

Heilbare Frakturen beim Pferd

A. S. Turner

Colorado State University
Fort Collins

Einführung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einige Richtlinien bei der Frakturbehandlung aufzuzeigen, mit besonderer Betonung solcher Frakturen, die der Osteosynthese (interne, innere Fixation) bedürfen.

Als praktischer Tierarzt steht man oft einem Besitzer gegenüber, der beharrlich darauf verweist, daß ein Tier – ob krank oder gesund – von der Versicherung bezahlt wird, oder aber – im umgekehrten Fall – hartnäckig darauf besteht, daß etwas mit seinem Pferd gemacht werden muß, auf Grund seines Wertes als Sportpferd oder Kamerad.

Es gehört zu den Aufgaben eines Tierarztes zu wissen, welche Frakturen einer Therapie zugänglich sind und welche modernen Verfahren zur Verfügung stehen. In vielen Fällen heißt das, an Einrichtungen zu verweisen (große private Kliniken oder Universitäten), die in der Lage sind, solche Fälle zu behandeln. Mit dem Beginn der Kompressions-technik bei Frakturen, entwickelt von der Vereinigung für Osteosynthese* in der Schweiz (auch ASIF genannt = Association for the Study of Internal Fixation), ist die Erfolgsrate in der Behandlung von Frakturen beim Pferd enorm gestiegen. Techniken, die mit gutem Erfolg bei Kleintieren eingesetzt werden, versagen aber häufig auf Grund des hohen Körpergewichtes und des unterschiedlichen Temperamentes bei Pferden. Die Lastaufnahme der gebrochenen Gliedmaße nach der Osteosynthese ist sehr wichtig, um Probleme wie Belastungsrehe zu vermeiden. Es gibt eine große Anzahl von Faktoren, die die Prognose einer Fraktur beeinflussen. Handelt es sich um eine offene Fraktur, ist die Aussicht auf Erfolg geringer, obwohl gerade offene Frakturen eine absolute Indikation für die Osteosynthese darstellen. Der Knochen heilt, bei Anwesenheit einer Infektion, nur, wenn eine extreme Festigkeit erreicht werden kann (Müller et al., 1979; Burri, 1975). Diese Tatsache allein (bei Pferden) macht die Behandlung von offenen (komplizierten) Frakturen so unbefriedigend.

Auch der Umgang mit dem Tier hat einen großen Einfluß auf den Erfolg der Frakturheilung. Nervöse oder schlecht zu behandelnde Tiere haben generell eine schlechtere Prognose. Dies muß immer mit in Betracht gezogen werden, wenn eine Frakturbehandlung angestrebt wird. Ebenso ist die Gestalt der Fraktur von großer Bedeutung. Qualitativ

Zusammenfassung

Es wird eine Gesamtübersicht über die Möglichkeiten der Frakturbehandlung beim Pferd gegeben. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Frakturen gerichtet, wo eine Heilung möglich erscheint oder wo die Euthanasie vorzuziehen ist. Dies soll eine Entscheidungshilfe für den Leser sein, den Patienten entweder aus humanitären Gründen abzuschaffen oder ihn in eine dafür speziell ausgestattete Klinik zu überweisen, die die entsprechende Erfahrung für die Behandlung derartiger Fälle besitzt. Wenn ein Patient in eine solche Klinik überwiesen bzw. transportiert wird, so ist die Anfangsbehandlung einschließlich der vorübergehenden Ruhigstellung der betreffenden Gliedmaße für den Ausgang des Falles von entscheidender Bedeutung. Die Prinzipien der Immobilisation frakturerter Gliedmaßen werden diskutiert. Auf Grund des Körpergewichtes und des Temperamentes der Pferde sind viele Behandlungsmethoden, die in der Kleintierchirurgie gang und gäbe sind, bei Frakturen beim Pferd nicht anwendbar. Für die erfolgreiche Frakturbehandlung von Pferden müssen besondere Richtlinien sowie technische Modifikationen, z. B. „plate luting“ eingehalten und sogenannte Implantationspläne aufgestellt werden. Die neuesten Entwicklungen auf diesem Gebiet werden aufgezeigt. Frakturen, die sich für die Verschraubung eignen, sind im allgemeinen bei der Frakturbehandlung prognostisch günstiger einzuschätzen. Die gängigen Methoden der Frakturbehandlung werden tabellarisch aufgeführt.

Repairable fractures in the horse

The current status of fracture repair in horses is presented. Emphasis is placed on what fractures are repairable and what should be euthanized. This will allow the reader to decide if a fracture should be humanely destroyed or referred to a facility that has the expertise equipment and experience to manage the case. If the case is to be referred and transported to such a facility the initial management of the case (including temporary immobilization of the injured limb) is very important to the outcome of the case. Principles of immobilization of fractured limbs are discussed. Because of the bodyweight and temperament of the horse, many of the techniques used for repair of fractures in small animals cannot be applied to the horse. Special principles, implant design and technical modifications (e.g. plate luting) must be utilized for successful fracture repair in horses. Current development in these areas are mentioned. Fractures amenable to lag screw fixation are generally more rewarding to repair. The current methods used to manage such fractures are summarized in table form.

hochwertige Röntgenaufnahmen sind notwendig, um dem Besitzer eine exakte Prognose geben zu können. Je nach Situation ist dies jedoch nicht immer möglich.

Letztlich ist auf Grund der Komplexität bezüglich der Ausstattung, des Beherrschens der Technik und ihres Einsatzes die Teilnahme an einem AO-ASIF-Kurs notwendig, um Frakturen bei Pferden erfolgreich behandeln zu können. Eine beträchtliche technische Ausrüstung und ideale Einrichtung sind außerdem Voraussetzung.

In dieser Arbeit sind einige Richtlinien zur Behandlung der verschiedenen Frakturen bei Pferden sowie der augenblickliche Stand der Osteosynthese und der frühzeitigen Bewegung dargestellt. Mit Hilfe dieser Methoden soll die verletzte Gliedmaße wieder zur vollen Aktivität zurückkehren können, ohne Versteifung der Gelenke, Schäden des Bindegewebes oder Muskelatrophie zu entwickeln. Dieses Geschehen ist in der Humanorthopädie als „Frakturkrankheit“ bekannt. Andere Komplikationen, die eine Frakturkrankheit bei Pferden entstehen lassen, sind Rehe, knöchernen Gliedmaßendeformierungen oder überdehnte Be-

* Association for Osteosynthesis = AO.

gesehenen der gegenüberliegenden, gewichtstragenden Gliedmaßen.

Erste Maßnahmen bei einem Pferd mit Fraktur

Die Fraktur eines Röhrenknochens bei Pferden ist nicht nur eine Katastrophe für den Besitzer, sondern kann sehr leicht zu einer Katastrophe für den behandelnden Tierarzt werden.

Einige Tierärzte sind ziemlich ungeübt in Erster Hilfe bei Pferden mit Fraktur eines Röhrenknochens. Manche kommen auch so selten mit solchen Unfällen in Kontakt, daß sie fast alle wesentlichen Punkte vergessen haben, die eine optimale Behandlung sicherstellen.

Der Tierarzt in der freien Praxis muß über die augenblicklichen Möglichkeiten der Behandlung einer Röhrenknochenfraktur informiert sein. Die Verbesserung der Technik der Osteosynthese hat dafür gesorgt, daß es zu einem Fortschritt in der Behandlung von Frakturen gekommen ist.

Besonders die Anpassung des AO-ASIF-Kompressionsplattensystems an Pferde ermöglicht es den Tierärzten, Pferde zu retten, die bisher euthanasiert werden mußten. Dieses System der Implantationstechnik ist nicht die Antwort auf alle Fälle, aber kontinuierliche Versuche werden unternommen, um ein System, das an Pferde angepaßt ist, zu finden und seine Grenzen aufzutun.

Im Moment steht keine andere Methode zur Verfügung, die uns im Erfolg weiterbringt, als die offene Reposition und innere Fixation mit Schrauben und Platten, obgleich man an einer neuen Transfixation (externe Fixation) arbeitet, die eine sofortige volle Belastung erlaubt (Erklärung später) und die bei bestimmten Frakturen durchaus Vorteile zu haben schein (*Nunamaker et al., 1986*).

Viele Punkte müssen in Betracht gezogen werden, bevor man einen Versuch zur Frakturbehandlung empfiehlt. Diese Punkte werden in dieser Arbeit aufgelistet. Es ist wichtig, den momentanen Stand der Frakturbehandlung bei Pferden im Hinblick auf die gegenwärtigen technischen Möglichkeiten zu kennen. Welche Art von Frakturen haben eine Heilungschance, und welche haben diese nicht (Tab. 1)? Es ist nicht ratsam, irreparable Frakturen in eine Klinik zu überweisen, nur um die eigene Diagnose abzusichern. Es würde nicht nur beträchtliche Schmerzen für das Tier, sondern auch viel Streß für den Besitzer bedeuten. Der Schlüssel zum Erfolg ist also zu wissen, was behandelt werden kann und was nicht behandelt werden kann.

Wahl der Vorgehensweise: Behandlung, Warten oder Euthanasie

Die Entscheidung zwischen Behandlung oder sofortiger Euthanasie des Pferdes hängt von vielen Faktoren ab. In manchen Fällen muß die Entscheidung, mehr zu tun, als Erste Hilfe zu leisten, so lange aufgeschoben werden, bis mit dem Besitzer oder anderen Angehörigen Kontakt aufgenommen werden konnte. Dies kann auch den Anruf bei der Versicherungsgesellschaft beinhalten. Der Tierarzt sollte sich nach dem Versicherungsstatus des Patienten erkundi-

gen, bevor er therapeutisch tätig wird. Er muß aber immer dann eine Entscheidung treffen, wenn ein längerer Aufschub aus tierschützerischen Gründen untragbar erscheint. Es sollte so lange eine optimale Behandlung durchgeführt werden, bis die endgültige Entscheidung zur Euthanasie oder Schlachtung des Tieres gefällt ist. Einige Frakturen machen die sofortige Euthanasie notwendig. Hierbei handelt es sich um Frakturen, die auch mit der modernsten Einrichtung und der bestmöglichen zur Verfügung stehenden Technik nicht erfolgreich behandelt werden können. So sind z. B. eine Schaftfraktur des Femurs bei einem 450 kg schweren Pferd oder eine Trümmerfraktur der Tibia oder des Radius beim erwachsenen Pferd irreparabel (Tab. 1).

In einer solchen Situation muß der behandelnde Tierarzt einen festen Standpunkt vertreten und allen Wünschen des verzweifelten Besitzers, doch irgend etwas zu tun, widerstehen können.

Bei vielen Frakturen sind Röntgenaufnahmen absolut notwendig, um eine exakte Prognose stellen zu können. Der Tierarzt muß sich also entscheiden zwischen einem Stützverband und Überweisung an eine Einrichtung, die Röntgenaufnahmen machen kann, oder der Versorgung mit einer temporären Schiene, Anfertigung einer Röntgenaufnahme und anschließender Besprechung mit dem Besitzer. Absolut notwendig sind Röntgenaufnahmen zur Beurteilung des Ausmaßes von Frakturen, um Schäden der Kortikalis zu erkennen oder zu sehen, ob Frakturlinien in das benachbarte Gelenk ziehen. Die Anwesenheit eines dieser Faktoren ist ausschlaggebend für eine erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Behandlung. Im allgemeinen haben Trümmerfrakturen eine schlechtere Prognose als einfache Frakturen mit 2 Bruchstücken, weil eine ausreichende Stabilität mittels Osteosynthese hierbei nur sehr schwer zu erreichen ist (Abb. 1). Große Fragmente, die über eine interfragmentäre Fixation rekonstruiert werden können, sind für die Frakturheilung dagegen weniger nachteilig als kleine Fragmente, die Defekte im Knochen hinterlassen (*Bramlage, 1983*).

Wenn es sich um eine Trümmerfraktur handelt, muß oft die äußere Fixation als Ergänzung zur Osteosynthese, besonders beim erwachsenen Pferd, durchgeführt werden. Röhrenknochenfrakturen, die nicht in einem Gipsverband ruhiggestellt werden können, z. B. proximale Radius- sowie proximale Tibia-, Femur- und Humerusfrakturen, sind auf die alleinige Festigkeit der Implantate während der Heilungsphase angewiesen.

Bei erwachsenen Pferden ist es praktisch unmöglich, mit der Osteosynthese allein eine ausreichende Stabilität zu erreichen. Generell können viele der mechanischen Prinzipien der Osteosynthese bei Kleintieren nicht auf das Pferd übertragen werden ohne Berücksichtigung der enormen Last, die das Implantat tragen muß.

Alter, Geschlecht und zukünftiger Einsatz der Pferde sollten bedacht werden. Fohlen haben nicht nur eine bessere Heilungstendenz als erwachsene Pferde auf Grund der andauernden Umbauvorgänge im Knochen und des aktiven Periosts. Sie besitzen auch Vorteile durch das leichtere Körpergewicht, das dem des Menschen recht nahe kommt, für den

Tab. 1: Röhrenknochenfrakturen

Knochen	Lokalisation oder Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
Scapula	a) Halsfraktur	Auf jeder Seite der Spina scapula Platten anlegen	fraglich	recht gut	Diese Art der Fraktur tritt selten auf. Eine interne Fixation gestaltet sich recht schwierig auf Grund der komplexen Form des Knochens. Körperfrakturen kommen selten vor.	<i>Goble und Brinker, 1977</i>
	b) Tuber scapula	Anlegen von Platten auf jeder Seite der Spina scapula	fraglich	recht gut	Angebracht ist eine Resektion des Tuberculum supraglenoidale	
Humerus	a) Mittelschaft (spiralig)	Generell Platten anbringen gestaltet sich schwierig wegen der komplexen Form des Knochens und der Lokalisation von Muskeln und Nerven. Marknagelung bei jungen Tieren	fraglich	recht gut	Stabilisierung durch Hämatombildung und Bindegewebeschwellung. Boxenhaltung	<i>Leitch, 1977; Adams, 1987; Pankowski et al., 1986</i>
	b) lateraler Epikondylus	Bei jungen Tieren Schraubenfixation mit Spongiosaschrauben	fraglich	recht gut	Durch den Proc. acromiatus des Olekranons kommt es zu Problemen bei der Reponierung und dem Wiederaufbau der Gelenkoberfläche	<i>Bramlage, 1983; Crawford und Fretz, 1985; Dyson und Greet, 1986</i>
	c) Streßfrakturen	Stallruhe	gut	ausgezeichnet	Einige dieser Frakturen lassen sich nur szintigraphisch diagnostizieren. Streßfrakturen können zu vollständigen Frakturen werden	<i>Mackey et al., 1987</i>
Olekranon	a) weit proximal oder physeal gelegene Absprengungen (Fohlen)	Wenn eine Dislokation des Fragmentes vorliegt, können Schrauben, Nägel oder Drähte verwendet werden. Wenn keine Dislokationen vorliegen, kann ein Druckverband mit einer PVC-Einlage an der palmaren Oberfläche gute Dienste leisten	recht gut	immer gut	Diese Art der Fraktur ist auf Grund des zu kleinen Fragmentes nur sehr schwer mit einer Platte zu versorgen. Wenn Draht, dann nur sehr starker Draht. Frakturen ohne Verlagerung der Fragmente können durch Schienung der kaudalen Gliedmaßenfläche behandelt werden	<i>Brown und Norrie, 1978; Denny, 1976; Denny et al., 1987; Donecker et al., 1984; Easley et al., 1983; Embertson et al., 1986; Fretz, 1973; Levine und Meagher, 1980; Monin, 1978; Pettersson, 1981; Turner, 1983; McGill et al., 1982; Kopf und Rettenbacher, 1981; Colahan und Meagher, 1979</i>
	b) proximal am Radius in die Ellbogengelenkfläche ziehend	Mit Ausnahme von sehr großen Pferden (800 kg) kann eine schmale DCP im kaudalen Bereich des Knochens angebracht werden	gut bis sehr gut	ausgezeichnet	Bei vernachlässigten Frakturen kommt es zur Sehnenkontraktur (schlechte Prognose). Die Rekonvaleszenzphase kann durch Anlegen von Platten erheblich mehr verkürzt werden, als wenn man nur Stallruhe verordnet. Wenn das proximale Fragment klein ist, können 5,5-mm-Schrauben eingesetzt werden	

Tab. 1 (Fortsetzung): Röhrenknochenfrakturen

Knochen	Lokalisation oder Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
Radius	a) Mittelschaft	Bei den meisten Frakturen müssen zwei Platten angelegt werden. Man verwendet entweder zwei breite oder eine breite und eine schmale DCP, die im Winkel von 90° zueinander angebracht werden müssen. Der Zugang sollte lateral oder kranialateral gewählt werden, nicht von medial. Bei einer einfachen Querfraktur kann das Anbringen einer Platte schon ausreichend sein (auf der kranialen Knochen-seite)	gut bei Tieren unter 150 kg, noch gut bei über 150 kg, schlecht bei Tieren über 300 kg	gut bei Tieren unter 300 kg, schlecht bei Tieren über 300 kg	Stützmaßnahmen im Zuge der Ersten-Hilfe-Versorgung ist außerordentlich wichtig, jedoch oft sehr schwierig. Der Schutz der Gliedmaße während der Aufwachphase ist eines der größten Probleme bei adulten Pferden. In der Rekonvaleszenz ist eine Kombination von Gips und Tragegurt evtl. Schwimmbad sehr hilfreich	<i>Bramlage</i> , 1983; <i>Crawford und Fretz</i> , 1985; <i>Auer und Watkins</i> , 1987; <i>Sanders-Schamis und Bramlage</i> , 1986
	b) Splitterungen	Interfragmentäre Kompression (initial mit Zugschrauben). Zusätzlich werden zwei Platten, die im Winkel von 90° zueinander stehen, angebracht. Eine externe Fixation ist zwar schwierig anzubringen, aber sehr nützlich	relativ gut bei Fohlen, schlecht bei adulten Pferden	relativ gut bis gut bei Fohlen, ernst bei adulten Pferden (Euthanasie)	Sobald eine Fraktur das Ellbogen- oder Karpalgelenk mit einbezieht, ist die Prognose im Hinblick auf die Verwendung des Pferdes als Sportpferd eher schlecht. Wenn einzelne Splitter fehlen oder zu klein sind zur Reposition, so ist man allein auf gut tragende Platten angewiesen. Die im Moment verwendeten Implantate sind nicht stark genug, um beim adulten Pferd eingesetzt werden zu können (stärkere Platten und 5,5-mm-Schrauben würden in einem solchen Fall hilfreich sein)	
	c) Fraktur der Tuberositas lateralis, distal am Radius (ins Karpalgelenk ziehend)	Zugschraubenfixation mit Halbgewinde-Spongiosaschrauben	gut	ausgezeichnet	Zu einer schlechten Prognose kommt es, wenn die Fraktur schon längere Zeit besteht, da es dann zu degenerativen Veränderungen im Gelenk kommt. Frische Frakturbehandlung bewirkt eine bessere Prognose	
	d) Fraktur der Tuberositas lateralis, proximal am Radius (Ellbogengelenk mit betroffen)	Zugschraubenfixation mit Halbgewinde-Spongiosaschrauben	gut	ausgezeichnet	Es handelt sich um eine ungewöhnliche Fraktur	<i>Hilbert et al.</i> , 1980
	e) Streßfraktur	Stallruhe	gut	ausgezeichnet		<i>Mackey et al.</i> , 1987
3. Metakarpus oder Metatarsus	a) geschlossene (gesplittert)	Ein oder zwei Platten werden mit oder ohne interfragmentäre Kompression angebracht	gut bei Pferden bis 300 kg, relativ gut bei Pferden über 300 kg	Allgemein gut bei Pferden jeder Größe, abhängig von Integrität des Bindegew.	Wenn die Frakturlinie bis ins Fesselgelenk zieht, verringert sich die Prognose im Hinblick auf Verwendung im Sport. Externe Fixation kann je nach Fall nützlich sein	<i>Bramlage</i> , 1983; <i>Crawford und Fretz</i> , 1985

Tab. 1 (Fortsetzung): Röhrenknochenfrakturen

Knochen	Lokalisation oder Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
	b) offene (einfache)	Ein oder zwei Platten werden mit oder ohne interfragmentäre Kompression angebracht. Je nach Fall sollte eine externe Fixation angebracht sein	aussichtsreicher bei jungen, leichten Patienten, schlecht bei adulten Pferden		Die subkutane, relativ ungeschützte Lage dieser Knochen macht sie sehr anfällig für Infektionen. Der Zustand des Weichteilgewebes ist von großer Bedeutung. Der Knochen heilt trotz ständiger Sekretion auch nach der Entfernung des Implantates ab	
	c) offene (Splittierung, wobei einige Teile fehlen)	wie bei b). Benötigt jedoch unbedingt eine externe Fixation	relativ gut bei jungen, nicht so schweren Patienten, ernster bei adulten Pferden		Sollten nach der Operation noch große Defekte bestehen, so kann dies den Mißerfolg der Operation bedeuten. Knochen- transplantation wäre in einem solchen Fall ratsam. Allgemein heilen diese Knochen (MC III + MT III) langsam	
Tibia	a) einfache Mittelschafffraktur (meist spiralig)	Anlegen von zwei Platten (z. B. zwei breite oder eine breite und eine schmale DCP, im Winkel von 90° zueinander). Eine externe Fixation läßt sich meist nicht anbringen	recht gut bei Tieren bis 150 kg, schlecht bei über 150 kg, ernst bei Tieren über 400 kg	recht gut bis 150 kg, schlecht bei über 150 kg	Die Ruhigstellung bis zur Operation gestaltet sich ausgesprochen schwierig. Des Weiteren treten oft Probleme bei der Reposition auf, da die Knochenenden meist schon blank geschliffen sind zum Zeitpunkt der Operation. Bei der Anwendung von „plate luting“ konnten gute Ergebnisse erzielt werden (stärkere Platten und 5,5-mm-Schrauben sind sinnvoll in solchen Fällen)	<i>Bramlage und Hanes, 1982; Young et al., 1988</i>
	b) Splitterfraktur	Anlegen von zwei Platten mit interfragmentärer Fixation	recht gut bei leichten und jungen Tieren		Postoperatives Ruhigstellen ist das größte Problem bei adulten Pferden wie auch bei Frakturen des Radius	
	c) proximale Epiphyse (gewöhnlich Salter Typ II)	Zum Einsatz kommen Zugschrauben, Platten, gekreuzt: Vernagelung und Stallruhe	recht gut bei Fohlen oder leichten Patienten (z. B. Ponys)		Die postoperative Ruhigstellung kann sehr schwierig sein. Es kann im Verlauf der Heilung zu knöchernen Deformationen kommen	<i>Embertson et al., 1986; Wagner et al., 1984; Watkins et al., 1985; White et al., 1982</i>
	d) Streißfrakturen	Stallruhe	gut	ausgezeichnet	Streißfrakturen können zu vollständigen Frakturen werden. Szintigraphie ist zur Diagnose solcher Frakturen recht nützlich	<i>Mackey et al., 1987; Haynes et al., 1980</i>
Femur	a) Mittelschaft (einfach)	Die Verwendung von zwei Platten (im Winkel von 90° zueinander) ist bei den meisten Frakturen dieser Art angezeigt. Der chirurgische Zugang sollte zwischen	recht gut bis gut bei jungen und leichten Patienten, schlecht bei adulten Pferden	recht gut bis gut bei leichten und jungen Patienten, schlecht bei adulten Pferden	Das größte Problem stellt die postoperative Ruhigstellung dar (während der Aufwachphase)	<i>Boulton und Dallman, 1983; Bramlage, 1983; Crawford und Fretz, 1985; Stick und Derksen, 1980; Turner, 1977</i>

Tab. 1 (Fortsetzung): Röhrenknochenfrakturen

Knochen	Lokalisation oder Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
		dem M. biceps femoris und dem M. vastus lateralis gewählt werden, da man so eine ausgezeichnete Weichteilabdeckung des Implantates erreicht. Marknagelung und Bündelnagelung wurde auch schon eingesetzt	den (Euthanasie)	den (Euthanasie)		
	b) Splitterfraktur	Doppelte Verplattung und interfragmentäre Kompression (Zugang wie bei a) beschrieben)	siehe a)			<i>Denny et al., 1983</i>
	c) Femurhals	Berichtet wurde über Zugschraubenfixation	recht gut bei jungen und leichten Patienten		Spezielle Literatur sollte zu Rate gezogen werden	<i>Embertson et al., 1986; Turner et al., 1979</i>
	d) Epiphyseolyse des Femurkopfes	Bündelnagelung (trochantäre Osteotomie notwendig, wenn nicht nur eine minimale Verlagerung vorliegt)	recht gut	gut	Diese Frakturarten sind sehr schwer zu reponieren, sie sind jedoch recht stabil, wenn diese gelingt. Konservativ behandelt, kommt es zu schweren degenerativen Gelenkerkrankungen im Hüftgelenk	
	e) distale Femurepiphyse (gewöhnlich Salter Typ II)	Platte und Zugschrauben im metaphysealen Fragment	recht gut (es handelt sich nur um Fohlen)	schlecht	Es handelt sich um eine relativ einfache Epiphysenfraktur	<i>Embertson et al., 1986</i>



Abb. 1: Trümmerfraktur des distalen Radius bei einem 500 kg schweren Hengst. Bei dieser Fraktur ist es weitaus schwieriger, mittels Osteosynthese eine ausreichende Stabilität zu erreichen als bei einer einfachen Fraktur.

die meisten gängigen orthopädischen Implantate angefertigt worden sind. Außerdem kann ein junges Pferd viel leichter während der Aufwachphase ruhig gehalten werden. Dies ist nämlich der Zeitraum, bei dem es zur Refraktur beim erwachsenen Pferd kommt. Fohlen scheinen allgemein besser mit der Behinderung durch die Fraktur zurechtzukommen als erwachsene Pferde. Einen Wallach mit einer komplizierten Fraktur zu behandeln ist oft nicht sinnvoll, da er weder im Sport noch in der Zucht einen Wert für seinen Besitzer hat.

Die Behandlung einer Fraktur bei Fohlen oder Stuten mit wertvoller Abstammung kann versucht werden, da hier nicht der spätere athletische Zustand der Tiere im Vordergrund steht. Fohlen und Hengste können so zumindest für die Reproduktion erhalten bleiben. Wenn das Fohlen seine Rennfähigkeit nicht unter Beweis gestellt hat oder die anderen Nachkommen nicht im Rennen erfolgreich waren, dann wird die Euthanasie des Tieres die richtige Entscheidung sein. Die Persönlichkeit und das Temperament des Pferdes haben einen großen Einfluß auf die Prognose von Röhrenknochenfrakturen. Flatterhafte, nervöse Pferde mit einer niedrigen Schmerzschwelle sind schlechte Kandidaten für die lange Periode der Rekonvaleszenz, die bei den meisten Frakturen vonnöten ist. Leider sind es aber gerade diese Pferde, die zu komplizierten Frakturen neigen.

Pferde, die bei ihrer täglichen Arbeit und bei ihrem Lebensstil selten mit Schmerzen in Berührung kommen, sind ebenfalls ungeeignete Frakturpatienten (Bramlage, 1983). Wenn der Patient an sich dazu auserkoren war, ein Turnierpferd zu werden, muß der Besitzer über einige Spätfolgen der Frakturheilung aufgeklärt werden.

Frakturen im Bereich des Unterarms, speziell des 3. Metakarpalknochens, heilen für gewöhnlich unter Hinterlassung einer beträchtlichen Weichteilschwellung und einer gewissen permanenten Fibrose. Die daraus resultierende verdickte Gliedmaße ist zwar funktionell vollwertig, sie würde jedoch auf einem Turnierplatz nicht vorzeigbar sein (Abb. 2 a bis c). Wenn die Fraktur nur mit Hilfe der äußeren Ruhigstellung behandelt worden ist, entstehen gerne Abweichungen der Gliedmaßenwinkelung. Solche Abweichungen treten bedeutend seltener auf, wenn die Fraktur mit Hilfe der Osteosynthese behandelt worden ist. Der Besitzer muß genauestens über den Zeitraum der Rekonvaleszenz und über das mögliche Ergebnis der Behandlung aufgeklärt werden. Einige Besitzer fühlen sich gezwungen, alles nur mögliche zu tun, da sie sich irgendwie mitschuldig fühlen; sie müssen davor gewarnt werden, ihr Pferd unnötig einer zu langen und schmerzhaften Rekonvaleszenz zu unterwerfen.

Schließlich sollten auch die Kosten bedacht werden. Bei einigen Frakturpatienten spielen die Kosten gar keine Rolle, da es sich um sehr wertvolle Tiere handelt. Bei anderen wiederum haben die Pferde einen so geringen Wert für den Besitzer, daß er nicht einmal die Kosten für die nötigen Röntgenaufnahmen übernehmen will, die absolut notwendig wären, um die Fraktur richtig beurteilen zu können, z. B. offener, schwerer Trümmerbruch des 3. Metakarpalknochens bei einem erwachsenen Pferd.

Eine Frakturbehandlung ist sogar an Universitäten, wo die



Abb. 2 a: Fraktur des 3. Metakarpalknochens, die zunächst nur mit Gips behandelt wurde. Dies führte zu einer Fehlstellung.

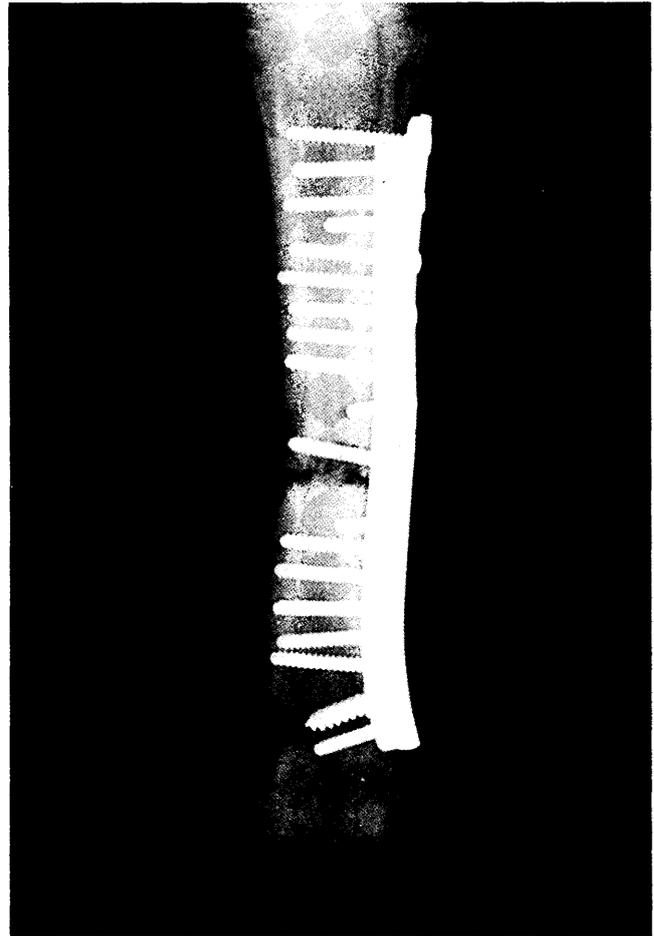


Abb. 2 b: Die Fraktur bei 2 a wurde mit 2 DCP verplattet, dabei wurde Spongiosa verwendet.

Arbeitskosten oft gar nicht berechnet werden, sehr kostspielig. Der private Praktiker wird, auch wenn er alle Kosten der Behandlung einer Röhrenknochenfraktur auflistet, Geld verlieren. Trotzdem, einen Frakturpatienten wieder zu einem gesunden Athleten machen zu können ist ausgesprochen lohnend und läßt eine gewisse professionelle Fertigkeit entstehen, die bei Routinefällen nicht erhältlich wäre.

An vielen großen Pferdehospitalern machen das Verbandsmaterial und die Unterbringung den Hauptanteil der Kosten aus. Die Kosten der Operation sind meist nur ein kleiner Posten bei der Endabrechnung. Offene Frakturen benötigen im allgemeinen ein-, zwei-, drei-, ja sogar viermal längere Rekonvaleszenzzeiten als gedeckte Frakturen und sind somit automatisch teurer (mehr Verbände, mehr Antibiotika, Kosten der Operation).

Erste-Hilfe-Verfahren

Die Ruhigstellung ist für gewöhnlich ein naheliegendes Problem bei Frakturen. Junge, lebhaftere Tiere sind die typischen Patienten für Knochenfrakturen. Solchen Patienten sollte mit größter Vorsicht ein Minimum an Bewegungsfreiheit ermöglicht werden. In den meisten Fällen ist die Fraktur offensichtlich, in anderen ist eine gründliche Untersuchung zur genauen Lokalisation notwendig. So



Abb. 2 c: Die Frakturheilung von 2 b war erfolgreich, aber es blieb eine permanente Fibrose zurück, die das Pferd für Turnierzwecke ungeeignet machte.

erfordern Frakturen von Skapula, Humerus, Pelvis und Femur eine sorgfältige Palpation und Manipulation, um eine sichere Diagnose stellen zu können. Krepitation kann offensichtlich sein, sie kann aber in manchen Fällen nur mit Hilfe eines Stethoskopes nachgewiesen werden. Bei einigen Frakturen, so wie die des Femurkopfes, kann die Krepitation in einiger Entfernung von der Frakturstelle wahrgenommen werden, was eventuell zu einer Fehldiagnose führen kann.

Wann immer ein Pferd vorgestellt wird, das eine Gliedmaße überhaupt nicht belastet, muß ein Knochenbruch gefunden werden, egal ob mit einer Allgemeinuntersuchung oder durch Röntgenaufnahmen. Andere Ursachen für eine nicht belastete Gliedmaße können Hufabszesse oder eine infektiöse Arthritis sein.

Zur Ruhigstellung der Pferde sollten hypotensive Tranquillizer (Phenothiozinderivate) vermieden werden. Zum Einsatz sollten Substanzen kommen, die mehr Analgesiewirkung besitzen, wie z. B. Xylazinhydrochlorid allein oder in Kombination mit dem synthetischen Narkotikum Butorphanol. Diese Kombination bewirkt eine gute Sedation, ohne daß Bewegungsstörungen auftreten. Sedation und anschließende Erste Hilfe (Schienenverband) sollten am stehenden Pferd vorgenommen werden, da die Vollnarkose bei einem Pferd mit Fraktur schwierig ist und nach Mög-

lichkeit vermieden werden sollte. Bevor es jedoch zum Anlegen einer Schiene kommt, sollten alle Hautwunden im Bereich der Frakturstelle mit sterilen Tupfern abgedeckt werden. Frakturen des 3. Metakarpalknochens sind meistens offen (kompliziert) und schließen sich dann recht schnell, wenn eine Schiene angebracht wird. Dies kann die Situation absolut verschlechtern. Blutungen, die gelegentlich auftreten, können im allgemeinen gut mittels eines Druckverbandes unter Kontrolle gebracht werden. Frakturen von Femur oder Humerus sind zuweilen begleitet von einer Ruptur oder einem Einriß der Arteria femoralis bzw. Arteria brachialis, und es kommt in Folge zur Sequestration großer Blutmengen in die Muskeln der betroffenen Gliedmaße. Es kann nur sehr wenig getan werden, um diese Art der Blutung zu kontrollieren.

Externe Fixation (Ruhigstellung durch Verband)

Die äußere Ruhigstellung ist eine der wichtigsten, obgleich oft vernachlässigten Aspekte der frühzeitigen Frakturversorgung.

Einige Knochenfrakturen, wie die von Skapula, Humerus, im Bereich der zwei proximalen Drittel des Radius, der Tibia und des Femurs, sind nur schwer bzw. sogar fast unmöglich zu gipsen (Tab. 1). In der Tat wäre ein Gipsverband der Heilung auch abträglich. Frakturen im distalen Drittel des Radius und der Tibia sowie Frakturen des 3. Metakarpal- und Metatarsalknochens sind für die externe Ruhigstellung geeigneter. Sie ist ausgesprochen hilfreich, wenn sie lege artis durchgeführt wird. Frakturen in diesem Bereich sind nur von wenig Weichteilgewebe überdeckt und können so sehr schnell zu offenen Frakturen werden, und dies besonders auf der medialen Seite des Knochens (Abb. 3). Einigen Frakturen, die mittels Verschraubung

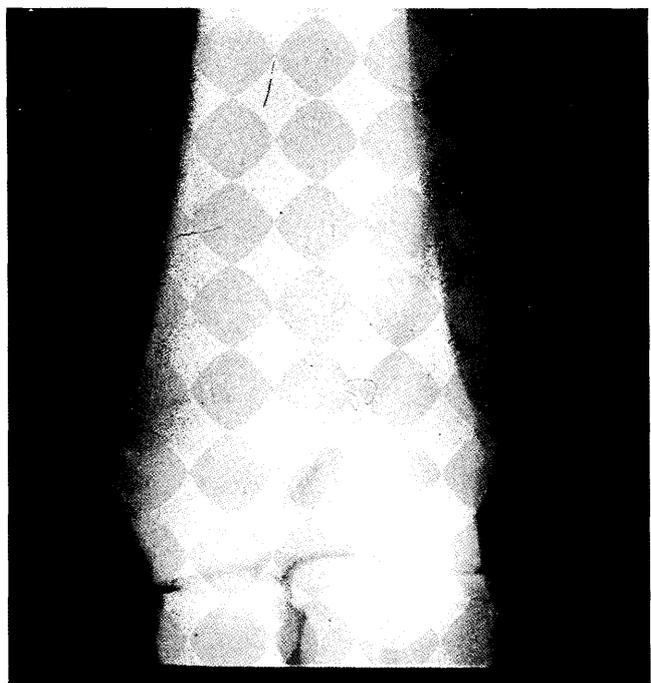


Abb. 3: Fraktur des distalen Radius. Eine derartige Fraktur würde mit konservativer Therapie abheilen.

geheilt werden können, kommt es sehr zugute, wenn sie mit einem Gipsverband ruhiggestellt werden, z. B. komplizierte Frakturen der proximalen Phalanx P₁. Andere, z. B. Stückfrakturen des 3. Karpalknochens, benötigen dagegen nur einen Druckverband aus Watte. Wieder andere Frakturen, z. B. Patellafrakturen, sind über eine Fixation gar nicht zu immobilisieren. Mitunter werden Pferde mit einer kompletten Trümmerfraktur vorgestellt, wobei die betroffene Gliedmaße dann in alle Richtungen beweglich ist. Wenn eine solche Fraktur an eine Klinik verwiesen werden muß, so sollte man sich trotzdem Zeit für eine gewisse Fixation nehmen.

Ich bin der Überzeugung, daß viele Tierärzte eine falsche Einstellung bezüglich der Sicherheit und Festigkeit des sogenannten „Robert-Jones-Verbandes“ haben. Viele Fälle werden vorgestellt mit dem von Tierärzten modifizierten Robert-Jones-Verband, der nicht mehr ist als ein Druckverband aus 0,5 kg gerollter Watte. Den einzigen Vorteil, den er bringt, ist ein Schutz vor Kontamination bei offenen Frakturen und eine gewisse Verringerung der Weichteilschwellung. Es ist jedoch unmöglich, so eine gedeckte Knochenfraktur davor zu schützen, eine offene zu werden, da die Fraktur zu diesem Zeitpunkt extrem instabil ist und scharfe Knochenfragmente jederzeit von innen nach außen durch die Haut penetrieren können.

Ein Robert-Jones-Verband sollte theoretisch dreimal so dick sein wie der Durchmesser der Gliedmaße. Er ist, wenn er gut angepaßt wird, absolut in der Lage, eine temporäre Ruhigstellung jeglicher Verletzung distal vom mittleren zum distalen Drittel des Radius oder der Tibia beim Fohlen zu bewerkstelligen.

Wenn das Fohlen schon mehr einem Jährling gleicht, so kann eine Verstärkung des Robert-Jones-Verbandes dadurch erreicht werden, daß Holzplatten oder eine Art Gehbügel, die eine zusätzliche Stabilität gewährleisten, ergänzend angebracht werden. Nur ein gut sitzender Verband aus Fiberglas wäre noch besser.

Wenn nun eine äußere Fixation beim Fohlen oberhalb der oben genannten Stellen angewandt wird, so kommt es gerade zum Gegenteil dessen, was man erreichen will: Es entsteht eine noch größere Instabilität an der Frakturstelle. Deshalb ist es notwendig, eine starre Schiene anzulegen, die sich bis auf die laterale Seite des Thorax erstreckt (*Bramlage*, 1983). Diese sollte bis etwa auf Achselhöhenhöhe gut und fest verklebt werden. Die so angebrachte Schiene kommt auf die Rippen zu liegen und schützt die Gliedmaße vor Abduktion und Entstehung einer offenen Fraktur auf der medialen Seite. Das gleiche gilt für die Tibia. Eine Metallschiene, z. B. Aluminium, sollte den Konturen der Gliedmaße angepaßt und im hinteren Teil angelegt werden. Sie sollte doppelt genommen werden, damit sie fester wird. Ein Arm der Schiene verläuft an der dorsalen und einer an der plantaren Oberfläche der Gliedmaße, mit passenden Winkelungen im Bereich des Sprunggelenkes und des Kniegelenkes (*Bramlage*, 1983). Der Vorteil, den ein gut angepaßter Gipsverband oder Schienenverband während des Transportes dem Pferd bringt, weiß man erst richtig auf dem Operationstisch zu schätzen.

Frakturen, die nur schlecht ruhiggestellt worden sind, wei-

sen meist abgeschliffene Frakturenenden auf, da es zu einem konstanten Reiben von Knochen gegen Knochen kommt. Dies macht die Reposition der Frakturenenden besonders schwer, da die Knochenenden nicht mehr ineinandergreifen. Frakturen, die während des Transportes nur schlecht ruhiggestellt waren, werden außerdem mit beträchtlichen Schäden im Weichteilbereich vorgestellt. Der Zustand der Weichteile ist aber einer der wichtigsten Faktoren, die die Frakturheilung bei Pferden beeinflussen.

Devitalisiertes und nekrotisches Weichteilgewebe neigt zu Wundinfektionen. Bakterien finden ein ideales Medium vor und etablieren sich in dem Moment, wo die Fraktur geschlossen ist. Frakturen im Bereich des 3. Metarkapal- und Metatarsalknochens sind in der Regel offene Frakturen, da gerade dieser Bereich von wenig Weichteilgewebe geschützt ist, und besonders hier ist es wichtig, eine äußere Fixation vorzunehmen. Viele Frakturen des 3. Metakarpalknochens sind der Osteosynthese zugänglich, es kommt jedoch in der frühen Rekonvaleszenzphase zur Ablösung von großen Hautarealen und zum Freiliegen des Implantates. Osteomyelitis und Lösung des Implantates sind gewöhnlich die Spätfolgen.

Wenn man sich dazu entschlossen hat, einen festen Gipsverband anzulegen, so sollte man dies, wenn eben möglich, in Vollnarkose machen. Dies ist jedoch nicht absolut notwendig. Ein Stützverband, der an einem liegenden Pferd angebracht wird, gibt dem Chirurgen jedoch die Möglichkeit der besseren Ausrichtung der Knochen und der einfacheren Handhabung. Mit genügend Erfahrung kann natürlich auch an einem sedierten Pferd ein guter Stützverband angelegt werden. Der Stützverband sollte jedoch immer den gesamten Huf erfassen und ihn integrieren. Wenn dies der Fall ist, ist nur die seitliche Stabilität gegeben. Es kommt jedoch zum Auftreten von großen axialen Kräften, die zu Instabilität an der Frakturstelle führt.

Frakturen oberhalb des distalen Drittels von Radius und Tibia sind nicht geeignet für einen Gipsverband. Um eine zeitweilige Ruhigstellung zu erreichen, sollte hier ein Robert-Jones-Verband mit einer lateralen Schiene verwendet werden, die eine Abduktion der Gliedmaße verhindern soll.

Diese Methode kann am stehenden Pferd ohne Vollnarkose durchgeführt werden. Praktisch gehören alle Pferde mit Fraktur in eine Klinik eingewiesen, in der eine weitergehende Therapie vorgenommen werden kann. Bevor die Pferde verladen werden, sollte jedoch auch an der gegenüberliegenden Gliedmaße ein Stützverband angebracht werden. Der konventionelle Pferdetransporter ist oft so konstruiert, daß ein Gurt angebracht werden kann, der das Pferd während des Transportes stützt. In den Weststaaten der USA und Kanadas kann ein solcher Transport über Hunderte von Kilometern gehen. Die meisten Pferde ruhen sehr komfortabel in einem solchen Gurt, aber man sollte dann vor dem Ausladen der Tiere prüfen, ob noch ausreichendes Stehvermögen gewährleistet ist. Viele Pferdetransporter in den USA sind ohne Rampe, was das Ausladen ausgesprochen gefährlich werden läßt. Eine strapazierfähige Industriegummimatte sorgt dafür, daß eine rutschfeste Unterlage beim Ausladen vorhanden ist.

Antibiotika sollten praktisch alle Pferde mit Frakturen verabreicht bekommen, ob nun eine Osteosynthese durchgeführt wird oder nicht. Welches Antibiotikum eingesetzt wird, ist eine Frage der Vorliebe und wird durch eine Konsultation zwischen dem einweisenden und dem aufnehmenden Tierarzt abgeklärt. Ebenso sind nicht steroidale entzündungshemmende Medikamente wie z. B. Phenylbutazon indiziert. Einige Tierärzte geben zu bedenken, daß infolge der Analgesie, welche durch solche Mittel hervorgerufen wird, die Tiere ihre kranke Gliedmaße belasten würden, mit dem Ergebnis eines noch größeren Schadens. Dies ist jedoch nach den Erfahrungen des Autors nicht der Fall, da Frakturen zu schmerzhaft sind. Es ist bekannt, daß den meisten Tierärzten viel daran liegt, eine Fraktur an andere Kollegen zu überweisen, weil sie nicht die Einrichtung, das Personal und die technische Ausrüstung besitzen, die für ein solches Unternehmen benötigt werden. Ganz egal, ob ein Pferd nun überwiesen wird oder nicht, es muß als erstes immer eine adäquate Erste Hilfe bekommen.

Momentaner Stand der Technik bei der Frakturheilung

Der Versuch des Chirurgen, eine Osteosynthese bei einer Fraktur beim Pferd durchzuführen, muß immer am neuesten Wissensstand orientiert sein. Deshalb gebe ich eine Liste mit Veröffentlichungen anbei (Tab. 1 und Bemerkungen). Die Behandlung muß an einer Institution durchgeführt werden, die ein komplettes Operationsteam zur Verfügung hat. Es ist ausgesprochen hilfreich, wenn der Chirurg eine Person zur Seite hat, die sich mit dem Instrumentarium auskennt und es fachmännisch anreicht. Ohne diese Möglichkeit geht wertvolle Zeit verloren, was zu einer längeren Operationsdauer, einer längeren Narkosedauer und zu einer Auskühlung der Weichteile führt, und damit wird die Gefahr der postoperativen Wundinfektion erhöht. Durch Fehlen von entsprechendem Wissen über die AO-ASIF-Techniken werden viele Tierärzte von dem Versuch abgehalten, eine Knochenfraktur bei Pferden zu behandeln.

Der Assistent des Chirurgen übernimmt ebenso eine wichtige Funktion. Er muß neben vielen anderen Aufgaben bei der Reposition der Fraktur helfen, ständig Bohrer und Gewindeschneider säubern und wechseln sowie außerdem das Gewebe feucht halten. Ferner muß das Umfeld den Ansprüchen einer aseptischen Operation genügen. Dies beinhaltet neben einer wasserundurchlässigen Kleidung auch einen entsprechend funktionellen Operationsraum.

Die erste Frage, mit der sich der Chirurg konfrontiert sieht, ist, ob und wann er operieren soll. Die Faktoren, die diese Entscheidung mit beeinflussen, wurden bereits an früherer Stelle besprochen.

Einige Frakturen bedürfen der sofortigen Operation, da es sonst durch die ständige Bewegung an der Frakturstelle zu einer Devitalisierung der Weichteile kommt. Mehr devitalisiertes Gewebe an der Frakturstelle bedeutet, daß auch ein größeres Volumen entsteht, welches wiederum ein idealer Nährboden für Bakterien ist, und daß mehr Bindegewebe über das phagozytäre System abgebaut werden muß.

Andere Frakturen wiederum profitieren von einem gut

angepaßten, über mehrere Tage belassenen Fiberglasverband, aber diese Fälle müssen genauestens selektiert werden. Manche Frakturen sind zu instabil, um nur von einem Verband zu profitieren, hier darf dann keine Zeit mehr verloren werden. Frakturen, die proximal der Verbindung vom mittleren zum distalen Drittel der Tibia und des Radius gelegen sind, sind nicht zu gipsen und müssen umgehend behandelt werden. Viele Frakturpatienten kommen nachts nach einer langen Anreise an. In solchen Fällen sollte, wenn es die Lokalisation der Fraktur erlaubt, besser ein Gipsverband unter Kurzzeitanästhesie angelegt werden, als dem Tier sofort eine lange und anstrengende Operation mit einer eventuell anschließenden schmerzhaften und hektischen Aufwachphase zuzumuten.

Präoperative Maßnahmen

Beim Pferd als Frakturpatient ist die präoperative Untersuchung von größter Wichtigkeit.

Als erstes sollten vier Röntgenaufnahmen gemacht werden, auch wenn der Patient mit Röntgenaufnahmen vom einweisenden Tierarzt kommt, da sich im Verlauf der Anfahrt noch weitere Frakturen oder Fissuren ereignet haben können. Fissuren sowie intraartikuläre Komponenten von Frakturen können so eventuell aufgedeckt werden, was wiederum die abschließende Prognose beeinflussen kann und besseres Verständnis für das weitere technische Vorgehen bei der Therapie verschafft. Neue, transportbedingte Frakturen können die Prognose so weit verändern, daß nun die Euthanasie der Therapie vorzuziehen ist.

Vor allem Pferde, die mit dem Vorbericht Autounfall kommen, müssen genauestens auf weitere Frakturen untersucht werden. Besondere Beachtung finden eventuell vorhandene Fissuren im Bereich der Tibia und des Radius. Da diese bei der präoperativen Röntgenaufnahme oft nicht deutlich zu sehen sind, können sie eventuell erst beim Anbringen einer Schraube sichtbar werden bzw. sich postoperativ während der Aufwachphase vergrößern. Zu Fissuren kommt es besonders gerne bei Knochen von erwachsenen Pferden (Abb. 4).

Jede intraartikuläre Fraktur erfordert besondere Aufmerksamkeit bei der Rekonstruktion der Gelenkoberfläche, damit degenerative Gelenkerkrankungen vermieden werden können. Im allgemeinen sollte bei Trümmerfrakturen mit intraartikulären Komponenten immer zuerst die Gelenkoberfläche rekonstruiert werden und dann erst der Diaphysenteil der Fraktur.

Des weiteren muß der Chirurg bei der präoperativen Planung entscheiden, ob intraoperative Röntgenaufnahmen gemacht werden müssen oder nicht. Diese sind im allgemeinen immer dann notwendig, wenn ein Implantat nahe an die Gelenkoberfläche gesetzt oder die Gelenkoberfläche rekonstruiert werden muß. Die Arbeiten des technischen Personals sind so zu koordinieren und intraoperative Röntgenaufnahmen so zu minimieren, daß keine zu hohe Strahlenbelastung im Operationsraum auftritt. Es muß darauf geachtet werden, daß der Platz des Chirurgen im OP durch die Röntgenaufnahmen nicht beeinträchtigt wird.

Durch die große Anzahl von Abdecktüchern und die intra-

operative Lage des Tieres bedingt, ist es oft unmöglich, röntgentechnisch die Situation eines stehenden, bei Bewußtsein befindlichen Pferdes zu erreichen. Eine Knochenschraube, die in der Nähe der Gelenkoberfläche platziert wurde, kann sich so später intraartikulär befinden. Intraoperative Röntgenaufnahmen sind enorm zeitaufwendig und werden zu langwierigen Verzögerungen führen, wenn sie nicht mit dem Assistenten und dem technischen Personal vorher abgesprochen sind. Des weiteren stellen sie eine Gefahr für die Asepsis dar, wenn keine vorbeugenden Maßnahmen getroffen werden. Der genaue Operationsablauf muß schon von Anfang an festgelegt sein. Der Zugang zum OP-Gebiet hängt immer von der Gestalt der Fraktur ab. Wenn jedoch die Möglichkeit zur Wahl des Zuganges besteht, so sollte dieser immer so gewählt werden, daß möglichst viel Weichteilgewebe zur Abdeckung des Implantates vorhanden ist. Nur von diesem Standpunkt aus gesehen, wäre es durchaus eine lohnende Aufgabe, den Femur zu behandeln, da man hier ein großes Volumen an Weichteilgewebe hat, das über die Implantate zu liegen kommt.

Der Zugang zum Radius und zur Tibia von medial sollte, wenn möglich, vermieden werden. Empfohlen wird der Zugang zur Tibia von der kranial-lateralen Seite (*Bramlage* und *Hanes*, 1982).

Das Bein, welches behandelt werden soll, sollte so frei wie nur eben möglich platziert werden, damit der Chirurg immer in der Lage ist, notwendige Manipulationen direkt durchzuführen und die nötige Zugkraft anzuwenden. Es sollte vermieden werden, die Gliedmaße unter einem Berg von Tüchern zu begraben, da dann sämtliche Anhaltspunkte für einen Zugang fehlen. Die Abdeckung sollte peinlich genau vorgenommen werden. Eine Abdeckung, die zu Beginn einer Operation gut aussieht, kann nach ein bis zwei Stunden der Frakturmanipulation total verschoben sein. Der Autor benutzt sowohl selbstklebende Plastikfolien wie auch Abdeckungen, die mit einer Art Schnellklammern an der Haut befestigt werden. Wenn eine Spongiosatransplantation (Erläuterung später) durchgeführt werden soll oder zu erwarten ist, so muß die entsprechende Region (für gewöhnlich Tuber coxae oder Sternum) ebenfalls abgedeckt werden. Zu überdenken ist auch die korrekte Lagerung des Patienten während der Operation. Einige Frakturen, wie die Diaphysenfraktur des Radius, lassen sich am besten behandeln, wenn sich das Pferd in Rückenlage befindet, da die Gliedmaße dann so aufgehängt werden kann, daß die Reposition über eine Art Flaschenzug mit geringem Kraftaufwand erfolgen kann. Diese Methode funktioniert nicht so gut an der Hintergliedmaße auf Grund der Spannsehnenkonstruktion der Hinterbeine.

Antibiotika, Anästhesie und unterstützende Maßnahmen

Die antibiotische Therapie ist ausgesprochen wichtig und beginnt hoffentlich schon beim einweisenden Tierarzt. Eine Osteosynthese bedeutet unweigerlich das Verbringen eines großen Fremdkörpers aus Metall in ein Gebiet von devitalisiertem Gewebe. Dies kann die Basis für eine Infek-

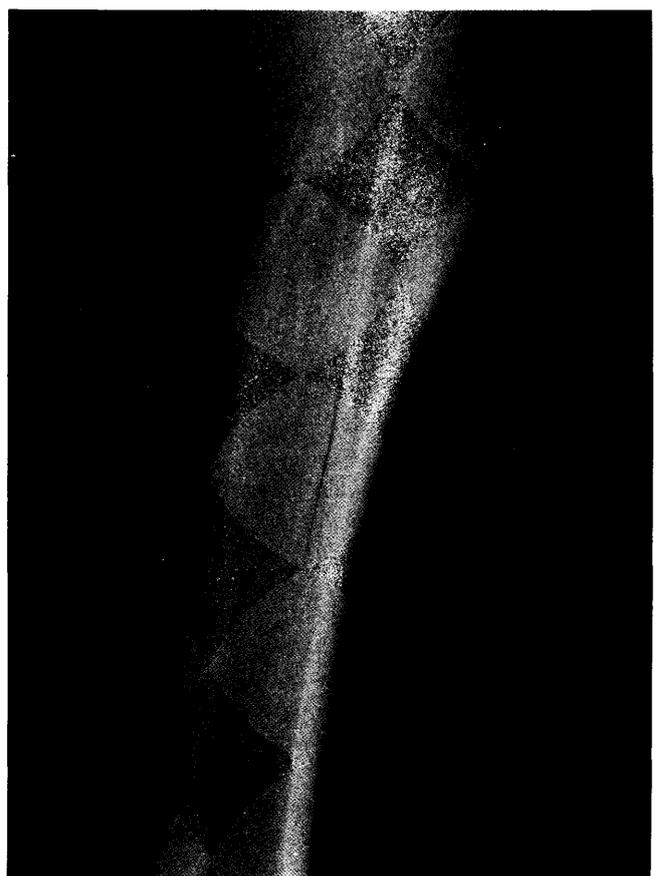


Abb. 4: Fissur der Tibia bei einem erwachsenen Pferd.

tion sein. Antibiotika sollten immer vor einer Operation injiziert werden, wobei Standardantibiotika wie Penicillin und Streptomycin nicht besonders zur Infektionsprophylaxe bei einer Osteosynthese geeignet sind. Der Chirurg sollte sich für potentere Antibiotika wie Cephalosporine – und hier z. B. für Cephalexin – entscheiden. Obgleich sie sehr teuer sind, stellen sie nur einen geringen Teil der Gesamtkosten dar. Werden die Antibiotika erst kurz vor der Operation verabreicht, erhält man einen hohen Wirkspiegel im Hämatom des Operationsgebietes und somit einen maximalen Schutz vor einer Keimvermehrung während der Operation. Während einer langen Operation sollte das Antibiotikum zusätzlich intraoperativ gegeben werden, damit ein ausreichender Gewebespiegel erhalten bleibt.

Eine sichere Inhalationsnarkose ist erforderlich bei jeder orthopädischen Operation, um eine Operation ohne Spontanbewegung zu ermöglichen. Bewegungen, die sich während der Operation ereignen, können zum Verrutschen der Abdeckung und zur Unterbrechung der aseptischen Bedingungen führen. Intermittierende positive Druckventilation sollte bei langen Operationen angewandt werden.

Über die gesamte Operationszeit hinweg sollten Elektrolytlösungen infundiert werden, die den eventuell durch die Verletzung auftretenden Flüssigkeitsverlust ausgleichen. Bluttransfusionen sind nur selten indiziert, sie können jedoch erforderlich sein, wenn eine große Arterie verletzt wurde und wenn es zum massiven Blutaustritt in das Gewebe kam, so wie man es oft bei Femurfrakturen sieht. An ausreichend Spülflüssigkeit für das Operationsfeld sollte ebenso gedacht werden. Sie sollte während der gesamten Operationszeit vorrätig sein und das Gewebe vor Austrocknung schützen. Es sollte sich dabei um isotonische Lösungen handeln, die mit nicht irritierenden Antibiotikallösungen kombiniert werden können. Die Spüllösung ist außerdem zur Entfernung des Knochenmehles notwendig, das beim Bohren anfällt. Übermäßiges Spülen kann jedoch zur Entstehung von Ödemen im Gewebe führen, was wiederum den Verschluss der Wunde erheblich erschwert.

Osteosynthesemethoden

Wie bereits erwähnt, ist die Osteosynthese mit Hilfe von Kompressionsplatten und Schrauben die einzig anwendbare Methode, die eine stabile Frakturheilung beim Pferd ermöglicht. Die AO-DCP-Platte mit ihren oval ausgeschnittenen Schraubenlöchern ist die am besten geeignete für große Tiere. Der Chirurg muß versuchen, auf jeder Seite der Fraktur soviel Kortikalis wie möglich zu erhalten. Einige Frakturen (oder Osteotomien) im Bereich der Epiphyse oder Metaphyse sind schlecht für eine Standardverplattung – auch für die Doppelverplattung –, da nicht genug Schrauben in den schmalen Fragmenten zur Erreichung einer Stabilität plaziert werden können.

Die AO-Winkelplatte wurde bei solchen Frakturen benützt, sie war jedoch nur sehr schwer zu befestigen. Erst vor kurzem konnte die AO-DCS und -DHS erfolgreich bei Pferden eingesetzt werden (Auer, 1988). Wenn es die anatomi-

sche Situation erlaubt, sollten so viele Schrauben wie eben möglich in die Kortikalis eingesetzt werden. Das Anbringen von zwei Platten ist für gewöhnlich bei Frakturen von Femur, Humerus, Tibia und Radius sowie bei bestimmten Frakturen des 3. Metakarpalknochens notwendig.

Diese Methode erhöht die Festigkeit an der Frakturstelle, was zu einer kürzeren Rekonvaleszenzphase und bei zusätzlichem Anbringen einer äußeren Fixation dazu führt, daß das Pferd früher wieder bewegt und somit auch früher wieder entlassen werden kann. Die Platten sollten in einem Winkel von 90° zueinander angebracht werden, damit eine Platte die andere vor Scherkräften schützt, die am stärksten bei Torsionen auftreten. Die Verwendung von drei Platten produziert im allgemeinen ein schwächeres System, da die vielen Schraubenlöcher die Widerstandsfähigkeit gegenüber Torsionskräften herabsetzen (Leggon, et al., 1988) und es gerne zum Refrakturieren während der Aufwachphase kommt. Wenn möglich, sollten die Platten den Knochen von einer Metaphyse zur nächsten überspannen und nie in der Diaphysenregion enden. Es sollte auch darauf geachtet werden, daß nie zwei Platten in der gleichen Region enden, da es hier sonst zu einer Belastungskonzentration kommt.

Im allgemeinen können die Richtlinien zur Behandlung von Frakturen bei Kleintieren und Menschen nicht auf das Pferd übertragen werden, es sei denn, es handelt sich um Pferde von geringer Größe und geringem Körpergewicht (Abb. 5). Die Nagel- und Draht-Technik, die bei Kleintieren zum Einsatz kommt, ist bis auf wenige Ausnahmen ungeeignet für die meisten Frakturen beim Pferd. Eine solche Ausnahme stellt die Apophyseolyse proximal an der Ulna beim Fohlen dar, da hier der Knochen zu klein ist, um eine Platte anzubringen. Bei einigen Humerusfrakturen beim Fohlen ist die Nagelung anwendbar, ebenso wie einige Femurfrakturen mit Hilfe einer Marknagelung behandelt werden können (Stick und Derksen, 1980). Des weiteren sind viele der humanen AO-Techniken nicht anwendbar beim Pferd, da sie alle für den Menschen entwickelt worden sind, bei denen die Bewegung eingeschränkt werden kann.

Ob Kortikalis- oder Spongiosaschrauben eingesetzt werden sollen, ist abhängig von der Dichte des Knochens. Wenn aus Versehen eine Kortikalisschraube beim Festziehen überdreht worden ist, sollte das entstandene Loch nicht leer gelassen werden, da dies zu einer Beeinträchtigung der Stabilität führen würde. Statt dessen sollte das Loch mit einer größeren 5,5-mm-Kortikalisschraube ausgefüllt werden (Yovich et al., 1985). Wenn der Knochen kompakt genug ist, kann es erforderlich sein, das überdrehte Loch zu vergrößern, und wenn eine 5,5-mm-Schraube dann nicht zur Hand ist, sollte eine Vollgewinde-Spongiosaschraube benutzt werden. Dies deshalb, damit es beim späteren Entfernen der Schraube nicht zu einem Bruch an der Verbindungsstelle zwischen Schraube und Schaft kommt, sondern sie sich ein eigenes Gewinde in den neugeformten Knochen schneiden kann. Schrauben mit einem großen Durchmesser, wie die 5,5-mm-Kortikalisschrauben, werden immer

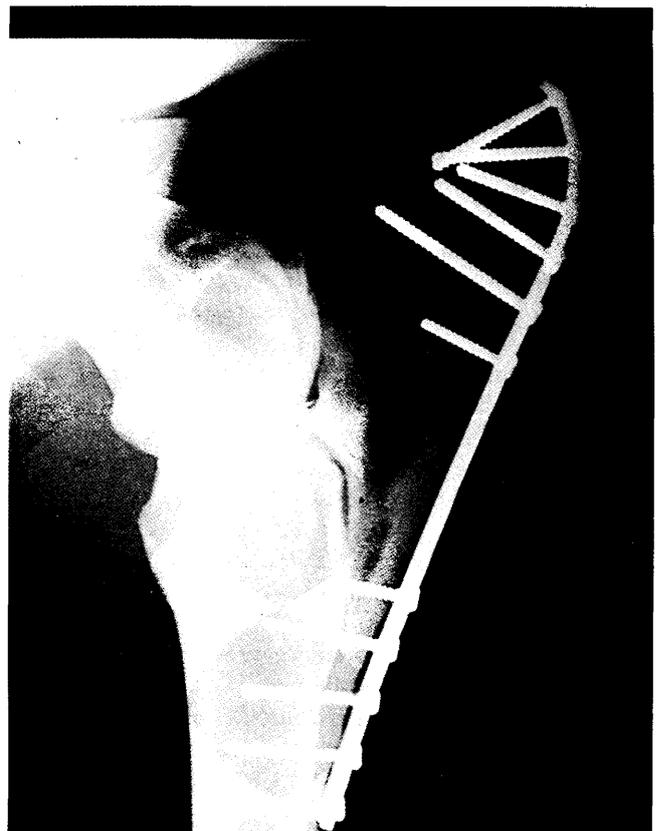


Abb. 5: Erfolgreiche Behandlung einer Tibiafraktur bei einem Mini-
pferd. Eine derartige Fraktur wäre bei erwachsenen Pferden anderer
Rassen zumeist irreparabel (d. h. > 450 kg). Hier war die Behandlung
auf Grund des geringen Körpergewichtes des Patienten machbar.

Abb. 6: Fraktur im Bereich des proximalen Olekranons. Sie zeigt die
sinnvolle Anwendung der 5,5-mm-Kortikalisschraube. Da das proxi-
male Fragment klein war, war die größere Haltekraft der größeren
Schrauben notwendig.

dann eingesetzt, wenn große Haltekraft benötigt wird (Yovich et al., 1985) (Abb. 6).

Einfache oder Zweistückfrakturen werden mit standardisierten AO-Methoden behandelt (Müller et al., 1979; Fackelman und Nunamaker, 1982). Auf Grund der verschiedenen Kräfte, welchen die Pferdeknochen ausgesetzt sind, müssen einige Richtlinien aus der humanen Orthopädie modifiziert, wenn nicht sogar ignoriert werden. So wäre das Anbringen von zwei Platten sehr häufig beim Pferd sinnvoll; dies geschieht aber weitaus seltener als beim Menschen.

Praktisch sind sämtliche Transfixationsmethoden und -geräte für die Marknagelung, die im humanen AO-Handbuch dargestellt werden, nicht anwendbar beim Pferd. All diese Geräte werden durch die vielen Nachteile der Frakturbehandlung mit Gips beeinflusst. Beim Pferd muß eine schmerzfreie Benutzung der Gliedmaße erreicht werden, damit die Belastung der gegenüberliegenden Gliedmaße so gering wie möglich bleibt. Ein neues Gerät, das zur äußeren Skelettruhigstellung oder Gelenkfixation bei bestimmten Frakturen entwickelt wurde, erlaubt eine sofortige volle Belastung, z. B. Trümmerfrakturen der proximalen und mittleren Phalangen (Abb. 7 a und b) (Nunamaker et al., 1986). Dieses Gerät integriert den Fuß in einem speziell geformten Rahmen, der eine Transfixation des Knochens oberhalb der Verletzung erlaubt. Da die Vorrichtung eine volle Belastung der Gliedmaße gestattet, ist die Gefahr der Entstehung einer Überbelastung oder Belastungsreihe auf der gegenüberliegenden Gliedmaße minimiert.

Wenn zwei Platten eingesetzt werden sollen, sollte sich der Chirurg davon überzeugen, daß die Wundnähte ohne zu großen Zug geschlossen werden können; ansonsten kann es schon sehr früh zu schwerwiegenden Nahtdehiszenzen kommen, mit dem Ergebnis, daß große Areale der Implantate frei liegen.

Trümmerfrakturen werden in der Weise behandelt, daß zuerst die einzelnen Fragmente rekonstruiert werden (Fackelman, 1973). Im Anschluß daran werden dann am besten Neutralisationsplatten über den zerstörten Arealen angebracht und wenn möglich jedes Fragment durch sie stabilisiert. Trümmer auf der Streckseite der Gliedmaße sind leichter zu stabilisieren, da die Platte direkt über dem Defekt angebracht werden kann und zugleich Spannungen, die auf dieser Seite auftreten, neutralisiert werden können. Kleine Fragmente ohne Periost oder solche, die nicht fest verankert werden können, sollten entfernt werden. Defekte, die durch das Fehlen solcher Fragmente entstehen, stellen eine absolute Indikation zur Spongiosatransplantation dar. Das Implantat sollte mit soviel Weichteilgewebe wie möglich gepolstert werden. Dies ist besonders wichtig bei Knochen, die nur von Haut und Unterhaut geschützt werden. Dies kann dadurch erreicht werden, daß man eine geschwungene Hautinzision macht oder den Hautabschnitt so legt, daß die Platte später nicht direkt darunter zu liegen kommt.

Mittlerweile gibt es überzeugende Beweise dafür, daß es am besten ist, wenn die Platte subperiostal und nicht direkt auf das Periost gesetzt wird (Whiteside und Lesker, 1978). Diese Technik setzt die geringsten Verletzungen im Weichteilge-



Abb. 7: Trümmerfraktur des Fesselbeins. Sie wurde mit dem Fixateur nach Nunamaker eingrichtet.

webe, mit dem Erfolg, daß es zu einer guten Blutversorgung des Knochens nach der Operation kommt. Außerdem werden so Nerven und Gefäße geschont.

Beim Pferd subperiostal eingesetzte Platten erlauben eine direkte Verbindung zwischen Knochen und Platte. Die Folge ist ein engerer Kontakt der Oberflächen miteinander. Dies wiederum führt zu einer höheren Stabilität der Osteosynthese. Diese Technik wird mittlerweile routinemäßig beim Pferd eingesetzt (*Bramlage, 1983; McIlwraith und Turner, 1987*).

Eine andere Technik, die ebenfalls eine stärkere Fixation bringt, ist bekannt als „plate-luting“. Diese Technik ermöglicht einen kompletten Kontakt zwischen Platte und Knochen, indem Polymethylenmethacryl (PMMA) als Grenzschicht zwischen Platte und Knochen aufgetragen wird (*Nunamaker et al., 1986*). PMMA vergrößert außerdem die Kontaktfläche zwischen Schraubkopf und Platte, was zu einer Herabsetzung der Scherkräfte bei Belastungsaufnahme auf die Schraubköpfe führt, wie sie bei der Verwendung der dynamischen Kompressionsplatten auftreten. Nachdem die Schraubköpfe gelockert wurden, entsteht ein 2 bis 3 mm großer Spalt zwischen Platte und Knochen, in den die teigige PMMA-Masse eingebracht wird. Die Schrauben werden nun wieder angezogen, und das überflüssige PMMA wird entfernt (*Nunamaker et al., 1986*).

Einen wichtigen Platz in der Frakturheilung nimmt die Spongiosatransplantation ein, die sogar beim Fohlen ihren Einsatz finden sollte. Große Defekte, die sich während der Frakturbehandlung erwachsener Tiere herausstellen, benötigen normalerweise viele Monate zur Ausheilung, wenn keine Spongiosatransplantation vorgenommen wird.

Die Spongiosatransplantation ist besonders bei den nachfolgend aufgelisteten Fällen wichtig: große Kortikalisdefekte, mangelnde Festigkeit in der Kortikalis auf der gegenüberliegenden Seite der Platte, nicht adaptierbare Frakturen und Frakturen mit mangelhafter Adaption und Osteomyelitis (*Burri, 1975*). Das Knochen transplantat muß in ein lebensfähiges Bett eingesetzt werden und nicht an einer Stelle mit schlechter Blutversorgung oder an infizierte Stellen in der Kortikalis.

Wenn es sich um große Defekte handelt, kann das Transplantat auch 2 bis 4 Wochen später eingebracht werden, wenn die Blutversorgung an der Frakturstelle und im Weichteilgewebe besser geworden ist. Die üblicherweise geeignetste Stelle zur Entnahme von Spongiosa wurde bereits beschrieben (*McIlwraith und Turner, 1987*), und die Vorbereitung dieser Region sollte ein Teil der präoperativen Planung sein. Der Zugang zum Tuber coxae beim Fohlen ist genau der gleiche wie beim erwachsenen Pferd, mit Ausnahme der knorpeligen Kappe, die das Tuber coxae überzieht; sie muß durchtrennt werden. Diese Kappe wird in Richtung auf das Tuber coxae durchtrennt und vorsichtig abpräpariert; direkt unter der Kappe findet sich dann der adäquate Spenderknochen.

Wenn die Frakturbehandlung in Rückenlage vorgenommen wird, z. B. Fraktur des Radius, ist das Tuber coxae nur sehr schwer zugänglich, und es sollte nun das Transplantat aus dem Sternum entnommen werden (*Richardson et al., 1986*). Das Einrichten der Fraktur kann zu einem unüber-

windlichen Problem während der Operation werden. Benötigt werden lange Knochenfaßzangen nach „Kern“ oder „Lane“. Die großen AO-Verbrügge-Zangen mit Arretierung ermöglichen einen sicheren Griff, was bei manchen Frakturen sehr hilfreich sein kann. Drähte, durch die Hufwand des Pferdes gezogen, können bei der Reposition der Fraktur sehr hilfreich sein – dies jedoch nur bei Frakturen der Vordergliedmaße, nicht bei solchen der Hintergliedmaße. Die Fraktur wird reponiert über schrittweises Entspannen der Muskulatur und nicht über plötzliches Überdehnen. Dabei haben Muskelrelaxanzien wenig Sinn. Häufig sind die Knochenenden in der Zeit zwischen dem Auftreten der Fraktur und Beginn der Operation glattgeschliffen, was ein Ineinandergreifen der Frakturrenden bei der Reposition schwierig macht und die Notwendigkeit einer guten Ruhigstellung während des Transportes noch einmal verdeutlicht.

Drainage aus chirurgischer Sicht

Saugdrainagen, die nach dem Prinzip der Kapillarwirkung arbeiten, sind von größter Wichtigkeit zur Evakuierung des postoperativen Hämatoms. Hämatom oder Serom im Operationsgebiet stellen ein ideales Medium für Bakterien dar. Penrose-Drainagen sollten auf Grund der nicht aufrechtzuerhaltenden Sterilität nicht verwendet werden. Die Redon-Drainage wird in der Wunde plaziert, und ihr Ausgang befindet sich so weit vom Operationsfeld entfernt, daß keine aufsteigenden Infektionen möglich sind. Sie wird dann an der Haut befestigt und mit einem sterilen Verband abgedeckt. Diese Maßnahme minimiert die Gefahr des Verwackelns oder des Abbeißen der Drainage während der Aufwachphase. Drainagen bedürfen einer ständigen Überwachung, damit die Saugwirkung erhalten bleibt. Außerdem sollten keinerlei Medikamente hochgespült werden. Eine Überwachung rund um die Uhr ist in den ersten 24 Stunden vonnöten, damit man sicher sein kann, daß es nicht zu einem Verrutschen der Drainagen kommt, und damit diese, wenn der gesammelte Flüssigkeitsspiegel absinkt, so bald wie möglich entfernt werden. Nach den Erfahrungen des Autors sind Saugdrainagen meist 24 bis 48 Stunden nach der Operation verstopft, bedingt durch Gewebstrümmer. In dieser Zeit kommt es zu einer starken Luftaspiration. Das Risiko aufsteigender Mikroorganismen entlang der Drainage und somit die Gefahr der Wundinfektion (*Willett et al., 1988*) nimmt zu. Prophylaktisch sollten in den letzten 24 Stunden vor Entfernung der Drainage Antibiotika gegeben werden. Das Spülsystem, das in der Humanmedizin angewandt wird und hohe lokale Antibiotikaspiegel erzeugt, ist zwar sehr attraktiv, kann jedoch auf Grund von Handhabungsproblemen beim Pferd keine Anwendung finden. Wenn die Frakturstelle zu weit proximal liegt und aus diesem Grund nicht unter Verband oder Gips gehalten werden kann, so ist es hilfreich, über der Inzision eine Hautfaltendecknaht als Schutz anzulegen.

Postoperative äußere Fixation (Ruhigstellung)

Wenn in der Humanmedizin oder bei Kleintieren eine Osteosynthese durchgeführt wird, ist es nicht üblich, diese

mit einer äußeren Fixation zu kombinieren, da der Chirurg davon ausgeht, daß der Patient durch beide Systeme zu stark benachteiligt wird. Beim Pferd muß jedoch auf Grund seines Temperamentes und auf Grund der extremen Kräfte, denen jede Fixation ausgesetzt ist, oft ergänzend zur Osteosynthese eine äußere Ruhigstellung vorgenommen werden. Dies kann jedoch nicht bei allen Frakturen vorgenommen werden, da sich ein Gipsverband nachteilig auf Frakturen oberhalb des distalen Drittels von Radius und Tibia auswirkt. Die Oberfläche des Gipses kann zur Konzentration von Kräften auf die Frakturstelle führen, oder es kommt zur Konzentration von Kräften auf den Platten, was zur Refraktur führen kann. Der Gips schützt das Implantat besonders während der Aufwachphase und hilft bei der Heilung des Weichteilgewebes, besonders wenn die Wundnaht unter Zug geschlossen werden mußte. Ob nun ein Gips- oder ein Robert-Jones-Verband angelegt wird, hängt von vielen Faktoren ab. Dies beinhaltet auch den Grad der Stabilität, der mit der Osteosynthese erreicht werden konnte, den Grad an Schutz, den das Weichteilgewebe benötigt, und die Lokalisation der Fraktur. Meist kann nur die Erfahrung helfen, die Entscheidung zwischen einem Gips- oder einem Robert-Jones-Verband zu treffen. In einigen Fällen ist ein dicker Watteverband in den Glasfaserstreifen integriert, eine ausgesprochen nützliche Einrichtung zur Ruhigstellung der Gliedmaße nach der Opera-



Abb. 8: Dicker Watteverband, von einigen Glasfaserlagen umgeben. Dies verleiht mehr Stabilität als der Druckverband allein.

tion. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn zur Frakturheilung nur eine leichte Ruhigstellung benötigt wird, wohingegen bei einem Gipsverband eine ganz andere Stabilität vorhanden sein muß als bei einem Druckverband. Diese Art der Ruhigstellung kann stehend angelegt und entfernt werden und verringert so die Gefahr der Refraktur während der Aufwachphase. Die Aufwachphase stellt das größte Problem bei der Frakturbehandlung von Pferden dar. Hängegurte sind nur gelegentlich von Wert. Die meisten Pferde kooperieren nicht, wenn man versucht, sie mit Hilfe der Gurte auf die Beine zu stellen.

Komplikationen bei der Frakturheilung

A. Osteitis und Osteomyelitis

Osteitis ist die oberflächliche Entzündung des Knochens, die sich nicht bis in die Markhöhle erstreckt. Sie ereignet sich oft im Anschluß an die erfolgreiche Heilung einer offenen Fraktur und wird beherrscht von Kanälen, die zu einer oder mehreren Fisteln führen.

Röntgenologisch ist die Osteitis charakterisiert durch periostale Knochenwucherungen auf Aufhellungen im Bereich des Implantates. Wenn es zu einer ausgedehnten Osteolyse um das Implantat herum kommt, sollte man eher an eine Osteomyelitis als an eine Osteitis denken.

Sequester und Implantatlockerung sieht man zwar ab und zu auch bei Osteitis, aber nicht in dem Maße, wie sie bei der Osteomyelitis vorkommen. Generell reagiert eine Osteitis nicht auf Antibiotikatherapie allein. Eine Vielzahl von Mikroorganismen kann aus dem Fistelinhalt, der die Ursache für die Infektion sein kann, aber nicht sein muß, isoliert und kultiviert werden. Meist handelt es sich um Bakterien, die nur auf sehr starke und teure Antibiotika reagieren. Das Entfernen des Implantates ist angezeigt, um die Osteitis zum Abklingen zu bringen, aber erst wenn die Fraktur Anzeichen einer entsprechenden Heilung zeigt, da sich sonst eine Refraktur des Knochens einstellt.

Als Ergebnis dieser katastrophalen Situation entsteht eine instabile Fraktur. Röntgenaufnahmen und klinische Untersuchungen sind notwendig, um die Belastbarkeit der frakturierten Gliedmaße zu beurteilen und um den Zeitpunkt zu bestimmen, wann das Implantat wieder entfernt werden kann. Beim Entfernen des Implantates sollte eine Kürettage bzw. eine Sequesterentfernung vorgenommen werden, um abgestorbenes und krankes Gewebe zu beseitigen. Zum Schutz der Gliedmaße sollte im Anschluß ein Gips- bzw. ein Robert-Jones-Verband angelegt werden. Wenn Defekte in der Kortikalis vorhanden sind, sind es sogenannte Streßpunkte, die ein großes Schwachpunktpotential bilden. Diese Situation ist absolute Indikation für einen Gipsverband, da sonst die Gefahr einer erneuten Fraktur zu groß ist. Außerdem wird eine Spongiosatransplantation empfohlen, um ein befriedigendes Ergebnis zu erhalten.

Eine Implantatentfernung nach Abheilen der Fraktur ist für gewöhnlich nicht zwingend notwendig, es sei denn, es besteht eine Indikation wie z. B. bei einer Fistelbildung.

Implantate der oberen Gliedmaßenabschnitte, z. B. Tibia, Femur, Radius, werden nach Abschluß der Frakturheilung nicht entfernt. Implantate im Bereich des 3. Metakarpal-

Tab. 2: Durch Zugschraubung behandelbare Frakturen

Knochen	Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
3. Karpal- und andere Karpalknochen	a) Stückfraktur	Zugschraubenfixation (gewöhnlich eine, manchmal zwei 4,5-mm- oder 3,5-mm-Kortikalisschrauben)	recht gut bis gut	gut bis ausgezeichnet	Auch wenn das Pferd für die Zucht vorgesehen ist, ist eine Zugschraubenfixation angebracht. Rekonvaleszenz verkürzend. Eine arthroskopische Beobachtung während der Operation ist angebracht	<i>Auer, 1980; Bramlage, 1983; Fackelman und Nunamaker, 1982; McIlwraith und Turner, 1987; Palmer, 1983; Palmer und Adams, 1979</i>
	b) Splitterfrakturen eines oder mehrerer Karpalknochen	Zugschraubenfixation (mehrere Schrauben)	schlecht	recht gut	Gipsverband allein ist nicht ausreichend, Zugschraubung ist essentiell für die Genesung. Eine externe Fixation ist ebenfalls von Vorteil	<i>Auer, 1980</i>
Laterale Kondylen von McIII MtIII	laterale Kondylen (intraartikulär)	Zugschraubenfixation mit 4,5-mm-Kortikalisschrauben	recht gut bis gut	gut bis ausgezeichnet	Es muß sichergestellt werden, daß nicht gleichzeitig noch andere Verletzungen bestehen, z. B. Frakturen der Sesambeine oder der proximalen Phalangen und palmar (oder plantaren) Gelenkknorpel	<i>Barclay et al., 1985; Bowman et al., 1987; Rick et al., 1983; Adams et al., 1985</i>
Metakarpus	Streßfraktur	Zugschrauben	gut	ausgezeichnet	Dies ist die Stelle, an der es beim Pferd hauptsächlich zu Streßfrakturen kommt. Szintigraphie ist nützlich zur Diagnose	<i>Richardson, 1984; Spurlock, 1988; Ross et al., 1988; Lloyd et al., 1988</i>
Proximale Phalanx (P₁)	a) sagittal	4,5-mm-Kortikalisschrauben	recht gut bis gut	gut bis ausgezeichnet	Die Prognose und die Rekonvaleszenz sind stark vom Aussehen der Fraktur abhängig und davon, wie gut die Gelenkoberfläche rekonstruiert wird	<i>Fackelman, 1973; Gabel und Bukowiecki, 1983; Markel et al., 1985; Markel und Richardson, 1985; Ellis et al., 1987</i>
	b) schwere Trümmerfraktur	Externe Fixation mit Gips, mit oder ohne 4,5-mm-Schrauben	recht gut	gut	Wenn nur mit einem Gipsverbrauch behandelt wird, so kann dies dazu führen, daß der 3. Metakarpal- oder Metatarsalknochen die Frakturfragmente weiter voneinander entfernt	<i>Colahan et al., 1981; Gabel und Bukowiecki, 1983; Nunamaker et al., 1986</i>
Mittlere Phalanx (P₂)	a) Sagittalfaktur (selten)	Zugschraubenfixation mit 4,5-mm-Kortikalisschrauben	gut	ausgezeichnet		
	b) Abrißfraktur der kaudalen Eminenz	Zugschraubenfixation mit 4,5-mm-Kortikalisschrauben	recht gut	gut	Diese Frakturen sind sehr schwer zu behandeln, wenn das Fragment disloziert ist. Die Arthrodesis des Fesselgelenkes ist eine mögliche Alternative	<i>Nunamaker et al., 1986</i>
	c) schwere Trümmerfraktur	Externe Fixation mittels Gips mit oder ohne 4,5-mm-Schrauben oder AO-T-Platte	recht gut	gut		<i>Fackelman und Nunamaker, 1982; Gabel und Bukowiecki, 1983</i>

Tab. 2: Durch Zugschraubung behandelbare Frakturen

Knochen	Aussehen der Fraktur	Gegenwärtige Methode der Therapie	Einsatz im Sport	Einsatz zur Zucht	Kommentar	Bemerkungen
Distale Phalanx (P₃)	a) sagittal	Zugschraubenfixation (technisch schwer)	recht gut bis gut	ausgezeichnet	Kann durch postoperative Infektionen kompliziert werden	
	b) Flügel	Stallruhe, Hufeisen mit seitlichen Aufzügen ± Neurektomie	recht gut bis gut	ausgezeichnet	Eine Zugschraubenfixation bei dieser Art von Fraktur durchzuführen ist ausgesprochen schwierig	
	c) Proc.extensorius	Entfernung des Chips oder der Zugschraubenfixation, wenn das Fragment groß genug ist	recht gut bis gut	ausgezeichnet	Für gewöhnlich kommt es zu diesen Frakturen, wenn bereits degenerative Gelenkveränderungen vorliegen	<i>Gabel und Bukowiecki, 1983</i>
Patella	a) einfach	Zugschraubenfixation oder Stallruhe	vorsichtig	recht gut	Es handelt sich hierbei nicht um strikte Richtlinien zur Behandlung solcher Fälle. Jeder Fall muß individuell behandelt werden. Literatur sollte hinzugezogen werden	<i>DeBowes et al., 1980; Dik und Nemeth, 1983; Pankowski und White, 1985</i>
	b) Trümmerfraktur	Stallruhe	vorsichtig	schlecht		

oder Metatarsalknochens hingegen sollten entfernt werden, besonders dann, wenn ein Einsatz des Pferdes im Sport vorgesehen ist. Sonst käme es beim Belassen der Implantate oder Schrauben in der dorsalen bzw. palmaren (oder plantaren) Kortikalis des Knochens zu chronischen Lahmheiten. Dieses Problem tritt im Bereich der weiter proximal gelegenen Knochen nicht so in Erscheinung. Die Entfernung des Implantates ist vor allem bei Pferden, die in die Zucht gehen sollen, nicht notwendig. Bei Frakturen, die nur mit großen Schrauben behandelt wurden (Tab. 2), werden die Implantate selten entfernt. Die Hauptindikation zum Entfernen der Schrauben wäre eine chronisch kanalisierte Wunde, verbunden mit einer Infektion.

Bei der Osteomyelitis handelt es sich um eine tiefere und gravierendere Infektion des Knochens als bei der Osteitis. Sie entsteht im Anschluß an die Osteosynthese sowohl bei gedeckten als auch bei offenen Frakturen. Im ungünstigsten Fall tritt sie auch bei noch so strenger Einhaltung der aseptischen Vorschriften und trotz antibiotischer Prophylaxe auf. Die Osteomyelitis kann während der gesamten Zeit der Rekonvaleszenz entstehen. Der Patient wird dann nur widerwillig sein Bein belasten, was als empfindlichstes klinisches Symptom für eine Osteomyelitis anzusehen ist. Diese Symptomatik tritt schon viel früher zutage als die Schwellung oberhalb des Gipses oder eine Blutbildveränderung.

Röntgenaufnahmen sollen über die gesamte Rekonvaleszenzperiode angefertigt werden, nicht nur, um die Frakturheilung zu beobachten, sondern hauptsächlich auch, um frühe Anzeichen einer Osteomyelitis zu erkennen. Solche Anzeichen sind Osteolyse im Bereich des Implantates, Ausbrechen von Schrauben, exzessive periostale Wuche-

rungen, schlechte Frakturheilung und Knochenauflösung an der Frakturstelle. Für gewöhnlich ist der Kliniker vor einer möglichen Osteomyelitis gewarnt und reagiert sensibel gegenüber auffälliger Änderung bei der Benutzung der Gliedmaßen, noch bevor röntgenologische Veränderungen sichtbar sind. Dieses Verständnis für die Pathogenese oder Osteomyelitis ermöglicht wiederum eine konsequente, logische Therapie. Ein weiteres Kennzeichen ist die Thrombose von Blutgefäßen und die daraus resultierende Ischämie des Knochens. Es handelt sich also in erster Linie mehr um eine chirurgische Erkrankung als um eine medizinische. Antibiotika sind hier bestimmt hilfreich, besonders im Hinblick auf die Infektion der Weichteile bei einer Osteomyelitis. Sie sind aber nur gering oder gar nicht wirksam in bezug auf osteomyelitische Knochenveränderungen, da sie auf Grund der schlechten Blutversorgung gar nicht an den Ort des Geschehens gelangen.

Wird eine Osteomyelitis vermutet, müssen die Implantate sofort entfernt werden, um die Infektion einzudämmen. Stabilität und Frakturheilung sind aber von so großer Wichtigkeit, daß diese sichergestellt sein müssen, bevor die Implantate entfernt werden. Wenn die Implantate einen stabilen Eindruck machen, sollten sie an Ort und Stelle belassen werden.

Wenn ein Infektionsherd oder Sequester als solcher erkannt wird, kann eine lokale Kürettage und die Sequesterentfernung schon ausreichend sein. Eine Knochen transplantation ist nur dann sinnvoll, wenn ein noch relativ gesundes Knochenbett zur Aufnahme des Transplantates vorhanden ist und keine schwerwiegende Infektion vorliegt. Einen Fiberglasverband zum Osteosyntheschutz ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Stabilität des Implan-

tes nachzulassen droht. Liegt aber eine komplette Instabilität vor, muß der Chirurg entscheiden, ob er überhaupt mit der Frakturbehandlung fortfahren soll. Die Euthanasie ist in solchen Fällen oft humaner und die logische Alternative zu einer weiteren Operation.

Wenn eine Reoperation in Betracht gezogen wird und machbar erscheint, so muß wiederum gesteigerter Wert darauf gelegt werden, eine stabile Fraktur zu erlangen. Entfernung von krankem Knochen- und Weichteilgewebe, Sequesterentfernung, Spongiosatransplantation und erneutes Verplatten werden dann von größter Wichtigkeit sein. Die Stabilität der Fraktur kann durch äußere Ruhigstellung vergrößert werden.

B. Weitere Komplikationen bei der Frakturheilung

Während der Frakturheilung kommt es zu einer enormen Belastung der anderen Gliedmaße. Da das Pferd von Natur aus sehr viel Zeit auf den Beinen verbringt, ist die gewichtstragende Gliedmaße – im Gegensatz zu Kühen oder Kleintieren – einer Vielzahl von Verletzungen ausgesetzt, die sogar zum Tode des Pferdes führen können. Beim Fohlen sieht man oft überdehnte Beugesehnen oder knöcherne Gliedmaßen deformationen. Überdehnte Beugesehnen kommen beim erwachsenen Tier selten vor. Sie treten jedoch bei einseitiger Gewichtsbelastung auf. Die katastrophalste Verletzung, die daraus entstehen kann, ist die Rotation der distalen Phalanx. Diese Art von Verletzung kommt weitaus häufiger beim erwachsenen Pferd als beim Fohlen vor. Oft kommt sie bei schwergewichtigen Pferden vor, was darauf schließen läßt, daß die Ursache der Erkrankung mehr im physikalischen als im metabolischen Geschehen zu sehen ist. Wenn sie jedoch einmal vorhanden

ist, ist diese Erkrankung ausgesprochen schwer zu beeinflussen.

Präventivmaßnahmen sind am besten geeignet, dieses zu verhindern. Dies bedeutet, möglichst schnell wieder eine funktionell gesunde und schmerzfreie Gliedmaße zu bekommen.

Es ist der Weg, den das AO-System bei Kleintieren bereits anbietet, z. B. Nägel, Transfixationsgeräte. Das AO-System und die Geräte zur Transfixation nach *Nunamaker* (*Nunamaker et al.*, 1986) sind bisher die einzige Möglichkeit, die eine relativ stabile Ruhigstellung gewährt. Als flankierende Maßnahme sollte das Pferd in einer Box mit dicker Einstreu eingestallt werden. Korrekter Beschlag, Eisen etc., kann außerdem hilfreich sein. Normalerweise kann die Korrektur des Hufes aber nur unter Vollnarkose, wie sie auch zum Gipswechsel benötigt wird, durchgeführt werden. Zumeist ist es für den Schmied nicht möglich, die gesunde Gliedmaße aufzuheben und zu bearbeiten, wenn das Pferd eine Fraktur auf dem gegenüberliegenden Bein hat.

Eine wichtige Maßnahme, eine Rotation zu verhindern, ist es, die Hufe in unmittelbarem Anschluß an die Operation auszuschneiden. Dabei sollten alle Hufe ausgeschnitten werden, da dies während der Rekonvaleszenz zu einem schwierigen Unternehmen werden kann. Um Zwischenfälle auf der gegenüberliegenden, gewichtstragenden Gliedmaße zu vermeiden, wäre es ideal, eine möglichst kurze und komfortable Rekonvaleszenzphase zu ermöglichen. Die starre Ruhigstellung der Fraktur, unter Anwendung der AO-Kompressionstechnik, ist der erste Schritt in dieser Richtung.

Literatur

- Adams, S. B.* (1987): Surgical repair of a supraglenoid tubercle fracture in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 191, 332–334.
- Adams, S. B., Turner, T. A., Blevins, W. E., und Shamis, L. D.* (1985): Surgical repair of metacarpal fractures with palmar osteochondral comminution in two thoroughbred horses. *Vet. Surg.* 14, 32–35.
- Auer, J. A.* (1980): Diseases of the carpus. *Vet. Clin. North Am. (Large Anim. Pract.)* 2, 81–99.
- Auer, J. A.* (1988): Application of the dynamic condylar screw (DCS) and dynamic hip screw (DHS) implant system in the horse. *Vet. Comp. Orthop. and Traumatol.* 1, 18–25.
- Auer, J. A., und Watkins, J. P.* (1987): Treatment of radial fractures in adult horses – An analysis of 15 clinical cases. *Equine Vet. J.* 19, 103–110.
- Barclay, W. P., Forner, J. J., und Phillips, T. N.* (1985): Axial sesamoid injuries associated with lateral condylar fractures in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 186, 278–279.
- Burnett, J. W., Gustillo, R. B., Williams, D. N., und Kind, A. C.* (1980): Prophylactic antibiotics in hip fractures. *J. Bone Joint Surg.* 62, 457–461.
- Boulton, C. H., und Dallman, J. J.* (1983): Equine femoral fracture repair – A case report. *Equine Vet. Sci.* 3, 60–63.
- Bowman, K. F., Sweeney, C. L., und Tate, L. P.* (1987): Compression bone plating of a medial condylar fracture of the third metatarsal bone in a thoroughbred filly. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 190, 305–307.
- Bramlage, L. R.* (1983): Long bone fractures. *Vet. Clin. North Am. (Large Anim. Pract.)* 5, 285–310.
- Bramlage, L. R.* (1983): Surgical diseases of the carpus. *Vet. Clin. North Am. (Large Anim. Pract.)* 4, 261–273.
- Bramlage, L. R.* (1983): Current concepts of emergency first aid treatment and transportation of equine fracture patients. *Comp. Cont. Educ.* 5, 564–573.
- Bramlage, L. R., und Hanes, G. E.* (1982): Internal fixation of a tibial fracture in an adult horse. *J. Am. Vet. Assoc.* 180, 1090–1092.
- Brown, M. P., und Norrie, R. D.* (1978): Surgical repair of olecranon fractures in young horses. *J. Equine Med. Surg.* 2, 545–550.
- Burri, C.* (1975): Post traumatic osteomyelitis. Bern, Hans Huber Verlag.
- Colaban, P. T., und Meagher, D. M.* (1979): Repair of comminuted fractures of the proximal ulna and olecranon in young horses using tension band plating. *Vet. Surg.* 8, 105–111.
- Colaban, P. T., Wheat, J. D., und Meagher, D. M.* (1981): Treatment of middle phalangeal fractures in the horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 178, 1182–1185.
- Crawford, W. H., und Fretz, P. B.* (1985): Long bone fractures in large animals – A retrospective study. *Vet. Surg.* 14, 295–302.
- DeBowes, R. M., Grant, B. D., Chalman, J. A., und Rantanen, N. W.* (1980): Fractured patella in a horse. *Equine Pract.* 2, 49–53.
- Denny, H. R.* (1976): The surgical treatment of fractures of the olecranon in the horse. *Equine Vet. J.* 8, 20.
- Denny, H. R., Barr, A. R. S., und Waterman, A.* (1987): Surgical treatment of fractures of the olecranon in the horse – A comparative review of 25 cases. *Equine Vet. J.* 19, 319–325.
- Denny, H. R., Watkins, P. E., und Waterman, A.* (1983): Fracture of the femoral neck in a Shetland pony. *Equine Vet. J.* 15, 283–284.
- Dik, K. J., und Nemeth, F.* (1983): Traumatic patella fractures in the horse. *Equine Vet. J.* 15, 244–247.
- Donecker, J. M., Bramlage, L. R., und Gabel, A. A.* (1984): Retrospective analysis of 29 fractures of the olecranon process of the equine ulna. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 183–189.
- Dyson, S. J., und Greet, T. R. C.* (1986): Repair of a fracture of the deltoid tuberosity of the humerus in a pony. *Equine Vet. J.* 18, 230–232.

- Easley, K. J., Schneider, J. E., Guffy, M. M., und Boero, M. J. (1983): Equine ulnar fractures – A review of 25 clinical cases. *J. Equine. Vet. Sci.* 3, 5–12.
- Ellis, D. R., Simpson, D. J., Greenwood, R. E. S., und Crowhurst, J. S. (1978): Observations and management of fractures of the proximal phalanx in young thoroughbreds. *Equine Vet. J.* 19, 43–49.
- Embertson, R. M., Bramlage, L. R., und Gabel, A. A. (1986): Physeal fractures in the horse. 1. Management and outcome. *Vet. Surg.* 15, 230–236.
- Embertson, R. M., Bramlage, L. R., Herring, D. S., und Gabel, A. A. (1986): Physeal fractures in the horse. 1. Classification and incidence. *Vet. Surg.* 15, 223–229.
- Fackelman, G. E. (1973): Sagittal fractures of the first phalanx (P₁) in the horse. *Vet. Med. (Small Anim. Clin.)* 68, 622–636.
- Fackelman, G. E., und Nunamaker, D. M. (1982): Manual of internal fixation in the horse. New York, Springer Verlag, 37.
- Fretz, P. B. (1973): Fractured ulna in the horse. *Can. Vet. J.* 14, 50.
- Gabel, A. A., und Bukowiecki, C. F. (1983): Fractures of the phalanges. Symposium on Equine Orthopedic Surgery. *Vet. Clin. North Am. Philadelphia*, W. B. Saunders.
- Goble, D. O., und Brinker, W. O. (1977): Internal fixation of the equine scapula – A case report. *J. Equine Med. Surg.* 1, 341–343.
- Haynes, P. F., Watters, J. W., McClure, J. R., und French, D. (1980): Incomplete tibial fractures in 3 horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 177, 1143–1145.
- Hilbert, B. J., Jacobs, K., und Moir, D. (1980): Internal fixation of an avulsion fracture off the lateral proximal radius in a horse. *Aust. Vet. J.* 56, 228–229.
- Johnson, P. J., Allhands, R. V., Baker, G. J., Boero, M. J., Foreman, J. H., Hyyppa, T., und Hubn, J. C. (1988): Incomplete linear tibial fractures in 2 horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 192, 522–524.
- Kelman, D. A. (1980): Surgical repair of a spiral fracture of a humerus in a foal – A case report. *Aust. Vet. Pract.* 10, 259.
- Kopf, N., und Rettenbacher, G. (1981): Die Zuggurtung der Olekranonfraktur beim Pferd. *Prakt. Tierarzt* 7, 598.
- Leggon, R. E., Lindsey, R. W., und Panjabi, M. M. (1988): Strength reduction and the effects of treatment of long bones with diaphyseal defects involving 50 % of the cortex. *J. Orthop. Res.* 6, 540–548.
- Leitch, M. (1977): A review of treatment of tuber scapulae fractures in the horse. *J. Equine Med. Surg.* 1, 234–240.
- Livine, S. B., und Meagher, D. M. (1980): Repair of an ulnar fracture with radial luxation in a horse. *Vet. Surg.* 9, 58–60.
- Lloyd, K. C. K., Koblik, P., Ragle, C., Wheat, J. D., und Lakertz, J. (1988): Incomplete palmar fracture of the proximal extremity of the third metacarpal bone in horses – 10 cases (1981–1986). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 192, 798–803.
- Mackey, V. S., Trout, D. R., Meagher, D. M., und Hornof, W. J. (1987): Stress fractures of the humerus, radius, and tibia in horses. Clinical features and radiographic and/or scintigraphic appearance. *Am. J. Vet. Rad. Soc.* 28, 26–31.
- Markel, M. D., Martin, B. B., und Richardson, D. W. (1985): Dorsal frontal fractures of the first phalanx in the horse. *Vet. Surg.* 14, 36–40.
- Markel, M. D., und Richardson, D. W. (1985): Noncomminuted fractures of the proximal phalanx in 69 horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 186, 573–579.
- McGill, C. A., Hilbert, B. J., und Jacobs, K. V. (1982): Internal fixation of fractures of the ulna in the horse. *Aust. Vet. J.* 58, 101–104.
- McIlwraith, C. W., und Turner, A. S. (1987): Equine surgery advanced techniques. Philadelphia, Lea and Febiger.
- Monin, T. (1978): Repair of physeal fractures of the tuber olecranon in the horse using a tension band method. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 172, 287–290.
- Müller, M. E., Allgöwer, M., Schneider, R., und Willenegger, H. (1979): Manual of internal fixation. 2. Aufl. Heidelberg, Springer Verlag.
- Nunamaker, D. M., Bowman, K. F., Richardson, D. W., und Herring, M. (1986): Plate luting – A preliminary report on its use in horses. *Vet. Surg.* 15, 289–293.
- Nunamaker, D. M., Richardson, D. W., Butterweck, D. M., Provost, M. T., und Sigafos, R. D. (1986): A new external skeletal fixation device that allows immediate full weightbearing application in the horse. *Vet. Surg.* 15, 345–355.
- Palmar, S. E. (1983): Lag screw fixation of a sagittal fracture of the third carpal bone in a horse. *Vet. Surg.* 12, 54–57.
- Palmer, S. E., und Adams, F. R. (1979): Repair of a slab fracture of the third carpal bone using ASIF small fragment technique – A case report. *J. Equine Med. Surg.* 3, 33.
- Pankowski, R. L., Grant, B. D., Sande, R. (1986): Fractures of the supraglenoid tubercle. Treatment and results in five horses. *Vet. Surg.* 15, 33–39.
- Pankowski, R. L., und White, K. K. (1985): Fractures of the patella in horses. *Comp. Contin. Educ.* 7, 566–573.
- Pettersson, H. (1981): Die konservative und chirurgische Versorgung der Ulnafraktur. *Prakt. Tierarzt* 7, 585.
- Richardson, D. W. (1984): Dorsal cortical fractures of the equine metacarpus. *Comp. Contin. Educ.* 6, 248–255.
- Richardson, D. W. (1984): Medial condylar fractures of the third metatarsal bone in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 761–765.
- Richardson, G. L., Pool, R. R., Pascoe, J. R., und Wheat, J. D. (1986): Autogenous cancellous bone grafts from the sternum. *Vet. Surg.* 15, 9–15.
- Rick, M. C., O'Brien, T. R., Pool, R. R., et al. (1983): Condylar fractures of the third metatarsal bone in 75 horses – Radiographic features, treatment and outcome. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183, 287–296.
- Ross, M. W., Ford, T. S., und Orgini, P. G. (1988): Incomplete longitudinal fracture of the proximal palmar cortex of the third metacarpal bone in horses. *Vet. Surg.* 17, 82–86.
- Sanders-Shamis, M., und Bramlage, L. R. (1986): Radius fractures in the horse – A retrospective study of 47 cases. *Equine Vet. J.* 18, 432–438.
- Sandusky, W. R. (1980): Use of prophylactic antibiotics in surgical patients. Symposium on Surgical Infections. *Surg. Clin. North Am.* 60, 83–91.
- Spurlock, G. H. (1988): Propagation of a dorsal cortical fracture of the third metacarpal bone in two horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 192, 1587–1589.
- Stick, J. A., und Derksen, J. J. (1980): Intramedullary pinning of a fractured femur in a foal. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 176, 627–629.
- Stover, S. M., und Rick, M. C. (1985): Ulnar subluxation following repair of a fractured radius in a foal. *Vet. Surg.* 14, 27–31.
- Turner, A. S. (1977): Surgical repair of a fractured femur in a foal. *J. Equine Med. Surg.* 1, 180–185.
- Turner, A. S. (1983): Fractures of the olecranon. Symposium on Equine Orthopedics. *Vet. Clin. North Am. (Large Anim. Pract.)* 5, 275–283.
- Turner, A. S., Milne, D. W., Hohn, R. B., und Rouse, G. P. (1979): Surgical repair of fractured capital femoral epiphysis in 3 foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 175, 1198.
- Wagner, P. C., DeBowes, R. M., Grant, B. D., Kaneps, A. J., und Watrous, B. J. (1984): Cancellous bone screws for repair of proximal growth plate fractures of the tibia in foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 184, 688–691.
- Watkins, J. P., Auer, J. A., und Taylor, T. S. (1985): Crosspin fixation of fractures of the proximal tibia in 3 foals. *Vet. Surg.* 14, 153–159.
- White, N. A., Blackwell, R. B., und Hoffmann, P. E. (1982): Use of a bone plate for repair of proximal physeal fractures of the tibia in 2 foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 181, 252–254.
- Whiteside, L. A., und Lesker, P. A. (1978): The effects of extraperiosteal and subperiosteal dissection on fracture healing. *J. Bone Jt. Surg.* 60, 26–30.
- Willett, K. M., Simmons, C. D., und Bentley, G. (1988): The effect of suction drains after total hip replacement. *J. Bone Jt. Surg.* 70-B, 607–610.
- Wilson, D. G., und Riedesel, E. (1985): Nonsurgical management of ulnar fractures in the horse – A retrospective study. *Vet. Surg.* 14, 283–286.
- Young, D. R., et al. (1988): Use of dynamic compression plating for treatment of diaphyseal tibial fractures in foals – 9 cases (1980–1987). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*
- Yovich, J. V., und Aanes, W. A. (1985): Fracture of the greater tubercle of the humerus in a filly. *J. Am. Med. Assoc.* 187, 75.
- Yovich, J. V., Turner, A. S., und Smith, F. W. (1985): Holding power of orthopedic screws in equine third metacarpal and metatarsal bones. 2. Adult horse bones. *Vet. Surg.* 14, 230–234.

Professor Simon Turner
Colorado State University
Fort Collins
USA