



Open access

DOI 10.2376/0032-681X-17-33

Klinik für Pferde, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover<sup>1</sup>, und Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover<sup>2</sup>

Originalartikel | Peer-reviewed | Eingegangen: 17.02.2017 | Angenommen: 05.05.2017

## Vergleich von Injektionsnarkose-Protokollen bei der Kastration von Warmbluthengsten

Lara Twele<sup>1</sup>, Klaus Hopster<sup>1</sup>, Astrid Bienert-Zeit<sup>1</sup>, Karl Rohn<sup>2</sup>, Sabine Kästner<sup>1</sup>

Korrespondenzadresse: lara.twele@tiho-hannover.de

**Zusammenfassung** Das Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss von zwei etablierten Injektionsnarkose-Protokollen als Triple-Drip-Infusionsanästhesie (Xylazin und Ketamin in 5%iger Guaifenesin-Lösung) und wiederholten Bolus-Applikationen (Xylazin, Ketamin) hinsichtlich Operations-, Anästhesie- und Aufstehqualität bei der Hengstkastration unter Feldbedingungen zu vergleichen. Zudem erfolgte eine Evaluierung des Einflusses von intratestikulär appliziertem Lidocain.

Dazu wurden 49 Hannoveraner Hengste randomisiert in vier Gruppen eingeteilt. Nach Prämedikation (Flunixin-Meglumin, Xylazin, Butorphanol) und Anästhesieeinleitung (Diazepam, Ketamin) erfolgte die Aufrechterhaltung in Gruppe BOLUS mit wiederholten Applikationen von Xylazin (0,25 mg/kg KG) und Ketamin (1 mg/kg KG) in Abständen von zehn Minuten und in Gruppe DRIP mittels Dauertropfinfusion von Xylazin (1 mg/kg/h), Ketamin (4 mg/kg/h) und Guaifenesin (100 mg/kg/h). In beiden Gruppen wurde präoperativ entweder Lidocain (200 mg) oder Kochsalzlösung (10 ml) in beide Hoden verabreicht. Sowohl der Anästhesist als auch der Chirurg waren bezüglich der Gruppeneinteilungen verblindet. Die Anästhesiequalität wurde mittels eines einfach beschreibenden Scores beurteilt. Die Operationsqualität wurde anhand des Tonus des M. cremaster (Score 1–4) und die Aufwachqualität mithilfe eines Scores von 11–100 (Clark-Price et al. 2008) bewertet. Für die statistische Auswertung wurde ein Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$  verwendet.

Die Operationsqualität war in Gruppe DRIP besser als in Gruppe BOLUS und wurde durch die intratestikuläre Injektion von Lidocain nochmals verbessert. In Gruppe DRIP war die Aufstehphase kürzer (21 Minuten) und besser (15 Punkte) als in Gruppe BOLUS (42 Minuten; 22 Punkte).

Zusammenfassend bot die Infusionsnarkose mittels Triple-Drip, bestehend aus Xylazin, Ketamin und Guaifenesin, eine bessere Operationsqualität und kürzere und sicherere Aufstehphase im Vergleich zur wiederholten Bolus-Applikation. Die intraoperative Nozizeption konnte durch die Lokalanästhesie der Hoden verringert und die Operationsqualität damit verbessert werden.

**Schlüsselwörter** TIVA, Feldanästhesie, Triple-Drip, Lidocain

### Comparison of intravenous anaesthesia protocols for castration

**Summary** The aim of this study was to compare effects of xylazine-ketamine-guaifenesin infusion (triple-drip) with intermittent xylazine-ketamine injection on quality of anaesthesia, surgery and recovery for castration under field conditions. Further, effects of intra-testicular lidocaine were evaluated.

Forty-nine Hanoverian stallions were randomized into four groups. After premedication (flunixin-meglumine, xylazine, butorphanol) and induction (diazepam, ketamine), anaesthesia was maintained either with intermittent boli of xylazine (0.25 mg/kg bodyweight) and ketamine (1 mg/kg bodyweight) every ten minutes (group BOLUS) or a continuous rate infusion of xylazine (1 mg/kg/h), ketamine (4 mg/kg/h) and guaifenesin (100 mg/kg/h) (group DRIP). In both groups either lidocaine (200 mg) or saline (10 ml) was injected intra-testicularly. Surgeon and anaesthetist were blinded to the anaesthesia protocol. Quality of anaesthesia was evaluated by means of a simple descriptive score. Further, quality of surgery (cremaster-tone: 1–4) and recovery (Clark-Price et al. 2008) were scored. For data analysis alpha was adjusted to 0.05.

Surgical quality was significantly better in group DRIP than in group BOLUS and was further improved by intra-testicular injection of lidocaine. Duration of recovery was significantly longer in group BOLUS (42 minutes) with inferior quality (22 points) compared to group DRIP (21 minutes and 15 points).

Based on these results we conclude that maintenance of anaesthesia using a triple-drip infusion with xylazine, ketamine and guaifenesin improved quality of surgery and recovery compared to repeated bolus application of xylazine and ketamine. The local anaesthesia of the testis reduced intraoperative nociception and improved quality of surgery.

**Keywords** TIVA, field anaesthesia, triple-drip, lidocaine

## Einleitung

Kastrationen von Hengsten gehören zu den häufigsten elektiven chirurgischen Eingriffen (Searle et al. 1999). Obwohl Kastrationen am stehenden Pferd durchgeführt werden können, bietet die Kastration in Allgemeinanästhesie ein höheres Maß an Sicherheit für den Chirurgen. Darüber hinaus ist die Durchführung einer bedeckten Kastration möglich, wodurch die Risiken von Komplikationen wie Netz- oder Darmvorfälle minimiert werden können. Allgemeinanästhesien unter „Feldbedingungen“ sind im Vergleich zu Inhalationsnarkosen mit einem deutlich geringeren technischen Aufwand verbunden (Kästner 2010). Um die Sicherheit für Mensch und Tier zu gewährleisten, werden klare Anforderungen an das Narkoseprotokoll gestellt. Die verwendeten Medikamente sollten einfach anzuwenden und gut steuerbar sein. Wünschenswert sind ruhige Einleitungsphasen und das schnelle Erreichen einer adäquaten und gleichmäßigen Anästhesietiefe sowie einer ausreichenden Muskelrelaxation. Insbesondere bei bedeckter Kastration ist das Erreichen einer guten Relaxation des M. cremaster vorteilhaft, um die Operationsqualität zu verbessern. Zudem sollten die verwendeten Medikamente nur geringe kardiopulmonale depressive Eigenschaften aufweisen und die Anästhesiedauer ist so kurz wie möglich zu halten (Staffieri und Driessen 2007). Die Aufstehphase ist eine der kritischsten Phasen der Anästhesie. Eine assistierte Aufstehphase im Feld ist zwar möglich, erfordert jedoch Erfahrung und größeren personellen Aufwand. Deshalb sollten das Narkoseprotokoll und die Umgebung so gewählt werden, dass das Aufstehen möglichst kontrolliert und sicher erfolgen kann. Injektionsanästhesien stellen bei Eingriffen im Feld das Mittel der Wahl dar (Staffieri und Driessen 2007). In der Pferdepraxis hat sich die totale intravenöse Anästhesie (TIVA) zur Narkoseerhaltung bewährt, wobei zahlreiche Ketamin-basierte Protokolle beschrieben sind (Yamashita und Muir 2009).

Für kurze Eingriffe (< 30 Minuten) im Feld hat sich die wiederholte Bolus-Applikation als ein etabliertes und sicheres Verfahren herausgestellt (Heess und Schatzmann 2003, Kaegi et al. 1988, Marntell et al. 2006, McCarty et al. 1990, Muir et al. 1977, Schmidt-Oechtering et al. 1990). Zum Einsatz kommen meist Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten in Kombination mit einem dissoziativen Anästhetikum (Yamashita und Muir 2009). Die von Muir et al. (1977) erstmals beschriebene Xylazin-Ketamin-Anästhesie hat sich aufgrund ihrer kurzen Wirkdauer, der verlässlichen Anästhesietiefe und der sicheren Aufwachphasen durchgesetzt (Hall und Taylor 1981, Muir et al. 1977). Da unter Ketamin-basierten Anästhesien sowohl die Schutzreflexe als auch ein Nystagmus erhalten bleiben (Muir et al. 1977), sollte eine Verlängerung der Anästhesiedauer durch wiederholte Xylazin-Ketamin-Boli zeitorientiert anstatt reflexorientiert erfolgen (Kaegi et al. 1988). Dies geschieht durch die Gabe eines Viertels bis der Hälfte der initialen Dosis von Xylazin und Ketamin alle zehn Minuten (Bettschart-Wolfensberger 2012). Aufgrund der kumulativen Eigenschaften des Ketamins sollten mehr als zwei wiederholte Bolus-Gaben vermieden werden, wodurch die Anästhesiedauer auf 20–30 Minuten beschränkt ist. Eine Studie konnte zeigen, dass es nach Applikation von zwei zusätzlichen Xylazin-Ketamin-Boli zu signifikant verlängerten (> 50 Minuten), jedoch nicht zu verschlechterten Aufwachphasen kam (McCarty et al. 1990).

Eine Bolus-Applikation führt zum raschen Anstieg der Plasmakonzentration und einem schnellen Eintreten der erwünschten Wirkung, wobei diese in Abhängigkeit der pharmakokinetischen Eigenschaften des verabreichten Agens auch schnell wieder abnimmt (Robertson 1997). Werden wiederholte Boli verabreicht, kommt es zu zyklischen Fluktuationen der Plasmakonzentration (Yamashita und Muir 2009). Klinisch ergeben sich daraus Schwankungen der Narkosetiefe. Dabei kann es entweder zu ineffektiven Plasmakonzentrationen mit einer zu flachen Anästhesietiefe oder zu Akkumulationen kommen, wenn die Medikamente unzureichend metabolisiert werden und wiederholte Bolus-Gaben zu früh oder in zu großer Menge erfolgen (Robertson 1997). Letzteres kann zu einer kardiopulmonalen Depression führen und durch verlängerte und unkoordinierte Aufwachphasen zum Ausdruck kommen.

Eine elegante Methode zur Vermeidung dieser Schwankungen ist der Einsatz einer Dauertropfinfusion. Vorteile sind konstante Plasmaspiegel und damit eine gleichmäßigere Anästhesietiefe, weniger kardiorespiratorische Veränderungen und ein geringerer Bedarf an Anästhetika (Robertson 1997). Die am häufigsten angewendete Infusionsnarkose für Eingriffe im Feld ist die Triple-Drip-Infusion (Bettschart-Wolfensberger 2012). Der Triple-Drip setzt sich aus einem Alpha-2-Adrenorezeptor-Agonisten, Ketamin und Guaifenesin zusammen (Greene et al. 1986). Neben den zentral muskelrelaxierenden Eigenschaften des Guaifenesins sind beim Pferd auch leicht sedative, analgetische und antipyretische Effekte beschrieben (Löscher et al. 2006). Die Vorteile des Triple-Drip liegen in der geringen kardiopulmonalen Depression und den ruhigen Aufwachphasen (Muir et al. 1978, Taylor et al. 1998, Young et al. 1993). Im Vergleich zur Inhalationsnarkose bleibt selbst bei adäquater Anästhesietiefe die Aktivität am Auge erhalten (Robertson 1997, Young et al. 1993), was sich im Vorhandensein eines lateralen Nystagmus und sehr aktiven palpebralen Reflexen äußert. Zudem kann gelegentliches Schlucken beobachtet werden (Young et al. 1993). Somit kann die ausreichende Anästhesietiefe nur anhand der Reaktion auf einen chirurgischen Stimulus festgemacht werden. Eine Anästhesiedauer von 90 Minuten sollte aufgrund der Kumulation von Ketamin- und Guaifenesinmetaboliten, deren nachteiliger Wirkung auf die Muskelkoordination und einer damit verbundenen verlängerten und deutlich risikobehafteten Aufwachphase nicht überschritten werden (Bettschart-Wolfensberger 2012, Staffieri und Driessen 2007). Für den Triple-Drip wurden verschiedene Dosierungen untersucht. In einer Studie, die zwei verschiedene Ketamin-Dosierungen (1 mg/ml oder 2 mg/ml) in einer Triple-Drip-Dauertropfinfusion (0,5 mg/ml Xylazin und 50 mg/ml Guaifenesin) bei einer initialen Infusionsrate von 2,2 ml/kg/h bei Hengstkastration im Feld verglich, sahen die Autoren mit der höheren Dosierung Ketamin (2 mg/ml), wie sie auch in der vorliegenden Studie verwendet wurde, eine stabilere Anästhesie und Analgesie ohne Beeinträchtigung der kardiorespiratorischen Funktion (Lin et al. 1993).

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass Guaifenesin konzentrationsabhängig zu Veränderungen am Venenendothel führt und somit das Risiko für die Entstehung von Thrombosen und Thrombophlebitiden erhöht (Büttiker et al. 1989, Herschl et al. 1992). In einer Studie, die die Effekte von 5%iger (n = 5) und 10%iger (n = 6) Guaifenesin-Lösung sowie



Kochsalzlösung auf das Venenendothel verglich, konnte post mortem in allen Jugularvenen von Pferden, die mit der 10%igen Lösung infundiert worden sind, Thrombusmaterial nachgewiesen werden. Demgegenüber wurden in der Gruppe mit 5%iger Guaifenesin-Lösung nur an einer Vene Veränderungen gesehen. Die anderen Venen waren nicht von der Kontrollgruppe zu unterscheiden (Herschel et al. 1992). Die Applikation sollte daher immer mittels einer Venenverweilkatheter erfolgen und die Autoren empfehlen eine möglichst geringe Guaifenesin-Konzentration, vor allem bei Risikopatienten (Büttiker et al. 1989, Herschel et al. 1992).

Eine Lokalanästhesie ist bei Kastrationen am stehenden, sedierten Pferd weitverbreitet (Green 2001), wohingegen sie bei Eingriffen unter Allgemeinanästhesie eher selten durchgeführt wird (Price et al. 2002). Laut einer Umfrage in Großbritannien nutzen nur 9 % der befragten Tierärzte eine Lokalanästhesie bei der Hengstkastration im Feld (Price et al. 2005). Gründe für den sparsamen Einsatz von Lokalanästhetika sind unter anderem die Sorge vor Hämatomen und Ödemen, eine erhöhte Infektionsgefahr, die Beeinträchtigung der Wundheilung sowie eine generalisierte oder lokale Toxizität (Portier et al. 2009). Es wird angenommen, dass Lokalanästhetika die Nozizeption verringern, was intraoperativ zu einer Relaxation des M. cremaster führt. Darüber hinaus konnte in einer Studie nach intrafunktikulärer Lokalanästhesie mit Mepivacain eine bis zu 20 Stunden nach Kastration anhaltende Schmerzreduktion beobachtet werden (Lebelt 2015). In einer Studie, die den Einfluss von Lidocain bei Kastration unter einer TIVA untersuchte, konnten weniger spontane Bewegungen auf den chirurgischen Stimulus hin nachvollzogen werden. Ebenso beobachteten die Autoren, dass die intratestikuläre Lidocain-Injektion zu einer signifikanten Reduktion an zusätzlich verabreichten Anästhetika führte (Portier et al. 2009).

Nach Kenntnis der Autoren existiert bisher keine Studie, die einen direkten Vergleich einer wiederholten Bolus-Injektionsnarkose (Xylazin und Ketamin) und einer Dauertropfinfusionsnarkose (Xylazin, Ketamin und Guaifenesin) an einer homogenen Gruppe von Warmblutpferden untersucht hat. Ziel dieser Studie war es, die Anästhesie- und Operationsqualität sowie die Aufwachphase unter beiden Protokollen zu vergleichen und zusätzlich den Einfluss von intratestikulär verabreichtem Lidocain zu untersuchen. Dabei sollte die Hypothese geprüft werden, ob eine Dauertropfinfusion mit dem Zusatz des zentralen Muskelrelaxans Guaifenesin auch bei Kurznarkosen im Feld Vorteile gegenüber der wiederholten Bolus-Applikation mit sich bringt und ob Lidocain die intratestikuläre Nozizeption verringert.

## Material und Methode

### Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde an insgesamt 49 Hengsten durchgeführt, wobei 28 Tiere im Frühjahr 2015 in der Hengstprüfungsanstalt des Niedersächsischen Landgestüts Celle und 21 Tiere im Winter 2015 in der Pferdeklinik der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover kastriert wurden. Die Kastrationen wurden alle von dem gleichen erfahrenen Chirurgen durchgeführt und die Operationsqualität von diesem bewertet. Die Anästhesie und die Aufwachphase wurden von einem Anästhesisten überwacht und bewertet.

Sowohl der Chirurg als auch der Anästhesist waren bezüglich des verwendeten Narkoseprotokolls verblindet.

### Probandengut

Alle Probanden waren Warmblüter der Hannoveraner Zuchttrichtung und befanden sich im Eigentum des Niedersächsischen Landgestüts Celle. Die Tiere wurden in Einzelboxen (ca. 4,5 x 3 m) auf Stroh mit Sichtkontakt zu den Boxennachbarn gehalten. Das Alter und das Gewicht der Probanden sind ► Tabelle 1 zu entnehmen.

### Zuordnung zu den Versuchsgruppen

Die Hengste wurden randomisiert in die Gruppe DRIP (n = 25) oder die Gruppe BOLUS (n = 24) eingeteilt. Pferde in der Gruppe DRIP erhielten eine Dauertropfinfusion (Triple-Drip) zur Narkoseerhaltung und die Pferde der Gruppe BOLUS wiederholte Bolus-Gaben von Xylazin und Ketamin. Innerhalb jeder Gruppe wurde, ebenfalls randomisiert, entweder Lidocain (DRIP<sub>Lido</sub> n = 12; BOLUS<sub>Lido</sub> n = 12) oder Kochsalzlösung (DRIP<sub>NaCl</sub> n = 13; BOLUS<sub>NaCl</sub> n = 12) intratestikulär injiziert.

### Vorbereitung und perioperative Medikation

Die Tiere fasteten sechs bis acht Stunden vor dem Eingriff, wobei jederzeit der freie Zugang zu Trinkwasser gewährleistet war. Allgemeinuntersuchung, spezielle klinisch-andrologische Untersuchung, Prämedikation, Narkoseeinleitung und Narkoseaufrechterhaltung sowie die Kastration und die Aufwachphase erfolgten in der eigenen Box der Probanden. Die Gewöhnungsphase an diese Box betrug bei den an der Tierärztlichen Hochschule kastrierten Tieren mindestens einen Tag.

Im Bereich der V. jugularis wurde ein Feld von etwa 5 x 4 cm geschoren, aseptisch vorbereitet und ein Venenverweilkatheter (Intraflon 2, 12 G, 80 mm, Vygon GmbH & Co. KG, FR) eingebracht und fixiert. Im Anschluss erhielten alle Probanden präoperativ sowie einmalig am Tag nach der Kastration Flunixin-Meglumin (1,1 mg/kg KG i. v., Flunisolil® RPS 50 mg/ml, CP-Pharma, D). Zudem erhielten die Pferde perioperativ über mindestens drei Tage Trimethoprim und Sulfadiazin (5 mg/kg und 25 mg/kg KG p. o., Equibactin vet., CP-Pharma, D).

### Prämedikation und Narkoseeinleitung

Die Sedierung erfolgte bei allen Pferden identisch mit Xylazin (0,7 mg/kg KG i. v., Xylavet® 100 mg/ml, CP-Pharma, D) und Butorphanol (0,05 mg/kg KG i. v., Alvegesic®, CP-Pharma, D). Sobald die Pferde eine ausreichende Sedierungstiefe zeigten, wurde die Narkose mit Diazepam (0,05 mg/kg KG i. v., Diazepam AbZ 10 mg, AbZ-Pharma, D) und Ketamin (2,2 mg/kg KG i. v., Ketamin 100 mg/ml, CP-Pharma, D) eingeleitet. Die Pferde wurden beim Ablegen unterstützt. Nach der Narkoseeinleitung wurden die Pferde zentral in der Box in Seitenlage positioniert. Die obere Hintergliedmaße wurde zur besseren Zugänglichkeit zum Operationsfeld mithilfe eines Seiles hochgebunden. Die Pferde atmeten spontan Raumluft.

### Lokalanästhesie und Kastration

Nach der Vorbereitung des Operationsfeldes erfolgte mindestens drei Minuten vor dem Zug am ersten Hoden eine beidseitige transskrotale, intratestikuläre Injektion von entweder 10 ml Lidocain (Lidocainhy-





# Feldnarkose – umwerfend praktisch

mischbar\*  
**Guaifenesin 5%**  
venenverträglich



## My-50<sup>®</sup> mg/ml Infusionslösung für Pferde

Triple Drip-Narkose: Der Demo-Film



- Venenverträgliche 5% ige Guaifenesin-Lösung
- Mischbar mit Ketamin &  $\alpha$ 2-Agonisten\* zum „Triple Drip“
- Basis für gut steuerbare Total Intravenöse Anästhesie (TIVA)

\* Detaillierte Informationen siehe Gebrauchsinformation

My-50<sup>®</sup> mg/ml – Infusionslösung für Pferde. Guaifenesin. Wirkstoff und sonstige Bestandteile: 1 ml Infusionslösung enthält: *Wirkstoff:* Guaifenesin 50,0 mg. *Sonstige Bestandteile:* Propylenglycol 70,0 mg; Glucose-Monohydrat 50,0 mg. *Anwendungsgebiet(e):* Pferd: Zur Muskelrelaxation und Immobilisierung im Rahmen der Narkoseeinleitung und/oder Narkoseaufrechterhaltung in Kombination mit Sedativa, Injektions- oder Inhalationsnarkotika. *Gegenanzeigen:* Keine. *Nebenwirkungen:* Senkung des arteriellen Blutdruckes. *Inhalt:* Infusionsflasche aus Polypropylen mit 1000 ml Inhalt. Das Tierarzneimittel nach Ablauf des auf dem Behältnis und der äußeren Umhüllung angegebenen Verfalldatums nicht mehr anwenden. Vor Licht schützen, im Umkarton aufbewahren. Sofort nach dem Öffnen verwenden. Nach Anwendung verbleibende Reste sind zu verwerfen. Arzneimittel unzugänglich für Kinder aufbewahren! *Wartezeit: Pferd:* Nicht zur Anwendung bei Pferden, die der Gewinnung von Lebensmitteln dienen. Die Umwidmung gemäß § 56a Abs. 2 auf Tiere, die der Lebensmittelgewinnung dienen, ausgenommen Equiden, ist ausgeschlossen. Die Anwendung bei Equiden, die der Lebensmittelgewinnung dienen, ist im Falle eines Therapieotstandes gemäß § 56a Abs. 2 und 2a AMG in Verbindung mit Verordnung (EG) Nr. 1950/2006, zulässig. In diesem Fall beträgt die Wartezeit für essbares Gewebe und Milch 6 Monate. Verschreibungspflichtig! Zulassungsinhaber: CP-Pharma HandelsGes. mbH, Ostlandring 13, 31303 Burgdorf

cp-pharma<sup>®</sup>

www.cp-pharma.de



## Anmerkung

Nach § 13 Abs. 2c des AMG darf der Tierarzt die Medikamente zur Triple-Drip-Infusion vermischen, jedoch nur zur persönlichen und unmittelbaren Anwendung am zu behandelnden Patienten.

Die Mischbarkeit ist durch die Zulassung des verwendeten Guaifenesin-Präparates gedeckt.

drochlorid 2 %, 20 mg/ml, bela-pharm, D) oder 10 ml Kochsalzlösung (Isotone Kochsalzlösung 0,9 %, B. Braun Melsungen, D) je Hoden. Der Hautschnitt in das Skrotum erfolgte nach steriler Vorbereitung mittels einer Skalpellklinge über eine Länge von etwa sieben Zentimetern. Nach dem Hervorlagern der Hoden mit der sie umgebenden Scheidenhaut wurden die Samenstränge mittels Transfixationsligatur mit resorbierbarem Nahtmaterial (Vicryl 1, Ethicon®, B) ligiert. Im Anschluss erfolgte eine bedeckte Kastration ohne Wundverschluss zunächst des rechten und dann des linken Hodens. Dabei wurden die Hoden nach mindestens zweiminütigem Quetschen distal der Ligatur mittels Emaskulator nach Serra abgesetzt.

### Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie

Unmittelbar im Anschluss an die Einleitung erfolgte die Narkoseaufrechterhaltung. Um eine Verblindung des Anästhesisten und des Chirurgen zu gewährleisten, wurden alle Tiere an eine Infusion (Triple-Drip [Gruppe DRIP] oder Kochsalzlösung [Gruppe BOLUS]) angeschlossen, bei der die Beschriftung entfernt und die Flasche zusätzlich durch einen blickdichten Handschuh unkenntlich gemacht wurde. Zudem erhielten alle Tiere in zehnminütigen Abständen einen Bolus, bestehend aus Xylazin und Ketamin (Gruppe BOLUS) oder Kochsalzlösung (Gruppe DRIP).

### Gruppe DRIP

Die Narkoseerhaltung erfolgte mit einer Infusion, bestehend aus 5 ml 10%igem Xylazin und 20 ml 10%igem Ketamin in 1000 ml 5%iger Guaifenesin-Lösung (My-50®, 50 mg/ml, CP-Pharma, D). Die initiale Infusionsrate betrug 2 ml/kg/h (1 mg/kg/h Xylazin, 4 mg/kg/h Ketamin und 100 mg/kg/h Guaifenesin). Bei der Verwendung eines handelsüblichen Infusionsbestecks (20 Tropfen/1 ml) entspricht dies 1 Tropfen/100 kg/s. Nach Operationsbeginn wurde die Infusionsrate um die Hälfte auf 1 ml/kg/h bzw. 0,5 Tropfen/100 kg/s reduziert (0,5 mg/kg/h Xylazin, 2 mg/kg/h Ketamin und 50 mg/kg/h Guaifenesin). Um eine sichere Verblindung des Anästhesisten zu gewährleisten, wurde den Probanden dieser Gruppe alle zehn Minuten ein Bolus Kochsalzlösung von 20 ml verabreicht.

### Gruppe BOLUS

Die Narkoseerhaltung der Probanden in dieser Gruppe erfolgte mit 2%igem Xylazin (0,25 mg/kg KG i. v. bzw. 1,25 ml/100 kg KG)

und Ketamin (1 mg/kg KG i. v. bzw. 1 ml/100 kg KG) verdünnt auf 20 ml NaCl als Bolus in einer Mischspritze alle zehn Minuten. Aus Verblindungszwecken erhielten die Probanden dieser Gruppe eine Infusion von 1000 ml NaCl. Die initiale Infusionsrate betrug 2 ml/kg/h und wurde bei Operationsbeginn um die Hälfte reduziert.

### Narkoseüberwachung

Alle fünf Minuten erfolgte die Erhebung der Vitalparameter Herzfrequenz (Schläge/Minute), Atemfrequenz (Atemzüge/Minute) und der Narkosequalität. Bezüglich der Narkosequalität wurden die okulären Reflexe, also der Lidschluss (1 = herabgesetzt, 2 = vorhanden, 3 = spontan), die Bulbusstellung (1 = medial, 2 = zentral, 3 = lateral) und das Vorhandensein eines Nystagmus (1 = nicht vorhanden, 3 = vorhanden) beurteilt. Des Weiteren wurden Schluckakt (1 = nicht vorhanden, 3 = vorhanden) und Muskeltonus der Halsmuskulatur (1 = nicht vorhanden, 2 = reduziert, 3 = vorhanden) bewertet.

### Überwachung der Operationsqualität

Für die Beurteilung der Operationsqualität wurde die Reaktion auf den Hautschnitt mittels Ja-Nein-Entscheidung herangezogen. In fünfminütigen Abständen erfolgte die Beurteilung des Tonus des M. cremaster (1 = nicht vorhanden, 2 = reduziert, 3 = Tonus vorhanden, 4 = Hoden nicht vorlagerbar).

### Beurteilung der Anästhesie- oder Operationsqualität

Eine unzureichende Narkosetiefe lag vor, wenn es zu einer Erhöhung des Muskeltonus auf den chirurgischen Stimulus (Score = 3) hin kam oder das Pferd schluckte (Score = 3). Die Operationsqualität war als ungenügend zu beurteilen, wenn der Kremastertonus stark erhöht und der Hoden damit nicht vorlagerbar war (Score = 4). Lag mindestens eines dieser Ereignisse vor, erfolgte eine zusätzliche Anästhetika-Applikation. Diese sah wie folgt aus:

### Gruppe DRIP

In dieser Gruppe wurde bei unzureichender Narkosetiefe die Infusionsrate kurzzeitig erhöht (max. Infusionsgeschwindigkeit [„auf Schuss“] für fünf Sekunden pro 100 kg KG). Dies entspricht etwa einem Bolus von 0,2 mg/kg KG Ketamin, 0,04 mg/kg KG Xylazin und 5 mg/kg KG Guaifenesin. Um die Verblindung zu gewährleisten, wurde den Pferden zusätzlich ein Kochsalzlösung-Bolus verabreicht.

### Gruppe BOLUS

Probanden dieser Gruppe erhielten bei unzureichender Narkosetiefe intravenös einen Bolus von 2%igem Xylazin (0,04 mg/kg KG bzw. 0,2 ml/100 kg KG) und Ketamin (0,2 mg/kg KG bzw. 0,2 ml/100 kg KG), verabreicht in einer Mischspritze. Um die Verblindung zu gewährleisten, wurde die Kochsalzlösungs-Infusionsrate für fünf Sekunden pro 100 kg KG auf das Maximum erhöht.

Zeigten diese Maßnahmen in den jeweiligen Gruppen keine ausreichende Wirkung oder kam es zu spontanen Bewegungen, erhielten die Pferde einen Thiopental-Bolus (1 mg/kg KG i. v., Trapanal® 2,5 g, Inresa Arzneimittel, D).



# Ursocain® 5 %



Schmerzfrei. Schnell. Zuverlässig

- Lidocain 5 %
- Zur subkutanen (s. c.), intramuskulären (i. m.) und perineuralen (p. n.) Injektion
- Zur Anwendung auf Schleimhäuten



**Ursocain® 5 %, Injektionslösung für Pferde. Zusammensetzung:** 100 ml Injektionslösung enthalten: Wirkstoff: Lidocain 5,0 g. Sonstige Bestandteile: Natriumchlorid, Salzsäure 36 %, Wasser für Injektionszwecke. **Anwendungsgebiete:** Leitungsanästhesie (Lahmheitsdiagnostik), Oberflächenanästhesie der Schleimhäute. **Gegenanzeigen:** Überempfindlichkeit gegen Lokalanästhetika vom Amid-Typ. Vorliegen einer entzündlichen Gewebsveränderung im Applikationsgebiet. Strengste Indikationsstellung bei Herzinsuffizienz, Herzrhythmusstörungen, Hyperkaliämie, Leberfunktionsstörungen, Diabetes mellitus, Azidose und neurologischen Erkrankungen. **Nebenwirkungen:** In Einzelfällen können Tachykardie, Bradykardie, Überleitungsstörungen am Herzen, Blutdruckabfall und allergische Reaktionen auftreten. **Wartezeit:** Pferd: essbare Gewebe 5 Tage, Milch 5 Tage. Verschreibungspflichtig. **Pharmazeutischer Unternehmer und Hersteller:** Serumwerk Bernburg AG, Hallesche Landstr. 105b, 06406 Bernburg

 serumwerk  
bernburg

 medistar  
ARZNEIMITTELVERTRIEB GMBH®

Serumwerk Bernburg AG  
Hallesche Landstraße 105 b  
06406 Bernburg  
Telefon 03471 860-4300  
Telefax 03471 860-4803  
[www.serumwerk.de](http://www.serumwerk.de)

MEDISTAR Arzneimittel-  
vertrieb GmbH  
Lüdinghauser Straße 23  
59387 Ascheberg  
Telefon 02593 95886-0  
Telefax 02593 95886-25  
[www.medistar-gmbh.de](http://www.medistar-gmbh.de)



Tab. 1: Alter und Gewicht, Vitalparameter, Anästhesie- und Operationsdauer, Anästhesie- und Operationsqualität und Verbrauch von Anästhetika der 49 Probanden. Anästhesie- und Operationsqualität sind als Score angegeben (Legende siehe unten). Die Einheiten der weiteren Kategorien sind in der Tabelle beschrieben. Aufgeführt ist die Anzahl (n) der Probanden für die jeweilige Gruppe.

	<b>BOLUS (N = 24) MEDIAN (MIN- MAX)</b>	<b>DRIP (N = 25) MEDIAN (MIN- MAX)</b>	<b>P-WERT</b>	<b>BOLUSLIDO (N = 12) MEDIAN (MIN- MAX)</b>	<b>BOLUSNACL (N = 12) MEDIAN (MIN- MAX)</b>
<b>Probanden</b>					
Alter (Jahre)	3 (2–8)	3 (2–4)	0,4464	3 (2–8)	3 (2–3)
Gewicht (kg/KG)	555 (460–625)	540 (430–627)	0,4661	562 (460–610)	547(500–625)
<b>Anästhesie und Operation</b>					
Herzfrequenz (Schläge/ Min.)	28 (20–44)	28 (20–36)	0,1829	28 (24–44)	28 (20–40)
Atemfrequenz (Atemzüge/ Min.)	8 (4–20)	8 (4–20)	0,1404	8 (4–20)	8 (4–16)
Anästhesiedauer (Min.)	23,5 (18–49)	21 (16–33)	0,0618	22 (18–49)	24,5 (20–35)
Operationsdauer (Min.)	16 (11–39)	14 (10–25)	0,0987	14 (12–39)	18 (13–27)
<b>Operationsqualität (Score)</b>					
Kremasteronus	3 (1–4)	2 (1–4)	0,0001*	2 (1–4)	3,5 (1–4)
<b>Anästhesiequalität (Score)</b>					
Bulbusstellung	2 (1–3)	2 (1–3)	0,7568	2 (1–3)	2 (1–3)
Lidschluss	2 (1–3)	2 (1–3)	0,5728	2 (1–3)	2 (1–3)
Nystagmus	3 (1–3)	1 (1–3)	0,0037*	3 (1–3)	1 (1–3)
Schluckakt	1 (1–1)	1 (1–1)	1,0000	1 (1–1)	1 (1–1)
Muskeltonus	1,75 (1–3)	1 (1–2)	0,1751	1 (1–2,5)	2 (1–3)
<b>Verbrauch von Anästhetika</b>					
Xylazin (mg/kg KG)	0,55	0,24	< 0,0001*	0,51	0,58
Ketamin (mg/kg KG)	2,22	0,94	< 0,0001*	2,1	2,4
Thiopental (mg/kg KG)	0,6	0,3	0,0022*	0,31	0,92

\* = signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Gruppen

Kremasteronus: 1 = nicht vorhanden, 2 = reduziert, 3 = vorhanden, 4 = Hoden nicht vorlagerbar

Bulbusstellung: 1 = medial, 2 = zentral, 3 = lateral

Lidschluss: 1 = herabgesetzt, 2 = vorhanden, 3 = spontan

Nystagmus: 1 = nicht vorhanden, 3 = vorhanden

Schluckakt: 1 = nicht vorhanden, 3 = vorhanden

Muskeltonus: 1 = nicht vorhanden, 2 = reduziert, 3 = vorhanden

## Aufwachphase

Die Aufwachphase fand ebenfalls in den Boxen der Probanden statt und wurde hinsichtlich ihrer Quantität und Qualität beurteilt. Es wurde die Zeitdauer (in Minuten) vom Infusionsende/Operationsende bis

- 1 zur ersten Bewegung,
- 2 zum Erreichen der Brustlage,
- 3 zum ersten Aufstehversuch und
- 4 zum Erreichen des sicheren Stands

protokolliert. Außerdem fand zur Beurteilung der Qualität der Aufstehphase der von Clark-Price et al. (2008) publizierte Recovery Quality Scale Score Anwendung. Hierbei handelt es sich um eine 100-Punkte-Skala mit elf Kategorien, wobei elf Punkte eine ideale und 100 Punkte eine sehr schlechte bzw. nicht erfolgreiche Aufstehphase darstellen.

## Anästhetika-Bedarf

Der für die Erhaltung der Allgemeinanästhesie notwendige Gesamtbedarf (pro kg KG) von Xylazin, Ketamin und Thiopental wurde

ermittelt und ausgewertet. Der angegebene Verbrauch umfasst nicht die für Prämedikation und Einleitung verwendeten Medikamente.

## Statistik

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels des Statistikprogramms SAS 9.3 (SAS Institute Inc. Cary, USA), wobei ein Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  angenommen wurde. Die grafische Darstellung der Ergebnisse fand mithilfe der Software GraphPad PRISM 6 (GraphPad Software, Inc. USA) statt. Die Annahme auf Normalverteilung der quantitativen Merkmale wurde mittels visueller Beurteilung der qq-plots der Modellresiduen sowie Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. In Abhängigkeit von der Verteilungsanalyse sowie der Skalierung der Daten wurden sowohl parametrische als auch nichtparametrische Verfahren benutzt. Gruppenvergleiche bei Scores und nicht normal- bzw. log-normalverteilten Daten wurden mittels Wilcoxon-Two-Sample-Test berechnet. Die Anzahl der benötigten Gaben an zusätzlichen Anästhetika wurde mittels Binominaltest zwischen

P-WERT	DRIPLIDO (N = 12) MEDIAN (MIN- MAX)	DRIPNACL (N = 13) MEDIAN (MIN- MAX)	P-WERT
0,0415*	3 (2-3)	3 (2-4)	0,4429
0,5061	540 (430-627)	546,8 (455-623)	0,8702
0,6855	28 (20-36)	28 (20-36)	0,3132
0,6851	8 (4-16)	8 (4-20)	0,1337
0,2844	20 (16-33)	22 (16-30)	0,6612
0,2449	14 (10-25)	15 (10-22)	0,8054
0,0001*	1,25 (1-4)	2 (1-4)	0,0022*
0,7289	2 (1-3)	2 (1-3)	0,4672
0,2294	2 (1-3)	2 (1-3)	0,0513
0,1433	1 (1-3)	1 (1-3)	0,1293
1,0000	1 (1-1)	1 (1-1)	1,0000
0,0354	1 (1-2)	2 (1-2)	0,0065
0,0274*	0,23	0,24	0,6051
0,0274*	0,91	0,97	0,5861
0,0272*	0,0	0,66	0,0215*

den Gruppen verglichen und die Verteilung der zusätzlichen Anästhetika-Applikationen mittels Chi-Quadrat-Test ( $n > 5$ ) berechnet.

## Ergebnisse

### Probanden

Bezüglich des Alters und des Gewichts der Probanden gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (► Tab. 1). Insgesamt 47 Hengste wurden ASA 1 klassifiziert. Ein Tier fiel mit einem holosystolischen Herzgeräusch Grad 3/5 auf (ASA 2), ein weiterer Proband hatte ein endsystolisches Herzgeräusch Grad 2-3/5 (ASA 2). Bei allen 49 Probanden waren beide Hoden vollständig ins Skrotum abgestiegen.

### Anästhesie

Die Gesamtdauer der Anästhesie betrug in Gruppe DRIP 21 Minuten (16-33) und in Gruppe BOLUS 23,5 Minuten (18-49). Bei Tieren

Scheiß' auf  
den Prinzen,  
ich nehme  
das Pferd!



Gelenkerkrankung, Sehnen-  
schaden, Muskelaufbau oder  
aber chronische Schmerzen,  
EquiMove motion hat das  
passende Ergänzungsfutter-  
mittel für Ihre Patienten!

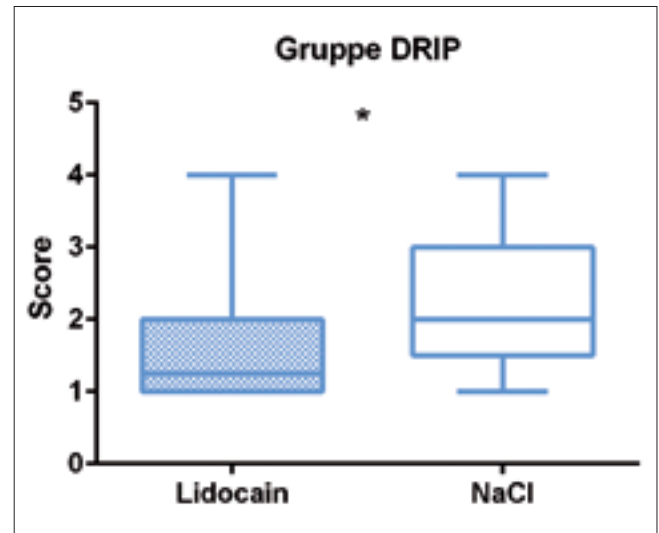
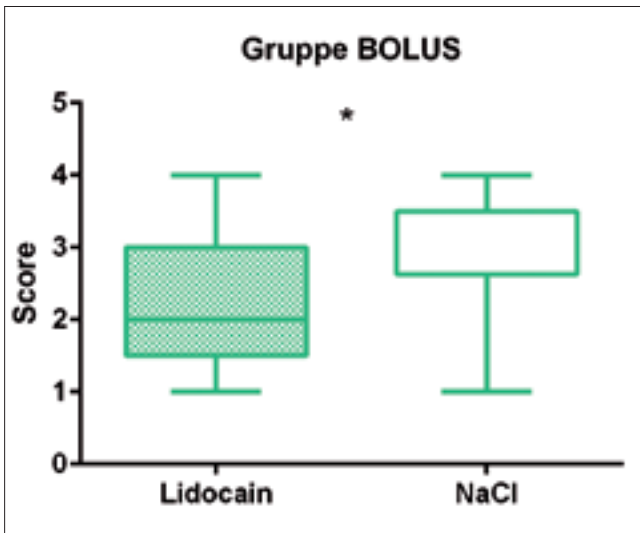
Vom Tierarzt für Tierärzte:

- keine Versandkosten
- kein Mindestbestellwert
- keine Rabattaktionen

Damit Bewegung wieder  
Freude macht!







Grafiken: Twele

Abb. 1: Operationsqualität während der Kastration. Score für den Kremastertonus. Anzahl (n) der Probanden pro Gruppe:

BOLUSLido: n = 12; BOLUSNaCl: n = 12; DRIPLido n = 12; DRIPNaCl n = 13.

Kremastertonus: 1 = nicht vorhanden, 2 = reduziert, 3 = Tonus vorhanden, 4 = Hoden nicht vorlagerbar; \* = signifikanter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zwischen den Gruppen

mit intratestikulärer Lidocain-Applikation war die Anästhesiedauer in beiden Gruppen kürzer als in der Kochsalzlösungs-Gruppe (► Tab. 1). Hinsichtlich der Vitalparameter (Herzfrequenz, Atemfrequenz) gab es keine Unterschiede zwischen den Gruppen (► Tab. 1). Bei den Tieren in der Gruppe BOLUS war signifikant ( $p = 0,0037$ ) häufiger ein Nystagmus vorhanden (► Tab. 1). Der Muskeltonus war in Gruppe BOLUS deutlicher vorhanden als in Gruppe DRIP (► Tab. 1).

### Operation

Keiner der 49 Probanden zeigte zu Beginn der Kastration eine Reaktion auf den Hautschnitt. Die Operationsdauer war in Gruppe DRIP kürzer als in Gruppe BOLUS (► Tab. 1). Die Operationsqualität, gemessen am Kremastertonus, war in Gruppe DRIP signifikant ( $p = 0,0001$ ) besser als in Gruppe BOLUS (► Tab. 1). Bei den Probanden, die eine intratestikuläre Injektion von Lidocain erhielten, war im Vergleich zu der Kochsalzlösungs-Gruppe eine signifikante Reduktion des Kremastertonus zu beobachten (► Tab. 1, ► Abb. 1).

### Unzureichende Anästhesie- und Operationsqualität

Eine Intervention bei unzureichender Anästhesie- und/oder Operationsqualität im Sinne einer zusätzlichen Applikation von Anästhetika war in Gruppe BOLUS bei 15 von 24 Pferden (62,5 %) und in Gruppe DRIP bei 13 von 25 Pferden (52 %) notwendig.

### Xylazin-Ketamin-(Guaifenesin)

In Gruppe DRIP war im Vergleich zu Gruppe BOLUS weniger zusätzliches Xylazin-Ketamin-(Guaifenesin) nötig. Pferde, die intratestikulär Lidocain erhalten hatten, benötigten signifikant weniger zusätzliche Xylazin-Ketamin-(Guaifenesin-)Applikationen als Tiere, die intratestikulär Kochsalzlösung erhalten hatten (► Abb. 2). Als Hauptgrund für eine zusätzliche Applikation war ein Kremastertonus von vier Scorepunkten (BOLUS: 19 von 20 Applikationen; DRIP: 14 von 17 Applikationen) zu nennen.

### Thiopental

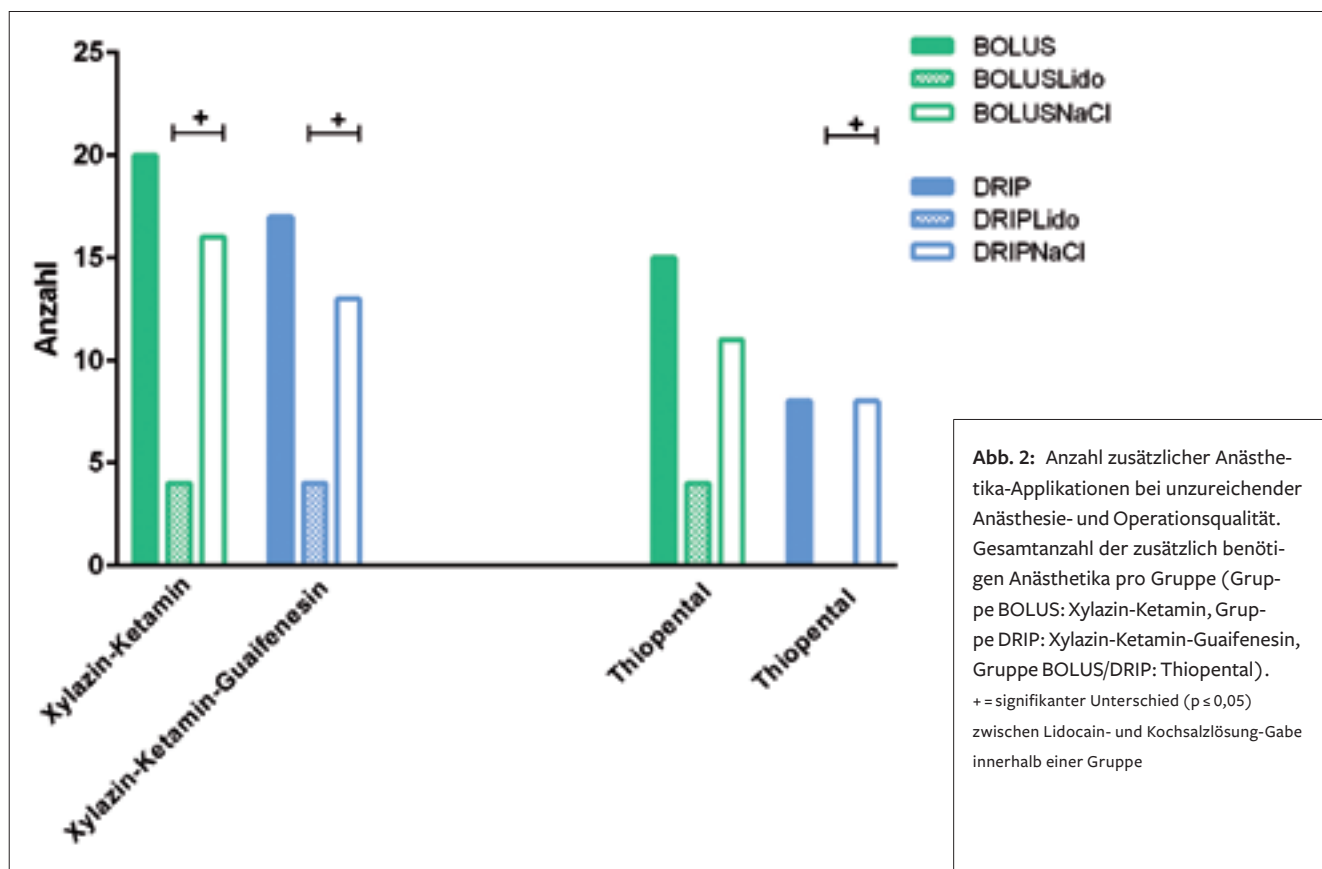
In Gruppe DRIP war im Vergleich zu Gruppe BOLUS weniger Thiopental nötig. Pferde, die intratestikulär Lidocain erhalten hatten, benötigten weniger Thiopental-Applikationen als Tiere, die intratestikulär Kochsalzlösung erhalten hatten. In Gruppe DRIPLido erhielt kein Pferd Thiopental (► Abb. 2). Thiopental-Gaben erfolgten aufgrund unzureichender OP-Qualität (Kremastertonus = 4) in Gruppe BOLUS (8 von 15 Applikationen) und in Gruppe DRIP (2 von 8 Applikationen) sowie aufgrund von spontanen Bewegungen (BOLUS: 5 Applikationen [ $n = 4$ ]; DRIP: 6 Applikationen [ $n = 5$ ]).

### Verbrauch von Anästhetika (Ketamin, Xylazin, Thiopental)

Der errechnete Verbrauch von Xylazin, Ketamin und Thiopental war in Gruppe DRIP signifikant niedriger als in Gruppe BOLUS. In Gruppe BOLUSNaCl benötigten Tiere signifikant mehr Xylazin, Ketamin und Thiopental, wohingegen in Gruppe DRIPLido signifikante Unterschiede nur im Thiopental-Verbrauch im Vergleich zu Gruppe DRIPNaCl nachgewiesen werden konnten (► Tab. 1).

### Aufwachphase

In ► Tabelle 2 sind die einzelnen Aufstehphasen pro Gruppe aufgeführt. Insgesamt betrug die Dauer der Aufstehphase vom Ende der Operation bis zum Erreichen des sicheren Stands in der Gruppe BOLUS 42 Minuten (20–66) und war damit signifikant ( $p \leq 0,0001$ ) länger als in der Gruppe DRIP mit 21 Minuten (11–45). Auch die Qualität der Aufstehphase war in Gruppe DRIP (Gesamtscore: 15 Punkte) signifikant ( $p = 0,0005$ ) besser als in Gruppe Bolus (Gesamtscore: 22 Punkte). Die Ergebnisse der einzelnen Kategorien des Recovery Quality Scale Score sind ► Tabelle 2 zu entnehmen.



**Abb. 2:** Anzahl zusätzlicher Anästhetika-Applikationen bei unzureichender Anästhesie- und Operationsqualität. Gesamtanzahl der zusätzlich benötigten Anästhetika pro Gruppe (Gruppe BOLUS: Xylazin-Ketamin, Gruppe DRIP: Xylazin-Ketamin-Guaifenesin, Gruppe BOLUS/DRIP: Thiopental).  
 + = signifikanter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zwischen Lidocain- und Kochsalzlösung-Gabe innerhalb einer Gruppe

### Jugularvenen

Eine Untersuchung der Jugularvenen erfolgte zwei, sechs, zwölf, 24 und 48 Stunden nach Entfernung des Venenverweilkatheters. Makroskopisch wurden keine pathologischen Veränderungen an der Kathetereinstichstelle, der V. jugularis oder dem umliegenden Gewebe festgestellt.

### Diskussion

Anhand der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass sowohl die Dauertropfinfusion als auch die wiederholten Bolus-Applikationen entsprechender Anästhetika geeignet sind, um Kastrationen unter Kurznarkose im Feld durchzuführen.

Die Anästhesiequalität in dieser Studie war in allen Gruppen hinsichtlich der erhobenen Vitalparameter vergleichbar. Wie in zahlreichen Studien beschrieben, kam es auch in der vorliegenden Studie nur zu einer geringen kardiorespiratorischen Depression und die Schutzreflexe waren weitestgehend erhalten (Muir et al. 1978, Taylor et al. 1998, Young et al. 1993).

Die eigenen Ergebnisse belegen eine insgesamt bessere Operationsqualität in Gruppe DRIP gegenüber der Gruppe BOLUS. Diese ist auf das im Triple-Drip enthaltene Guaifenesin zurückzuführen, welches zentral einen muskelrelaxierenden Effekt vermittelt, damit am M. cremaster relaxierend wirkt und sich positiv auf die Operationsbedingungen auswirkt. Ebenso waren in Gruppe DRIP, bedingt durch die besseren Operationsbedingungen, auch die Operations- und Anästhesiedauer durchschnittlich kürzer. In der

Gruppe BOLUS hingegen war der muskelrelaxierende Effekt des Xylazins oftmals nicht ausreichend, um die Ligatur während der Kastration spannungsfrei zu setzen. Ein in der Literatur beschriebener leicht sedierender und analgetischer Effekt von Guaifenesin (Löscher et al. 2006) könnte ebenfalls zu verbesserter Operationsqualität geführt haben, ist aber im Vergleich zu den weiteren verabreichten, deutlich effektiveren Sedativa und Analgetika wahrscheinlich zu vernachlässigen. Für die sichere und komplikationsarme Durchführung einer Kastration sind gute Operationsbedingungen entscheidend. Die dem Guaifenesin geschuldete gute Relaxation des M. cremaster in der Gruppe DRIP erleichtert eine sichere und exakte Positionierung der Ligatur des Samenstrangs. Studien mit größeren Fallzahlen sind jedoch erforderlich, um einen Einfluss auf das postoperative Risiko und die Komplikationsrate zu evaluieren.

In Gruppe DRIP wurden im Vergleich zu Gruppe BOLUS in der vorliegenden Studie fast 60 % weniger Anästhetika (Xylazin und Ketamin) zur Anästhesieerhaltung benötigt. Dieser Anästhetikum-sparende Effekt ist zum einen auf die günstige Pharmakokinetik der Dauertropfinfusion und sicher auch auf den Zusatz des Guaifenesins zurückzuführen, denn Guaifenesin kann aufgrund relaxierender und analgetischer Mechanismen die Wirkung des Anästhetikums verstärken. In der vorliegenden Studie konnte ebenso wie in einer vorangegangenen Studie (Portier et al. 2009) eine Reduktion zusätzlicher Anästhetika-Gaben nach intratestikulärer Lidocain-Injektion verzeichnet werden. Jedoch kam es nur in Gruppe BOLUS zu einer signifikanten Reduktion des Xyla-



Tab. 2: Dauer und Qualität der Aufstehphase. Dauer (Minuten) und Qualität (Recovery Quality Scale Score nach Clark-Price et al. 2008; 11 Punkte = ideale Aufstehphase und 100 Punkte = schlechtest mögliche Aufstehphase). Aufgeführt ist die Anzahl (n) der Probanden für die jeweilige Gruppe

	<b>BOLUS (N = 24) MEDIAN (MIN-MAX)</b>	<b>DRIP (N = 25) MEDIAN (MIN-MAX)</b>	<b>P-WERT</b>
<b>Dauer der Aufstehphase</b>			
Erste Bewegung (Min.)	37,5 (19–59)	19 (9–42)	<0,0001*
Erreichen Brustlage (Min.)	38,5 (19–63)	19 (10–42)	<0,0001*
Erster Aufstehversuch (Min.)	40 (20–66)	21 (10–45)	<0,0001*
Sicherer Stand (Min.)	42 (20–66)	21 (11–45)	<0,0001*
<b>Aufstehqualität (Recovery Quality Scale Score)</b>			
Aktivität in Seitenlage	1 (1–3)	1 (1–3)	0,9832
Aufrichten in Sternallage	1 (1–5)	1 (1–1)	0,3272
Aufrichtversuche in Sternallage	1 (1–7)	1 (1–5)	0,5855
Sternalphase	1 (1–7)	1 (1–3)	0,2529
Aufstehversuche	3 (1–6)	1 (1–3)	0,0002*
Standfestigkeit	3 (1–6)	1 (1–3)	0,0197*
Anzahl der Aufstehversuche	1 (1–3)	1 (1–3)	0,3516
Balance und Koordination	3 (1–8)	1 (1–3)	0,0018*
Umknicken Fesselgelenk	1,5 (1–2)	1 (1–2)	0,0003*
Gesamteindruck	2 (1–7)	1 (1–3)	0,0112*
Erholung	3 (1–5)	1 (1–3)	0,0007*
Gesamtscore	22 (11–44)	15 (11–25)	0,0005*

\* = signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Gruppen

zin- und Ketaminbedarfs, sodass die Einsparung hauptsächlich auf den Einsatz der Dauertropfinfusion mit dem Zusatz des Guaifensins zurückzuführen ist und die Lokalanästhesie vermutlich einen geringeren Einfluss hatte.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass in den Gruppen BOLUS und DRIP die intratestikuläre Injektion von insgesamt 10 ml (200 mg) Lidocain je Hoden im Vergleich zur Kontrollgruppe zu einer Verbesserung der Operationsqualität führte. Diese Beobachtung deckt sich mit Ergebnissen vorangegangener Studien (Haga et al. 2006). In einer Studie von Portier et al. (2009) sahen die Autoren zwar keine statistisch signifikante Reduktion des Kremastertonus, in der Lidocain-Gruppe war jedoch ein Trend dazu erkennbar. Dies untermauert die Vermutung, dass durch die Lokalanästhesie der Hoden die intraoperative Nozizeption verringert wird. Dafür spricht auch, dass sowohl in der Gruppe BOLUSLido als auch in der Gruppe DRIPLido im Vergleich zu den Kochsalzlösungs-Gruppen ein reduzierter Muskeltonus beobachtet wurde.

Als Applikationsweg für das Lidocain in der vorliegenden Studie wurde aufgrund von Untersuchungen beim Ferkel (Haga und Ranheim 2005) die intratestikuläre Applikation gewählt. Diese ist einfach durchführbar und interferiert durch die Entfernung des Hodens kaum mit der Kastration (Haga et al. 2006). In einer Studie am Pferd wurde mittels C<sup>14</sup>-markiertem und intratestikulär appliziertem Lidocain nachgewiesen, dass es seine analgetische Wirkung durch die schnelle Verteilung in den Samenstrang entfaltet und dort die afferenten viszerale Fasern inhibiert, wohingegen die somatischen Fasern der Haut und des M. cremaster keine Analgesie und direkte

Paralyse erfuhren (Haga et al. 2006). Dennoch war bei einigen Probanden dieser Studie trotz der Lokalanästhesie der Hoden eine Reaktion auf den noxischen Stimulus vorhanden, was für einen unvollständigen sensorischen Block spricht (Haga und Ranheim 2005) und das Resultat einer ungleichmäßigen Verteilung des Lokalanästhetikums sein kann. Beim Ferkel (Haga und Ranheim 2005) war die Lidocain-Konzentration im Samenstrang bereits drei Minuten nach intratestikulärer Injektion höher als nach zehn Minuten, sodass auch beim Pferd der maximale Effekt des Lidocains in den ersten zehn Minuten zu vermuten ist (Haga et al. 2006). Daher wäre eine intratestikuläre Injektion des Lokalanästhetikums vermutlich etwa fünf Minuten vor der Manipulation sinnvoll.

Die in dieser Studie verwendeten Dosierungen für die Erhaltung der Anästhesie stimmen mit denen in der Literatur überein (Heess und Schatzmann 2003, Kaegi et al. 1988, Lin et al. 1993). Dennoch mussten in beiden Gruppen zusätzliche Anästhetika eingesetzt werden. Der Operationsbeginn erfolgte in der Regel vor oder in etwa zeitgleich mit der Gabe der ersten Nachinjektion zur Erhaltung. Dies hatte vermutlich zur Folge, dass die Plasmakonzentrationen von Xylazin und Ketamin in Gruppe BOLUS zum Zeitpunkt des ersten chirurgischen Stimulus zu niedrig waren. Ketamin wird schnell vom Plasma ins Gewebe umverteilt (Kaka et al. 1979, Waterman et al. 1987). Eine Studie zur Pharmakokinetik und Pharmakodynamik von Ketamin beim Pferd hat gezeigt, dass es ab einer Plasmakonzentration von etwa 1 µg/ml zur Wiedererlangung des Bewusstseins kommt, jedoch Reaktionen auf noxische Stimuli schon vorher auftreten können (Waterman et al. 1987). Es wäre vermutlich



vorteilhaft, die erste Nachinjektion zur Erhaltung bei jedem Pferd etwa zwei Minuten vor Beginn des chirurgischen Eingriffs zu verabreichen. Zudem war die Dosierung des Xylazins (0,25 mg/kg KG) zur Nachinjektion der Erhaltung sehr niedrig gewählt, sodass eine höhere Dosierung vermutlich eine stabilere chirurgische Anästhesietiefe begünstigt und damit Anzahl zusätzlicher Anästhetika-Gaben reduziert hätte. In Gruppe DRIP könnte eine mit 2 ml/kg/h initial zu niedrig gewählte Infusionsrate oder die Reduktion der Infusionsrate bereits zu Operationsbeginn verantwortlich für die bei einigen Probanden beobachtete unzureichende Anästhesie- oder Operationsqualität sein. Dies könnte dazu geführt haben, dass bei der Kastration – vor allem des jeweils zweiten Hodens – keine ausreichenden Plasmakonzentrationen der Agenzien vorlagen. In der bereits genannten Studie von Lin et al. (1993) konkludieren die Autoren, dass die Infusionsrate bei schmerzhaften Eingriffen auf 4 ml/kg/h erhöht werden sollte. Es kann also vermutet werden, dass eine höhere Infusionsrate in Gruppe DRIP in der vorliegenden Studie eine noch stabilere chirurgische Anästhesietiefe nach sich gezogen hätte.

Die in der vorliegenden Studie zusätzlich verabreichten Xylazin-Ketamin-(Guaifenesin-) Gaben zeigten bei einigen Pferden keine ausreichende Wirkung. Ein Grund dafür könnten die zu niedrig gewählte Dosierung von Xylazin und Ketamin sein. Der Wirkungseintritt von Xylazin und Ketamin beträgt etwa zwei Minuten (Holmes und Clark 1977). Vermutlich wurde die chirurgische Manipulation in der vorliegenden Studie zu schnell nach der Applikation fortgesetzt. Es wäre daher vorteilhaft gewesen, mit der chirurgischen Manipulation erst zwei Minuten nach erfolgter Applikation fortzufahren.

Gerichtete Bewegungen auf einen chirurgischen Stimulus hin sprechen für ein sehr flaches Anästhesiestadium. In beiden Gruppen war die Applikation von Thiopental aufgrund spontaner Bewegung gleich häufig und insgesamt selten. Ein plötzliches Erwachen der Pferde als Zeichen einer zu geringen Anästhesietiefe unter einer Ketamin-basierten Allgemeinanästhesie im Feld ist beschrieben (Staffieri und Driessen 2007). Thiopental, ein ultrakurz wirksames Barbiturat, entfaltet seine Wirkung sehr schnell. Dosierungen von 0,5–1 mg/kg KG vermögen die Anästhesie sofort zu vertiefen. Nachteile des Thiopentals sind Hypoventilation bis hin zu verlängerten Apnoe-Phasen (Muir 2009), weshalb bei der Durchführung einer Feldnarkose immer die Möglichkeit der Intubation gegeben sein sollte. Keines der Tiere in dieser Studie zeigte eine so schwerwiegende Atemdepression, als dass Intubation und Beatmung notwendig waren.

Die Tatsache, dass in Gruppe BOLUS 37,5 % und in Gruppe DRIP 48 % der Probanden keine zusätzlichen Anästhetika (Xylazin, Ketamin, Thiopental) benötigten, gibt Hinweise darauf, dass die individuellen Unterschiede der Probanden im Anästhetika-Bedarf immer auch berücksichtigt und die Dosierung dementsprechend angepasst werden sollten (Robertson 1997). Eine Titration sollte in Abhängigkeit des kardiorespiratorischen Status und der Antwort auf den chirurgischen Stimulus nach Effekt erfolgen (Yamashita und Muir 2009). Für zukünftige Studien wäre es interessant, die Plasmakonzentration der im Triple-Drip enthaltenen Wirkstoffe Xylazin, Ketamin und Guaifenesin zu bestimmen, um genauere Informationen über die Pharmakokinetik und eine eventuelle Interaktion der drei Agenzien zu erhalten.

## Fazit für die Praxis

Für Kurznarkosen im Feld sind die Triple-Drip-Dauertropfinfusion und die wiederholte Bolus-Applikation von Xylazin und Ketamin zur Aufrechterhaltung der Anästhesie gleichermaßen geeignet. Die Triple-Drip-Infusion zeichnet sich durch eine einfache Handhabung sowie gute Steuerbarkeit aus. Der Zusatz des zentralen Muskelrelaxans Guaifenesin führt – bedingt durch die Relaxation des M. cremaster – zu verbesserten Operationsbedingungen. Durch den Einsatz einer Dauertropfinfusion können Injektionsanästhetika eingespart werden, was in kürzeren und sichereren Aufstehphasen resultiert. Eine intratestikuläre Lidocain-Injektion ist im Feld praktikabel und im Hinblick auf eine zusätzliche Analgesie, die Verbesserung der Operationsbedingungen und eine Senkung des Anästhetika-Verbrauchs empfehlenswert.

Die Qualität der Aufstehphase ist für alle Probanden als gut bis sehr gut zu beurteilen. Ein entscheidender Grund für die deutlich kürzere Aufstehdauer in Gruppe DRIP ist die Tatsache, dass durch die Anwendung des Triple-Drip fast 60 % weniger Xylazin und Ketamin benötigt wurden. Diese Vermutung wurde bereits von Young et al. (1993) geäußert. In ihrer Studie erreichten die Tiere bei 55-minütiger Anästhesiedauer mit dem Triple-Drip bereits nach 38 Minuten den sicheren Stand, wobei Tiere einer anderen Studie (McCarty et al. 1990) nach nur 34-minütiger Anästhesie mit wiederholten Bolus-Gaben etwa 40 Minuten brauchten. Es ist zwar beschrieben, dass es bei länger andauernder Applikation von Guaifenesin zur Akkumulation kommt und die Aufstehphase verlängert und verschlechtert wird (Bettschart-Wolfensberger 2012), dies konnte jedoch bei der in dieser Studie verabreichten Guaifenesin-Dosis nicht beobachtet werden. Die niedrigen Gesamtscores in dieser Studie sind zudem vermutlich dadurch bedingt, dass die Aufstehphase in der eigenen und dem Tier vertrauten Box erfolgte. Dies kann sich positiv auf Stress und Aufregung der Tiere ausgewirkt haben.

Zusammenfassend konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass die Dauertropf-Injektionsnarkose mittels Triple-Drip (Xylazin und Ketamin in 5%iger Guaifenesin-Lösung) für Kurznarkosen im Feld der wiederholten Bolus-Applikation von Xylazin und Ketamin hinsichtlich des Anästhetika-Verbrauchs überlegen ist. Der Gesamtverbrauch der Anästhetika konnte dadurch annähernd um 60 % reduziert werden, was unter anderem in einer schnelleren und besseren Aufstehphase resultierte. Das in dem Triple-Drip enthaltene Guaifenesin verbesserte die Operationsqualität im Sinne einer Relaxation des M. cremaster deutlich, ohne sich negativ auf die Aufstehphase auszuwirken. Zudem konnte mittels intratestikulärer Lidocain-Injektion die intraoperative Nozizeption verringert werden, was zu verbesserter Operationsqualität und Einsparung von Injektionsanästhetika führte.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Niedersächsischen Landgestüt Celle für die Zurverfügungstellung der Hengste sowie bei der Firma CP-Pharma für die Bereitstellung der verwendeten Medikamente.



## Conflict of interest

Die Studie wurde von der Firma CP-Pharma (Burgdorf, D) unterstützt. Die Autoren versichern, dass dieser Umstand den Inhalt der vorliegenden Arbeit in keiner Weise unzulässig beeinflusst oder verfälscht hat.

## Literatur

- Bettschart-Wolfensberger R (2012): Modern Injection Anesthesia for Horses. In: Stick JA, Auer JA (eds.), Equine Surgery. Saunders, St. Louis, 224–228.
- Büttiker R, Hess N, Tscharnner C v, Schatzmann U (1989): Untersuchungen über Gefäßwandveränderungen an der Vena jugularis externa des Pferdes nach intravenösen Infusionen. *Pferdeheilkd* 5: 247–253.
- Clark-Price SC, Posner LP, Gleed RD (2008): Recovery of horses from general anesthesia in a darkened or illuminated recovery stall. *Vet Anaesth Analg* 35: 473–479.
- Green P (2001): Castration techniques in the horse. In *Practice* 23: 250–261.
- Greene SA, Thurmon JC, Tranquilli WJ, Benson GJ (1986): Cardiopulmonary effects of continuous intravenous infusion of guaifenesin, ketamine, and xylazine in ponies. *Am J Vet Res* 47: 2364–2367.
- Haga HA, Ranheim B (2005): Castration of piglets: the analgesic effects of intratesticular and intrafunicular lidocaine injection. *Vet Anaesth Analg* 32: 1–9.
- Haga HA, Lykkjen S, Revold T, Ranheim B (2006): Effect of intratesticular injection of lidocaine on cardiovascular responses to castration in isoflurane-anesthetized stallions. *Am J Vet Res* 67: 403–408.
- Hall LW, Taylor PM (1981): Clinical trial of xylazine with ketamine in equine anaesthesia. *Vet Rec* 108: 489–493.
- Heess D, Schatzmann U (2003): Praktische Erfahrungen und klinische Parameter bei der Durchführung einer Xylazin-Ketamin-Narkose zur Allgemeinanästhesie beim Pferd. *Pferdeheilkd* 19: 28–32.
- Herschel MA, Trim CM, Mahaffey EA (1992): Effects of 5% and 10% guaifenesin infusion on equine vascular endothelium. *Vet Surg* 21: 494–497.
- Holmes AM, Clark WT (1977): Xylazine for sedation of horses. *N Z Vet J* 25: 159–161.
- Kaegi B, Pabst B, Bucher R (1988): Xylazin-Ketamin-Narkose beim Pferd. *Pferdeheilkd* 7: 203–206.
- Kaka JS, Klavano PA, Hayton WL (1979): Pharmacokinetics of ketamine in the horse. *Am J Vet Res* 40: 978–981.
- Kästner SBR (2010): Injektionsanästhesie beim Pferd – Was gibt es Neues? *Pferdespiegel* 13: 98–107.
- Lebelt D (2015): Schmerztherapie bei der Kastration des Hengstes. *Proceedings, bpt-Kongress, München 2015*, 103–104.
- Lin HC, Thurmon JC, Benson GJ, Tranquilli WJ, Olson PhD WA (1993): Guaifenesin-ketamine-xylazine anesthesia for castration in ponies: A comparative study with two different doses of ketamine. *J Equine Vet Sci* 13: 29–32.
- Löscher W, Ungemach FR, Kroker R (2006): Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. 7. Aufl. Parey, Stuttgart.
- Marntell S, Nyman G, Funkquist P (2006): Dissociative Anaesthesia During Field and Hospital Conditions for Castration of Colts. *Acta Vet Scand* 47 (1): 1–12.
- McCarty JE, Trim CM, Ferguson D (1990): Prolongation of anesthesia with xylazine, ketamine, and guaifenesin in horses: 64 cases (1986–1989). *J Am Vet Med Assoc* 197(12): 1646–1650.
- Muir WW (2009): Intravenous Anesthetic Drugs. In: Muir WW, Hubbell JAE (eds.), *Equine Anesthesia*. Saunders, St. Louis, 243–259.
- Muir WW, Skarda RT, Milne DW (1977): Evaluation of xylazine and ketamine hydrochloride for anesthesia in horses. *Am J Vet Res* 38: 195–201.
- Muir WW, Skarda RT, Sheehan W (1978): Evaluation of xylazine, guaifenesin, and ketamine hydrochloride for restraint in horses. *Am J Vet Res* 39(8): 1274–1278.
- Portier KG, Jaillardon L, Leece EA, Walsh CM (2009): Castration of horses under total intravenous anaesthesia: analgesic effects of lidocaine. *Vet Anaesth Analg* 36: 173–179.
- Price J, Marques JM, Welsh EM, Waran NK (2002): Pilot epidemiological study of attitudes towards pain in horses. *Vet Rec* 151: 570–575.
- Price J, Eager RA, Welsh EM, Waran NK (2005): Current practice relating to equine castration in the UK. *Res Vet Sci* 78: 277–280.
- Robertson SA (1997): Total intravenous anaesthesia (TIVA) in the horse. *Equine Vet Educ* 9: 17–20.
- Schmidt-Oechtering GU, Alef M, Röcken M (1990): Anaesthesia in the horse with xylazine and ketamine. 2. Adult horse. / Ein Beitrag zur Anästhesie des Pferdes mit Xylazin und Ketamin. Teil 2: Die Anästhesie des adulten Pferdes. *Tierärztl Prax* 13: 47–52.
- Searle D, Dart AJ, Dart CM, Hodgson DR (1999): Equine castration: review of anatomy, approaches, techniques and complications in normal, cryptorchid and monorchid horses. *Aust Vet J* 77: 428–434.
- Staffieri F, Driessen B (2007): Field Anesthesia in the Equine. *Clin Tech Equine Pract* 6: 111–119.
- Taylor PM, Kirby JJ, Shrimpton DJ, Johnson CB (1998): Cardiovascular effects of surgical castration during anaesthesia maintained with halothane or infusion of detomidine, ketamine and guaifenesin in ponies. *Equine Vet J* 30: 304–309.
- Waterman AE, Robertson SA, Lane JG (1987): Pharmacokinetics of intravenously administered ketamine in the horse. *Res Vet Sci* 42: 162–166.
- Yamashita K, Muir WW (2009): Intravenous Anesthetic and Analgesic Adjuncts to Inhalation Anesthesia. In: Muir WW, Hubbell JAE (eds.), *Equine Anesthesia*. Saunders, St. Louis, 260–276.
- Young LE, Bartram DH, Diamond MJ, Gregg AS, Jones RS (1993): Clinical evaluation of an infusion of xylazine, guaifenesin and ketamine for maintenance of anaesthesia in horses. *Equine Vet J* 25(2): 115–119.

## Lara Twele



Tierärztin. Studium der Veterinärmedizin in Hannover von 2009–2015. Rotierendes Internship an der Klinik für Pferde, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, mit Promotion zum Thema „Vergleich von Injektionsanästhesie-Protokollen bei Kastration und der Einfluss von intratestikulärem Lidocain auf die intraoperative Nozizeption und den postoperativen Schmerz“.

### Korrespondenzadresse:

Lara Twele, Klinik für Pferde, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 9, 30559 Hannover, [lara.twele@tiho-hannover.de](mailto:lara.twele@tiho-hannover.de)