

tifix[®] Ilizarov Ringfixateur & Hexapod System

tifix[®] Ilizarov ring fixator & hexapod systems

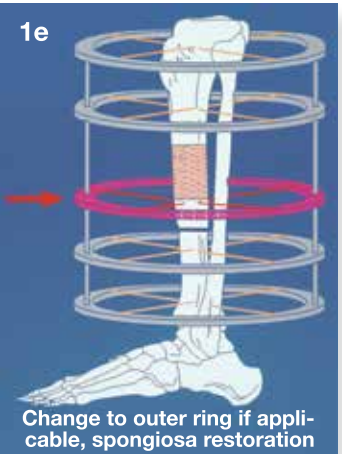
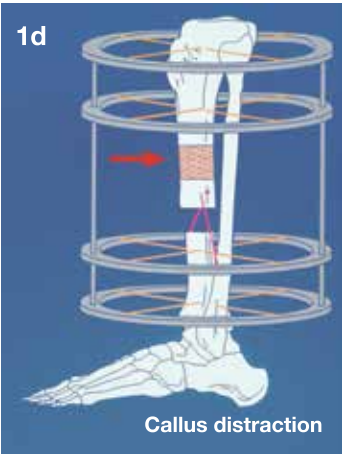
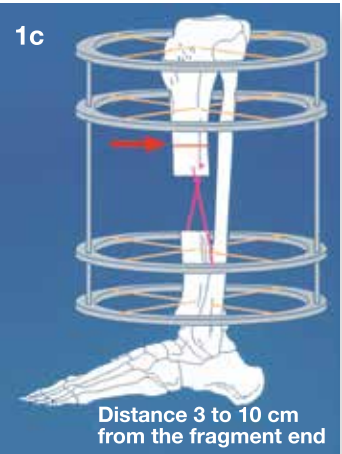
Prinzip des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateur
Principles of segment transport using the **Ilizarov** ring fixing device

Beim Segmenttransport werden die Erfahrungen verwendet, die bei der Extremitätenverlängerung gewonnen wurden. So wiesen verschiedene Untersucher nach, dass kontinuierlicher oder gepulster Dehnungsreiz zwischen zwei Knochenenden Granulationsgewebe erzeugt, in welchem fibroblasten-ähnliche Zellen Kollagenfibrillen um zentrale Kapillaren bilden. In diesem Weichgewebe-gerüst ordnen sich gleichmäßig Osteoblasten an, die Osteoid bilden. Es resultiert der Aufbau eines typischen Röhrenknochens. Diese Art der Knochenbildung nennt man „intramembranöse Knochenbildung“ [Pesch und Wagner 1974, Monticelli 1981, Paley 1988, Ilizarov 1989, Aronson et al 1989, Delloye et al 1990, de Pablos und Canadell 1990, Lascombes et al 1991, Shearer et al 1992].

Im Gegensatz zur Verlängerung wird beim Segmenttransport ein vitales Knochenrohrsegment aus dem vitalen Knochenrohr abgetrennt und schrittweise in den aufzufüllenden Defekt mit einem sogenannten Zugmechanismus verschoben. Schließlich „dockt“ das verschobene Segment am ursprünglichen Knochenrohr an und wird hier unter Kompression eingetaucht oder in der „docking site“ wird zwecks rascheren Durchbaus eine autogene Spongiosaplastik ausgeführt. Gleichzeitig erfolgt der Wechsel des Transportmechanismus in einen Fixationsring (Abb. 1a – e).

Der Segmenttransport kann auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden. Die leichteste Methode ist der einfache Transport (Abb. 2a), der von proximal nach distal und ebenso umgekehrt von distal nach proximal ausgeführt werden kann. Da die proximale Durchblutung günstiger als die distale ist, wird diese Transportrichtung favorisiert, wobei die Durchtrennung des Knochenrohrs, von Ilizarov „Corticotomie“ genannt, möglichst im metaphysären Abschnitt liegen sollte.

Beim doppelten Transport (Abb. 2b) werden 2 Segmente gegeneinander transportiert, wobei grundsätzlich 1 x von proximal nach distal, 1 x von distal nach proximal transportiert wird (evtl. hier in halbierter Geschwindigkeit). Der wesentliche Vorteil des doppelten Transports liegt in der Verkürzung der erforderlichen Distraktionszeit (= Transportzeit). Eine weitere Variante stellt der Tandemtransport dar, wobei beide Segmente von proximal nach distal oder umgekehrt bewegt werden, das entferntere Segment aber in doppelter Geschwindigkeit gezogen werden muss (Abb. 2c). Doppelter und Tandemtransport sind außerordentlich störanfällig und können nur bei sehr differenzierten Patienten ausgeführt werden.



Prinzip des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateur
Principles of segment transport using the **Ilizarov** ring fixing device

Segment transport utilizes the experiences gained in lengthening extremities. Various investigators have proven that continuous or pulsed extension stimulus between two bone ends generates granulation tissues in which fibroblast-like cells form collagen fibrils around central capillaries. Osteoblasts which form osteoid tissues arrange themselves evenly in this soft tissue structure. This results in the formation of a typical long hollow bone. This type of bone formation is termed “intramembranous bone formation” [Pesch and Wagner 1974, Monticelli 1981, Paley 1988, Ilizarov 1989, Aronson et al 1989, Delloye et al 1990, De Pablos and Canadell 1990, Lascombes et al 1991, Shearer et al 1992].

Contrary to extension, segment transport involves cutting a vital hollow bone segment from the vital bone tube and gradually shifting it into the defect that must be filled, using a so-called drawing mechanism. Finally the shifted segment “docks” on the original bone tube and is here immersed under compression or an autogenic spongiosa restoration is carried out in the “docking site” for more rapid intergrowth. At the same time, the transport mechanism is changed into a fixation ring (Fig. 1a – e).

Segment transport can be done in various ways. The easiest method is simple transport (Fig. 2a), which can be placed from the proximal to the distal direction or conversely from the distal to the proximal direction. Since the proximal circulation is more favorable than the distal circulation, this transport direction is favored, wherein the separation of the bone tube which Ilizarov refers to as “corticotomy” should lie in the metaphyseal segment if possible.

In double transport (Fig. 2b), 2 segments are transported against each other, wherein transport fundamentally takes place 1 x from the proximal to the distal direction and 1 x from the distal to the proximal direction (possibly here at half the speed).

The significant advantage of the double transport lies in shortening the required distraction time (= transport time). Tandem transport is another variant; in this, both segments are moved from the proximal to the distal direction or the reverse; however, the more distant segment must be drawn at double the speed (Fig. 2c). Double and tandem transport are extraordinarily susceptible to problems and can only be used in very differentiated patients.

Prinzip des Segmenttransports beim Ilizarov-Ringfixateur
Principles of segment transport using the Ilizarov ring fixing device

Der Erfolg des Segmenttransports hängt von mehreren Faktoren ab:

1. Stabilität

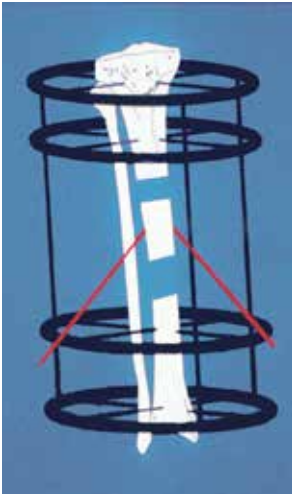
[Aronson et al 1988, Ilizarov 1989, Pfeil und Niethard 1990, Wolfson et al 1990, Aronson und Harp 1992, Calhoun et al 1992, Delprete und Gola 1993, Kenwright und White 1993]:

Bei der Verwendung des Ringfixateurs bedeutet dies, dass jedes Fragment mit je 2 Ringen stabilisiert sein muss (Abb. 1a-d, 3a-d).

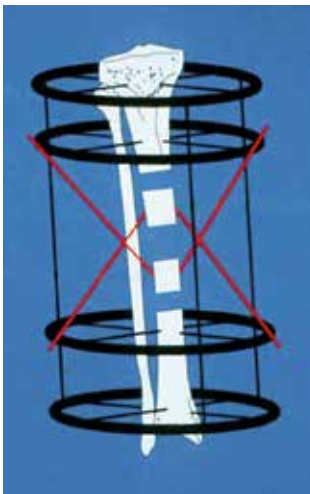
Für die Steifigkeit des Systems sind biomechanische Gesichtspunkte von Bedeutung:

Beim Ringpaar ist insbesondere zu beachten:

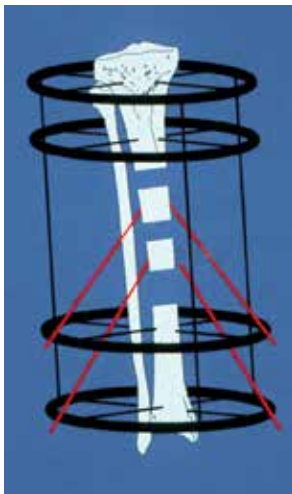
- a) Ringgröße (so klein wie möglich)
- b) Drahtanzahl (mindestens 2 zwischen 30° und 60° zueinander)
- c) Drahtvorspannung (500 – 700 N) (ab 510 N beginnt der Draht zu rutschen)
- d) innerer Abstand zwischen den Ringen (so groß wie möglich, Mindestabstand 4 cm zwischen den Ringen).



2a



2b



2c

2. Gewebeschonende, vaskularitätserhaltende Knochentrennung = Corticotomie

[Allan 1948, Anderson 1952, Kawamura et al 1968, Ilizarov 1989, Brutscher et al 1992, Kenwright und White 1993]:

Für Ilizarov war der Erhalt der medullären Gefäße von entscheidender Bedeutung. Deshalb wurde von ihm und seinen Mitarbeitern eine besondere Knochendurchtrennung entwickelt, wobei die Corticalis ventral, medial und lateral mit einem speziellen Meißel durchtrennt, die dorsale Corticalis durch eine Rotation der Fragmente gegeneinander frakturiert wurde.

Bei der Osteotomie des Knochenrohrs mit Meißel oder Säge werden die medullären Gefäße durchtrennt, was allerdings – wie Brutscher nachweisen konnte – die Bildung der intramembranösen Knochenbildung nicht verhindert, aber um ca. 4 Wochen verzögert.

Prinzip des Segmenttransports beim Ilizarov-Ringfixateur
Principles of segment transport using the Ilizarov ring fixing device

1. Stability

[Aronson et al 1988, Ilizarov 1989, Pfeil und Niethard 1990, Wolfson et al 1990, Aronson und Harp 1992, Calhoun et al 1992, Delprete und Gola 1993, Kenwright und White 1993]:

When using the ring fixing device, this means that every fragment must be stabilized with 2 rings each (Fig. 1 a-d, 3a-d).

Biomechanical aspects are significant for the stiffness of the system:

In the ring pair, it is particularly necessary to note the following:

- a) Ring size (as small as possible)
- b) Number of wires (at least two between 30° and 60° to each other)
- c) Wire tension (500 – 700 N) (the wire begins to slip at 510 N)
- d) Inner distance between the rings (as large as possible, minimum distance 4 cm between the rings)

2. Bone separation which is gentle on tissues and maintains vascularity = corticotomy

[Allan 1948, Anderson 1952, Kawamura et al 1968, Ilizarov 1989, Brutscher et al 1992, Kenwright und White 1993]:

It was of decisive importance for Ilisarow to maintain the medullary vessels. Therefore he and his co-workers developed a special bone separation method wherein the corticalis is ventrally, medially and laterally separated with a special chisel, while the dorsal corticalis was fractured by rotation of the fragments against each other.

In the osteotomy of the bone tube with a chisel or saw, the medullary blood vessels are cut; as Brutscher was able to prove, this does not prevent formation of the intramembranous bone growth, but delays it by approx. 4 weeks.

Prinzip des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateur
Principles of segment transport using the **Ilizarov** ring fixing device

3. Verzögerter Beginn der Distraction

[Bier 1923, Abbott 1927, Barr und Ober 1933, De Bastiani et al 1987, Ilizarov 1989, White und Kenwright 1991]:

Nach Corticotomie und moderater Separation der Fragmente (max. 2 mm) muss einige Tage zugewartet werden, bis sich dehnungsfähiges Granulationsgewebe zwischen den Fragmenten gebildet hat. Für die Dauer der Distaktionspause gibt es Empfehlungen zwischen

4 – 12 Tagen. Grundsätzlich gilt: Je schwerer der vorliegende Weichteil- und/oder Knochenschaden ist, desto länger muss mit dem Beginn der Distraction gewartet werden.

4. Ausmaß und Rhythmus der Distraction

[Ilizarov 1989, White und Kenwright 1990]:

Den Distaktionsrhythmus und die Distaktionsstrecke haben insbesondere Ilizarov und Mitarbeiter in umfangreichen Tierversuchen untersucht. Dabei kristallisierten sich die Umstände als besonders erfolgreich heraus, die in den jahrzehntealten Verlängerungstechniken der westlichen Welt nicht angewendet worden waren, weshalb diese Techniken so oft Mißerfolge aufgewiesen hatten.

Je kleiner der einzelne Distaktionsschritt und je häufiger ausgeführt, desto günstiger gestaltet sich die Knochenbildung. Mit anderen Worten bedeutet dies,

dass die als besonders effektiv erkannte Distaktionsstrecke von 1 mm pro Tag in möglichst vielen Einzelschritten erreicht werden sollte.

Aus diesem Grund kommt der Entwicklung von Distaktionsmotoren mit sehr langsamer Zuggeschwindigkeit besondere Bedeutung zu.

Als Faustformel gilt:

4 x 0,25 mm/Tag. Bei Kindern und am Oberschenkel kann die Distaktionsstrecke im Einzelfall bis auf 2 mm/Tag vergrößert werden.

5. Erhalt und/oder Wiederherstellen der Extremitätenfunktion

[Ilizarov 1992, Schmidt und Wolter 1995]:

Die wesentliche Bedeutung der funktionellen Therapie hat Ilizarov erkannt und stets betont.

Von vielen Autoren wird aber gerade dieser Gesichtspunkt vernachlässigt.

Es sei unterstrichen, dass jeder Erfolg eines Segmenttransports von der gleichzeitig einsetzenden Gebrauchstherapie abhängig ist, um den Wiedergewinn der funktionsfähigen Extremität zu erreichen.

Prinzip des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateur
Principles of segment transport using the **Ilizarov** ring fixing device

3. Delayed start of distraction

[Bier 1923, Abbott 1927, Barr and Ober 1933, De Bastiani et al 1987, Ilizarov 1989, White and Kenwright 1991]:

After corticotomy and moderate separation of the fragments (max. 2 mm), it is necessary to wait a few days until stretchable granulation tissues have formed between the fragments. Regarding the duration of the distraction phase, recommendations vary from 4 – 12 days. Fundamentally, the following applies:

The more severe the soft tissue and/or bone damage, the longer it is necessary to wait before starting distraction.

4. Extent and rhythm of the distraction

[Ilizarov 1989, White and Kenwright 1990]:

Ilizarow and his co-workers in particular investigated the distraction rhythm and the distraction distance in extensive animal tests. Herein the particularly successful circumstances were shown to be those which had not been used in the decades-old extension techniques of the Western world, due to which these techniques had so often shown poor results.

The smaller the distraction step and the more frequently it was done, the better was the resultant bone formation.

In other words, this means that the distraction distance of 1 mm per day which is recognized as particularly effective should be reached in as many individual steps

as possible. For this reason, great significance is given to the development of distraction motors with a very slow drawing speed. The rule of thumb is as follows:

4 x 0,25 mm/day. In children and on the thigh, the distraction distance can be increased to 2 mm/day in individual cases.

5. Maintaining and/or restoring the function of the extremities

[Ilizarov 1992, Schmidt and Wolter 1995]:

Ilisarow recognized and always emphasized the significant importance of functional therapy.

However, many authors neglect this perspective in particular.

It must be emphasized that every success of a segment transport depends on the use therapy which must be applied simultaneously in order to regain a functional extremity.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Durchführung der Ringfixateurmontage am Unterschenkel

Wir erläutern hier die Montageform – wie sie sich uns nach 18-jähriger ständiger Anwendung als günstigste herausgestellt hat.

Wir verwenden nur noch selten vor der OP fertiggestellte Montagen, weil mit einiger Übung die intraoperative Fertigung – wie sie hier gezeigt wird – rasch auszuführen ist.

Wir bevorzugen auch nicht die original russische Montageform, bei der erst alle Drähte gelegt werden und dann erst die Ringmontage ausgeführt wird.

Diese Montagen sind häufig wenig symmetrisch, die Patientenbehinderung ist dadurch größer.

Gravierende Nachteile sind uns bei unserer Montage nicht bekannt.

Für die Durchführung der Ringfixateurmontage am Unterschenkel liegt der Patient auf dem Rücken, der Unterschenkel wird bis etwa zur Mitte des Oberschenkels mit Einschluß des gesamten Fußes abgewaschen und steril gelagert. Dabei unterpolstert man Oberschenkel und Fuß derart, dass der Unterschenkel selbst ca. 10 cm über dem Tisch liegt.

Nach der Desinfektion werden die sogenannten Landmarken mit wasserfestem Stift markiert, um die Montage leichter und rascher zu gestalten.

Man zeichnet folgende anatomischen Strukturen an:

- Kniescheibe
- Kniegelenkspalt medial und lateral
- Fibulaköpfchen
- Tuberositas tibiae
- ventrale Kante der Tibia (Rotationskontrolle),
- Außenknöchel
- Innenknöchel
- OSG-Gelenkspalt
- Großzehengrundgelenkspalt
- Lage des Knochendefektes.

Anschließend wählt man die erforderliche Ringgröße aus, indem man einen zusammengeschraubten Ring über die proximale Tibia hält. Der Ring wird asymmetrisch platziert.

Er muß zwischen innerer Ringkante und Weichteilen medial und ventral möglichst wenig Zwischenraum aufweisen.

Dieser muss allerdings mindestens 1 QF, lateral und dorsal mindestens 2 QF betragen, um bei postoperativer Schwellung kein Einschnüren der Weichteile zu erleben.

Cave: Wegen der möglichen Schwellung eher Ring zu groß als zu klein wählen (biomechanisch kleiner Ring stabiler).

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Mounting the Ring Fixator on the lower leg

We will explain the mounting form here as we have seen it in its most favorable form after 18 years of constant use.

We now only rarely use assemblies which were produced before surgery because – with some practice – intraoperative assembly as it is shown here can be quickly performed.

We also do not prefer the original Russian mounting form in which all wires are first laid and the ring assembly is then done.

These assemblies are often not very symmetric; this increases the hindrance to the patient.

We are not aware of any serious disadvantages of our assembly.

To mount the Ring Fixator on the lower leg, the patient lies prone; the lower leg is washed up to approximately mid thigh, including the entire foot, and placed in a sterile position.

Herein the thigh and foot are cushioned so that the lower leg itself lies approx. 10 cm over the table.

After disinfection, the so-called landmarks are marked with a water resistant pen in order to make assembly easier and simpler.

One marks the following anatomical structures:

- patella
- knee joint gap, medial and lateral
- fibula protuberance
- tibial tuberosity
- ventral edge of the tibia (rotation control)
- outer ankle bone
- inner ankle bone
- talocalcaneal joint gap
- gap of the large toe base joint
- position of the bone defect

Then the required ring size is selected by holding a ring that has been screwed together over the proximal tibia. The ring is asymmetrically placed.

There must be as little free space as possible medially and ventrally between the inner edge of the ring and the soft tissues.

However this must be at least one finger width - and at least two finger widths laterally and dorsally – in order to avoid cutting off the soft tissues with postoperative swelling.

Caution: Due to the possible swelling, the ring should be chosen so that it is more likely to be too large than too small (biomechanically, a smaller ring is more stable).

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Für die einfache Unterschenkelmontage - bei Unterschenkeldefekt etwa in Schaftmitte – ist keine Fußmontage vonnöten, weshalb man für derartige Montagen 4 Ringe gleicher Größe benötigt (ansonsten bekommt man mit der Symmetrie der Montage Probleme oder muss konische Scheiben verwenden) (Abb. 3a-d).

Die 2 Ringgruppen werden über den Unterschenkel gehalten, Ringe rechtwinklig zur Tibiaachse und dann die Abstände zwischen den Ringen festgelegt (Abb. 3a-d) – wie oben bereits erwähnt – möglichst weit auseinander, weil dies biomechanisch die größte Steifigkeit ergibt. Anschließend werden beide Paare mit den Gewindestangen verbunden, die am wenigsten überstehen (bei Ringabstand von 7 cm genügen 10 cm lange Gewindestangen).

Die Montageverbindungen werden stets nur ventral und dorsal ausgeführt, wobei die Gewindestangen direkt in das erste Loch neben das Ringschloß platziert werden (Abb. 3c) (deshalb wichtig, weil sonst während der Montage beim Festlegen der Drähte die beiden Gewindestangen medial und lateral stören würden und darüber hinaus die erforderlichen Ringlöcher besetzt sein könnten) (Abb. 3c).

Nach Montage der beiden Ringpaare wird die Länge der Zwischenstrecke zwischen den innersten Ringen ausgemessen und dann die Verbindung beider Ringpaare wieder mit den kürzesten möglichen Gewindestangen ausgeführt (nur länger wählen, wenn man neben dem Segmenttransport parallel auch noch eine Verlängerung ausführen möchte).

Dabei wählt man auf den Ringen das erste Loch neben dem Schloss bzw. gegenüber dem bereits besetzten Loch auf der Gegenseite (durch Ringpaar) (Abb. 3c+3d).

Es resultiert damit eine 4-Ring-Konstruktion, wobei die 2 Fixateurringe von 2 Gewindestangen gehalten werden und der Defekt ebenso von 2 Gewindestangen überbrückt wird und alle Gewindestangen direkt neben den Schlössern platziert sind (Abb. 3c+3d).

Jetzt wird die Konstruktion nochmals über den Unterschenkel gehalten (Abstand zu den Gelenklinien ca. 1,5 – 2 cm beim Knie, 1 cm beim OSG), die korrekte Lage des Defektes berücksichtigt (falls noch eine Sequestrektomie erforderlich ist, ist der zu erwartende Defekt zugrunde zu legen) und der Abstand zu den Weichteilen überprüft.

Stimmt alles, werden alle Muttern – unter Ausmessen gleicher Abstände ventral/dorsal – festgeschraubt, um eine stabile Konstruktion zu erreichen.



Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Foot mounting is not required for a simple lower leg mount – with the lower leg defect approximately in the center of the shaft – consequently 4 rings which are approximately equal in size are required for such assemblies (otherwise there are problems with the symmetry of the assembly, or one has to use conical disks) (Fig. 3a-d).

The 2 ring groups are held over the lower leg, the rings are set at right angles to the tibial axis and then the distances between the rings are set (Fig 3a-d) – as already mentioned above – as far as possible apart because this results in the greatest biomechanical rigidity. Then both pairs are connected to the threaded rods which protrude the least (with a ring distance of 7 cm, threaded rods with a length of 10 cm are sufficient). The assembly connections are always made only ventrally and dorsally, wherein the threaded rods are placed directly into the first hole next to the ring lock (Fig. 3c) (this is important because the two threaded rods medially and laterally would otherwise be in the way during assembly when placing the wires, and furthermore the required ring holes might be occupied) (Fig. 3c).

After mounting the two pairs of rings, the length of the distance between the inner rings is measured, and then the connection of both ring pairs is again performed with the shortest possible threaded rods (only select longer rods if an extension is also planned parallel to the segment transport).

Then select the first hole next to the lock on the rings, or opposite the already occupied hole on the opposite side (through ring pair) (Fig. 3c+3d).

This results in a four-ring construction, wherein the two fixing rings are held by two threaded rods and the defect is also bridged by two threaded rods, and all threaded rods are placed directly adjacent to the rods (Fig. 3c+3d).

Now the construction is again held over the lower leg (distance to the joint lines approx.

1.5 – 2 cm in the knee, 1 cm in the upper talocalcaneal joint); the correct position of the defect is taken into account (if a sequestrectomy is also required, the expected defect must be used as the basis) and the distance to the soft tissues is verified. When everything is correct, all nuts are tightened, measuring equal distances ventrally and dorsally, in order to obtain a stable construction.



Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage
Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

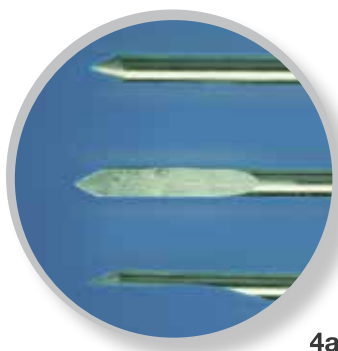
Anschließend wird die Konstruktion am Unterschenkel befestigt. Zur endgültigen Ausrichtung des Systems, unter Beachten der Rotation (wichtig!), werden an den jeweils äußeren Ringen – also knienah und OSG-nah – sogenannte Referenzdrähte ohne Olive quer, von den Amerikanern lateraler Draht genannt – eingebracht, die an den Ringen mit Drahtfixationschrauben mit Schlitz unter Spannung verschraubt werden.

Nachfolgend wird die Lage des Ringsystems am Unterschenkel überprüft (Gelenke frei? Rotation korrekt? im Knie und OSG unbehindert? Defekt korrekt liegend?) (Abb. 3d).

Zum Einbringen der Fixationsdrähte:

Wir verwenden seit ca. 1994 ausschließlich Titan-Drähte von 2 mm Stärke, weil sich deren infektfreie Standzeit als die längste erwiesen hat. Die Drähte haben eine besonders geschliffene Spitze (Abb. 4a), so dass sie relativ leicht und wenig Hitze erzeugend durch den Knochen gebohrt werden können. Die Drähte werden beim Einbringen durch die Weichteile zum Knochen manuell „gestoßen“ – nicht gebohrt –, dann durch den Knochen gebohrt (bei harten Knochen immer wieder Bohrpausen einlegen, sonst entstehen Ringsequester – die Hitze beim schnellen Bohren ohne Kühlung beträgt bis 600° C) und nach der Knochendurchquerung per Hammer weiter vorangetrieben, wieder nicht gebohrt (damit keine Weichteilstrukturen aufgewickelt werden!).

Die Fixation erfolgt mit sogenannten Drahtfixationsschrauben mit Schlitz. Der Draht wird zwischen Ring und Schraube eingeklemmt (Abb. 4b, 4d). Die Vorspannung erreichen wir mit einer Spannzanze, die zwischen 700 und 1.000 N Spannung erzeugt (Abb. 4d). Nach Spannen des Drahtes muß die Schlitzschraube – ohne Verdrehen des Kopfes gegen den Draht – maximal festgeschraubt werden, weil es bei losem Anziehen zum Rutschen des Drahtes kommt. Es resultiert eine instabile Montage. Sie bereitet stets Beschwerden und leistet der Pininfektion Vorschub. Das Rutschen des Drahtes beginnt bei Festlegen der Kontermutter mit 10 Nm bereits bei Drahtspannungen von 510 N, bei Festlegen der Kontermutter mit 20 Nm (sehr festes Anziehen! erst bei 740 N) [eig. biomechanische Messungen].



4a



4b



4c



4d



4e

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage
Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Then the construction is fastened on the lower leg. For final orientation of the system, taking rotation into account (important!), so-called reference wires without olive are applied cross-wise (which the Americans refer to as a lateral wire) on the respective outer rings – that is, close to the knee and talocalcanean joint – and screwed on to the rings with slotted wire fixation bolts under tension.

Then the position of the ring system on the lower leg is checked (joints unrestricted? rotation correct? movement in the knee and talocalcanean joint unhindered? defect correctly positioned?) (Fig. 3d).

To insert the fixation wires:

Since approx. 1994, we have only used titanium wires with a thickness of 2 mm because their infection-free standing time has been shown to be the longest. The wires have a specifically ground tip (Fig. 4a), so that they can be drilled through the bone with relative ease and little heat generation. When they are inserted through the soft tissues to the bone, the wires are manually pushed – not drilled – and then drilled through the bone (in the case of hard bone, frequent drilling pauses are necessary, otherwise ring sequesters are formed – heat during rapid drilling is up to 600°C -) and after the bone has been traversed, the wires are driven further forward with a hammer, again not drilled (so that no soft tissue structures are wrapped up!).

Fixation takes place with so-called slotted wire fixation bolts. The wire is clamped between the ring and the screw (Fig. 4b, 4d). We pre-tension the wires with tensioning grips which generate between 700 and 1000 N of tension (Fig. 4d). When the wire has been tensioned, the slit screw must be screwed in as far as possible without rotating the head against the wire; if it is too loose, the wire will slip. Unstable assembly is the result. This always causes problems and advances pin infection. If the counter-nut is tightened to 10 Nm, the wire already begins to slip at wire tensions of 510 N; if the counter-nut is tightened to 20 Nm (very firm tightening!), it only begins at 740 N [own biomechanical measurements].

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage

Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Liegt die Ringmontage korrekt am Unterschenkel, kann jetzt mit dem Einbringen der eigentlichen Fixationsdrähte begonnen werden. Wir beginnen stets proximal.

Wir verwenden am Unterschenkel bei Verlängerung, Korrektur und Segmenttransport zur Fixation ausschließlich Oliven- oder Stopperdrähte.

Der Einsatz dieser Stopperdrähte wird von einigen Autoren abgelehnt [Green 1991, Calhoun et al 1992, Catagni (pers. Mitteilung)], wobei wir deren Bedenken (schnellere Infektion, rasche Auslockerung, mehr Beschwerden) nicht teilen können. Für uns haben sich die Olivendrähte in über 700 Montagen bestens bewährt.

Die Olivendrähte garantieren die einwandfreie Lage der Tibia auf Dauer auch bei kurzen Fragmenten, osteoporotischem Knochen und Schaftdefekt.

Für uns stellt der Einsatz von Knochenschrauben [Green 1991] keine Lösung dar, weil das Einbringen von Schrauben die Biomechanik des Fixateurmodells komplett verändert.

Der Erfolg des Ringfixateurs beruht auf der speziellen Steifigkeit des Systems mit gespannten Drähten: axial ist das System relativ weich, Biege- und Torsionssteifigkeit sind aber relativ hoch.

An den äußeren Ringen werden neben dem Referenzdraht je 2 Olivendrähte eingebracht. Der von lateral mit Olive liegt direkt vor dem Fibulaköpfchen.

Der Winkel zur rechten Unterschenkelachse beträgt ca. 250°. Die Gradeinteilungen beziehen sich auf die waagrecht auf dem Tisch liegende rechte Extremität:

- ventral 0°
- medial 90°
- dorsal 180°
- lateral 270°
- links: Winkel gespiegelt)
- der von medial mit Olive von medial bei ca. 120°.

Der von medial kommende proximale Tibiadraht ist wesentlich, weil mit diesem Sehnen des Pes anserinus tangiert und damit blockiert werden können.

Der Draht muß hinter den Sehnen zur Kniekehle hin gelegt werden. Er darf natürlich beim Einbringen auch nicht die Gefäße verletzen.

Nach Durchstoßen der Weichteile tastet man mit der Drahtspitze die mediale Tibiakante und geht hier in den Knochen.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage

Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

If the ring mount is correctly placed on the lower leg, it is now possible to start introducing the actual fixation wires. We always start proximally.

For extension, correction and segment transport on the lower leg, we only use olive or stopper wires.

The use of these stopper wires is rejected by some authors [Green 1991, Calhoun et al 1992, Catagni (pers. communication)], wherein we cannot share their doubts (more rapid infection, rapid loosening, more complaints). For us, the olive K-wires have proven themselves extremely well in more than 700 mounts.

The olive K-wires guarantee correct position of the tibia in the long term even with short fragments, osteoporotic bone and shaft defects.

The use of bone screws [Green 1991] does not represent a solution for us because the insertion of screws completely alters the biomechanics of the fixing device model.

The success of the ring fixing device is based on the specific rigidity of the system with tensioned wires: the system is relatively soft in the axial direction, however its flexion and torsion rigidity are relatively high.

On the outer rings, 2 olive K-wires per ring are inserted in addition to the reference wire. The one from the lateral direction with an olive lies directly ahead of the fibular protuberance.

The angle to the right lower leg axis is approximately 250°. The degree divisions refer to the right extremity which lies horizontally on the table:

- ventral 0°
- medial 90°
- dorsal 180°
- lateral 270°
- left: angle mirrored)
- the one from the medial direction with olive from the medial direction with approx. 120°.

The tibial wire which comes from the medial direction is significant because this could tangent and therefore block tendons of the pes anserinus.

The wire must be positioned behind the tendons toward the back of the knee. Naturally it must not injure the blood vessels during insertion.

After pushing through the soft tissues, one feels for the medial tibia edge with the tip of the wire, and penetrates the bone here.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Nach Durchziehen des Drahtes nach lateral, wobei man die Tuberositas tibiae nicht treffen darf, prüft man die freie Lage des Drahtes, in dem man den Unterschenkel im Kniegelenk beugt. Liegt der Draht richtig, bewegt er sich beim Durchbewegen nicht, tangiert er eine Sehne, springt er bei der Bewegung, dann muss er neu platziert werden. Erst nach dieser Prüfung darf der Draht festgelegt und gespannt werden (Abb. 5a).

Der 2. Ring von proximal wird von lateral mit einem Olivendraht besetzt (bei ca. 270°) = querer Draht. (Abb. 5b)

Hier darf wegen des N. peroneus im 2. und 3. Fünftel des Unterschenkels kein fibularer Draht (bei ca. 240 – 260°) gewählt werden.

Von medial wird ein Olivendraht in etwa parallel zur medialen Facette – deshalb von den Amerikanern: medialer Facettendraht ge-nannt- eingebracht, etwa bei 110 – 130° (Abb. 5b).

Beim Durchstoßen der Weichteile – vor dem Durchbohren des Knochens – müssen bei allen Drähten, die Muskeln durchqueren, die kreuzenden Muskeln vorgedehnt werden, d.h. beim Durchqueren des M. soleus oder M. gastrocnemius medial muss der Fuß maximal in Dorsalflexion gehalten werden, damit die Fußfunktion später nicht blockiert ist. Darauf hat der Assistent zu achten.

Besteht vor der Montage des Ringfixateurs noch eine Fehlstellung in einem oder in beiden Segmenten, wird diese Fehlstellung während der Montage korrigiert.

Eine Rotationsfehlstellung korrigiert man beim Einbringen der Referenzdrähte.

Varus-, Valgus-, Ante- oder Rekurvationsfehlstellungen und/oder Kombinationen korrigiert man schrittweise bei Montage der einzelnen Ringe.

5a



5b



Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

After pulling the wire through to the lateral side, wherein one must not strike the tibial tuberosity, one verifies the unrestricted position of the wire by bending the lower leg in the knee joint. If the wire is correctly positioned, it does not move during the motion. If it tangents a tendon, it jumps during the motion and must be newly placed.

The wire may only be fixed and tensioned after this test (Fig. 5a).

The second ring from the proximal side is occupied with an olive K-wire from the lateral side (with approx. 270°) = lateral wire. (Fig. 5b)

Due to the N. peroneus in the second and third fifths of the lower leg, a fibular wire must not be used here (with approx. 240 – 260°).

From the medial side, an olive K-wire is inserted approximately parallel to the medial facet – therefore the Americans refer to it as the medial facet wire – at approx. 110 - 130° (Fig. 5b).

When pushing through the soft tissues – before drilling through the bone – the crossing muscles must be pre-stretched in the case of all wires which cross muscles; that is, the foot must be kept in maximal dorsal flexion when crossing the M. soleus or M. gastrocnemius medially so that foot function is not later blocked. The assistant must ensure this.

If there is still a wrong position in one or both segments before the ring fixing device is mounted, this malposition is corrected during assembly.

A rotational malposition is corrected when inserting the reference wires.

Varus, valgus, ante- or recurvation malpositions and/or combinations are gradually corrected while mounting the individual rings.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Leicht gestaltet sich die Korrektur nach annähernder Einrichtung der Hauptsegmente proximal wie distal, indem man die äußeren Ringe proximal und distal -wie oben dargestellt- befestigt und dann bei Montage des jeweils inneren Ringes die Korrektur vornimmt.

Dazu bringt man z.B. bei Varusfehlstellung des proximalen Segments einen queren oder fast queren Olivendraht auf dem 2. Ring von medial ein und spannt den Draht mit der Spannzange schrittweise, bis die Fehlstellung ausgeglichen ist (Abb. 6a+6b).

Cave: Soll der Draht belassen bleiben, muss er zuletzt nach Festlegen der Drahtfixationsschraube mit Schlitz medial nach lateral gespannt werden er kann (falls er in dieser Position stört) auch nach Einbringen der 2 typischen Fixationsdrähte wieder entfernt werden.

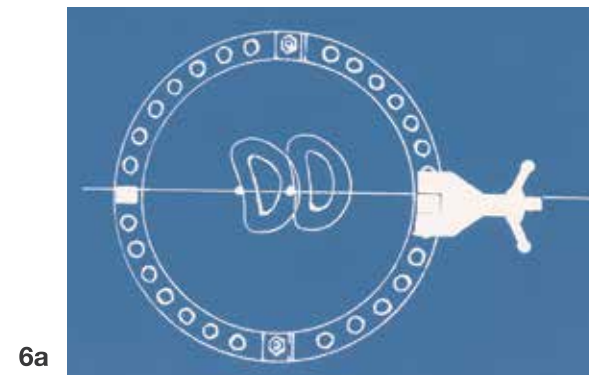
Der distale 4. Ring (von proximal aus gerechnet) wird neben dem Referenzdraht (quer) mit 2 Olivendrähten besetzt, wobei der mediale Draht bei ca. 120° platziert wird (medialer Facettendraht). Dabei sucht man mit der Drahtspitze die medio-dorsale Kante des Pylons auf (Cave: Man darf nicht nach dorsal in die A. tibialis posterior abrutschen).

Man bohrt dann in Richtung 1 - 2 QF lateral der Tibialis anterior-Sehne, um hier nicht die A. dorsalis pedis bzw. A. tibialis anterior zu verletzen.

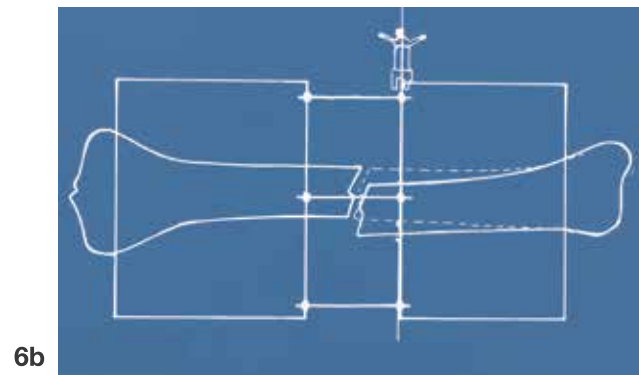
Beim Bohren dieser Drähte muß der Fuß jeweils so gehalten werden, dass die zu kreuzende Muskulatur gegen die Funktionsrichtung vorgedehnt wird – wichtig: Funktionsverlust! (Abb. 5c+d)

Nach Vorspannen und Festlegen dieses Drahtes wird der 3. Draht in diesem Ring bei ca. 240° durch die Fibula hindurch eingebracht (fibularer Draht) (Abb. 5c, 5d).

Damit wird ein Auseinanderweichen der Sprunggelenkgabel verhindert und ein eventuelles Klaffen des Syndesmosenspaltes korrigiert. Der Draht zielt auf die mediale Fläche der Tibia, keinesfalls darf er so steil eingebracht werden, dass er lateral an der Tibia vorbeiläuft oder die Sehne des Tibialis anterior trifft. Beim Einbringen von drei Drähten auf einem Ring ist es durchaus möglich, mit dem zweiten oder dritten Draht andere Drähte zu treffen. Das weitere Vorbohren ist unmöglich bzw. der Draht wird leichter oder stärker abgelenkt.



6a



6b

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Correction is easily done after approximate assembly of the main segments proximally and distally performed by fastening the outer rings proximally and distally as shown above and then performing the correction when mounting the respective inner rings.

For instance, in the case of a varus malposition, a lateral or nearly lateral olive K-wire is brought in on the second ring from the medial side and the wire is gradually tightened with the tensioning grips until the malposition is corrected (Fig. 6a+6b).

Caution: If the wire is to remain in place, it must lastly be tensioned medially in the lateral direction after fixing the slotted fixation bolt. If it disturbs in this position, it can also be removed again after introducing the 2 typical fixation wires.

The distal fourth ring (from the proximal direction) is mounted with 2 olive K-wires next to the reference wire (laterally), wherein the medial wire is placed at approx. 120° (medial facet wire). Herein one seeks the medio-dorsal edge of the pylon with the tip of the wire (caution: avoid slipping into the A. tibialis posterior in the dorsal direction).

One then drills in the direction of 1 to 2 finger widths laterally from the tibialis anterior tendon in order to avoid injuring the A. dorsalis pedis or A. tibialis anterior here.

When drilling these wires, the foot must be held so that the crossing musculature is pre-stretched against the direction of function – important: loss of function! (Fig. 5c+5d)

After this wire has been pre-tensioned and fixed, the third wire in this ring is inserted at approx. 240° through the fibula (fibular wire) (Fig. 5c, 5d).

This prevents the talocalcaneal joint fork from spreading and any gaping of the syndesmosis gap is corrected. The wire aims at the medial surface of the tibia; it must not be inserted so steeply that it laterally passes the tibia or strikes the tendon of the tibialis anterior. When inserting 3 wires on a ring, it is certainly possible to strike other wires with the second or third wire. Further drilling is not possible, or the wire is more easily or strongly steered off its course.



5c



5d

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Ist die Abweichung größer als 1 cm, sollte der Draht neu eingebracht werden. Bis 1 cm wird der Abstand unter Verwenden von langen Drahtfixationsschrauben mit Schlitz unter Unterlegen von 1 oder 2 dicken Zwischenscheiben ohne Schlitz ausgeglichen. Keinesfalls darf man größere Abstände zum Ring ignorieren und durch Andrücken des Drahtes an den Ring ausgleichen. Dadurch resultiert ein Korrektoreffekt.

Ist das Einbringen des Drahtes dicht am Ring nicht möglich, weil die anderen Drähte getroffen werden, wählt man einen Eintrittspunkt, der primär 1 cm vom Ring entfernt liegt und befestigt den Draht dann mit den genannten dicken Unterlegscheiben. Dadurch ergibt sich biomechanisch auch eine gering verbesserte Stabilität!

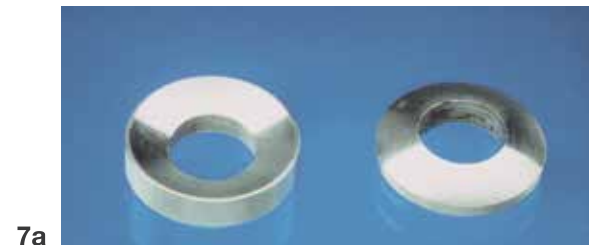
Der 3. Ring wird mit 2 Olivendrähten besetzt, der mediale wieder bei etwa 120° (medialer Facettendraht), der laterale bei 240 – 250° (fibularer Draht), wobei die Fibula erneut gefasst werden kann, aber nicht muss. Bei Fehlstellungen des distalen Fragments/Segments können beim Einbringen der Drähte Korrekturen ausgeführt werden.

Am Ende muß eine stabile, achsgerechte Montage resultieren. Ist dies nicht der Fall, lassen sich auch jetzt weitere Korrekturen vornehmen. Dazu werden die Gewindestangen zwischen Ring 2 (proximales Segment) und Ring 3 (distales Segment) entfernt, die Korrektur z.B. unter Bildwandlerkontrolle vorgenommen und die Gewindestangen mit sogenannten konischen Scheiben auf den Ringen fixiert. Die konischen Scheiben (Abb. 7a+7b) erlauben eine Fixation in schräger Position zwischen Gewindestange und Ring (Spiel etwa 15° in allen Richtungen), während die einfache Fixation zwischen Mutter auf der Gewindestange und Ring immer eine Rechtwinkelstellung erzeugt. Dies ist von wesentlicher Bedeutung. Auch kleine schräge Positionen werden ohne konische Scheiben in Rechtwinkelstellungen korrigiert, d.h. Korrekturen sind ohne konische Scheiben unmöglich!

Nach Fertigstellen der Ringmontagen werden zwischen den Ringen jeweils 2 weitere Gewindestangen eingebracht, die zwischen den beiden bereits liegenden möglichst gleichmäßig und/oder harmonisch verteilt werden.

Wegen der Drahtbefestigungen gelingt selten eine völlig harmonische, gleichmäßige Verteilung.

Biomechanisch sind 3 gleichmäßig verteilte Gewindestangen genauso stabil wie 4 annähernd gleichmäßig verteilte Gewindestangen.



7a



7b

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

If the deviation is greater than 1 cm, the wire should be reinserted. Up to 1 cm, the gap is equalized using long slotted fixation bolts, inserting 1 or 2 thick spacer disks without a slit. Greater distances to the ring must never be ignored and equalized by pushing the wire against the ring. This produces a contour effect.

If it is not possible to insert the wire close to the ring because the other wires are struck, one chooses an entry point which is primarily 1 cm away from the ring, and then fastens the wire with the above mentioned thick spacer disks. Biomechanically, this also results in slightly improved stability!

The third ring is occupied with 2 olive K-wires – the medial wire again at approx. 120° (medial facet wire), and the lateral wire at 240 – 250° (fibular wire), wherein the fibula can - but does not have to - be captured again. In malpositions of the distal fragment/segment, corrections can be made when inserting the wires.

In the end, a stable assembly with a correct axis must result. If this is not the case, further corrections can still be made. For this purpose, the threaded rods between ring 2 (proximal segment) and ring 3 (distal segment) are removed, the correction is made e.g. under image converter control, and the threaded rods are fixed on the rings with so-called conical disks. The conical disks (Fig. 7a+7b) permit fixation in an angled position between the threaded rod and the ring (approx. 15° of play in all directions), while simple fixation between the nut on the threaded rod and the ring always results in a right angled position. This is of significant importance. Even a minor angled position is corrected into a right angled position without conical disks, that is, corrections are not possible without conical disks!

When the ring mounts have been completed, another 2 threaded rods, respectively, are mounted between the rings; they are as evenly and/or harmonically distributed between the two which are already in place as possible.

Due to the wire fastenings, a completely harmonic, even distribution is rarely possible.

Biomechanically, three evenly distributed threaded rods are just as stable as four almost evenly distributed threaded rods.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Montage bei kurzem distalen Segment/Fragment oder gleichzeitig bestehender Fußfehlstellung:

Ist das distale Fragment kürzer als 4 cm, gelingt keine Zwei-Ringmontage, weil der innere Abstand der Ringe deutlich geringer als 4 cm wäre, was biomechanisch den Mindestabstand für ausreichende Stabilität darstellt.

In diesem Fall – oder dann, wenn gleichzeitig eine Fußfehlstellung korrigiert werden soll (häufig kontrakte Spitz-Supinationsfehlstellung) wird der Rückfuß in die Unterschenkelmontage mit einbezogen.

Die entscheidenden Olivendrähte des Rückfußes sind 2 gekreuzte gegenläufige Olivendrähte im Fersenbein. Dabei wird der mediale bei etwa 110° platziert (voll im Fersenbeinkörper gelegen), der laterale bei ca. 250° (auch voll im Fersenbein gelegen) (Abb. 8a). Die Drähte werden bei Betrachtung von vorn oder hinten um 0,5 - 1 cm versetzt, damit dazwischen der Ring platziert werden kann, an dem die Drähte von oben bzw. unten nach Vorspannung (max. 600 N) fixiert werden (Abb. 8a-c).

Wird – was wir bevorzugen – ein 5/8-Ring verwendet, der die gleiche Größe wie die Unterschenkelringe aufweisen sollte, wird dieser dorsal in etwa auf den letzten Unterschenkelring ausgerichtet, so dass möglichst zwischen Unterschenkelmontage und Fußmontage entsprechende Gewindestangen rechtwinklig eingebracht werden können.

Dabei werden zum Ausrichten des Fußes 2 Gewindestangen - dorsomedial und dorsolateral – eingesetzt. (Abb. 8b+8c)

Steht der Fuß in Neutralstellung, können anschließend 2 weitere Gewindestangen weiter ventral gelegen eingebracht werden.

Dadurch ergibt sich eine außerordentlich stabile Konstruktion zwischen dem distalen Unterschenkel und Fuß, die bei kurzem Fragment und nur einem Ring im Unterschenkel den 2. Ring im Pilon bestens ersetzt.



8a



8b



8c

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Assembly with a short distal segment/fragment or simultaneously existing foot malposition:

If the distal fragment is shorter than 4 cm, a 2 ring mount is not possible because the inner distance of the rings would be noticeably less than 4 cm, which is the minimum distance in biomechanical terms for sufficient stability.

In this case – or if a foot malposition must be corrected at the same time (often contractile pointed supination malposition) the rear foot is included into the lower leg assembly.

The decisive olive K-wires of the rear foot are two crossed, opposing olive K-wires in the heel bone. Herein the medial wire is placed at approx. 110° (fully situated in the body of the heel bone), and the lateral wire is placed at approx. 250° (also fully situated in the body of the heel bone) (Fig. 8a). Seen from the front or back, the wires are shifted by 0.5 - 1 cm so that the ring can be placed; the wires are fixed on this ring from the top or bottom after pre-tensioning (max. 600 N). (Fig. 8a-c)

If – as we prefer – a 5/8 ring is used – which should have approximately the same size as the lower leg rings – this ring is dorsally oriented approximately to the last lower leg ring, so that, insofar as possible, suitable threaded rods can be inserted at right angles between the lower leg assembly and the foot assembly. Herein two threaded rods – dorsomedial and dorsolateral – are used to orient the foot. (Fig. 8b+8c)

If the foot is in the neutral position, two further threaded rods can then be inserted farther in the ventral direction. This results in an extraordinarily stable construction between the distal lower leg and foot which replaces the second ring in the pylon very well with a short fragment and only one ring.

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Steht der Fuß nach Festziehen aller 4 Gewindestangen in Neutralstellung zum Unterschenkel, müssen oberes und unteres Sprunggelenk leicht vorgedehnt werden, indem zuerst die dorsal gelegenen 2 Gewindestangen auf einer Seite gelöst werden und anschließend eine Distraction von ca. 0,5 cm (5 Umdrehungen der Mutter) erfolgt.

Anschließend werden nach Festlegen der dorsalen Gewindestangen die ventral gelegenen entsprechend korrigiert. Damit erreicht man eine leichte Dehiszenz der Gelenkflächen im oberen und unteren Sprunggelenk und verhindert langfristig eine Ankylosierung der Gelenke, gleichzeitig erhöht man die Stabilität der Gelenkverbindungen.

Häufig steht der Fuß nicht in Neutralposition zum Unterschenkel, sondern weist komplexe Fehlstellungen auf – meist Supinations-Spitzfußstellung -, wobei die Ferse eine Varusstellung aufweist.

Die Fersenbeindrähte werden stets parallel zur Fußsohle eingebracht, völlig unabhängig davon, wie groß die Schiefstellung des Fußringes zum Unterschenkel ist.

Dies ist entscheidend, ansonsten ist keine Korrektur möglich. Der Ring wird so befestigt, dass die Fehlstellung nachempfunden wird.

Damit sind einfache Verbindungen zwischen Unterschenkelmontage und Fuß nicht möglich. (Abb. 8b, 8c)

Leichte Fehlstellungen gleicht man mit konischen Scheiben aus, größere Fehlstellungen durch Zwischenschalten von Gelenken in Korrekturrichtung.

Bei der Montage der Endstücke mit Gewinde („weibliche Endstücke“) ist zu beachten, dass die Gewindestange bis zum Ende der Gewindeaufnahme geschraubt wird (Abb. 9a)

und nicht, wie in Abb. 9b gezeigt, bis zum Anschlag, denn dann wäre eine Montage von zwei Endstücken nicht mehr möglich. (Abb. 9c)

Vor Fertigstellung der Unterschenkel-/Fußmontage bei Fußfehlstellung sollte nach Einbringen der 4 Gewindestangen bzw. 4 Längsträger mit Gelenken immer zuerst eine Dehnung vom oberen und unteren Sprunggelenk erfolgen, wobei jetzt bei Varusfehlstellung des Rückfußes die medialen Längsträger stärker als die lateralen distrahiert werden müssen.

Dieses erfolgt stets schrittweise, sonst wird keine Korrektur erzeugt, sondern der Ring nur schief eingestellt! Bei fester Kontraktur sollte die Korrektur langsamer erfolgen.

Bei fester Kontraktur sind Aufdehnungen von maximal 2 mm erlaubt – sonst können Hautnekrosen und/oder enorme Schmerzen auftreten!

Bei deutlichen Fehlstellungen und/oder fester Kontraktur dürfen die Korrekturen keinesfalls komplett in der ersten Operation erfolgen (Fehler!).

Sie erfolgen schrittweise (meist jeden 2. Tag um maximal 2 mm!).

9a



9b



9c



Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

If the foot is in the neutral position to the lower leg after all four threaded rods are tightened, the upper and lower talocalcaneal joint must be slightly pre-stretched by first detaching the dorsally positioned two threaded rods on one side and then performing a distraction of approx. 0.5 cm (5 turns of the nut).

Then – after fixing the dorsal threaded rods – the ventral rods are correspondingly corrected. This results in a slight dehiscence of the joint surfaces in the upper and lower talocalcaneal joints and prevents ankylosis of the joints in the long term. At the same time, the stability of the joint connections is increased.

The foot is frequently not in a neutral position to the lower leg, but has complex malpositions – usually supination and pointed foot positions – wherein the heel has a varus position.

The heel bone wires are always inserted parallel to the sole of the foot, entirely regardless of how large the angled position of the foot ring to the lower leg is. This is of decisive importance; otherwise correction is not possible. The ring is fastened so that the malposition is imitated. Simple connections between the lower leg assembly and the foot are therefore not possible. (Fig. 8b, 8c)

Slight malpositions are equalized with conical disks; greater malpositions are equalized by including joints in the direction of the correction.

When assembling the threaded end pieces (“female end pieces”), care must be taken to ensure that the threaded rod is screwed to the end of the part receiving the threaded section (Fig. 9a) and not, as shown in Fig. 9b, to the stop, for then it would no longer be possible to mount two end pieces. (Fig. 9c)

Before completing the lower leg/foot assembly with foot malposition, the upper and lower talocalcaneal joints should always be stretched after introducing the four threaded rods or 4 longitudinal bearers with joints, wherein the medial longitudinal bearers must be distracted more strongly than the lateral ones due to varus malposition of the rear foot.

This always takes place step by step; otherwise no correction is generated – only the ring will be angled! With a solid contracture, the correction should take place more slowly. With a solid contracture, stretching is permitted to a maximum of 2 mm – otherwise skin necrosis and/or enormous pain may occur!

With definite malpositions and/or solid contractures, the corrections must absolutely not be made completely in the first operation (errors!). They are done step by step (usually every second day by a maximum of 2 mm!).

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

Bei einem Supinations-Spitzfuß korrigieren wir zuerst den Rückfuß (geringeres Aufdehnen der Gelenke ermöglicht erst die Korrektur!), dann den Vorfuß.

Am Vorfuß wird zuerst die Supination, dann schrittweise die Spitzfußstellung korrigiert.

Ist eine Fußfehlstellung zu korrigieren, muß neben dem Fersenring stets mindestens ein Vorfußdraht eingebracht werden (Abb. 10a).

Bei Supinationsfuß wird am Vorfuß die Olive medial platziert. Man bringt den Draht vom

1. MFK direkt in den 5. MFK ein, d.h. in beiden Ebenen schräg, man zielt auf das Köpfchen, wobei beim Bohren des Drahtes der Assistent die MFK 2 – 4 nach ventral drücken muß!

Man strebt keine Fixation von 1. bis 5. MFK an = Plattfuß, sondern möglichst nur 1. und 5. Strahl. Nach einiger Übung am Modell gelingt dies, es ist aber meist der schwierigste Draht.

Fehlstellungen werden in der Folge nicht toleriert und führen immer zu Problemen!! (Abb. 10a)

Der Vorfußdraht wird auf einem ausreichend großen Halbring befestigt, um Problemen bei Schwellungen vorzubeugen und einen Verband zu ermöglichen. (Abb. 10a+10b)

Der Halbring wird mit verschiedenen Kleinteilen (Abb. 10b+10c) mit dem Unterschenkel so verbunden, dass eine schrittweise Fehlstellungskorrektur möglich ist.

Auch für den kontrakten Spitzfuß gilt, intraoperativ die Korrektur nur beginnen – keinesfalls aber komplett vorzunehmen (Hautnekrosen, starke Beschwerden, Drahtaustritte).

Mit dieser Fußfixation durch 3 Drähte mit entsprechenden Ringen können auch komplexe Fehlstellungen schrittweise korrigiert werden.

Fertige US-Montage mit Fußanschluss ist in den Abb. 10b-10d dargestellt.



10a



10b



10c



10d

Durchführung der **Ilizarov**-Ringfixateurmontage Mounting the **Ilizarov** ring fixing device

In supinated pointed foot, we first correct the rear foot (less stretching of the joints makes the correction possible!) and then the frontal foot. On the frontal foot, we first correct supination, and then gradually the pointed foot position.

If a foot malposition must be corrected, it is always necessary to insert at least a frontal foot wire aside from the heel ring (Fig. 10a). In supination foot, the olive is placed medially on the frontal foot. The wire from the first metatarsal bone is brought directly into the fifth metatarsal bone, that is, angled in both levels; one aims at the protuberance, wherein the assistant must push the metatarsal bones 2-4 into the ventral direction while the wire is being drilled! One does not attempt fixation from the first to the fifth metatarsal bones = flat foot, but, insofar as possible, only the first and fifth bones. After some practice on the model, this will be successful, however it is usually the most difficult wire. Malpositions are not tolerated later and always cause problems!! (Fig. 10a)

The frontal foot wire is fastened on a sufficiently large half ring in order to prevent problems in swelling and allow a bandage. (Fig. 10a+10b)

The half ring is connected to the lower leg with various small parts (Fig. 10b+10c) so that gradual correction of malpositions is possible. In the case of contractile pointed foot, the correction should only be initiated during surgery – but not done completely (skin necroses, severe pain, emerging wires).

Even complex foot malpositions can be gradually corrected with this foot fixation using 3 wires with corresponding rings.

The completed lower leg assembly with foot inclusion is shown in Fig. 10b-10d.

Durchführung des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateurmontage
Performance of segment transport with the **Ilizarov** ring fixing device

Zum Durchführen des Segmenttransports ist einerseits das Schaffen eines Transportsegments, andererseits ein oder mehrere Zugmechanismen erforderlich.

Als Zugmechanismus können verwendet werden (Abb. 11a):

1. Transportring

Dabei handelt es sich um einen weiteren Ring zwischen 2. und 3. Fixationsring, der auf genau parallel liegenden Gewindestangen nach distal oder proximal transportiert wird.

Das Transportsegment wird mit 2 gegenläufigen Olivendrähten gefasst, die Drähte „schneiden“ sich durch das Weichgewebe und hinterlassen sogenannte Narbenstraßen (die meist nicht sehr auffällig sind).

2. Gekreuzte Olivendrähte (Abb. 9a)

In der Original-Ilizarov-Methode wurden stets Olivendrähte oder Drähte mit zu Schlaufen oder Spindeln umgewandelten Enden zum Transport verwendet. Die Drähte werden schräg durch die Spitze des Transportsegments gebohrt und anschließend durch die Weichteile getrieben, distal oder proximal (je nach Zugrichtung) ausgeführt und an Gewindestangen mit Schlitz befestigt (Abb. 11b), die wiederum mit 3 Endstücken (alle Freiheitsgrade) mit Gewinde an einem Ring oder anderen Hilfskonstruktionen befestigt werden.

Die Gewindestangen mit Schlitz können dann problemlos schrittweise aufgedreht werden, wodurch der Transport möglich ist.

3. Cerclagedrähte, die mit Schrauben am Transportsegment verankert werden.

Wir haben zur Verbesserung des Transports (Olivendrähte sind extrem starr) Cerclagedrähte eingeführt, die am Oberschenkel mit 2, am Unterschenkel mit einer Schraube befestigt werden (s. Abb. 11a). Die Cerclagedrähte werden intraoperativ durch die Weichteile ausgeleitet und dann über die gleichen Zugmechanismen wie bei Olivendrähten schrittweise bewegt.

Die Durchführung der Cerclagedrähte durch die Weichteile erleichtert man sich dadurch, dass man Redonspieße mit Redon vom Defekt durch die Weichteile dorthin ausführt, wohin das Segment transportiert werden soll. In das Redon legt man dann einfach die Drähte ein und kann sie so problemlos an den richtigen Austrittspunkt platzieren.

Durchführung des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateurmontage
Performance of segment transport with the **Ilizarov** ring fixing device

To perform segment transport, it is necessary to create a transport segment on the one hand and one or more drawing mechanisms on the other hand.

The following can be used as drawing mechanisms (Fig. 11a):

1. Transport ring

This is a further ring between the second and third fixation rings which is transported into the distal or proximal direction on threaded rods which are precisely parallel.

The transport segment is captured with two opposing olive K-wires; the wires “cut” through the soft tissues and leave so-called scar tracks (which are usually not very noticeable).

2. Crossed olive K-wires (Fig. 9a)

In the original Ilizarov method, olive K-wires or wires with ends which had loops or spindles were always used for transport. The wires are drilled through the tip of the transport segment at an angle and then driven through the soft tissues, brought out distally or proximally (depending on the pull direction) and fastened on threaded rods with slits (Fig. 11b), which in turn are fastened with 3 end pieces (all levels of freedom) with thread on a ring or other auxiliary structures.

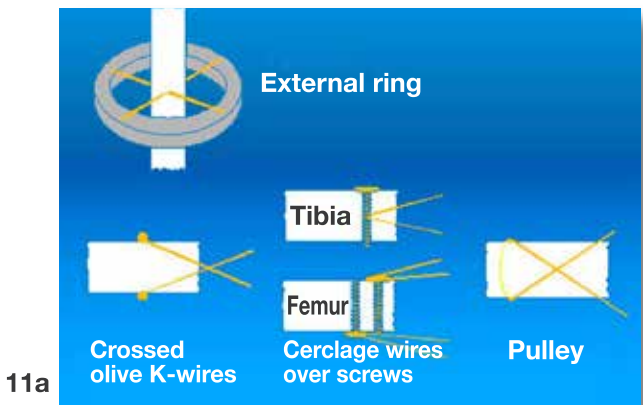
The threaded rods with slits can then be gradually turned up without problems, thereby enabling transport.

3. Cerclage wires, which are anchored on the transport segment with screws.

To improve transport (olive K-wires are extremely rigid), we introduced cerclage wires which are fastened on the thigh with 2 and on the lower leg with one screw (see Fig. 11a).

The cerclage wires are intraoperatively brought out through the soft tissues, and then gradually moved using the same drawing mechanisms as in olive K-wires.

Bringing the cerclage wires through the soft tissues is simplified by bringing out redon skewers with redon from the defect through the soft tissues where the segment will be transported. Then one simply places the wire in the redon, making it possible to place them in the correct exit point without problems.



11a

Durchführung des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateurmontage

Performance of segment transport with the **Ilizarov** ring fixing device

4. Seilsystem nach Weber

Weber [Weber 2003] hat ein Zugseilsystem eingeführt, indem er einerseits die Zugseile anstelle von Cerclagedrähten verwendet (flexibler), andererseits Umlenkrollen einsetzt, die das Umleiten der distalen Zugseile nach proximal gestatten. Der Patient kann das täglich mehrfache Drehen proximal viel leichter ausführen als distal.

Das Zugseilsystem wird durch 2 schräge Bohrungen von 2 oder 2,7 mm am distalen Ende des Transportsegments achterförmig von einer Seite aus vorgenommen, so dass eine große Freilegung des Knochens entfällt. Nach Abschluss des Transports wird das Seil einfach herausgezogen (Abb. 11a).

5. Corticotomie

Durch die sogenannte Corticotomie wird das Transportsegment erzeugt.

Die Corticotomie (Knochendurchtrennung unter Erhalt der endostalen Gefäße) kann auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden. Inzwischen corticotomieren wir nach Ausführen mehrerer fächerförmig angelegter Bohrungen den Knochen mit dem Spezialmeißel von Ilizarov, wobei wir bemüht sind, die endostale Durchblutung zu erhalten, was selbstverständlich nicht immer gelingt.

Die Corticotomie muss komplett durchgeführt werden. Verbleibt nur an einer Seite eine instabile Knochenverbindung, gelingt der Segmenttransport nicht.

Bei der Durchführung des Segmenttransports sind viele Besonderheiten zu beachten, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann (siehe Literatur).

In diesem Beitrag ist lediglich die grundsätzliche Durchführung der Ringmontage dargestellt. Mit dem Ringsystem nach Ilisarow können viele statische, dynamische oder kombinierte Montagen aufgebaut werden. Schließlich sei noch hervorgehoben, dass der sich bildende Distraktionsknochen dank der intramembranösen Entstehung primär zum Röhrenknochen führt und keinen Umbau erfordert, was gegenüber dem Umbau nach Spongiosatransplantation einen wesentlichen Vorteil darstellt.

11b



Durchführung des Segmenttransports beim **Ilizarov**-Ringfixateurmontage

Performance of segment transport with the **Ilizarov** ring fixing device

4. Rope system according to Weber

Weber [Weber 2003] introduced a rope pulley system by using the pulley ropes in place of cerclage wires (more flexible) on the one hand, and on the other hand, using redirecting rollers which make it possible to redirect the distal pull ropes into the proximal direction. The patient can perform the repeated daily turning much more easily into the proximal direction than into the distal direction.

The rope pulley system is performed through two angled drill holes with a diameter of 2 or 2.7 mm at the distal end of the transport segment in a figure eight from one side, so that it is not necessary to bare a large section of bone. When the transport is complete, the rope is simply pulled out (Fig. 11a).

5. Corticotomy

The so-called corticotomy produces the transport segment.


The corticotomy (bone separation while maintaining the endostal vessels) can be done in various ways. We are meanwhile performing corticotomies after carrying out several fan shaped drill holes on the bone with Ilisarow's special chisel, wherein we always attempt to maintain endostal circulation; naturally, this is not always possible.


The corticotomy must be performed completely. If an unstable bone connection remains on only one side, the segment transport is not successful.


When carrying out the segment transport, many special attributes which cannot be addressed here in further detail must be taken into account (see literature).

This contribution merely shows the fundamental implementation of ring assembly. Using the ring system in accordance with Ilizarow, it is possible to build many static, dynamic or combined assemblies. Finally, it must be emphasized that the forming distraction bone – due to its intramembranous formation – leads primarily to the tubular bone and does not require restructuring, which is a significant advantage as compared to restructuring after spongiosa transplantation.


Elemente Ilizarov Ringfixateur
elements ilizarov ring fixator

Halbring half ring				
	Ø Ø	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	60 mm	4 mm	1001060T	
	70 mm	4 mm	1001070T	
	80 mm	4 mm	1001080T	10.01.080
	100 mm	4 mm	1001100T	10.01.100
	110 mm	4 mm	1001110T	10.01.110
	120 mm	4 mm	1001120T	10.01.120
	130 mm	4 mm	1001130T	10.01.130
	140 mm	4 mm	1001140T	10.01.140
	150 mm	4 mm	1001150T	10.01.150
	160 mm	4 mm	1001160T	10.01.160
	180 mm	5 mm	1001180T	10.01.180
	200 mm	5 mm	1001200T	10.01.200
	220 mm	5 mm	1001220T	10.01.220
	240 mm	5 mm	1001240T	10.01.240

5/8 Ring 5/8 ring				
	Ø Ø	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	130 mm	4 mm	1003130T	10.03.130
	150 mm	4 mm	1003150T	10.03.150
	160 mm	4 mm	1003160T	10.03.160


Vollring full ring				
	Ø Ø	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. ref. no. steel
	Stahl			
	100 mm	4 mm	1002100T	10.02.100
	110 mm	4 mm	1002110T	10.02.110
	120 mm	4 mm	1002120T	10.02.120
	130 mm	4 mm	1002130T	10.02.130
	140 mm	4 mm	1002140T	10.02.140
	150 mm	4 mm	1002150T	10.02.150
	160 mm	4 mm	1002160T	10.02.160
	180 mm	5 mm	1002180T	10.02.180
	200 mm	5 mm	1002200T	10.02.200
	220 mm	5 mm	1002220T	10.02.220
	240 mm	5 mm	1002240T	10.02.240


Elemente Ilizarov Ringfixateur
elements ilizarov ring fixator

Bogenplatte curved plate			
	Biegung Curvature um um	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titani-
	90°	4 mm	1004090T
	120°	4 mm	1004120T


Halbring mit aufgebogenen Enden half ring with curved ends				
	Ø Ø	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	120 mm	4 mm	1005120T	10.05.120
	130 mm	4 mm	1005130T	10.05.130
	150 mm	4 mm	1005150T	10.05.150


Fußstütze foot ring			
	Länge length um um	Dicke thickness	Art. Nr. Titan ref. no. titani-
	260 mm	4 mm	1003260T
	300 mm	4 mm	1003300T


Gewindestange M6 threaded rod M6				
	Länge length	Anz. (VE) qty. (PU)	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	60 mm	5	1006060T	10.06.060
	80 mm	5	1006080T	10.06.080
	100 mm	5	1006100T	10.06.100
	120 mm	5	1006120T	10.06.120
	150 mm	5	1006150T	10.06.150
	200 mm	5	1006200T	10.06.200
	250 mm	5	1006250T	10.06.250
	300 mm	5	1006300T	10.06.300
	350 mm	5	1006350T	10.06.350
	400 mm	5	1006400T	10.06.400


Gewindestange M6 mit Schlitz threaded rod M6 slotted				
	Länge length	Anz. (VE) qty. (PU)	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	40 mm	5	1007040T	10.07.040
	60 mm	5	1007060T	10.07.060
	80 mm	5	1007080T	10.07.080
	100 mm	5	1007100T	10.07.100
	150 mm	5	1007150T	


Elemente Ilizarov Ringfixateur
elements ilizarov ring fixator


Verbindungsplatte kurz connection plate short				
	Länge length	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	37 mm	2	1010037T	
	49 mm	3	1010049T	10.10.049
	60 mm	4	1010060T	10.10.060
	71 mm	5	1010071T	10.10.071
	82 mm	6	1010082T	10.10.082
	93 mm	7	1010093T	10.10.093
	104 mm	8	1010104T	10.10.104
	115 mm	9	1010115T	10.10.115
	126 mm	10	1010126T	10.10.126

Verbindungsplatte lang connection plate long				
	Länge length	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	159 mm	14	1011159T	10.11.159
	236 mm	21	1011236T	10.11.236
	335 mm	30	1011335T	10.11.335


Verbindungsplatte mit Gewindeansatz connection plate with threaded end				
	Länge length	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	131 mm	5	1012131T	10.12.131
	171 mm	7	1012171T	10.12.171
	211 mm	9	1012211T	10.12.211
	251 mm	11	1012251T	10.12.251


Verwindungsplatte twisted plate				
	Länge length	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	46 mm	2	1013046T	10.13.046
	67 mm	3	1013067T	10.13.067
	88 mm	4	1013088T	10.13.088


Endteil mit Innengewinde endpiece with inner thread		
	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	1	1015001T
	2	1015002T
	3	1015003T
	4	1015004T


Endteil mit Gewindeansatz endpiece with threaded end		
	Loch hole	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	1	1016001T
	2	1016002T
	3	1016003T
	4	1016004T


Elemente Ilizarov Ringfixateur
elements ilizarov ring fixator


Gewindemuffe Sechskant M6 threaded sleeve hexagonal M6		
	Länge length	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	20 mm	1018020T
	30 mm	1018030T
	40 mm	1018040T
	60 mm	1018060T

Drahtfixationsklemme wire fixation clamp		
	Art. Nr. Titan ref. no. titanium	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	1022000T	10.22.000

Unterlegscheibe für Olivendraht washer for olive wire		
	Anz. (VE) qty. (PU)	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	5	1027007T

Segmenttransporteinheit segment transport unit	
	Art. Nr. Stahl ref. no. steel
	10.28.000

Titanseil titanium cable			
	Ø Ø	Länge length	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	1,15 mm	5 m	16115100T

Umlenkrolle für Segmenttransport pulley block for segment transport		
	Ø Ø	Art. Nr. Titan ref. no. titanium
	15 mm	1021015T

Elemente Ilizarov Ringfixateur

elements ilizarov ring fixator

Sicherungsscheibe

safety washer



Art. Nr. Stahl

ref. no. steel

10.21.006

Unterlegscheibe

washer



Dicke

thickness

Anz. (VE)

qty. (PU)

Art. Nr.

ref. no.

1 mm

10

1021001T

2 mm

10

1021002T

3 mm

(mit Schlitz)

(with slot)

10

1021003T

4 mm

10

1021004T

Kugelscheiben

rocker washer



Anz. (VE)

qty. (PU)

Art. Nr. Titan

ref. no. titanium

Art. Nr. Stahl

ref. no. steel

paarweise / pairwise

1021005T

10.21.012

Steinmann-Nagel mit Flachgewinde

steinmann nail with middle flat thread



Ø Nagel

Ø nail

Ø Gewinde

Ø thread

Länge

length

Art.-Nr. Titan

ref.-no. titani-
um

4,5 mm

5,0 mm

175 mm

1036175T

4,5 mm

5,0 mm

200 mm

1036200T

5,0 mm

5,5 mm

175 mm

1035175T

5,0 mm

5,5 mm

200 mm

1035200T

5,0 mm

5,5 mm

250 mm

1035250T

5,0 mm

5,5 mm

300 mm

1035300T

Steinmann-Nagel mit Spitzgewinde

steinmann nail with middle sharp thread



Ø Nagel

Stahl

Ø nail

Ø Gewinde

Ø thread

Länge

length

Art.-Nr.

ref.-no. steel

4,5 mm

5,0 mm

250 mm

10.37.250

5,0 mm

5,5 mm

250 mm

10.34.250

5,0 mm

5,5 mm

300 mm

10.34.300

5,0 mm

5,5 mm

350 mm

10.34.350

Draht mit Bajonettspitze

WIRE with bayonet point

Titan

titanium

Länge

length

Anz. (VE)

qty. (PU)

Art. Nr.

ref. no.

400 mm

5

1023370T

Draht mit Bajonettspitze und Stopper

WIRE with bayonet point and stopper

Titan

titanium

Länge

length

Anz. (VE)

qty. (PU)

Art. Nr.

ref. no.

400 mm

5

1026400T

Maulschlüssel

open end spanner



SW

width

Art.-Nr.

ref.-no.

10 mm

10.30.003

Seilschneider für Ø 1 - 2 mm

cable cutter for Ø 1 - 2 mm



Art. Nr.

ref. no.

10.31.002

Axialdrahtspanner

wire callet



Art.-Nr.

ref.-no.

10.31.010

Ring-Maul Schlüssel

combination spanner



SW

width

Art.-Nr.

ref.-no.

10 mm

10.30.001

Elemente präzisions hexapod
elements precision hexapod

Y-Gelenkadapter
y-joint adapter



Art. Nr.
ref. no.

1051-002

Y-Gelenkadapter für Karbonringe S&N
y-joint adapter for carbon rings S&N



Art. Nr.
ref. no.

1051-003

Sechskantschraube M6
hexagon head screw M6



Länge
length

Anz. (VE)
qty. (PU)

Art. Nr.
ref. no.

16 mm

10

10.20.016

Präzisionsbein mit Sicherungsklammer
precision leg with security clamp



Länge
length

Art. Nr.
ref. no.

65 - 130 mm

10.09.006

100 - 205 mm

10.09.010

Verlängerung für Präzisionsbein
extension for precision leg



Länge
length

Art. Nr.
ref. no.

60 mm

10.09.011

Meßstab
measuring gauge



Art. Nr.
ref. no.

MS1

Markierungsset
marker set



Nummerierung
numeration

Art. Nr.
ref. no.

1-6

10.09.041

Messkugel
measuring ball



Ø

Gewinde
thread

Art. Nr.
ref. no.

18 mm

M6

10.09.030

System für schonende, präzise Repositionen von Fehlstellungen, sowie für Distraktionen
system for gentle and precise repositioning of deformities, malpositions and distractions

Elemente präzisions hexapod
elements precision hexapod

Elemente schnellspann-hexapod
elements rapid hexapod

Y-Gelenkadapter
y-joint adapter



Art. Nr.
ref. no.

1051-002

Y-Gelenkadapter für Karbonringe S&N
y-joint adapter for carbon rings S&N



Art. Nr.
ref. no.

1051-003

Schnellspannbein
rapid leg



Länge
length

75 - 110 mm

100 - 160 mm

150 - 260 mm

Art. Nr.
ref. no.

10.09.002

10.09.003

10.09.004

Sechskantschraube M6
hexagon head screw M6



Länge
length

16 mm

Anz. (VE)
qty. (PU)

10

Art. Nr.
ref. no.

10.20.016



System für schnelle Repositionen axialer Fehlstellungen
system for rapid repositioning of axial malpositions

Literaturliste **Ilizarov** Ringfixateurmontage
Bibliography **Ilizarov** ring fixing

ABBOTT LC (1927)
The operative lengthening of the tibia and fibula. J Bone Joint Surg [Am] 9:128-152

ALLAN FG (1948)
Bone lengthening. J Bone Joint Surg [Br] 30:490

ANDERSON MV
(1952) Leg lengthening. J Bone Joint Surg [Br] 34:150

ARONSON J, HARP JH (1992)
Mechanical considerations in using tensioned wires in a transosseous external fixation system. Clin Orthop 280:23-29

ARONSON J, HARRISON B, BOYD CM, CANNON DJ, LUBANSKY HJ (1988)
Mechanical induction of osteogenesis: The importance of pin rigidity. J Pediatr Orthop 8: 396-401

ARONSON J, HARRISON BH, STEWART CL, HARP JH (1989)
The histology of distraction osteogenesis using different external fixators. Clin Orthop 241:106-116

BARR JS, OBER FR (1933)
Leg lengthening in adults. J Bone Joint Surg [Am] 15: 674-678

BIER A (1923)
Über Knochenregeneration, über Pseudarthrosen und über Knochentransplantate. Archiv klin Chir 127:1-135

BRUTSCHER R (1989)
Die Behandlung ausgedehnter Defekte an langen Röhrenknochen durch Segmentverschiebung. Habilitationsschrift, Uni München

BRUTSCHER R, RUETER A, RAHN B, PERREN SM (1992)
Die Bedeutung der Corticotomie oder Osteotomie bei der Callusdistraktion. Chirurg 63:124-130

CALHOUN JH, LI F, BAUFORD WL, LEHMAN T, LEDBETTER BR, LOWERY R (1992)
Rigidity of half-pins for the Ilizarov external fixator. Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst 52:21-26

CALHOUN JH, LI F, LEDBETTER BR, GILL CA (1992)
Biomechanics of the Ilizarov fixator for fracture fixation. Clin Orthop 280:15-22

DE BASTIANI G, ALDEGHERI R, RENZI-BRIVIO L, TRIVELLA G (1987)
Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). J Pediatr Orthop 7:129-134

DE PABLOS J, CANADELL J (1990)
Experimental physeal distraction in immature sheep. Clin Orthop 250:73-80

DELLOYE C, DELEFORTRIE G, COUTELIER L, VINCENT A (1990)
Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening - An experimental study. Clin Orthop 250:34-42

DELPRETE C, GOLA MM (1993)
Mechanical performance of external fixators with wires for the treatment of bone fractures - Part I: Load-displacement behavior. J Biomech Eng 115:29-36

Literaturliste **Ilizarov** Ringfixateurmontage
Bibliography **Ilizarov** ring fixing

DELPRETE C, GOLA MM (1993)
Mechanical performance of external fixators with wires for the treatment of bone fractures - Part II: Wire tension and slippage. J Biomech Eng 115:37-42

GREEN SA (1991)
The Ilizarov method: Rancho technique. Orthop Clin North Am 22:677-688

ILIZAROV GA (1989)
The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I: The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. Clin Orthop 238:249-281

ILIZAROV GA (1989)
The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II: The influence of the rate and frequency of distraction. Clin Orthop 239:263-285

KAWAMURA B, HOSONO S, TAKAHASHI T, YANO T, KOBAYASHI Y, SHIBATA N, SHINODA Y (1968)
Limb lengthening by means of subcutaneous osteotomy. J Bone Joint Surg [Am] 50:851-878

KENWRIGHT J, WHITE SH (1993)
A historical review of limb lengthening and bone transport. Injury, 24 Suppl 2:54-61

LASCOMBES P, MEMBRE H, PRÉVOT J, BARRAT E (1991)
Histomorphométrie du régénérat osseux dans les allongements des membres selon la technique d'Ilizarov. Rev Chirurg Orthop 77:141-150

MONTICELLI G, SPINELLI R (1981)
Distraction epiphysiolysis as a method of limb lengthening. I.Experimantal study. Clin Orthop 154:254-261

PALEY D (1988)
Current techniques of limb lengthening. J Pediatr Orthop 8:73-92

PESCH H-J, WAGNER H (1974)
Histomorphologische Befunde der Knochenregeneration unter Distraktion bei der diaphysären Verlängerungsosteotomie. Verh Dtsch Ges Pathol 58:305-308

PFEIL J, NIETHARD FU (1990)
Unterschenkelverlängerung mit dem Ilizarov-System. Darstellung der unterschiedlichen operativen Techniken und Analyse der 1986-1989 durchgeführten Unterschenkelverlängerungen. Orthopäde 19:263-272

SCHMIDT HGK, WOLTER D (1995)
Technik und Ergebnisse der Knochenneubildung mit dem Distraktionsverfahren nach Ilizarov. Langenbecks Arch Chir, Suppl II 380:239-244

SHEARER JR, ROACH HI, PARSONS SW (1992)
Histology of a lengthened human tibia.
J Bone Joint Surg [Br] 74:39-44

WEBER M (2003)
Segmenttransport mittels Kabelrollentechnik. Trauma u Berufskr 5:264

WHITE SH, KENWRIGHT J (1990)
The timing of distraction of an osteotomy. J Bone Joint Surg [Br] 72:356-361

Literaturliste **Ilizarov** Ringfixateurmontage
Bibliography **Ilizarov** ring fixing

WHITE SH, KENWRIGHT J (1991)
The importance of delay in distraction of osteotomies. Orthop Clin North Am 22:569-579
WOLFSON N, HEARN TC, THOMASON JJ, ARMSTRONG PF (1990)
Force and stiffness changes during Ilizarov leg lengthening. Clin Orthop 250:58-60

Further literature:
BAGNOLI G, PALEY D (1990)
The Ilizarov-Method; B C Decker, Philadelphia, Toronto
GIEBEL G (1993)
Kallusdistraction, klinische
Anwendung; Traumatologie aktuell,
2. Auflage, Thieme Stuttgart, New York
ILIZAROV GA (1992)
Transosseous Osteosynthesis; Springer Berlin, Heidelberg, New York
PFEIL J, GRILL F, GRAF R (1996)
Extremitätenverlängerung, Deformitätenkorrektur, Pseudarthrosenbehandlung; Springer Berlin, Heidelberg, New York
REICHEL H (1998)
Der diaphysäre Knochen nach Kallusdistraction; Zuckschwerdt München, Bern, Wien, New York
RÜTER A, KOHN D, CORRELL J, BRUTSCHER R (1998)
Kallusdistraction; Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore



nachhaltig Innovations Medical
- Klimaneutrale Pelletsheizung
- Photovoltaikanlage



18.0206.00

Innovations Medical GmbH
Badstraße 11, 78532 Tuttlingen, Germany
Phone: +49 74 61 / 9 66 42 - 0
Fax: +49 74 61 / 9 66 42 - 82
Mail: info@innovations-medical.de
Web: www.innovations-medical.de

technische Änderungen vorbehalten / für Druckfehler übernehmen wir keinerlei Haftung / copyright 12/2025 / Innovations Medical GmbH
subject to technical changes/ we assume no liability for printing errors / copyright 12/2025 / Innovations Medical GmbH