

Untersuchung zur Auswirkung von Kolik auf die Myokardfunktion beim Pferd

Heidrun Gehlen und Annabel Rentz

Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

Zusammenfassung: Akute gastrointestinale Erkrankungen spielen in der Pferdemedizin, sowohl aufgrund des häufig progressiven Verlaufs, als auch aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung eine große Rolle. Im Rahmen einer Kolik kommt es häufig auch zu einer mehr oder weniger gravierenden Einschränkung der Herz-/Kreislauffunktion. Die möglichst genaue Einschätzung der Herz-Kreislauffunktion ist für die Prognose und eine zielgerichtete Behandlung wichtig. Ziel dieser Arbeit war es, eine mögliche Beeinträchtigung der Herzmuskelfunktion während einer Kolik, neben den bisher etablierten Methoden zusätzlich mithilfe der nicht-invasiven und myokardsensitiven Gewebedopplertechnik zu erfassen. Hierfür wurden 36 Pferde untersucht, die wegen akuter Kolik an der Pferdeklinik der FU Berlin vorgestellt wurden. Die Pferde wurden bei Einlieferung, also mit akuter Kolik (U1) und vor der Entlassung (U2) untersucht. Die U2 (bei Entlassung) konnte nur bei 30 Pferden durchgeführt werden. Neben der klinischen Untersuchung, der speziellen Untersuchung des Verdauungstraktes (rektale Untersuchung, Nasenschlundsonde, Bauchpunktat, Sonographie Abdomen usw.) wurden bei allen Pferden Blutuntersuchungen (Hämatologie, Blutgasanalyse, kardiales Troponin I (cTnI)), EKG, Echokardiographien und Blutdruckmessungen durchgeführt. Die echokardiographische Untersuchung erfolgte bei der U1 parallel zur klinischen Untersuchung. Dazu wurde das Herz bei allen Pferden in der kurzen kranialen Achse auf der rechten Thoraxseite geschallt und jeweils drei Sequenzen von fünf aufeinanderfolgenden Herzzyklen aufgezeichnet. Direkt am Patienten wurden die maximalen Myokardgeschwindigkeiten im Bereich der linken (LVW) und rechten freien Ventrikelwand (RVW) sowie im Interventrikularseptum (IVS) zunächst mit dem PW-Gewebedoppler gemessen. Zusätzlich wurden farbgewebe-dopplerechokardiographische Bildsequenzen zur weiteren offline-Auswertung aufgezeichnet. Gemessen wurden dabei ebenfalls die maximalen Myokardgeschwindigkeiten und die Zeitintervalle. Die Bestimmung der Myokardverformung mit Speckle tracking (Strain und Strain Rate) wurde für 6 Segmente im linksventrikulären Querschnitt gemessen. Eine echokardiographische Untersuchung der Herzklappen mit Farbdoppler wurde bei der U2 zusätzlich durchgeführt um mögliche Herzklappenerkrankungen aufzudecken. Hinsichtlich der Schwere der Kolik wurden alle Pferde mittels eines modifizierten Scoring System in drei Gruppen (1 = ggr., 2 = mgr., 3 = hgr.) eingeteilt und die myokardialen Messungen innerhalb dieser Gruppen und zwischen U1 und U2 verglichen. Die echokardiographische Untersuchung war auch in der Notfallsituation bei den Pferden mit akuter Kolik durchführbar. Die Blutuntersuchungen lieferten signifikant höhere Werte für Hämatokrit und Laktat in Gruppe 3 (schwere Kolik) im Vergleich zu Gruppe 1 (leichte Kolik). Der cTnI war bei allen Pferden im Referenzbereich und es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Schweregradgruppen und zwischen U1 und U2 festgestellt. Bei den PW-Gewebedopplermeßwerten zeigte sich im Vergleich der akuten Kolik (U1) zur Entlassung (U2) eine signifikante Zunahme der Myokardgeschwindigkeiten. Vor allem die maximalen Myokardgeschwindigkeiten in der Systole (Sm), der Frühdiastole (Em) und der Spätdiastole (Am) in der linken Ventrikelwand (LVW), aber auch "Am" in der rechten Ventrikelwand (RVW) und im Interventrikularseptum (IVS) waren bei Pferden mit schwerer Kolik (Gruppe 3) im Vergleich zu Pferden mit leichter Kolik (Gruppe 1) signifikant erniedrigt. Im Farbgewebedoppler zeigten sich bei der U1 auch Trends zu niedrigeren Messwerten bei höherem Schweregrad der Kolik, jedoch waren diese nicht signifikant. Beim Speckle Tracking wurde bei den Parametern der Myokardverformung, der radialen Strain, in 2 Myokardsegmenten des linken Ventrikels (ant, antsept) eine signifikante Abnahme (während U1), abhängig von der Schwere der Kolik festgestellt. Viele der Einzelwerte waren während der U1 in Gruppe 1 höher als in Gruppe 2 oder Gruppe 3, die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Beim Vergleich der Untersuchungstage zeigte die circumferentielle Myokardverformung im lateralen Segment (lat) in Gruppe 2 eine signifikante Abnahme. In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass eine echokardiographische Untersuchung zur Erhebung von Gewebedoppler- und Verformungsparametern zur quantitativen Beurteilung der globalen und regionalen systolischen und diastolischen Myokardfunktion auch in Notfallsituationen (hier Kolik) machbar ist. Pferde mit akuter Kolik haben je nach Schwere der Kolik eine meßbare, zeitlich begrenzte Einschränkung der Myokardfunktion. Die niedrigeren Werte der Myokardgeschwindigkeiten im Zusammenhang mit dem Schweregrad der Kolik bestätigen teilweise die Ergebnisse vorangegangener Studien. Weitere Studien mit größerer Fallzahl sind jedoch erforderlich, um relevante Informationen für den klinischen Gebrauch bei Kolikpferden zu ermitteln.

Schlüsselwörter: Pferd, Kolik, Echokardiographie, Gewebedoppler, Speckle tracking, Kardiologie

Echocardiographic examination of myocardial function in horses with colic

Due to its acute clinical presentation and economic relevance, colic plays an important role in equine medicine. In order to improve treatment and clinical outcome, it is essential to evaluate cardiovascular function quickly in an emergency situation. In this study, the non-invasive assessment of myocardial impairment during acute colic by tissue Doppler imaging (TDI) and 2-dimensional speckle tracking (2D-ST) was evaluated. 36 horses presented with colic to the Equine Clinic of the FU Berlin were included. All patients were examined during acute colic on admission (day 1, U1) and right before discharge (day 3 for medically managed colic or day 7 for surgically managed colic, U2). The horses were separated into 3 groups by using a scoring system for severity of disease. Besides a complete clinical examination, blood tests (complete blood count, venous blood gas analysis), including cardiac troponin I, and echocardiography in right parasternal short axis view were performed. 2DE, M-mode, pulsed waved TDI, color TDI and 2D-ST were used. For all measurements, three cardiac cycles were recorded. Further analysis was performed offline with the Echopac software. For 3 regions (interventricular septum = IVS, right ventricular wall = RV, left ventricular wall = LV) maximum myocardial velocities S, E and A were determined, as well as time intervals ET, Ed, IVCT. By use of the 2D-ST software, the myocardium was divided into 6 segments, for each radial and circumferential strain (Sr, Sc) and strain rate during systole, early diastole and late diastole (SrS, SrE, SrA, ScS, ScE, ScA) were determined. In general, all measurements were feasible, even in an emergency situation. Blood tests showed significantly higher levels for hematocrit and lactate in group 3 (severe colic) compared to group 1 (mild colic). By using cTnI, myocarditis could be ruled out; however, no significant differences were found between groups. The myocardial velocities (Sm, Em, Am), obtained by PW-TDI, showed significant reductions between groups, especially in LV, but also Am in RV and IVS. In particular, maximum myocardial velocities Sm (systole), Em (early diastole) and Am (late diastole) in the LVS but

also Am in the RVW and the IVS were significantly decreased in horses with severe colic (group 3) compared to horses with mild colic (group 1). In comparison, the measurements determined by colorTDI showed a trend for reduction in higher severity of colic during U1, but not significantly. The low levels in correlation with the severity of colic and the cardiovascular situation in part confirm the results of previous studies. Strain and strain rate through speckle tracking showed significant reduction of Sr in two myocardial segments (ant, antsept) between group 1 and group 3, depending on severity of the disease. Many individual levels were higher in group 1 than in group 2 or group 3 during U1; however these differences were not significant. When comparing the different days of examination, circumferential strain in the lateral segment (Sc lat) in group 2 was reduced significantly during discharge in comparison with acute colic. The results of the present study indicate that TDI and strain imaging obtained by 2D-ST is feasible even in an emergency situation. The results provide information about quantitative global and regional systolic and diastolic myocardial function, which facilitates adjustment of therapy and prognosis. Further studies with higher number of participants are essential to establish the techniques for clinical use in colic.

Keywords: horse, colic, echocardiography, tissue doppler, speckle tracking

Zitation: Gehlen H., Rentz A. (2018) Untersuchung zur Auswirkung von Kolik auf die Myokardfunktion beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 34, 368-380; DOI 10.21836/PEM20180408

Korrespondenz: Prof. Heidrun Gehlen, Freie Universität Berlin, Klinik für Pferde, Oertzenweg 19b, 14163 Berlin; gehlen.heidrun@fu-berlin.de

Einleitung

Kolik hat beim Pferd als Erkrankung aufgrund ihrer Häufigkeit und des zum Teil drastischen Verlaufes sowohl für den Tierarzt als auch für den Besitzer eine große Bedeutung. Obwohl der Begriff einen Symptomkomplex beschreibt, wird er umgangssprachlich und auch medizinisch für gastrointestinale Erkrankungen gebraucht. Beim Pferd sind fast 28% aller jährlichen Todesfälle auf eine Kolik zurück zu führen (Tinker et al. 1997).

Von großer Bedeutung bei der Kolik und ihrem Verlauf ist die Einschränkung der Herz-Kreislauffunktion mit nachfolgenden weiteren Organschäden und deren Folgen (z.B. Endotoxämie). Alle bisher evaluierten prognostischen Parameter, vor allem Herzfrequenz und Blutlaktatwert, liefern bei Patientenankunft wertvolle Informationen für die Einschätzung von Kreislauf und Darmschädigung sowie der Prognose (Delesalle et al. 2007, Johnston et al. 2007, Boom et al. 2010, Tenent-Brown et al. 2010, Radcliffe et al. 2012). In der Humanmedizin ist die kardiale Dysfunktion, verursacht durch Sepsis, der Hauptgrund für hohe Morbidität und Mortalität auf Intensivstationen (Rüdiger und Singer 2007). Das frühzeitige Erkennen einer myokardialen Dysfunktion wird in der Humanmedizin durch strenges echokardiographisches Monitoring gewährleistet und verbessert dort durch frühzeitige Interventionsmaßnahmen die Prognose deutlich. Dies ist beim Pferd bisher nicht üblich.

Auch bei Pferden mit Kolik sind eine prognostische Einschätzung und eine intensive Überwachung, sowohl für die Wahl der weiteren konservativen oder chirurgischen Therapie, als auch die postoperative Versorgung unabdingbar. Viele Studien beschäftigen sich im Zusammenhang mit einer Prognosevoraussage bei Kolikerkrankungen auch mit Endotoxämie, beziehungsweise der Entstehung von SIRS (systemic inflammatory response syndrome) und MODS (multiple organ dysfunction syndrome). Orsini et al. sprechen dabei der kardiopulmonären, metabolischen und hämostatischen Dysfunktionen eine große prognostische Bedeutung zu (2011). Eine andere Studie von 2011 untersuchte die linksventrikuläre Funktion bei Pferden, die als Komplikation nach einer Kolik eine Endotoxämie erlitten, mittels Standardechokardiografie (B-Mode, M-Mode, PW-Doppler). Hier ergaben einzelne Parameter (IVSd, LVIDD, SV, SI, ET, DT) signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der weniger kranken Pferde und den Pferden mit massivem Schock (Borde et al. 2011).

Dieselbe Forschergruppe hat drei Jahre später Ergebnisse publiziert, die signifikante Unterschiede einzelner durch PW-Gewebedoppler ermittelter Werte zeigte (EmlV und E/EmlV) (Borde et al. 2014). So konnten Pferde ermittelt werden, die eine intensive kardiovaskuläre Überwachung benötigten, bzw. wo durch eine gezielte Behandlung die Überlebenschancen erhöht wurden. Weitere Studien konnten eine myokardiale Schädigung im Zusammenhang mit Kolik nachweisen (Nath et al. 2012, Diaz et al. 2014).

Die Echokardiographie und insbesondere die Messung der Myokardverformung (strain und strain rate) mittels Graustufenanalyse (speckle tracking), bietet die Möglichkeit, nicht-invasiv die Hämodynamik zu überwachen und myokardiale Dysfunktionen frühzeitig zu demaskieren. Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen einer Kolik auf das Myokard mittels echokardiographischer Parameter zu untersuchen und mit der Schwere einer Kolik in Korrelation zu setzen.

Material und Methoden

Es wurden insgesamt 36 Pferde untersucht, die aufgrund akuter Kolik in der Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie der FU Berlin vorgestellt wurden. Es wurden sowohl konservativ zu behandelnde Pferde mit einer Kolik, als auch chirurgische Fälle in die Studie integriert. Ausgeschlossen wurden Pferde mit einer bekannten Herz- oder Lungenerkrankung. Auch Pferde, die wegen Kolik vorgestellt wurden, jedoch nachweislich nicht an einer gastrointestinalen Erkrankung litten, wurden nicht in die Studie aufgenommen.

Jedes Pferd wurde am Tag der Einlieferung (U1) untersucht und kurz vor der Entlassung (U2). Bei den konservativ behandelten Pferden mit einer Kolik war das am Tag 3 nach Einlieferung und bei den chirurgisch versorgten Pferden am Tag 7. Nur bei Komplikationen (z.B. erneute Koliksymptome bei einem Pferd 5 Tage nach der Operation) verschob sich die letzte Untersuchung, hier um 3 Tage, bis das Pferd normal angefüttert und symptomfrei war.

Alle kardiologischen Untersuchungen und Auswertungen wurden vom gleichen Untersucher durchgeführt. Die speziellen Untersuchungen des Gastrointestinal Traktes wurden aufgrund der Notfallsituation vom jeweils diensthabenden Tierarzt der Klinik durchgeführt.

Tab. 1a Einteilung der Kolik nach Schweregrad (Schweregrad Score, modifiziert nach Grulke et al. 2001). / *Scoring of clinical signs of colic (Severity score, modified from Grulke et al. 2001)*

Severity Score (GS)	1	2	3
Transrektale Palpation	Untersuchung möglich, lokale geringe Distension	Untersuchung teilweise möglich, Distension	Untersuchung nicht möglich, starke Distension
Darmgeräusche während Auskultation	normal	vermindert, eine Flanke	keine vorhanden
Abdominale Auftreibung	keine	schwach, eine Flanke	stark
Schmerzausprägung	nicht vorhanden, gering	mild	stark, Depression

Vorbericht, allgemeine und spezielle klinische Untersuchung

Bei allen Pferden wurde der Vorbericht und insbesondere die Vorbehandlung dokumentiert. Bei Einlieferung und an allen weiteren Untersuchungstagen wurde eine klinische Allgemeinuntersuchung und eine spezielle klinische Untersuchung des Gastrointestinal Traktes durchgeführt. Bei den Ergebnissen der rektalen Untersuchung wurde zwischen den Befunden Obstipation, Tympanie, Dickdarmverlagerung und Dünndarmileus unterschieden. Daneben wurden die Ergebnisse einer eventuellen Abdominozentese, Abdominalultraschall und der Magensondierung notiert. Diese Daten wurden zur Schweregradbeurteilung der Kolik herangezogen (Tab. 1a).

Blutdruckmessung

Der mittlere systolische, arterielle Blutdruck (SAP) wurde oszillometrisch, mithilfe des mobilen Gerätes Memoprint® der Firma S+B medVET GmbH, Babenhausen gemessen. Hierfür wurde die Manschette an der Schweifrübe über der Arteria coccygea mediana angelegt. Jede Messung wurde dreimal durchgeführt und daraus ein Mittelwert errechnet. Der systolische arterielle Blutdruck (SAP) war für die weitere Datenerhebung bzw. Gruppeneinteilung von Bedeutung (Tab. 1b).

Einteilung der Koliker nach Schweregrad

Die Einteilung der Patienten erfolgte nach dem Schweregrad der Kolik (Tab. 1a) und der Kreislaufsituation (Tab. 1b). Dazu wurde ein Kolik-Score (Grulke et al. 2001) und ein Schock-Score (Borde et al. 2011) kombiniert verwendet (Tab. 1c). Die Pferde wurden mit dem kombinierten Score in Gruppe 1 (ggr. Kolik), Gruppe 2 (mgr. Kolik) und Gruppe 3 (hgr. Kolik) eingeteilt.

Tab. 1b Parameter und Einteilung nach klinischen Schock-Symptomen (Schock Score nach Borde et al. 2011). / *Parameters and classification of shock severity (shock score according to Borde et al. 2011)*

Shock Score	1	2	3	4
HF (pro min)	<60	60-80	80-100	>100
AF (pro min)	<25	25-35	35-45	>45
Hkt (%)	<45	45-55	55-65	>65
SAP (mmHG)	>110	90-110	70-90	<70
Laktat (mmol/l)	<2	<2	2-5	>5

HF = Herzfrequenz, AF = Atemfrequenz, Hkt = Hämatokrit, SAP = systolischer arterieller Blutdruck

Blutuntersuchungen

Neben der Routinediagnostik (Htk, TP, pH, BE, Glukose, Na, K, Cl, Ca, HCO₃, Laktat) wurde bei allen Pferden auch das kardiales Troponin I am Tag der Einlieferung und vor der Entlassung bestimmt. Hierfür wurde je 10 ml Blut in einem Serumröhrchen zentrifugiert und 2ml Serum bei -30°C in Eppendorf-Reaktionsgefäßen mit 1,5ml Fassungsvermögen bis zur Analyse eingefroren. Die Bestimmung erfolgte durch ein externes Labor (LABOKLIN) mittels Chemolumineszenz-Immunoassay. Die Nachweisgrenze lag bei 0,01 [ng/ml], der Cutoff wurde vom Labor mit 0,35 [ng/ml] angegeben.

Standarddechokardiographie

Für die echokardiographische Untersuchung stand das Ultraschallgerät Vivid I der Firma GE Healthcare, Norwegen zur Verfügung. Es wurde die 3RS-Sonde (3,5 MHz Phased Array Schallkopf) benutzt. Für die „offline“ Analyse der Daten wurde die Software EchoPAC Version 110.1.1, ebenfalls von GE Healthcare, verwendet. Um eine Vergleichbarkeit der Werte zu erhalten, wurde eine einheitliche Geräteeinstellung bei allen Pferden beibehalten. Für die echokardiographischen Untersuchungen wurde der Querschnitt des linken Ventrikels in der rechten, kaudalen, kurzen Achse (RKDKA), direkt unter der Mitralkappen Ebene im B-Mode dargestellt. Es wurde mit einer Eindringtiefe von 30cm geschallt. Für die Bildschleifen wurden jeweils 5 Herzzyklen aufgenommen, in denen keine AV-Blöcke vorkamen. Es wurden jeweils 3 getrennte Bildschleifen aufgezeichnet. Folgende Parameter wurden im B- und M-Mode bestimmt: FS = Verkürzungsfraktion, EDV = enddiastolisches Volumen, EF = Ejektionsfraktion, ESV = endsystolisches Volumen, IVSd = Dicke des IVS während Diastole, IVSs = Dicke IVS während Systole, LVIDd = linksventrikulärer Innendurchmesser diastolisch, LVIDs = linksventrikulärer Innendurchmesser systolisch, LVHWd = Dicke der linksventrikulären Hinterwand diastolisch, LVHws = Dicke der links-

Tab. 1c Gruppeneinteilung der Kolikpatienten in ggr. (1), mgr. (2) und hgr. (3) nach Beurteilung mit dem Severity score (SS) + dem Schock-Score (SS) sowie die Therapieform. / *Classification of horses presenting with mild (1), moderate (2) and severe (3) colic signs according to severity and shock score as well as conservative/surgical treatment*

Gruppe / Therapie	1=ggr.	2=mgr.	3=hgr.
Punkte im GS + SS	2	3 bis 4	5 bis 7
Anzahl der Pferde	12	13	11
Konservative Therapie	12	8	2
Chirurgische Therapie	0	5	9

ventrikulären Hinterwand systolisch, SV = Schlagvolumen. Bei jedem Pferd wurde zusätzlich bei der U2 eine Untersuchung aller vier Herzklappen mithilfe der Farbdopplertechnik und eine Untersuchung des Herzens im Längsschnitt durchgeführt.

Gewebedoppleruntersuchungen

Für die Untersuchung mit dem Farbgewebedoppler wurde das B-Mode Bild (Querschnitt) mit dem Farbsektor überlagert. Die Bildrate lag dabei zwischen 100 und 108 BPS (Bilder pro Sekunde). Die „offline“ Analyse der Farbgewebedopplerdaten erfolgte mit der Software Echopac über die sogenannte Q-Analyse. Hier wurde jeweils eine Myokardregion (ROI = region of interest) in der RW, dem IVS und der LFW markiert. Die ROI wurde mit einem Durchmesser von 1 cm gewählt. Nachträglich wurde die Position der ROI im Zyklusverlauf manuell im Myokard verschoben, so dass zu jedem Zeitpunkt eine optimale Kurvenaufzeichnung der Myokardgeschwindigkeiten sichergestellt wurde. Nach Überprüfung und ggf. Korrektur der ROI wurden die maximale systolische (S_m) und die diastolischen Geschwindigkeiten (E_m , A_m), sowie die Zeitintervalle isovolämische Kontraktionszeit (IVCT), Ejektionszeit (ET) sowie die Länge der frühdiaastolischen Welle (E_d) bestimmt. Außerdem wurde das Verhältnis von E_m/A_m berechnet.

Neben dem Farbgewebedoppler wurden die Myokardgeschwindigkeiten von der rechten Ventrikelwand (RW), dem Interventrikularseptums (IVS) und der linken Hinterwand (LFW) auch mithilfe des PW-Dopplers direkt am Patienten ermittelt. Hierfür wurde in der RW und LFW jeweils endokardnah und im IVS zentral gemessen. Das Messfeld (Sample Volume) lag bei 6,3 mm. Analog zum Farbgewebedoppler wurden ebenfalls die Parameter S_m , E_m , A_m , IVCT, ET, und E_d und das Verhältnis E_m/A_m bestimmt.

2D-Strain/Speckle tracking

Für das Speckle Tracking (Graustufenanalyse) wurden ebenfalls jeweils drei Sequenzen vom Querschnitt des linken Ventrikels im B-Mode offline ausgewertet. Hierbei wurde darauf geachtet, dass der komplette linksventrikuläre Querschnitt abgebildet war. Der Bildwinkel lag, genauso wie für die Gewebedoppleraufnahmen, bei 50° und die Bildrate ergab dadurch mindestens 54 BPS. Die Auswertung geschah hier ebenfalls offline in der Q-Analyse. Für jedes der 6 untersuchten Myokardsegmente wurden sowohl radiale Strain (S_r) und zirkumferentielle Strain (S_c), als auch radiale Strain Rate ($SRrS$, $SRrE$, $SRrA$) und zirkumferentielle Strain Rate ($SRcS$, $SRcE$, $SRcA$) systolisch, früh- und spätdiaastolisch bestimmt.

Außerdem wurde für alle Werte der jeweilige „Gesamtdurchschnitt“ über alle Segmente berechnet.

EKG

Parallel zum Ultraschall wurde ein EKG aufgezeichnet. Das EKG (im Ultraschallgerät integriertes Modell) wurde mit Klebeelektroden als modifizierte bipolare Brustwandableitung aufgezeichnet.

Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurde die Software IBM SPSS Statistics, Version 21 verwendet. Zuerst wurden die Daten mittels Shapiro-Wilks-Test auf Normalverteilung geprüft und eine deskriptive Statistik durchgeführt. Bei den Ultraschalluntersuchungen waren alle Parameter normalverteilt. Unter den restlichen Parametern waren der Laktatwert im Blut und das kardiale Troponin I (cTnI) nicht normalverteilt. Für die normalverteilten Daten wurden jeweils Mittelwert, Standardabweichung und Standardfehler errechnet. Entsprechend wurden für die nicht normalverteilten Parameter der Median, das 25%- und das 75%-Quartil, sowie Minimum und Maximum bestimmt. Um Unterschiede zwischen den Gruppen (Schweregrad der Kolik) festzustellen, wurde für normalverteilte Werte eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) und für nichtparametrische Werte der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Die Homogenität der Varianzen wurde vorher mittels Levene-Test geprüft. Bei signifikanten Unterschieden im Globaltest wurde durch den Tukey-Test differenziert, zwischen welchen Gruppen signifikante Unterschiede vorlagen. Auch die Auswirkungen der Kolik auf die Myokardfunktion im Verlauf, also der Unterschied zwischen den Untersuchungstagen, wurde untersucht. Die normalverteilten Parameter wurden einem T-Test für gepaarte Stichproben unterzogen. Die nicht normalverteilten Werte wurden mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde mit $p = 0,05$ festgelegt. Bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ musste die Nullhypothese abgelehnt werden. Außerdem wurde für einzelne Parameter der Variationskoeffizient (CV) aus dem Quotienten der Standardabweichung und des jeweiligen Mittelwerts ermittelt.

Ergebnisse

Patientengut und Gruppeneinteilung

Es wurden 36 Pferde in die Studie eingeschlossen. Ein Pferd wurde wegen einer bekannten Herzerkrankung und ein Pferd

Tab. 2 Anzahl, Mittelwerte und Standardabweichung (MW \pm SD) für Größe, Gewicht und Alter in den 3 Gruppen (ggr., mgr., hgr. Kolik). / Number, means and standard deviation (MW \pm SD) of height, weight and age in the 3 groups (mild, moderate, severe colic)

Gruppe	N	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Alter (Jahre)
1	12	167,08 \pm 10,56	562,75 \pm 65,41	16 \pm 4,98
2	13	162,38 \pm 6,58	488,31 \pm 63,41	10 \pm 7,02
3	11	166,91 \pm 11,16	511,55 \pm 100,33	10 \pm 4,90
Insgesamt	36	165,33 \pm 7,59	520,22 \pm 68,21	12,20 \pm 5,44

Gruppe 1 = Pferde mit milder Kolik, Gruppe 2 = mittelschwere Kolik, Gruppe 3 = schwere Kolik

wegen einer bei Einlieferung nicht vorhandenen Kolik von der Studie ausgeschlossen. Die zweite Untersuchung (bei Entlassung) konnte nur bei 30 Pferden durchgeführt werden. Vier Pferde mussten vorher aufgrund massiver Verschlechterung euthanasiert werden und 2 Pferde mussten ausscheiden, da die Bildqualität für eine Auswertung inakzeptabel war. Das Probandengut enthielt sowohl Freizeitpferde ($n=22$) als auch Sportpferde ($n=16$) aus unterschiedlichen Haltungsformen. In Gruppe 1 (ggr. Kolik) waren 12 Pferde, in Gruppe 2 (mgr. Kolik) waren 13 Pferde und die Gruppe 3 (hgr. Kolik) bestand aus 11 Pferden. Tabelle 2 zeigt die Gruppenaufteilung mit Anzahl, Größe, Gewicht und Alter der Probanden. 22 Pferde wurden konservativ behandelten und 14 Koliker mussten chirurgisch versorgt werden (Tab. 1c).

Vorbericht

Alle untersuchten Pferde wurden vorberichtlich wegen einer Kolik vorgestellt. 12 Pferde waren bereits vom Haustierarzt mit Metamizol und/oder Butylscopolamin vorbehandelt. Einem Pferd wurde für den Transport in die Klinik bereits vom einweisenden Tierarzt ein $\alpha 2$ -Agonist (Detomidin) und ein Morphinderivat (Butorphanol) verabreicht. Zwischen Vorbehandlung und Untersuchung lagen bei allen Pferden mindestens zwei Stunden.

Klinische Untersuchungen Bei Aufnahme in der Klinik mussten fünf Pferde zu Beginn der Untersuchung sediert (Xylazin) werden, da sie sich sehr schmerzhaft und unkooperativ präsentierten. Bei diesen Pferden wurde die Ultraschalluntersuchung frühestens eine halbe Stunde nach Abklingen der Wirkung durchgeführt. Sechs Pferde bekamen Butylscopolamin vor der rektalen Untersuchung, drei Pferde benötigten ein stärkeres Analgetikum (Flunixin-Meglumin). Die übrigen Pferde bekamen keine medikamentelle Therapie vor der Ultraschalluntersuchung. Die Blutentnahme fand bei jedem Patienten ebenfalls vor einer Medikamentengabe statt. Die klinische Untersuchung lieferte bei keinem Pferd Hinweise auf eine chronische Herz- oder Lungenerkrankung. Bei 2 Pferden wurde bei der U1 ein holosystolisches Herzgeräusch (Grad 3/6) festgestellt, das bei beiden Pferden am nächsten Tag nicht mehr nachvollziehbar war.

Blutdruck

Die Messungen des systolischen arteriellen Blutdrucks (SAP) tolerierten die Patienten gut. Im Vergleich zwischen den Gruppen ergaben sich beim systolischen Blutdruck keine signifikanten Unterschiede (Abb. 1). Beim Vergleich der Untersuchungstage zeigte sich in Gruppe 1 bei Entlassung ein signifikant niedrigerer Wert (114 ± 6 mmHg, $p=0,01$) als während der akuten Kolik (132 ± 16 mmHg). Auch in Gruppe 2 waren die Werte bei Entlassung signifikant niedriger (107 ± 11 mmHg, $p=0,006$) als während der akuten Kolik (125 ± 17 mmHg).

Laboruntersuchungen

Bei der U1 zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Hämatokrit (PCV, $p=0,035$) zwischen Gruppe 1 (MW \pm SD =

$32,6 \pm 3,4\%$) und Gruppe 3 (MW \pm SD = $42,5 \pm 6,08\%$). Der pH-Wert war in Gruppe 1 ($7,41 \pm 0,04$) signifikant höher ($p=0,036$) als in Gruppe 3 ($7,34 \pm 0,09$, Tab. 3a). Ein ähnliches Ergebnis lieferte der Laktatwert (Tab. 3b). Hier zeigten sich bei der U1 zwischen Gruppe 1 und 3 ($p=0,001$) und zwischen Gruppe 2 und 3 ($p=0,015$) signifikant höhere Werte in der Gruppe 3.

Beim Vergleich zwischen U1 und U2 war der Mittelwert für Hämatokrit in Gruppe 3 während der akuten Kolik ($42,5 \pm 6,08$) signifikant höher als bei Entlassung ($29,25 \pm 2,43$). Glukose war in Gruppe 1 während U1 ($82,5 \pm 64,57$) signifikant höher als während U2 ($75,0 \pm 61,50$). Natrium war in Gruppe 2 auch hoch signifikant höher während der Kolik ($141,85 \pm 3,77$) im Vergleich zur Entlassung ($136,91 \pm 2,45$).

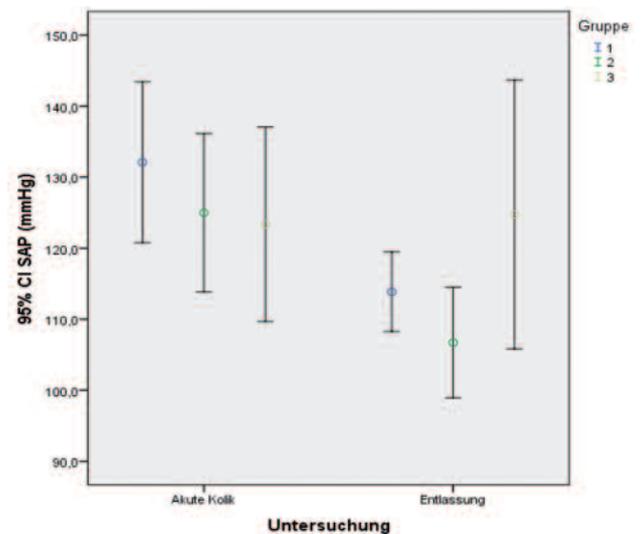


Abb. 1 Mittelwerte und 95% CI (Konfidenzintervall) für den systolischen, arteriellen Blutdruck (SAP mmHg) in den einzelnen Gruppen während der Kolik (U1) und bei Entlassung (U2). | Mean values and 95% confidence interval for the systolic arterial blood pressure (SAP, mmHg) in the different groups during acute colic (U1) and before discharge from the clinic (U2)

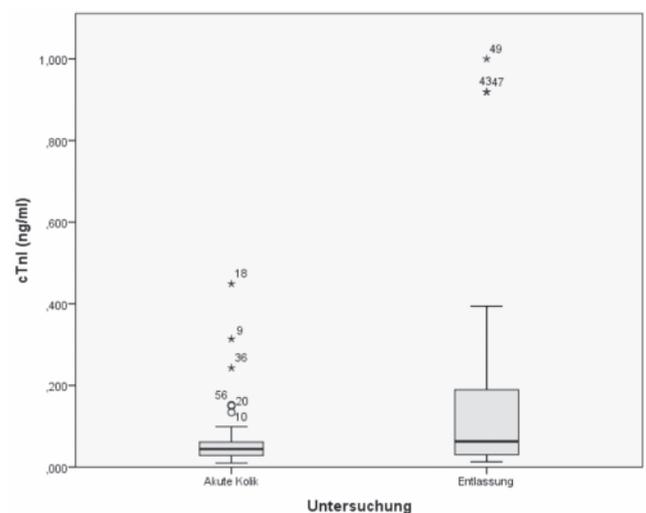


Abb. 2 Kardiales Troponin I (cTnI) bei akuter Kolik und bei Entlassung. | Cardiac troponin I (cTnI) during acute colic and before discharge.

Tab. 3a Mittelwerte, Standardabweichung und Signifikanz (T-Test) der Blutwerte während der akuten Kolik (U₁) und bei Entlassung (U₂). | *Mean values, standard deviation and significance (t-test) of blood parameters during acute colic (U1) and before discharge (U2).*

		Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
PCV (%)	US ₁	32,6 ± 3,4	0,809	37,7 ± 8,19	0,211	42,5 ± 6,08	0,002 **
	US ₂	32,1 ± 2,85		34,1 ± 3,03		29,25 ± 2,43	
TP (g/dl)	US ₁	6,43 ± 0,60	0,156	6,61 ± 0,71	0,718	6,69 ± 1,18	0,681
	US ₂	6,65 ± 0,70		6,52 ± 0,52		6,51 ± 0,70	
pH	US ₁	7,41 ± 0,04	0,266	7,39 ± ,39	0,836	7,34 ± 0,09	0,352
	US ₂	7,39 ± 0,05		7,38 ± 0,29		7,37 ± 0,05	
BE	US ₁	1,55 ± 3,52	0,742	2,38 ± 3,89	0,457	0,24 ± 7,18	0,843
	US ₂	1,99 ± 3,50		1,21 ± 1,83		0,19 ± 2,02	
Gluc (mg/dl)	US ₁	82,5 ± 64,57	0,026 *	102,5 ± 27,52	0,235	128,37 ± 2,38	0,263
	US ₂	75,0 ± 61,50		92,0 ± 10,96		93,75 ± 31,51	
Na ⁺ (mmol/l)	US ₁	138,23 ± 3,41	0,355	141,85 ± 3,77	0,001 ***	142,04 ± 4,29	0,395
	US ₂	139,41 ± 2,83		136,91 ± 2,45		140,06 ± 6,29	
K ⁺ (mmol/l)	US ₁	3,16 ± 0,33	0,500	3,34 ± 0,28	0,508	3,26 ± 0,59	0,932
	US ₂	3,32 ± 0,75		3,19 ± 0,13		3,29 ± 0,76	
Cl ⁻ (mmol/l)	US ₁	101,6 ± 1,91	0,230	102,26 ± 2,88	0,697	101,58 ± 3,87	0,205
	US ₂	103,05 ± 3,43		102,86 ± 3,23		103,53 ± 2,98	
Ca ⁺⁺ (mmol/l)	US ₁	2,60 ± 0,47	0,442	2,67 ± 0,19	0,478	2,74 ± 0,26	0,750
	US ₂	2,81 ± 0,48		2,59 ± 0,39		2,70 ± 0,23	
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	US ₁	27,21 ± 2,87	0,700	28,13 ± 3,58	0,259	26,15 ± 5,26	0,810
	US ₂	27,5 ± 3,29		26,50 ± 1,42		25,71 ± 1,91	

Tab. 3b Deskriptive Statistik für Laktat (mmol/l) im Blut während U₁. *Descriptive statistics of plasma lactate (mmol/l) during acute colic (U1)*

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Median	0,9	1,45	3,70
25%- Quartil	0,9	0,98	1,20
75%- Quartil	1,9	2,28	4,40
Min	0,9	0,9	0,9
Max	1,9	2,9	9,9

Kardiales Troponin I (cTnI)

Es ergab sich für die cTnI-Werte während der U1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,344$). Beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für abhängige Stichproben ergab sich ein Signifikanzwert von $p = 0,139$ wodurch die Nullhypothese (cTnI Kolik = cTnI Entlassung) nicht verworfen werden konnte. In Abb. 2 lässt sich ein Trend zur Erhöhung erkennen. Man sieht, dass der Median sich jeweils im ähnlichen Bereich befindet, jedoch ist die Spannweite der Werte bei Entlassung deutlich größer und auch die Ausreißer-Werte höher.

2D Echokardiographie

Die Herzdimensionen waren bei allen Pferden im Normalbereich. Bei einem Pferd konnte ein Rückfluss an der Mitralklappe festgestellt werden. Da dieser im CW-Doppler eine nur geringe Geschwindigkeit (< 2 m/sec) aufwies, wurde er nach

den Kriterien von Gehlen et al. (1998) als klinisch unbedeutend eingestuft und das Pferd weiter in der Studie belassen.

Verkürzungsfraktion (FS) und Ejektionsfraktion (EF) waren zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. IVSd (Dicke IVS diastolisch) war in Gruppe 1 ($3,25 \pm 0,456$ cm) signifikant kleiner ($p = 0,023$) als in Gruppe 3 ($3,78 \pm 0,340$ cm). Daneben zeigte auch die LVFWs (Dicke der hinteren Wand des LV während der Systole) einen signifikant höheren Wert in Gruppe 3 ($4,71 \pm 0,668$ cm) im Vergleich zu Gruppe 2 ($4,06 \pm 0,545$ cm, $p = 0,039$).

Der Vergleich der Werte in Bezug auf die Untersuchungstage ergab nur in Gruppe 3 einen signifikanten Unterschied. Hier reduzierte sich die Dicke der LVHwd im Vergleich zwischen Kolik ($3,23 \pm 0,38$ cm) und Entlassung ($2,79 \pm 0,59$ cm) signifikant ($p = 0,03$).

Gewebedopplerechokardiographie

Die Farbgewebedoppler-Messungen waren insgesamt gut durchführbar. Bei der Ermittlung der Myokardgeschwindigkeiten des linken Ventrikels (LV) wurde während der U1 für Em ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 2 und 3 festgestellt (Tab. 4). In Gruppe 2 war Em mit durchschnittlich $17,08 \pm 3,061$ cm/s signifikant höher ($p = 0,039$) als in Gruppe 3 mit durchschnittlich $13,23 \pm 4,483$ cm/s. Auch die Ejektionszeit (ET) war in Gruppe 3 ($324,80 \pm 84,069$ ms) signifikant niedriger ($p = 0,006$) als in Gruppe 1 ($407,47 \pm 19,282$ ms), Gruppe 2 ($383,82 \pm 51,912$ ms) und Gruppe 3. Die übrigen Parameter zeigten eine Abnahme der Werte von Gruppe 1 zu Gruppe 3, die jedoch statistisch nicht signifikant

war. Die Messung der Parameter in der RVW und dem IVS ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Jedoch konnte eine ähnliche Entwicklung für die Mittelwerte von S_m und A_m der rechten Ventrikelwand festgestellt werden, wie für die linksventrikuläre Wand (LVW).

Beim Vergleich der Mittelwerte während und nach der Kolik ergaben sich in Gruppe 1 in der LVW signifikante Unterschiede bei A_m und E_m/A_m ($p=0,001$), (bei gleichzeitig hoher Korrelation, Tab. 5, Abb. 3). Während der Kolik lag A_m im Mittel bei $9,24 \pm 2,801$ cm/s im Vergleich zu $7,84 \pm 2,824$ cm/s bei Entlassung (Tab. 5). Das Verhältnis E_m/A_m vergrößerte sich folglich signifikant zwischen Kolik ($2 \pm 0,45$) und Entlassung ($2,47 \pm 0,87$). In der rechtsventrikulären Wand fand sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten für ET ($p=0,003$), jedoch bei niedriger Korrelation. Während der Kolik lag ET bei $382,90 \pm 41,85$ ms und bei Entlassung bei $424,44 \pm 47,53$ ms (Tab. 5). In Gruppe 2 zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede für ET. Die Messungen in der linksventrikulären Myokardwand ergaben mit $384,88 \pm 54,07$ ms während der Kolik eine signifikante Erhöhung ($p=0,003$) bei Entlassung ($434,36 \pm 24,46$ ms, Abb. 3). In der rechtsventrikulären Myokardwand lieferten die Messungen ein ähnliches Ergebnis

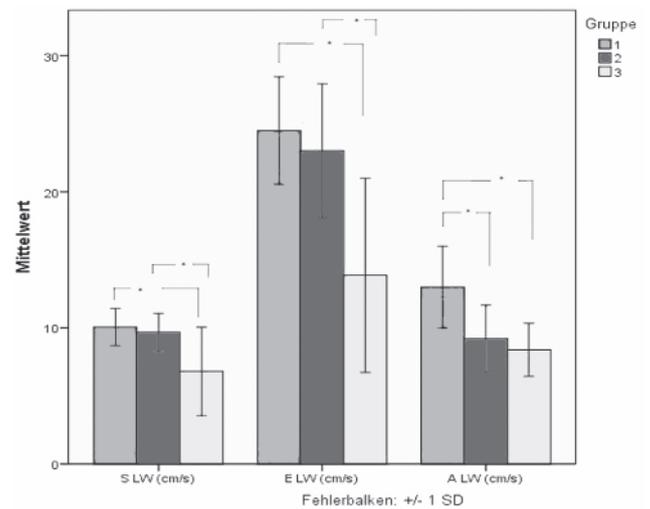


Abb. 3 Mittelwerte für S, E und A in der LVW in den einzelnen Gruppen (Gruppe 1 = Pferde mit milder Kolik, Gruppe 2 = mittelschwere Kolik, Gruppe 3 = schwere Kolik; * = signifikanter Unterschied). | Mean values for S, E and A in the LVW in the different groups (group 1 = mild colic, group 2 = moderate colic, group 3 = severe colic), * significant difference

Tab. 4 MW, SD und p-Werte für Maximalgeschwindigkeiten (S,E,A) und Zeitintervalle (IVCT, ET, E_d) mittels Farbgewebedoppler in der LVW während der U₁. / Mean values, standard deviation and P-values of maximal velocities (S,E,A) and time-intervals (VCT, ET, E_d) in tissue Doppler imaging in the left ventricular wall during acute colic (U₁).

Gruppe	1	2	3	p	Sig.
E _m (cm/s)	-16,22 ± 2,97	-17,08 ± 3,06	-13,23 ± 4,48	0,036	* 2/3
ET (ms)	407,47 ± 19,82	383,82 ± 51,91	324,80 ± 84,07	0,006	** 1, 2 /3

Legende: *2/3=signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3; **1,2/3=signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und 3, sowie zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3

Tab. 5 Mittelwerte, SD, Korrelation und Signifikanz der einzelnen Parameter in Gruppe 1 (FGD) während der akuten Kolik (U₁) und bei Entlassung (U₂). | Mean values, standard deviation, correlation and significance of the single parameters in group 1 (FGD) during acute colic (U₁) and before discharge (U₂).

	U ₁	U ₂	Korr	Sig (T-Test)
A _m LW (cm/s)	-9,24 ± 2,80	-7,84 ± 2,82	0,959	0,001 ***
ET LW (ms)	406,13 ± 19,35	438,91 ± 27,94	0,610	0,018 *
E _m /A _m LW	2,00 ± 0,45	2,47 ± 0,88	0,798	0,044 *
ET RW (ms)	382,9 ± 41,88	424,44 ± 47,54	0,777	0,003 **

Tab. 6 Mittelwerte, Standardabweichung, Variationskoeffizient und p-Werte der einzelnen Parameter gemessen im PW-Doppler in der LVW während U₁ in den einzelnen Gruppen. (Die Klammer hinter dem p-Wert gibt die betreffenden Gruppen an.) / Mean values, standard deviation, coefficient of variation and P-values of the single parameters in PW-TDI in the LVW during acute colic (U₁) in the different groups (group in brackets behind the P-value)

Gruppe	M ± SD	CV (%)	p
S _m LW (cm/s)	1: 10,06 ± 1,36	14	0,003
	2: 9,67 ± 1,39	14	0,005 (1/3)
	3: 6,79 ± 3,02	44	0,009 (2/3)
E _m LW (cm/s)	1: 24,49 ± 3,95	16	0,001
	2: 23,01 ± 4,92	21	0,001 (1/3)
	3: 13,86 ± 7,13	51	0,003 (2/3)
A _m LW (cm/s)	1: 12,99 ± 3,00	23	0,001
	2: 9,19 ± 2,48	26	0,005 (1/2)
	3: 8,38 ± 1,81	21	0,001 (1/3)

($p=0,009$). Die spätdiastolische Maximalgeschwindigkeit (A_m) war während der Kolik ($3,94 \pm 2,08$ cm/s) signifikant höher ($p=0,009$), als bei Entlassung ($1,69 \pm 1,32$ cm/s). Folglich erhöhte sich auch das E_m/A_m -Verhältnis, gemessen im IVS, von $3,2 \pm 1,9$ während der Kolik auf $5,4 \pm 1,9$ bei Entlassung signifikant ($p=0,012$). In Gruppe 3 ergaben sich Signifikanzen für IVCT ($p=0,032$) in der RVW und S_m ($p=0,020$) im IVS. Während der Kolik lag S_m bei $5,92 \pm 2,42$ cm/s, im Vergleich dazu bei $4,37 \pm 1,15$ bei Entlassung.

Die Durchführung der Messungen mittels PW-Gewebedoppler war ebenfalls gut möglich. Im IVS waren die Kurven jedoch teilweise schwer interpretierbar. Im Vergleich zwischen den Gruppen während der U1 (akute Kolik), zeigten sich die Spitzengeschwindigkeiten S_m , E_m und A_m in der LVW signifikant unterschiedlich (Tab. 6). Für Gruppe 1 ergab durchschnittlich $10,06 \pm 1,36$ cm/s, in Gruppe 2 wurde $9,67 \pm 1,39$ gemessen und Gruppe 3 zeigte signifikant erniedrigte Werte ($p=0,003$) mit $6,79 \pm 3,01$. Ein ähnliches Ergebnis ergaben die Messungen zu E_m . Hier lagen die Werte für Gruppe 1 bei $24,49 \pm 3,95$ cm/s, dagegen für Gruppe 3 mit $13,86 \pm 7,1$ cm/s deutlich niedriger. Die spätdiastolische Spitzengeschwindigkeit (A_m) erniedrigte sich ebenfalls im Vergleich von Gruppe 1 ($12,99 \pm 3,02$ cm/s) und auch Gruppe 2 ($9,19 \pm 2,47$ cm/s) zu Gruppe 3 ($8,38 \pm 1,80$ cm/s) hoch signifikant ($p=0,001$). Auch die Messungen in der rechtsventrikulären Myokardwand lieferten signifikant ($p=0,042$) niedrigere Werte für " A_m " in Gruppe 2 ($6,85 \pm 3,01$ cm/s) im Vergleich zu Gruppe 1 ($9,96 \pm 2,29$ cm/s). Für die übrigen Parameter ließ sich im PW-Gewebedoppler kein signifikanter Unterschied feststellen. Die Werte zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten zeigten in Gruppe 1 eine signifikante Abnahme der Werte für A_m in der LW, im Vergleich von U1 ($13,63 \pm 2,47$ cm/s) zu U2 ($12,10 \pm 2,60$ cm/s). ET, gemessen in der RVW, erhöhte sich signifikant von $413,72 (\pm 21,14)$ ms während akuter Kolik zu $443,92 (\pm 29,69)$ ms bei Entlassung (Tab. 7). Außerdem nahm die Dauer der Frühdiastole (Ed) im IVS von der akuten Kolik ($137,16 \pm 21,78$ ms) zur Entlassung ($161,26 \pm 31,64$ ms) signifikant ab ($p=0,028$). In Gruppe 2 zeigte sich ebenfalls ET in der LVW signifikant ($p=0,035$) unterschiedlich (Tab. 7). Während der Kolik wurden im Schnitt $404,62$ ms ($\pm 40,59$) und bei Entlassung $434,09$ ms ($\pm 23,11$) gemessen. In Gruppe 3 lieferte die statistische Auswertung keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse.

2D-Strain (Speckle Tracking)

Die Berechnung der Myokardverformung (radialen Strain und Strain Rate) durch Speckle Tracking erfolgte offline aus dem B-Mode Bild. Von insgesamt 1656 untersuchten Segmenten

konnten 24 Segmente, aufgrund unzureichender Bildqualität, nicht ausgewertet werden. Im Vergleich ergaben sich für die circumferentielle Strain (Sc_{ant}) signifikant höhere Werte ($p=0,033$) in Gruppe 2 ($25,31 \pm 4,23\%$) im Vergleich zu Gruppe 3 ($17,77 \pm 6,93\%$). Die radiale Strain (Sr) zeigte im anterioren und anteroseptalen Segment signifikant (ant: $p=0,027$; antsept: $p=0,008$) niedrigere Werte in Gruppe 3 (ant: $43,49 \pm 22,91\%$; antsept: $47,84 \pm 12,7\%$) im Vergleich zu Gruppe 1 (ant: $64,04 \pm 16,25\%$; antsept: $61,89 \pm 26,25\%$). Die spätdiastolische radiale Strain Rate (SRrA) ergab signifikante Unterschiede in den anteroseptalen ($p=0,013$), lateralen ($p=0,038$) und septalen ($p=0,012$) Segmenten zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3. Die circumferentielle spätdiastolische Strain Rate (SRcA) zeigte im anterioren Segment ebenfalls einen signifikant höheren Wert in Gruppe 1 ($1,20 \pm 0,36$) im Vergleich zu Gruppe 3 ($0,70 \pm 0,52$).

Für alle Parameter wurde ein Mittelwert über alle Segmente berechnet und in die Statistik einbezogen. Die Varianzanalyse ergab für SRrA (über alle Segmente gemittelt) in Gruppe 1 ($1,470 \pm 0,29$) signifikant ($p=0,021$) niedrigere Werte im Vergleich zu Gruppe 2 ($1,07 \pm 0,23$) und auch signifikant ($p=0,024$) niedrigere Werte im Vergleich zu Gruppe 3 ($1,06 \pm 0,5$) (Abb. 4). Im Vergleich der über alle Segmente gemittelten radialen Strain zwischen den Gruppen ist eine Tendenz der Werte (Werte werden von Gruppe 1 bis 3 niedriger) zu erkennen, die jedoch nicht signifikant war (Abb. 5).

Die circumferentielle Verformung im posterioren Segment (Sc_{post}) war in Gruppe 1 während der Kolik ($-9,48 \pm 2,75$) signifikant ($p=0,047$) höher als bei der Entlassung ($-6,15 \pm 4,77$). Die Strain im lateralen Segment (Sc_{lat}) zeigte in Gruppe 2 eine signifikante Abnahme zwischen der Untersuchung während der akuten Kolik ($21,047 \pm 4,324\%$) und

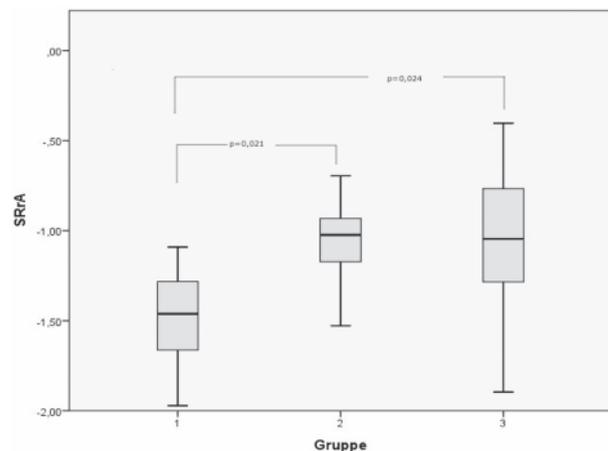


Abb. 4 Boxplot für SRrA, radiale spätdiastolische Verformung in Gruppe 1 bis 3. | Boxplot for SRrA, radial late diastolic deformation in groups 1 to 3.

Tab. 7 Mittelwerte und Standardabweichung, sowie Signifikanz der einzelnen Parameter während akuter Kolik und Entlassung (PW-Doppler). | Mean values and standard deviation as well as significance of the single parameters during acute colic and before discharge (PW-TDI).

Parameter	Gruppe	U ₁	U ₂	p
ET LW (cm/s)	2	404,62 ± 40,59	434,99 ± 23,12	0,031 *
ET LW (cm/s)	1	413,72 ± 21,14	443,92 ± 29,70	0,011 *
A_m LW (cm/s)	1	13,63 ± 2,47	12,10 ± 2,61	0,023 *
Ed IVS (ms)	1	137,16 ± 21,79	161,26 ± 31,61	0,028 *

dem Tag der Entlassung ($17,056 \pm 3,53\%$, Tab. 8). Für die radiale Verformung (Sr) war von der Erstuntersuchung zur Entlassung in den einzelnen Gruppen und Segmenten eine tendenzielle Zunahme der Werte erkennbar, die nicht signifikant war. Für Sc der einzelnen Segmente, in den 3 Gruppen, zeigte sich eher eine Abnahme der Werte. Für die Strain Rate der einzelnen Segmente ergaben sich im Vergleich der Untersuchungszeitpunkte keine signifikanten Unterschiede. Jedoch war, analog zur Strain, für die circumferentiellen Werte eine Tendenz zur Zunahme sichtbar und für die radiale Strain Rate meist eine Abnahme der Werte.

Diskussion

Für die Einteilung der Patienten war eine möglichst genaue Einschätzung des Schweregrads der Kolik wichtig. Deshalb wurde die spezielle Untersuchung des Verdauungstrakts, insbesondere die rektale Untersuchung und die Schmerzhaftigkeit neben der Kreislaufsituation in die Beurteilung einbezogen. Durch die Kombination des Gravity-Scores und des Shock-Scores (beides evaluierte Scoring-Methoden) war eine objektive Einteilung des Kolikschweregrades möglich. Die Gruppe 3 war jedoch zum zweiten Untersuchungszeitpunkt (bei der Entlassung) zahlenmäßig stark reduziert, da vier Pferde aus dieser Gruppe zu diesem Zeitpunkt bereits verstorben waren. Um dieses Problem zu lösen, müssten die Fallzahlen deutlich größer sein, oder die Untersuchungen könnten auf eine homogene Gruppe weniger stark erkrankter Tiere reduziert werden.

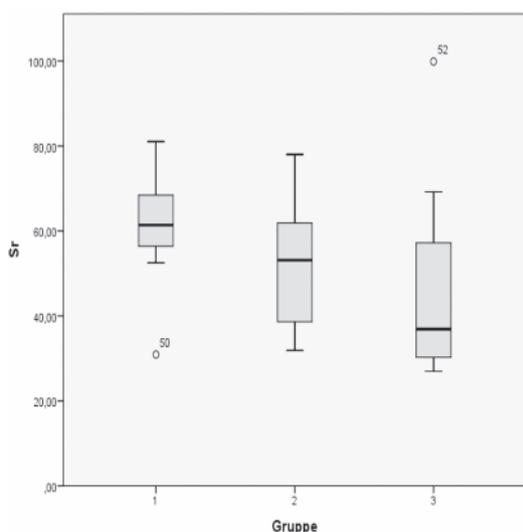


Abb. 5 Boxplot für Sr (radiale Strain) in den einzelnen Gruppen im Vergleich. | *Boxplot for Sr (radial Strain) in groups 1-3.*

Echokardiographie

Die Durchführbarkeit der Echokardiographie war trotz der speziellen Anforderungen durch die Notfallsituation gut. Die Aufnahmen des Myokardquerschnitts waren für einen geübten Untersucher mit geringem Zeitaufwand erstellbar. Selbst bei schweren Kolikern waren die Aufnahmen überwiegend verwendbar.

Vorbehandlung

Die medikamentelle Vorbehandlung der Pferde machte neben der Notfallsituation die Standardisierung der Untersuchung schwierig. Bei allen Pferden lag zwischen Behandlung durch den Haustierarzt und der echokardiografischen Untersuchung mindestens zwei Stunden. Es wurden 12 Pferde vom Haustierarzt mit Metamizol und Butylscopolamin vorbehandelt. Die Wirkung Butylscopolamin als Parasympatholytikum ist auf die Blockade muskarinerger Acetylcholinrezeptoren zurückzuführen, wodurch es zur Spasmyolyse der glatten Muskulatur kommt (Frey und Loscher 2002). Eine der Nebenwirkungen ist Tachykardie, die auch bei Pferden zu beobachten ist. Die Tachykardie kann bis zu einer halben Stunde andauern (Morton et al. 2011). Da aber bis zur Untersuchung mindestens 2 Stunden vergingen, konnte die Wirkung vernachlässigt werden. Ein Pferd wurde vor dem Transport in die Klinik mit Detomidin und Butorphanol sediert. Der Transport dauerte mehr als die 2 Stunden, so dass auch hier von keiner Beeinträchtigung der Ergebnisse auszugehen war. Die Untersuchungen der Patienten in der Klinik fanden bei der Mehrzahl ohne vorige Medikamentengabe statt. 5 Pferde mussten mit Xylazin sediert werden, da sie sich sehr schmerzhaft präsentierten. In diesen Fällen wurde mit der echokardiografischen Untersuchung mindestens 30 Minuten gewartet, um eine Beeinflussung der Messungen durch Bradykardie (Morton et al. 2011) zu vermeiden. Einzelne Pferde bekamen Metamizol oder auch Flunixin-Meglumin während der Untersuchung appliziert. Es wurde keine offensichtliche Wirkung auf die Herzfrequenz oder Puls beobachtet. Dennoch wäre natürlich ein standardisiertes Protokoll wünschenswert, was vielleicht bei einer größeren Fallzahl und weniger stark erkrankter Tiere durchführbar wäre.

Blutdruck

Die Messung des systolischen arteriellen Blutdrucks (SAP) mittels Schweifmanschette wurde von den Patienten gut toleriert. Der Vergleich der Gruppen während der U1 ergab keine

Tab. 8 Mittelwerte, Anzahl, Standardabweichung und Signifikanz (T-Test) der circumferentiellen Strain (Sc), ermittelt im 2D ST, während der Kolik und bei Entlassung für alle Gruppen. | *Number, mean values, standard deviation and significance (t-test) of circumferential strain (Sc), in 2D-ST during acute colic (U1) and before discharge (U2).*

		Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
		M ± SD	p	M ± SD	p	M ± SD	p
Sc lat (%)	U1	-16,91 ± 5,63	0,368	-21,05 ± 4,32	0,047 *	-15,31 ± 6,48	0,144
	U2	-15,08 ± 7,29		-17,06 ± 3,53		-18,73 ± 5,93	
Sc post (%)	U1	-9,48 ± 2,75	0,047 *	-12,02 ± 4,83	0,619	-11,48 ± 7,54	0,685
	U2	-6,15 ± 4,77		-10,90 ± 5,07		-12,49 ± 8,01	

Sc= Circumferentielle Strain (in einzelnen Myokardsegmenten(ant= anterior, antsept = anteroseptal, lat = lateral, post = posterior, inf = inferior, sept = septal)

signifikanten Unterschiede. Im Vergleich der Untersuchungstage waren in Gruppe 1 und Gruppe 2 die Werte signifikant höher bei akuter Kolik (U1) im Vergleich zur Entlassung (U2). Die nicht invasive Blutdruckmessung wurde bei gesunden Pferden (Olsen et al. 2016) und Pferden in Allgemeinanästhesie (Drynan et al. 2016) mit invasiver Blutdruckmessung verglichen. Die Genauigkeit der nicht invasiven Blutdruckmessung ist für den klinischen Gebrauch akzeptabel, jedoch ist die Bestimmung des mittleren arteriellen Blutdrucks (MAP) empfohlen (Olsen et al. 2016). In der eigenen Studie wurden aufgrund der begrenzten Zeit in der Notfallsituation nur der SAP gemessen, da dieser für das Scoring System bzw. die Gruppeneinteilung nötig war.

Laborparameter der Blutuntersuchungen

Die Blutuntersuchung ergab signifikante Unterschiede des Hämatokrits und des Laktats, sowohl zwischen den Gruppen 1 und 3, als auch in Gruppe 3 zwischen den Untersuchungstagen. Beide Parameter wurden außerdem zur Bestimmung des Shock Scores und damit zur Einteilung der Pferde genutzt. In der Pferdemedizin, insbesondere in der Kolikbehandlung, ist ein erhöhter Laktatwert sowohl in der Peritonealflüssigkeit, als auch im Blut prognostisch aussagekräftig (Boom et al. 2010, Radcliffe et al. 2012). Viele Studien konnten Signifikanzen zwischen Höhe des Laktatwertes und Überlebensrate sowie Ausmaß der Darmwandschädigung feststellen (Delesalle et al. 2007, Johnston et al. 2007, Boom et al. 2010, Tennent-Brown et al. 2010, Radcliffe et al. 2012). Daneben zeigte sich auch die Blutglukose in Gruppe 1 im Vergleich der akuten Kolik zur Entlassung (T-Test) signifikant niedriger bei Entlassung. Im Gruppenvergleich konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, wobei die Mittelwerte in Gruppe 3 am höchsten waren und in Gruppe 1 am niedrigsten. Glukose spielt in der Intensivmedizin auch prognostische eine große Rolle (Underwood et al. 2010). Pferde mit schwerer Kolik sind häufig hyperglykämisch, was durch eine Insulinresistenz aufgrund der Endotoxämie erklärt werden kann (Toth et al. 2009, Cook und Hassel 2014). Die Ergebnisse der eigenen Studie decken sich mit anderen Studien. In Gruppe 3 konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden, obwohl sie in der Gruppe der Pferde mit schwerer Kolik zu erwarten wären. Die niedrige Fallzahl könnte dafür eine Erklärung sein.

Kardiales Troponin I (cTnI)

In der vorliegenden Studie wurde cTnI während der akuten Kolik und bei Entlassung gemessen. Zwischen den Gruppen waren keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Die Mittelwerte lagen in allen drei Gruppen deutlich über dem Detektionsniveau, allerdings bewegten sich die Werte noch in der Norm für gesunde Pferde (Cutoff 0,15 ng/ml).

Im Vergleich zwischen den Untersuchungstagen zeigte sich eine leichte Tendenz zur Zunahme der Troponin I-Werte. Der Median während und nach der Kolik war zwar ähnlich, jedoch war der Wertebereich nach der Kolik deutlich größer und die Ausreißer waren extremer. In einer anderen Studie konnte ein Zusammenhang zwischen cTnI und der Schwere bzw. Art der Kolik hergestellt werden. Es wurde von einem Cutoff von 0,1 ng/ml ausgegangen (Diaz et al. 2014). Dane-

ben haben Nath et al. (2012) mit einem sensitiveren Immunoassay (Nachweisgrenze bei 0,006 ng/ml) Werte über 0,03 ng/ml als pathologisch angesehen und hatten dabei mehr Pferde mit erhöhten Werten in der Gruppe der Verstorbenen, als in der Gruppe der Überlebenden.

In der vorliegenden Arbeit wurde cTnI durch ein externes Labor bestimmt, das 0,35 ng/ml als Cutoff angibt. Es gab einige Werte über der Grenze und nur 5 der 70 Messungen waren unter der Nachweisgrenze von 0,01 ng/ml. Massive Myokardschädigungen bei Myokarditis, oder auch experimentell ausgelöste Myokardschäden, sind je nach verwendetem Test durch cTnI-Werte von 3–10 ng/ml gekennzeichnet (Kraus et al. 2010, Nath et al. 2011). Unsere Ergebnisse deuten an, dass möglicherweise eine geringe Myokardschädigung während der Kolik aufgetreten ist.

Standardechokardiographie

Die Standardmessungen wurden nach einer validierten und etablierten Methode (Stadler 1988) bei allen Patienten durchgeführt und so primäre, klinisch bedeutsame Herzerkrankungen ausgeschlossen. Da die Zeit während der Eingangsuntersuchung auf wenige Minuten begrenzt war, wurde die komplette Herzuntersuchung am Tag der Entlassung durchgeführt.

Die Untersuchungen mittels M-Mode lieferten weder signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, noch zwischen den Untersuchungstagen. Ausnehmend IVSd zwischen Gruppe 1 und 3 und LVFWs zwischen Gruppe 2 und 3 (jeweils $p=0,036$). Die Ergebnisse der M-Mode Messungen deckten sich mit anderen vergleichbaren Studien. Schefer et al. (2010) konnten keine signifikanten Unterschiede vor und nach Belastung feststellen. Underwood et al. (2011) untersuchten dehydrierte Pferde und konnten dabei eine signifikante Zunahme der Wanddicke des IVS und der LVW während der Diastole aufzeigen. In der vorliegenden Studie unterschieden sich Gruppe 1 und 3 ebenfalls im Hydrationsstatus, was eine Erklärung für diese Parallelität sein kann. Die Dickenzunahme ohne gleichzeitige Veränderung der LV-Masse, der FS, oder der systolischen Zunahme, spricht für eine sog. Pseudohypertrophie. Dieses Phänomen tritt beispielsweise auch bei Katzen auf und kann durch vorliegende Parameter von einer tatsächlichen hypertrophen Kardiomyopathie abgegrenzt werden (Campbell und Kittleson 2007).

Farbgewebedoppler (FGD)

Die Mittelwerte der mittels Farbgewebedoppler gemessenen Myokardgeschwindigkeiten und der Zeitintervalle entsprechen den Werten aus anderen Studien beim gesunden Pferd (Spieker 2006, Gehlen et al. 2009, Schwarzwald et al. 2009, Klaus 2010).

In der vorliegenden Studie war insgesamt ein Trend zur Abnahme der Myokardgeschwindigkeiten von Gruppe 1 bis Gruppe 3 zu erkennen. In der linken Ventrikelwand (LVW) zeigte die frühdiastolische Myokardgeschwindigkeit ein signifikant niedrigere Werte in Gruppe 3 im Vergleich zu Gruppe 2. Bei den Zeitintervallen war ET signifikant höher in Gruppe 1, sowohl im Vergleich zu Gruppe 2, als auch im Vergleich zu

Gruppe 3. Für die RVW und das IVS waren ähnliche Trends (niedrigere Werte von Gruppe 1 zu Gruppe 3) der Werte erkennbar, jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die Verringerung der ET lässt sich, wie auch in anderen Studien durch die erhöhte Herzfrequenz erklären (Schefer et al. 2010). Borde et al. (2011) untersuchte Pferde im Schock und erhielt für ET ebenfalls eine signifikante Erhöhung bei Pferden im Schock. Die Myokardspitzengeschwindigkeiten Sm, Em und Am erhöhten sich bei Belastung und steigender Herzfrequenz (Iversen 2008, Schefer et al. 2010). Da während einer Kolik v.a. die Herzfrequenz steigt, ist der Zustand mit einer körperlichen Belastung vergleichbar. Der hier beobachtete signifikant niedrigere Wert von Em zwischen Gruppe 2 und 3 lässt sich durch das Schockgeschehen erklären. Man kann von einer Belastung durch Endotoxine ausgehen, die eine Reduktion des venösen Rückflusses und eine myokardiale Depression verursachen. Die zugrunde liegende Pathophysiologie ist nicht gänzlich bekannt, aber es gibt mehrere Hypothesen aus der Humanmedizin (Rudiger und Singer 2007), die wahrscheinlich auf das Pferd übertragbar sind. Es wird von einer hohen Produktion von Stickoxidverbindungen in den Herzmuskelzellen ausgegangen, die durch zytopathologische Hypoxie negativ inotrop wirken. Daneben hemmen Endotoxine den Kalziumtransport, wodurch die Kalziumsensitivität der Ionenkanäle vermindert wird und so die β -adrenerge Stimulation der Herzmuskelzellen herabgesetzt ist.

Beim Vergleich der Untersuchungstage war in der Gruppe 1 eine signifikante Reduktion von Am und dem Verhältnis von Em/Am in der linksventrikulären Hinterwand festzustellen. Außerdem vergrößerte sich ET in der rechten Ventrikelwand signifikant. In Gruppe 2 waren ebenfalls ET, sowohl in der rechten, als auch in der linken Ventrikelwand, signifikant größer bei Entlassung (U2), im Vergleich zu akuten Kolik (U1). Außerdem war auch Am (gemessen im IVS) signifikant niedriger in der U2 und folglich das Verhältnis von Em/Am signifikant erhöht. In Gruppe 3 zeigte sich Sm im IVS signifikant höher während der Kolik (U1), im Vergleich zur Entlassung (U2). In dieser Gruppe von Pferden mit schwerer Kolik verstarben vier Pferde (2 Pferde am Tag nach der Operation und 2 Pferde wurden aufgrund der schlechten Prognose präoperativ euthanasiert), wodurch die Zahl der Entlassungsuntersuchungen in dieser Gruppe sehr gering war. Dadurch konnten hier kaum signifikante Unterschiede festgestellt werden, obwohl die Pferde in Gruppe 3 bei Einweisung am stärksten erkrankt waren. Ein weiterer Grund hierfür könnte der Zeitpunkt der zweiten Untersuchung sein. Beim Menschen ist bekannt, dass systolische oder diastolische Dysfunktionen aufgrund von Sepsis sieben bis zehn Tagen andauern können (Rudiger und Singer 2007). Es ist also denkbar, dass die systolischen, oder diastolischen Funktionseinschränkungen bei der Folgeuntersuchung noch vorhanden waren. Die Geschwindigkeiten des Myokards sind abhängig von der Vorlast und Herzfrequenz. Die erniedrigte Vorlast (die Myokardgeschwindigkeiten negativ beeinflusst), bei Endotoxämie und die erhöhte Herzfrequenz (die Myokardgeschwindigkeiten positiv beeinflusst) in Gruppe 3 wirkten wahrscheinlich gegensätzlich.

PW-Gewebedoppler

Neben dem Farbgewebedoppler wurden in vorliegender Studie auch Myokardgeschwindigkeiten und Zeitintervalle mittels

PW-Gewebedoppler bestimmt. Die Messungen im PW-Doppler zeigten Unterschiede zwischen den Gruppen. Tendenziell zeigten sich niedrigere Geschwindigkeiten von leichter Kolik über mittelschwere zu schwerer Kolik (Gruppe 1 zu Gruppe 3), die jedoch nur zwischen Gruppe 1 (leichte Kolik) und Gruppe 3 (schwere Kolik) signifikant war. Eine andere Studie zeigte, dass sich unter Belastung die Myokardgeschwindigkeiten erhöhen (Iversen 2008). Jedoch lieferte eine Studie von Schefer et al. (2010) ein gegenteiliges Ergebnis. Diese Ergebnisse decken sich mit der vorliegenden Studie. In Gruppe 3 war die durchschnittliche Herzfrequenz höher, als in Gruppe 1, was einer körperlichen Belastung gleichkommt, aber die Myokardgeschwindigkeiten wurden mit steigendem Schweregrad der Kolik niedriger.

Insgesamt lagen die gemessenen Geschwindigkeiten jedoch höher, als die mittels Farbgewebedoppler (FGD) bestimmten Geschwindigkeiten, was sich mit vielen anderen Studien deckt (Klaus 2010, Schefer et al. 2010, Neukirch 2011, Declodt et al. 2013, McConachie et al. 2013, Borde et al. 2014). Ein Grund dafür könnte die verwendete schnelle Fourier Transformation (FFT) beim PW-Doppler sein, die einem gemittelten Algorithmus durch Autokorrelation beim FGD gegenüber steht (Klaus 2010, Schefer et al. 2010).

In der LFWW waren die Maximalgeschwindigkeiten Sm, Em und Am während der Kolik (U1) signifikant erniedrigt zwischen Gruppe 1 und 3 und Gruppe 2 und 3. Es bestand ein Zusammenhang zwischen Schweregrad der Kolik und erniedrigten Myokardgeschwindigkeiten. Borde et al. (2014) untersuchten Pferde, die wegen Kolik vorgestellt wurden und SIRS entwickelten. Eine signifikante Erniedrigung von Em konnte bei den verstorbenen Pferden, im Vergleich zu den überlebenden Pferden festgestellt werden. Die hier gemessenen Werte sprechen für eine Beeinträchtigung der Myokardfunktion durch die akute Kolik, die stärker ist, als der Einfluss der Herzfrequenz. Wobei sich die Werte hier trotzdem in den angegebenen Normbereichen bewegten (Marr 2010).

Verformungsmessungen mittels 2D-Strain

Die Bestimmung der radialen und circumferentiellen Strain und Strain Rate war insgesamt gut durchführbar. Nur 24 von insgesamt 1656 Myokardsegmenten (3 Messungen pro Pferd und Untersuchung) konnten nicht ausgewertet werden. Eine Erklärung ist die Longitudinalbewegung des Myokards, die zu einer Bewegung aus der Betrachtungsebene führt und so die radiale und circumferentielle Messung beeinträchtigen kann. Daneben ist die Bildrate in der vorliegenden Studie mit 54 zwar innerhalb des empfohlenen Bereichs von 40–90 BPS (Støylen 2011), könnte jedoch zu Unterabtastung führen. Der Bildwinkel hingegen war mit 50° bei großen Pferden teilweise sehr knapp bemessen, wodurch die lateralen Segmente nicht immer gut darstellbar waren. Die Mittelwerte sind mit den Ergebnissen anderer Studie vergleichbar (Schwarzwald et al. 2009, Schefer et al. 2010).

Für die circumferentielle Strain (Sc ant) ergaben sich eine signifikant niedrigere Werte zwischen Gruppe 2 und Gruppe 3 während der U1. Die radiale Strain (Sr) zeigte im anterioren und anteroseptalen Segment in Gruppe 1 signifikant nie-

drigere Werte als in Gruppe 3. Die spätdiastolische radiale Strain Rate (SRa) ergab signifikante Unterschiede in den anteroseptalen, lateralen und septalen Segmenten zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3. Die circumferentielle spätdiastolische Strain Rate zeigte ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3, im anterioren Segment. Die über alle Myokardsegmente gemittelten Werte ergaben bei SRa in Gruppe 1 signifikant niedrigere Werte als in Gruppe 2 und Gruppe 3. Bei Belastung, ab einer Herzfrequenz von 100/min, wird die radiale Strain verringert und die Strain Rate erhöht (Schefer et al. 2010). Decloedt et al. (2013) untersuchten ebenfalls die Durchführbarkeit der Verformungsmessung mittels 2D-ST auf 2 Ebenen und konnten die radiale Strain und Strain Rate verlässlicher einstufen, als die circumferentielle. Eine Studie aus der Humanmedizin ermittelte eine gute Sensitivität des 2DSt für die Erkennung von Hypokinesie und Akinesie der Myokardregionen (Becker et al. 2006). Hier wurden die gemessenen Werte mit MRT-Untersuchungen, dem Goldstandard für Verformungsmessungen, verglichen. Beim Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Studie, ergaben sich jeweils einzelne Myokardsegmente die Hypokinesie aufwiesen, was jedoch auch als Messfehler bzw. Artefakte interpretiert werden kann (Schefer et al. 2010). Beim Pferd wurden S und SR auch in Sedation (Nagel 2012) und in Allgemeinanästhesie (Wittschorek 2016) untersucht. Es konnten jeweils signifikant erniedrigte Werte festgestellt werden, was auf die kardiodepressive Wirkung der verabreichten Medikamente zurückzuführen ist. Die Abnahme von S und SR in der vorliegenden Studie von Gruppe 1 zu Gruppe 3 lässt auf eine Beeinflussung der Kolik und damit der Kreislaufsituation auf die Myokardfunktion schließen. Für eine genaue klinische Einschätzung sind jedoch weitere Studien mit größeren Fallzahlen nötig. Außerdem wurde hier auf eine genaue Messung der Synchronität (die 2D-ST Software ermöglicht auch die Rotation und Synchronität zu untersuchen) verzichtet, was für weitere Studien interessant wäre, um die Bedeutung beim Pferd weiter zu erforschen.

Ausblick

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass Gewebedoppler-Untersuchungen und Speckle Tracking auch in Notfallsituationen schnell durchführbar sind. Die Ergebnisse lassen auf eine deutliche Beeinträchtigung der Myokardfunktion während einer akuten Kolik schließen. Die Früherkennung betroffener Patienten könnte die Prognose insbesondere auch für mögliche kardiologische Zwischenfälle in möglicherweise erforderlichen Allgemeinanästhesien zur Beseitigung der Kolikursache verbessern. Neben der Weiterentwicklung der Technik sind weitere Studien erforderlich, um den klinischen Gebrauch zu etablieren.

Literatur

- Adams J. E., Abendschein D. R. (1993). "Biochemical markers of myocardial injury. Is MB creatine kinase the choice for the 1990s?" *Circulation* 88, 750-763
- Basbugan Y., Agaoglu Z. (2010). "An investigation on serum troponin concentration in healthy ruminants." *Kafkas Univ. Vet. Fakult. Derg.* 16, 641-64

- Becker M., Bilke E., Kuhl H., Kato M., Kramann R., Franke A., Bucker A., Hanrath P., Hoffmann R. (2006) Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function. *Heart* 92, 1102-1108; DOI 10.1136/hrt.2005.077107
- Boom R. v. d., Butler C. M., Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M. S. v. (2010) The usability of peritoneal lactate concentration as a prognostic marker in horses with severe colic admitted to a veterinary teaching hospital. *Equine Vet. Educ.* 22, 420-425; DOI 10.1111/j.2042-3292.2010.00093.x
- Borde L., Amory H., Grulke S., Leroux A. A., Houben R. M., Detilleux J., Sandersen C. C. (2014) Prognostic value of echocardiographic and Doppler parameters in horses admitted for colic complicated by systemic inflammatory response syndrome. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 24, 302-310; DOI 10.1111/vec.12177
- Borde L., Amory H., Leroux A. A., Alhaidar A., Bordet F. I., Detilleux J., Sandersen C. C. (2011) Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function in colic horses. *J. Equine Vet. Sci.* 31, 481-487; DOI 10.1016/j.jevs.2011.01.011
- Campbell F. E., Kittleson M. D. (2007) The effect of hydration status on the echocardiographic measurements of normal cats. *J. Vet. Intern. Med.* 21, 1008-1015. DOI 10.1111/j.1939-1676.2007.tb03057.x
- Cook V. L., Hassel D. M. (2014) Evaluation of the Colic in Horses: Decision for Referral. *Veterinary Clinics of North America: Equine Pract.* 30, 383-398; DOI 10.1016/j.cveq.2014.04.001
- Decloedt A., Verheyen T., Sys S., De Clercq D., van Loon G. (2013) Evaluation of tissue Doppler imaging for regional quantification of radial left ventricular wall motion in healthy horses. *Am. J. Vet. Res.* 74, 53-61; DOI 10.2460/ajvr.74.1.53
- Decloedt A., Verheyen T., Sys S., De Clercq D., van Loon G. (2013) Two-dimensional speckle tracking for quantification of left ventricular circumferential and radial wall motion in horses. *Equine Vet. J.* 45, 47-55; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00549.x
- Delesalle C., Dewulf J., Lefebvre R. A., Schuurkes J. A. J., Proot J., Lefere L., Deprez P. (2007) Determination of Lactate Concentrations in Blood Plasma and Peritoneal Fluid in Horses with Colic by an Accusport Analyzer. *J. Vet. Intern. Med.* 21, 293-301. DOI 10.1111/j.1939-1676.2007.tb02963.x
- Diaz O. M., Durando M. M., Birks E. K., Reef V. B. (2014) Cardiac troponin I concentrations in horses with colic. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 245, 118-125; DOI 10.2460/javma.245.1.118
- Drynan E. A., Schier M., Raisis A. L. (2016) Comparison of invasive and noninvasive blood pressure measurements in anaesthetized horses using the Surgivet V9203. *Vet. Anaesth. Analg.* 43, 301-308; DOI 10.1111/vaa.12297
- Frey H.-H., Loscher W. (2002) *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*, Enke Stuttgart
- Gehlen H., Iversen C., Stadler P. (2009) Tissue Doppler Imaging in the horse. *Pferdeheilkunde* 25, 4-10; DOI 10.21836/PEM20090101
- Gehlen H., Stadler P., Deegen E. (1998) Grading of equine mitral valve insufficiency by colour flow doppler echocardiography. [German]. *Pferdeheilkunde* 14, 303-314; DOI 10.21836/PEM19980404
- Grulke S., Olle E., Detilleux J., Gangl M., Caudron I., Serteyn D. (2001) Determination of a gravity and shock score for prognosis in equine surgical colic. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 48, 465-473; DOI 10.1046/j.1439-0442.2001.00374.x
- Iversen C. (2008) *Gewebedopplerechokardiographie bei Warmblutpferden in Ruhe und nach Belastung*. Diss. Med. Vet. Hannover
- Johnston K., Holcombe S. J., Hauptman J. G. (2007) Plasma Lactate as a Predictor of Colonic Viability and Survival After 360° Volvulus of the Ascending Colon in Horses. *Vet. Surg.* 36, 563-567; DOI 10.1111/j.1532-950X.2007.00305.x
- Klaus C. S. (2010) *Gewebedoppler-Echokardiographie (GDE) beim Pferd: Schnittebenen der myokardialen Wandbewegungsanalyse*. Mensch & Buch Verlag Berlin
- Kraus M. S., Jesty S. A., Gelzer A. R., Ducharme N. G., Mohammed H. O., Mitchell L. M., Soderholm L. V., Divers T. J. (2010) Measurement of plasma cardiac troponin I concentration by use of a point-of-care analyzer in clinically normal horses and horses with experimentally induced cardiac disease. *Am. J. Vet. Res.* 71, 55-59. DOI 10.2460/ajvr.71.1.55

- Marr C. M. B. (2010). *Cardiology of the Horse*, Elsevier
- McConachie E., Barton M. H., Rapoport G., Giguère S. (2013) Doppler and Volumetric Echocardiographic Methods for Cardiac Output Measurement in Standing Adult Horses. *J. Vet. Intern. Med.* DOI 10.1111/jvim.12034
- Morton A. J., Varney C. R., Ekiri A. B., Grosche A. (2011) Cardiovascular effects of N-butylscopolammonium bromide and xylazine in horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 43, 117-122
- Nagel D. (2012). Die Auswirkungen des 2-Adrenozeptor-Agonisten Romifidin auf die Myokardfunktion des Pferdes, gemessen mit der Gewebedopplerechokardiographie und dem 2D Speckle Tracking, Diss. Med. Vet. München
- Nath L. C., Anderson G. A., Forbes G., Hinchcliff K. W., Savage C. J. (2011). Serum cardiac troponin I concentrations in horses with cardiac diseases. *St Leonards, Equine Veterinarians Australia.*
- Nath L. C., Anderson G. A., Hinchcliff K. W., Savage C. J. (2012) Clinicopathologic evidence of myocardial injury in horses with acute abdominal disease. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 241, 1202-1208; DOI 10.2460/javma.241.9.1202
- Neukirch S. (2011). Gewebedopplerechokardiographische Untersuchung der Wirkung des Beta-2-Sympathomimetikums Clenbuterol auf den Herzmuskel gesunder und an RAO erkrankter Pferde. Mensch und Buch Verlag Berlin
- Olsen E., Pedersen T. L. S., Robinson R., Haubro Andersen P. (2016) Accuracy and precision of oscillometric blood pressure in standing conscious horses. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 26, 85-92; DOI 10.1111/vec.12411
- Orsini J. A. (2011) A fresh look at the process of arriving at a clinical prognosis Part 2: Colic. *J. Equine Vet. Sci.* 31, 370-378; DOI 10.1016/j.jevs.2011.05.018
- Radcliffe R. M., Divers T. J., Fletcher D. J., Mohammed H., Kraus M. S. (2012) Evaluation of L-lactate and cardiac troponin I in horses undergoing emergency abdominal surgery. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 22, 313-319; DOI 10.1111/j.1476-4431.2012.00744.x
- Rudiger A., Singer M. (2007) Mechanisms of sepsis-induced cardiac dysfunction. *Crit. Care Med.* 35, 1599-1608; DOI 10.1097/01.ccm.0000266683.64081.02
- Schefer K. D., Bitschnau C., Weishaupt M. A., Schwarzwald C. C. (2010) Quantitative analysis of stress echocardiograms in healthy horses with 2-dimensional (2D) echocardiography, anatomical M-mode, tissue Doppler imaging, and 2D speckle tracking. *J. Vet. Intern. Med.* 24, 918-931; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0542.x
- Schwarzwald C. C., Schober K. E., Berli A. S. J., Bonagura J. D. (2009) Left ventricular radial and circumferential wall motion analysis in horses using strain, strain rate, and displacement by 2D speckle tracking. *J. Vet. Intern. Med.* 23, 890-900; DOI 10.1111/j.1939-1676.2009.0321.x
- Schwarzwald C. C., Schober K. E., Bonagura J. D. (2009) Methods and reliability of tissue Doppler imaging for assessment of left ventricular radial wall motion in horses. *J. Vet. Intern. Med.* 23, 643-652; DOI 10.1111/j.1939-1676.2009.0287.x
- Spieker E. P. (2006). Gewebe-Doppler-Echokardiographie beim Pferd: eine Pilotstudie. Mensch-und-Buch-Verlag Berlin
- Stadler P. (1988) Echocardiography in the horse. *Physical-technical basis. Pferdeheilkunde* 4, 111-115; DOI 10.21836/PEM1988 0302
- Støylen A. (2011) Basic ultrasound, echocardiography and Doppler for clinicians." 2013, from <http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/Ultrasound/index.html>
- Tennent-Brown B. S., Wilkins P. A., Lindborg S., Russell G., Boston R. C. (2010) Sequential Plasma Lactate Concentrations as Prognostic Indicators in Adult Equine Emergencies. *J. Vet. Intern. Med.* 24, 198-205; DOI 10.1111/j.1939-1676.2009.0419.x
- Tinker M. K., White N. A., Lessard P., Thatcher C. D., Pelzer K. D., Davis B., Carmel D. K. (1997) Prospective study of equine colic incidence and mortality. *Equine Vet. J.* 29, 448-453; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb03157.x
- Toth F., Frank N., Chamerooy K. A., Bostont R. C. (2009) Effects of endotoxaemia and carbohydrate overload on glucose and insulin dynamics and the development of laminitis in horses. *Equine Vet. J.* 41, 852-858; DOI 10.2746/042516409x479027
- Underwood C., Norton J. L., Nolen-Walston R. D., Dallap-Schaer B. L., Boston R., Slack J. (2011) Echocardiographic changes in heart size in hypohydrated horses. *J. Vet. Intern. Med.* 25, 563-569; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0612.x
- Underwood C., Southwood L. L., Walton R. M., Johnson A. L. (2010) Hepatic and metabolic changes in surgical colic patients: a pilot study. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 20, 578-586; DOI 10.1111/j.1476-4431.2010.00597.x
- Wittschorek J. (2016) Echokardiographische Untersuchung zum Einfluss der Allgemeinanästhesie auf die Myokardkontraktilität beim Pferd, Diss. Med. Vet. FU Berlin