

# Anwendung einer präventiven Vakuumtherapie auf Laparotomiewunden beim Pferd – eine retrospektive Studie

Carolin Kanzler, Kathrin Mählmann und Christoph J. Lischer

Klinik für Pferde, Freie Universität Berlin

**Zusammenfassung:** Die Wundheilungsstörung nach Laparotomie in der Linea alba stellt beim Pferd eine häufige und gravierende Komplikation dar. In zahlreichen humanmedizinischen Studien führte die Anwendung der Unterdrucktherapie auf Wunden (negative pressure wound therapy, NPWT) und Inzisionen (closed incision negativ pressure therapy, ciNPT) zu positiven Ergebnissen hinsichtlich der Wundheilung und Reduktion von Wundheilungsstörungen. Bei Tieren wurde die Vakuum-Therapie bisher vor allem auf akzidentiellen Wunden angewandt. Zur präventiven Anwendung auf Inzisionswunden ist beim Pferd sehr wenig bekannt. Das primäre Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, den Einfluss einer präventiven ciNPT nach Laparotomie auf die Reduktion von Wundheilungsstörungen zu untersuchen. Bei der gesamten Studienpopulation wurden weitere Einflüsse auf die Entstehung von Wundinfektionen und Inzisionshernien untersucht. Nach abgeschlossener Rekonvaleszenz wurde die sportliche Nutzung aller operierten Pferde ausgewertet. Von 201 Pferden wurden die Inzisionen von 57 Pferden mittels steriler Vakuum-Wundabdeckung (Prevena™) und bei 144 weiteren Pferden mittels Standardwundabdeckung (trockene, nicht adhäsive Wundaufgabe) nach einer nicht randomisierten Einteilung versorgt. Neben Rasse, Geschlecht, Alter, Gewicht, Vital- und Laborparametern wurden die intraoperative Diagnose, die Anzahl an durchgeführten Laparotomien sowie die Operations- und Anästhesiezeit im Zusammenhang mit der Ausbildung von Wundheilungsstörungen analysiert. Im Rahmen der telefonischen Befragung der Besitzer:innen wurden zudem die Wundbeurteilung nach dem Klinikaufenthalt, die Ausbildung einer abdominalen Hernie, auftretende Koliken nach Rekonvaleszenz, der Einsatz vor und nach Laparotomie sowie die sportliche Leistung erfasst und statistisch ausgewertet. Der Langzeitverlauf wurde telefonisch erfragt. Die präventive Anwendung der Vakuumtherapie auf Laparotomiewunden führte innerhalb der untersuchten Population zu keiner signifikanten Reduktion von Wundheilungsstörungen. Signifikante Zusammenhänge zeigten sich zwischen der Herzfrequenz bei Ankunft des Pferdes in der Klinik, der inneren Körpertemperatur am 5. und 10. Tag post-OP, der Leukozytenanzahl im Blut am 5. Tag post-OP, der Diagnose, Operationszeit, Anästhesiezeit und der Ausbildung einer Wundheilungsstörung. Pferde mit Dünndarmerkrankungen, bei denen zusätzlich eine Enterotomie im Bereich des Dickdarms durchgeführt wurde und Pferde, bei denen eine wiederholte Laparotomie erforderlich war, entwickelten signifikant häufiger eine Inzisionshernie. Eine vorbeugende Vakuumtherapie kann nicht zur Verringerung von Wundheilungsstörungen nach Laparotomie bei Pferden empfohlen werden.

**Schlüsselwörter:** Laparotomie, Inzision, Wundheilungsstörung, Pferd, ciNPT

---

## Application of preventive negative pressure therapy on midline laparotomy incisions in horses – a retrospective study

Negative pressure therapy on wounds (negative pressure wound therapy, NPWT) and surgical incisions (closed incision negative pressure therapy, ciNPT) have been identified as a beneficial factor for wound healing and the reduction of wound healing disorders in humans. Veterinary publications on negative pressure therapy have been focused on wound treatment rather than preventive use. The aim of this study was to evaluate the preventive use of negative pressure therapy on surgical incisions in horses (closed incision negative pressure therapy, ciNPT). In addition, factors effecting the short and long-term outcome of wound healing of midline incisions as well as return to athletic use after convalescence were evaluated. A population of 201 horses were included in this study. The surgical incisions of 57 horses were treated using sterile vacuum wound covers (Incision Management System, KCI Medizinprodukte GmbH, Wiesbaden). The control group consisted of 144 horses with surgical incisions treated with standard wound covers (dry, non-adhesive wound dressing). Factors such as breed, gender, age, weight, vital and laboratory parameters, intraoperative diagnosis, number of laparotomies performed, duration of surgery and anesthesia time and wound healing disorders were associated to outcome. Outcome parameters, including wound infection after the hospitalization, abdominal hernia, colic after convalescence, postoperative use and level of performance were collected from owners via standardized telephone questionnaire. No significant difference was found between laparotomy incisions treated with ciNPT compared to standard wound dressings. Significant effects were found between wound infection and heart rate on arrival in the clinic, internal body temperature on day 5 and 10 after surgery, white blood cell count on day 5 after surgery, diagnosis, duration of surgery and general anesthesia time. Horses with small intestinal disease in combination with colonic enterotomy and horses that required repeated laparotomy had a significantly higher risk of developing an abdominal hernia, compared to the rest of this population. Closed incision negative pressure therapy cannot be recommended for the reduction of wound healing disorders after midline laparotomy in horses.

**Keywords:** laparotomy, incision, surgical site infection (SSI), horse, ciNPT

---

**Zitation:** Kanzler C., Mählmann K., Lischer C. J. (2023) Anwendung einer präventiven Vakuumtherapie auf Laparotomieinzisionen beim Pferd – eine retrospektive Studie. *Pferdeheilkunde* 332–346, DOI 10.21836/PEM20230404

**Korrespondenz:** Dr. Carolin Kanzler, Böhlaustraße 7, 99423 Weimar; carolinkanzler2701@gmail.com

**Eingereicht:** 23. April 2023 | **Angenommen:** 27. Mai 2023

## Einleitung

Nach Notfall-Laparotomien gehören Wundheilungsstörungen beziehungsweise Wundinfektionen zu den häufigsten Komplikationen (7,4–42,2%) beim Pferd (Kobluk et al. 1989, Phillips und Walmsley 1993, Wilson et al. 1995, Honnas und Cohen 1997, Freeman et al. 2000, Proudman et al. 2002, Mair und Smith 2005, Durward-Akhurst et al. 2013, Scharner et al. 2017).

In pro- und retrospektiven Studien hatten folgende Faktoren einen Einfluss auf die Wundheilung: Hämatokrit (Hkt) und Totalprotein (TP) bei Ankunft in einer Klinik (Pascoe et al. 1983, Proudman et al. 2002), die chirurgische Vorbereitung der Inzisionsstelle (Galuppo et al. 1999), die Dauer des chirurgischen Eingriffs beziehungsweise die Gesamtanästhesiezeit (Phillips und Walmsley 1993, Proudman et al. 2002, Curry et al. 2014), die arterielle Sauerstoffsättigung intra operationem (Greif et al. 2000, Qadan et al. 2010, Robson et al. 2016), die Länge der Inzision (Pascoe et al. 1983, Darnaud et al. 2016), der durchgeführte Wundverschluss (Kobluk et al. 1989, Coomer et al. 2007, Torfs et al. 2010, Colbath et al. 2014, Scharner et al. 2017, Scharner et al. 2018), das verwendete Nahtmaterial (Kobluk et al. 1989, Honnas und Cohen 1997, Bischofberger et al. 2010, Torfs et al. 2010, Anderson et al. 2015), die Durchführung einer Relaparotomie (Wilson et al. 1995, Mair und Smith 2005, Findley et al. 2017) und die Gabe von Antibiotika (Freeman et al. 2012, Freeman 2013). Auch die Anwendung eines Bauchverbands (Smith et al. 2007, Canada et al. 2015) und die Art der Wundabdeckung (Mair und Smith 2005, Coomer et al. 2007, Tnibar et al. 2013) beeinflussen die Wundheilung. In der Humanmedizin führte eine spezielle Wundabdeckung mit Unterdruck zu einer Reduktion von Wundheilungsstörungen bei Laparotomiewunden (Bonds et al. 2013, Li et al. 2017, Zaidi und El-Masry 2017, Javed et al. 2019, Curran et al. 2019).

Diese Unterdrucktherapie, auch als „negative pressure wound therapy“ (NPWT), „vacuum-assisted closure“ (VAC) oder „closed incision negative pressure therapy (ciNPT) bezeichnet, führt zur Kontraktion der Wundränder bei gleichzeitiger Entfernung von überschüssigem Exsudat. Durch einen permanenten Unterdruck von 125 mmHg im Wundgebiet soll eine Ödemreduktion, eine verbesserte Perfusion und Elimination der interstitiellen Flüssigkeit aus dem Wundgebiet erzielt werden (Banwell 1999, Banwell und Musgrave 2004, Saxena et al. 2004).

Beim Pferd wurde die präventive Anwendung der ciNPT nach Laparotomie einmalig in einer prospektiven Studie mit einer Fallzahl von 50 Pferden und einem Beobachtungszeitraum von 8 Wochen untersucht (Gaus et al. 2017). Dabei konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Wundabdeckung und der Ausbildung einer Wundheilungsstörung festgestellt werden. Retrospektive Daten aus der klinischen Anwendung zu größeren Fallzahlen liegen jedoch bisher nicht vor. Das Ziel dieser retrospektiven Studie war es, an einer größeren Fallzahl zu überprüfen, ob die Anwendung der präventiven ciNPT nach Laparotomie zur Reduktion von Wundheilungsstörungen führt. Zudem sollten Einflüsse verschiedener Parameter auf Kurz- und Langzeitverläufe der Wundheilung (Signalement, Herzfrequenz, innere Körpertemperatur, Leukozyten, Hämato-

krit, Totalprotein, Diagnose, Dauer des chirurgischen Eingriffs, Anästhesiedauer, Anzahl an Laparotomien, Keimspektrum) sowie der sportliche Einsatz nach einer entsprechenden Rekonvaleszenzzeit nach einer Laparotomie untersucht werden.

## Material und Methode

### Studienpopulation

Pferde, die im Zeitraum von April 2011 bis Dezember 2016 an der Pferdeambulanz der Freien Universität Berlin laparotomiert wurden, älter als ein Jahr waren und 10 Tage nach dem operativen Eingriff überlebten, wurden in die Studie eingeschlossen. Pferde, deren Patientenakten unvollständige Informationen über den Heilungsverlauf enthielten, wurden von der Analyse ausgeschlossen.

### Parameter

Dokumentierte Daten zu Signalement, den Ergebnissen der klinischen Untersuchung, Leukozytenanzahl, Hämatokrit- sowie der Totalproteinwert bei Einlieferung in der Klinik wurden untersucht. Zudem wurden die chirurgische Diagnose, die Anzahl der durchgeführten Laparotomien, die Länge des chirurgischen Eingriffes sowie die gesamte Anästhesiedauer ausgewertet. Im Falle einer Relaparotomie wurde die chirurgische Diagnose der Laparotomie erfasst. Postoperativ erfolgte die Protokollierung aller Vitalparameter im dreistündigen Rhythmus nach der Operation. Zudem wurden in den ersten 5 Tagen postoperativ zweimal täglich Blutproben genommen und eine hämatologische Untersuchung (VetScan®HM5, Abaxis) sowie eine Blutgasanalyse (GEM Premier 3500, Instrumentation Laboratory) durchgeführt. Bei Pferden, welche nach 5 Tagen weiterhin Infusion benötigten, wurden täglich bis zum 10. Tag post-OP Blutproben untersucht. Die ermittelten Werte waren entsprechend in den Patientenakten eingepflegt und wurden retrospektiv ausgewertet.

### Chirurgische Versorgung der Bauchwunde

Präoperativ erhielten alle Pferde Flunixin Meglumine (2,2 mg/kg, i.v.), Amoxicillin (10 mg/kg, i.v.) sowie Gentamicin (6,6 mg/kg, i.v.) direkt vor der Narkoseeinleitung. Das Operationsfeld wurde nach einem standardisierten Protokoll, bestehend aus Scheren, Reinigung und aseptischer Präparation durch eine Mischung aus Seife und Povidon-Jod und abschließender Desinfektion mit einer 96%-igen Alkohollösung (Hospisept®, Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin) vorbereitet. Der Zugang zur Bauchhöhle erfolgte über die Linea alba. Diese wurde nach Abschluss der Operation fortlaufend mittels Polyglactin 910 der Größe 6 USP (Vicryl, Johnson & Johnson Medical GmbH, Ethicon, Norderstedt, Deutschland) verschlossen. Die Haut wurde mit einer von drei verschiedenen Nahttechniken verschlossen: (1) fortlaufende Naht der Subkutis und Verschluss der Haut mittels Heftklammern, (2) fortlaufende Naht der Subkutis und Verschluss der Haut mit fortlaufender Naht, (3) Verschluss der Haut mit fortlaufender kombinierter Subkutan-/Intrakutannaht. Das Nahtmaterial Poliglecapron 25 der Größe 2–0 USP (Monocryl, Johnson & Johnson Medical GmbH Ethicon, Norderstedt Deutschland)

fand für den Verschluss der Subcutis, intrakutanen Hautschicht und der Haut Anwendung. Der Hautverschluss erfolgte alternativ mittels Heftklammern (Skin Stapler WeckVistat®35W, Teleflex MEDICAL, Westmeath, Irland). Die intraoperativ erfassten Befunde sowie die Diagnose wurde im Softwareprogramm nach dem chirurgischen Eingriff von den Chirurg:innen erfasst und im Rahmen dieser Studie ausgewertet. Die Diagnosen wurden detailliert aufgeschlüsselt. Aufgrund zu kleiner Gruppen für eine statistische Auswertung, erfolgte die Unterteilung in Dünn- und Dickdarmerkrankungen sowie für den Fall, dass eine Enterotomie des Dickdarms vorlag.

### Wundauflage

Die Inzisionswunden wurden von April 2011 bis Juni 2015 mit trockenen, nicht adhäsiven Wundauflagen (Nobarapid®, NOBAMED Paul Danz AG, Wetter, Deutschland) abgedeckt. Danach wurde die Vakuumwundabdeckung angewandt. Abhängig von der Inzisionslänge wurden dafür entweder eine Prevena™ Peel & Place™ (Anwendung bei einer Inzisionslänge < 23,5 cm, Abb. 1) oder eine Prevena™ Customizable™ (Anwendung bei einer Inzisionslänge > 23,5 cm, Abb. 2) (Inzisionsmanagementsystem, KCI Medizinprodukte GmbH, Wiesbaden) Wundabdeckung verwendet. Beide Abdeckungen unterscheiden sich lediglich in der Länge. Die Prevena™ Customizable™-Abdeckung kann auf eine gewünschte Länge entsprechend zugeschnitten werden. Die Peel and Place™-Abdeckung ist für Inzisionen mit einer Länge von maximal 23,5 Zentimeter geeignet. Längere Inzisionen wurden entsprechend mit der Prevena™ Customizable™ - Abdeckung versorgt.

Für die Aufstehphase wurde bei jedem Pferd, unabhängig von der finalen Wundabdeckung, eine standardisierte Wundabdeckung aus sterilem Verbandsmull (Bandmull, Noba Verbandsmittel Danz GmbH u. Co KG, Wetter) mit einer Naht („stent

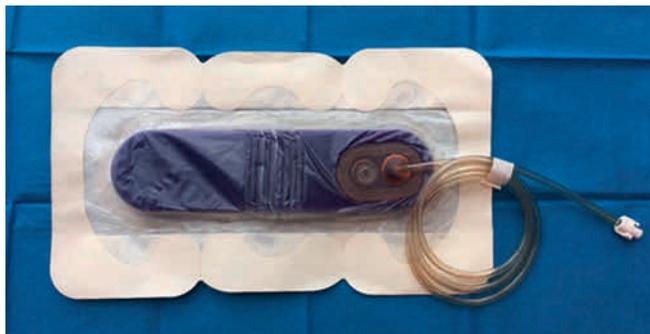


Abb. 1 Prevena™ Peel & Place™ Dressing.

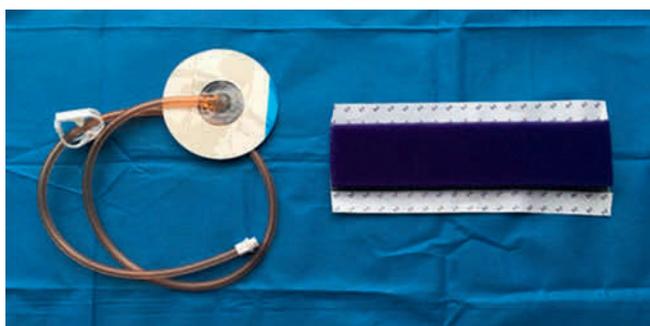


Abb. 2 Prevena™ Customizable™.

bandage“) fixiert und zusätzlich mit einem Klebepflaster (Hypafix®, BSN Medical, Stockholm, Schweden) abgedeckt. Diese wurde nach der Aufstehphase entfernt und dann entsprechend die Vakuum-Wundabdeckung oder die trockene Wundabdeckung (Kontrollgruppe) aufgebracht. Die ciNPT wurde mit einem kontinuierlichen Unterdruck von 125 mmHg angewandt (Studiengruppe). Bei allen Pferden wurde, unabhängig von der Wundabdeckung und zum Schutz dieser, ein Bauchverband angelegt (kohäsive Bandagen/Binden, Alflex®, Albrecht GmbH & Co., Aulendorf, Deutschland). Die Vakuumpumpe wurde in einer Tasche an der Vorderbrust oder im Bereich der Schulter des Pferdes befestigt (Abb. 3). Alle Bauchverbände wurden im dreistündigen Rhythmus auf ihren Sitz und die Funktionalität überprüft und bei Bedarf gewechselt. Die Vakuumtherapie wurde nach fünf Tagen beendet. Alle Patienten erhielten am 5. Tag post-OP eine trockene Wundabdeckung, welche mit einem Klebepflaster (Hypafix®, BSN Medical, Stockholm, Schweden) fixiert wurde.

Eine Wundinfektion wurde in dieser Studie definiert als seröse oder purulente Exsudation (Dauer > 24 Stunden). Die Bauchwunden wurden retrospektiv folgendermaßen kategorisiert: Trocken ohne Ausbildung eines Wundödems (Kategorie 1); trocken mit Ausbildung eines Wundödems (Kategorie 2) und Ausbildung einer Wundinfektion (Kategorie 3). Pferde, die postoperativ eine Nahtdehiszenz entwickelten, sowie vorhandene mikrobiologische Tupfer-Untersuchungsergebnisse wurden in der Kategorie 3 erfasst.

Am 10. Tag post-OP wurde die Wundauflage entfernt und gegebenenfalls Hautklammern gezogen. Nahtdehiszenz wurde definiert als Verlust von intaktem Nahtmaterial und einem damit bedingten Auseinanderweichen der Wundränder. Als Abdominalhernie wurde ein sichtbarer und palpatorisch fühlbarer Defekt in der Linea alba definiert. Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Studie erfolgte die Diagnose zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Klinik oder bei Nachkontrollen durch den/die Haustierarzt/ärztin.

### Postoperatives Management

Zur postoperativen medikamentösen Versorgung erhielten alle Pferde Flunixin-Meglumin (1,1 mg/kg, i.v., BID) sowie



Abb. 3 Pferd mit präventiver Vakuumtherapie (ciNPT) und Bauchverband. | Horse with closed incision negative pressure therapy (ciNPT) and abdominal wound cover.

Amoxicillin (10 mg/kg, i.v., BID) und Gentamicin (6,6 mg/kg, i.v., SID) über 5 Tage. Zudem erhielten die Patienten zur Thromboseprophylaxe Heparin-Natrium (Heparin-Natrium Braun „Multi“ 10.000 I.E./ml, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Dosierung: Tag 1: 100 IE/kg, Tag 2 und 3: 80 IE/kg, Tag 4–6: 60 IE/kg) oder alternativ Tinzaparin-Natrium (innohep® 20.000 Anti-Xa I.E./ml, LEO Pharma A/S, Ballerup, Dänemark, Dosierung: 50 IE/kg, Anwendung: SID/subkutan). Alle Patienten erhielten postoperativ eine intravenöse Flüssigkeitstherapie mit Ringer- und Glukoselösung (Ringerlösung: Ringer-Infusionslösung B. Braun, B. Braun Melsungen AG, Melsungen/Glukoselösung: Glucose-Lösung 40 Prozent ad us. vet Braun Vet Care, B. Braun Melsungen AG, Melsungen) über mindestens 3 Tage. Je nach postoperativer Entwicklung wurde die Dauertropfinfusion individuell, entsprechend dem Zustand des Patienten, angepasst. Zusätzliche Infusionen mit Lidocainhydrochlorid (Lidocainhydrochlorid 2%, 20 mg/ml, bela-pharm GmbH & Co. KG, Vechta) oder Natriumbicarbonat (Natriumhydrogencarbonat 8,4% B. Braun Infusionslösung, B. Braun Melsungen AG, Melsungen) erfolgten individuell nach Befund und labordiagnostischen Blutuntersuchungen.

Wunden von Pferden mit Wundheilungsstörungen wurden in der Pferdeklinik täglich kontrolliert, gegebenenfalls gespült und/oder gereinigt. Zusätzlich erfolgte eine entsprechende Dokumentation im Computersystem. Diese Einträge wurden erfasst und im Rahmen dieser Studie untersucht. Die Patientenbesitzer:innen wurden bei Entlassung hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise aufgeklärt (Instruktion zur täglichen Reinigung der Bauchwunde und wöchentliche tierärztliche Konsultation zur Beurteilung der Wundheilung).

### Nachverfolgung

Zwischen April bis Mai 2019 wurde der Langzeitverlauf der Pferde mit Hilfe eines strukturierten Fragebogens (Abb. 4) telefonisch erfasst und ausgewertet. Insgesamt wurden 161 Pferdebesitzer:innen telefonisch erreicht und befragt. Bei Unsicherheit über die Entstehung einer Abdominalhernie wurden zusätzliche Fragen gestellt (Hat ein Tierarzt das Pferd auf einen Bauchbruch untersucht? Haben Sie die Bauchlinie selbst mit der Hand untersucht? Was ist Ihnen dabei aufgefallen? ...etc.), um indirekt herauszufinden, ob eine Hernie vorliegen könnte.

### Statistische Analyse der Ergebnisse

Mit Hilfe von deskriptiven Statistiken und Häufigkeitsverteilungen wurden die erfassten Daten im Hinblick auf Komplikationen und Populationsvariablen charakterisiert. Unter Verwendung des Kolmogorov-Smirnov-Test erfolgte die Prüfung auf Normalverteilung. Der Kruskal-Wallis-Test konnte bei der Betrachtung von mehr als zwei unabhängigen Stichproben anhand der Ränge der abhängigen Variablen verwendet werden. Der Mann-Whitney-U-Test wurde zum Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben anhand der Ränge der abhängigen Variablen herangezogen. Zur Analyse von kategorialen Häufigkeiten wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Für weiterführende statistische Analysen zur Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten und Risikoberechnungen fand die logistische

Regression Anwendung. Das Signifikanzniveau wurde für alle angewendeten Tests mit  $p < 0,05$  festgelegt.

## Ergebnisse

### Studienpopulation

Von 353 im Studienzeitraum laparotomierten Pferden erfüllten 152 die Einschlusskriterien nicht. Gründe dafür waren das Alter ( $< 1$  Jahr), intraoperative Euthanasie aufgrund infauster Prognose, eine postoperative kurze Überlebensphase ( $< 10$  Tagen post-OP) oder eine fehlende Dokumentation in der Patientenakte. Zur Studienpopulation ( $n = 201$ ) zählten 122 Warmblüter (60,7%), 7 Kaltblüter (3,5%), 8 Vollblüter (4,0%), 46 Ponys (22,9%) und 18 Pferde, welche als „andere Rassen“ klassifiziert wurden (Traber, American Quarter-Horses) (9,0%). Es waren 15 Hengste (7,5%), 71 Stuten (35,2%) und 115 Wallache (57,2%) im Alter von 1–29 Jahren (Median (Md) 12 Jahre) vertreten. Das mediane Gewicht betrug 500 kg (Interquartilbereich (IQR): 450–600 kg).

Zwischen beiden Studiengruppen gab es keine Unterschiede in der Zusammensetzung der Population. Geschlecht ( $p = 0,854$ ), Rasse ( $p = 0,977$ ), Alter ( $p = 0,789$ ) und Körpergewicht ( $p = 0,574$ ) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion.

### Wundaufgaben

Von insgesamt 201 Pferden erhielten 57 eine ciNPT (28,4%) und 144 Pferde eine trockene, nicht adhäsive Wundaufgabe (71,6%). Die Art der Wundabdeckung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Ausbildung einer Wundheilungsstörung, weder während des Klinikaufenthaltes (Kurzzeit) noch im späteren Heilungsverlauf (Langzeit, Zeitfenster nach Entlassung aus der Klinik). Die einzigen signifikanten Unterschiede zwischen der Studiengruppe (ciNPT) und der Kontrollgruppe zeigten sich in den Totalproteinwerten am 5. Tag post-OP (ciNPT: Md 6,2 g/dl, vs. Kontrollgruppe: Md 6,5 g/dl, IQR: 6,0–6,8 g/dl,  $p = 0,042$ ) (Abb. 5) sowie der Leukozytenzahl am 5. Tag post-OP (ciNPT: Md  $5,5 \times 10^9/l$  vs. Kontrollgruppe: Md  $7,05 \times 10^9/l$ ,  $p = 0,020$ ).

### Wundheilung (Kurzzeit)

Bei 24 Pferden wurden die Wunden in Kategorie 1 (trocken und ohne Wundödem: 11,9%), bei 128 Pferden in Kategorie 2 (trocken mit Wundödem: 63,7%) und bei 49 Pferden in Kategorie 3 (Austritt von Wundexsudat über Zeitraum  $> 24$ h: 24,4%) eingeteilt (Tab. 1).

### Vitalparameter (bei Vorstellung in der Klinik)

Pferde mit ungestörter Wundheilung (Kat. 1) hatten eine signifikant niedrigere Herzfrequenz (Md: 44 Schläge/Minute, IQR: 40–52 Schläge/Minute) im Vergleich zu Pferden mit Wunden der Kategorie 2 oder 3 (jeweils Md: 56 Schläge/Minute, IQR: 48–72 Schläge/Minute) (Abb. 6).

## Fragebogen zum Langzeitverlauf nach durchgeführter Laparotomie beim Pferd

Patient: \_\_\_\_\_

Besitzer:in: \_\_\_\_\_

Kurzvorstellung am Telefon und Information über die retrospektive Studie.

**Ist es in Ordnung für Sie, wenn ich Ihnen einige Fragen über Ihr Pferd und dessen Genesung, nach der Kolik-Operation, stelle und dazu Notizen machen?**

Es ist in Ordnung. Ich willige ein.

Ich möchte keine Angaben machen.

**1. Lebt ihr Pferd „X“ noch?**

- a ja
- b nein

**2. Falls nein, warum lebt ihr Pferd nicht mehr?**

- a Kolik
- b Komplikationen nach der Kolik-OP (Bauchwunde, Bauchnaht)
- c Andere Gründe

**3. Gab es im Anschluss an die Kolik-OP Probleme mit der Bauchwunde?**

- a Ja
- b Nein

**4. Wie stellte sich die Bauchwunde im Heimatstall dar?**

- a Trocken
- b Wundexsudat / Eiter
- c Schwellung
- d Dehiszenz
- e Sonstiges: \_\_\_\_\_

**5. Zeigte Ihr Pferd nach Rekonvaleszenz / Erholungszeit erneute Koliken? Wenn ja, wie häufig?**

- a Ja (Anzahl / Jahr: \_\_\_\_\_)
- b Nein

**6. Zeigte Ihr Pferd im Laufe des Lebens, nach der Kolik-Operation, einen Bauchbruch?**

- a Ja
- b Nein
- c Vielleicht. Ich bin mir nicht sicher.

**7. Wie wurde Ihr Pferd vor der OP genutzt?**

- a Freizeit
- b Springen
- c Dressur
- d Westernsport
- e Rennsport (Trab- oder Galopprennen)
- f Sonstiges: \_\_\_\_\_
- g Keine Nutzung

**8. Wie wurde ihr Pferd nach der OP genutzt?**

- a Freizeit
- b Springen
- c Dressur
- d Westernsport
- e Rennsport (Trab- oder Galopprennen)
- f Sonstiges: \_\_\_\_\_
- g Keine Nutzung

**9. Können / konnten Sie Ihr Pferd im Anschluss an die Erholungszeit nach der Kolik-Operation so nutzen, wie Sie es sich vorgestellt haben / hatten?**

- a Ja
- b Nein

**10. Zeigte ihr Pferd nach der Operation: eine schlechtere Leistung / die gleiche Leistung oder eine bessere Leistung als vor der Operation?**

- a Schlechtere Leistung / Warum?: \_\_\_\_\_
- b Gleiche Leistung
- c Bessere Leistung
- d Keine Nutzung

**11. Würden Sie nochmal eine Kolik-Operation bei Ihrem Pferd durchführen lassen?**

- a Ja
- b Nein
- c Ich weiß es nicht.

**Abb. 4** Fragebogen. | Questionnaire.

Die innere Körpertemperatur bei Ankunft (Md: 37,6°C, IQR: 37,4°C–37,8°C, n=167) wies keinen signifikanten Zusammenhang zur Entwicklung einer Wundinfektion auf (p=0,270). Die am 5. und 10. Tag nach der Operation ermittelte Körpertemperatur war bei Pferden mit Wunden der Kategorie 3 signifikant höher als bei Pferden mit Wunden der Kategorien 1 und 2 (p < 0,0001).

### Operative Befunde

Die Wundinfektionsrate bei den häufigsten intraoperativen Diagnosen wie Dickdarmerkrankung mit Enterotomie (n=70) und ohne Enterotomie (n=39) sowie bei Dünndarmerkrankungen ohne Enterotomie des Dickdarms (n=65) lagen bei 20%, 12,8% und bei 26,2% (Tab. 2). Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den gestellten Diagnosen (p=0,003) im Hinblick auf die Ausbildung einer Wundinfektion. Pferde mit einer primären Dünndarmerkrankung, die eine zusätzlich durchgeführte Enterotomie im Dickdarmbereich erhielten, wiesen eine 13,6-fach höhere Wahrscheinlichkeit einer Wundinfektion auf, im Vergleich zu Pferden mit einer primären Dickdarmerkrankung ohne Enterotomie (Tab. 2).

Die mediane Operationszeit betrug 120 Minuten (IQR: 90–150 Minuten), die mediane Anästhesiedauer 155 Minuten (IQR: 120–185 Minuten). Sowohl zwischen der Operationszeit (p=0,034) als auch der Anästhesiedauer (p=0,016) und der Ausbildung einer Wundinfektion bestand ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Die Wahrscheinlichkeit für die Ausbildung einer Wundinfektion (Wundbeurteilung Kat. 3) lag, ab einer Operationsdauer von 166 Minuten, oder einer Anästhesiezeit von 213 Minuten, bei 50%. Während von 189 einmalig laparotomierten Pferden 39 Pferden eine Wundinfektion und/oder eine Inzisionshernie entwickelten, konnte dies bei 10 von 12 relaparotomierten Pferden beobachtet werden (p < 0,0001). Damit hatten relaparotomierte Pferde ein 18,5-fach höheres Risiko eine Wundheilungsstörung zu entwickeln.

### Laborparameter

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Leukozytenzahl am 5. Tag post-OP und der Entwicklung einer Wundinfektion festgestellt werden (p=0,002). Zudem war die Leukozytenzahl bei Pferden mit Wunden der Kategorien 1 und 2 ( $5,8 \times 10^9/l$  (IQR:  $4,50–7,61 \times 10^9/l$ )) signifikant nied-

**Tab. 1** Kategorisierung der Bauchwunden. | *Categorization of incisional wounds.*

Art der Wundabdeckung	trockene Laparotomiewunde, ohne Wundödem (Kategorie 1)	trockene Laparotomiewunde, mit Wundödem (Kategorie 2)	Wundinfektion (Kategorie 3)	Gesamt
Kategorisierung während des Klinikaufenthaltes				
trockene, nicht adhäsive, nicht okklusive Wundabdeckung	13 (9%)	92 (63,9%)	39 (27,1%)	144 (100%)
VAC-Therapie	11 (19,3%)	36 (63,3%)	10 (17,5%)	57 (100%)
	24 (11,9%)	128 (63,7%)	49 (24,4%)	201 (100%)
Kategorisierung während des Langzeitverlaufes				
trockene, nicht adhäsive, nicht okklusive Wundabdeckung	63 (55,3%)	51 (44,7%)	114 (100%)	
VAC-Therapie	32 (68,1%)	15 (31,9%)	47 (100%)	
	95 (59,0%)	66 (41,0%)	161 (100%)	

**Tab. 2** Wundbeurteilung im Hinblick auf die Diagnose: Bei 200 Patienten wurde eine Diagnose dokumentiert. Pferde (n=5) mit den Diagnosen Adhäsionen der Bauchhöhle, Ovarialtumor, Hernia diaphragmatica mit Vorfall des Colon ascendens in den Thorax, Hämoperitoneum und Torsio uteri wurden in die Gruppe „Sonstiges“ eingeteilt. | *Wound assessment regarding to diagnosis: diagnosis was documented in 200 patients. Horses (n=5) with the diagnoses of adhesions in the abdominal cavity, ovarian tumor, hernia diaphragmatica with prolapse of the ascending colon in the thorax, hemoperitoneum and torsion of the uterus were divided into the "other" group.*

Diagnose	Anzahl an Pferden Kategorie 1 und 2	Anzahl an Pferden mit Wundkategorie 3	Gesamtanzahl
Dickdarmerkrankung, ohne Enterotomie	34	5	39
Dickdarmerkrankung, mit Enterotomie	56	14	70
Dünndarmerkrankung, ohne Enterotomie des Dickdarms	48	17	65
Dünndarmerkrankung, mit Enterotomie des Dickdarms	2	4	6
Erkrankung im Bereich von Dick- und Dünndarm, ohne Enterotomie des Dickdarms	7	2	9
Erkrankung im Bereich von Dick- und Dünndarm, mit Enterotomie des Dickdarms	3	3	6
Sonstige	1	4	5
	151	49	200

riger als bei Pferden mit Wundkategorie 3 ( $7,3 \times 10^9/l$  (IQR:  $5,30-8,85 \times 10^9/l$ )).

### Wundheilung (Langzeit)

In der telefonischen Besitzerbefragung zum Langzeitverlauf (Abb. 4, Abb. 7) waren zum Zeitpunkt der Befragung 119 Pferde am Leben. Als Gründe für den Tod der Pferde ( $n = 42$ ) wurden „Kolik“ (9 Pferde), „Komplikationen post-OP“ (8 Pferde) oder weitere Gründe wie „orthopädische Probleme“ (25 Pferde) angegeben.

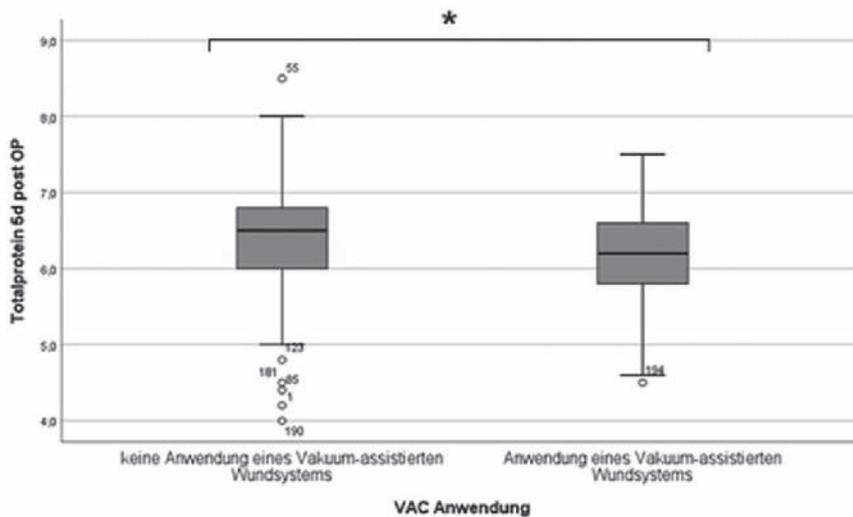
Insgesamt 15 Pferde von 152 Pferden (9,9%), die mit einer trockenen Bauchwunde entlassen wurden (Kategorie 1 oder 2), entwickelten laut den Angaben Ihrer Besitzer:innen eine Wundinfektion nach Entlassung aus der Klinik (Langzeitheilungsverlauf) (Abb. 7). Der genaue Zeitpunkt der Wundinfektion konnte aufgrund inakkurater Informationen der Besitzer nicht erfasst werden.

Ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung eines Wundödems während des Klinikaufenthaltes und einer

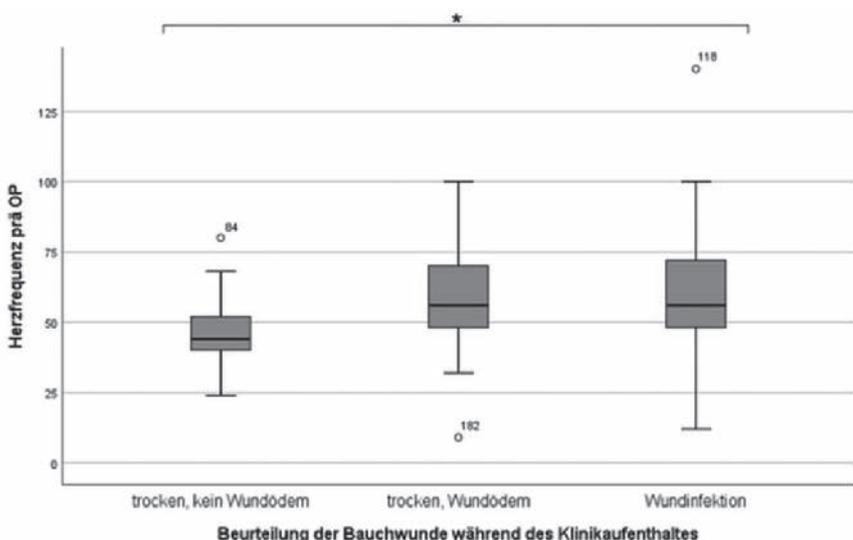
Wundinfektion nach Entlassung konnte nicht festgestellt werden ( $p = 0,269$ ). Die Art der Wundabdeckung wies keinen signifikanten Zusammenhang mit der Ausbildung einer Wundinfektion auf (weder während des Klinikaufenthaltes ( $p = 0,202$ ) noch im späteren Heilungsverlauf ( $p = 0,160$ )).

Bei 24 von 137 Pferden (17,5%) wurde eine Abdominalhernie diagnostiziert (Kommunikation mit 161 Besitzer:innen davon 24 Pferde mit Hernie, 113 ohne Hernie, 24 Besitzer konnten diese Frage nicht beantworten). Dabei konnte kein Zusammenhang zwischen der angewendeten Wundabdeckung und der Ausbildung einer Abdominalhernie identifiziert werden ( $p = 0,468$ ). Es bestand eine hochsignifikante Assoziation zwischen der Infektion von abdominalen Inzisionswunden und der Entwicklung einer Abdominalhernie ( $p < 0,0001$ , Odds Ratio: 0,093).

Die Anzahl der durchgeführten Laparotomien (einmalig durchgeführte Laparotomie/mehr als eine durchgeführte Laparotomie) beim gleichen Pferd hatte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zur Ausbildung einer Inzisionshernie ( $p = 0,211$ ). Die intraoperative Diagnose hingegen hatte in



**Abb. 5** Totalprotein am 5. Tag post-OP: Zwischen den Totalproteinwerten am 5. Tag post-OP konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Studien- und der Kontrollgruppe ( $p = 0,042$ ) identifiziert werden. Definitionen der Boxplots und der Whisker sind in der Legende von Abbildung 6 zu finden. | Total protein on day 5 after surgery: Significant differences were identified between the two groups, regarding total protein values on day 5 after surgery ( $p = 0.042$ ). See figure 6 for boxplot and whisker definitions.



**Abb. 6** Beurteilung der Herzfrequenz präoperativ (Ankunft in der Klinik): Bei der Beurteilung der Herzfrequenz fiel auf, dass Pferde, deren Wunden als Kategorie 1 (trocken und ohne Wundödem) eingestuft wurden, präoperativ signifikant geringere Herzfrequenzen aufwiesen als Pferde, deren Wunden später als ödematös ( $p = 0,002$ ) oder infiziert ( $p = 0,012$ ) eingestuft wurden. Die mittlere horizontale Linie des Boxplots markiert den Median. Die Ober- und Untergrenze der Box markieren das erste und dritte Quartil. Die unteren und oberen Antennen (Whisker) stellen die kleinsten und größten festgestellten Werte innerhalb der Population dar. Extremwerte (Ausreißer) werden durch kleine Kreise dargestellt. | Pre-operative heart rate assessment (arrival at clinic): The results demonstrate that horses with wound category 1 (dry, no oedema) had shown a significantly lower heart rate upon arrival at the clinic, compared to horses which developed an

oedema ( $p = 0.002$ ) or wound infection ( $p = 0.012$ ) during their hospitalization. The mean horizontal line of the boxplot marks the median. The upper and lower lines mark the first and third quartile. The upper and lower whiskers show the smallest and largest values found within this population. Extreme values are circled.

dieser Studie einen Einfluss auf die Entstehung einer Inzisionshernie ( $p = 0,001$ ). Bei Patienten mit einer Dünndarmerkrankung mit zusätzlicher Enterotomie im Dickdarmbereich war das Risiko signifikant größer als erwartet eingestuft (beobachtete Fälle: 4, erwartete 0,9 Fälle, Standardresiduum = 3,3). Bei Dünndarmerkrankung ohne eine durchgeführte Enterotomie im Dickdarmbereich fiel das Risiko signifikant kleiner als erwartet aus (beobachtete Fälle: 2, erwartete Fälle: 7,4, Standard Residuum = -2,0) (Tab. 2).

Die Überprüfung der Diagnose im Zusammenhang mit der Entwicklung erneuter Koliken nach abgeschlossener Rekonvaleszenz ergab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang ( $p = 0,519$ ).

*Keimspektren der infizierten Laparotomiewunden*

Bei 45 Pferden wurden die Untersuchungsergebnisse von entnommenen mikrobiologischen Tupferproben ausgewertet (8 Proben von Pferden der ciNPT-Gruppe, 37 Proben von Pferden der Kontrollgruppe). Hinsichtlich aller Keimisolate konnten im Vergleich zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Weiterhin konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den jeweils identifizierten Bakterienisolaten, insbesondere ESBL ( $p = 0,483$ ) oder MRSA ( $p = 0,710$ ) und der Ausbildung einer Abdominalhernie oder Auswirkung auf die von den Besitzern beurteilte Leistung nach Rekonvaleszenz ( $p = 0,220$ ), festgestellt werden. Die Kontrollgruppe in dieser Studie wies ein (nicht signifikant) vermehrtes Vorkommen von *S. aureus* (MRSA) (Studiengruppe: 1 Patient vs. 15 Patienten der Kontrollgruppe) sowie *S. aureus* (nicht MRSA) (Studiengruppe: 3 Patienten vs. 16 Patienten der Kontrollgruppe) und *E. coli*

(Studiengruppe: 6 Patienten vs. 23 Patienten der Kontrollgruppe) auf.

**Nutzung nach Rekonvaleszenz**

Bei 47 Pferden (31,3%) konnten nach Entlassung Koliken beobachtet werden, bei 103 Pferden (68,7%) nicht (Daten von 150 Pferden lagen vor). Die betroffenen Pferde wiesen zwischen 1–12 Koliken pro Jahr auf (Md: 1, IQR: 0,5–2).

Die von den Besitzern genannten Einsatzbereiche der Pferde sind in Tabelle 3 aufgeführt. In dieser Studie kehrten 87,8% der Pferde wieder zurück in den Sport. Die Einschätzung durch die Besitzer hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Pferde nach Rekonvaleszenz ergab bei 12,6% der Pferde eine schlechtere, bei 56,3% eine gleiche und bei 7,3% eine verbesserte Leistung (Abb. 7). Bei 23,8% der Pferde konnte keine Einschätzung der Leistung erfolgen. 128 Besitzer (84,8%) waren nach Beendigung der Rekonvaleszenz zufrieden mit der sportlichen Leistung der Pferde, 23 (15,2%) unzufrieden. Als Gründe für eine „schlechtere Leistung“ gaben die Besitzer eine reduzierte Leistungsbereitschaft (9 Pferde, 40,9%), einen altersbedingten Leistungsrückgang (1 Pferd, 4,5%), eine reduzierte Kraft- oder Ausdauerleistung (3 Pferde, 13,6%), einen reduzierten Einsatz aufgrund einer orthopädischen Erkrankung (8 Pferde, 36,4%) sowie eine stark eingeschränkte Nutzbarkeit (1 Pferd, 4,5%) an (Abb. 7, Flowchart).

Das Auftreten einer Wundinfektion oder Abdominalhernie konnte in keinen statistischen Zusammenhang mit der Leistung nach Rekonvaleszenz gebracht werden ( $p = 0,220$ ,  $p = 0,097$ ). Abschließend beantworteten 99 Pferdebesitzer die Frage nach einer erneuten Kolikoperation bei Ihrem Pferd mit ja (67,3%), 20 mit nein (13,6%) und 28 waren unsicher (19%).

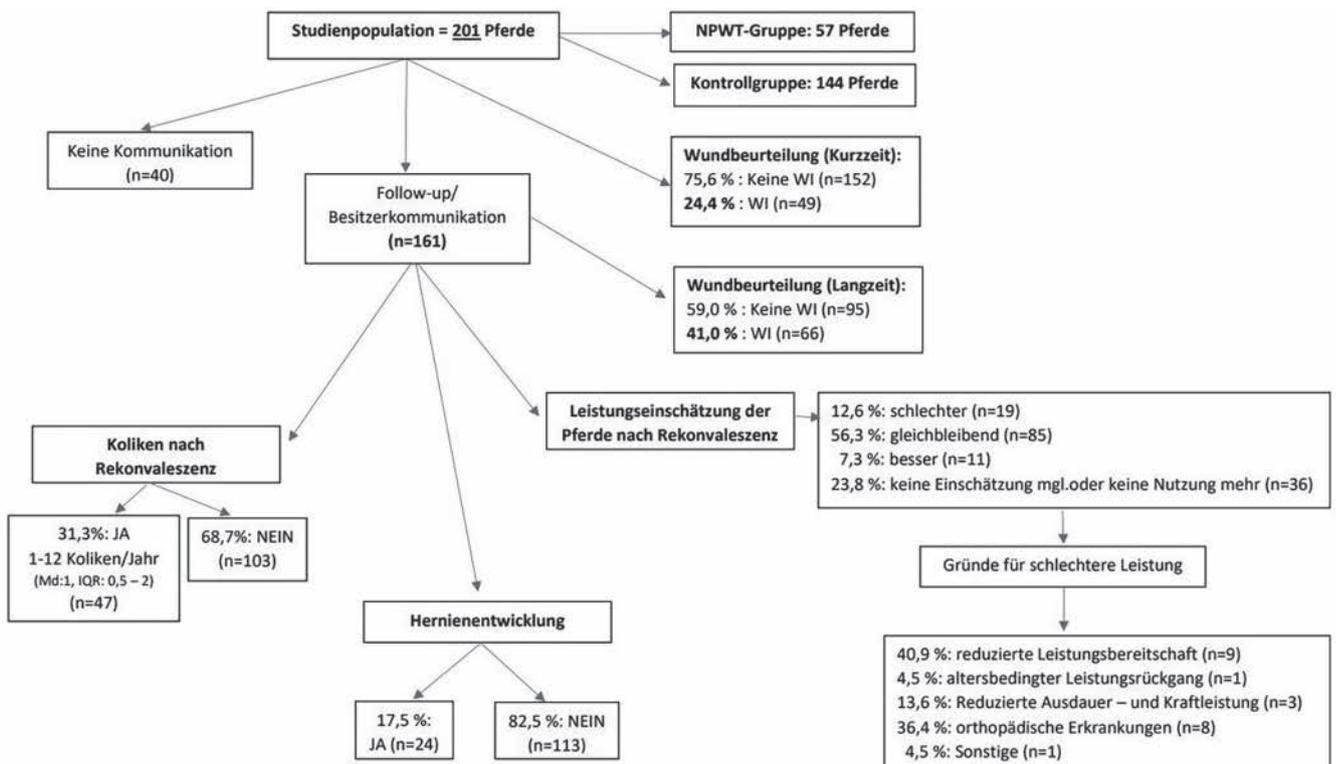


Abb. 7 Flowchart. | Flowchart.

## Diskussion

### ciNPT

Die im ersten Teil der retrospektiven Studie ermittelte Häufigkeit von postoperativen Wundinfektionen lag über einen Zeitraum von 5,5 Jahren (April 2011 – Dezember 2016) bei 24,4%. Dieses Ergebnis entspricht den publizierten durchschnittlichen Angaben von 20% bis 30% (Wilson et al. 1995, Honnas und Cohen 1997, Coomer et al. 2007, Bischofberger et al. 2010, Colbath et al. 2014). Dennoch muss bei jedem 4. Pferd mit einer Wundinfektion gerechnet werden, was eine verlängerte Hospitalisationszeit und einen vermehrten Behandlungsaufwand zur Folge haben kann. In der Humanmedizin konnte die Wundinfektionsrate bei abdominalchirurgischen Eingriffen durch die Anwendung der ciNPT nach Primärverschluss von Inzisionswunden um ca. 8–23% reduziert werden (Blackham et al. 2013, Zaidi und El-Masry 2017, Soares et al. 2015, O'Leary et al. 2017, Curran et al. 2019, Cheong Chung et al. 2021). In der vorliegenden Studie fiel die Wundinfektionsrate nach Anwendung der ciNPT zwar geringer aus als in der Kontrollgruppe, allerdings war dieser Unterschied, in Übereinstimmung mit Gaus et al. (2017), nicht signifikant.

Eine Erklärung für diese Diskrepanz zwischen Human- und Pferdemedizin ist vermutlich eine Kombination verschiedener Aspekte. So wurden unterschiedliche technische Geräte zur Vakuumtherapie verwendet (Suh et al. 2016: CuraVAC (Daewoong Pharmaceutical, Co., Ltd., Seoul, Korea), Kilpadi und Cunningham 2011, Meeker et al. 2011, Kilpadi et al. 2014: Acti-V.A.C® (KCI Medizinprodukte GmbH, Wiesbaden, Deutschland), Kamus et al. 2019: PICO® (Smith & Nephew, Lachine, Kanada). Ob die Anwendung unterschiedlicher Geräte Auswirkungen auf die Wundheilung hat, müsste in einer separaten Studie untersucht werden. Daneben variiert die Anwendungsdauer auf Inzisionswunden zwischen 3–7 Tagen nach Laparotomien (Li et al. 2017, Condé-Green 2013, de Vries et al. 2017, Singh 2018, Bonds et al. 2013, Zaidi und El-Masry 2017, Curran et al. 2019). Im Rahmen dieser retrospektiven Arbeit wurde eine Anwendungsdauer gewählt, welche dem Mittelwert der angegebenen Zeifenster entsprach. Die Frage, ob eine verkürzte oder verlängerte Anwendung zu einem anderen Studienergebnis geführt hätte, bleibt unbeantwortet. Bereits ein Vergleich der humanmedizinischen Studien untereinander ist schwierig, da hier die Verwendung verschiedener Negativdrücke (von 40 mmHg bis zu 150 mmHg), die Art der Anwendung (intermittierende oder kontinuierliche Anwendung), die Verwendung von sehr kleinen Patientengruppen, unterschiedliche Zeifenster der Anwendung und der Einsatz verschiedener Antibiotika über unterschiedlich lange Zeiträume nur sehr wenige miteinander vergleichbare Studien zulassen. Zudem wurden in den humanmedizinischen Untersuchungen häufig Personen mit diversen und teils mehrfachen Komorbiditäten (z.B. übergewichtiger Patient mit Diabetes mellitus) untersucht. Ein Übertrag von Ergebnissen aus humanmedizinischen ähnlich aufgebauten Studien auf den equinen Patienten ist daher nur sehr eingeschränkt möglich. Der intermittierenden Unterdrückanwendung wird in der Literatur eine schnellere Wundheilungsdauer zugesprochen. In der Klinik für Pferde wurde sich dennoch für den Einsatz eines kontinuierlichen Unterdrucks entschieden, da der intermittie-

rende Unterdruck Schmerzen hervorrufen kann (Malmsjö et al. 2012). Zudem war es im angewandten Vakuumssystem nicht möglich zwischen der kontinuierlichen und der intermittierenden Anwendung auszuwählen.

### Schwämme

Polyurethanschwämme mit Silberimprägnation, wie in der vorliegenden Studie angewendet, zeigen einen signifikanten Vorteil hinsichtlich der Keimbelastung gegenüber nicht-impregnierten Polyurethanschwämmen (Van Hecke et al. 2016).

Auch im Rahmen dieser Studie konnte beobachtet werden, dass aus infizierten Wunden der Pferde aus der Studiengruppe weniger *S. aureus* (MRSA und Nicht-MRSA) und *E. Coli* identifiziert werden konnten. Da dies als nicht statistisch signifikant eingestuft wurde, wäre hier eine Untersuchung hinsichtlich der isolierten Keimisolate an einer größeren Patientenzahl sinnvoll.

In einem Ex-vivo-Modell konnte gezeigt werden, dass die NPWT jedoch vor allem durch die Verwendung eines Polyvinylalkoholschwamms zu signifikant weniger Bakterienlast und geringerer MRSA-Belastung führt (Van Hecke et al. 2016). Ob die Anwendung eines Polyvinylalkoholschwamms unter den beschriebenen Studienbedingungen andere Ergebnisse erzielen könnte, wäre von Interesse, kann hier aufgrund des retrospektiven Studiendesigns jedoch nicht beurteilt werden.

### Wundverschluss

Da die Entfernung von Wundexsudat einen wesentlichen Mechanismus der Vakuumtherapie darstellt (Banwell und Musgrave 2004), können die in dieser retrospektiven Arbeit angewandten 3 verschiedenen Verschlussmethoden der Laparotomiewunden die Studienergebnisse möglicherweise beeinflusst haben. Gaus et al. (2017) vermuten in Ihrer Untersuchung, dass eng vernähte Wunden einen möglichen Abfluss von Exsudat behindern können, was entsprechend zu einer nicht effektiven Vakuumtherapie führt. Dieser Faktor konnte in der vorliegenden Studie aufgrund fehlender Daten nicht überprüft werden und die nicht vorhandene Standardisierung stellt eine Limitation dar.

**Tab. 3** Sportlicher Einsatz laparotomierter Pferde, vor und nach Laparotomie. | Use of horses, before and after laparotomy.

Sportbereich / Einsatzbereich	Anzahl an Pferden, vor Laparotomie	Anzahl an Pferden, nach Laparotomie
Freizeit	75	78
Springen	11	11
Dressur	15	12
Springen und Dressur	7	8
Western	2	1
Rennsport	6	4
Sonstiges	14	11
Keine Nutzung	19	22

Die Universitätsklinik der Freien Universität Berlin, dessen Patientenpool in dieser Studie ausgewertet wurde, bildet im Rahmen der Residencyausbildung (European College of Veterinary Surgeons) Pferdechirurgen aus. In anderen Studien wurde der Einfluss des Ausbildungsstandes auf die Wundheilung nachgewiesen (Torfs et al. 2010). Im untersuchten Studienzeitraum waren 6 verschiedene Chirurgen beteiligt (3 Residents, 3 Supervisoren). Die Erfahrung sowie die individuellen Fähigkeiten könnten das Ergebnis beeinflusst haben, dies wurde jedoch nicht statistisch analysiert. Der Anteil erfahrener und weniger erfahrener Chirurgen war in der Klinik für Pferde jedoch im Laufe der Jahre ähnlich.

### Management und Umgebung

Eine weitere mögliche Begründung für den nicht vorhandenen Unterschied in der Wundinfektionsrate zwischen Studien- und Kontrollgruppe liegt in den abweichenden Umwelt- und Managementbedingungen im Vergleich zu humanen Patienten.

Die Umgebung des Pferdes ist im Vergleich zu humanen Patienten deutlich kontaminierter und eine Entlastung der Bauchwunde durch Betruhe nicht möglich, sodass die Bewegung innerhalb einer Box sowie das Hinlegen eine enorme Herausforderung für die Wunde und Wundabdeckung darstellen.

In der Humanmedizin wird die ciNPT auf Inzisionswunden unmittelbar postoperativ auf dem noch aseptischen Operationsbereich aufgebracht (Stannard et al. (2009). Im Gegensatz dazu konnte die Vakuumabdeckung bei Pferden erst nach der Aufstehphase aufgebracht werden. Bis zum sicheren Stand wurde die Bauchwunde in dieser Studie steril abgedeckt und zusätzlich mit einem Klebeverband geschützt, um das Risiko einer Wundkontamination zu senken (Galuppo et al. 1999). Eine mögliche Kontamination der Inzision kann jedoch während der Aufstehphase und während des Aufbringens der ciNPT nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die Keimisolate zwischen den Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf, wobei die unterschiedliche Anzahl der untersuchten Proben hier keine detaillierte Beurteilung zulässt. In der Literatur gibt es hierzu unterschiedliche Ergebnisse. Während Fujiwara et al. (2013) herausfanden, dass die Unterdruckanwendung die Proliferation von *E. coli* fördert, konnte eine silber-impregnierte Wundabdeckung in Verbindung mit der NPWT bei offenen Wunden eine Verringerung der Bakterienlast mit Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* erzielen (Hahn et al. 2019). Dies konnte auch für andere Bakterien in tierexperimentellen Studien gezeigt werden (Morykwas et al. 1997, Li et al. 2013, Wang et al. 2018). Auffällig ist, dass es in der vorliegenden Untersuchung keinen signifikanten Unterschied zwischen der Studien- und der Kontrollgruppe hinsichtlich der Keimisolate gab. Ein Vergleich zu den angegebenen Studien fällt schwer, zumal diese nicht an Pferden durchgeführt und die Vakuumanwendungen nicht auf frischen Inzisionswunden getestet wurden. Es stellt sich hier die Frage, ob das Keimpektrum der Klinik ein entscheidende Faktor sein könnte. Dies lässt sich allerdings nur in einer Untersuchung mit größerer Patientenzahl abschließend beurteilen.

In der vorliegenden Arbeit konnte des Weiteren nicht beobachtet werden, dass das Vorkommen von ESBL oder MRSA ein

signifikantes Risiko für die Entwicklung abdominalen Hernien oder einer verringerten Leistung nach der Rekonvaleszenzzeit darstellt. Es gibt aktuell keine Studien, welche die Hernienentwicklung bei Kontamination mit MRSA oder ESBL untersuchen.

### Einfluss verschiedener Parameter auf den Heilungsverlauf

#### Vitalparameter

Pferde, welche im Verlauf ein Ödem oder eine Infektion im Wundbereich entwickelten, wiesen im Median eine deutlich höhere Herzfrequenz bei Ankunft in der Klinik auf. In einer Studie von Smith et al. (2007) konnte nachgewiesen werden, dass Pferde mit einer Herzfrequenz von > 60 Schlägen/Minute (bei Ankunft in der Klinik) eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit im Vergleich zu Pferden mit einer Herzfrequenz von < 40 Schlägen/Minute aufwiesen, in der postoperativen Phase eine Wundinfektion zu entwickeln. Ein möglicher Grund könnte der Grad der Beeinträchtigung des kardiovaskulären Status zum Zeitpunkt der Vorstellung sein (z.B. hypovolämischer Schock, Endotoxämie).

Die Körpertemperaturen am 5. und 10. Tag nach Laparotomie waren bei Pferden mit beginnenden Infektionen signifikant erhöht. Die Körpertemperaturen lagen jedoch im Median mit 38,0°C (Interquartilbereich: 37,7°C – 38,2°C) bei Patienten mit sich entwickelnden Wundinfektionen lediglich im oberen Referenzbereich. In einer Studie von Ingle-Fehr et al. (1997) entwickelten sich Wundinfektionen beim Pferd häufig erst 5 Tage nach einer durchgeführten Laparotomie und bei nur 29% dieser Pferde trat Fieber auf. Dies könnte die lediglich sehr geringen Erhöhungen der inneren Körpertemperatur am 5. Tag bei den Patienten der vorliegenden Studie erklären. In dieser Untersuchung konnte sogar nur bei 8,7% der Pferde mit Wundinfektionen am 5. Tag post-OP eine innere Körpertemperatur von über 38,5°C (38,5°C – 39,9°C) gemessen werden. Am 10. Tag post-OP war Fieber (38,5°C – 39,2°C) bei 10,9% der Pferde mit einer Wundinfektion aufgetreten. Diese Tatsache unterstützt die Aussage von Ingle-Fehr et al. (1997).

Smith et al. (2007) fanden heraus, dass eine postoperativ auftretende Pyrexie mit einer erhöhten Inzidenz postoperativer Inzisionskomplikationen verbunden ist. In dieser Studie wurden allerdings Pferde berücksichtigt, welche 14 Tage nach Entlassung aus der Klinik eine Wundinfektion ausbildeten. Innerhalb der vorliegenden Studie wurden keine Körpertemperaturen über den 10. Tag post-OP hinaus ausgewertet. Die Empfehlung an die Pferdebesitzer:innen, die innere Körpertemperatur der Pferde weiterhin im Heimatstall in den ersten beiden Wochen zu kontrollieren, erscheint sinnvoll. Dies kann eine Maßnahme zur frühen Identifizierung einer beginnenden Wundheilungsstörung darstellen.

#### Laborparameter

##### Leukozyten

In der vorliegenden Studie konnte, übereinstimmend mit Wilson et al. (1995), kein statistisch signifikanter Zusammen-

hang zwischen der Leukozytenanzahl bei der Eingangsuntersuchung und der Ausbildung einer Wundinfektion festgestellt werden. In einer weiteren Studie entwickelten Pferde mit einer präoperativen Leukozytenanzahl von  $> 8500$  Zellen/ $\mu\text{l}$  ( $= 8,5 \times 10^9/\text{l}$ ) eine Infektion der Inzision. Hierbei konnte allerdings ein Zusammenhang mit zusätzlichen Infektionsstellen nicht ausgeschlossen werden (Rodriguez et al. 2009). In der vorliegenden retrospektiven Auswertung konnten keine Hinweise zu weiteren Infektionsursachen gefunden werden. Dennoch sollte bei einer post-operativ erhöhten Körpertemperatur eine vollständige Abklärung möglicher Fieberursachen erfolgen (Jugularvenen, Respirationstrakt, etc.).

Am 5. Tag post-OP wiesen Pferde, welche eine Wundinfektion entwickelten, eine signifikant höhere Leukozytenanzahl auf, als Pferde mit trockenen Wunden (mit und ohne Wundödem). Die statistisch signifikante Erhöhung erscheint als eine logische Konsequenz bei einem beginnenden Infektionsgeschehen. Eine regelmäßige postoperative Kontrolle des Blutbildes ist daher empfehlenswert.

Für die signifikant geringere Leukozytenanzahl bei Pferden mit ciNPT, verglichen mit der Kontrollgruppe ( $5,5 \times 10^9/\text{l}$  vs.  $7,05 \times 10^9/\text{l}$ ,  $p=0,02$ ), konnte keine medizinisch nachvollziehbare Erklärung gefunden werden. In den humanmedizinischen Publikationen zur ciNPT auf Laparotomieinzisionen wurden keine Auswertungen zu Leukozyten veröffentlicht. Dieses Ergebnis sollte in weiteren Untersuchungen nochmals überprüft werden.

#### Hämatokrit und Totalprotein

Im Kontrast zu bisher veröffentlichten Studien, in denen Pferde mit einem Hämatokritwert von  $> 48\%$  (bei Erstuntersuchung in der Klinik) eine erhöhte Wahrscheinlichkeit aufwiesen, eine Wundheilungsstörung zu entwickeln (Smith et al. 2007, Isgren et al. 2017), konnten in der vorliegenden Studie keine signifikanten Zusammenhänge nachvollzogen werden. Allerdings war ein Einschlusskriterium dieser Studie eine „Überlebensdauer von über 10 Tagen“. Mit einer hohen Wahrscheinlichkeit wurden Pferde, welche einen hohen Hämatokritwert aufwiesen, exkludiert, da diese intra-OP oder innerhalb der ersten 10 Tage post-OP euthanasiert wurden. Innerhalb der Studienpopulation war bei keinem Pferd ein Hämatokritwert von mehr als  $48\%$  dokumentiert. Diese beide Punkte könnten den fehlenden signifikanten Zusammenhang erklären. Ebenso konnte in der Analyse der Totalproteinwerte kein signifikanter Zusammenhang zur Entwicklung von Wundheilungsstörungen, unabhängig vom Zeitpunkt der Probenentnahme, identifiziert werden.

In der Literatur herrscht Uneinigkeit diesbezüglich. So fanden Mair und Smith (2005) heraus, dass die Rate an Wundkomplikationen mit zunehmender Gesamtplasmaproteinkonzentration bei Erstuntersuchung in der Klinik ansteigt. Allerdings wurden in dieser Studie signifikante Unterschiede bei der Untersuchung des Schweregrads des Schocks in Bezug auf die verschiedenen Variablen wie Herzfrequenz, Hämatokrit und Gesamtplasmaprotein gefunden. Dies lässt vermuten, dass der Grad des Kreislaufzustands beziehungsweise ein möglicher Schockzustand entscheidend für die Entwicklung von

Wundinfektionen ist. Wie in der vorliegenden Arbeit konnten auch Wilson et al. (1995) und Bischofberger et al. (2010) keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Totalplasmapwerten und der Ausbildung von Wundheilungsstörungen feststellen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung muss jedoch betont werden, dass nur wenige Kolikpatienten inkludiert werden konnten, welche bei Ankunft in der Klinik stark erhöhte Hämatokrit- und Totalproteinwerte aufwiesen. Viele Patienten mit hochgradig verändertem Totalprotein wurden intra operationem euthanasiert oder überlebten nicht länger als 10 Tage post-OP (Ausschlusskriterien).

#### Diagnose und Ödem-/Hernienentwicklung

Patienten mit einer primären Erkrankung des Dünndarms mit zusätzlich durchgeführter Enterotomie des Dickdarms wiesen signifikant häufiger Wundheilungsstörungen und ein erhöhtes Risiko für Abdominalhernien auf. Der überwiegende Anteil publizierter Studien konnte keinen Zusammenhang zwischen durchgeführten Enterotomien/Resektionen und der Ausbildung von Wundinfektionen feststellen (Phillips und Walmsley 1993, Ingle-Fehr et al. 1997, Coomer et al. 2007, Torfs et al. 2010, Colbath et al. 2014). Dennoch fanden Darnaud et al. (2016) heraus, dass Wundheilungsstörungen häufiger bei Pferden auftreten, bei denen stark kontaminiert eingeschätzte Verfahren angewendet wurden, wie z.B. multiple Enterotomien (Darnaud et al. 2016). Da eine Enterotomie eher zu einer Kontamination führen kann als eine Operation ohne Darmeröffnung, lässt dies in der vorliegenden Studie vermuten, dass der Kontaminationsgrad eine Rolle hinsichtlich der Entstehung von Wundheilungsstörungen spielt. Dieses Ergebnis könnte zum Anlass genommen werden, die Prozedur der Enterotomie im Hinblick auf den Kontaminationsgrad zu kategorisieren und zu dokumentieren.

Bezüglich der Entwicklung einer Abdominalhernie und durchgeführten Enterotomien/Resektionen konnte Gibson et al. (1989) keinen Zusammenhang nachweisen. Möglicherweise kommt der Zusammenhang in dieser Studie durch eine Assoziation der Operationstechnik mit häufigeren Infektionen zustande, die wiederum in Zusammenhang mit vermehrter Hernienausprägung stehen. Hinsichtlich der vorliegenden Studienergebnisse muss auf die sehr kleinen Fallzahlen (Tab. 2) hingewiesen werden, welche bei der Interpretation entsprechend berücksichtigt werden sollten.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Ödemausbildung und Entstehung von Wundheilungsstörungen bei laparotomierten Pferden ergab innerhalb dieser Studie, übereinstimmend mit Rodriguez et al. (2009), keinen signifikanten Zusammenhang. Die Ödembildung stellt mit bis zu  $74\%$  eine häufig auftretende Komplikation nach Laparotomien dar (Smith et al. 2007). Allerdings variieren die Definitionen zwischen den verschiedenen Studien (Salem et al. 2016). Coomer et al. (2007) fanden heraus, dass Inzisionsödeme mit einem höheren Risiko, im Falle eines hochgradigen Ödems mit einem fast 3,5-fach höheren Risiko, für eine Wundinfektion verbunden sind (Coomer et al. 2007). Da in der vorliegenden Arbeit keine Schweregradeinteilung der Ödeme vorgenommen wurde, konnte hier kein Zusammenhang zwischen dem Schweregrad des

Ödems und der Entwicklung einer Wundinfektion festgestellt werden.

#### Operationsdauer

In der statistischen Untersuchung zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anästhesiezeit sowie der reinen Operationsdauer und der Ausbildung einer Wundinfektion. Überschritt die Gesamtanästhesiezeit 213 Minuten beziehungsweise die Operationszeit 166 Minuten, so lag die Wahrscheinlichkeit der Ausbildung einer postoperativen Wundheilungsstörung bei 50%. Operationszeiten von mehr als 213 Minuten stellten im Studienzeitraum eher die Ausnahme dar. Innerhalb der Literatur gibt es diesbezüglich Uneinigkeit in den Studienergebnissen (kein Zusammenhang: Coomer et al. 2007, Bischofberger et al. 2010, Torfs et al. 2010, Darnaud et al. 2016, Scharner et al. 2017; Signifikanter Zusammenhang: Smith et al. 2007, Freeman et al. 2012).

Die mediane Anästhesiezeit der vorliegenden Studie (155 Minuten) war deutlich länger als in den Studien von Bischofberger et al. (2010) (135 Minuten), Scharner et al. (2017) (110 Minuten) oder Freeman et al. (2012) (143 Minuten). Möglicherweise ist eine signifikante Identifikation des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen Narkose-/Operationsdauer und Wundheilungsstörungen erst ab einer bestimmten Zeitdauer möglich.

#### Anzahl an durchgeführten Laparotomien

Die in dieser Untersuchung festgestellte 6%-ige Relaparotomie rate ist vergleichbar mit den Angaben der Literatur (5,9–10,6%) (Santschi et al. 2000, Proudman et al. 2002, Mair und Smith 2005, Gory et al. 2008, Immonen et al. 2017). Auch das ermittelte erhöhte Risiko von Wundinfektionen bei Relaparotomien korreliert mit den bisherigen publizierten Studienergebnissen (Mair und Smith 2005). Pferde, welche mehr als einmal laparotomiert wurden, wiesen in der vorliegenden Studie ein 18,5-fach höheres Risiko auf, eine Wundinfektion zu entwickeln, im Vergleich zu einmalig laparotomierten Patienten.

#### Klinikaufenthalt

Die statistische Untersuchung der stationären Aufenthaltsdauer zeigte einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der Entwicklung einer Wundinfektion und einer Verlängerung der Aufenthaltsdauer. Freeman et al. (2012) stellten dies ebenso in Ihrer Studie fest, in welcher Patienten mit Wundinfektionen durchschnittlich 11 Tage (IQR: 7–24) verbrachten und Pferde ohne Infektion nach durchschnittlich 5 Tagen (IQR: 4–7) die Klinik verließen. In der Pferdeklunik der FU Berlin wurden die operierten Patienten regulär nach dem 10. Tag post-OP nach Hause entlassen (Median: 13 Tage). Dies erschwert einen Vergleich mit den Ergebnissen von Freeman et al. (2012). Nur in Ausnahmefällen wurden vereinzelt Pferde vor diesem Zeitpunkt entlassen. Patienten mit exsudativen Inzisionswunden blieben in der Regel länger in der Klinik. Während des Kli-

nikaufenthaltes durchgeführte Wechsel von Wundabdeckungen sowie das Starten der Vakuumanwendung (Aufbau des Unterdrucks, 125 mmHg) tolerierte der Großteil der Patienten, auch ohne Verwendung zusätzlicher Sedativa. Das endgültige Entfernen der Wundabdeckung führte gelegentlich zu leichten Abwehrreaktionen.

#### Postoperative Kolik in der Langzeitanalyse

Postoperative Koliken zählen zu den häufigsten Komplikationen nach Laparotomien (Mair und Smith (2005) und stellen einen Negativfaktor hinsichtlich der Überlebensrate dar (Proudman et al. 2002, Mair und Smith 2005, Mezerova 2008). Innerhalb der vorliegenden Arbeit zeigten 31,3% der Patienten (n = in und nach der Rekonvaleszenzzeit) regelmäßige Koliksymptome, eine Inzidenz, die mit Daten aus der Literatur (28,9–38,5%) korreliert (Colbath et al. 2014, Immonen et al. 2017). Immonen et al. (2017) berichten von 0,18 Koliken pro Jahr bei Pferden nach Laparotomien. Mit einer Kolik pro Jahr (Interquartilbereich: 0,5–2) war die Häufigkeit der Koliken in der vorliegenden Studie deutlich höher. Allerdings erfolgte im Rahmen der Langzeitauswertung die Beurteilung/Bewertung, ob eine Kolik vorlag, lediglich durch die Besitzer. Nicht immer wurde ein Tierarzt kontaktiert, der dies bestätigen oder eine Ursache feststellen konnte.

#### Abdominale Hernienentwicklung

Eine postoperative Hernienentwicklung konnte in dieser Studie bei 17,5% der Patienten festgestellt werden. Bei Betrachtung der Literatur zeigen sich schwankende Angaben. So variieren diese zwischen 3,2% und 17% (Gibson et al. 1989, Kobluk et al. 1989, Phillips und Walmsley 1993, Wilson et al. 1995, Smith et al. 2007, Anderson et al. 2015). Das Risiko für eine postoperative Hernie nach vorangegangener Wundinfektion war in der vorliegenden Studie 10,75 mal höher, im Vergleich zu Pferden ohne Wundinfektion (Literatur: 4–17,8 mal, Gibson et al. 1989, French et al. 2002). Die veröffentlichte Fachliteratur gibt an, dass die Hernienentwicklung nach durchgeführter Laparotomie signifikant häufiger bei Pferden auftritt, wenn diese bereits postoperativ eine Wundinfektion aufwiesen, im Vergleich zu Pferden ohne Wundinfektion (Gibson et al. 1989, Kobluk et al. 1989, Wilson et al. 1995, Ingle-Fehr et al. 1997, French et al. 2002, Mair und Smith 2005, Colbath et al. 2014). Es ist wahrscheinlich, dass die Entstehung von Entzündungen und Ödemen im Bereich der Laparotomieinzision zu einer Schwächung von umliegendem Gewebe führt. Nahtmaterial, welches das geschädigte Gewebe weiter beansprucht und zusätzlich Kräfte auf die Linea alba ausübt, kann so vermutlich die Entstehung einer Abdominalhernie begünstigen (Mair und Smith 2005). Die in dieser Studie ermittelten Zahlen hinsichtlich der Infektionsrate und Hernienentwicklung sind vergleichbar mit den Angaben der Literatur. Es konnte weder ein Unterschied zur Kontrollgruppe noch eine Differenz zu anderen Studien identifiziert werden. Dies bestätigt die Annahme, dass die Anwendung einer ciNPT auf Inzisionswunden beim Pferd keinen positiven Effekt auf das Verhindern einer postoperativen Hernienausbildung hat.

## Sportliche Leistung nach Rekonvaleszenz

Die Wahrscheinlichkeit einer Rückkehr in den vor der Laparotomie ausgeübten Sportbereich, lag in dieser Studie bei 87,8%. Das bedeutet, dass dieser Prozentsatz an Pferden in den Bereich zurückkehren konnte, wenn das Pferd in diesem bereits eingesetzt wurde. Pferde, welche noch nicht geritten wurden zum Zeitpunkt der Operation (Einschlusskriterium: > 1 Jahr) oder nach der Laparotomie aus unterschiedlichen Gründen nicht mehr sportlich genutzt wurden (Alter, orthopädische Erkrankungen, etc.), wurden hier nicht berücksichtigt. Es konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen einer Wundinfektion oder Abdominalhernie und der erbrachten Leistung nach Rekonvaleszenz identifiziert werden. Übereinstimmend konnten 84% der entlassenen Pferde in einer Studie von Immonen et al. (2017) in der vorherigen oder beabsichtigten Disziplin Leistungen erbringen.

Die intraoperativ gestellte Diagnose, das Alter, Komplikationen und Inzidenz postoperativer Kolikeepisoden wurden als Faktoren beschrieben, welche die Rekonvaleszenz und die nachfolgende Leistungsfähigkeit der Pferde beeinflussen können. Narbenhernien und postoperative Koliken sollen dabei die häufigsten Langzeitkomplikationen darstellen, welche sich auf die Rückkehr in den Sport und die Leistung auswirken (Mair und Smith 2005, Mezerova 2008, Krista und Kuebelbeck 2009). Immonen et al. (2017) konnten dies in einer jüngeren Studie allerdings nicht bestätigen – das Alter der Pferde, die Lage der abdominalen Läsion (Dünn- oder Dickdarm), das Auftreten von postoperativen Koliken, Inzisionsinfektionen, Narbenhernien oder die Rekonvaleszenzzeit nach der Operation waren hier ohne signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, in der vorherigen oder beabsichtigten Disziplin nach einer erfolgten Laparotomie zu arbeiten. Auch in einer weiteren Untersuchung hierzu, konnte nicht bestätigt werden, dass sich Alter sowie die Diagnose auf die Leistungsbereitschaft nach Laparotomien auswirken (Grzbowski 2011). In diversen Studien kehrten zwischen 76–83,7% der Pferde zu ihrem sportlichen Level zurück (Christophersen et al. 2011, Davis et al. 2013, Colbath et al. 2014, Immonen et al. 2017).

Zwischen 81–90,1% der laparotomierten Pferde konnten in anderen Studien die von Ihnen erwarteten Leistungen erfüllen (Wiemer et al. 2002, van der Linden et al. 2003). Bei 66–85% der Pferde wurde die Leistung nach Laparotomie als gleichbleibend oder sogar besser bewertet (Wilson et al. 1995, Christophersen et al. 2011, Grzbowski 2011, Davis et al. 2013, Immonen et al. 2017). Die Beurteilung der Leistungserfüllung ist allerdings bei den wenigsten, vor allem im Freizeitbereich eingesetzten Pferden, objektiv beurteilbar. Dies ist sicher vor allem bei Pferden, welche im hochrangigen nationalen oder internationalen Sportbereich geritten werden oder bei Pferden, welche über die entsprechenden Rennerfolge beurteilt werden können, in einem objektiveren Rahmen möglich. In dieser Studie wurden vor allem Freizeitpferde sowie sportlich ambitioniert gerittene Pferde (Turnierteilnahme an lokalen Veranstaltungen) untersucht. Daher muss die Aussagekraft hinsichtlich der Rückkehr in den vor der Laparotomie ausgeübten Sportbereich als subjektive Einschätzung angesehen werden. Diese Subjektivität dieser Fragestellung stellt dadurch eine Limitation der Bewertung der Leistung dar. Fast 64% der Besitzer in der vorliegenden Studie stufen die

Leistung ihrer Pferde nach Rekonvaleszenz als gleichbleibend oder besser ein. Bei 23,8% war eine Einstufung, beispielsweise aufgrund orthopädischer Probleme, nicht möglich. Bei Pferden, die zum Zeitpunkt der Laparotomie aufgrund des Alters noch nicht genutzt wurden, konnte ebenso noch keine Einschätzung zur Leistung abgegeben werden (Einschlusskriterium). In der untersuchten Population entschieden die Besitzer zudem, ob und wann die Pferde wieder in ihrer ursprünglichen Form genutzt werden konnten. Dies könnte zu einer Verlängerung der Genesungszeit und Rehabilitation geführt haben, was sich wiederum auf die Studienergebnisse ausgewirkt haben könnte. Ferner wurde auch diese Frage bezüglich der erbrachten sportlichen Leistungen nur subjektiv von den Besitzern beurteilt und eingeschätzt. Da die Pferde der vorliegenden Studie zudem in diversen Disziplinen ihren Einsatz fanden und häufig lediglich im Freizeitbereich genutzt wurden, konnte keine Kategorisierung erfolgen (z.B. nach Rennerefolgen). Daher geben die analysierten Studienergebnisse einen subjektiven Eindruck der Besitzer wieder.

## Limitationen und Fazit

Zu den Einschränkungen dieser Studie zählt der Aspekt, dass lediglich retrospektiv Patientenakten von Pferden aus nur einer Tierklinik analysiert wurden. Trotz einer großen Anzahl von Pferden blieben aufgrund von Kategorisierungen (z.B. durch die Einteilung der Diagnosen) bei einigen statistischen Auswertungen nur kleinere Untergruppen. Durch die Tatsache, dass diese Studie eine retrospektive Analyse darstellt, fehlten einige Datenpunkte bei Patienten, welche damit nicht mit in die Auswertung einfließen konnten. Zudem waren die Patienten der ciNPT-Gruppe keine zufällig ausgewählten Patienten, wie es in einer randomisierten prospektiven Studie möglich gewesen wäre. Da in dieser Studie zudem ein langer Studienzeitraum ausgewertet wurde, gab es einige Patienten, welche bereits im Jahr 2011 laparotomiert wurden. Dies führte möglicherweise bei der telefonischen Nachverfolgung mittels Fragebogen im Jahr 2018 zu eventuell ungenauen Angaben von Besitzer:innen, da sich diese zum Teil nicht mehr detailliert an das postoperative Zeitfenster erinnern konnten. Zusammenfassend konnte in dieser retrospektiven Studie kein positiver Effekt der präventiven Vakuumtherapie auf Laparotomiewunden beim Pferd festgestellt werden.

## Interessenskonflikt

Im Rahmen dieser Arbeit bestehen keine Interessenskonflikte durch Zuwendungen Dritter.

## Literatur

- Anderson S. L., Devick I., Bracamonte J. L., Hendrick S., Barber S. M., Carmalt J. L., Wilson D. G. (2015) Occurrence of Incisional Complications After Closure of Equine Celiotomies With USP 7 Polydioxanone. *Vet. Surg.* 44, 521–526; DOI 10.1111/j.1532-950X.2014.12275.x
- Banwell P. E. (1999) Topical negative pressure therapy in wound care. *J. Wound Care* 8, 79–84; DOI 10.12968/jowc.1999.8.2.25844
- Banwell P. E., Musgrave M. (2004) Topical negative pressure therapy: mechanisms and indications. *Int. Wound J.* 1, 95–106; DOI 10.1111/j.1742-4801.2004.00031.x

- Bischofberger A. S., Brauer T., Gugelchuk G., Klohnen A. (2010) Difference in incisional complications following exploratory celiotomies using antibacterial-coated suture material for subcutaneous closure: Prospective randomised study in 100 horses. *Equine Vet. J.* 42, 304–309; DOI 10.1111/j.2042-3306.2009.00020.x
- Blackham A. U., Farrah J. P., McCoy T. P., Schmidt B. S., Shen P. (2013) Prevention of surgical site infections in high-risk patients with laparotomy incisions using negative-pressure therapy. *Am. J. Surg.* 205, 647–654; DOI 10.1016/j.amjsurg.2012.06.007
- Bonds A. M., Novick T. K., Dietert J. B., Araghizadeh F. Y., Olson C. H. (2013) Incisional negative pressure wound therapy significantly reduces surgical site infection in open colorectal surgery. *Dis. Colon Rectum* 56, 1403–1408; DOI 10.1097/DCR.0b013e3182a39959
- Canada N. C., Beard W. L., Guyan M. E., White B. J. (2015) Comparison of sub-bandage pressures achieved by 3 abdominal bandaging techniques in horses. *Equine Vet. J.* 47, 599–602; DOI 10.1111/evj.12329
- Cheong Chung J. N., Ali O., Hawthornthwaite E., Watkinson T., Blyth U., McKigney N., Harji D. P., Griffiths B. (2021) Closed incision negative pressure wound therapy is associated with reduced surgical site infection after emergency laparotomy: A propensity matched-cohort analysis. *Surgery* 170, 1568–1573; DOI 10.1016/j.surg.2021.04.009
- Christophersen M. T., Tnibar A., Pihl T. H., Andersen P. H., Ekstrøm C. T. (2011) Sporting activity following colic surgery in horses: A retrospective study. *Equine Vet. J.* 43, 3–6; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00490.x
- Colbath A. C., Patipa L., Berghaus R. D., Parks A. H. (2014) The influence of suture pattern on the incidence of incisional drainage following exploratory laparotomy. *Equine Vet. J.* 46, 156–160; DOI 10.1111/evj.12091
- Condé-Green A., Chung T. L., Holton L. H. 3rd, Hui-Chou H. G., Zhu Y., Wang H., Zahiri H., Singh D. P. (2013) Incisional negative-pressure wound therapy versus conventional dressings following abdominal wall reconstruction: a comparative study. *Ann. Plast. Surg.* 71, 394–397; DOI 10.1097/SAP.0b013e31824c9073
- Coomer R. P. C., Mair T. S., Edwards G. B., Proudman C. J. (2007) Do subcutaneous sutures increase risk of laparotomy wound supuration? *Equine Vet. J.* 39, 396–399; DOI 10.2746/042516407x195123
- Curran T., Alvarez D., Pastrana Del Valle J., Cataldo T. E., Poylin V., Nagle D. (2019) Prophylactic closed-incision negative-pressure wound therapy is associated with decreased surgical site infection in high-risk colorectal surgery laparotomy wounds. *Colorectal Dis.* 21, 110–118; DOI 10.1111/codi.14350
- Curry C. S., Smith K. A., Allyn J. W. (2014) Evaluation of anesthetic technique on surgical site infections (SSIs) at a single institution. *J. Clin. Anesth.* 26, 601–605; DOI 10.1016/j.jclina.2014.04.015
- 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
- Davis W., Fogle C. A., Gerard M. P., Levine J. F., Bliklager A. T. (2013) Return to use and performance following exploratory celiotomy for colic in horses: 195 cases (2003–2010). *Equine Vet. J.* 45, 224–228; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00615.x
- de Vries F. E. E., Atema J. J., Lapid O., Obdeijn M. C., Boermeester M. A. (2017) Closed incision prophylactic negative pressure wound therapy in patients undergoing major complex abdominal wall repair. *Hernia* 21, 583–589; DOI 10.1007/s10029-017-1620-0
- 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
- Findley J. A., Salem S., Burgess R., Archer D. C. (2017) Factors associated with survival of horses following relaparotomy. *Equine Vet. J.* 49, 448–453; DOI 10.1111/evj.12635
- Freeman D. E. (2013) Antimicrobial use during colic surgery: finding the right strategy. *Vet. Rec.* 172, 285–286; DOI 10.1136/vr.f1549
- Freeman D. E., Hammock P., Baker G. J., Goetz T., Foreman J. H., Schaeffer D. J., Richter R. A., Inoue O., Magid J. H. (2000) Short- and long-term survival and prevalence of postoperative ileus after small intestinal surgery in the horse. *Equine Vet. J. Suppl.* 32, 42–51; DOI 10.1111/j.2042-3306.2000.tb05333.x
- Freeman K. D., Southwood L. L., Lane J., Lindborg S., Aceto H. W. (2012) Post operative infection, pyrexia and perioperative antimicrobial drug use in surgical colic patients. *Equine Vet. J.* 44, 476–481; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00515.x
- French N. P., Smith J., Edwards G. B., Proudman C. J. (2002) Equine surgical colic: risk factors for postoperative complications. *Equine Vet. J.* 34, 444–449; DOI 10.2746/042516402776117791
- Fujiwara T., Nishimoto S., Ishise H., Sotsuka Y., Kawai K., Fukuda K., Kakibuchi M. (2013) Influence of continuous or intermittent negative pressure on bacterial proliferation potency in vitro. *J. Plast. Surg. Hand Surg.* 47, 180–184; DOI 10.3109/2000656X.2012.748667
- Galuppo L. D., Pascoe J. R., Jang S. S., Willits N. H., Greenman S. L. (1999) Evaluation of iodophor skin preparation techniques and factors influencing drainage from ventral midline incisions in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 215, 963–969
- Gaus M., Rohn K., Roetting A. K. (2017) Application and effect of a vacuum-assisted wound therapy after median laparotomy in horses. *Pferdeheilkunde* 33, 563–572; DOI 10.21836/PEM20170604
- Gibson K. T., Curtis C. R., Turner A. S., McIlwraith C. W., Aanes W. A., Stashak T. S. (1989) Incisional hernias in the horse. Incidence and predisposing factors. *Vet. Surg.* 18, 360–366; DOI 10.1111/j.1532-950X.1989.tb01100.x
- Gorvy D. A., Barrie Edwards G., Proudman C. J. (2008) Intra-abdominal adhesions in horses: A retrospective evaluation of repeat laparotomy in 99 horses with acute gastrointestinal disease. *Vet. J.* 175, 194–201; DOI 10.1016/j.tvjl.2007.02.016
- Greif R., Akca O., Horn E. P., Kurz A., Sessler D. I. (2000) Supplemental perioperative oxygen to reduce the incidence of surgical-wound infection. *N. Engl. J. Med.* 342, 161–167; DOI 10.1056/NEJM200001203420303
- Grzbowski M., Studer S., Brehm W., Gerber V. (2011) Postoperativer Langzeitverlauf bei Kolikpatienten: Einfluss der Laparotomie auf die Leistungsbereitschaft des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 27, 400–407; DOI 10.21836/PEM20110406
- Hahn H. M., Lee I. J., Woo K. J., Park B. Y. (2019) Silver-Impregnated Negative-Pressure Wound Therapy for the Treatment of Lower-Extremity Open Wounds: A Prospective Randomized Clinical Study. *Adv. Skin Wound Care* 32, 370–377; DOI 10.1097/01.ASW.0000569116.59534.a6
- Honnas C. M., Cohen N. D. (1997) Risk factors for wound infection following celiotomy in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 210, 78–81
- Ingle-Fehr J. E., Baxter G. M., Howard R. D., Trotter G. W., Stashak T. S. (1997) Bacterial culturing of ventral median celiotomies for prediction of postoperative incisional complications in horses. *Vet. Surg.* 26, 7–13; DOI 10.1111/j.1532-950X.1997.tb01456.x
- Isgren C. M., Salem S. E., Archer D. C., Worsman F. C., Townsend N. B. (2017) Risk factors for surgical site infection following laparotomy: Effect of season and perioperative variables and reporting of bacterial isolates in 287 horses. *Equine Vet. J.* 49, 39–44; DOI 10.1111/evj.12564
- Javed A. A., Teinor J., Wright M., Ding D., Burkhart R. A., Hundt J., Cameron J. L., Makary M. A., He J., Eckhauser F. E., Wolfgang C. L., Weiss M. J. (2019) Negative Pressure Wound Therapy for Surgical-site Infections: A Randomized Trial. *Ann. Surg.* 269, 1034–1040; DOI 10.1097/sla.00000000000003056
- Kobluk C. N., Ducharme N. G., Lumsden J. H., Pascoe P. J., Livesey M. A., Hurtig M., Horney F. D., Arighi M. (1989) Factors affecting incisional complication rates associated with colic surgery in horses: 78 cases (1983–1985). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 195, 639–642
- Krista K. M., Kuebelbeck K. L. (2009) Comparison of survival rates for geriatric horses versus nongeriatric horses following exploratory

- celiotomy for colic. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 235, 1069–1072; DOI 10.2460/javma.235.9.1069
- Li J., Topaz M., Tan H., Li Y., Li W., Xun W., Yuan Y., Chen S., Li X. (2013) Treatment of infected soft tissue blast injury in swine by regulated negative pressure wound therapy. *Ann. Surg.* 257, 335–344; DOI 10.1097/SLA.0b013e318269d1ca
- Li P. Y., Yang D., Liu D., Sun S. J., Zhang L. Y. (2017) Reducing Surgical Site Infection with Negative-Pressure Wound Therapy After Open Abdominal Surgery: A Prospective Randomized Controlled Study. *Scand. J. Surg.* 106, 189–195; DOI 10.1177/1457496916668681
- Mair T. S., Smith L. J. (2005) Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 1: Short-term survival following a single laparotomy. *Equine Vet. J.* 37, 296–302; DOI 10.2746/0425164054529409
- Mair T. S., Smith L. J. (2005) Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 2: Short-term complications. *Equine Vet. J.* 37, 303–309; DOI 10.2746/0425164054529364
- Mair T. S., Smith L. J. (2005) Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 3: Long-term complications and survival. *Equine Vet. J.* 37, 310–314; DOI 10.2746/0425164054529445
- Mair T. S., Smith L. J. (2005) Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 4: Early (acute) relaparotomy. *Equine Vet. J.* 37, 315–318; DOI 10.2746/0425164054529454
- Mezerova J., Zert Z. (2008) Long-term survival and complications of colic surgery in horses: analysis of 331 cases. *Vet. Med. (Praha)* 53, 43–52
- Morykwas M. J., Argenta L. C., Shelton-Brown E. I., McGuirt W. (1997) Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Ann. Plast. Surg.* 38, 553–562
- Pascoe P. J., McDonnell W. N., Trim C. M., Van Gorder J. (1983) Mortality rates and associated factors in equine colic operations – a retrospective study of 341 operations. *Can. Vet. J.* 24, 76–85
- Phillips T. J., Walmsley J. P. (1993) Retrospective analysis of the results of 151 exploratory laparotomies in horses with gastrointestinal disease. *Equine Vet. J.* 25, 427–431; DOI 10.1111/j.2042-3306.1993.tb02985.x
- Price J., Claire Gordon N., Crook D., Llewelyn M., Paul J. (2013) The usefulness of whole genome sequencing in the management of *Staphylococcus aureus* infections. *Clin. Microbiol. Infect.* 19, 784–789; DOI 10.1111/1469-0691.12109
- Proudman C. J., Smith J. E., Edwards G. B., French N. P. (2002) Long-term survival of equine surgical colic cases. Part 1: patterns of mortality and morbidity. *Equine Vet. J.* 34, 432–437; DOI 10.2746/042516402776117845
- Proudman C. J., Smith J. E., Edwards G. B., French N. P. (2002) Long-term survival of equine surgical colic cases. Part 2: modelling postoperative survival. *Equine Vet. J.* 34, 438–443; DOI 10.2746/042516402776117881
- Qadan M., Battista C., Gardner S. A., Anderson G., Akca O., Polk, H. C. Jr. (2010) Oxygen and surgical site infection: a study of underlying immunologic mechanisms. *Anesthesiology* 113, 369–377; DOI 10.1097/ALN.0b013e3181e19d1d
- Robson K., Cripps P., Bardell D. (2016) Lack of association between arterial oxygen tensions in horses during exploratory coeliotomy and post-operative incisional complications: A retrospective study. *Vet. J.* 210, 24–29; DOI 10.1016/j.tvjl.2015.10.058
- Rodriguez F., Kramer J., Fales W., Wilson D., Keegan K. (2009) Evaluation of intraoperative culture results as a predictor for short-term incisional complications in 49 horses undergoing abdominal surgery. *Vet. Ther.* 10, 1–13
- Salem S. E., Proudman C. J., Archer D. C. (2016) Prevention of post operative complications following surgical treatment of equine colic: Current evidence. *Equine Vet. J.* 48, 143–151; DOI 10.1111/evj.12517
- Santschi E. M., Slone D. E., Embertson R. M., Clayton M. K., Markel M. D. (2000) Colic surgery in 206 juvenile Thoroughbreds: survival and racing results. *Equine Vet. J.* 32, 32–36; DOI 10.1111/j.2042-3306.2000.tb05331.x
- Saxena V., Hwang C.-W., Huang S., Eichbaum Q., Ingber D., Orgill D. P. (2004) Vacuum-Assisted Closure: Microdeformations of Wounds and Cell Proliferation. *Plast. Reconstr. Surg.* 114, 1086–1096; DOI 10.1097/01.Prs.0000135330.51408.97
- Scharner D., Gittel C., Winter K., Blaue D., Schedlbauer C., Vervuert I., Brehm W. (2018) Comparison of incisional complications between skin closures using a simple continuous or intradermal pattern: a pilot study in horses undergoing ventral median celiotomy. *Peer J.* 6, e5772; DOI 10.7717/peerj.5772
- Scharner D., Winter K., Brehm W., Kampfert M., Gittel C. (2017) Incisional complications following ventral median celiotomy in horses. Does suturing of the peritoneum reduce the risk? *Tierarztl. Prax. G* 45, 24–32; DOI 10.15653/TPG-160536
- Singh D. (2018) The Role of Closed Incision Negative Pressure Therapy in Abdominal Wall Reconstruction: A Current Review of the Evidence. *Plast. Reconstr. Surg.* 142, 156–162; DOI 10.1097/PRS.0000000000004872
- Smith L. J., Mellor D. J., Marr C. M., Reid S. W. J., Mair T. S. (2007) Incisional complications following exploratory celiotomy: does an abdominal bandage reduce the risk? *Equine Vet. J.* 39, 277–283; DOI 10.2746/042516407x193963
- Smith T. C., Wardyn S. E. (2015) Human Infections with *Staphylococcus Aureus* CC398. *Curr. Environm. Health Rep.* 2.1, 41–51; DOI 10.1007/s40572-014-0034-8
- Soares K. C., Baltodano P. A., Hicks C. W., Cooney C. M., Olorundare I. O., Cornell P., Burce K., Eckhauser F. E. (2015) Novel wound management system reduction of surgical site morbidity after ventral hernia repairs: a critical analysis. *Am. J. Surg.* 209, 324–332; DOI 10.1016/j.amjsurg.2014.06.022
- Stannard J. P., Atkins B. Z., O'Malley D., Singh H., Bernstein B., Fahey M., Masden D., Attinger C. E. (2009) Use of negative pressure therapy on closed surgical incisions: a case series. *Ostomy Wound Manage* 55, 58–66
- Tnibar, A., Grubbe Lin K., Thuroe Nielsen K., Christophersen M. T., Lindegaard C., Martinussen T., Ekstrom C. T. (2013) Effect of a stent bandage on the likelihood of incisional infection following exploratory coeliotomy for colic in horses: a comparative retrospective study. *Equine Vet. J.* 45, 564–569; DOI 10.1111/evj.12026
- Torfs S., Levet T., Delesalle C., Dewulf J., Vlaminck L., Pille F., Lefere L., Martens A. (2010) Risk factors for incisional complications after exploratory celiotomy in horses: do skin staples increase the risk? *Vet. Surg.* 39, 616–620; DOI 10.1111/j.1532-950X.2009.00636.x
- van der Linden M. A., Laffont C. M., van Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M. S. (2003) Prognosis in Equine Medical and Surgical Colic. *J. Vet. Intern. Med.* 17, 343–348; DOI 10.1111/j.1939-1676.2003.tb02459.x
- Van Hecke L. L., Haspeslagh M., Hermans K., Martens A. M. (2016) Comparison of antibacterial effects among three foams used with negative pressure wound therapy in an ex vivo equine perfused wound model. *Am. J. Vet. Res.* 77, 1325–1331; DOI 10.2460/ajvr.77.12.1325
- Wang G., Li Z., Li T., Wang S., Zhang L., Zhang L., Tang P. (2018) Negative-Pressure Wound Therapy in a *Pseudomonas aeruginosa* Infection Model. *Biomed. Res. Int.* 2018, 9496183; DOI 10.1155/2018/9496183
- Wiemer P., Bergman H. J., van der Veen H., Pruissen L. (2002) Colic surgery in the horse: a retrospective study of 272 patients. *Tijdschr. Diergeneeskd.* 127, 682–686
- Wilson D. A., Baker G. J., Boero M. J. (1995) Complications of Celiotomy Incisions in Horses. *Vet. Surg.* 24, 506–514; DOI 10.1111/j.1532-950X.1995.tb01362.x
- Zaidi A., El-Masry S. (2017) Closed-incision negative-pressure therapy in high-risk general surgery patients following laparotomy: a retrospective study. *Colorectal Dis.* 19, 283–287; DOI 10.1111/codi.13458