

# Vergleich des Effektes von zwei Ringer-Laktat-Infusionslösungen auf den Elektrolyt-, Laktat- und Säure-Basen-Status bei Pferden während einer balancierten Langzeitanästhesie mit Isofluran und Medetomidin

Nathalie Mayer<sup>1</sup>, Regula Bettschart-Wolfensberger<sup>1</sup>, Hannah Junge<sup>2</sup>, Angelika Schoster<sup>2</sup> und Martina Mosing<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Anästhesiologie, Departement für Pferde

<sup>2</sup> Klinik für Pferdemedizin, Departement für Pferde, Vetsuisse Fakultät, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

**Zusammenfassung:** Ziel der Studie war es, den Effekt von zwei Ringer-Laktat-Lösungen (Fresenius® = RLF, Bichsel® = RLB) auf Elektrolyt- und Laktatkonzentration sowie Säure-Basen-Status beim Pferd während einer 6-stündigen Allgemeinanästhesie zu untersuchen. Zehn Pferde wurden mit 10 ml/kg/h RLF oder RLB während der Allgemeinanästhesie infundiert. Natrium (Na), Kalium (K), Chlorid (Cl), ionisiertes Kalzium (iCa), Laktat, pH, pCO<sub>2</sub> und Basenüberschuss (BE) wurden vor und alle 30 Minuten nach Einleitung bestimmt (M30–M360). Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels Mann-Whitney-U-Tests analysiert. Statistische Signifikanz wurde bei  $p < 0,05$  festgelegt. Es gab keine signifikanten Unterschiede für Na, K, Cl, pH und BE. Das iCa war bei M150 signifikant höher mit RLF ( $p = 0,025$ ), war jedoch in beiden Gruppen bereits bei M30 tief und fiel bis M360 weiter ab. Die Laktatkonzentration stieg über die Zeit an und war bei M120 ( $p = 0,016$ ) und M360 ( $p = 0,036$ ) signifikant höher mit RLB. Es konnten keine klinisch relevanten Unterschiede nach Verabreichung von RLF oder RLB bei den Elektrolyt- und Laktatkonzentrationen sowie beim Säure-Basen-Status über eine Allgemeinanästhesiezeit von 6 h gezeigt werden.

**Schlüsselwörter:** Anästhesiologie / Elektrolyte / Laktat / Pferd / Ringer-Laktat

## Comparison of the effect of two Ringer-Lactate-Solutions on electrolyte-, lactate- and acid-base-status in horses during balanced long-term-anaesthesia with Isoflurane and Medetomidine

The aim of this study was to compare the effect of two Ringer-Lactate solutions (Fresenius® = RLF, Bichsel® = RLB) on electrolyte and lactate concentrations as well as acid-base status of horses undergoing 6 h of general anaesthesia. Ten horses were allocated to receive either RLF or RLB at 10 ml/kg/hour during anaesthesia. Na, K, Cl, ionized Ca, lactate, pH, pCO<sub>2</sub> and BE were measured before and every 30 minutes after induction throughout anaesthesia (M30–M360). Differences between groups were assessed with Mann-Whitney-U-test. Statistical significance was set at  $p < 0,05$ . There were no significant differences in Na, K and Cl, pH, pCO<sub>2</sub> and BE. Ionized Ca was significantly higher with RLF at M150 ( $p = 0,025$ ), but was already low in both groups at M30 and decreased further until M360. Lactate concentrations increased in both groups over time and was significantly higher with RLB at M120 ( $p = 0,016$ ) and M360 ( $p = 0,036$ ). There were no clinically significant differences in electrolyte and lactate concentration as well as acid-base-status after administration of either RLF or RLB during six-hour general anaesthesia in horses.

**Keywords:** anaesthesia / electrolytes / lactate / horse / Ringer-Lactate

**Korrespondenz:** Nathalie Mayer, Vetsuisse Fakultät, Abteilung für Anästhesiologie, Winterthurerstrasse 258c, 8057 Zürich, E-Mail: nmayer@vetclinics.uzh.ch

**Zitation:** Mayer N., Bettschart-Wolfensberger R., Junge H., Schoster A., Mosing M. (2014) Vergleich des Effektes von zwei Ringer-Laktat-Infusionslösungen auf den Elektrolyt-, Laktat- und Säure-Basen-Status bei Pferden während einer balancierten Langzeitanästhesie mit Isofluran und Medetomidin. *Pferdeheilkunde* 30, 297-301

## Einleitung

Infusionstherapie während der Anästhesie ist wichtig, um das intravaskuläre Volumen aufrechtzuerhalten, das Herzminutenvolumen zu optimieren und adäquate Sauerstoffkonzentration im Blut zu gewährleisten (Kudnig und Mama 2002). Weitere wichtige Effekte sind der Ausgleich der anästhesie-induzierten Hypotension sowie der Flüssigkeitsverluste durch Evaporation (Gaynor et al. 1996). Ringer-Laktat-Lösung (RL), eine ausgewogene isotone Elektrolytlösung (Pascoe 2012), wird für die meisten Routineanästhesien empfohlen (DiBartola und Bate-man 2012). Nachteile der kristalloiden Flüssigkeiten sind, dass bereits nach einer Stunde weniger als 10–20 % im intravaskulären Raum verbleiben (Hardy 2009), die Hämodilution sowie die Erniedrigung des kolloidosmotischen Druckes (KOD) entsteht (Muir und Wiese 2004). Der KOD korreliert

negativ mit der Menge an verabreichtem RL (Boscan et al. 2007), wird aber durch die Administration von kolloidaler Lösung (HAES) erhöht (Jones et al. 2001). Zudem kann durch die Verabreichung von HAES das nötige zu verabreichende Volumen um 50 % reduziert werden (Campbell et al. 1990).

Es gibt nur wenige Studien, die verschiedene Infusionslösungen bei Pferden vergleichen. Bisherige Studien haben die Anwendung von RL mit und ohne HAES verglichen (Wendt-Hornickle et al. 2011), 0,9 % NaCl versus einer ausgewogenen kristalloiden Acetat-Lösung-Infusion untersucht (Fielding et al. 2012) und Veränderungen nach HAES-Boli (Ohta et al. 2013) beschrieben. Bei all diesen Untersuchungen wurden keine signifikanten Elektrolytveränderungen festgestellt. Zudem gibt es keine Studie, welche die Veränderungen der

Elektrolyte, des Laktats und des Säure-Basen-Status während einer sechs-stündigen Allgemeinanästhesie nach Verabreichung von zwei verschiedenen RL-Lösungen vergleicht.

Bei den getesteten RL-Lösungen enthält diejenige von Bichsel® 0,1 mmol/l mehr an Na, diejenige von Fresenius® 1,4 mmol/l mehr an K, 1,7 mmol/l mehr an Cl, 0,34 mmol/l mehr an Ca und 0,3 mmol/l mehr an Laktat. Es ist nicht bekannt, ob diese Unterschiede einen Einfluss auf den Elektrolythaushalt während einer Allgemeinanästhesie haben.

Ziel dieser Studie war es, die Elektrolyt- und Laktatkonzentrationen und Säure-Basen-Veränderungen von zwei RL-Lösungen unter möglichst standardisierten Verhältnissen während einer balancierten Medetomidin-Isofluran-Langzeitallgemeinanästhesie von 6 Stunden zu vergleichen.

## Tiere, Material und Methoden

Es wurden 10 adulte Pferde in dieser Studie verwendet, die aufgrund der Ergebnisse einer klinischen Untersuchung (ASA 1 = American Society of Anaesthesiologists) (<http://de.wikipedia.org/wiki/ASA-Klassifikation>), einer hämatologischen und blutchemischen Überprüfung sowie einer arteriellen Blutgasanalyse als gesund befunden wurden.

Die Pferde wurden 12 Stunden vor der Allgemeinanästhesie gefastet, hatten jedoch stets freien Zugang zu Wasser. Am Tag der Anästhesie wurde den Pferden ein Katheter (Secalon®T, 16G, Becton Dickinson CCS, Singapur) in die linke Jugularvene gelegt, eine venöse Blutprobe entnommen zwecks Blutgasanalyse und 4 mg/kg Phenylbutazon (Butadion, Streuli Pharma AG, Uznach, Schweiz) intravenös (IV) verabreicht. Die Pferde wurden mit 7 mcg/kg Medetomidin (Dorbene®, Dr. E. Graeb AG, Bern-Bümplitz, Schweiz) IV prämediziert und mit 2 mg/kg Ketamin (Ketanarkon 100, Streuli Pharma AG, Uznach, Schweiz) und 0,02 mg/kg Diazepam (Valium®, Roche, Basel, Schweiz) IV die Allgemeinanästhesie eingeleitet. Unmittelbar danach wurden die Pferde endotracheal intubiert, in Rückenlage auf eine adäquate Polsterung verbracht und an das Anästhesie-Kreisssystem (Tafonius, Vetronic Services LTD, Abbotskerswell, England) angeschlossen. Die Anästhesie wurde mit Isofluran (Attane®, Isofluran, Provet AG, Schweiz, Lys-sach) in einem Sauerstoff-Luft-Gemisch (inspiratorische Sauerstofffraktion = 0,5) sowie einer Medetomidin-Dauertropfinfusion von 3,5 mcg/kg/h unterhalten. Die Anästhesietiefe wurde immer von derselben erfahrenen Anästhesistin (RB) konstant gehalten. Die Pferde atmeten spontan. Es wurde ein arterieller Katheter in die Arteria facialis gelegt (18G SURFLO®ETFE-Katheter, Terumo, Somerset, New Jersey), welcher für die weiteren Blutentnahmen verwendet wurde.

Die Pferde wurden einer von zwei Gruppen zugeteilt: Gruppe RLF (Pferde 1–5) wurde die RL-Lösung von Fresenius® (Ringer-Lactat-Fresenius®, Fresenius Kabi Schweiz AG, Oberdorf, Schweiz), Gruppe RLB (Pferde 6–10) die RL-Lösung von Bichsel® (Ringer-Lactat-Bichsel®, Dr. G. Bichsel, Interlaken, Schweiz) mit einer Infusionsrate von 10 ml/kg/h verabreicht. Nach zwei Stunden wurde zusätzlich eine kolloidale Lösung (HAES®, HAES-steril 10 % ad us. vet, Fresenius Kabi Schweiz AG, Oberdorf, Schweiz) mit einer Rate von 1 ml/kg/h verabreicht, da es bei Medetomidin balancierter Anästhesie erfah-

rungsgemäss nach 2 Stunden Allgemeinanästhesie aufgrund der Medetomidin induzierten Diurese zu Hypovolämie kommt. Dies äussert sich in der Regel durch einen Anstieg der Herzfrequenz welcher durch HAES-Gabe kontrolliert werden kann (persönliche Auskunft RB).

Wenn die Herzfrequenz um 30 % im Vergleich zum Zeitpunkt M60 (Annahme, dass stabile Anästhesie erreicht) anstieg, wurde die kristalloide Infusionsrate auf 15 ml/kg/h erhöht, bis die Herzfrequenz auf  $\pm 10\%$  des Ausgangswertes gesunken war. Wenn die Herzfrequenz nach einer Stunde nicht gesunken war, wurde die kolloide Infusionsrate auf 2 ml/kg/h erhöht. Falls die Herzfrequenz über die folgenden zwei Stunden nicht auf die  $\pm 10\%$  des Ausgangswertes gesunken war, wurde die Allgemeinanästhesie abgebrochen. Bei einem mittleren Blutdruck  $< 75$  mmHg wurde Dobutamin mit 0,003 mg/kg/h (Dobutrex 250 mg/50ml, Teva Pharma AG, Basel, Schweiz) infundiert. Diese Dosierung wurde alle 10 Minuten in Schritten von 0,006 mg/kg/h angepasst, um einen mittleren Blutdruck von 75–80 mmHg zu erhalten.

Kontinuierlich überwacht wurden Herz- und Atemfrequenz, Sauerstoffsättigung,  $FiO_2$ , ausgeatmete Kohlendioxid- und Isoflurankonzentration, sowie der intraarterielle Blutdruck. Diese Parameter wurden alle fünf Minuten protokolliert.

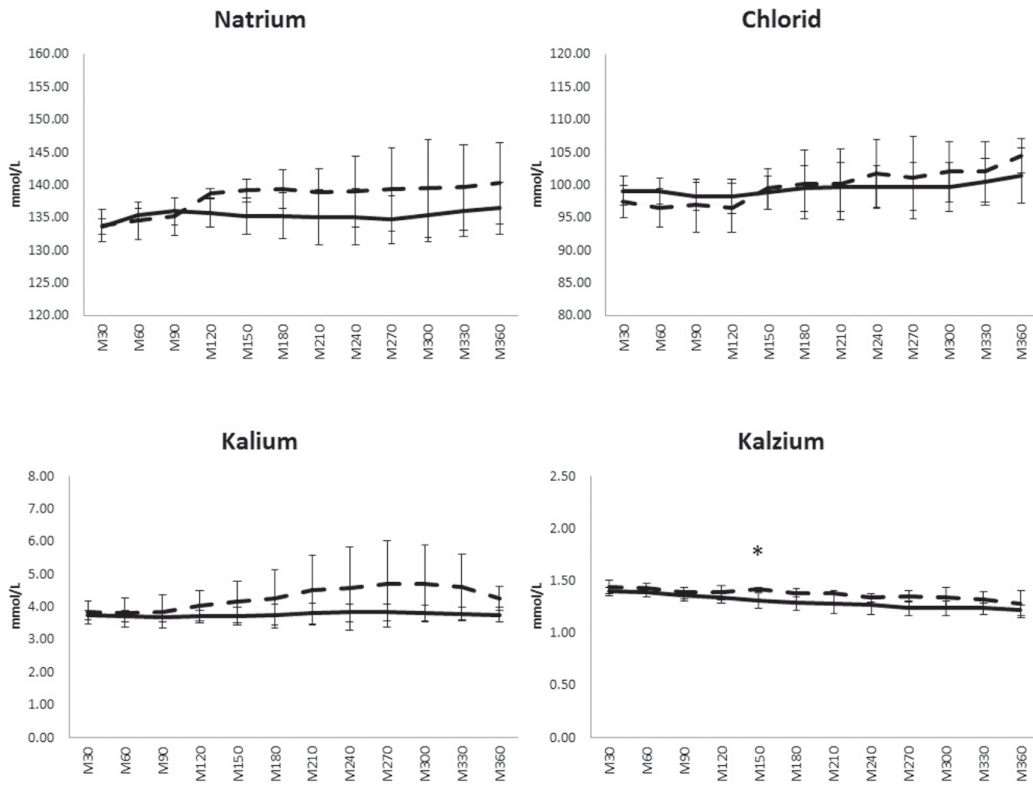
Alle 30 Minuten nach Einleitung der Allgemeinanästhesie wurde Blut mit prä-heparinisierten Spritzen (BD A-Line, BD Diagnostics, UK) aus dem arteriellen Katheter entnommen (Messzeitpunkte M30, M60, M90, M120, M150, M180, M210, M240, M270, M300, M330, M360) und unmittelbar nach Entnahme analysiert. Das Blutgasanalysegerät (RAPIDPoint 500®, Siemens, Zürich, Schweiz) wurde vor jeder Messung geeicht. Na, K, iCa, Cl und der pH wurden mittels Potentiometrie gemessen,  $pCO_2$  mit einer modifizierten Potentiometrie (Siemens Healthcare Diagnostics, 2011a) und Laktat mit einem amperometrischen Biosensor (Siemens Healthcare Diagnostics, 2011b). Der BE wurde durch das Blutgasanalysegerät berechnet (Siemens Healthcare Diagnostics, 2011a).

Nach 6 Stunden wurden alle Medikamente und Infusionslösungen gestoppt und die Pferde wurden in eine gepolsterte Aufwachboxe verbracht, wo sie ohne Hilfe aufstanden.

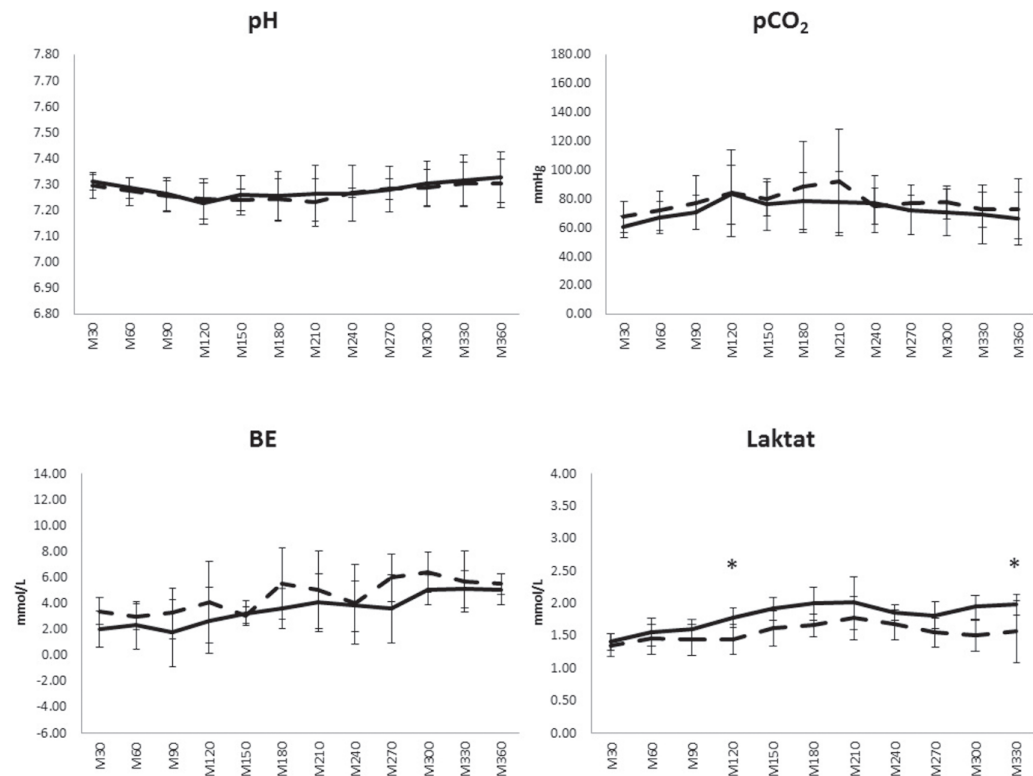
Als statistisches Analyseinstrument wurde SPSS (Version 21 für Windows, IBM Corporation 2012) eingesetzt. Aufgrund der geringen Anzahl Pferde pro Gruppe wurden die Unterschiede zwischen den Gruppen mittels des Mann-Whitney-U-Tests analysiert. Statistische Signifikanz wurde bei  $p < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Alle Daten waren normal verteilt und werden als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung präsentiert. Die 10 Pferde waren sechs Freiberger, drei Vollblutpferde und ein Traber, 4 Stuten sowie 6 Wallache. Das mittlere Alter der Pferde betrug  $9,10 \pm 4,46$  Jahre, das mittlere Gewicht  $524,5 \pm 37,08$  Kilogramm und die mittlere Grösse  $159,3 \pm 5,79$  Zentimeter. Zwei Pferde aus Gruppe RLF mussten nach M120 ausgeschlossen werden, da die Anästhesie aufgrund von technischen Schwierigkeiten mit dem Anästhesiegerät abgebrochen werden musste. Somit blieben zehn Pferde für die Messungen M30–M120 (je



**Abb. 1** Verlauf der Elektrolytkonzentrationen während der Allgemeinanästhesie (M30–M360). Bei Pferden der Gruppe F (---) und Gruppe B (—) ist bei \* ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. *Electrolyte concentrations during general anaesthesia (M30–M360). \* = significant difference between group F (---) and group B (—).*



**Abb. 2** Verlauf des pH, pCO<sub>2</sub>, BE und der Laktatkonzentration während der Allgemeinanästhesie (M30–M360). Bei Pferden der Gruppe F (---) und Gruppe B (—) ist bei \* ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. *pH, pCO<sub>2</sub>, BE and lactate concentrations during general anaesthesia (M30–M360). \* = significant difference between group F (---) and group B (—).*

fünf Pferde/Gruppe) und acht für die Messungen M120–M360 (drei Pferde in Gruppe RLF und fünf Pferde in Gruppe RLB). Die Infusionsraten der Kristalloid- und Kolloidlösungen waren für beide Gruppen identisch (M30–M120: RLF und RLB 10 ml/kg/h, M120–M360: RLF 13,82 ± 3,35 ml/kg/h, RLB 10,33 ± 0,46 ml/kg/h, HAES-RLF 1,07 ± 0,12 ml/kg/h, HAES-RLB 1,12 ± 0,27 ml/kg/h). Die Elektrolyt-, Laktat- sowie Säure-Base-

Konzentrationen waren zum Zeitpunkt vor der Allgemeinanästhesie nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen. Ebenso waren alle Werte innerhalb des Referenzbereichs, ausser iCa; diese Werte waren schon vor der Allgemeinanästhesie mit 1,47 ± 0,05 mmol/l für RLF und 1,46 ± 0,06 mmol/l für RLB unter den in der Literatur beschriebenen Referenzbereichen (See-ler 2007, Reed et al. 2010).

Die Verläufe aller Parameter während der Anästhesie sind in Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden bei ionisiertem Ca und Laktat festgestellt. In Gruppe RLF war die  $iCa$ -Konzentration bei M150 signifikant höher als bei Gruppe RLB ( $p = 0,025$ ). Laktat war zu zwei Zeitpunkten signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen. Bei M120 ( $p = 0,016$ ) und M360 ( $p = 0,036$ ) war die Laktatkonzentration in Gruppe RLB signifikant höher als in Gruppe RLF.

## Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt erstmals unter standardisierten Bedingungen während einer sechs-stündigen Medetomidin-Isofluran-Allgemeinanästhesie, dass zwei unterschiedlich zusammengesetzte RL-Lösungen zu keinem klinisch relevanten Unterschied in den Elektrolyt- und Laktatkonzentrationen sowie Säure-Basen-Status führen. Zusätzlich zeigt diese Studie, dass die ionisierte Kalziumkonzentration mit beiden Lösungen kontinuierlich abfallen bis Werte erreicht werden, die als Hypokalzämie zu werten sind.

Bei gesunden anästhesierten Pferden mit alleiniger Verabreichung von 10 ml/kg/h RL konnten keine signifikanten Na- und Cl-Veränderungen über eine 150-Minuten-Allgemeinanästhesie festgestellt werden (Boscan et al. 2007), ebenso nicht, wenn 5–10 ml/kg/h RL für 150 Minuten mit 2,5 ml/kg/h 6% HAES für 60 Minuten kombiniert wurden (Wendt-Hornickle et al. 2011). Bei Distanzpferden konnte nach 20 L einer intravenös verabreichten ausgewogenen kristalloiden Flüssigkeit mit Acetat als Buffer eine Erhöhung des Na um 0,68% und des Cl um 2,94% beobachtet werden (Fielding et al. 2012). In unserer Studie konnten wir die bisherigen Ergebnisse bestätigen. Von M30 bis M360 stieg Na um 4,95% (RLF) bzw. 2,10% (RLB) und Cl um 7,11% (RLF) bzw. 2,42% (RLB) an.

Nach 150 Minuten Anästhesie mit Verabreichung von 10 ml/kg/h RL bei gesunden Pferden konnte ein K-Abfall von 0,2 mmol/l beobachtet werden (Boscan et al. 2007). In unserer Studie blieb in Gruppe RLB das K stabil, in Gruppe RLF hingegen stieg es um 0,43 mmol/l an (M30 versus M360). Kalium kann durch den Blut-pH beeinflusst werden (Kaye und Kucera 2005), bei unseren Pferden war der Blut-pH über die Zeit konstant, was diesen Einfluss ausschließt.

Boscan et al. (2007) stellten bei gesunden Pferden bereits bei Einleitung ein tiefes  $iCa$  fest, welches während der 2,5 stündigen Allgemeinanästhesie um weitere 0,05 mmol/l abfiel (Boscan et al. 2007). Auch in unserer Studie war der M30-Wert für Ca unter dem Referenzwert und fiel während der Anästhesie in beiden Gruppen weiter ab. Der Abfall in beiden Gruppen (0,03 vs. 0,08 mmol/l) über die ersten 150 Minuten ist vergleichbar mit jenen aus der oben erwähnten Studie (Boscan et al. 2007). Erklärungen für einen intraoperativen  $iCa$ -Abfall können eine schnelle Flüssigkeitsadministration  $iCa$ -armer Flüssigkeiten (Kudnig und Mama 2002), einen Abfall des Magnesiums (Kaye und Kucera 2005), sowie pH-Änderungen sein (Seeler 2007). Zudem wird durch die Allgemeinanästhesie eine Stressantwort ausgelöst (Taylor 1998), was die intestinale Kalziumabsorption vermindert und die Kalziumausscheidung im Urin fördert (Glade et al. 1982). Bei

isofluran-anästhesierten Pferden konnte mittels 0,1–0,4 mg/kg/min Kalzium-Glukonat eine signifikante Erhöhung der ionisierten Kalziumkonzentration, des systolischen, mittleren und diastolischen Blutdrucks festgestellt werden ohne signifikante Änderungen des Hämatokrits, Plasmaproteins, sowie der Säure-Basen-Parameter (Grubb et al. 1999). Zum Zeitpunkt M150 wurde ein statistisch höheres  $iCa$  in Gruppe RLF gemessen, jedoch muss diese Signifikanz vorsichtig bewertet werden, da ab Zeitpunkt M120 nur noch drei Pferde in Gruppe RLF waren.

Gesunde anästhesierte Pferde zeigen bei Einleitung Laktatkonzentrationen von 1,4 mmol/l, welche nach 2,5 Stunden Allgemeinanästhesie auf 2,1 mmol/l ansteigen (Boscan et al. 2007). Unsere Daten zeigen ähnliche Werte bei Einleitung, nach 2,5 Stunden jedoch in beiden Gruppen tiefere Werte. Am Ende der sechs-stündigen Allgemeinanästhesie wurden bei drei Pferden in Gruppe RLB ebenfalls Werte  $> 2$  mmol/l gemessen, während zwei Pferde aus Gruppe RLB und alle Pferde aus Gruppe RLF Werte  $< 2$  mmol/l zeigten. Mögliche Erklärungen für ein erhöhte Laktatkonzentration sind verminderter Herzauswurf (Luna et al. 1996), anaerober Metabolismus durch Hypoxie, erniedrigter Laktatstoffwechsel sowie ein Überschuss von Laktatadministration durch die Verabreichung von 10 ml/kg/h RL über die Anästhesiezeit von 2,5 Stunden (Boscan et al. 2007). Bei Hunden mit Lymphom wurde gezeigt, dass nach Verabreichung von RL ein transients Laktatanstieg ausgelöst wird, der sich zwei Stunden nach Infusionsende normalisiert (Vail et al. 1990). Keines der in dieser Studie eingeschlossenen Pferde zeigte während der Allgemeinanästhesie Hypoxie oder Hypotension. Somit lässt sich der Laktatanstieg als transient werten.

Gesunde Pferde, die während der Anästhesie mit 10 ml/kg/h RL infundiert wurden, zeigten bei Messungen vor der Prämedikation bis 2 h nach der Chirurgie einen pH-Abfall von 7,39 auf 7,13, einen BE-Abfall von 3,82 mmol/l auf 0,92 mmol/l und einen  $pCO_2$ -Anstieg von 54,19 mmHg auf 108,98 mmHg (Stopyra et al. 2010). In unserer Studie zeigten die Pferde nur geringe Veränderungen und lassen sich demzufolge nicht mit den Daten von Stopyra et al. vergleichen.

Die empfohlene perioperative kristalloide Flüssigkeitsrate beträgt 10–15 ml/kg/h (Campbell et al. 1990, Kudnig und Mama 2002), sodass eine Stabilität des kardiovaskulären Systems sowie eine optimale Harnausscheidung gewährleistet werden (Campbell et al. 1990). Neue perioperative Flüssigkeitsempfehlungen für Hunde sind  $< 10$  ml/kg/h, um unerwünschte Effekte wie Hypervolämie zu vermeiden (Davis et al. 2013). Zudem wird der Einsatz von Vasopressoren bei normovolämen Patienten mit einer Hypotension empfohlen (Davis et al. 2013). Die Situation bei Pferden ist anders, da diese präoperativ immer  $\alpha_2$ -Agonisten verabreicht bekommen. Medetomidin führte bei Isofluran-anästhesierten Pferden mit einer Medetomidin-Dauertropfinfusion von 0,005 mg/kg/h sowie einer RL Infusion von 10 ml/kg/h zu einem Urinvolumen von 4,06 ml/kg/h bzw. einem totalen Urinvolumen von 4,57 Litern nach 150 Minuten (Creighton et al. 2012). Aus diesen Gründen und gemäss den Erfahrungswerten von RB wurde eine Infusionsrate von 10 ml/kg/h RL über die ganze Anästhesiezeit gewählt. Zur Aufrechterhaltung des KOD wurde zusätzlich HAES infundiert.

Die primäre Schwäche dieser Studie ist die geringe Anzahl Pferde, vor allem in Gruppe RLF. Jedoch waren die Bedingungen sehr standardisiert, was den Vergleich der beiden Flüssigkeiten trotzdem rechtfertigt. Zudem gibt es nur eine venöse Ausgangsmessung, da der arterielle Katheter erst nach Einleitung sowie Positionierung des Pferdes gelegt wurde. Jedoch ist der Vergleich der beiden RL nicht auf einen Ausgangswert gestützt und die venöse Messung wurde nur verwendet, um eine vergleichbare Ausgangssituation zwischen den beiden Gruppen garantieren zu können. In zukünftigen Studien sollten die Elektrolyte über die Zeit der Anästhesie mit jenen vor sowie nach der Anästhesie bei einer grösseren Zahl von Pferden verglichen werden.

## Schlussfolgerung

Die Pferde zeigten mit beiden RL-Lösungen einen ähnlichen Verlauf der Elektrolyte über eine Allgemeinanästhesiedauer von sechs Stunden. Die einzelnen Fluktuationen in den Messwerten sind eher auf die geringe Anzahl Pferde pro Gruppe zurückzuführen als auf die Unterschiede der Zusammensetzung der einzelnen Flüssigkeiten und spielen eine untergeordnete klinische Rolle.

## Literatur

- Boscan P., Watson Z., Steffey E. P. (2007) Plasma colloid osmotic pressure and total protein trends in horses during anesthesia. *Vet. Anaesth. Analg.* 34, 275-283
- Campbell I. T., Baxter J. N., Tweedie I. E. (1990) IV fluids during surgery. *Br. J. Anaesth.* 65, 726-729
- Creighton C. M., Lemke K. A., Lamont L. A., Horney B. S., Doyle A. J. (2012) Comparison of the effects of xylazine bolus versus medetomidine constant rate infusion on the stress response, urine production, and anesthetic recovery characteristics in horses anesthetized with isoflurane. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 240, 998-1002
- Davis H., Jensen T., Johnson A., Knowles P., Meyer R., Rucinsky R., Shafford H. (2013) 2013 AAHA/AAFP Fluid Therapy Guidelines for Dogs and Cats. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 49, 149-159
- DiBartola S. P., Bateman S. (2012) Introduction to Fluid Therapy. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice. 4. Auflage, Herausgeber: DiBartola S.P. und Stephen P., Elsevier Saunders Verlag, St. Louis, Missouri, 331-350
- Fielding C. L., Magdesian K. G., Meier C. A., Rhodes D. M. (2012) Clinical, hematologic, and electrolyte changes with 0.9% sodium chloride or acetated fluids in endurance horses. *J. Vet. Emer. Crit. Care.* 22, 327-331
- Gaynor J. S., Wertz E. M., Kesel L. M., Baker G. E., Cecchini C., Rice K., Mallinckrodt C. M. (1996) Effect of intravenous administration of fluids on packed cell volume, blood pressure, and total protein and blood glucose concentrations in healthy halothane-anesthetized dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 208, 2013-2015
- Glade M. J., Krook L., Schryver H. F., Hintz H. F. (1982) Calcium Metabolism in Glucocorticoid-Treated Pony Foals. *J. Nutr.* 112, 77-86
- Grubb T. L., Benson G. J., Foreman J. H., Constable P. D., Thurmon J. C., Olson W. O., Tranquilli W. J., Davis L. E. (1999) Hemodynamic effects of ionized calcium in horses anesthetized with halothane or isoflurane. *Am. J. Vet. Res.* 60, 1430-1435
- Hardy J. (2009) Venous and Arterial Catheterization and Fluid Therapy. *Equine Anesthesia, Monitoring and Emergency Therapy.* 2. Auflage, Herausgeber: Muir W.W. und Hubbell J.A.E., Saunders Elsevier Verlag, St. Louis, Missouri, 131-148
- Jones P. A., Bain F. T., Byars T. D., David J. B., Boston R. C. (2001) Effect of hydroxyethyl starch infusion on colloid oncotic pressure in hypoproteinemic horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218, 1130-1135
- Kaye A. D., Kucera I. J. (2005) *Intravascular Fluid and Electrolyte Physiology.* Miller's Anesthesia. 6. Auflage, Herausgeber: Miller R.D., Elsevier Churchill Livingstone Verlag, Pennsylvania, 1763-1798
- Kudnig S. T., Mama K. (2002) Perioperative fluid therapy. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 221, 1112-1121
- Lepage R., Légaré G., Racicot C., Brossard J. H., Lapointe R., Dagenais M., D'Amour P. (1999) Hypocalcemia Induced during Major and Minor Abdominal Surgery in Humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 84, 2654-2658
- Luna S. P. L., Taylor P. M., Wheeler M. J. (1996) Cardiorespiratory, endocrine and metabolic changes in ponies undergoing intravenous or inhalation anaesthesia. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 19, 251-258
- Muir W. W., Wiese A. J. (2004) Comparison of lactated Ringer's solution and a physiologically balanced 6% hetastarch plasma expander for the treatment of hypotension induced via blood withdrawal in isoflurane-anesthetized dogs. *Am. J. Vet. Res.* 65, 1189-1194
- Ohta M., Kurimoto S., Tokushige H., Kuroda T., Ishikawa Y. (2013) Hemodynamic Effects of 6% Hydroxyethyl Starch Infusion in Sevoflurane-anesthetized Thoroughbred Horses. *J. Vet. Med. Sci.* 75, 841-845
- Pascoe P. J. (2012) Perioperative Management of Fluid Therapy. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice. 4. Auflage, Herausgeber: DiBartola S.P. und Stephen P., Elsevier Saunders Verlag, St. Louis, Missouri, 405-435
- Reed S. M., Bayly W. M., Sellon D. C. (2010) Disorders of the Endocrine System. *Equine Internal Medicine.* 3. Auflage, Herausgeber: Reed S.M., Bayly W.M. und Sellon D.C., Saunders Elsevier Verlag, St. Louis, Missouri, 1295-1379
- Seeler D. C. (2007) Fluid, Electrolyte, and Blood Component Therapy. *Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia.* 4. Auflage, Herausgeber: Tranquilli W.J., Thurmon J.C. und Grimm K.A., Blackwell Publishing Verlag, Ames, Iowa, 185-201
- Siemens Healthcare Diagnostics (2001) Anhang F: Grundlagen des Systembetriebs. *Bedienungshandbuch für das RAPIDPoint 500® - System.* Herausgeber: Siemens Healthcare Diagnostics, Seite F1 - 24.
- Siemens Healthcare Diagnostics (2001) Laktat. *Ergänzung zum Bedienungshandbuch, RAPIDPoint 500 Systems.* Herausgeber: Siemens Healthcare Diagnostics, 1-22
- Stopyra A., Jalynski M., Sobiech P., Chyczewski M., Holak P., Lew M. (2010) The effect of isotonic multiple electrolyte infusions during anesthesia on blood gas and enzymatic values in horses. *Pol. J. Vet. Sci.* 13, 287-292
- Taylor P. M. (1998) Effects of surgery on endocrine and metabolic responses to anaesthesia in horses and ponies. *Res. Vet. Sci.* 64, 133-140
- Vail D. M., Ogilvie G. K., Fettman M. J., Wheeler S. L. (1990) Exacerbation of hyperlactatemia by infusion of lactated Ringer's solution in dogs with lymphoma. *J. Vet. Intern. Med.* 4, 228-232
- Wendt-Hornickel E. L., Snyder L. B. C., Tang R., Johnson R. A. (2011) The effects of lactated Ringer's solution (LRS) or LRS and 6% hetastarch on the colloid osmotic pressure, total protein and osmolality in healthy horses under general anesthesia. *Vet. Anaesth. Analg.* 38, 336-343

## Tierschutzerklärung

Die Studie wurde vom Kantonalen Veterinäramt in Zürich als für den Tierschutz zuständige Behörde bewilligt (TV-4985).

## Danksagung

Die Autoren danken der Stiftung „Forschung für das Pferd“ für die Finanzierung der Studie, der Firma „Grosse Apotheke Dr. G. Bichsel AG“ in Interlaken für die Spende der RLB und S. Fuchs für die Statistik-Hilfe bedanken.