

Aus der Tierärztlichen Klinik für Kleintiere Frankfurt am Main, Leitender Tierarzt Dr. med. vet. Volker Hach

Der Trilam-Nagel – eine neue Operationstechnik zur Osteosynthese beim Kleintier

Volker Hach

Zusammenfassung

Beim Trilam-Nagel handelt es sich um die neue Konstruktion eines elastischen Stahlnagels zur Osteosynthese von Femur, Tibia und Humerus beim Kleintier. Der Nagel hat im Querschnitt eine runde Grundform und ist mit drei in Längsrichtung verlaufenden Lamellen versehen. Die beiden Enden sind scharf angespitzt. Die Lamellen kerben sich bei der Intromission in die Markhöhle fest in die Substantia compacta des Knochens ein, so dass eine Rotation der Bruchfragmente ausgeschlossen wird. Der Trilam-Nagel wird bisher in vier Standardgrößen mit den Durchmessern von 3 bis 6 mm und den Längen von 110 bis 150 mm geführt.

Der entscheidende Vorteil des Trilam-Nagels liegt darin, daß zur Erhaltung der Rotationsstabilität keine Verriegelung mehr erforderlich ist. Dadurch lassen sich auch gelenknahe Frakturen stabil versorgen, das Operationstrauma vermindern und die Operationszeiten wesentlich verkürzen.

Wir haben den Trilam-Nagel bei 132 Frakturen an Hunden, Katzen, Kaninchen, Vögeln und an einem Affen erfolgreich eingesetzt. Die Art der Fraktur spielte bei der Indikationsstellung eine untergeordnete Rolle. In 101 Fällen zeigten sich die feste Verankerung des Nagels in der Markhöhle mit sofortiger Belastbarkeit des Patienten und ein schneller knöcherner Durchbau der Fraktur. Bei drei Tieren war die korrektive Operation wegen einer Teleskop-Instabilität nötig. Einmal kam es zu einer Verbiegung des Nagels. Bei einem anderen Tier blieb die Mobilität infolge übermäßiger Kallusbildung in Gelenknähe eingeschränkt.

Einleitung

Die operative Stabilisierung von Frakturen ist über 100 Jahre alt. Der Hamburger Unfallchirurg C. HANSMANN nahm 1883 im Allgemeinen Krankenhaus St. Georg die erste Plattenosteosynthese vor und berichtete darüber auf dem Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in Berlin. Den Weg zu einer routinemäßigen Anwendung der Osteosynthese eröffneten dann die Arbeiten von LAMBOTTE (1907) sowie KÜNTSCHER (1939). Auch in die Veterinärmedizin führte KÜNTSCHER im Jahre 1940 die Marknagelung ein.

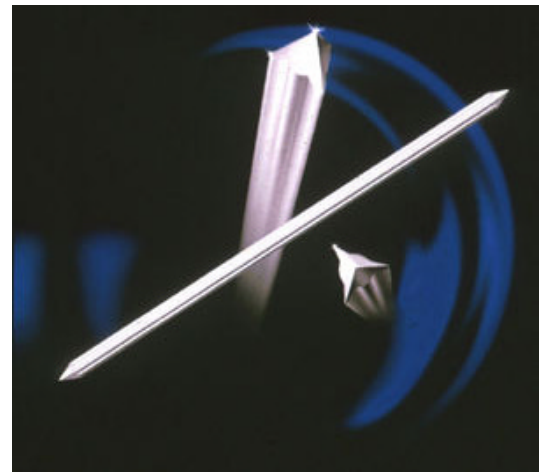


Abb. 1 Trilam-Nagel. Angebot in 4 verschiedenen Standardgrößen (3-6mm, 110-150 mm) und 5 Sondergrößen (7-11 mm, 160-220 mm).

In der Humanmedizin beginnt die Behandlung einer Fraktur der großen Röhrenknochen sofort am Unfallort mit der Schock- und Schmerzbekämpfung sowie der provisorischen Schienung. Beim Tier setzt die Therapie erst in der Notfallklinik ein. Im Prinzip sind kurzfristig die frühe Mobilität und langfristig die vollständige Wiederherstellung der Funktion der traumatisierten Extremität anzustreben (PERREN und KLAUE, 1991). Dazu ist die Osteosynthese erforderlich. Die Indikationen zur konservativen Frakturbehandlung der langen Röhrenknochen sind limitiert (HACH, 1997).

Für die Osteosynthese stehen verschiedene Methoden zur Verfügung.

Die Platte dient vor allem zur Schienung. Für die Kompression der Fragmente sind zusätzliche Zugschrauben oder Cerclagen geeignet. Bei der Plattenosteosynthese wird die primäre Knochenheilung mit geringer Kallusbildung unter absolut stabilen Bedingungen angestrebt (PERREN und KLAUE, 1991). Radiologisch und histologisch wurde im Bereich der Verplattung und der Osteosyntheseschrauben ein Abbau der Knochensubstanz nachgewiesen; das beruht nach KESSLER (1988a) sowie MONNEY et al. (1990) auf druckbedingten Durchblutungsstörungen. Eine durch das Implantat induzierte Entlastung des Knochens mit nachfolgender Atrophie, der „stress protection“ von GAUTHIER et al. (1984), ist weniger wahrscheinlich. In den letzten Jahren wurden „low contact“ - Platten in die Human- und Veterinärmedizin eingeführt, um eine Verbesserung der lokalen Durchblutungsbedingungen zu gewährleisten (BRUNNER und WEBER, 1981; PERREN und BUCHANAN, 1995; TEPIC und PERREN, 1995; BRUNNBERG et al., 1998).

Der intramedulläre Pin ist wegen seiner Rotationsinstabilität zur Osteosynthese der langen Röhrenknochen nur bedingt geeignet; er erreicht auch bei der Bündelung, dem „stack pinning“, keine genügende Stabilität (ROE, 1995; 1998;) und muß gegebenenfalls mit anderen Verfahren kombiniert werden (STEAD, 1998). Zu einer positiven Beurteilung der Pin-Nagelung gelangten HACKETHAL (1961) und BRUG et al. (1998) in der Humanmedizin sowie DIXON et al. (1994) aufgrund experimenteller Untersuchungen.

Der Marknagel hat in der Unfallchirurgie die größte Bedeutung erlangt. Er wirkt bei der Osteosynthese der langen Röhrenknochen als intramedullärer Kraftträger. Neben dem Küntschers-Nagel mit profiliertem Querschnitt wird der runde Steinmann-Nagel mit solider Metallstruktur in der Veterinärchirurgie am häufigsten verwendet. Die Marknagelung hat den Vorteil der gedeckten atraumatischen Operationstechnik (KÜNTSCHER und MAATZ, 1945). Dabei werden der Weichteilmantel geschont und die interventionelle Devaskularisierung im Frakturbereich vermieden. Der Nagel führt eine frühe Belastungsstabilität herbei (WELLER, 1991). Im Gegensatz zur Platte ist er imstande, die volle Belastung des Knochens frühzeitig allein zu tragen. Das gleicht den Nachteil einer indirekten Knochenheilung mit langsamerer Kallusbildung aus (PERREN und KLAUE, 1991). Der Marknagel erlaubt die optimale Stellung der Fragmente in der Längsachse, tendiert aber zur Instabilität bezüglich der Torsion und der axialen Verschiebung. Das macht sich um so mehr bemerkbar, je näher am Gelenk sich die Fraktur befindet. Deshalb wurde die zusätzliche Verriegelung eingeführt (WINQUIST et al., 1984; KLEMM und BÖRNER, 1985; WISS, 1986). Auch in der Tiermedizin hat sich der verriegelte Marknagel bei der Versorgung von gelenknahen Frakturen bewährt (BUCHHOLZ et al., 1987; DUELAND und JOHNSON, 1993; DUELAND et al., 1996, 1997; DUHAUTOIS, 1995; DURALL et al., 1994; HAUSSCHILD und FEHR, 1999; HAY und JOHNSON, 1995; MUIR et al., 1993; ROE, 1995).

Als Nachteil der Marknagelung gilt die Aufbohrung des Marklagers mit Zerstörung der medullären Gefäße und mit der Gefahr einer Embolisierung von Markinhalt. Deshalb wurde in den 80iger Jahren die unaufgebohrte Marknagelung propagiert, insbesondere bei offenen Frakturen; die spontane Lockerung des Nagels im Marklager während der Kallusbildung erschien dabei für die Restrukturierung des Knochens eher günstig (WELLER, 1991).

Der von uns entwickelte Trilam-Nagel erfordert weder die Verriegelung noch die Aufbohrung der Markhöhle, auch nicht im gelenknahen Frakturbereich. Seine Verwendung darf deshalb als eine sinnvolle Ergänzung der etablierten Techniken der Osteosynthese bei Frakturen von Femur, Tibia und Humerus betrachtet werden. Unsere Erfahrungen erstrecken sich bisher auf die Behandlung von Hunden, Katzen, Kaninchen, Vögeln und einem Affen.

Implantat

Der Trilam-Nagel wird aus elastischen Stahl hergestellt. Er hat im Querschnitt eine runde Grundform, an der drei Lamellen in der Längsrichtung verlaufen. Die beiden Enden des Nagels sind scharf angespitzt (Abb. 1).

Bisher wird der Nagel in vier Standardgrößen mit Durchmessern von 3 bis 6 mm und Längen von 110 bis 150 mm sowie in fünf Sondergrößen mit Durchmessern von 7 bis 11 und Längen von 160 bis 260 mm geführt (Trilam-Nagel System, Firma Brehmc). Diese Implantate sind für die Osteosynthese der langen Röhrenknochen von Hunden, Katzen, Kaninchen und großen Vögeln geeignet.

Operationstechnik

Die Indikation zum Einsatz des Trilam-Nagels besteht bei allen Frakturen von Femur, Tibia und Humerus im mittleren Drittel bis an die Grenze zur Metaphyse. Bei Frakturen im metaphysären Bereich selbst wird keine ausreichende Stabilität erreicht.

Die ideale Indikation für die operative Markschienung sind die Querfrakturen von Femur, Tibia und Humerus. Gut geeignet erscheinen aber auch Schräg- und Torsionsfrakturen, Dreifach- und Mehrfachbrüche, Trümmerfrakturen sowie die Pseudarthrose nach konservativer Therapie oder nach einem alternativen Operationsverfahren.

Der passende Marknagel wird nach dem Röntgenbild bestimmt. Es ist zweckmässig, einen zweiten Nagel derselben Größe bereitzuhalten, um an ihm während der Operation die jeweilige Eindringtiefe des implantierten Nagels vergleichen zu können.

Zur Operation befindet sich das Tier in der Seitenlage. Der Hautschnitt wird über der Fraktur in der notwendigen Länge angebracht. Bei einer Operation der Tibia erfolgt der Zugang von medial, bei Frakturen von Femur und Humerus von lateral her.

Der proximale Stumpf wird dargestellt, dabei aber nicht aus dem Gewebeverband gelöst. Jede Traumatisierung des Periosts ist sorgfältig zu vermeiden. Der Trilam-Nagel läßt sich gegen einen geringen Widerstand mit dem Hammer in die Markhöhle einschlagen. Es ist darauf zu achten, daß die drei Lamellen an der inneren Kompakta einkerben, um jede Rotation des Implantats zu verhindern (Abb. 2). Bei der Anpassung eines zu dicken Nagels droht die Berstung des Knochens. Oftmals erfolgt aber dieser Operationsabschnitt an der engsten Stelle der Markhöhle, so daß sich diese Problematik seltener ergibt.

Nach dem Einschlagen vom Bruchspalt her perforiert der Nagel schließlich das proximale Knochenfragment an seinem oberen Ende. Am Femur tritt die Nagelspitze zwischen dem Trochanter major und dem Oberschenkelkopf, am Schienbein an der Tuberositas tibiae und am Humerus oberhalb des Tuberculum majus heraus. Wiederholte Abmessungen mit dem Vergleichsnagel erlauben während des Ablaufs der Operation eine gute Übersicht. Die transkutane Palpation der durchgetriebenen Nagelspitze gelingt durch spezielle Expositionen der Extremität besser; die proximalen Fragmente des Femur und des Humerus werden nach medial bewegt und das proximale Fragment der Tibia im Knie extrem gebeugt. Dann läßt sich der Nagel durch einen kleinen Einschnitt der Haut herausleiten.

Im zweiten Abschnitt der Operation wird die untere Spitze des Marknagels in das distale Fragment eingeführt. Die Reposition erfolgt mit der größten Sorgfalt, um die zueinander passenden Zacken zu verhaken. Daraufhin wird der Nagel von oben her unter Beobachtung des Frakturspalts zurückgeschlagen. Auch in dieser Phase erlaubt die Abmessung mit dem Vergleichsnagel eine gute Kontrolle über den Fortgang des Eingriffs.

Der Spalt muß von interponierten Gewebeteilen befreit und soweit wie möglich geschlossen werden. Die Knochensplinter in der Umgebung lassen sich manuell in eine günstige Position zur Fraktur bringen, ohne sie dabei aus dem Gewebeverband zu lösen. Die Adaption der Weichteile durch Knopfnähte und die Hautnaht schließen die Operation ab.

Ergebnisse

Vom 1.6.1997 bis 15.12.1999 wurden in der Tierärztlichen Klinik für Kleintiere Frankfurt/Main 132 Frakturen mit dem Trilam-Nagel bei 40 Hunden, 88 Katzen, 2 Kaninchen, 1 Vogel und 1 Affen versorgt. In der Mehrzahl der Fälle war die Tibia betroffen, an zweiter Stelle der Femur (Tab. 1).

Die Art der Fraktur spielte für die Operation eine untergeordnete Rolle. Am besten geeignet erschienen glatte Quer- oder Schrägbrüche in der Mitte des Röhrenknochens (Abb. 3, Tab. 2). In unserem Krankengut waren aber die Mehrfach- und Trümmerfrakturen am häufigsten vertreten (Abb. 4). Die größten Vorteile des Trilam-Nagels gegenüber den alternativen Verfahren der Osteosynthese zeichneten sich dann ab, wenn die Frakturen bis in die Nähe der Metaphyse reichten. Der Verzicht auf die Verriegelung führte hier zu einer erheblichen Vereinfachung des Eingriffs mit geringerer Traumatisierung und zu einer Verkürzung der Operationsdauer. Kurze distale oder proximale Fragmente ließen sich regelmäßig stabilisieren (Abb. 5 und 6).

Die durchschnittliche Operationszeit der Osteosynthese mit dem Trilam-Nagel betrug 25 Minuten (15 - 45 min). Eine chirurgische Assistenz reichte aus. Bei Tibiafrakturen wurde ein zusätzlicher Verband für etwa 3-5 Tage angelegt. Nach Beendigung der Narkose wurde der Patient in die Pflege des Besitzers nach Hause entlassen. Nur in besonderen Fällen war eine stationäre Überwachung nötig. Die postoperative Betreuung erfolgte durch den Haustierarzt.

Etwa am 14. Tag wurde Kontakt mit dem Haustierarzt aufgenommen, um sich über das Ergebnis der Operation zu informieren. In allen Fällen kam es zur primären Heilung. Nach vier Wochen wurde dem Tier die volle Bewegungsfreiheit erlaubt. Bei einer 14-jährigen Katze traten nach der Rekonstruktion einer Humerusfraktur die Wanderung des Nagels nach proximal und eine Refraktur im alten Bruchbereich ein. In zwei weiteren

Fällen von Mehrfachfrakturen kam es zu einer leichten Verschiebung bzw. Verkürzung des Frakturbereiches und dadurch zu einer Irritation der Gewebe an der proximalen Nagelspitze. Die Kürzung des Nagels führte dann schnell zur Heilung. Bei einer jungen Katze wurde die Verbiegung des Trilam-Nagels beobachtet. Nach der erneuten Operation heilte die Fraktur ab. Eine Katze reagierte nach der Versorgung einer gelenknahen Humerusfraktur mit einer überschießenden Kallusbildung; klinisch zeigte sich eine leichte Einschränkung der Beweglichkeit des Gelenks.

Die Entfernung des Nagels nach Abheilung der Fraktur ist im allgemeinen nicht nötig. Sie wird nur in speziellen Fällen, wie beispielsweise bei der Irritation von benachbarten Geweben, empfohlen.

Bei 101 Tieren war innerhalb von 30 Monaten die röntgenologische Nachuntersuchung möglich. In allen Fällen zeigte sich eine feste Verankerung des Trilam-Nagels. Insbesondere ließen sich an den Kufen der Lamellen keine größeren Resorptionszonen des Knochens nachweisen. Die Frakturen waren knöchern durchgebaut. In keinem Fall trat eine Pseudarthrose auf.

Diskussion

G. Küntscher schrieb 1962 im Vorwort seiner klassischen Monographie Praxis der Marknagelung: „Die Nutzung des Marknagels stellt eine ganz neue Form der Chirurgie dar. Sie erfordert eine sehr große Erfahrung und Übung. Es gibt hier nicht – wie häufig in der Medizin – Unklarheiten und Ungenauigkeiten. Die Ursache des Mißerfolgs ist stets klar zu sehen, andererseits ist beim peinlich genauen Arbeiten die Garantie des Erfolgs gegeben“.

Das biomechanische Prinzip der Marknagelung von Frakturen der langen Röhrenknochen besteht in der Schienung der Fragmente durch einen Kraftträger, durch den in die Markhöhle regelrecht plazierte Nagel. Im Gegensatz zu der starren Plattenosteosynthese mit Kompression der Fragmente ist bei der Marknagelung immer eine minimale Instabilität vorhanden, die eine sekundäre Knochenheilung induziert. Die kräftige Kallusbildung und das stabile Implantat garantieren eine schnelle und sichere Belastbarkeit der verletzten Gliedmasse. Die Vorteile der Osteosynthese durch die Marknagelung nach Küntscher liegen in der gedeckten Versorgung eines geschlossenen Bruches, in der frühzeitigen Funktionsstabilität sowie in der günstigen Restrukturierung des Knochens während der Heilung (KÜNTSCHER, 1962; WELLER, 1991). Durch die Marknagelung nach dem Küntscher-Konzept wird eine elastische Verklammerung des Implantats in transversaler und longitudinaler Richtung erreicht. Das gilt aber nur für die diaphysären Quer-, Schräg- und kurzen Spiralfrakturen, sowie für die Frakturen mit einem dritten Fragment; zu den Metaphysen hin tritt ein zunehmender Verlust an Stabilität in mehrdimensionaler Hinsicht auf. Das kann zu verschiedenen Komplikationen wie fehlender Belastbarkeit, Heilungsstörungen und Fehlstellungen führen.

Eine andere Gefahrenquelle der klassischen Nagelung liegt in der Aufbohrung der Markhöhle (GRUNDNES und REIKERAS, 1994; MARTIN et al., 1996; NEUDECK et al., 1996). Küntscher faßte die Komplikationen unter den Begriffen Fettembolie, Schock und Infektion zusammen. Weiterhin gehören die Sprengung des Knochenrohres, die Verletzung der angrenzenden Gelenke oder Frakturen des sich festlaufenden Nagels dazu. Aus einer falschen Zielrichtung des Nagels bei der Einführung in die Markhöhle von Femur und Tibia resultieren eine Reihe von Begleitverletzungen.

Bei Hund und Katze sind die anatomischen Verhältnisse der langen Röhrenknochen anders als beim Menschen. Die proximalen Zugänge für einen geraden Marknagel am Tuberculum majus und an der Tuberositas tibiae sind gegenüber dem Schaft weniger prominent, so daß sich das Einschlagen des Nagels genau in das Zentrum der Markhöhle oftmals schwierig gestaltet. Schon die kleinste Abweichung aus der Achse führt zur Perforation mit der Gefahr von Nebenverletzungen.

Das Instrumentarium, die Operationstechnik und die Implantate erfuhren in den letzten Jahren für die Humanmedizin und für die Tiermedizin wesentliche Verbesserungen, so daß sich auch dort noch Indikationen zur Nagelung ergeben, wo die Plattenosteosynthese bisher den Vorzug hatte. Eine wesentliche Erweiterung in dieser Hinsicht stellt die Verriegelung dar, um eine Torsionsinstabilität besonders in der Nähe von Gelenken zu vermeiden (DURALL und DIAZ, 1996; DUELAND et al., 1999; HACH, 1999; KEMPF, 1991; ROUSCH und MCLAUGHLIN, 1999).

Der klassische Marknagel hat seine Indikation beim mediadiaphysären queren oder kurzen schrägen Bruch. Der intakte Markkanal muß nach dem kleineren Fragment hin wenigstens 3 cm lang sein, sonst können keine ausreichende Rotationsstabilität erreicht und das Teleskopieren der Segmente nicht verhindert werden. Küntscher wählte aus diesen Gründen die Kleeblattform des Nagels mit dem Schlitz in Längsrichtung.

Nach den Untersuchungen von KEMPF (1991) hängt die Rotationsstabilität in der Hauptsache von der Längsverklammerung des Nagels und von der Verzahnung der Bruchflächen ab. Dynamische proximale und distale Verriegelungen erhöhten die Rotationsstabilität um das Doppelte. Damit lassen sich heute eine Mehrzahl der diaphysären Brüche operieren, auch die Dreifragmentbrüche, Stück-, Trümmer- und Defektbrüche, Pseudarthrosen sowie die Osteotomie in der Wiederherstellungschirurgie.

Der in der Veterinärmedizin übliche Steinmann-Nagel bietet für eine Verriegelung keine Möglichkeit (MILLER, 1998). Deshalb wurden Kombinationen mit dem Fixateur externe bzw. mit dem Kirschner-Ehmer-Apparat konstruiert.

Durch den Trilam-Nagel wird das wichtigste Problem der Marknagelung, die Rotationsinstabilität gelöst (HACH 1999). Die drei Lamellen garantieren bei richtiger Abmessung die Querverspannung des Implantats. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß auf die Aufbohrung der Markhöhle mit ihren Risiken verzichtet wird. Die Längsverspannung des Nagels geht vom Eintrieb in die Metaphyse aus.

Abweichend von den bisher bekannten Nagelungstechniken wird beim Trilam-Nagel offen operiert. Dadurch erhöht sich das Infektionsrisiko (JENNY et al., 1994; MELCHER et al., 1995). Deshalb empfiehlt sich die Single-Shot - oder die Kurzzeit-Antibiose. Es kommt der kürzeren Operationsdauer zugute, daß sich die Präparation im Frakturbereich auf das Notwendigste beschränken muß. Die Belassung von kleinen Bruchstücken in ihrer Gewebsverankerung und ihrer Blutversorgung sowie die Erhaltung des Frakturhämatoms haben einen günstigen Einfluß auf die Knochenheilung (ILIZAROV, 1989).

Unsere bisherigen Erfahrungen vom 1.6.1997 bis 15.12.1999 belaufen sich auf 132 Operationen an Hunden und Katzen sowie zwei Kaninchen, einem Uhu und einem Affen. Darunter befanden sich 25 Frakturen, die am Übergang zur Metaphyse lagen. In allen Fällen erbrachte der Trilam-Nagel eine optimale Stabilität in der Rotation und in der Längsrichtung. Die Operationstechnik ist relativ einfach und leicht erlernbar. Ernsthafte Komplikationen wurden nicht beobachtet.

Als Kontraindikation für die Verwendung des Trilam-Nagels gelten alle Umstände, die auch auf andere Verfahren der Osteosynthese zutreffen. An erster Stelle werden allgemeine Krankheiten genannt, die eine Narkose oder eine chirurgische Intervention nicht zulassen. Bei

Spontanfrakturen infolge einer metastasierenden Tumorkrankheit muß mit dem Besitzer des Tieres die Prognose abgesprochen werden (FRY und JUKES, 1995). Entsprechendes gilt natürlich auch für Frakturen, die im Rahmen einer Polytraumatisierung vorliegen.

Stark verschmutzte offenen Frakturen schließen die Marknagelung wegen des Risikos der Osteomyelitis aus. Inwieweit die Marknagelung zu einem späteren Zeitpunkt in Betracht kommt, wenn sich die Situation durch einen Fixateur externe bereinigt hat, bleibt von Fall zu Fall abzuwägen.

Auch Jungtiere können unter Schonung der Epiphyse mit dem Trilam-Nagel versorgt werden; gerade hier muß für das weitere Leben des Tieres eine optimale Funktionsfähigkeit angestrebt werden. Außerdem ist die Immobilisation von Jungtieren oftmals schwierig, so daß eine frühzeitige Belastbarkeit nach dem Unfall angestrebt wird. Auch das hohe Lebensalter gilt nicht als Gegenanzeige. Das alte Tier kann sofort nach der Operation wieder ohne Beeinträchtigung laufen, und es werden sekundäre Gelenkschäden infolge der Immobilisation oder Fehlbelastung vermieden (HACH, 1999).

Die Einführung des Trilam-Nagels erweitert und vereinfacht das Spektrum der Osteosynthese bei Frakturen der großen Röhrenknochen. Das neue Verfahren erlaubt auch Rationalisierungen in finanzieller Hinsicht. In Zukunft kommt es darauf an, die praktischen Erfahrungen auszudehnen und in der Veterinärmedizin weitere Indikationen zu erarbeiten.

Tierärztliche Klinik Frankfurt - Telefon: 069 / 66 80 000 - Notdienst 24 Stunden

