

Persönliche PDF-Datei für Aleksandar Vidović, Dorothea Jansen

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Unilaterale Mandibulafraktur bei einem Pferd

DOI 10.1055/a-1945-4903

Tierärztliche Praxis Großtiere/Nutztiere 2022; 50: 340–347

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Copyright & Ownership

© 2022. Thieme.
All rights reserved.
Die *Tierärztliche Praxis
Großtiere/Nutztiere* ist
Eigentum von Thieme.
Georg Thieme Verlag KG,
Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart,
Germany
ISSN 1434-1220

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags



Unilaterale Mandibulafraktur bei einem Pferd

Versorgung mittels Fixateur externe, Komplikation bei der Implantatentfernung und Technik der Entfernung von Implantatfragmenten

Unilateral mandibular fracture in horse

Treatment with fixateur externe, a complication during implant removal and procedure for removal of implant fragments

Autoren

Aleksandar Vidović¹, Dorothea Jansen²

Institute

- 1 Vidocq Equine Surgery Consulting GmbH, Kasel
- 2 Pferdeklinik Burg Müggenhausen GmbH, Weilerswist

Schlüsselwörter

Pferd, Chirurgie, Unterkieferfraktur, Osteosynthese, Implantatbruch

Key words

Horse, surgery, jaw fracture, osteosynthesis, implant failure

eingereicht 25.02.2021

akzeptiert 28.03.2022

Bibliografie

Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere 2022; 50: 340–347

DOI 10.1055/a-1945-4903

ISSN 1434-1220

© 2022. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. Aleksandar Vidovic
Vidocq Equine Surgery Consulting GmbH
Zur Lay 12
54317 Kasel
Deutschland
office@vidocq-esc.com

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Fallbericht beschreibt im ersten Teil die chirurgische Versorgung einer unilateralen Mandibulafraktur mittels eines Fixateur externe Typ I am stehenden Pferd. Nach

vollständiger Abheilung der Fraktur kam es während der Implantatentfernung zum Bruch von 2 der 4 Implantate mit Verbleib von Fragmenten im Knochen. Im zweiten Teil des Berichts wird ein spezielles Instrument beschrieben, das zur Entfernung der Implantatfragmente konzipiert und angefertigt wurde. Zudem wird die chirurgische Technik, welche die vollständige Entfernung in einer zweiten Operation ermöglichte, dargestellt. Nach dem Wissen der Autoren handelt es sich bei diesem Fallbericht um die erste Beschreibung der Versorgung einer Mandibulafraktur mit der hier vorgestellten Technik am stehenden Pferd. Zusätzlich liefert dieser Bericht auch einen Lösungsansatz zur Bergung von tiefgelegenen Implantatfragmenten nach einem Implantatbruch als möglicher Komplikation beschriebener Operation.

ABSTRACT

The first part of this case report describes the surgical treatment of a unilateral mandibular fracture in the standing horse by using a fixateur type I. By the time of implant removal, the fracture had completely healed. However, during implant removal, an implant failure of 2 of the 4 implants occurred with fragments remaining in the bone. The second part of the report focuses on the development of a special surgical instrument that was designed for removal of the implant fragments. Furthermore, the surgical method allowing the entire extirpation of the fragments within a second surgery is described. According to the authors' knowledge, this is the first case report showing the use of the presented surgical technique for the treatment of a mandibular fracture in the standing horse. Additionally, this report also provides an approach for removing implant fragments from the depth of the bone which may occur in case of implant breakage as a potential complication of the described surgery.

Einleitung

Verletzungen im Kopf- und Kieferbereich sind bei Pferden sehr häufig und meistens mit Frakturen assoziiert, vor allem im Bereich des Unterkiefers. Die exponierte Lage der rostralen Gesichtsknochen, die dünne Kompakta und der fehlende Schutz durch umgebendes Weichteilgewebe erklären die Frakturanfälligkeit [1]. Frakturen im Unterkieferbereich zeichnen sich durch eine große Variabilität hinsichtlich der Lokalisationen und der Fraktur-Typen aus [2][3].

Die chirurgische Herausforderung besteht in einer optimalen Frakturversorgung und Infektionsbekämpfung mit dem primären Ziel der frühzeitigen Stabilisierung und Belastbarkeit sowie der Herstellung einer optimalen Okklusion, um schnellstmöglich die Fut-teraufnahme wiederherzustellen [2][3].

Zu diesem Ziel wurden unterschiedliche Systeme und Techniken entwickelt, wie z. B. Drahtcerclagen [4], die Fixation mittels Zug-schrauben [5], die Plattenosteosynthese (interne Fixation) sowie unterschiedliche Fixateure externe [2][6][7][8][9][10][11][12][13]. Alle diese Systeme können situationsabhängig miteinander kombiniert werden [3, 14]. Die Komplikationen, welche sich nach einer Frakturversorgung entwickeln können, hängen maßgeblich von der Art und dem Ausmaß der ursprünglichen Verletzung ab. Weiterhin ist aber auch die Wahl der individuellen Fixierungstechnik entscheidend, da jede dieser Techniken mit spezifischen Komplikationen assoziiert ist [4][7][8][9][10][11][13].

In diesem Fallbericht wird eine Komplikation nach chirurgischer Versorgung einer unilateralen Mandibulafraktur im Bereich des linken Diastemas unter Verwendung eines Fixateur externe Typ I beschrieben. Während der Entfernung der Implantate, nach vollständiger Heilung der Fraktur, kam es zum Bruch zweier der 4 Schanzschen Schrauben. Zum Entfernen der im Knochen verbliebenen Implantatfragmente wurde ein spezielles Instrument konzipiert und angefertigt, so dass in einer weiteren Operation die Implantatfragmente mit diesem selbstkonstruierten Werkzeug vollständig entfernt werden konnten. Der hier vorgestellte Fallbericht beschreibt einen möglichen Lösungsansatz zur Bergung von tiefsitzenden Implantatfragmenten.

Fallbeschreibung

Signalement und Anamnese

Ein 9-jähriger Warmblutwallach (braun, Body Condition Score 5 von 9, Gewicht 550 kg) wurde mit starker Schwellung der linken Kopfhälfte in der Klinik vorgestellt. Die Entstehung dieser Verletzung war unbekannt. Das Pferd wurde im beschriebenen Zustand am Abend, nach einem Weidegang, in der Herde vorgefunden. Am nächsten Morgen erfolgte die Vorstellung in der Klinik.

Status praesens

Das Allgemeinbefinden war zum Zeitpunkt der Vorstellung unauffällig. Die Körpertemperatur lag bei 37,6 °C, die Hautelastizität, die sichtbaren Schleimhäute und die Kapillarfüllungszeit waren physiologisch. Der Puls war kräftig mit einer Frequenz von 44 Schlägen pro Minute, die Herztöne waren regelmäßig, gut abgesetzt und ohne Nebengeräusch. Die Atemfrequenz betrug 12 Atemzüge pro Minute. Die Darmperistaltik war physiologisch. Die Laborparameter der Blutuntersuchung ergaben folgende Werte: Hämato-



► **Abb. 1** Präoperative Schrägaufnahme des linken Unterkiefer-Diastemas mit Darstellung der Frakturlinien. Quelle: A. Vidović.

► **Fig. 1** Preoperative oblique view of the left mandibular diastema with presentation of the fracture lines. Source: A. Vidović.

krit 0,37 l/l, Total-Plasma-Protein 7,0 g/dl, Leukozyten $6300 \times 10^6/l$, die Parameter des Säure-Basen-Haushalts waren im Normbereich.

Das linke Angesicht wies hochgradige Schwellungen im Bereich des Auges und des Masseters auf. Der Masseterbereich war warm und geschwollen, jedoch nur wenig druckdolent. Die Palpation beider Kiefergelenke war minimal schmerzhaft. Eine Beweglichkeit konnte induziert werden. In der linken Nüster war eingetrocknetes Blut sichtbar. Bei der Untersuchung der Maulhöhle konnte keine sichtbare Verletzung oder Blutung festgestellt werden. Die Incisivi des Unterkiefers zeigten eine laterale Deviation von 2 cm nach rechts. Die typischen Symptome einer Kieferfraktur wie Salivation, Kaustörungen und Schwellungen waren im vorliegenden Fall ersichtlich. Die häufig damit vergesellschafteten Symptome wie Krepitation und offene Wunden fehlten jedoch. Unter der Schleimhaut des linken Diastema mandibulae konnte etwa mittig zwischen dem Caninus (304) und dem zweiten Prämolaren (306) eine leichte Kontinuitätsunregelmäßigkeit der Knochenoberfläche palpirt werden. Aufgrund der vorliegenden Symptomatik wurde eine klinische und bildgebende Untersuchung – neurologisch, ophthalmologisch, radiologisch, sonographisch und endoskopisch – des gesamten Kraniums bis zum kraniozervikalen Übergang durchgeführt.

Präoperative Diagnostik und Therapie

Nach dem Abschluss der Untersuchung wurde die Diagnose einer geringgradig dislozierten Y-Fraktur mit mehreren Frakturlinien im Bereich des linken Unterkiefer-Diastemas gestellt. Der breitere Frakturspalt begann rostradial auf der Höhe der Caninuswurzel (304) und erstreckte sich bis zur Mitte des Diastemas. Von dort verlief die eine Frakturlinie zurück nach rostroproximal und endete mit einer sichtbaren Kontinuitätsunterbrechung der proximalen Kortikalis des Diastemas. Die zweite Frakturlinie verlief als eine doppelte Aufhellungslinie bogenförmig nach aboral und endete in der distalen Kortikalis, distal der kaudalen Wurzel des zweiten Prämolaren (306) (► **Abb. 1**).

Die Schwellung der linken Angesichtshälfte wurde als Weichteilödem eingestuft, in Folge einer starken Kontusion. Es konnten keine weiteren Verletzungen im Kopfbereich festgestellt werden.

Aufgrund der Konstellation der Frakturfragmente wurde entschieden, die unilaterale geschlossene Fraktur mit einem Fixateur

externe transkortikal zu versorgen. Der Patient wurde auf den operativen Eingriff im Stehen am folgenden Tag vorbereitet.

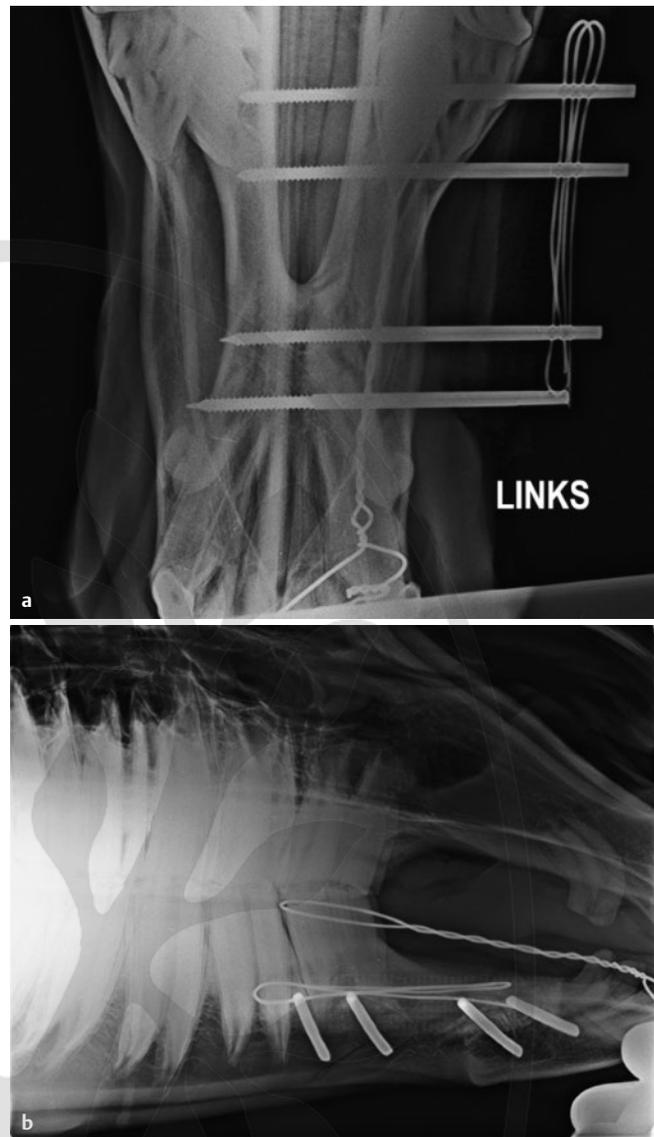
Die Vorbereitung am OP-Tag umfasste das Legen eines Venenverweilkatheters, eine perioperative antibakterielle und antiphlogistische Therapie (Cefquinom 1 mg/kg und Flunixin Meglumin 1,1 mg/kg intravenös). Für die Frakturversorgung im Stehen war eine tiefe Sedierung und Analgesie notwendig. Diese wurde durch die Applikation von Romifidin (0,03 mg/kg) in Kombination mit Butorphanol (0,02 mg/kg) im Bolus i. v. erreicht. Darauf folgte der Einsatz einer Dauertropfinfusion von Romifidin, ca. 0,05 mg/kg i. v./Std, in 0,9% NaCl-Lösung. Zur Minimierung der Kau- und Zungenbewegung wurde zusätzlich Diazepam in einer Dosierung von 0,005 mg/kg i. v. appliziert.

Die Schmerzausschaltung wurde durch eine Leitungsanästhesie beider Nn. mandibulares unter antiseptischen Bedingungen mit jeweils 10 ml Mepivacain pro Seite erzielt. Die Hautoberfläche um den Frakturbereich wurde großzügig chirurgisch vorbereitet und darauf eine geschlossene Frakturreduktion vorgenommen. Durch Manipulation an den Incisivi des Unterkiefers konnte eine effektive Einwirkung auf den Frakturspalt ausgeübt werden. Das Erreichen einer physiologischen Stellung bzw. einer Normokklusion wurde als Kriterium für eine ausreichende Frakturreduktion bestimmt.

Für die Fixation wurden 5 mm Schanzschen Schrauben mit selbstbohrender Spitze und negativem Gewinde verwendet (Fa. Aesculap, Art.-Nr. KX378S, 50 mm Gewindelänge, 170 mm Gesamtlänge). Die Position der Schanzschen Schrauben wurde vorher auf dem Röntgenbild geplant und intraoperativ durch eine Entfernungsmessung zu den Landmarken (Zahnkronen und Knochenränder) umgesetzt. Es wurden insgesamt 4 Schrauben transkortikal gesetzt, jeweils 2 rostral und 2 aboral der Frakturlinie. Die selbstbohrenden Schanzschen Schrauben wurden durch eine Haut-Stichinzision ohne ein Vorbohren mit langsamer Drehzahl platziert und fortwährend mit steriler NaCl-Lösung gespült, um thermische Schädigungen am Knochen zu vermeiden. Es wurde darauf geachtet, die Zahnwurzeln zu schonen und die Implantate so weit wie möglich entfernt von Frakturspalten zu platzieren.

Nach dem Platzieren wurden die Schrauben an ihren freien Enden auf die adäquate Länge gekürzt und unter Aufrechterhaltung der Normokklusion mit einem Plastikrohr mit einem Durchmesser von 3 cm überbrückt. Der Abstand zwischen der Hautoberfläche und dem Kunststoffrohr betrug um die 3 cm. Die Position der Schrauben und die erreichte Frakturspaltreduktion wurden abschließend radiologisch kontrolliert. Danach wurde in das Kunststoffrohr mit dem Ziel einer Stabilitätsverstärkung eine Schlinge aus chirurgischem Cerclagedraht von 1,5 mm Stärke (Fa. Aesculap, Art.-Nr. KY015S) eingeführt und das Lumen des Kunststoffrohrs mit Polymethylmethacrylat (PMMA) (Fa. Kulzer, Technovit® 6091) aufgefüllt (► **Abb. 2**). Während der Polymerisierung des PMMA wurden die Schrauben an ihren Eintrittsstellen in den Unterkiefer mit steriler NaCl-Lösung gekühlt, um thermische Schädigungen am Knochen zu vermeiden.

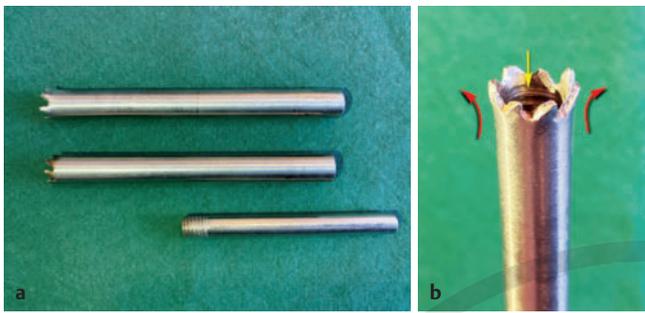
Dieses Konstrukt diente als Fixateur externe. Zusätzlich wurde die Fraktur intraoral mit einer Drahtcerclage (1,5 mm chirurgischer Cerclagedraht, Fa. Aesculap, Art.-Nr. KY015S) stabilisiert. Diese wurde zwischen den mittleren Schneidezähnen 301 und 401 eingeführt, umfasste die 3 Incisivi 301 bis 303 und wurde dann aboral



► **Abb. 2** **a** Postoperative dorsoventrale Röntgenaufnahme. Gut erkennbar ist die Kontur des negativen Gewindes der selbstbohrenden Schanzschen Schrauben. Zwischen den Incisivi und den Prämolaren ist die Drahtcerclage sichtbar. Links im Bild ist die Drahtschlinge, die in Polymethylmethacrylat-Brücke integriert wurde, um die Stabilität des Fixateurs zu verstärken. **b** Postoperative laterolaterale Röntgenaufnahme mit Position der Schanzschen Schrauben und der Drahtcerclage zwischen den Prämolaren 306 und 307 sowie um die Incisivi 301 bis 303. Zusätzlich ist die Stabilisierungsverstärkung durch den Cerclagedraht innerhalb des Kunststoffrohres sichtbar. Quelle: A. Vidović.

► **Fig. 2** **a** Postoperative dorsoventral radiograph. Clearly visible is the left-handed screw thread of the self-drilling Schanz screw. Wire Cerclage is visible between the incisivi and premolar. The wire loop was integrated within the polymethylmethacrylate bridge to increase stability of the fixateur. **b** Postoperative laterolateral radiograph showing the position of the Schanz screws and the wire cerclage between the premolars 306 and 307 and around the incisors 301 to 303. The reinforcing wire loop within the polymethylmethacrylate bridge is also visible. Source: A. Vidović.

zwischen den Prämolaren 306 und 307 durchgezogen. Das Einführen des Cerclagedrahts zwischen die Incisivi 301 und 401 wurde



► **Abb. 3** a Darstellung der 2 selbst angefertigten Fräserrohre (12 cm Länge, 10 mm Außendurchmesser, 8 mm Innendurchmesser). Die Kürzung des zweiten Fräserrohrs entstand durch das nachträgliche Nachschleifen der Zähne. Das kürzere Metallstück mit Außengewinde (unten im Bild), wurde am Ende des Fräserrohrs eingeschraubt und diente als Verlängerung und zur Aufnahme in die Bohrmaschine. b Die kronenförmig nach außen aufgeboogenen Zähne des Fräserrohrs (rote Pfeile) und die ringförmigen Rillen im Inneren des Rohrs (gelber Pfeil) resultieren aus der Interaktion mit dem Implantat. Quelle: A. Vidović.

► **Fig. 3** a Photograph of the 2 custom made milling tubes (12 cm length, 10 mm external diameter, 8 mm internal diameter). The shortening of the second tube occurred subsequently, by reshaping of the milling teeth. The shorter metal piece down in photograph with thread was used as extension and to connect the milling tube to the drilling machine. b The crown-like outwards-bended teeth of the milling tube (red arrows) and the circular grooves on the inside of the tube (yellow arrow) are a result of the interaction with the implant. Source: A. Vidović.

durch das vorherige Platzieren einer Einmalkanüle erleichtert. Zwischen den Prämolaren 306 und 307 wurde für das Einführen des Cerclagedrahts ein 2 mm Kanal angelegt. Dies erfolgte intraoral aus linguale Richtung mit Hilfe eines Bohrers, der in ein Dental-Winkelhandstück (Fa. PZ-Technik GmbH, PZ Bohrfräse Art.-Nr. 1300) eingespannt wurde. Nach dem Platzieren der Drahtschlinge wurde diese im Bereich des Diastemas eingedreht und damit unter Spannung gesetzt (► **Abb. 2**).

Postoperatives Management

Der Wallach erhielt post operativ Antibiotika und Antiphlogistika: Cefquinom 1 mg/kg und Flunixin Meglumine 1,1 mg/kg 1 × tgl. intravenös für insgesamt 5 Tage. Danach wurde die Antibiose auf Trimethoprim/Sulfonamid (25 mg/kg Sulfadiazin und 5 mg/kg Trimethoprim) 2 × tgl. oral umgestellt für weitere 14 Tage. Das Pferd erholte sich postoperativ sehr gut, die Masseterschwellung war bereits am dritten Tag rückläufig. Direkt nach der Frakturversorgung normalisierte sich die Futteraufnahme. Die Fütterung bestand anfänglich aus Weichfutter (Mash und Heucobs), später wurde zusätzlich nasses Heu gefüttert. Nach 12 Tagen wurde das Pferd aus dem stationären Aufenthalt entlassen. Der Wallach erhielt Boxenruhe und kontrollierte Schrittbewegung an der Hand für die nächsten 8 Wochen. Während der Genesungszeit zu Hause wurde mit dem Besitzer und dem Haustierarzt regelmäßig Kontakt gehalten. Der Fixateur wurde durch den Haustierarzt regelmäßig kontrolliert und gepflegt, es gab keine besonderen Vorkommnisse.

Komplikation bei der Implantatentfernung

9 Wochen post operationem wurde das Pferd zur Implantatentfernung erneut in der Klinik vorgestellt. Die Eintrittsstellen der Implantate waren trocken und reaktionslos, es gab weder eine Schwellung noch eine Druckdolenz. Die Röntgenkontrolle ergab eine sehr gute und ausreichende Frakturheilung. Die Entfernung der Implantate und der Drahtcerclage erfolgte am stehenden sedierten und lokal anästhesierten Pferd. Die Schanzschen Schrauben wurden an ihren Eintrittsstellen in die PMMA-Brücke mit Hilfe einer Trennscheibe unter Flüssigkeitskühlung abgesetzt. Somit blieben noch Schrauben-Stümpfe von etwa 3 cm Länge zum Greifen übrig. Für die Entfernung wurden die Implantate in ein Bohrfutter mit T-Griff (Fa. Rudolf-Storz, Art.-Nr. 1-15-805-21) zum manuellen Herausdrehen eingespannt. Dabei war ein sehr fester Sitz der Schanzschen Schrauben im Knochen festzustellen. Die Implantate auf den Positionen 1 und 3 aus rostraler Richtung konnten entfernt werden. Die Implantate auf den Positionen 2 und 4 brachen jedoch beim vorsichtigen Versuch des Herausdrehens, bevor überhaupt die geringste Bewegung wahrgenommen werden konnte. Die Schraube in Position 4 brach exakt an der Verjüngung zwischen Schaft und Gewinde und die Schraube in Position 2 brach 8 mm weiter im Gewindebereich. Nach diesem Zwischenfall wurde noch die Drahtcerclage entfernt und die aktuelle Sitzung vorläufig beendet.

Zum Entfernen der zurückgebliebenen Implantatfragmente wurde ein Instrument konzipiert und speziell angefertigt. Aus diesem Grund konnte der Folgeeingriff erst 5 Tage nach dem ersten durchgeführt werden.

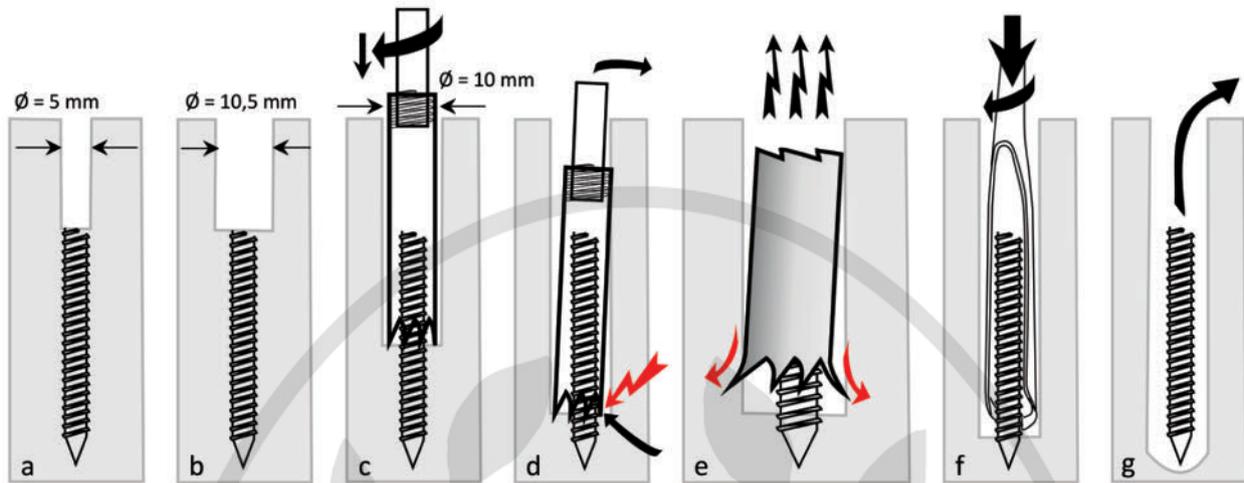
Das Fräserrohr zum Entfernen der Implantatfragmente wurde aus einem Edelstahlzylinder (V4A – CrNiMo-Stahl, Werkstoff 1.4401 gemäß DIN EN ISO 3506-1) mit einem Außendurchmesser von 10 mm und einem Innendurchmesser von 8 mm angefertigt. In eines der Enden des 12 cm langen Zylinders wurden sägeartig Zähne hineingeschliffen. In das andere Ende wurde ein Innengewinde geschnitten zur Verbindung mit einem Verlängerungsstück. Diese Verlängerung wurde aus einem Edelstahl-Rundstab (Werkstoff 1.4401) von 8,5 mm Durchmesser und 75 mm Länge angefertigt. Zum Verbinden mit dem Fräserrohr wurde an einem Ende das Außengewinde geschnitten, das andere Ende wurde in die Bohrmaschine eingespannt (► **Abb. 3a**).

Mit diesem Fräserrohr sollte der Knochen um die Implantate herum aufgebohrt werden, sodass die Implantatfragmente vollständig entfernt werden können. Die Länge des Fräserrohrs und des angeschraubten Verlängerungsstücks berücksichtigten die Länge der Implantatreste im Knochen und die notwendige Tiefe der Bohrung (Abstand zwischen der ipsilateralen Ciskortikalis und der kontralateralen Transkortikalis auf Höhe der Implantatreste). Für die Operation wurden 2 Fräserrohre angefertigt.

Entfernung der Implantatfragmente in Allgemeinanästhesie

Das Pferd wurde auf den chirurgischen Eingriff in Allgemeinanästhesie in rechter Seitenlage vorbereitet.

Das Operationsgebiet wurde chirurgisch vorbereitet und steril abgedeckt. Es wurde jeweils eine 3 cm lange Hautinzision gesetzt und anschließend der Bohrkanal des Implantats präpariert und freigelegt.



► **Abb. 4** a Schematische Darstellung der Ausgangssituation nach dem Bruch der Schanzschen Schrauben an den Positionen 2 und 4 aus rostraler Richtung. Zwischen der Knochenoberfläche und dem zurückgebliebenem Schraubenfragment befand sich ein Kanal, der dem Schaftdurchmesser einer Schanzschen Schraube entsprach (5 mm). b Dieser Kanal wurde in 2 Schritten, über eine Zwischenbohrung mit 8 mm, auf 10,5 mm erweitert. c Das Fräserrohr wurde im Bohrkanal platziert und löste durch langsamen Vorschub bei geringer Drehzahl den Knochen um das gebrochene Implantat herum. d Durch geringgradige Abweichungen der Bohrrichtung kollidierte in der Tiefe der gezahnte innere Rand am Ende des Fräserrohrs mit dem Implantat. e (Ausschnittsvergrößerung): Hierdurch wurden die Zähne des Fräserrohrs nach außen gebogen, sodass dieses nur schwer aus dem Bohrkanal herausgezogen werden konnte. Mit dem zweiten Fräserrohr konnte das Implantat auf Position 2 vollständig gelöst werden, aber auch dieses verbog sich, kurz bevor das zweite gebrochene Implantat (Position 4) komplett freigelegt werden konnte. f Mit Hilfe eines Hohlmeißels wurde das Endstück des zweiten Implantats (Position 4) von dem restlichen Knochen freigelegt. Dazu wurde der Hohlmeißel mit frequenten, sehr vorsichtigen Hammerschlägen und mit gleichzeitiger Rotation um das gebrochene Implantat herum in den Knochen vorangetrieben. g Die beiden freigelegten Implantatreste wurden mit Hilfe einer schmalen Pinzette aus dem Bohrloch extrahiert. Quelle: A. Vidović.

► **Fig. 4** a Schematic illustration demonstrating the initial situation following the breakage of the Schanz screws which were placed in position 2 and 4 from a rostral perspective. Between the bone surface and the remaining screw fragments a channel was present which was equivalent to the shaft diameter of a Schanz screw (5 mm). b This channel was widened in a 2 step process, at first to 8 mm and then to a diameter of 10,5 mm. c The milling tube was placed within the drill channel so that the bone could be separated from the screw fragment by performing slow feed motions with a low rotation speed. d Due to slight discrepancies in the direction of drilling, the serrated inner rim of the distal end of the pipe of the milling tube collided with the remnant of the implant in the depth of the drill channel. e (Detail magnification): This caused an outwards bending of the teeth of the tube, in consequence its removal from the drill channel was very difficult. Accordingly, the 2 pipes of the milling tube became unusable shortly before the second screw fragment (position 4) could be exposed entirely. f Using a gouge, the tip of the second implant (position 4) could be separated from the remaining surrounding bone tissue. The gouge was inserted into the bone by performing frequent, highly careful hammer blows with a simultaneous rotation around the implant fragment. g Finally, the screw remnant could be removed from the drill channel using a narrow forceps. Source: A. Vidović.

Mit einem 8 mm Bohrer wurde der Knochen entlang des Implantatkanals bis zum Erreichen des gebrochenen Implantats vorsichtig freigebohrt und dieser Bohrkanal anschließend mit einem 10,5 mm Bohrer erweitert (► **Abb. 4**). Mit einem kleinen scharfen Löffel wurde der Knochen in der Tiefe noch etwas abgetragen, sodass das Implantat gut sichtbar wurde. Das neu konzipierte Fräserrohr konnte leicht in den Bohrkanal platziert werden, da sein Durchmesser um 0,5 mm schmäler als der Bohrkanal war. Das Fräserrohr wurde mit langsamer Drehzahl, vorsichtigem Druck und ständiger Flüssigkeitskühlung um das gebrochene Implantat herum vorangetrieben. Das Instrument wurde wiederholt, in kurzen Abständen, aus der Wunde entfernt, um den Bohrkanal von Knochenspänen zu reinigen. Dies geschah mit steriler NaCl-Infusionslösung und anschließender Absaugung. Auf diese Art konnten die Bohrrichtung und die erreichte Bohrtiefe um das Implantat herum permanent gut visualisiert und kontrolliert werden. Das Vorankommen durch den Unterkieferknochen verlief sehr langsam. Mit der

Zunahme der Bohrtiefe wurde ein Widerstand beim Herausziehen des Fräserrohrs aus dem Knochen wahrgenommen. Der Grund hierfür war die Verbiegung der Zähne des Fräserrohrs (► **Abb. 3b**). Bedingt durch eine nicht wahrgenommene minimale Abweichung in der Bohrrichtung touchierte die Innenseite des Fräserrohrs den Implantatrest, was dazu führte, dass der gezahnte Rand des Fräserrohrs sich kronenförmig nach außen verbog (► **Abb. 3b**; ► **Abb. 4**) und unbrauchbar wurde.

Das zweite Fräserrohr kam zum Einsatz und so konnte das erste Implantatfragment vollständig freigelegt werden. Beim Herausfräßen des zweiten Fragmentes wiederholte sich das Geschehen und das gezahnte Ende des zweiten Fräserrohrs verbog sich vor dem Erreichen der Spitze der gebrochenen Schraube. Dieses Implantatfragment wurde dann mit einem schmalen Hohlmeißel von dem restlichen Knochen befreit. Mit einem Hammer wurde der Meißel sehr vorsichtig rotierend im Uhrzeigersinn um das Implantat herum vorwärtsgetrieben (► **Abb. 4**). Die beiden Implantatfragmente wur-



► **Abb. 5** Postoperative laterolaterale Röntgenaufnahme nach Entfernung aller Implantate. Die Implantate auf den Positionen 1 und 3 (von rostral) wurden intakt entfernt. Die gebrochenen Implantate auf den Positionen 2 und 4 wurden durch die beschriebene Technik extrahiert. Quelle: A. Vidović.

► **Fig. 5** Postoperative laterolateral radiograph following implant removal. The implants on position 1 and 3 (from rostral) could be removed entirely at the first attempt. The broken implants on position 2 and 4 were extracted with the described procedure. Source: A. Vidović.

den nach ihrer Freilegung mit einer Pinzette aus dem Bohrloch entfernt. Die Bohrlöcher wurden zum Abschluss mit einem 10,5 mm Bohrer nachgebohrt und mit ausreichend steriler NaCl-Infusionslösung ausgespült. Dies diente der vollständigen Befreiung von Knochenpänen.

Das intra operationem angefertigte Röntgenbild dokumentierte die Entfernung aller Fragmente (► **Abb. 5**).

Anschließend wurde die Unterhaut mit einem resorbierbaren geflochtenen Faden genäht und die Haut mit Klammern verschlossen. Die gesamte Operationszeit betrug 95 Minuten. Die Aufstehphase verlief komplikationslos.

Prä- und postoperativ erhielt der Wallach intravenös Penicillin G Natrium sechsstündlich 25 000 IE/kg und Flunixin Meglumine zwölfstündlich 1,1 mg/kg über 3 Tage. Im Anschluss daran wurde die antimikrobielle Therapie auf Sulfadiazin und Trimethoprim für 7 Tage umgestellt (in der oben genannten Dosierung). Am zweiten Tag nach der Operation wurde das Pferd aus der Klinik bei gutem Allgemeinbefinden entlassen. Die Hautklammern wurden 10 Tage nach der Operation vom Haustierarzt entfernt. Laut Patientenbesitzer waren alle Wunden nach 6 Wochen gut verheilt und es wurden keine weiteren Komplikationen beobachtet.

Diskussion

Frakturen des Schädels sind beim Pferd nach Frakturen der Gliedmaßen die zweithäufigste Art von Frakturen. Bei Schädelfrakturen ist die Mandibula am häufigsten betroffen [4][5][9][11]. Frakturen im Bereich des Diastemas treten nach Ausrissfrakturen der Incisivi am zweithäufigsten auf. Im Gegensatz zu den Frakturen der Incisivi sind diese Frakturen seltener offen, kontaminiert oder weisen Splitterbrüche auf. Meistens sind die rostralen Anteile des Kopfes betroffen, das Os Incisivum des Oberkiefers und die Pars incisiva mandibulae. Für die Behandlung stehen je nach Lokalisation und Charakteristika der Fraktur verschiedene Therapieoptionen zur Verfügung. Primäres Ziel der chirurgischen Versorgung ist die Frakturspaltreduzierung, ihre Stabilisierung und das Erreichen einer optimalen Okklusion. Dadurch wird eine schnelle funktionelle Wiederherstellung und eine schnelle Heilung mit wenig Kallusformation gewährleistet. In der Regel werden gute ästhetische und funktionelle Resultate erzielt.

Generell wird bei der chirurgischen Frakturversorgung zwischen einer internen und einer externen Fixation unterschieden. Für diese beiden Gruppen werden jeweils unterschiedliche Implantate und Systeme eingesetzt. Der Fixateur externe kommt hauptsächlich bei offenen kontaminierten Frakturen zum Einsatz [3][13] und weist bei Unterkieferfrakturen biomechanische Eigenschaften auf, die mit einer internen Fixation vergleichbar sind [15]. Diese Eigenschaften, kombiniert mit der geringeren Invasivität und der einfacheren Handhabung, gaben den Anlass, die Kieferfrakturversorgung in dem vorliegenden Fall am stehenden Pferd durchzuführen. Während der Einsatz von polyaxialen Pedikelschrauben zur externen Fixierung von Unterkieferfrakturen am stehenden Pferd beschrieben wurde [12], finden sich noch keine Literaturangaben über eine Kieferfrakturversorgung unter Anwendung der hier beschriebenen chirurgischen Technik am stehenden Pferd.

Bei der Operationsplanung zum stehenden Eingriff wurde neben der erstmaligen Durchführung auch das unvorhersehbare Verhalten des Pferdes während des Eingriffs als Risikofaktor eingestuft. Die beiden Faktoren erhöhten die Kontaminationswahrscheinlichkeit für die bevorstehende Operation. Trotz des Vorliegens einer geschlossenen Fraktur und einer nur geringgradigen Dislokation der Frakturfragmente mit guten Chancen für eine geschlossene Frakturreduktion, führten die geschilderten Risikofaktoren zur Entscheidung, den Patienten perioperativ mit potenterem und breit wirkendem Antibiotikum abzudecken.

Die vorliegende Frakturkonstellation, d. h. mehrere erkennbare Frakturlinien und ein relativ kurzes rostrales Frakturteil, erhöhte das Risiko, das Implantat innerhalb eines Frakturspalts zu platzieren. Dieser Umstand wurde in der präoperativen Planung wahrgenommen und es wurde versucht die Implantate so weit wie möglich entfernt von Frakturspalten zu platzieren und gleichzeitig die benachbarten Zahnwurzeln nicht zu berühren.

Der hier angewandte Fixateur externe wird als Typ Ia bezeichnet. Dadurch, dass die Schanzschen Schrauben in der rechten gesunden Kieferseite verankert waren und die Fraktur somit von 2 Seiten fixiert wurde, entspricht diese Konstruktion aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften eher dem Typ II Fixateur externe.

Wir haben uns für 5 mm Schanzschen Schrauben mit negativem Gewinde und selbstbohrender Spitze entschieden. Die Schanzschen Schrauben bieten ausreichende Stabilität und sind kosten-

günstig. Die hervorragende Stabilität der angewandten Konstruktion wurde deutlich durch eine sofortige Rückkehr der Kaufunktion nach der Frakturversorgung, sowie eine schnelle Frakturheilung mit minimalem Kallus.

Die einzige, aber ernst zu nehmende Komplikation trat erst bei der Implantatentfernung von Hand auf. Manipulationsfehler im Sinne von Abwehrbewegungen seitens des Pferdes können als Ursache ausgeschlossen werden.

Im Laufe der Frakturheilung, bedingt durch die mechanische Belastung und die mit der Heilung einhergehende Entzündungsreaktion, lockern sich oft die im Knochen verankerten Anteile eines Fixateur externe. In dem vorgestellten Fall gab es 9 Wochen nach der Operation noch keinerlei Anzeichen einer Implantatlockerung. Die Eintrittspunkte der Implantate in die Haut waren trocken und reaktionslos, es gab weder Schwellung noch Wärme oder Druckempfindlichkeit. Die selbstbohrenden Schanzschen Schrauben mit negativem Gewinde waren für die beschriebene Frakturversorgung die bevorzugte Lösung, da keine Löcher vorgebohrt werden mussten. Dies verkürzte einerseits die OP-Zeit und andererseits reduzierte sich die Wahrscheinlichkeit des Instrumentenbruchs. Das negative Gewinde bedeutet zugleich, dass im Bereich des Gewindes ein kleinerer Kerndurchmesser vorhanden ist und das Implantat dort automatisch schwächer wird. Dadurch entsteht eine regelrechte Sollbruchstelle. Die Schrauben mit positivem Gewinde behalten in der ganzen Länge denselben Kerndurchmesser, der Gewindebereich ist aber breiter als der Schaft. Diese Schrauben weisen eine höhere Stärke und einen festeren Sitz auf, benötigen zur Platzierung jedoch eine Vorbohrung. So kann bei Operationen am stehenden Pferd die Notwendigkeit der vorherigen Bohrung die Wahl der Implantate entscheidend beeinflussen. In dem vorgestellten Fallbericht könnte eine mögliche Erklärung für den Implantatbruch während der Explantation in dem extrem festen Sitz der Implantate in Kombination mit einer Materialermüdung zu finden sein.

Zur Problemlösung boten sich 2 Optionen an. Die erste Option bestand darin, die Implantatfragmente in situ zu belassen und den Patienten begleitend antimikrobiell zu behandeln. Diese Option war denkbar, da zu diesem Zeitpunkt keine wahrnehmbare entzündliche Reaktion zu verzeichnen war.

Jedoch hätte zu einem späteren Zeitpunkt eine Implantatunverträglichkeit oder eine Entzündung auftreten können, wodurch eine nachträgliche Implantatentfernung doch notwendig geworden wäre. In diesem Fall wäre die Heilung der Hautwunden und der Bohrkanäle schon weiter fortgeschritten, wodurch die Lokalisierung der Implantatfragmente wesentlich komplizierter gewesen wäre. Die Eingriffinvasivität und die Gewebetraumatisierung wären hierbei deutlich höher als zum aktuellen Zeitpunkt.

Vor diesem Hintergrund haben wir uns für die zweite Option entschieden, die darin bestand, die Implantatfragmente zeitnah zu entfernen.

Zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Operation gab es auf dem Markt kein kommerzielles Instrumentarium zur Entfernung von derart tiefsitzenden, abgebrochenen Implantatfragmenten. Gedanklich gestützt auf ein System der Fa. Synthes, zur Bergung von kleineren abgebrochenen 4,5 mm Kortikalisschrauben-Fragmenten, haben wir eine analoge Konstruktion anfertigen lassen. Da in der Tiefe des Knochens keine exakte Positionierung des Fräserrohrs über dem Implantat (\varnothing 5 mm) erwartet wurde, ist ein grö-

ßerer Durchmesser des Fräserrohrs (8 mm Innendurchmesser) und somit ein Spielraum von 1,5 mm rund um das Implantat einkalkuliert worden. Aufgrund einer Länge von 12 cm wurde eine Rohrwandstärke von 1 mm gewählt (10 mm Außendurchmesser), damit sich das Rohr beim Bohren nicht verbiegt. Die Bohrkanalerweiterung auf 10,5 mm sollte das Einführen des Fräserrohrs erleichtern und beim Bohren die Reibung mit dem Knochen reduzieren. Des Weiteren sollte der 0,5 mm breitere Bohrkanal um das Fräserrohr der zugeführten Kühlflüssigkeit ermöglichen, beim Bohren bis an die schneidende Spitze zu kommen.

Wie erwartet konnte der Vorschub des Fräserrohrs mit zunehmender Bohrtiefe nicht exakt auf die Position des Implantats eingehalten werden. Hierbei führte schon eine minimale Abweichung zur Verformung des gezahnten Rohrrandes. Diese Deformierung führte zu Problemen beim Herausziehen des Fräserrohrs aus dem Knochen und zur Unbrauchbarkeit des Instruments. Die Ursache dieses Umstands lag in der weicheren Beschaffenheit des Fräserrohr-Werkstoffs verglichen mit dem Implantat. Der Stahl 1.4401 wurde gewählt aufgrund seiner ausgezeichneten Korrosionsbeständigkeit. Dieser Werkstoff ist aber gut kalt umformbar (biegen, stanzen, tiefziehen). Diese Eigenschaft hat sich bei der Operation als Nachteil erwiesen.

Der Einsatz des Hohlmeißels zum abschließenden Entfernen des letzten Implantats war in dieser Situation eine Ultima Ratio. Die gleichzeitig angewandte schlagende und rotierende Technik mit dem Hohlmeißel führte zwar zum Erfolg, wurde aber nur als Notlösung hingenommen. Durch Erschütterungen hätte es im ursprünglichen Frakturbereich zur Refrakturen kommen können. Des Weiteren hätten auch Mikrofrakturen entstehen können mit einer späteren Sequestrierung und Heilungsstörungen.

Das hier angewandte Fräserrohr zur Entfernung von tiefsitzenden Implantatfragmenten hat sich grundsätzlich als praxistauglich erwiesen und birgt weniger Risiken, diese Komplikation zu meistern als die Verwendung eines Hohlmeißels. Mit einem Instrument aus gehärtetem Stahl und einer noch präziseren Operationstechnik könnten die beschriebenen Schwierigkeiten umgangen werden.

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Für die Versorgung von Mandibulafrakturen mit einem Fixateur externe war eine Konstruktion mit selbstbohrenden Schanzschen Schrauben mit einem Durchmesser von 5 mm auch beim 550 kg schweren Warmblutpferd ausreichend, um mit 4 Implantaten (2 auf jeder Frakturseite) eine gute Stabilität zu erreichen. Nach dem Wissen der Autoren ist dies die erste Beschreibung dieser Operationstechnik am stehenden sedierten Pferd. Sie konnte am stehenden Pferd genauso erfolgreich wie im Liegen angewandt werden. Die Verletzungsgefahr durch den Fixateur externe beim Aufstehen aus der Narkose ist somit nicht gegeben. Das beschriebene Fräserrohr zur Bergung von tiefsitzenden Implantatfragmenten kann bei vergleichbaren Fällen als eine mögliche Option betrachtet werden. Die hier geschilderten Anwendungserfahrungen sollten zur Steigerung der Erfolgchancen berücksichtigt werden.

Danksagung

Wir danken der Pferdeklinik Burg Müggenhausen für die Bereitstellung der radiologischen Unterlagen und der Tierärztin Svenja Maier für die englische Übersetzung.

Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Wissdorf H BC, Staszyc C, Otto H, Gerhards H. Zähne und Halteapparat. In Wissdorf, Gerhards, Huskamp und Deegen (Editors): Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, 3. Aufl. M. & H. Schaper; 2010: 156–189.
- [2] Auer J. Mandible, maxilla and skull. In Fackelmann GE, Auer JA, Nunnaker DM (Editors): AO Principles of Equine Osteosynthesis. Stuttgart, New York: Thieme; 2000: 35–49.
- [3] Fürst AE AJ. Craniomaxillofacial Disorders. In Auer JA, Stick JA, Kümmerle JM and Prange T (Editors): Equine Surgery, 5th ed. 5. Aufl. Elsevier St. Louis; 2019: 1794–1830.
- [4] Henninger RW, Beard WL, Schneider RK et al. Fractures of the rostral portion of the mandible and maxilla in horses: 89 cases (1979–1997). J Am Vet Med Assoc 1999; 214: 1648–1652.
- [5] DeBowes RM, Cannon JH, Grant BD et al. Lag Screw Fixation of Rostral Mandibular Fractures in the Horse. Veterinary Surgery 1981; 10: 153–158. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1981.tb00651.x>
- [6] Knox PM CM, Honnas CM. Mandibular and Maxillary Fracture Osteosynthesis. In Baker JB, Easley J (Editors): Equine dentistry, 2nd ed. 2. Aufl. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005.
- [7] Henninger RW BW. Rostral Mandible and Maxillary Fractures: Repair by interdental wiring. In: Annual Convention of the AAEP 1997:
- [8] Peavey CL, Edwards RB, 3 rd, Escarcega AJ et al. Fixation technique influences the monotonic properties of equine mandibular fracture constructs. Vet Surg 2003; 32: 350–358. DOI: 10.1053/jvet.2003.50048
- [9] Kuemmerle JM, Kummer M, Auer JA et al. Locking compression plate osteosynthesis of complicated mandibular fractures in six horses. Vet Comp Orthop Traumatol 2009; 22: 54–58.
- [10] Haralambus RM, Werren C, Brehm W et al. Use of a pinless external fixator for unilateral mandibular fracture repair in nine equids. Vet Surg 2010; 39: 761–764. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2010.00709.x
- [11] Belsito KA, Fischer AT. External skeletal fixation in the management of equine mandibular fractures: 16 cases (1988–1998). Equine Vet J 2001; 33: 176–183. DOI: 10.1111/j.2042-3306.2001.tb00597.x
- [12] Nelson BB, Easley J, Steward SKT et al. Polyaxial pedicle screw external fixation to stabilize oblique mandibular fractures in three standing, sedated horses. Vet Surg 2021; 50: 659–667. DOI: 10.1111/vsu.13587
- [13] Mählmann K, Noguera Cender A, Ehrle A et al. Application of locking compression plates as type 1 external fixators to treat unilateral mandibular fractures in four equids and one dromedary. Vet Surg 2022; 51: 341–352. DOI: 10.1111/vsu.13748
- [14] JA A. Internal fixation of long bone fractures in cattle/mandibula fractures in the horse. In: Symp Am Assoc Vet Surg 1996: 72.
- [15] Monck SL, McGilvray KC, Easley JT. Biomechanical comparison of locking compression plate fixation and a novel pedicle screw external fixation to repair equine mandibular fractures. Vet Surg 2020; 49: 997–1006. DOI: 10.1111/vsu.13416