

Fortschritte in der Frakturbehandlung: Entwicklungen von neuen AO-Implantaten und deren Anwendung beim Pferd

Jörg A. Auer

Pferdeklínik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich

Zusammenfassung

An der Pferdeklínik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich wurden in den letzten Jahren verschiedene neu entwickelte AO-Implantate entweder in *in vitro* Versuchen auf die Tauglichkeit für einen Einsatz beim Pferd getestet oder bei klinischen Fällen angewendet. In der vorliegenden Publikation werden die Implantate respektive Systeme beschrieben, eventuelle Testergebnisse kurz zusammengefasst und die klinische Anwendbarkeit diskutiert. Die Arbeit soll die Pferdeklíniker auf die verschiedenen neuen Implantate aufmerksam machen. Ein echter Fortschritt ist mit der neuesten Entwicklung, der LCP – einer Verriegelungsplatte mit winkelstabilen Schrauben, zu erwarten. Noch wurden zuwenig Fälle damit behandelt, um eine definitive Aussage zu machen.

Schlüsselwörter: Frakturbehandlung, AO-Implantate, Neuentwicklungen, Verriegelungsplatten, Pferd.

Progress in fracture treatment: Developments of new AO-implants and their use in the horse

During the last years several newly developed AO-implants were tested at the Equine Hospital of the Veterinary College of the University of Zurich for their applicability in the horse. The tests were either conducted in *in vitro* or on clinical cases. The different implants are initially described, if conducted, the test results were summarized and their value for clinical application discussed. The paper should allow the equine practitioner to become familiar with the implants. The following implants are discussed: selftapping cortex screw, shaft screw, Dynamic Condylar Screw (DCS) – Dynamic Hip Screw (DHS) implant system, Pinless Fixator externe, Limited Contact-Dynamic Compression Plate (LC-DCP), Point Contact Plate (Pc-Fix), Less Invasive Stabilization System (LISS) and the Locking Contact Plate (LCP). The newest development, the LCP, which represents a locking plate, shows a lot of promise for equine applications, because of the absolute lack of movement at the plate-screw interface. Presently, an inadequate number of horses have been treated with these implants to come up with a final recommendation.

Key words: fracture treatment, AO Implants, recent developments, locking plates, horse

Einleitung

In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die Frakturbehandlung beim Pferd stark verändert. Wohl werden immer noch viele Patienten mit Frakturen sofort geschlachtet oder euthanasiert. Es ist auch wichtig, zu erkennen, dass es niemals möglich sein wird und auch nicht sinnvoll ist, alle Frakturen zu behandeln. Die Qualität des Lebens muss auch beim Pferd berücksichtigt werden. Die Therapie eines Pferdes, das nach einer scheinbar geglückten Frakturbehandlung zeitlebens an Schmerzen leidet, kann nicht als erfolgreich angesehen werden. Andererseits sollten Patienten mit z.B. einer Olekranonfraktur auch nicht sofort euthanasiert werden, denn solche Frakturen können heute sehr gut behandelt werden mit dem Resultat, dass der Patient nach Abheilung wieder im Wettkampfsport eingesetzt werden kann. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es eine große Anzahl von Frakturen, bei denen wohl eine Behandlung möglich, der spätere Wiedereinsatz des Pferdes im Sport aber fragwürdig ist.

Viele Faktoren tragen zu einer erfolgreichen Behandlung bei. Eine effiziente Erste Hilfe und ein fachmännischer Transport in eine gut ausgerüstete Pferdeklínik bilden den Anfang. In der Klinik sollten Spezialisten in der Frakturbehandlung, ein aseptischer Operationsraum und ein komplettes Sortiment an

Instrumenten und Implantaten zur Verfügung stehen. Ist die Ausrüstung unzureichend oder unvollständig, müssen Kompromisse eingegangen werden, die zu späteren Komplikationen führen können (Auer 1999). Auch das Anästhesieprotokoll ist für eine erfolgreiche Behandlung von ausschlaggebender Bedeutung. Dabei gilt es, das Pferd in einer möglichst oberflächlichen Narkose bewegungsfrei auf dem Operationstisch zu halten, damit die Implantate ungestört eingesetzt werden können. Auch die anschließende Aufwachphase soll so schonend wie möglich gestaltet und vorzugsweise unterstützt werden, um ein Umhertaumeln in der Aufwachbox möglichst zu vermeiden.

Die Synthes®-Implantate^a der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) sind auch in der Veterinärchirurgie führend. In den letzten Jahren wurden neue, für die Humanchirurgie entwickelte Produkte z.T. auch in der Pferdechirurgie eingesetzt. Das Ziel dieser Publikation ist die Beschreibung dieser Implantate und deren klinische Anwendung beim Pferd, um den Pferdechirurgen die verschiedenen Möglichkeiten näher zubringen.

a: Die drei Produzentenfirmer der AO (Arbeitsgruppe für Osteosynthesefragen) Mathys AG in Bettlach, CH, die Stratec Medical in Oberdorf, CH und die Synthes USA in Paoli, USA, stellen ihre Instrumente und Implantate unter dem Firmensammelnamen "Synthes" mit Sitz in Chur, CH her.

Implantate

Selbstschneidende Schrauben

Definition

Unter selbstschneidenden Schrauben versteht man solche, die sofort nach Vorbohren des Gewindeloches und ohne Vorschneiden des Gewindes eingesetzt werden können. Das Implantat besitzt an der Spitze einen Mechanismus, der das Gewinde während des Eindrehens der Schraube präpariert (Baumgart et al. 1993). Man unterscheidet grundsätzlich zwei derartige Schraubentypen. Der eine bildet das Gewinde durch plastische Deformation des umgebenden Knochens. Dieser Typ ist durch die „Gewindeformierenden-Maxillofacial-Schraube repräsentiert. Der andere Typ schneidet analog dem Synthes Gewindeschneider in den umliegenden Knochen ein eigentliches Gewinde (Baumgart et al. 1993).

Laborortests

Die folgenden Synthes-Implantate wurden in vitro in einer Versuchsreihe getestet: der Gewindeschneider, der Prototyp der selbstschneidenden Synthes Schraube 4,5 mm, sowie die selbstschneidenden Schrauben von drei anderen Produzenten. Die Versuche wurden an Röhrrbeinen von Pferdekadavern durchgeführt. Die Schrauben wurden maschinell mit der kleinen AO-Bohrmaschine respektive mit dem „AO Compact Air Drive“ implantiert. Letzterer verfügt über ungefähr einen Drittel mehr Kraft (Schnewlin 1998).

Resultate

Die verschiedenen Schrauben wiesen substantielle Abweichungen auf, obwohl alle nach den CAD-Zeichnungen des Prototyps angefertigt wurden. Für die Schrauben eines einzelnen Produzenten wurden signifikant höhere Werte gemessen. Nach Bekanntgabe dieser Resultate wurden die Computereinstellungen für die Fertigung der Schraubenproduktion angepasst und die nachfolgenden Messungen ergaben gleiche Werte wie diejenigen der anderen Produzenten. Der Eindrehwiderstand betrug zwischen 1,0 und 1,5 Nm und die Ausreißzugkräfte zwischen 400 and 550 N/mm Kortex. Die Wärmeproduktion an der Schraubenspitze erhöhte sich leicht im Vergleich zum Eindrehen einer Schraube nach vorherigem Schneiden eines Gewindes. Die Wärmeproduktion war unabhängig von der Eindrehgeschwindigkeit der selbstschneidenden Schrauben. Die histologische Untersuchung des Schraubenlochs im Röhrrbein des Pferdes ergab, dass das Gewinde auf den ersten Millimetern zerstört war. Es kam zu keinem Schraubenbruch. Die selbstschneidenden Schrauben konnten mit der kleinen Bohrmaschine nicht kontinuierlich eingedreht werden, da die Maschine nach 5-10mm von selbst stoppte. Aus diesem Grund musste mit der Bohrmaschine die gleiche Technik wie beim Gewindeschneiden (vorwärts / rückwärts) angewendet werden. Mit dem Compact Air Drive war es möglich die Schrauben kontinuierlich einzudrehen (Schnewlin 1998).

Folgerung

Auch minimale Abweichungen der Schrauben-Geometrie können signifikante Veränderungen des Verhaltens der Schrauben zur Folge haben. Aus diesem Grund müssen Bemerkungen von Vertretern von Nachahmungen: „...die Schraube ist genau gleich wie die AO-Schraube...“ kritisch betrachtet werden. Beim Einkauf von Implantaten ist grundsätzlich Vorsicht geboten!

Untersuchungen an Röhrrbeinen von Pferden haben ergeben, dass die selbstschneidenden Schrauben mit der kleinen AO-Bohrmaschine nur mit der maschinellen Gewindeschneidetechnik (vorwärts / rückwärts) eingedreht werden können, während nur mit dem Compact Air Drive der AO das Eindrehen kontinuierlich erfolgen kann (Schnewlin 1998).

Klinische Bedeutung

Die selbstschneidenden Schrauben haben den Vorteil, dass der Gewindeschneideteil immer „neu“ und somit scharf ist, denn jede Schraube wird in der Regel nur einmal verwendet. Deshalb wird auch immer ein präzises Gewinde geschnitten. Ein weiterer Vorteil ist die Einsparung eines Arbeitsganges bei der Präparierung des Schraubenloches. Dies kann bei einer Doppelverplattung eines langen Röhrenknochens, in deren Verlauf bis zu 30 Schrauben eingesetzt werden müssen, die Operationszeit signifikant verkürzen. Der Hauptnachteil des Implantates ist sein höherer Preis, der durch mehrere zusätzliche Arbeitsprozesse in der Herstellung der Schraube bedingt ist. Zudem sind die Reservoire für die Knochenpartikel, die beim Gewindeschneiden anfallen, zu klein, um in einen Kortex von 18 – 20 mm Dicke ein sauberes Gewinde schneiden zu können. Das Implantat wird in der Pferdechirurgie sehr selten angewendet.

Schaftschrauben

Schaftschrauben sind spezielle Kortexschrauben. Sie haben, ähnlich wie die Spongiaschrauben, einen gewindelosen Schaft, der aber den gleichen Außendurchmesser wie das Gewinde aufweist (Abb.1). Diese Schrauben wurden für die Anwendung bei der LC-DC-Platte (Limited Compact Com-



Abb 1 Links eine Schaftschraube und rechts eine Standard Kortexschraube. Der Aussendurchmesser von Schaft und Gewindeteil ist identisch.

Left a shaft screw and right a standard cortex screw. The outside diameter of the shaft and the thread parts are identical.

pression) entwickelt, damit das Gewinde bei extrem abgewinkelten Schrauben während der Kompression nicht in den Kortex gedrückt wird, was eine effiziente Kompression verhindern würde (Perren und Buchanan 1991). Der Schraubenschaft füllt das Gewindeloch der Platte voll aus, was theoretisch eine größere Kompression erlauben soll. In einer Studie sollte die Steifheit von verschiedenen Schraubentypen und Implantationstechniken untersucht werden.

Material und Methoden

Mit Hilfe einer speziellen Schablone wurden aus dem distalen Kondylus normaler Röhrrbeine von Schlachtpferden je zwei

Knochenkuben mit den Maßen 20X20x20 mm, beziehungsweise 20X20X25 mm gefräst. Die beiden Kuben wurden anschliessend mittels einer Kortex- beziehungsweise Schaftschraube verschraubt. Sechs verschiedene Gruppen von je 6 Doppelkuben wurden gebildet. In Gruppe 1 wurden 4.5 mm Kortexschrauben verwendet, in Gruppe 2 Schaftschrauben mit einem 20 mm langen Schaft und in Gruppe 3 die gleiche Schraube mit einem 25 mm langen Schaft. In den Gruppen 4-6 wurden entsprechende Schrauben mit einem Durchmesser von 5.5 mm verwendet. Während und nach Einsetzen der Schrauben mittels einer standardisierten Einsetzmaschine wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt und die Resultate zwischen den Gruppen verglichen. Folgende Parameter wurden evaluiert: Eindrehwiderstand, Eindrehenergie, Steifigkeit und Versatz zwischen beiden Kuben parallel zur Osteotomiefläche bei einer Belastung von 3 kN (Rahn et al. 2000).

Resultate

Die Schaftschrauben waren um 30-40% steifer und um 60-70% stärker als die Kortexschrauben. Sie tolerieren zwischen 80-95 kg mehr Belastung bevor sie sich verformten. Bei einer Belastung von 3 kN ergab sich bei den Schaftschrauben eine Verlagerung von 55-60% verglichen mit derjenigen der Kor-

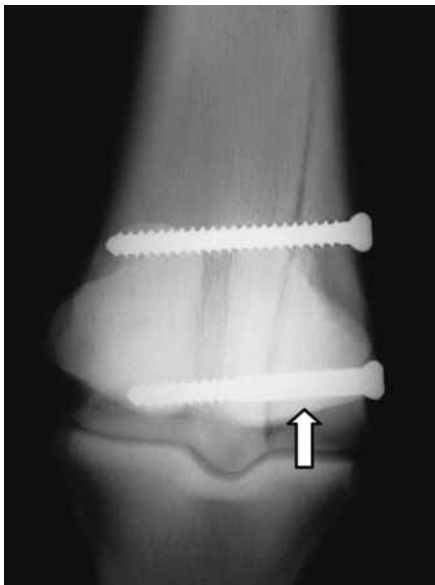


Abb 2 Eine Schaftschraube wurde bei einer Kondylarfraktur des McIII bei einem Pferd eingesetzt.
A shaft screw was used in the repair of a condylar fracture of the distal Mc III (arrow)

texschrauben (100%). Die Schrauben mit dem 5 mm längeren Schaft bewährten sich besser als die kürzeren. Die Schrauben mit größerem Durchmesser benötigten eine größere Eindrehenergie, doch waren die Unterschiede nicht signifikant. Auch bei den verschiedenen Scherparametern konnten keine Unterschiede festgestellt werden (Rahn et al. 2000). Folgerung: Die Resultate dieser Studie ergaben, dass die Schaftschrauben, welche die Osteotomiefläche durchqueren, leichter einzudrehen sind und eine bessere postoperative Stabilität erzeugen, als die kürzeren Schaftschrauben, respektive die Kortexschrauben. Künftig sollten für die Fixation von Kondylar- und P1-Frakturen diese Schrauben Verwendung finden (Rahn et al. 2000).

Klinische Bedeutung

Die Implantate wurden in einigen klinischen Fällen angewendet, wobei die Implantation problemlos verlief. Der höhere Preis des Implantats trägt allerdings nicht zur Popularitätssteigerung unter den Pferdechirurgen bei. Bei der Anwendung muss genau darauf geachtet werden, dass das Gewindeloch einige Millimeter länger ist als der Schraubenschaft, da die Schraube sonst nicht angezogen werden kann (Abb. 2). Das spielt bei der Anwendung im Bereich der Metaphyse keine große Rolle, da dort entweder Markraum oder Spongiosa vorhanden ist. Im juxtaartikulären Bereich bei der proximalen Phalanx oder im Kondylus des McIII/MtIII ist dies aber von besonderer Wichtigkeit. In einem Fall wurde im Verlauf einer Krongelenksarthrodese eine abaxiale 5-Loch-DCP eingesetzt. Eine Schaftschraube wurde schräg und transartikulär eingesetzt. Nach Entfernung des Fixationsverbandes drei Wochen postoperativ, kam es zu einer Avulsionsfraktur im palmaren Bereich des proximalen Kronbeines, welche das Schraubenloch tangierte. Fazit: die Schraube hat sich klinisch nicht durchgesetzt.

Dynamische Condylenschraube (DCS)- und Dynamische Hüftschrauben (DHS)-Platte

Implantatbeschreibung

Die DCS- und DHS-Implantatsysteme stellen Weiterentwicklungen der Winkelplatten dar. Beide Systeme bestehen aus einer großen Schraube und einer dicken, speziellen Platte, die mittels einer Schraube im Knochen verankert wird. Die lange Zugschraube hat einen Gewindeaußendurchmesser von 12.5 mm, eine Gewindelänge von 25 mm und einen Schaftdurchmesser von 8 mm. Der Schaft ist auf den beiden gegenüberliegenden Seiten abgeflacht. Die Platten weisen am Vorderende ein abgewinkeltes Rohr auf, dessen Innenhohlraum genau dem Querschnitt des Schraubenschaftes entspricht. Der Schaft wird in das Rohr eingeführt und kann anschließend im Knochen nicht mehr gedreht werden. Die DCS-Platte hat eine Rohrlänge von 25 mm, wogegen die Standard-DHS-Platte eine Rohrlänge von 38 mm aufweist. Eine Spezialanfertigung der DHS-Platte ist mit einer Rohrlänge von 25 mm erhältlich. Die Abwinkelung der DCS-Platte beträgt 95 Grad, während bei der DHS-Platte Rohrabwinkelungen von 130 bis 155 Grad hergestellt werden. Die DCS-Platte hat einen Querschnitt von 5.8 X 16 mm, während die DHS-Platte gleich dick aber 3 mm breiter ist. Diese Platten sind also einen Millimeter dicker als die Standard DC-Platten (Auer 1988).

Implantation

Mit Hilfe von Spezialbohrhülsen wird zuerst ein 2,5 mm Steinmannnagel mit Gewinde im vorgegeben Winkel (95 Grad für die DCS-Platte und 135 Grad (Standard) für die DHS-Platte) an der Stelle in den Knochen verankert, wo die große Zugschraube und das Plattenrohr zu liegen kommen soll. Die korrekte Platzierung dieses Nagels ist der wichtigste Teil der Implantation. In den meisten Fällen ist das Vorbohren des Loches mit einem 2.5 mm-Bohrer angezeigt. Das Gewinde des Steinmannnagels sollte im gegenüberliegenden Kortex verankert sein, nicht aber aus ihm austreten.

Das weitere Vorgehen ist unkompliziert, denn alle weiter benötigten Instrumente besitzen im Zentrum ein Loch welches den Steinmannnagel aufnimmt. Zuerst wird die Länge des

benötigten Loches mittels Überstülpen des geeichten Messstabes über den Nagel bestimmt. Im nächsten Arbeitsgang werden drei verschiedene Bohrlöcher präpariert: das Schaftloch, das Plattenrohrloch und der sanft auslaufende Übergang zwischen Plattenrohr und Platte selbst. Dazu wird das Bohrelement zusammengesetzt und auf eine Lochtiefe, welche 5mm kürzer als die gemessene Länge ist, eingestellt. Das Bohrelement wird über den Steinmannnagel zur Knochenoberfläche geführt und der Bohrvorgang durchgeführt. Danach wird das Gewinde geschnitten und die Schraube von vorgegebener Länge in den Knochen implantiert. Die abgeflachten Seiten der Schraube müssen parallel zur Knochenlängsachse positioniert werden, damit die Platte darüber

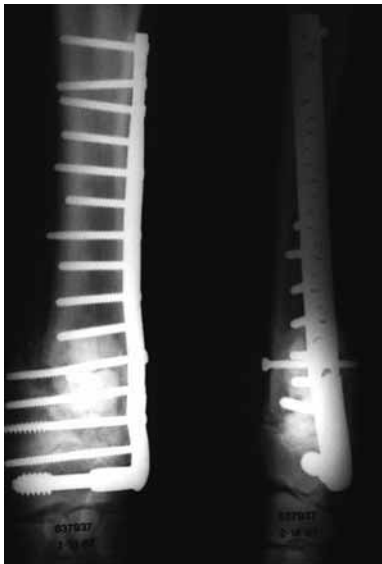


Abb 3 Eine DCS-Platte wurde bei einer komplizierten Radiusfraktur von lateral her implantiert. Als zweite Platte wurde anschliessend (nicht sichtbar) eine 22-Loch DCP auf der kranialen Knochenoberfläche angebracht.

A DCS-plate was applied laterally in a comminuted distal radius fracture. Subsequently a second plate (22-hole DCP) - not visible - was applied to the cranial aspect of the bone.

gestülpt und mittels eines „Impactors“ fest im Bohrloch verankert werden kann.

Eine Stellschraube verbindet anschließend die große Zugschraube und die Platte. Als nächstes werden die Schrauben je nach Bedarf durch die Plattenlöcher eingesetzt. Die DCP-Löcher erlauben auch eine interfragmentäre Kompression. In den meisten Fällen wird anschließend eine zweite Platte rechtwinklig zur ersten angebracht.

linische Anwendung

Zur Zeit ist die DHS-Platte das stärkste zur Verfügung stehende Implantat. Diese Plattensysteme können vielseitig angewendet werden und erfreuen sich in der Pferdechirurgie, vor allem bei metaphysären Frakturen der langen Röhrenknochen, großer Popularität (Abb. 3) (Auer 1988, 1999).

Pinless Fixateur externe

Fixateur-externe-Systeme, bestehend aus intra- beziehungsweise transosseär implantierten Steinmannnägeln kombiniert mit Klammern und Rohren. Sie werden in der Human- und Kleintierchirurgie sehr häufig erfolgreich angewendet. In der Großtierchirurgie hingegen finden diese Systeme, hauptsäch-

lich wegen der hohen Komplikationsrate wie z.B. Infektionen im Bereich der Steinmannnägeln, selten Anwendung.

Implantatbeschreibung

Die folgenden Forderungen waren für die Entwicklung des Systems ausschlaggebend: es sollte logisch aufgebaut sein, einen hohen Sicherheitsstandard aufweisen, rasch und mit einem Minimum an Implantaten und Instrumenten angewendet werden können sowie minimale Gewebe- und Knochen-schädigung verursachen. Dies führte zur Entwicklung des Pinless Fixateur externe, bestehend aus Zangen verschiedener Form mit spitzen Enden, einem Verlängerungsstab, der an der Klammer befestigt werden kann und die regulären Fixa-

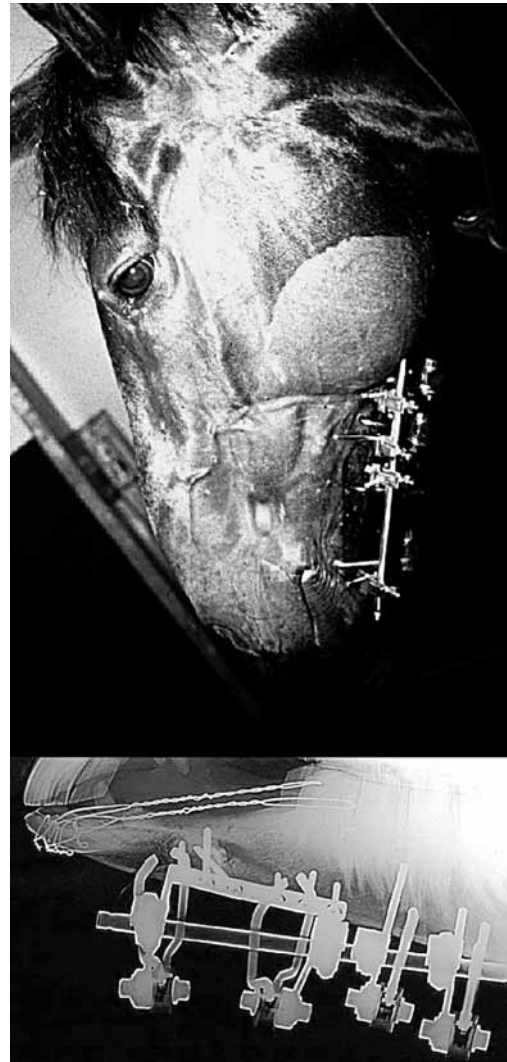


Abb 4 Anwendung eines Pinless Fixateur externe bei einer Unterkieferfraktur bei einem Pferd (oben). Das Röntgenbild bestätigt, dass zusätzlich eine schmale 4.5mm DCP und zwei Zuggurtungen zwischen den Incisivi und den Prämolaren 2 eingesetzt wurden.

Application of Pinless Fixateur externe in a mandible fracture in a horse (above). The radiograph shows an additional 6-hole narrow 4.5mm DCP and two tension bands between the incisor teeth and the second premolar tooth.

teur externe-Klammern, die mit einem Verbindungsrohr zur Endkonstruktion zusammengesetzt werden (Pabst et al. 1992). Die Klammern können nach Setzen der Spitzen im Knochen mit einer bestimmten Spannung arretiert werden, sodass die Klammerkraft über Wochen beibehalten werden

kann. Der entstehende Knochenschaden beschränkt sich auf ein kleines Loch von ca. 1-2mm Tiefe (Pabst et al. 1992, Bühler et al. 1994).

Folgerung

Der Pinless Fixateur externe stellt ein universell anzuwendendes Notfall-Fixationsystem dar. Zwei verschiedene Größen symmetrischer Klammern und eine asymmetrische Klammer sind erhältlich (Bühler et al. 1994). Das erfolgreichste Anwendungsgebiet beim Großtier stellen Unterkieferfrakturen dar (Lischer et al. 1997). Die Patienten tolerieren die Systeme sehr gut und können nach der Behandlung sofort wieder fressen. Dies ist wegen des Wiederkauens vor allem bei den Rindern von großer Bedeutung. Die Implantate können mehrere Male gebraucht werden, was für den Tierarzt und die Besitzer wirtschaftlich ist. Oft wird dieses System auch noch als Zusatz zu einer regulären Verplattung angewendet, wodurch eine größere Stabilität erreicht wird (Abb. 4) (Lischer et al. 1997).

Limited Contact Dynamic Compression Plate (LC-DCP)

Implantatbeschreibung:

Das erste Implantat, das primär nach den biologischen, und nicht nach den anatomischen Bedingungen der Frakturbehandlung entwickelt wurde, ist die LC-DC-Platte. Zusätzlich zu deren mechanischen Vorteilen konnte beim Menschen auch der Entwicklung der Knochennekrose unter der Platte entgegen gewirkt werden. Dies wurde durch Reduzierung von Metall auf der Unterseite der Platte und zwischen den Plattenlöchern erreicht. Die Konstruktion der Plattenlöcher erlaubt die Anwendung von Kompression auf beiden Seiten, die sogenannte Dynamische Kompressions Einheit (DCU, Dynamic Compression Unit) Deshalb gibt es bei diesem Implantat keine eigentliche Mitte und die Plattenlöcher sind gleichmäßig über die ganze Länge angeordnet. Die Plattenlöcher erlauben eine Abwinkelung der Schrauben entlang der Längsachse von bis zu ± 45 Grad. Für diese extremen Abwinkelungen wurde die Schafftschraube entwickelt (siehe oben). Mittels „finiter Elementanalyse“ wurde die Platte so konstruiert, dass ihr Querschnitt an jedem beliebigen Ort gleich viel Metall aufweist. Dadurch wird ein gleichmäßiges Biegen ermöglicht, gleich ob der Plattenbieger über einem Plattenloch oder zwischen zwei Löchern angesetzt wird. Es entstehen beim Biegen keine „Stress Konzentratoren“. Plattenbrüche infolge zyklischer Belastung haben sich reduziert. Obwohl sich beim Pferdeknöchel unter der Platte keine Knochennekrose bildet, stellen die LC-DCP einen Fortschritt dar (Perren und Buchanan 1991).

Anwendung:

Diese Platten können anstelle von Standard DC-Platten an den gleichen Lokalisationen verwendet werden. Auch durch diese Platten können sowohl 4,5- als auch 5,5mm-Schrauben eingesetzt werden.

PC FIX

Die Einführung der LC-DCP brachte die Entwicklung biologisch besser tolerierter Platten in Gang. Durch den PC-Fix wurde der Trend der Plattenunterschneidung einen Schritt weiter geführt. Nachdem erste Versuche mit dieser Platte erfolgreich verliefen, wurden sie für erste klinische Versuche am Großtier freigegeben.

Implantatbeschreibung

Die PC Fix-Platte besteht aus reinem Titan. Sie enthält runde, konische Plattenlöcher, die gleichmäßig über die ganze Plattenlänge verteilt sind. Die Unterseite weist zwei Reihen von Spitzen parallel zur Längsachse auf, die mit dem Knochen in Kontakt stehen. Dies erklärt den Namen: PC-Fix, was ein Akronym für „Point Contact Fixateur“ darstellt. In die Plattenlöcher werden kurze unikortikale Schrauben rechtwinklig zur Plattenoberfläche eingesetzt. Da die Schraubenköpfe die komplementäre konische Form haben passen sie perfekt in die Löcher und Verkeilen sich darin. Dadurch entsteht ein starres Gebilde, das als „Fixateur interne“ angesehen werden kann. Weiterentwicklungen führten zum Einsatz von selbstschneidenden Schrauben und zu Änderungen in der Architektur der Plattenoberfläche (Tepic und Perren 1995). Da nur unikortikale Schrauben eingesetzt wurden, entfällt das Messen der benötigten Schrauben. Auch muss nicht darauf geachtet werden, dass die Schrauben der zweiten Platte zwischen zwei benachbarte Schrauben der ersten gesetzt werden. Der Chirurg ist freier in der Wahl der Plattenplatzierung (Tepic und Perren 1995).

Anwendung

Die Platte wird suprapariostal angebracht, was die Frakturposition erschwert, da der Chirurg nicht sieht, ob die Fragmente gut adaptiert sind (Abb. 5). Auf der anderen Seite wird durch die reduzierte Invasivität des Eingriffs die Frakturheilung verbessert, da die Blutzufuhr zu den Fragmenten durch Erhalt des Zustandes des Periosts nicht zusätzlich unterbunden wird (Savoldelli, Montavon 1995). Beim Pferd kann grundsätzlich für solche Verplattungen die Routine-Technik angewendet



Abb 5 Zwei PCFix-Platten wurden bei dieser komplizierten McIII-Fraktur eingesetzt. Bitte die ungewöhnliche Konfiguration und die unikortikalen Schrauben beachten. Während der Frakturheilung werden die brückenartigen Hohlräume unter den Platten mit Knochen ausgefüllt.

Two PCFix-plates were applied to a multifragment fracture of Mc III. Please note the unusual shape of the plate and the unicortical screws that were used. During fracture healing the arc-shaped undercuts of the plate are filled with bone.

werden. Eine Doppelverplattung im rechten Winkel zueinander ist die Regel. Natürlich ist eine vorherige Frakturposition verbunden mit einer Fixation mittels ein bis zwei Kortexschrauben (Zugschrauben-Technik) Voraussetzung für das Anbringen dieser Platten. Eine zusätzliche interfragmentäre

Längskompression kann, wenn nötig, mit Plattenspanner erreicht werden (Auer et al. 1995).

Resultate

Bei der klinischen Anwendung am Großtier (Pferde und Rinder) konnte eine Erfolgsrate von 82% erzielt werden. Die Platten wurden bei Frakturen folgender Knochen eingesetzt: Humerus, Radius, MCIII, MCIII/VI, Tibia, MTIII und MTIII/VI. Die 4.5 mm-Platten und -Schrauben kamen dabei am häufigsten, 3.5 mm-Implantate nur in speziellen Fällen, zur Anwendung. Im Ganzen wurden 24 Frakturen behandelt (9 Pferde und 15 Rinder). Die Erfolgsrate bei den Pferden betrug 50%, bei den Rindern 90%. Allerdings ist anzumerken, dass anfangs auch Frakturen behandelt wurden, die mit Standardimplantaten nicht fixierbar gewesen wären. Bei den erfolgreichen Behandlungen erfolgte die Frakturheilung rascher als normal (Auer et al. 1995).

Folgerung

Der PC Fix kann bei Großtieren erfolgreich eingesetzt werden. Die Implantation erfordert weniger Zeit, da das Messen der Schraubenlängen und das Gewindeschneiden entfällt. Die Kontaktstellen zwischen Platten und Knochen erlauben durch ihre Geometrie eine stabilere Fixation. Mit diesen Implantaten müssen jedoch neue Fixationskonzepte erarbeitet werden.

Addendum

Zwischenzeitlich wurde das Konzept des PC-Fix als solches fallen gelassen, weil es noch nicht ausgereift war, jedoch bildete es den Grundstein für weitere Entwicklungen und Verbesserungen. Speziell für die Anwendung bei Großtieren mit deren Extremlastungen konnten wichtige Erfahrungen und Kenntnisse gewonnen werden, was schließlich zur Entwicklung des „Liss“-Systems führte.

Less Invasive Stabilization System (LISS)

Implantatbeschreibung

Das LISS-System besteht aus einer gegossenen Titanplatte, die direkt ohne Vorbiegung und mittels selbstbohrenden/selbstschneidenden Schrauben implantiert wird. Die Plattenlöcher und Schraubenköpfe besitzen komplementäre Gewinde, was eine winkelstabile starre Verbindung zwischen Platte und Schrauben bewirkt. Die Länge und Form der Platte ist vorgegeben und erlaubt keine lokale Anpassung. Dies ist wegen der winkelstabilen, starren Platten/Schraubenverbindung auch nicht mehr nötig. Das eine Plattenende ist verbreitert und enthält mehrere Plattenlöcher, die ein versatiles Einsetzen von Schrauben ermöglicht. Für die Schraubenimplantation wird an diesem Ende auch ein speziell konstruiertes Bohrhülensystem temporär befestigt, damit die Schrauben perkutan eingesetzt werden können (Fernandez et al. 2000).

Implantation

Die Platte wird mit Hilfe des an der Platte fixierten Bohrhülensbügels durch einen kleinen Hautschnitt an einem Knochenende eingeführt und entlang des Knochens supraparietal weitergeschoben. Eine Voraussetzung für dieses Einbringen der Platte ist die vorherige Reposition der Frakturfragmente. Wenn nötig kann durch einen zusätzlichen kleinen Zugang die Frakturstelle reponiert und mittels Zugschrauben inter-

fragmentär fixiert werden. Sobald die Platte richtig liegt wird der Abstand zwischen Platte und Bohrhülensbügel durch das letzte Plattenloch mittels einer speziellen, einschraubbaren Bohrhülse fixiert. Im Anschluss können alle Schrauben transkutan durch kleine Stichinzisionen absolut rechtwinklig in die Platte eingedreht werden. Auch dieses System stellt einen Fixateur interne dar.



Abb 6 Implantation einer LISS-Platte bei einem ein-monatigen Kalb. Oben: Die Platte wird mit dem Bohrhülensbügel durch einen kleinen Zugang an der proximalen Tibia eingeführt. Unten links: seitliche, und unten rechts: kranio-kaudale Röntgenaufnahme der implantierten Platte. Bitte den Abstand zwischen Platte und Knochen beachten (Pfeil).

Implantation of a LISS-plate in a 1 month old calf. Above: The plate is inserted through a small incision with the help of a drillguide handle. Below left: lateromedial-, and below right: craniocaudal radiograph views with the plate in place.

Klinische Anwendung:

Das System wurde bei einer schrägen Tibiafraktur bei einem 1 Monate alten Kalb erfolgreich eingesetzt. Das LISS wurde gewählt, da der Knochen bei so jungen Tieren noch zu schwach ist, um eine konventionelle Verplattung auszuhalten, ohne dass sich die Schrauben sofort lockern. Die Platte befand sich 2-5 mm von der Knochenoberfläche eingesetzt (Abb. 6).



Abb 7 Ansicht des Kombiloches, welches in eine Demoplatte eingefügt wurde. In das Kombiloch können 4.5mm oder 5.5mm Kortexschrauben sowie 5mm selbstschneidende Verriegelungs-Schrauben eingesetzt werden. Mitte: Die linke Seite ist für das Einsetzen der Kortexschrauben bestimmt. Sie können in einem Winkel relativ zur Platte implantiert werden. Rechts: Die rechte Seite des Plattenloches ist für die Verriegelungsschrauben vorgesehen, die in einem 90°-Winkel zur Platte eingesetzt werden. Man beachte das abgesägte Ende der Platte, das die Einführung der Platte erleichtert.
Detail view of the combi-hole in a "demonstration plate". The combi-hole accepts 4.5 and 5.5mm screws as well as 5mm self-cutting locking screws. Center: The left side of the hole accepts standard cortex screws. They can be implanted at a substantial longitudinal angle relative to the plate. Right: The right side of the hole is designed for the locking screws, which are implanted at a 90° angle relative to the plate. Please note the beveled end of the plate, which facilitates its sliding along the bone.

Die LC Platte

Implantatbeschreibung

Die „Locking Compression Plate“ stellt die neueste Entwicklung der AO dar. Sie besitzt als Neuerung ein so genanntes Kombiloch, eine Kombination von einem DCU- mit einem LISS-Verriegelungsloch (Abb. 7). Der Chirurg kann zwischen einer 4.5- oder 5.5mm Kortexschraube und einer selbstbohrenden/selbstschneidenden Schraube wählen, je nach dem Ort, wo sie benötigt wird. Mit dieser Platte kann also interfragmentäre Kompression und winkelstabile Fixation erreicht

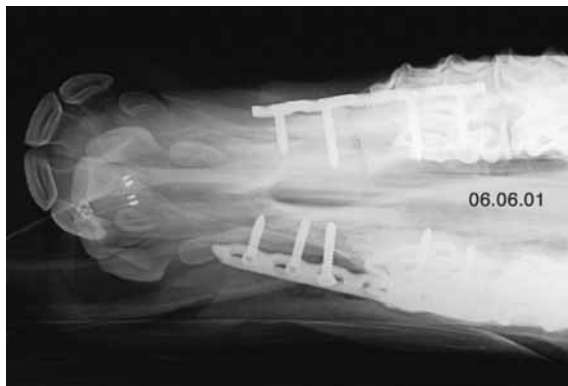


Abb 8 Ventrodorsale Röntgenaufnahme der Mandibula nach einer beidseitigen korrektiven Osteotomie der Rami im Diastemabereich und Fixation mittels 3.5mm LC-Platten. Die Osteotomien heilten problemlos ab und konnten nach 3 Monaten entfernt werden.
Ventrodorsal radiographic post operative view of a mandible after a bilateral osteotomy of the rami and subsequent fixation with two 3.5mm LC-plates. The osteotomy healed without problems.

werden. An beiden Seiten besitzt die Platte ein zugespitztes Ende, sodass sie auch subkutan entlang dem Knochen weitergeschoben werden kann und eine minimalinvasive Fixation der Fraktur ermöglicht. Die Schrauben werden nach subkutaner Platzierung der Platte durch kleine Stichinzisionen eingebracht.

Klinische Anwendung

Die winkelstabile Fixationsmöglichkeit gekoppelt mit der Anwendung interfragmentärer Kompression stellt für die Osteosynthese beim Pferd den Idealfall dar. An der Pferdeklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich wurden bereits 4 Pferde erfolgreich behandelt (Abb. 8). Nach den heutigen Erkenntnissen wird diese Plattenart in der Pferdechirurgie künftig große Bedeutung gewinnen und mithelfen, die Erfolgsrate bei der Behandlung von Frakturen beim Pferd weiter zu verbessern.

Literatur

- Auer J A (1988): Application of the Dynamic Condylar Screw (DCS)-Dynamic Hip Screw Implant System in the Horse. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 1, 1-8
- Auer J A, Lischer C, Kaegi B, Iselin U, Fürst A und Matter G (1995): Application of the Point Contact Fixator in large Animals. *Injury.* 26, Suppl 2:S-B 37-46
- Auer J A (1999): Principles in Fracture Treatment. In: AuerJA, Stick JA (Hsg): *Equine Surgery*, WB Saunders Co. Philadelphia, 644-665
- Baumgart F W, Cordey J, Morikawa K, Perren S M, Rahn B, Schavan R und Snyder S (1993): AO/ASIF selftapping screws (STS). *Injury* 24 Suppl (1),1-17
- Bühler M, Drücke D, Haas N, Hochstein P, Krettek C, Matter P, Makowski M S, Magerl F, Remiger A, Schütz U, Steinau H U, Südkamp N, Swiontkowski M, Vogt P M, Wagenitz A, Wentzensen A und Winkler H (1994): Pinless Fixation – Part II. *Injury, Suppl (1) S-C1-51*
- Fernandez Dell’Oca A und Regazzoni R (2000): Internal Fixation: a new technology. In: Rüedi T T und Murphy W M (Hsg): *AO Principles of Fracture Management*. Thieme, Stuttgart New York. 249-253
- Lischer C J, Fluri E, Kaser-Hotz B, Bettschart-Wolfensberger R und Auer J A (1997): Pinless external fixation of mandible fractures in cattle. *Vet Surg.* 26, 14-19
- Pabst R, Frigg R, Heim D, Holzach P, Moe Stene G, Perren S M, Regazzoni R, Remiger A, Renner N, Rosso R, Schlegel U, Schütz U und Swiontkowski M (1992): Pinless Fixation – Part I. Development, basic research and application as a traction device. *Injury, Suppl.* 23, 1-27
- Perren S M und Buchanan J S(1991): The Concept of Biological Plating using the Limited Contact-Dynamic Compression Plate (LC-DCP). Scientific background, design and application. *Injury, Suppl* 22, 1-41
- Rahm C, Ito K und Auer J (2000). Screw Fixation in Lag Fashion of Equine Cadaveric Metacarpal and Metatarsal Condylar Bone Specimens: A Biomechanical Comparison of Shaft and Cortex Screws. *Vet. Surg.* 564-571
- Schnewlin M (1998): Anwendung der AO ASIF Selftap Schrauben im Mt III des Pferdes: eine Studie an Kadaverknochen. *Vet. Med. Diss.* Universität Zürich
- Savoldelli D und Montavon P (1995): Clinical handling: small Animals. *Injury.* 26, Suppl, S-B 47-50
- Tepec S und Perren S M (1995): The biomechanics of the PC-Fix internal fixator. *Injury, Suppl.* 26, SB 5-10

Prof. Jörg A. Auer
 Klinik für Pferde, Universität Zürich
 Winterthurerstraße 260, CH 8057 Zürich
 jauer@vetclinics.unizh.ch