

Implementierung und Evaluierung von Hygienemaßnahmen zur Reduktion von multiresistenten Infektionserregern und Wundinfektionen in einer Pferdeklinik

Heidrun Gehlen¹, Katja-Sophia Klein¹, Sabita D. Stöckle¹, Antina Lübke-Becker², Roswitha Merle³, Robin Köck^{4,5} und Birgit Walther⁶

¹ Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Berlin

² Institut für Mikrobiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin, Berlin

³ Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie, Freie Universität Berlin, Berlin

⁴ Universitätsklinikum Münster, Institut für Hygiene, Münster

⁵ DRK Kliniken Berlin, Institut für Hygiene, Berlin

⁶ Spezielle Licht- und Elektronenmikroskopie, ZBS-4, Robert Koch-Institut, Berlin

Zusammenfassung: Die hier vorgestellte Interventionsstudie untersucht, ob die Anzahl der Wundinfektionen (WI) und das Auftreten von multiresistenten Infektionserregern (MRE) in Verbindung mit WI in einer großen Pferdeklinik durch die Einführung eines multimodalen Hygienekonzeptes gesenkt werden kann. Für eine bessere Vergleichbarkeit der beiden jeweils sechsmonatigen Untersuchungszeiträume (USZ A und B) vor und nach der Interventionsphase, wurden nur Pferde mit „Kolik“ oder einer „offenen Verletzung“ in die Studie eingeschlossen. Als indirekter Indikator zur Evaluierung der Compliance zur Händehygiene wurde der Händedesinfektionsmittelverbrauch (HDMV) erfasst. Während der Interventionsphase wurde ein neues Hygienekonzept implementiert. Von den 108 Pferden mit offenen Verletzungen entwickelten 28,7% (31/108) eine Wundinfektion, davon 31,7% (19/60) im USZ A und 25,0% (12/48) im USZ B. Von den 233 eingelieferten Kolikpatienten wurden 48 Pferde operiert, von diesen wurden 13 innerhalb von 24 h nach der Operation eingeschläfert. Von den verbleibenden 35 Pferden entwickelten 11 eine postoperative WI (31,4%), davon im USZ A 6/14 (42,8%) und im USZ B 5/21 (23,8%). Insgesamt sank im USZ B die Häufigkeit von WI um 9,2% und der Nachweis von MRE in Zusammenhang mit diesen WI um 17,2%, wenngleich diese Reduktion statistisch nicht signifikant war. Der HDMV stieg sowohl absolut als auch pro Patiententag im USZ B an. Der absolute HDMV lag im USZ A bei 27,5 Litern (l) und im USZ B bei 79,7 l. Optimierte Hygienemaßnahmen, insbesondere bezüglich der Händehygiene, haben somit einen deutlich positiven Einfluss auf das Auftreten von Wundinfektionen sowie den Nachweis von MRE bei Wundinfektionen.

Schlüsselwörter: Hygienemanagement, Surveillance, Wundinfektion, Infektionsprävention, Pferd

Effects of hygiene management on wound infection rates in an equine clinic

To investigate whether the wound infection (WI) rate and the occurrence of multidrug-resistant organisms (MDRO) associated with WI can be decreased by introducing a multimodal hygiene concept in a large equine clinic, an interventional study was carried out. In order to keep the six-month study periods (SP A and SP B) before and after the intervention phase comparable, horses presented with either a “colic” or an “open injury” were included in the study. Upon admission to the clinic, they were tested for MDRO by microbiological examination of a nasal swab and a faecal sample. In injured horses, a sample for microbiological examination was also collected from the centre of the wound. Hand disinfectant consumption (HDC) was assessed as an indirect indicator to evaluate hand hygiene compliance. In the intervention phase, a novel baseline hygiene concept was implemented. A clinical WI was diagnosed by the treating veterinarian considering the classic general and local inflammatory symptoms. Additionally fever, leukocytes (white blood cells = WBC > 10,000 G/l), an increased fibrinogen value (> 400 mg/dl), an increased heart rate (> 48/min.), and visible wound exudation were taken into account. A sample of every WI after colic surgery or surgically treated open injury was examined microbiologically. Considering 108 horses with “open wounds” at hospital admission, 28.7% (31/108) developed a WI, with 31.6% (19/60) in SP A and 25.0% (12/48) in SP B. While 233 horses were hospitalized due to “colic”, 48 (20.6%) were subjected to (emergency) laparotomy. Considering the 35 horses surviving 24 h following surgery, 11 developed a postoperative WI; 6/14 (42.8%) during SP A and 5/21 (23.8%) during SP B. Altogether, the WI detection rate decreased by 9.2% and the MDRO detection rate in these WI was reduced by 17.2% in SP B compared to SP A, although this reduction lacked statistical significance. A total of 50% (21/42) of the infected wounds tested positive for ESBL-producing Enterobacterales. *Acinetobacter baumannii* was only detected in two cases (4.8%). Both, the absolute HDC and the consumption of hand disinfectant per patient day increased in SP B. The absolute HDC in SP A was 27.5 liters (l) and in SP B 79.7 l. This corresponds to an absolute increase in HDC of more than 52 l (190%) in SP B. For SP A, an absolute volume of HDC per clinic day of 148.6 ml or a consumption of 4 ml per patient day was measured. In SP B, the use of hand disinfectants increased significantly to 435.7 ml per clinic day and to 14.1 ml per patient day. This corresponds to an increase of HDC per clinic day (day in the study period) by almost three times (290%) and more than three times (350%) in relation to the patient day compared to SP A. The number of hand disinfections carried out per patient day also increased 3 ml average consumption per hand disinfection of 1.3 hand disinfections carried out in SP A to 4.7 hand disinfections carried out. In conclusion optimized hygiene measures, especially with regard to hand hygiene, have a clear influence on the occurrence of wound infections and the detection of MDROs in wound infections.

Keywords: hygiene management, surveillance, wound infection, prevention of infection

Zitation: Gehlen H., Klein K.-S., Stöckle S. D., Lübke-Becker A., Merle R., Köck R., Walther B. (2021) Implementierung und Evaluierung von Hygienemaßnahmen zur Reduktion von multiresistenten Infektionserregern und Wundinfektionen in einer Pferdeklinik. *Pferdeheilkunde* 37, 611–620; DOI 10.21836/PEM20210607

Korrespondenz: Prof. Dr. Heidrun Gehlen, Klinik für Pferde der FU Berlin, 114163 Berlin, Oetzenweg 19b; heidrun.gehlen@fu-berlin.de

Eingereicht: 2. Mai 2021 | **Angenommen:** 12. Juli 2021

Einleitung

Spätestens seit den Erkenntnissen von *Semmelweis* zur Bedeutung der Spitalhygiene ist bekannt, dass Stätten der medizinischen Versorgung Orte darstellen, in denen eine Vielzahl von Pathogenen, wenn auch unbeabsichtigt und aus Unwissenheit, leicht von Patient zu Patient übertragen werden können (*Semmelweis* 1861). Es gab immer wieder Berichte über Ausbrüche von Hospitalinfektionen in Pferdekliniken (*Schott et al.* 2001, *Weese und Rousseau* 2005, *Weese et al.* 2006b), bei denen deutlich wurde, dass insbesondere Antibiotika-resistente Varianten der Infektionserreger zunehmend ein Problem darstellen (*Bergstrom et al.* 2012, *Walther et al.* 2014a). Viele der derzeit in diesem Zusammenhang berichteten Infektionserreger gehören prinzipiell zu der physiologischen Mikrobiota von Tieren, einschließlich Pferden sowie Menschen (*Weese und Rousseau* 2005, *Wieler et al.* 2011). Ähnlich wie in humanmedizinischen Kliniken können diese Bakterien grundsätzlich zwischen Mensch und Tier durch einfachen direkten oder indirekten Kontakt übertragen werden (*Marxen und Nickau* 2018, *Wieler et al.* 2011). Da diese Hospital-assoziierten (HAI) Bakterien vielfach Resistenzen gegen verschiedene Antibiotikaklassen kumulieren, sind Infektionen mit diesen multiresistenten Erregern (MRE) oftmals nur schwer zu therapieren (*Wieler et al.* 2011). Dabei muss stets unterschieden werden zwischen einer in der Regel asymptomatischen Besiedlung („Kolonisation“) und einer klinisch manifesten Erkrankung. Erst wenn diese Bakterien die physiologischen Barrieren der Haut/Schleimhäute, sowie die körpereigene Immunabwehr, überwunden haben, kann sich eine unter Umständen schwere Infektionskrankheit entwickeln. Aus der Literatur ist bekannt, dass unter anderem Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) sowie (engl.) Extended-Spectrum beta-Lactamase (ESBL)-bildende Enterobacterales (insbesondere ESBL-produzierende *Escherichia coli*) häufig bei hospitalisierten Pferden nachgewiesen werden (*Bortolami et al.* 2017, *van Spijk et al.* 2016, *Walther et al.* 2017). Diese MRE eignen sich also gut als so genannte Indikatorpathogene, deren Erfassung im Rahmen eines Monitoring-Programms zur Verbesserung der Hygiene sinnvoll erscheint. Allein die Anforderungen an die Etablierung eines sinnvollen, zielgerichteten und praktikablen Hygienekonzepts in der Pferdemedizin sind bekanntlich anders als in der Kleintier- oder Humanmedizin (*Frank* 2019, *Gehlen et al.* 2020, *Walther et al.* 2014a). Die für Pferde zwingend erforderlichen räumlichen Bedingungen im Hinblick auf Boxen, Einstreu, Luftversorgung und Fütterung sind erschwerende Bedingungen bezüglich der Umsetzung von medizinischen Hygienestandards (*Frank* 2019, *Gehlen et al.* 2020, *Sieber et al.* 2011). Hospital-assoziierte Infektionen (HAI) durch zoonotische MRE so weit wie möglich durch geeignete Maßnahmen zu verhindern, dient selbstverständlich auch dem gesundheitlichen Schutz aller Klinikmitarbeiter (*Walther et al.* 2014b, *Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe* (ABAS) 2017).

Eine schwedische Arbeitsgruppe hat 2014 gezeigt, dass es ein erhebliches Potential für die Einführung von ganz einfachen

Mindeststandards zur Verbesserung der Infektionskontrolle in Pferdekliniken gibt. Insbesondere die Händehygiene-Compliance und die interne Logistik (besonders ihre Dokumentation) wurden hier als wichtige Säulen des Infektionsschutzes definiert (*Bergstrom und Gronlund* 2014). Berichte über das Auftreten und die Verbreitung von multiresistenten Salmonellen in Pferdekliniken zeigen außerdem, dass eine mangelnde Infektionskontrolle und Biosicherheit gravierende gesundheitliche Folgen für Mensch und Tier haben kann, die darüber hinaus oftmals mit einem immensen finanziellen Schaden assoziiert sind (*Alinovi et al.* 2003, *Dallap Schaer et al.* 2010, *Rothers et al.* 2020).

Hospital-assoziierte Infektionen (HAI) können sowohl durch Bakterien der endogenen Mikrobiota des Patienten (z.B. bei nasaler oder enteraler Kolonisation) als auch durch die Übertragung klonal identischer MRE innerhalb einer Einrichtung entstehen (*Wieler et al.* 2011). In beiden Fällen spricht man von HAI, denn es ist nicht gelungen, eine im Zusammenhang mit dem Klinikaufenthalt stehende Infektionskrankheit durch geeignete Maßnahmen zu verhindern. Konkret heißt dies, auch wenn das Pferd bereits bei Ankunft mit MRE besiedelt gewesen sein sollte, so ist z.B. eine Wundinfektion nach einer Operation mit stationärem Aufenthalt als HAI zu klassifizieren. Vergleichbar zu den Risiken für eine Infektion in der Humanmedizin haben MRE-besiedelte Pferde wahrscheinlich ein höheres Risiko eine Infektion mit MRE zu erleiden, die Studienlage hierzu ist jedoch unzureichend (*Walther et al.* 2017). Zu den in verschiedenen Studien ermittelten Risikofaktoren für eine Besiedlung mit *ESBL-E. coli* gehören u.a. eine antibiotische Behandlung sowie tierärztliche Untersuchungen (*Gehlen et al.* 2020).

In der Vergangenheit konnte nach Bildung eines interdisziplinären Hygieneteams durch Implementierung eines individuellen und zielgerichteten multimodalen Interventionsprogramms in einer Pferdeklinik ein lokaler MRSA-Ausbruch eingedämmt sowie dauerhaft eine deutliche Reduktion von MRSA-Nachweisen in den Folgejahren erzielt werden (*Bergstrom et al.* 2012). Die Einführung von Regeln für die persönliche Hygiene, die Raumhygiene (einschließlich Stall, Isolierstall und Operationsaal), die Hygiene im Umgang mit hospitalisierten Pferden, sowie mit medizinischen Geräten (z.B. Endoskopen) haben diesen Erfolg ermöglicht (*Bergstrom et al.* 2012). Eine weitere Studie zeigte, dass durch die konsequente Einführung von Hygienemaßnahmen das Auftreten von MRSA-assoziierten HAI dauerhaft gesenkt werden kann (*Sieber et al.* 2011). Zu den beschriebenen Maßnahmen gehörte die Händedesinfektion vor jedem Patientenkontakt, die konsequente Verwendung von Einmalhandschuhen und die Isolation von MRSA-positiven Pferden (*Sieber et al.* 2011). Der Versuch, MRSA-besiedeltes Personal dauerhaft zu dekolonisieren, war hingegen langfristig nicht erfolgreich und schlug in Einzelfällen sogar fehl, so dass *Sieber et al.* auf die Wichtigkeit der kontinuierlichen Fortsetzung von Hygienemaßnahmen zur Vermeidung von MRE-Transmissionen zwischen Pferden und Menschen hinwiesen (*Sieber et al.* 2011).

Doch wie kann man den Erfolg von Hygienemaßnahmen evaluieren? Hierzu sind verschiedene Überlegungen notwendig. Pferde können bereits bei der Ankunft in einer Pferdeklinik mit MRE kolonisiert und/oder infiziert sein. Hierzu gibt es international einige Studien (Cuny et al. 2006, Sieber et al. 2011, Weese et al. 2006), eine konkrete Einschätzung der Erregerbelastung durch kolonisierte Pferde, die in anderen Kliniken vorgestellt werden, ermöglichen diese jedoch nicht. Die Informationen über Größenordnung und Art des Eintrags von MRE in Kliniken ist daher wichtig, um die Hygienemaßnahmen möglichst optimal auf die lokal auftretenden Indikatorpathogene abstimmen zu können. In dieser prospektiven Interventionsstudie im Vorher-Nachher-Design wurde der Einfluss von gezielten, gebündelten Hygienemaßnahmen auf die Wundinfektionsrate nach bestimmten chirurgischen Eingriffen sowie auf die Nachweisrate von definierten MRE erfasst. Die in Pferdekliniken häufig auftretenden Vorstellungsgründe „Symptomkomplex Kolik“ und „offene Verletzung“ wurden hierfür als Merkmale für repräsentative Patientengruppen ausgewählt. Als MRE-Indikatorpathogene wurden ESBL-produzierende Enterobacterales (ESBL-E), MRSA, *Acinetobacter baumannii* und Salmonellen bestimmt. Zusätzlich wurde der Verbrauch von Händedesinfektionsmittel als indirekter Indikator für die Händehygiene-Compliance in den einzelnen Studienphasen herangezogen.

Material und Methoden

Die Interventionsstudie gliederte sich in drei Abschnitte von jeweils sechs Monaten Dauer, den Untersuchungszeitraum A (USZ A), die Hygieneinterventionsphase und den Untersuchungszeitraum B (USZ B).

Im USZ A und B wurde jeweils der Eintrag von definierten Indikatorpathogenen durch aufgrund von Kolik oder einer „offenen Verletzung“ vorgestellten Pferden erhoben. Als Pferd mit „offener Verletzung“ wurden hierbei jene Pferde eingeschlossen, welche mit einer vollständigen Durchtrennung aller Schichten der Dermis an mindestens einer Stelle des Körpers infolge eines traumatischen Ereignisses in der Pferdeklinik vorgestellt wurden und aus diesem Grund anschließend chirurgisch versorgt werden mussten. Direkt bei Aufnahme wurde von jedem Pferd ein Nüsternabstrich und eine Kotprobe sowie bei Pferden mit „offenen Verletzungen“ ein Abstrich aus dem Zentrum der Wunde mikrobiologisch untersucht (Walther et al. 2018a, Walther et al. 2018b). Zudem wurden Wundinfektionen (WI), die entweder nach einer Kolik-Operation oder nach chirurgischer Versorgung einer „offenen Verletzung“ auftraten, erfasst. Die klinische Diagnose WI wurde hierbei durch den behandelnden Tierarzt unter Berücksichtigung der klassischen allgemeinen und lokalen Entzündungssymptome festgestellt, wobei Fieber, Leukozyten (white blood cells = WBC > 10.000 G/l), ein erhöhter Fibrinogen-Wert (> 400 mg/dl), eine erhöhte Herzfrequenz (> 48/min.) und sichtbare Wundsekretion berücksichtigt wurden. Jede klinisch sichtbare WI nach Kolik-Operation oder nach der chirurgischen Versorgung einer offenen Verletzung wurde mikrobiologisch untersucht.

Im Anschluss an USZ A wurden während der Interventionsphase neue Hygienemaßnahmen implementiert bzw. bestehende Maßnahmen optimiert. Hierzu zählen die Einführung von standardisierten Vorgehensweisen (SOPs) für die Patienten- und

Wundversorgung sowie Personalschulungen, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der Verbesserung der Compliance zur Händehygiene lag. Zur Orientierung für ein zielgerichtetes Hygienemanagement dienten dabei die Grundsätze, die für die Humanmedizin erarbeitet wurden. Hierzu zählen u.a. die Analyse der hygienisch kritischen Bereiche, die Bewertung möglicher Hygienrisiken, Maßnahmen zur Risikominimierung, die schriftliche Festlegung von Maßnahmen im Hygieneplan, die Einführung geeigneter Kontrollmaßnahmen, die regelmäßige Aktualisierung des Hygieneplans, die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Compliance der Mitarbeiter sowie die Dokumentation der Maßnahmen (Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) 2007, 2015)

Nachfolgend werden die wichtigsten Aspekte der Hygiene-Intervention zusammengefasst:

Korrekte Durchführung der Händehygiene

Eine Schulung zur Händehygiene einschließlich Handpflege wurde für das gesamte Klinikpersonal durchgeführt. An jedem Handwaschplatz wurden zudem Plakate für die korrekte Durchführung der Händedesinfektion aufgehängt.

Händedesinfektionsmittel

Im USZ B wurde auf Wunsch der Mitarbeiter das bis dahin verwendete flüssige Händedesinfektionsmittel durch ein Produkt mit gelartiger Konsistenz ersetzt (Softa-Man® ViscoRub, 100 ml Lösung enthalten 45 g Ethanol (100%) und 18 g 1-Propanol).

Desinfektionsmittelspender

Vor jeder zweiten Pferdebox wurde ein Desinfektionsmittelspender (insgesamt 43) angebracht. Die Spender wurden in den Reinigungsplan aufgenommen und jede neue Flasche bei Anbruch mit Datum gekennzeichnet. Beim Wechsel der Desinfektionsmittelflasche musste die Dosierpumpe gemäß Herstellerangaben gereinigt werden.

Händereinigung und -pflege

Alle Handwaschplätze wurden mit Warmwasser, Seife, Einmalhandtüchern sowie Handcreme ausgestattet.

Einführung von SOPs

Einführung allgemeingültiger Durchführungsvorschriften für Maßnahmen zur Wundversorgung und zum Verbandwechsel sowie für die Venenkatheterpflege und den Infusionswechsel sowie die Medikamentengabe.

Medikamentenmanagement

Ein leicht zu reinigender Rastermobil-Rollwagen inklusive Lagersichtkästen (ein Kästchen pro Patient) wurde als Medikamentenwagen eingeführt (Abb. 1).

Patientennahe Utensilien

Potentiell risikobehaftete Gegenstände wie Nasenbremsen aus Holz wurden durch desinfizierbare Kunststoffnasenbremsen ersetzt. Allen Pferden wurde Halfter, Strick, Hufkratzer und Putzzeug individuell zugeordnet. Die Gegenstände wurden an der Box aufbewahrt und alles nach Patientenentlassung gereinigt und desinfiziert.

Reinigung

Für häufig ausgeübte, hygienisch kritische Arbeitsabläufe (z.B. Räume- und Gerätereinigung) wurden ebenfalls Pläne erstellt (tabellarische Auflistung der Reinigungstätigkeiten mit Datum und Unterschriften), um ein einheitliches Vorgehen (z.B. Reinigung vor Desinfektion) und die Dokumentation der Durchführung zu erleichtern.

Sonstige Maßnahmen

Weitere Maßnahmen umfassten u.a. die neutrale Kennzeichnung von MRE-infizierten Pferden mit dem Boxenschild „Hygiene“, die Einweisung der Pferdebesitzer (vor Betreten und nach Verlassen der Box sind die Hände zu desinfizieren; nur das eigene Pferd besuchen/anfassen, keine Hunde mitbringen) und Studenten (Händehygiene vor/nach Patientenkontakt).

Ohne vorherige Information der Mitarbeiter (Vermeidung des sog. Hawthorne-Effekts) wurde im USZ A der absolute Händedesinfektionsmittelverbrauch (HDMV) in ml an den Spendern (durch Messen des Füllstandes in cm und anschließender Umrechnung) gemessen. Im USZ B, nach der Hygiene-Intervention, wurde die Erfassung des Verbrauches wiederholt. Um einen aussagekräftigen Vergleich des Verbrauchs zwischen



Abb. 1 Rastermobil-Rollwagen inklusive Lagersichtkästen; Foto: K.-S. Klein. | Rolling cart with individual boxes for medications; Picture: K.-S. Klein.

dem USZ A und B zu ermöglichen, wurde als Bezugsgröße die Berechnung der Patiententage gewählt, da die absolute Anzahl und jeweilige Aufenthaltsdauer der hospitalisierten Pferde innerhalb der jeweils 6 Monate im USZ A und B naturgemäß unterschiedlich war.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Microsoft Excel für Mac Version 2011 sowie dem Programmpaket SPSS für Mac Version 23 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Für die Fragestellungen nach der Häufigkeit von WI zwischen den beiden Indikationsgruppen (Kolik-OP, offene Verletzung) bzw. zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen (USZ A, B) wurden Kreuztabellen, der Chi-Quadrat-Test bzw. der exakte Test nach Fisher angewendet. Zusätzlich wurde das Odds Ratio (OR) einschließlich des 95%-Konfidenzintervalls betrachtet, welche besagt, um wie viel höher ein Risiko einer WI in einer Gruppe im Vergleich zur anderen Gruppe war. Die mögliche Assoziation zwischen verschiedenen Variablen (Aufenthaltsdauer, Alter des Tieres, Herzfrequenz, WBC sowie OP-Dauer) und der Häufigkeit von WI wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test untersucht. Anschließend wurde eine logistische Regression für die jeweiligen Variablen durchgeführt. Alle o.g. Einflussfaktoren wurden danach in einem gemeinsamen multivariablen Regressionsmodell untersucht, wobei die Aufenthaltsdauer als kontinuierliche Variable, alle übrigen als kategoriale Variablen im Modell berücksichtigt wurden. Als signifikant wurden p-Werte kleiner als 0,05 betrachtet. Zusätzlich wurde das „R-Quadrat nach Nagelkerke“ (Nagelkerke 1991) berechnet, um zu untersuchen, welche Bedeutung der ausgewählte Faktor auf die Zielvariable Wundinfektion hatte. Werte über 0,5 galten als sehr gut, ab 0,4 als gut und ab 0,2 als akzeptabel. Auch hier wurde das OR bestimmt, um die Stärke des Einflusses zu beschreiben.

Ergebnisse

Eintrag von MRE durch kolonisierte Pferde mit offenen Verletzungen oder Kolik

Während des USZ A (April–Oktober 2014) wurden in der Pferdeklinik der Freien Universität Berlin insgesamt 1039 Pferde stationär behandelt (Mindestaufenthalt eine Nacht), im USZ B (Oktober bis April 2015) 968. Aus dieser Grundgesamtheit sind im USZ A 174 Pferde (Kolik $n = 114$; offene Verletzung $n = 60$) und im USZ B 167 Pferde (Kolik $n = 119$; offene Verletzung $n = 48$) berücksichtigt worden. Diese insgesamt $n = 341$ Pferde aus USZ A und USZ B waren im Durchschnitt 11,5 Jahre alt (Koliker \bar{x} 12,5 Jahre; Verletzungen \bar{x} 9,9 Jahre) und teilten sich in 159 Stuten, 160 Wallache und 22 Hengste auf.

Insgesamt wurden in 3,5% der bei Ankunft genommenen Nüsternabstriche MRSA, in 2,6% ESBL-produzierende Enterobacterales und in 1,5% *A. baumannii* nachgewiesen (Tabelle 1). Ein signifikanter Unterschied zwischen dem USZ A und dem USZ B sowie zwischen den Pferden mit Kolik oder „offenen Verletzungen“ konnte hierbei im Rahmen der Einganguntersuchung nicht festgestellt werden (Chi-Quadrat-Tests).

Von den bei Ankunft gewonnen Kotproben waren 10,7% positiv für ESBL-produzierende Enterobacterales, 0,9% für *A. baumannii* und 0,6% für MRSA (Tabelle 1). In keiner Kotprobe wurden Salmonellen identifiziert. Bei 3,7% der Pferde, die mit „offenen Verletzungen“ vorgestellt wurden, konnte bereits in dem bei Ankunft genommenen Wundabstrich MRSA nachgewiesen werden (Tabelle 1). Eine detaillierte phylogenetische Analyse der bakteriellen Genome der von uns nachgewiesenen MRE wurde bereits veröffentlicht und hat gezeigt, dass bestimmte Genotypen von häufig auftretenden MRE, insbesondere MRSA und ESBL-produzierende *Escherichia coli*, bei Pferden in verschiedenen europäischen Ländern auftreten (Walther et al. 2018a, Walther et al. 2018b).

Auftreten von Wundinfektionen (WI)

Das Auftreten von WI war, trotz Reduktion, statistisch insgesamt nicht signifikant unterschiedlich zwischen USZ A und B. Von den insgesamt 233 Pferden mit Kolik (USZ A und B) wurden 48 (20,6%) operiert. 13 dieser Pferde wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, da sie während der Operation oder innerhalb der ersten 24 Stunden euthanasiert wurden. Eine postoperative Wundinfektion entwickelten 11 der verbliebenen 35 Pferde (31,4%). Betrachtet man die Untersuchungszeiträume einzeln, so zeigten im USZ A 6/14 (42,8%) der aufgrund von Kolik operierten Pferde eine postoperative WI, während im USZ B 5/21 (23,8%) der Pferde von einer postoperativen WI nach Kolik-Operation betroffen waren ($p = 0,3$).

Von den insgesamt 108 Pferden mit offenen Verletzungen entwickelten 28,7% (31/108) eine WI. Ausgehend von den verschiedenen Untersuchungszeiträumen entspricht dies einer

Wundinfektionsrate von 31,7% (19/60) im USZ A und einer Wundinfektionsrate von 25,0% (12/48) im USZ B ($p = 0,5$).

Beim Vergleich aller diagnostizierten WI (beide Patientengruppen) kann eine (nicht signifikante) Reduktion der WI um insgesamt 9,2% im USZ B gegenüber USZ A festgestellt werden.

In univariablen statistischen Tests zu den verschiedenen Faktoren, die mit dem Auftreten einer WI assoziiert sein können, zeigten sich die WBC ($p = 0,009$) und die Aufenthaltsdauer ($p < 0,001$) signifikant verschieden in USZ A und B. Dagegen waren die Variablen Geschlecht, Vorbehandlung mit Antibiotika oder NSAIDs, die Wundklassifikation (sauber, sauber/kontaminiert, kontaminiert, verschmutzt), Alter des Tieres, Herzfrequenz und OP-Dauer nicht signifikant unterschiedlich.

Im finalen multivariablen logistischen Regressionsmodell lag der Fokus auf dem Einfluss der Untersuchungszeiträume auf die Entwicklung von WI. Alle übrigen Variablen wurden nur als mögliche Störfaktoren ins Modell aufgenommen und werden daher in dieser Publikation nicht diskutiert. Aufgrund der univariablen Ergebnisse verblieben somit nur die Variablen „Behandlung“ in den beiden Untersuchungszeiträumen A und B ($p = 0,07$, OR 2,8, 95%-Konfidenzintervall 0,9–8,3) und „Zugehörigkeit zur Gruppe der Verletzungen“ ($p = 0,6$, OR 1,4, 95%-Konfidenzintervall 0,5–4,2), die (ohne Signifikanz) mit einem erhöhten Risiko für WI assoziiert waren. Signifikant assoziiert mit erhöhtem WI Risiko waren nur die Faktoren „Aufenthaltsdauer“ ($p < 0,001$, OR 1,13, 95%-Konfidenzintervall 1,06–1,12) sowie „WBC“ ($p = 0,019$, OR 0,78, 95%-Konfidenzintervall 0,67–0,96). Pferde mit einer Wundinfektion hatten einen signifikant längeren Klinikaufenthalt als Pferde ohne eine Wundinfektion und Pferde mit erniedrigten WBC hatten signifikant häufiger eine WI.

Tab. 1 Nachweis von Indikatorpathogenen direkt bei Ankunft in der Pferdeklinik. | *Detection rates of indicator pathogens at horse's arrival.*

Proben	USZ A & B n = 341 Pferde			USZ A n = 174 Pferde			USZ B n = 167 Pferde		
	total n	Kolik n	offene Verletzung n	total (A) n	Kolik n	offene Verletzung n	total (B) N	Kolik n	offene Verletzung n
Nasentupfer	340	232	108	173	113	60	167	119	48
MRSA	12	10	2	5	3	2	7	7	0
ESBL	9	8	1	4	3	1	5	5	0
ACI	5		1	2	2	0	3	2	1
Kotproben	318	220	98	166	109	57	152	111	41
MRSA	2	1	1	2	1	1	0	0	0
ESBL	34	23	11	19	12	7	15	11	4
ACI	3	3	0	0	0	0	3	3	0
Wundabstriche	108		108	60		60	48		48
MRSA	4		4	3		3	1		1
ESBL	1		1	1		1	0		0
ACI	1		1	0		0	1		1

Wundabstriche nur bei Pferden mit offenen Verletzungen; graue Balken = nicht zutreffend; n = Anzahl der Pferde mit positivem Befund; USZ A = Untersuchungszeitraum A; USZ B = Untersuchungszeitraum B; MRSA = Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*, ESBL = Extended-Spectrum beta-Laktamase-bildende Enterobacterales, ACI = *Acinetobacter baumannii*; (weitergehende Informationen in Walther 2018 a, Walther 2018 b).

Nachweis von multiresistenten Indikatorpathogenen (MRE) bei Pferden mit Wundinfektionen

Insgesamt haben 25 Pferde im USZ A (19, offene Verletzung; 6, nach Kolik-OP) und 17 im USZ B (12, offene Verletzung; 5, nach Kolik-OP) eine Wundheilungsstörung entwickelt. In dem USZ A und B zeigte jeweils 1 Pferd aus der Gruppe „offene Verletzung“ bereits bei der Aufnahme in die Klinik einen MRSA-positiven Wundabstrich, die andauernde MRSA-Infektion während des Klinikaufenthaltes wurde jeweils in einem weiteren Wundabstrich mikrobiologisch bestätigt. Alle weiteren in Tabelle 2 gezeigten MRE-positiven Wundabstriche traten erst während des Klinikaufenthaltes bzw. postoperativ (z.B. nach Kolik-OP oder chirurgischer Versorgung von Wunden) auf. In beiden Untersuchungszeiträumen wurden bei der Pferdeggruppe mit offenen Verletzungen häufiger MRSA nachgewiesen ($p=0,05$), als bei den operierten Kolikpatienten. In

Tab. 2 Nachweis von Indikatorpathogenen bei Wundinfektionen hospitalisierter Pferde vor Intervention (USZ A) und danach (USZ B). | *Detection rates of indicator pathogens in wound infection of hospitalised horses before (A) and after (B) the intervention period.*

Probenart	Alle Indikationen*	Indikation Kolik	Indikation offene Verletzung
	n*	n*	n*
Untersuchungszeitraum A (n = 74)			
Pferde mit Wundheilungsstörungen insgesamt	25	6	19
MRE	19	5	14
MRSA positiv*	8	0	8
ESBL positiv	14	5	9
ESBL (>1 Isolat /Pferd)*	2	0	2
ACI	2	2	0
Untersuchungszeitraum B (n = 69)			
Pferde mit Wundheilungsstörungen insgesamt	17	5	12
MRE	10	5	5
MRSA positiv*	6	1	5
ESBL positiv	7	4	3
ESBL (>1 Isolat /Pferd)*	3	2	1
ACI	0	0	0

* mehr als ein MRE/pro Pferd möglich; MRE= Multiresistenter Erreger, MRSA=Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*, ESBL=Extended-Spectrum beta-Laktamase-bildende Enterobacterales, ACI=*Acinetobacter baumannii*.

der Gruppe der operierten Kolikpatienten zeigten sich zudem häufiger ESBL-produzierende Enterobacterales als bei den offenen Verletzungen ($p=0,01$) (Tabelle 2). Im USZ B wurden insgesamt 17,2% weniger MRE bei Wundheilungsstörungen als im USZ A nachgewiesen, wenngleich diese Reduktion nicht signifikant war. Insgesamt 50% (21/42) der infizierten Wunden wurden dabei positiv auf ESBL-produzierende Enterobacterales getestet. Ihr Anteil lag bei 81,8% (9/11) in der Gruppe der Koliker und 38,7% (12/31) in der Gruppe der Verletzungen. *Acinetobacter baumannii* wurde nur in zwei Fällen (4,8%) nachgewiesen (Tabelle 2).

Verbrauch von Händedesinfektionsmittel

Der absolute Verbrauch von Händedesinfektionsmittel lag im USZ A bei 27,5 Litern (l) und im USZ B bei 79,7 l. Dies entspricht einem absoluten Anstieg des HDMV im USZ B um mehr als 52 l (190%). Für den USZ A wurde ein absoluter HDMV pro Kliniktag von 148,6 ml bzw. ein Verbrauch von 4 ml pro Patiententag (PTT) ermittelt (Tabelle 3). Im USZ B konnte der HDMV dagegen deutlich gesteigert werden, auf 435,7 ml pro Kliniktag bzw. auf 14,1 ml pro PTT. Dies entspricht einer Steigerung des HDMV pro Kliniktag (Tag im Untersuchungszeitraum) um fast das Dreifache (290%) und um mehr als das Dreifache (350%) in Bezug auf den PTT gegenüber USZ A. Auch stieg die Anzahl der pro PTT durchgeführten Händedesinfektionen bei 3 ml durchschnittlichem Verbrauch pro Händedesinfektion von 1,3 durchgeführten Händedesinfektionen im USZ A auf 4,7 durchgeführte Händedesinfektionen (Tabelle 3).

Diskussion

Mit Einführung des hier vorgestellten multimodalen Hygienekonzepts konnte die Zahl der Wundinfektionen im USZ B um insgesamt 9,2% und die Rate für MRE-Nachweise in Fällen von WI insgesamt um 17,2% gesenkt werden, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Ursächlich hierfür könnte die zu geringe Zahl der in die Studie eingeschlossenen operierten Pferde bzw. die Fokussierung auf (nur) zwei Patientengruppen sein. Alle hier vorgestellten praktischen Hinweise zur Umsetzung des Hygienekonzeptes folgen publizierten Empfehlungen, sowohl nationalen (ABAS 2017, Gehlen et al. 2020, Marxen und Nickau 2018, Walther et al. 2014a) wie auch internationalen (Caveney et al. 2011, Stull et al. 2018, Traverse und Aceto 2015). Wiederkehrende Handlungsabläufe durch SOPs hygienisch und technisch zu standardisieren hat in humanmedizinischen und veterinärmedizinischen Kliniken zur Verbesserung der Hygiene (Bergstrom und Gronlund

Tab. 3 Händedesinfektionsmittelverbrauch im USZ A und B. | *Consumption of hand disinfectants in before (A) and after (B) the intervention.*

Zeitraum	Pferde	Anzahl Tage	PTT	HDMV	HDMV / Tag im USZ	HDMV/ PTT	Anzahl durchgeführter HD / PTT*
	n	n	n	ml	ml	ml	n
USZ A	1039	185	6937	27498	148,6	4	1,3
USZ B	968	183	5639	79740	435,7	14,1	4,7

USZ=Untersuchungszeitraum; PTT=Patiententage (Aufenthalt aller Patienten in Tagen innerhalb des Untersuchungszeitraums, kumuliert); HDMV=Händedesinfektionsmittelverbrauch; HD=Handdesinfektion (*Hierbei wird eine Verbrauchsmenge von 3 ml pro Händedesinfektion zugrunde gelegt.)

2014) und zur Reduktion der lokalen MRE Belastung geführt (Kretzer und Larson 1998, Lankford et al. 2003, Rocktäschel et al. 2020).

Für die Pferde, die aufgrund von Kolik operiert wurden, konnte eine Senkung der Wundinfektionsrate von 42,8% (USZ A) auf 23,8% (USZ B) erreicht werden. In der Literatur werden Wundinfektionsraten nach einer Kolikoperation von 16,8 bis 50% beschrieben (Anderson et al. 2011, Darnaud et al. 2016, Durward-Akhurst et al. 2013), nach einer Re-Laparotomie bis zu 83% (Dziubinski et al. 2020).

Da eine Studie mit vergleichbarem Studiendesign bislang nicht publiziert wurde, ist ein direkter Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren nicht möglich. Insgesamt sind bislang nur wenige Studien zum Thema Hygienemanagement in Pferdekliniken publiziert (Bergstrom und Gronlund 2014, Frank 2019). Bisherige Studien mit Interventionscharakter haben sich in der Regel auf den Nachweis von einzelnen MRE bei hospitalisierten Pferden fokussiert, häufig auf den Nachweis von MRSA (Bergstrom et al. 2012). Von Pferden, die bereits bei Ankunft in einer Pferdeklunik mit MRE kolonisiert bzw. infiziert sind, wird hingegen weltweit berichtet (Schoster et al. 2020, van Duijkeren et al. 2010, Weese et al. 2006a). Koop und Cuny et al. beschreiben in ihren Studien, dass MRE wie z.B. MRSA auch durch die Klinikmitarbeiter übertragen werden können, manche Mitarbeiter sind zudem selbst unwissend mit MRSA besiedelt (Cuny et al. 2006, Koop 2016).

Neben dem Anteil der bereits bei Ankunft MRE-positiven Pferde zeigen weitere Studien aus dem In- und Ausland, dass der Anteil hospitalisierter Pferde mit nachgewiesener MRE-Besiedlung innerhalb weniger Tage kontinuierlich zunimmt, für ESBL-*E. coli* beispielsweise von ca. 5 bis 9% (bei Ankunft) auf über 50% binnen eines Aufenthalts von ca. 10 Tagen (Kauter et al. 2021, Schoster et al. 2020). Ein wesentlicher Anteil dieser Nachweise entfällt dabei auf die Verbreitung von genetischen Klonen innerhalb der Kliniken (Damborg et al. 2012, Kauter et al. 2021), die in der Folge bei unterschiedlichen Pferden schwere HAI hervorrufen können (Damborg et al. 2012, Walther et al. 2014b).

In der vorliegenden Studie konnte der HDMV um mehr als das Dreifache (350%) pro PTT erhöht werden, was einer Steigerung der durchgeführten Händedesinfektionen pro PTT von 1,3 auf 4,7 entspricht. Die entscheidende Rolle der Handhygiene zur Senkung der HAI ist seit vielen Jahren bekannt (Larson et al. 1988), dies schließt die Transmission von MRE durch direkten oder indirekten Kontakt in der Veterinärmedizin ein (Chen et al. 2013, Ibarra et al. 2008, Sieber et al. 2011, Vincze et al. 2014, Weese et al. 2006a). Die Einführung von SOPs für die Durchführung einer chirurgische Händedesinfektion beispielsweise reduziert inter-individuelle Unterschiede und verbessert das Desinfektionsergebnis, wie unlängst in einer Pferdeklunik gezeigt wurde (Rocktäschel et al. 2020).

Der HDMV im USZ A lässt bei einem absoluten Verbrauch von Händedesinfektionsmittel in Höhe von 4 ml pro PTT Zweifel zu, ob vor Einführung des Hygienekonzeptes tatsächlich alle erforderlichen Händedesinfektionen vor und nach Kontakt zu Patienten erfolgt sind, wie es für die Pflege und Behandlung von Pferden empfohlen wird (Gehlen et al. 2020, Marxen und

Nickau 2018, Verwilghen 2018). Umgerechnet bedeutet diese Zahl, dass lediglich 1,3 Händedesinfektionen pro Tag für jedes hospitalisierte Pferd durchgeführt wurden. Diese Anzahl an Händedesinfektionen erscheint zu gering angesichts der zahlreichen Anlässe, für die eine hygienische Händedesinfektion erforderlich ist (ABAS 2017, Albrich und Harbarth 2008, Verwilghen 2018). Erfahrungen aus anderen Studien zeigen, dass im Schnitt jeder zweite veterinärmedizinische Mitarbeiter die erforderliche Händedesinfektion unterlässt (Anderson et al. 2009, Burcharth et al. 2014, Janßen und Morawitz 2016), obwohl ihm die Wichtigkeit dieser Maßnahme bekannt ist. Gründe hierfür sind z.B. „Vergessen“, zu hoher Zeitdruck, schlechte Erreichbarkeit des Desinfektionsmittels, Angst vor Hautschäden und Zweifel an der Wirksamkeit (Anderson et al. 2014, Janßen und Morawitz 2016). Somit konnte mit unserem Hygienekonzept auch ein Beitrag zur Verbesserung der Biosicherheit und des Gesundheitsschutzes der Mitarbeiter geleistet werden (ABAS 2017, Marxen und Nickau 2018).

Die Compliance der Mitarbeiter zur Durchführung der Handhygiene konnte in unserer Studie im USZ B deutlich gesteigert werden, von 1,3 auf durchschnittlich 4,7 durchgeführte Händedesinfektionen pro PTT. Die Anzahl und Platzierung von Desinfektionsmittelspendern, die Akzeptanz des Desinfektionsmittels sowie die ausdrückliche Anleitung und Schulung zum Thema Handhygiene, wie hier vorgestellt, erhöht nachweislich die Händehygiene-Compliance der Mitarbeiter (Cure und van Enk 2015, Cure et al. 2014, Luangsanatip et al. 2015, Sickbert-Bennett et al. 2016, Tebest et al. 2017, KRINKO 2016, Verwilghen 2018). In dieser Arbeit lag der Fokus auf der Einführung von Standards zur konkreten Umsetzung von Maßnahmen der Basishygiene bei der Behandlung und Wundversorgung der Patienten durch die Einführung von SOPs. Gleichzeitig gibt es aber auch zahlreiche Untersuchungen aus der Humanmedizin, die weitere Hygienrisiken aufzeigen. Die relevantesten sind assoziiert mit dem patientennahen Einsatz von Equipment, wie Thermometer oder Stethoskope und auch Arbeitsgeräte ohne direkten Patientenkontakt, wie z.B. Tastaturen (Bortolami et al. 2017, Traverse und Aceto 2015). Eine Datenerhebung von LABOKLIN GmbH & Co. KG zeigte zudem, dass eine regelmäßige Wartung und Kontrolle von Sterilisationsgeräten ebenfalls Teil zukünftiger SOPs werden sollte, da 2017 über 70% der auf ihre Funktionalität getesteten Geräte nur ungenügende Ergebnisse erzielten (LABOKLIN 2019).

Das Studienkonzept unserer Arbeit war multimodal aufgebaut, d.h. eine Vielzahl von Maßnahmen und SOPs wurde gleichzeitig eingeführt. Dieser Umstand verhindert die Evaluation der Wirkung einzelner Maßnahmen, wie es bereits in ähnlichen Studien beschrieben wurde (Cuny et al. 2006, Rocktäschel et al. 2020, Sieber et al. 2011). Ein besonderer Fokus lag auf der Handhygiene, aber auch andere Bereiche wie Medikamentengabe, Verbandswechsel, und Venenkatheterpflege wurden integriert. Dieses Vorgehen erscheint uns sinnvoll, da eine Verbesserung einzelner Maßnahmen oft wenig bzw. unzureichende Effekte zeigt (Jansson et al. 2016). Ohne konkrete Handlungsanweisungen (SOPs) und ein detailliertes Hygienekonzept ist eine evaluierbare Progression einzelner Hygienemaßnahmen nicht möglich. Ein ganzheitliches Konzept, welches alle Klinikbereiche sowie Verantwortlichkeiten für die Durchführung einschließt, ist deshalb empfehlenswert (ABAS 2017).

Fazit

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass durch die Einführung eines multimodalen Hygienekonzepts die Umsetzung von Maßnahmen der Basishygiene insgesamt verbessert werden kann, einschließlich der Handhygiene-Compliance. Die Zahl der WI und Nachweise von MRE sowie das Infektionsrisiko insgesamt ist im USZ B gesunken. Dies war zwar statistisch nicht signifikant, trotzdem sind die Autoren der Ansicht, dass das hier vorgestellte Gesamtkonzept insgesamt positiv evaluiert werden konnte.

Ethische Anerkennung

Die Autoren versichern, während des Entstehens der vorliegenden Arbeit, die allgemeingültigen Regeln guter wissenschaftlicher Praxis befolgt zu haben. Alle maßgeblichen internationalen, nationalen und/oder institutionellen ethischen Richtlinien für den Umgang mit in der Studie verwendeten Tieren wurden beachtet.

Erklärung zum Interessenkonflikt

Die Autoren versichern, dass keine geschützten, beruflichen oder anderweitigen persönlichen Interessen an einem Produkt oder einer Firma bestehen, welche die in dieser Veröffentlichung genannten Inhalte oder Meinungen beeinflussen können.

Finanzierung

Die Autoren danken der Förderung dieses Projektes durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Forschungsverbundes #1HealthPREVENT (01KI1727A/D/F). Die Autoren versichern, dass sie Daten hierzu auf begründete Nachfrage hin bereitstellen.

Literatur

- Albrich W. C., Harbarth S. (2008) Health-care workers: source, vector, or victim of MRSA? *Lancet Infect. Dis.* 8, 289–301; DOI 10.1016/S1473-3099(08)70097-5
- Alinovi C. A., Ward M. R., Couetil L. L., Wu C. C. (2003) Detection of Salmonella organisms and assessment of a protocol for removal of contamination in horse stalls at a veterinary teaching hospital. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223, 1640–1644; DOI 10.2460/javma.2003.223.1640
- Anderson M. E., Lefebvre S. L., Rankin S. C., Aceto H., Morley P. S., Caron J. P., Welsh R. D., Holbrook T. C., Moore B., Taylor D. R., Weese J. S. (2009) Retrospective multicentre study of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in 115 horses. *Equine Vet. J.* 41, 401–405; DOI 10.2746/042516408x345134
- Anderson M. E. C., Sargeant J. M., Weese J. S. (2014) Video observation of hand hygiene practices during routine companion animal appointments and the effect of a poster intervention on hand hygiene compliance. *B. M. C. Vet. Res.* 10; DOI 10.1186/s12917-015-0503-9
- Anderson S. L., Vacek J. R., MacHarg M. A., Holtkamp D. J. (2011) Occurrence of Incisional Complications and Associated Risk Factors Using a Right Ventral Paramedian Celiotomy Incision in 159 Horses. *Vet. Surg.* 40, 82–89; DOI 10.1111/j.1532-950X.2010.00750.x

- Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe, ABAS (2017) Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 260 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in der Veterinärmedizin und bei vergleichbaren Tätigkeiten“. Gem. Minist. Bl. 52-53
- Bergstrom K., Aspan A., Landen A., Johnston C., Gronlund-Andersson U. (2012) The first nosocomial outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses in Sweden. *Acta Vet. Scand.* 54, 11; DOI 10.1186/1751-0147-54-11
- Bergstrom K., Gronlund U. (2014) A pre- and post-intervention study of infection control in equine hospitals in Sweden. *Acta Vet. Scand.* 56, 52; DOI 10.1186/s13028-014-0052-4
- Bortolami A., Williams N. J., McGowan C. M., Kelly P. G., Archer D. C., Corro M., Pinchbeck G., Saunders C. J., Timofte D. (2017) Environmental surveillance identifies multiple introductions of MRSA CC398 in an Equine Veterinary Hospital in the UK, 2011–2016. *Sci. Rep.* 7, 5499; DOI 10.1038/s41598-017-05559-8
- Burcharth J., Pommergaard H.-C., Alamili M., Danielsen A. K., Rosenberg J. (2014) One in five surgeons do not wash hands after visiting a toilet-an ethnographic field study. *Ugeskrift for laeger* 176, 50
- Caveney L., Jones B., Ellis K. (2011) *Veterinary Infection Prevention and Control.* Caveney L., Jones B., Ellis K. Edts., John Wiley & Sons, ISBN0470961457
- Chen L. F., Carriker C., Staheli R., Isaacs P., Elliott B., Miller B. A., Anderson D. J., Moehring R. W., Vereen S., Bringhurst J., Rhodes L., Stritholt N., Sexton D. J. (2013) Observing and Improving Hand Hygiene Compliance: Implementation and Refinement of an Electronic-Assisted Direct-Observer Hand Hygiene Audit Program. *Infect. Cont. Hosp. Ep.* 34, 207–210; DOI 10.1086/669084
- Cuny C., Kuemmerle J., Stanek C., Willey B., Strommenger B., Witte W. (2006) Emergence of MRSA infections in horses in a veterinary hospital: strain characterisation and comparison with MRSA from humans. *Epid. Bull.* 11, 44–47
- Cure L., van Enk R. (2015) Effect of hand sanitizer location on hand hygiene compliance. *Am. J. Infect. Control.* 43, 917–921; DOI 10.1016/j.ajic.2015.05.013
- Cure L., van Enk R., Tiong E. (2014) A systematic approach for the location of hand sanitizer dispensers in hospitals. *Health Care Manag. Sci.* 17, 245–258; DOI 10.1007/s10729-013-9254-y
- Dallap Schaer B. L., Aceto H., Rankin S. C. (2010) Outbreak of Salmonellosis Caused by *Salmonella enterica* Serovar Newport MDR-AmpC in a Large Animal Veterinary Teaching Hospital. *J. Vet. Intern. Med.* 24, 1138–1146; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0546.x
- Damborg P., Marskar P., Baptiste K. E., Guardabassi L. (2012) Faecal shedding of CTX-M-producing *Escherichia coli* in horses receiving broad-spectrum antimicrobial prophylaxis after hospital admission. *Vet. Microbiol.* 154, 298–304; DOI 10.1016/j.vetmic.2011.07.005
- Darnaud S. J., Southwood L. L., Aceto H. W., Stefanovski D., Tomasone L., Zarucco L. (2016) Are horse age and incision length associated with surgical site infection following equine colic surgery? *Vet. J.* 217, 3–7; DOI 10.1016/j.tvjl.2016.09.004
- Durward-Akhurst S. A., Mair T. S., Boston R., Dunkel B. (2013) Comparison of two antimicrobial regimens on the prevalence of incisional infections after colic surgery. *Vet. Rec.* 172, 287; DOI 10.1136/vr.101186
- Dziubinski N., Mahlmann K., Lübke-Becker A., Lischer C. (2020) Retrospective Identification of Bacterial Isolates From Emergency Laparotomy Surgical Site Infections in Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 87, 102927; DOI 10.1016/j.jevs.2020.102927
- Frank I. (2019) Hygieneanalyse in einer Pferdeklinik. *Diss. Med. Vet. Leipzig.* <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-341161>
- Gehlen H., Simon C., Reinhold-Fritzen B., Lübke-Becker A., Kauter A., Walther B., Cuny C., Köck R., Rösler U. (2020) Basis-Hygienemaßnahmen für den Pferdeterarzt in Praxis und Klinik. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 133; DOI 10.2376/1439-0299-2020-3

- Ibarra M., Flatt T., van Maele D., Ahmed A., Fergie J., Purcell K. (2008) Prevalence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Nasal Carriage in Healthcare Workers. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 27, 1109–1111; DOI 10.1097/inf.0b013e31817eeefa
- Janßen S., Morawitz D. (2016) Hygiene management in veterinary clinics and practises: a focus on infection prevention. *Kleintierprax.* 61, 5–16; DOI 10.2377/0023-2076-61-5
- Jansson M. M., Syrjälä H. P., Ohtonen P. P., Meriläinen M. H., Kyngäs H. A., Ala-Kokko T. I. (2016) Simulation education as a single intervention does not improve hand hygiene practices: a randomized controlled follow-up study. *Am. J. Infect. Control* 44, 625–630; DOI 10.1016/j.ajic.2015.12.030
- Kauter A., Epping L., Ghazisaeedi F., Lübke-Becker A., Wolf S. A., Kannapin D., Stoeckle S. D., Semmler T., Günther S., Gehlen H., Walther B. (2021) Frequency, Local Dynamics, and Genomic Characteristics of ESBL-Producing *Escherichia coli* Isolated From Specimens of Hospitalized Horses. *Front. Microbiol.* 12, 671–676; DOI 10.3389/fmicb.2021.671676
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, KRINKO (2016) Handhygiene in Einrichtungen des Gesundheitswesens: Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI). Bundesgesundheitsbl 59, 1189–1220
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, KRINKO (2007) Anforderung der Krankenhaushygiene und des Arbeitsschutzes an die Hygienebekleidung und persönliche Schutzausrüstung. *Epid. Bull.* 1, <http://dx.doi.org/10.25646/144>
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, KRINKO (2015) Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten. Bundesgesundheitsbl. 58, 1151–1170
- Koop G. (2016) MRSA transmission between horses and vets: who's doing the infecting? *Vet. Rec.* 178, 471–472; DOI 10.1136/vr.i2531
- Kretzer E. K., Larson E. L. (1998) Behavioral interventions to improve infection control practices. *Am. J. Infect. Control* 26, 245–253; DOI 10.1016/s0196-6553(98)80008-4
- LABOKLIN (2019) Insight Laboklin 4
- Lankford M. G., Zembower T. R., Trick W. E., Hacek D. M., Noskin G. A., Peterson L. R. (2003) Influence of role models and hospital design on hand hygiene of healthcare workers. *Emerg. Infect. Dis.* 9, 217–223; DOI 10.3201/eid0902.020249
- Larson E., Oram L. F., Hedrick E. (1988) Nosocomial Infection-Rates as an Indicator of Quality. *Med. Care* 26, 676–684; DOI 10.1097/00005650-198807000-00003
- Luangasanatip N., Hongsuwan M., Limmathurotsakul D., Lubell Y., Lee A. S., Harbarth S., Day N. P., Graves N., Cooper B. S. (2015) Comparative efficacy of interventions to promote hand hygiene in hospital: systematic review and network meta-analysis. *Brit. Med. J.* 351, h3728; DOI 10.1136/bmj.h3728
- Marxen A.-M., Nickau L. (2018) TRBA 260: Neue Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe. *Deutsch Tierärztebl* 66, 504–505
- Nagelkerke N. J. (1991) A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika* 78, 691–692; <http://links.jstor.org/sici?sici=0006-3444%28199109%2978%3A3%3C691%3AA-NOAGD%3E2.0.CO%3B2-V>
- Rocktäschel T., Renner-Martin K., Cuny C., Brehm W., Truyen U., Speck S. (2020) Surgical hand preparation in an equine hospital: Comparison of general practice with a standardised protocol and characterisation of the methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* recovered. *PLoS One* 15, e0242961; DOI 10.1371/journal.pone.0242961
- Rothers K. L., Hackett E. S., Mason G. L., Nelson B. B. (2020) Atypical Salmonellosis in a Horse: Implications for Hospital Safety. *Case Rep. Vet. Med.*; DOI 10.1155/2020/7062408
- Schoster A., van Spijk J. N., Damborg P., Moodley A., Kirchgassner C., Hartnack S., Schmitt S. (2020) The effect of different antimicrobial treatment regimens on the faecal shedding of ESBL-producing *Escherichia coli* in horses. *Vet. Microbiol.* 243, 108617; DOI 10.1016/j.vetmic.2020.108617
- Schott H. C., Ewart S. L., Walker R. D., Dwyer R. M., Dietrich S., Eberhart S. W., Kusey J., Stick J. A., Derksen F. J. (2001) An outbreak of salmonellosis among horses at a veterinary teaching hospital. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218, 1152–1159; DOI 10.2460/javma.2001.218.1152
- Semmelweis I. P. (1861) Die Ätiologie, der Begriff und die Prophylaxe des Kindbettfiebers. Hartleben, Pest; Wien; Leipzig. ISBN: 9783226015782
- Sickbert-Bennett E. E., DiBiase L. M., Willis T. M. S., Wolak E. S., Weber D. J., Rutala W. A. (2016) Reducing health care-associated infections by implementing a novel all hands on deck approach for hand hygiene compliance. *Am. J. Infect. Control.* 44, e13-e16; DOI 10.1016/j.ajic.2015.11.016
- Sieber S., Gerber V., Jandova V., Rossano A., Evison J. M., Perreten V. (2011) Evolution of Multidrug-Resistant *Staphylococcus aureus* Infections in Horses and Colonized Personnel in an Equine Clinic Between 2005 and 2010. *Microb. Drug Resist.* 17, 471–478; DOI 10.1089/mdr.2010.0188
- Stull J. W., Bjorvik E., Bub J., Dvorak G., Petersen C., Troyer H. L. (2018) 2018 AAHA infection control, prevention, and biosecurity guidelines. *J. Am. Animal Hos.p Assoc.* 54, 297–326; DOI 10.5326/JAAHA-MS-6903
- Tebest R., Honervogt F. Y. M., Westermann K., Samel C., Redaelli M., Stock S. (2017) Hygiene trained nursing staff at wards - What can this additional educated nurses achieve? *Pflege* 30, 271–280; DOI 10.1024/1012-5302/a000534
- Traverse M., Aceto H. (2015) Environmental cleaning and disinfection. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 45, 299–330; DOI 10.1016/j.cvsm.2014.11.011
- van Duijkeren E., Moleman M., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M., Mullem J., Troelstra A., Fluit A. C., van Wamel W. J., Houwers D. J., de Neeling A. J., Wagenaar J. A. (2010) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses and horse personnel: an investigation of several outbreaks. *Vet. Microbiol.* 141, 96–102; DOI 10.1016/j.vetmic.2009.08.009
- van Spijk J. N., Schmitt S., Fürst A. E., Schoster A. (2016) A retrospective analysis of antimicrobial resistance in bacterial pathogens in an equine hospital (2012–2015). *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 158, 433–442; DOI 10.17236/sat00068
- Verwilghen D. (2018) The World Health Organization's clean hands save lives: A concept applicable to equine medicine as Clean Hands Save Horses. *Equine Vet. Educ.* 30, 549–557; DOI 10.1111/eve.12680
- Vincze S., Brandenburg A. G., Espelage W., Stamm I., Wieler L. H., Kopp P. A., Lübke-Becker A., Walther B. (2014) Risk factors for MRSA infection in companion animals: Results from a case-control study within Germany. *Int. J. Med. Microbiol.* 787–793; DOI 10.1016/j.ijmm.2014.07.007
- Walther B., Janssen T., Gehlen H., Vincze S., Borchers K., Wieler L. H., Barton A. K., Lübke-Becker A. (2014a) Infection control and hygiene management in equine hospitals. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 127, 486–497
- Walther B., Klein K. S., Barton A. K., Semmler T., Huber C., Merle R., Tedin K., Mitrach F., Lübke-Becker A., Gehlen H. (2018a) Equine Methicillin-Resistant Sequence Type 398 *Staphylococcus aureus* (MRSA) Harbor Mobile Genetic Elements Promoting Host Adaptation. *Front. Microbiol.* 9, 2516; DOI 10.3389/fmicb.2018.02516
- Walther B., Klein K. S., Barton A. K., Semmler T., Huber C., Wolf S. A., Tedin K., Merle R., Mitrach F., Guenther S., Lübke-Becker A., Gehlen H. (2018b) Extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Escherichia coli* and *Acinetobacter baumannii* among horses entering a veterinary teaching hospital: The contemporary „Trojan Horse“. *PLoS One* 13, e0191873; DOI 10.1371/journal.pone.0191873
- Walther B., Lübke-Becker A., Stamm I., Gehlen H., Barton A., Janßen T., Wieler L. H., Guenther S. (2014b) Suspected nosocomial infections with multi-drug resistant *E. coli*, including extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing strains, in an equine clinic. *Berlin. Münch. Tierärztl. Wschr.* 127, 421–427

- Walther B., Tedin K., Lübke-Becker A. (2017) Multidrug-resistant opportunistic pathogens challenging veterinary infection control. *Vet. Microbiol.* 200, 71–78; DOI 10.1016/j.vetmic.2016.05.017
- Weese J. S., Caldwell F., Willey B. M., Kreiswirth B. N., McGeer A., Rousseau J., Low D. E. (2006a) An outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* skin infections resulting from horse to human transmission in a veterinary hospital. *Vet. Microbiol.* 114, 160–164; DOI 10.1016/j.vetmic.2005.11.054
- Weese J. S., Rousseau J. (2005) Attempted eradication of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* colonisation in horses on two farms. *Equine Vet. J.* 37, 510–514; DOI 10.2746/042516405775314835
- Weese J. S., Rousseau J., Willey B. M., Archambault M., McGeer A., Low D. E. (2006b) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses at a veterinary teaching hospital: Frequency, characterization, and association with clinical disease. *J. Vet. Intern. Med.* 20, 182–186; DOI 10.1892/0891-6640(2006)20[182:msaihq]2.0.co;2
- Wieler L. H., Ewers C., Guenther S., Walther B., Lübke-Becker A. (2011) Methicillin-resistant staphylococci (MRS) and extended-spectrum beta-lactamases (ESBL)-producing Enterobacteriaceae in companion animals: Nosocomial infections as one reason for the rising prevalence of these potential zoonotic pathogens in clinical samples. *Int. J. Med. Microbiol.* 301, 635–641; DOI 10.1016/j.ijmm.2011.09.009