++	1,5	MVI
31	XX	S	13		+	32	+					126	18		34	94		123	76	38	+	+	+++	5,0	MVI
32	Ol	S	6	+		32	+					124	20		34	81		130	81	37			+	1,5	MVI TVI
33	Ha	W	2		+	64	+					113	23	+	40	81	+	118	74	26			+	0,8	
34	Ha	S	14		+	105			+	+		128		+			+	116	65	44			++	1,5	MVI TVI
35	Tr	S	14		+	80			+	VF		116	32		31	70		125		39			+++		MVI
36	?	W	16			40	+		+	VF		125	15	+	35	89		131		42	+	+	+++	3,0	MVI
37	Ha	H	1			44			+	AV2		142	28	+		82	+	172	101	41	+	+	+++	5,0	
38	Ha	H	12		+	26			+	AV2		165	26		42	86	+	175	86	49	+	+	+++	3,0	
39	Ha	H	3			28	+					135	20		35	82		128	84	35		+	+++	4,0	
40	Ho	S	5		+	72			+	+		136	21	+	28	70	+	129	62	52			+++	3,0	MVI TVI
41	?	S	17			26	+	+		AV2		138	18		31	89		147	97	34	+	+	+++	3,0	
42	?	W	17		+	36			+	AV2		129	21		35	91	+	129	92	28		+	+++	4,0	MVI
43	?	S	16		+	42			+			143	20		34	90		152	99	37		+	+	1,5	
44	?	W	12		+	26			+			141	16		25	87		147	95	35			(+)	0,2	MVI
45	?	H	8	+		28			+			155	29		36	86		152	95	37			++	1,5	TVI
Min			1			26						105	15		25	66		105	60	26	32			0,2	
Max			21			100						165	43		48	94		175	101	52	71			5,0	
\bar{x}			11			45						131	25		35	83		137	82	38	51			2,1	
S			5			18						13,8	6,6		5,3	8,1		18	13	7	9,7			1,2	

Tab. 3: Die klinische Beurteilung der Herzgeräusche
clinical valuation of heart murmurs

Lautstärke von Herzgeräuschen
Grad 1: sehr leise, nur punktuell, nach längerer Auskultation
Grad 2: leise, aber alsbald hörbar, nur punktuell
Grad 3: sofort hörbar, über größerem Bezirk gleich laut wie I. und II. Herzton
Grad 4: über gesamtem Herzfeld sofort hörbar, lauter als I. und II. Herzton
Grad 5: lautestes Geräusch, keine Herztöne hörbar

mit Kreuztabellen und der Erstellung von CHI^2 und dem Fishers Exact Test durchgeführt.

Ergebnisse

Bei 29 (Gruppe 2) der insgesamt 45 Pferde mit diastolischem Rückfluß (Regurgitation) durch die Aortenklappe wurde auskultatorisch ein diastolisches Herzgeräusch mit Punctum maximum über der Aortenklappe festgestellt.

Bei 16 Pferden wurden PW-dopplerechographisch Aortenregurgitationen ohne auskultatorisch wahrnehmbare diastolische Herzgeräusche aufgezeichnet (Gruppe 1). In den Tabellen 1 und 2 sind nur die diastolischen Herzgeräusche erfaßt. Bei 21 Pferden lagen zusätzlich systolische Geräusche und dopplerechographisch nachweisbare Mitralklappeninsuffizienzen unterschiedlichen Ausmaßes vor (Tab. 1 und 2: MVI), auf die im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden kann.

Es konnten keine geschlechts-, alters- oder rasseabhängigen Häufungen der untersuchten Parameter in dem Patientengut erkannt werden.

I. Direkte Befunde

Nur in der Gruppe der Pferde mit auskultierbarem holo-diastolischem Herzgeräusch über dem Punctum maximum der Aortenklappe konnten im B-mode Verbreiterungen der Semilunarsegelechos (Abb. 1 und 2) festgestellt werden. Dieser Befund trat in unterschiedlicher Ausprägung bei 12 Pferden (41%) auf.

Auch Ostien der Regurgitation wurden nur in der Gruppe der Pferde mit Herzgeräusch bei 11 Patienten gesehen. Es kam bei Pferden mit vergrößertem Aortenquerschnitt oder mit Vegetationen auf den Semilunarsegeln vor (Tab. 2 und Abb. 3).

Spezielle Doppleruntersuchungen

Bei den Pferden mit Auskultationsbefund über der Aortenklappe (Gruppe II) wurde mit der PW-Dopplertechnik eine signifikant stärkere Intensität (Abb. 5) als bei den Pferden ohne Herzgeräusch (Gruppe I: Tab. 1 und 2; Abb. 4) wahrgenommen. Auch die durchschnittliche maximale Strömungsgeschwindigkeit des Regurgitationsjets war in der Gruppe II ($V_{\text{max}} = 2,10 \pm 1,2$ m/s) hochsignifikant ($p <$

0,01) gegen über den Werten der Gruppe I ($V_{\text{max}} = 1,1 \pm 0,3$ m/s) erhöht.

In der Gruppe der Pferde ohne Herzgeräusch konnten mit Hilfe der Farbdoppleruntersuchung, die bei drei Pferden durchgeführt wurde, nur geringe Refluxsignale in Form kleiner Farbflammen mit unterschiedlichen Jetrichtungen (Abb. 6 und 7) gesehen werden. Dagegen waren bei den Pferden mit Herzgeräusch der Gruppe II in der farbcodierten Darstellung (neun untersuchte Pferde) Refluxsignale erkennbar, die z.T. den gesamten linken Ventrikel ausfüllten (Abb. 8).

II. Indirekte Befunde

Bei den Pferden mit Auskultationsbefunden (Gruppe II) über dem Punctum maximum der Aortenklappe wurde im B-mode ein hochsignifikant ($p < 0,01$) größerer Innendurchmesser des linken Ventrikels ($\text{Ø}: 131 \pm 13$ mm) als bei den Pferden ohne Auskultationsbefund (Gruppe I $\text{Ø}: 120 \pm 10$ mm) gemessen. Zusätzlich lag bei den Pferden mit Herzgeräusch auch ein hochsignifikant ($p < 0,01$) größerer Durchmesser im Bereich der Aortenwurzel ($\text{Ø}: 83 \pm 8$ mm gegenüber 76 ± 6 mm) vor. Im M-mode unterschied sich der Innendurchmesser des linken Ventrikels der beiden Gruppen (Pferde mit Herzgeräusch: $\text{Ø}: 137 \pm 18$ mm, Pferde ohne Herzgeräusch: $\text{Ø}: 123 \pm 6$ mm) signifikant ($p < 0,05$). Dabei fällt auf, daß in beiden Gruppen im M-mode ein größerer Innendurchmesser als im B-mode festgestellt wurde (Tab. 1 und 2).

Bei den Pferden ohne Aortengeräusch zeigten nur drei Individuen (19 %) einen vorsystolischen Mitralklappenschluß (Abb. 9). In der Gruppe II (mit Aortengeräusch) wurde dagegen ein vorsystolischer Mitralklappenschluß bei 11 (38 %) Pferden festgestellt.

Bei den Pferden mit Aortengeräusch wurde 11mal (38 %) ein diastolisches Flattern des vorderen Mitralsegels (Abb. 9) gesehen.



Abb. 1: Hochgradig vergrößerte Echos des linkskoronaren (Pfeile) und des nichtkoronaren Semilunarsegels eines Pferdes mit hochgradigen Vegetationen auf der Aortenklappe (Darstellung: kurze Herzachse, RKDKA).

Short-axis-ultrasound scan of a horse with vegetative aortic valve endocarditis. Thickening of left- and non-coronary cusp is evident.



Abb. 2: Pathologisch-anatomisches Korrelat zu Abbildung 1.
Postmortem examination of the heart of the horse shown in Figure 1.

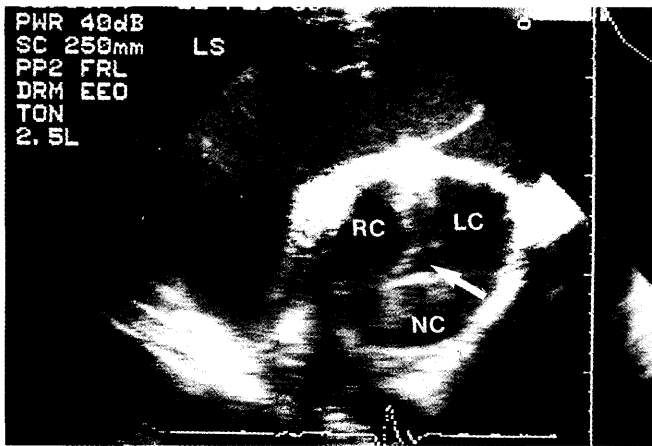


Abb. 3: B-mode-Darstellung der Aortenklappe in der kurzen Herzachse mit Ostium der Regurgitation (Pfeil). (RC, LC, NC: rechts-, links-, nichtkoronares Semilunarsegel)
B-mode shortaxis view of aortic valve with an ostium of regurgitation

Dieses trat in der Gruppe I (Pferde ohne Aortengeräusch) nur 5mal (12,5 %) auf. Diese Unterschiede waren statistisch auffällig ($p = 0,07$), aber nicht signifikant. Eine diastolische Flutterbewegung des Aortensegels wurde bei einem der untersuchten Pferde gesehen. Obwohl die prozentuale Verkürzungsfraction (FS %) keine statistisch signifikanten Unterschiede aufwies, war eine Anhäufung von Pferden mit einer FS über 40% ($n = 10$) bei den Pferden mit Herzgeräusch im Vergleich zu der Gruppe ohne Herzgeräusch (1 Pferd) auffällig.

Zusammenhänge zwischen auskultatorischen Befunden und Dopplersignal

Es konnten keine statistisch relevanten Zusammenhänge zwischen den auskultatorisch ermittelten Lautstärken der diastolischen Herzgeräusche über der Aortenklappe und der Intensität, bzw. der maximalen Strömungsgeschwindigkeit gefunden werden. Allerdings stellte sich keines der hochgradigen Geräusche (Grad 4 und 5) mit Hilfe des PW- oder Farbdopplers in geringgradiger Intensität dar. Bei

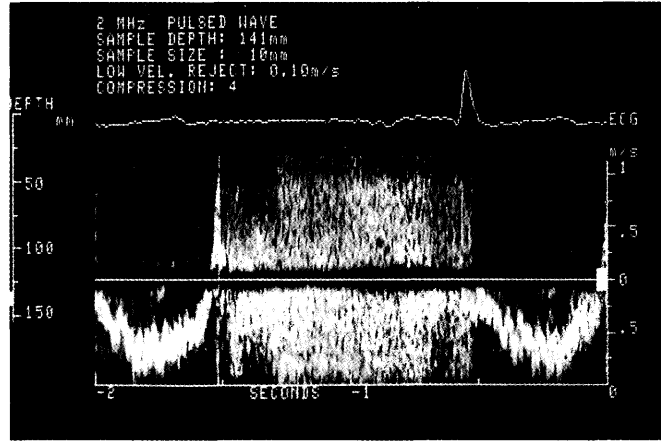
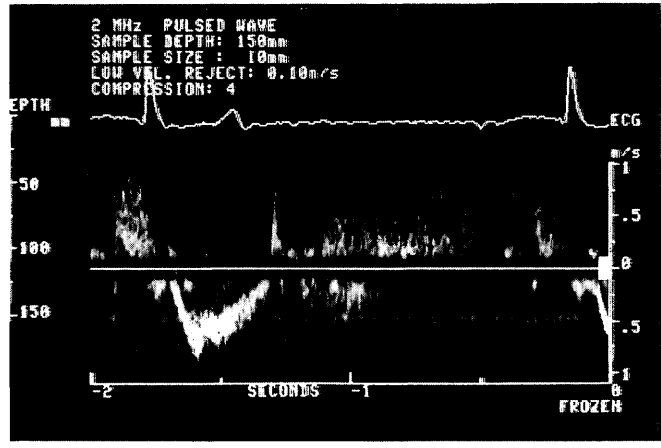


Abb. 4 + 5: PW-Dopplerechogramme von Rückflüssen mit geringer (Abb. 4) und starker (Abb. 5) Intensität. Das Signal ist in der Diastole ober- und unterhalb der Nulllinie zu erkennen.
PW-Dopplerscans of low (Fig. 5) and high (Fig. 6) intensive refluxes in diastole.

den Geräuschen 3. Grades war eine Streuung zwischen geringgradiger und starker Intensität des Dopplersignals feststellbar. Sogar bei den Pferden ohne Herzgeräusch zeigten zwei Individuen bei der PW-dopplerechographischen Aufzeichnung eine starke Intensität der Flussechos.

Diskussion

I. Direkte Befunde

Konventionelle Echokardiographie

Mehrere Autoren fanden eine Häufung von Aortenklappenveränderungen wie fibröse bandartige Läsionen oder knotenartige Verdickungen oder Vegetationen bei älteren Pferden (Fregin, 1982; Else und Holmes, 1972; Holmes und Else, 1972; Smetzer et al., 1966; Bishop et al., 1966). Wir fanden die echokardiographischen Korrelate zu solchen Veränderungen, aber statistisch keine Häufungen derartiger Befunde bei den älteren Pferden. Diese morphologischen Veränderungen der Semilunarsegel stellen sich im Schnittbild als verbreiterte Echos dar, wenn sie im Querschnitt größer als 2 mm sind (Dillon et al., 1973). Somit müssen



Abb. 6 + 7: Farbdopplerechogramme geringgradiger Regurgitationen durch die Aortenklappe bei Pferden ohne Herzgeräusch. Die Jets sind in den linken Ventrikel bzw. auf die linke Hinterwand (Abb. 6) und auf das Herzseptum (Abb. 7) gerichtet.

Colour flow echogram of low degree aortic regurgitation in a horse without heart murmur. Flow is directed to left ventricle wall (Fig. 6) and to ventricular septum (Fig. 7)

geringgradigere Veränderungen, die aber auch zu Aortenregurgitationen führen, mit anderen indirekten echokardiographischen Untersuchungsbefunden nachgewiesen werden. In der vorliegenden Untersuchung wurden verbreiterte Semilunarsegelechos nur bei hochgradig erkrankten Pferden mit einer Endokarditis valvularis thromboticans (Abb. 1) gesehen.

Wir konnten bei den Pferden mit Herzgeräusch mehrfach ein Ostium der Regurgitation im Zentrum der Aortenklappe (Abb. 3) darstellen. Die Ursache dafür ist entweder ein Auseinanderweichen des fibrösen Aufhängeapparates durch die Dilatation im Bereich der Sinus Valsalvae oder eine Verstümmelung der Taschenklappen durch Vegetationen oder fibröse Reaktionen. Bei einem Pferd wurden in der Sektion Fenestrations (Abb. 10) erkannt, die echokardiographisch nur als Verdickungen der Semilunarsegel auffielen. Der freie Rand des Semilunartaschenfensters war allerdings weniger als 2 mm breit und deshalb echokardiographisch nicht darstellbar (Dillon et al., 1973).



Abb. 8: Farbdopplerechogramm einer hochgradigen turbulenten Regurgitation durch die Aortenklappe bei einem kranken Pferd mit hochgradigem Aortengeräusch und Vegetationen auf der Aortenklappe.

Colour flow echogram in a horse with loud aortic murmur and vegetations in aortic valve leaflets.

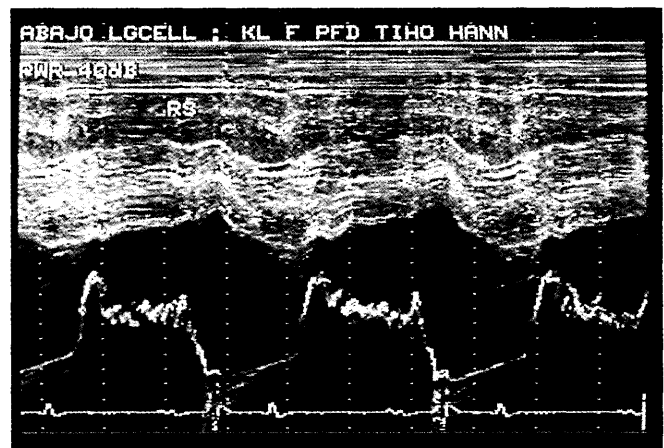


Abb. 9: M-mode-Echokardiogramm eines herzkranken Pferdes mit Aortengeräusch. Es zeigt das hochfrequente Flattern des vorderen Mitralsegels und vorsystolischen Mitralklappenschluß.

M-mode echogram showing high frequency fluttering and presystolic closure of anterior mitral valve leaflet.

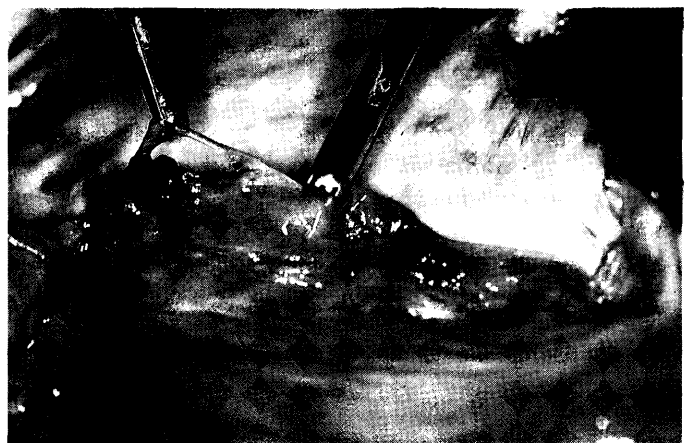


Abb. 10: Pathologisch-anatomisches Präparat eines fenestrierten Semilunarsegels eines Pferdes mit Aortengeräusch

Post mortem examination of a fenestrated aortic leaflet in a horse with aortic murmur

Mahaffay (1958) sah regelmäßig Fenestrations auf den Aortenklappensegeln bei pathologisch-anatomisch untersuchten klinisch gesunden Pferden. Fenestrations konnten von *Reef* und *Spencer* (1987) bei keinem von 23 Pferden mit Aortenklappeninsuffizienz echokardiographisch nachgewiesen werden.

Das Mißverhältnis zwischen pathologisch-anatomisch und echographisch darstellbaren Fenestrations der Aortensegel kann in der unterhalb der Auflösungsgrenze gelegenen Größe der Veränderungen seine Ursache haben.

Doppleruntersuchungen

Der Grad des Herzgeräusches ist bei einer Aortenklappeninsuffizienz nicht immer mit der Schwere der linksventrikulären Belastung bzw. Erkrankung korreliert (*Patterson*, 1994). Das heißt, ein sehr lautes musikalisches Geräusch muß nicht unbedingt mit einer signifikanten Volumenüberlastung einhergehen. Wir konnten eine breite Streuung der Lautstärke der Herzgeräusche ohne statistische Zuordnung zur Schwere der Erkrankung (Tab. 2) feststellen. Außerdem bestand keine Korrelation zwischen dem Grad des diastolischen Herzgeräusches und den dopplerechographisch ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten. Somit kann ein leises Geräusch mit einer schnellen Strömungsgeschwindigkeit verbunden sein und umgekehrt. Allerdings war bei den Pferden mit Herzgeräuschen eine signifikante Erhöhung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit im Bereich des pathologischen Rückstromes gegenüber den Pferden ohne Herzgeräusch beim Vergleich der beiden Gruppen meßbar.

Beim Menschen liegen die pathologischen Flußgeschwindigkeiten des diastolischen Rückflusses bei einer Aorteninsuffizienz zwischen drei und fünf m/sec (*Rosskamm* und *Reindell*, 1989) und sind daher nur mit dem CW-Doppler meßbar. Die meisten Pferde dieser Untersuchung hatten dagegen Regurgitationen mit Strömungsgeschwindigkeiten um 1,5 m pro Sekunde. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich ein ungünstigerer Anschallwinkel beim Pferd, der geringere Absolutwerte im Vergleich zum Menschen erbringt. Diagnostisch spielt dieses allerdings für den intraindividuellen Vergleich, z.B. bei Nachuntersuchungen, keine Rolle. Im interindividuellen Vergleich können dagegen Probleme entstehen, weil hohe Rückströmungsgeschwindigkeiten krankheitsbedingte aber auch technische Ursachen haben können. Einerseits kann tatsächlich eine erhebliche Insuffizienz vorliegen. Andererseits wurden aber, wie in der Humanmedizin, auch beim Pferd von uns unterschiedliche Jetrichtungen des Regurgitationsstromes im Farbdopplerbild gesehen. Je mehr sich der Regurgitationsjet der Anlotungsrichtung annähert, desto schneller erscheint er nämlich. Wenn z.B. von zwei Patienten mit Aorteninsuffizienz jeder einen Regurgitationsstrom mit derselben Geschwindigkeit aufweist, der Regurgitationsstrom des einen Patienten sich aber in Richtung auf die linke Hinterwand also annähernd parallel zur Anlotungsrichtung und der des anderen sich dagegen eher ins Zentrum des linken Ventrikels ausbreitet, so wird bei ersterem zwangsläufig eine höhere Strömungsgeschwindigkeit ge-

messen (Abb. 6 und 7). Um Fehleinschätzungen zu vermeiden sollte mit Hilfe des Farbdopplers die Jetrichtung untersucht werden. Beim Vergleich der Rückströmungsgeschwindigkeiten der Insuffizienzjets beider Gruppen ergab sich dennoch ein hochsignifikanter Unterschied. Deshalb scheint eine CW-dopplerechographisch erfaßte Strömungsgeschwindigkeit der Regurgitation in der Aorta von 2,1 m/sec und mehr Ausdruck einer hämodynamischen Störung zu sein. Dagegen bewerten wir die mit dem PW-Doppler gemessene, maximale Strömungsgeschwindigkeit der Pferde ohne Herzgeräusch von weniger als 1,1 m/sec als hämodynamisch zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht relevant, wenn keine weiteren echokardiographischen Befunde vorliegen. Es handelt sich in diesen Fällen evtl. um eine „physiologische Aorteninsuffizienz“ des Pferdes. In zukünftigen Untersuchungen sollten noch bessere Differenzierungsmöglichkeiten von Strömungsgeschwindigkeiten mit unterschiedlichen Jetrichtungen erarbeitet werden.

Bei der Bewertung der Intensität des Dopplersignals zur Einschätzung der Größe des Regurgitationsvolumens (*Schmailzl*, 1994) können Fehler entstehen, wenn die Geräteeinstellung unberücksichtigt bleibt. Deshalb sollte eine Bewertung der Echodensität des Refluxsignales im PW-Doppler immer in Relation zur Echodensität des systolischen Vorwärtsflusses (Abb. 4 und 5) gesetzt werden, damit einstellungsbedingte Unterschiede der Graustufen als Fehlerquellen für die Interpretation wegfallen.

Da der Einsatz des Farbdopplers nicht bei allen Pferden erfolgte, kann hier nur tendenziell die Vermutung geäußert werden, daß in Zukunft das sehr zeitaufwendige Mapping zur Bestimmung der Ausdehnung der Regurgitation zugunsten der Farbdoppleruntersuchung wegfallen kann. Eine hochgradige Aorteninsuffizienz scheint meistens auch mit einer großen Ausdehnung des Regurgitationsjets (Abb. 8) einherzugehen.

II. Indirekte Befunde

Als Folge einer länger bestehenden Volumenüberlastung tritt die Dilatation des linken Ventrikels ein. Der hochsignifikante Unterschied im Durchmesser des linken Ventrikels zwischen den beiden Gruppen bedeutet, daß eine Veränderung der Hämodynamik bei den meisten Pferden mit diastolischem Herzgeräusch über dem Punctum maximum der Aortenklappe eingetreten ist. Einzelne Individuen mit schwerer Aortenklappeninsuffizienz haben sogar hochgradig erweiterte Innendurchmesser des linken Ventrikels (Tab. 2). Es gab allerdings nicht bei allen Pferden mit vergrößertem diastolischem Innendurchmesser des linken Ventrikels Hinweise für eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit als Reitpferd. *Patterson* et al. (1994) haben sogar einige Pferde mit sehr großen linksventrikulären Durchmessern gesehen, die noch normale Leistung im Sport erbracht haben, wie es bei vergleichbar großen Durchmessern im Zusammenhang mit einer Mitralklappeninsuffizienz keinesfalls möglich ist. Das bedeutet, daß das Pferdeherz nicht unerhebliche Aortenregurgitationen wahrscheinlich über längere Zeit

kompensieren kann. Ob es sich noch um eine reine Anpassungsdilatation (Reindell und Rosskamm, 1989) oder schon um eine reduzierte Förderleistung handelt, läßt sich direkt evtl. mit Hilfe der echokardiographischen Herzzeitvolumenbestimmung (Stadler et al., 1994) oder indirekt auch mit der Lungenkapillardruckmessung (Stadler et al., 1995) bestimmen.

Die Dimension des linken Ventrikels der Pferde mit Herzgeräusch war sowohl im M- als auch im B-mode im Vergleich zu den Pferden ohne Herzgeräusch signifikant größer. Bei einer Überprüfung der Einzelwerte ist auffällig, daß im M-mode die Messungen meistens etwas größer ausfallen als im B-mode. In Einzelfällen kommt es zu stärkeren Abweichungen, d.h. eine linksventrikuläre Dimensionsveränderung könnte bei Verzicht auf die M-mode- oder B-mode-Messung übersehen werden. Wir gehen davon aus, daß aufgrund der besseren axialen Auflösung der M-Mode-Technik die Absolutwerte dieser Methode etwas genauer sind. Eine Vergrößerung des Innendurchmessers des linken Ventrikels ist also ein echokardiographischer Befund, der eindeutig für eine hämodynamische Relevanz der Aorteninsuffizienz spricht.

Obwohl wir und auch andere Autoren (Patteson et al., 1994) einzelne Pferde gesehen haben, die mit einem vergrößerten linken Ventrikel bei Aorteninsuffizienz eine sportliche Leistung im Dressur- und Springsport, nicht aber im Vielseitigkeits- oder Rennsport, erbringen konnten, sind wir der Ansicht, daß in diesem Fall der Besitzer auf ein erhöhtes Risiko für Reiter und Pferd bei einer Verwendung als Freizeit- oder Sportpferd hingewiesen werden muß.

In Bezug auf die Myokarddicke des interventrikulären Septums und der linksventrikulären Hinterwand ist kein Unterschied zwischen den Gruppen erkennbar. Allerdings sind beide Parameter bei beiden Gruppen im Vergleich zu den von Stadler et al. (1995) gemessenen Normalwerten bei gesunden, untrainierten und trainierten Sportpferden deutlich erhöht. Dieses ist evtl. Ausdruck einer beginnenden kompensatorischen exzentrischen Hypertrophie. In Einzelfällen konnte bei Pferden mit Aortengeräusch und hochgradiger Erkrankung eindeutig eine hochgradige linksventrikuläre Hypertrophie gesehen werden. Andere Pferde mit schwerer Aortenklappeninsuffizienz zeigten geringere, das heißt scheinbar normale Werte. Es handelt sich hierbei jedoch, wie beim Menschen (Rosskamm und Reindell, 1989) um das Stadium zwischen Hypertrophie und linksventrikulärer Myokardinsuffizienz im Verlauf der Erkrankung vom kompensierten zum dekompenzierten Zustand.

Durch die Insuffizienz der Aortenklappe wird ein bestimmtes Blutvolumen (Regurgitationsvolumen) in den linken Ventrikel regurgitiert. Das Regurgitationsvolumen und das in die Peripherie weitergeleitete sogenannte effektive Schlagvolumen bestimmen zusammen das totale Schlagvolumen des linken Ventrikels. Um die Blutversorgung des Organismus aufrecht zu erhalten, erhöht der linke Ventrikel bei voller Kompensation sein Schlagvolumen um den Betrag des Regurgitationsvolumens. Es handelt sich bei der

Aorteninsuffizienz also nicht nur um eine Volumenüberlastung des linken Ventrikels sondern auch um eine Volumenüberlastung der Aorta, die deshalb kompensatorisch im Bereich der Aorta ascendens dilatiert (Rosskamm und Reindell, 1989).

Infolge progredienter Dilatation der ascendierenden Aorta und des Anulus fibrosus können sich die primär kaum erkrankten Klappen infolge mechanischer Belastung mehr und mehr einrollen und so zunehmend eine weitere Klappendehiszenz bewirken. So kann die Aortenklappe trotz intakter Taschenklappen schlußunfähig werden und im Zentrum das Ostium der Regurgitation (Stadler, 1991) zeigen.

Die hochsignifikante Dilatation des Aortenrohres bei den Pferden mit Auskultationsbefund gegenüber der Gruppe ohne Herzgeräusch zeigt, daß eine Erhöhung des totalen Schlagvolumens stattgefunden haben muß. Das bedeutet, daß die Größe des Regurgitationsvolumens bei Pferden mit Aortendilatation hämodynamisch relevant ist. Dieser echokardiographische Parameter ist sehr hilfreich bei der Gesamtbeurteilung, besonders wenn in der Pferdepraxis keine Doppleruntersuchung möglich ist.

Für die prozentuale Verkürzungsfraction (FS%) des linken Ventrikels liegen in der Literatur unterschiedliche Normwerte vor (Pipers und Hamlin, 1977; Lescure und Tamzali, 1984; Stadler et al., 1993).

Nach M-mode-echokardiographischer Untersuchung von ca. 400 Pferden gehen wir inzwischen, im Gegensatz zu Stadler et al. (1993), davon aus, daß die obere Norm für diesen Parameter beim Warmblutpferd bei 40 % liegt. In der Gruppe der Pferde mit Herzgeräusch wird dieser Wert bei einigen Patienten überschritten. Um diesen Parameter bewerten zu können, muß er im Zusammenhang mit den übrigen echokardiographischen Messungen gesehen werden. Bei beginnender Aorteninsuffizienz mit diastolischer Volumenüberlastung entsteht zunächst über den Frank-Starling-Mechanismus eine Steigerung der Herzkinetik und somit eine Erhöhung der prozentualen fraktionellen Verkürzung. Im Verlauf der weiteren Erkrankung nimmt dann die Kompensationsfähigkeit des linksventrikulären Myokards wieder ab. Während der Entwicklung zur Hypokinetik fallen normale FS%-Werte an. In dem Stadium der Erkrankung, welches zwischen der Phase der hyper- und der Phase der hypokinetischen Ventrikelarbeit liegt, täuschen dann Normalwerte bei alleiniger Betrachtung der Verkürzungsfraction über eine beginnende Dekompensation hinweg.

Das Flattern des vorderen Mitralsegels entsteht durch das Aufeinandertreffen des Regurgitationsjets mit dem frühdiastolischen Einstrom am vorderen Mitralsegel (Louie et al., 1988; Bogunovic et al., 1982).

Für das Entstehen des hochfrequenten Flatterns, welches in beiden Gruppen unserer Untersuchung aufgetreten ist, ist nicht allein das Regurgitationsvolumen sondern auch die Richtung der Reflux-turbulenzen entscheidend. In Bezug auf diesen Parameter unterschieden sich die Gruppen statistisch allerdings nicht signifikant, obwohl es in der Gruppe der Pferde mit Auskultationsbefund häufiger auftrat. Die

Feststellung des hochfrequenten Mitralsegelflatterns erlaubt keine Aussage über die Schwere der Erkrankung. Sie bietet lediglich die Möglichkeit, ohne einen verfügbaren gepulsten oder farbcodierten Doppler eine Aortenregurgitation relativ sicher festzustellen. Umgekehrt schließt das Fehlen dieses Befundes eine Regurgitation durch das Aortenostium aber nicht aus (Kroker, 1994). Wenn die Refluxurbulenzen nämlich nicht auf das vordere Mitralsegel, sondern auf die linke Hinterwand gerichtet sind entstehen keine Flatterwellen.

Ein diastolisches Flattern der Aortenklappe (Bonagura et al., 1985) wurde bei einem der untersuchten Pferde festgestellt.

Wir haben den vorsystolischen Mitralklappenschluß bei 38 % der Pferde mit auskultatorisch wahrnehmbarem Herzgeräusch gesehen. Obwohl eine Vielzahl von Faktoren die Ursache für diese Variation der M-mode-Kurve sein kann (Reef und Spencer, 1987; Stadler et al., 1995, Frühauf, 1994), sehen wir diesen Befund gehäuft bei Pferden mit Aortenklappeninsuffizienzen im Vergleich zu Pferden mit anderen Klappenvitien. Eine eindeutige Klärung kann allerdings nur eine simultan zur Echokardiographie durchgeführte Rechts- und/oder Linksherzkatheteruntersuchung bringen.

Schlußbeurteilung

Die wichtigsten echokardiographischen Parameter zur Beurteilung einer Aortenklappeninsuffizienz sind die Verbreiterung der Semilunarsegelechos, der linksventrikuläre Durchmesser, das Ostium der Regurgitation, der Durchmesser der Aortenwurzel, das Flattern des vorderen Mitralsegels, die Strömungsgeschwindigkeit und die Intensität des Regurgitationsjets im PW-Dopplerechogramm und die Ausdehnung und Geschwindigkeit des Regurgitationsjets im Farbdopplerechogramm. Auch beim Pferd muß die physiologische von der pathologischen Aorteninsuffizienz unterschieden werden. Beurteilungsprobleme in Bezug auf die Verwendbarkeit im Sport können sich allerdings im Grenzbereich ergeben.

Aortenklappenregurgitationen ohne Herzgeräusch scheinen eher bedeutungslos zu sein, Aortenklappeninsuffizienzen mit Geräusch haben dagegen meistens eine hämodynamische Bedeutung, besonders wenn sie im Zusammenhang mit Veränderungen weiterer echokardiographischer Parameter auftreten. Deshalb erscheint uns für das Pferd neben der klinischen Diagnostik eine zusätzliche Untersuchung sowohl mit der konventionellen als auch mit der gepulsten und der farbcodierten Dopplerechokardiographie für die Beurteilung der klinischen Relevanz einer Aorteninsuffizienz unabdingbar, obwohl Miyatake (1984), Omoto et al. (1984) und Grayburn et al. (1986) für den Menschen feststellten, daß im Vergleich zur konventionellen Echokardiographie die Dopplerechokardiographie sowohl für die qualitative Diagnose als auch für die quantitative Beurteilung einer Aorteninsuffizienz wesentlich sensitiver und zuverlässiger ist.

Literatur

- Bishop, S. P., C. R. Cole and D. L. Smetzer (1966). Functional and morphologic pathology of equine aortic insufficiency. *Pathol. Vet.*, 3, 137–158
- Bogunovic, N., H. Mannebach und H. Ohlmeier (1982). *Kardiologische Diagnostik: Atlas der Echokardiographie*. Boehringer, Mannheim
- Bonagura, J. D. and F. S. Pipers (1983). Echocardiographic features of aortic valve endocarditis in a dog, a cow and a horse. *JAVMA*, 182, 595–599
- Bonagura, J. D., D. S. Herring and F. Welker (1985). Echocardiography. *Veterinary clinics of North America: Equine Practice*, 1, 311–333
- Buergelt et al. (1985). Endocarditis in six horses. *Vet. Pathol.*, 22, 333–337
- Dillon et al., 1973 : Echocardiographic manifestations of valvular vegetations. *Am Heart J.*, 86, 698–704
- Downes et al. (1989). Diastolic mitral regurgitation in acute but not chronic aortic regurgitation: Implications regarding the mechanism of mitral closure. *Am. Heart J.* 117, 1106–1112
- Else, R. W. and J. R. Holmes, 1972b: Cardiac Pathology in the horse. (2) Microscopic Pathology. *Equine vet. J.* 4, 57–62.
- Fehske, W. (1988) : *Praxis der konventionellen und der farbcodierten Dopplerechokardiographie*. Huber Verlag, Bern
- Fregin, G. F. (1982). The cardiovascular system. In: *Mansmann R. A., McAllister E. S. and Pratt P. W.*, eds. *Equine medicine and surgery*. 3rd ed. Santa Barbara, Calif.: American Veterinary Publications Inc., 645–704
- Frühauf, B. (1994): Beziehungen zwischen dem Lungenkapillardruck (Wedge Pressure) und Befunden der M-mode- und Doppler-Echokardiographie beim Pferd. *Tierärztl. Hochsch. Hannover, Diss.*
- Grayburn, P. A., R. Smith, B. J. Friedemann und A. N. DeMaria, 1986: Detection of aortic insufficiency by standard echocardiography, pulsed Dopplerechocardiography and auscultation. A comparison of accuracies. *Ann. Intern. Med.* 104, 599–60
- Holmes, J. R. und R. W. Else, (1972). Cardiac Pathology in the horse (3) Clinical Correlations. *Equine Vet. J.* 4, 195–203
- Kroker, K. (1994): B-Mode, M-mode- und Doppler-Echokardiographie unter Einfluß von Detomidin beim Pferd. *Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.*
- Kruck, I., 1994: Aortenklappenerkrankungen. In: *K. J. G. Schmailzl* : *Kardiale Ultraschalldiagnostik*, Blackwell Wiss., Berlin, 533–584
- Kruck, I. und G. Biamino (1988). *Quantitative Methoden der M-Mode-, 2D- und Doppler-Echokardiographie*. Verl. Boehringer, Mannheim
- Lescure, F. and J. Tamzali (1984). Valeurs de reference en echocardiographie TM chez le cheval de sport. *Rev. Med. Vet.*, 135, 405–418
- Lester, G. D., Lombard, C. W. und Ackermann, N. (1992): Echocardiographic detection of a dissecting aortic root aneurysm in a thoroughbred stallion. *Vet. Radiol. and Ultrasound* 33, 202–205
- Louie, E. K., T. J. Mason, R. Shah, T. Bieniarz und A. M. Moore (1988). Determinants of Anterior Mitral Leaflet Fluttering in Pure Aortic Regurgitation from Pulsed Doppler Study of the Early Diastolic Interaction Between the Regurgitant Jet and Mitral Inflow. *Am. J. Cardiol.* 61, 1085–1091
- Mahaffay, L. W. (1958). Fenestrations of the aortic and pulmonary semilunar valves in the horse. *Vet. Rec.* 70, 415–418
- Meltzer, R. S., L. Abovich und M. Finkelstein (1986). Regurgitation of all Four Cardiac Valves Detected by Doppler Echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 58, 169–171
- Miyatake, K., Okamoto, M., Kinoshita, N., Izumi, S., Owa, M., Takao, S., Sakakibara, H. and Yasuhara, N. (1984). Clinical applications of a new type of real-time two-dimensional Doppler flow imaging system. *Am. J. Cardiol.* 54, 857–868
- Omoto, R., Y. Yokote, S. Tkamoto, F. Tamura, H. Asano, K. Manekawa, C. Kasai, M. Tsukamoto and A. Koyana (1984). The development of real-time two dimensional Doppler echocardiography and its clinical significance in acquired valvular disease with special reference to the valvular regurgitation. *Jap Heart J.* 25, 325–340
- Patteson, M. W. (1994). Echocardiographic evaluation of horses with aortic regurgitation. *Equine vet. Educ.* 6, 159–166

Pipers, F. S. and R. L. Hamlin (1977). Echocardiography in the Horse. J. Am. Vet. Med. Assoc., 170, 815-822

Reef, V. B. and P. Spencer (1987). Echocardiographic evaluation of equine aortic insufficiency. Am. J. Vet. Res., 48, 904-909

Reef, V. B., Klumpp, S. Maxson, A. D. und Sweeny, R. W. (1990): Echocardiographic detection of an intact aneurysm in a horse. J. Am. vet. Ass. 197, 753-755

Robine, F. (1990): Morphologische und funktionelle Messungen am Herzen von Warmblutpferden mit Hilfe der Schnittbildechokardiographie. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Roskamm, H. und Reindell, H., 1989: Herzkrankheiten: Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie; 3. Aufl., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1273-1298

Schmailzl, K. J. G. 1994 Aortenklappenerkrankungen. In: K. J. G. Schmailzl: Kardiale Ultraschall Diagnostik, Blackwell Wiss., Berlin, 533-584

Smetzer, D. L., Bishop, S. and Smith, C. R. (1966). Diastolic murmur of equine aortic insufficiency. Am. Heart J., 72, 489-497

Stadler, P., Frühauf, B. und Deegen, E., 1995: Die echokardiographische Bestimmung der diastolischen Herzfunktion und die Ermittlung des Lungenkapillardruckes beim Pferd, Pferdeheilkunde 11, 109-120

Stadler, P., U. D'Agostino und E. Deegen (1988). Methodik der Schnittbildechokardiographie beim Pferd. Pferdeheilkunde 4, 161-174

Stadler, P. (1992): Die Echokardiographie beim Pferd, Teil 2. Videovet Spiegel 11 und 12, 8-11

Stadler, P., Weinberger, T. und E. Deegen (1993): Echokardiographische Messungen im gepulsten Dopplerverfahren (PW) beim gesunden Warmblutpferd. J. Vet. Med, A 40, 757-778

Stadler, P., Kinkel, N. und E. Deegen (1994): Ein Vergleich der Herzzeitvolumenbestimmung zwischen der Thermodilutionsmethode und der PW-Dopplerechokardiographie zur Beurteilung der systolischen Herzfunktion beim Pferd, Dtsch. tierärztl. Wschr. 101, 312-315.

Stadler, P., A. Rewel und E. Deegen (1993): Die M-Mode-Echokardiographie bei S-Dressur-, S-Springpferden und bei untrainierten Pferden. J. Vet. Med., A 40, 292-306

Stadler, P. (1992): Die echokardiographische Diagnose eines Sinus-Val-salvae-Aneurysmas beim Pferd. Tierärztl. Prax., Sonderheft, 29-30

Stadler, P., F. Robine und E. Deegen (1995): Die Kardiometrie beim gesunden Warmblutpferd mi Hilfe der Schnittbildechographie im B-mode. (In Vorbereitung)

Wagenaar, G., J. Kronemann and H. Breukink (1967). Endocarditis in the horse. Blue Book Vet. Prof. 12, 38-45

Weinberger, T., 1991: Doppler - Echokardiographie beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Dr. Peter Stadler
 Dr. Maike Höch
 Dr. Birgit Frühauf
 Prof. E. Deegen

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover
 Bischofsholder Damm 15, Nr. 118
 D-30173 Hannover

Tel. 0511/856-7233
 Fax. 0511/856-7688

neu
für Pferde

Fehlverdauung, Diarrhoe, Kolikanfälligkeit, Caecumazidose Leberprobleme?

Wirksame Hilfe bringt jetzt

Enzy Cure*



***Nahrungsergänzung mit konzentrierten aktiven Pankreasenzymen**

***Fordern Sie Informationen an bei:**

Dr. E. Moll · Mühle Ebert Dielheim (M.E.D.)

Talstr. 27 · 69234 Dielheim
 Tel.: 0 62 22 - 9900 · Fax: 75111

Vertrieb: EFA - DIETICS · Tel.: 06252 - 2628 · Fax: 2984



Senden Sie mir bitte Informationen über Enzy Cure zu.

