

Osteotomien am Femurschaft und distalen Femur nach in Achsenabweichung verheilten Frakturen

■ J. M. Proske, A. Pommer, A. Dávid

Zusammenfassung

Eine posttraumatische Fehlstellung am Femurschaft kann nach konservativer Behandlung oder Marknagelung und seltener auch nach Plattenosteosynthese auftreten. Die Korrektur wird notwendig, wenn Achsenfehler funktionell nicht kompensiert werden können und eine Schädigung von Gelenken zu erwarten ist. Von Einfluss auf die Indikation und den Ort der Korrekturosteotomie sind die Beingeometrie, die muskuläre, ligamentäre und artikuläre Situation sowie die Weichteil- und Knochenqualität. Die Korrektur erfolgt nach Möglichkeit am Ort der Fehlstellung. Im Anschluss an die Osteotomie kann die Stabilisierung grundsätzlich mit einem Marknagel oder einer Plattenosteosynthese vorgenommen werden.

Einleitung

Die Kenntnis der physiologischen Bein-geometrie ist Grundlage für Indikation und Planung von Korrekturosteotomien. Die mechanische Achse des Beines verläuft unter Normalbedingungen durch die Mitte des Femurkopfes, des Kniegelenkes und des oberen Sprunggelenkes. Die Femurschaftachse bildet mit der Längsachse der Tibia beim Erwachsenen den nach lateral offenen Tibiofemoralwinkel von 175° , gegen die Horizontale ist sie durch den Kniegelenksspalt um 82° geneigt [4].

Bei den Achsenverhältnissen der Beine kann im Seitenvergleich eine Symmetrie

zugrunde gelegt werden. Hinsichtlich der Torsionen sind intraindividuelle Abweichung von bis zu 15° am Oberschenkel physiologisch. Längentoleranzen betragen nach Untersuchung von Strecker et al. am Oberschenkel 1,2 cm, am Unterschenkel 1,0 cm und für das gesamte Bein 1,4 cm [16].

Im Erwachsenenalter erworbene posttraumatische Längendifferenzen können funktionell nicht mehr voll kompensiert werden.

Posttraumatische Torsionsabweichungen werden am häufigsten nach Marknagelosteosynthesen beobachtet [3]. Durch die Erweiterung des Indikationsspektrums für Marknägel finden sich solche Fehlstellungen auch zunehmend metaphysär. Primäre Achsenfehlstellungen können nach Einschlagen eines Marknagels unter Verwindung durch elastische Rückstellkräfte auftreten. Bei fehlender kortikaler Abstützung und zu forcierter Belastungssteigerung resultieren sekundäre Achsenabweichungen oder Verkürzungen.

Klinische und apparative Diagnostik

Die klinische Untersuchung dient zunächst zur Diagnosesicherung, der Bewertung des Schweregrades einer Fehlstellung und der Beurteilung der Prognose des Patienten. Dabei muß insbesondere die aktive und passive Beweglichkeit des Bewegungsapparates erfasst werden.

Die Darstellung der Achsen in der Frontal- und Sagittalebene erfolgt durch unter statischer Belastung im Seitenvergleich erstellter Röntgenaufnahmen. Für die Bestimmung von Torsionswinkeln und Längen ist die standardisierte CT-Untersuchung derzeitiger Goldstandard [17].

Insbesondere bei Kindern wird aufgrund der Bewegungsempfindlichkeit und der Strahlenbelastung durch die Computertomographie zunehmend ein dreidimen-

sionales sonographisches Messsystem benutzt, das allerdings noch nicht routinemäßig eingesetzt wird [9]. Die MRT-Untersuchung ist zwar günstig zur Beurteilung von Gelenkstrukturen, im Vergleich zu den anderen Untersuchungstechniken aber sehr kostenintensiv.

Indikation zur Korrekturosteotomie

Die Analyse von Fehlstellungen erfolgt zunächst in ihren Einzelkomponenten (Tab. 1). Bei mehrdimensionalen Fehlstellungen entscheidet das Gesamtbild über die Indikation zur Korrekturosteotomie. Die im folgenden genannten Richtgrößen zur Korrektur monodimensionaler Fehlstellungen müssen daher bei komplexen Situationen relativiert werden. Die Toleranz für ein Genu valgum und ein Genu varum wird durch den möglichen Ausgleich im unteren Sprunggelenk bestimmt. Dieser ist für ein Genu valgum bis 10° und für ein Genu varum bis 5° möglich. Neben der knöchernen Geometrie ist immer die ligamentäre Stabilität mit zu beurteilen, da sich instabile Kollateralbänder durch eine additive Osteotomie straffen lassen. Eine Veränderung des Kniebasiswinkels oder eine Verdrehung des Kondylenblocks kann in der seitlichen Röntgenaufnahme bei Achsabweichungen in der Sagittalebene gezeigt werden. Die Indikationsgrenze liegt auf Grund der pathologischen Scherbela-

Tab. 1 Toleranzgrenzen posttraumatischer Fehlstellungen

Dimension	Abweichung	OP-Indikation
frontal	Varus	5°
	Valgus	10°
sagittal	Antekurvatur	15°
	Rekurvatur	15°
Drehung	Innendrehung	15°
	Außendrehung	$20 - 25^\circ$
Länge	Verkürzung/ Verlängerung	1,5 cm

stung und der damit verbundenen Athro-
segefahr bei einer Abweichung von 15°. Am distalen Femur tritt bei Antetorsions-
fehlstellungen ein Streckdefizit im Knie-
gelenk schon bei geringerem Ausmaß
auf. Ad-latus-Dislokationen beeinflussen
die patellofemorale Geometrie. Ein
Achsenversatz in der Frontalebene führt
zu einer lateralen oder medialen patello-
femorale Hyperkompression. Die Indika-
tion zur Umstellungsosteotomie orien-
tiert sich dabei am klinischen Beschwer-
debild des Patienten. Außenrotationsfeh-
ler sind ab 20–25° korrekturbedürftig,
Innenrotationsfehler können bereits ab
15° zu einer erheblichen Störung des
Gangbildes führen. Eine posttraumatische
Beinlängendifferenz von mehr als
1,5 cm sollte auf Grund kosmetischer
und funktioneller Auswirkungen mit
schmerzhaften Folgezuständen an Ske-
lett und Weichteilen immer ausgeglichen
werden. Neben der Analyse der Beinachsen
kann die biomechanische Beanspruchung
zur Beurteilung der subchondralen
Knochendichte durch eine computertomographische
Osteoabsorptiometrie bestimmt werden.
Nach Wiederherstellung
physiologischer Achsenverhältnisse kann
dabei eine Änderung der Knochendichte-
verteilung beobachtet werden [10].

Fehlstellungen im Kindesalter

Posttraumatische Fehlstellungen im Kin-
desalter werden wegen der Möglichkeit
zur Spontankorrektur in der Regel erst
nach Wachstumsabschluss korrigiert.

Dabei zeigen kindliche Femurschaftfrak-
turen eine ausgesprochen günstige Nei-
gung zur Spontankorrektur.

Verschiebungen um Schaftbreite, Fraktur-
verkürzungen und Varus-/Valgusfehlstel-
lungen von 15° können ausgeglichen wer-
den, wenn das Restwachstum noch 4 Jahre
beträgt. Bei Kindern unter 10 Jahren
werden auch Rotationsfehlstellungen
durch Korrektur der Antetorsion auf der
Gegenseite und spontane Außendrehung
des Femurs distal der Fraktur am verlet-
zten Bein korrigiert. Fehlstellungen die
nach dem 10. Lebensjahr auftreten, wer-
den kaum noch korrigiert. Eine Indikation
zur Korrekturosteotomie vor Abschluss
des Längenwachstums besteht bei einer
auf Dauer nicht tolerablen Fehlbelastung
benachbarter Gelenke auf Grund einer
ausbleibenden Spontankorrektur oder
wenn nach weiterem progredienten Fehl-
wachstum technische Operationsschwie-
rigkeiten zu erwarten sind.

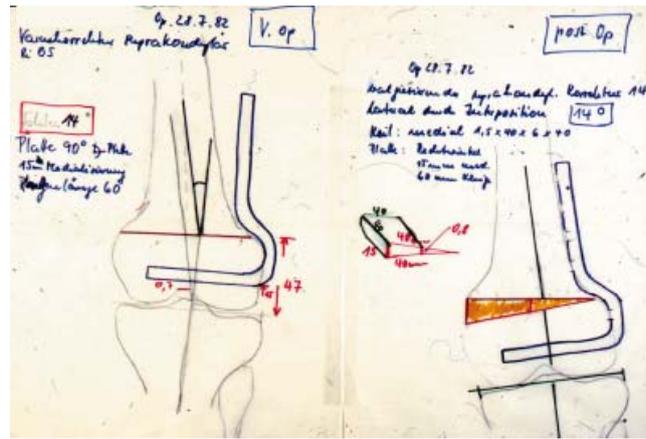


Abb. 1 Beispiel einer präoperativen Planungsskizze.

Operationsplanung

Die operative Planungsskizze erfolgt an
der Ganzbeinaufnahme in der abgebilde-
ten Fehlstellungsebene. Dabei kann die
Ausrichtung der Fehlstellungsebene gra-
phisch oder mathematisch lokalisiert
und quantifiziert werden (Abb. 1). Ist
eine Deformität im a.-p.- und Seitbild
sichtbar und besteht zusätzlich eine Tor-
sionsfehlstellung muss die Korrektur-
ebene über ein Vektordiagramm ermit-
telt werden. Die Ausgradung der Extremität
ergibt sich aus der Korrektur um die hie-
bei ermittelten Drehpunkte. Je weiter der
Drehpunkt in der Konvexität liegt, desto
größer ist der Verlängerungseffekt. Bei
einem Drehpunkt in der Konkavität be-
wirkt die Korrektur eine Verkürzung.
Das Ziel einer Korrekturosteotomie ist
die Wiederherstellung des anatomischen
Achsenzustandes der Extremität.

Eine Osteotomie wird in Höhe der Fehl-
stellung angestrebt.

Eine Überkorrektur von 2–4° wird nur
dann durchgeführt, wenn eine mediale
oder laterale Gonarthrose vorliegt oder
droht, wie etwa bei Knorpeldestruktion
einer Kondyle.

Operationstechnik

Die meisten Korrekturosteotomien an
den unteren Extremitäten werden auf-
grund von Fehlstellungen in der Frontal-
ebene durchgeführt. Kongenitale oder
posttraumatische Achsenabweichungen
werden dabei operationstechnisch gleich
behandelt.

Für die Stabilisierung nach einer Korrek-
turosteotomie stehen grundsätzlich in-
terne und externe Techniken zur Verfü-
gung.

Die Anwendung interner Verfahren wird
durch ihr Stabilisierungspotential, die ver-
fügbare Knochensubstanz und den Weich-
teilstatus limitiert. Externe Verfahren
werden bei Deformitäten in unmittelbarer Ge-
lenknähe, bei größerem Längenausgleich
sowie sehr schlechten Weichteil- und Vas-
kularitätsverhältnissen eingesetzt.

Technik der Osteotomie

Es werden grundsätzlich kleine Zugänge
mit möglichst geringer Weichteilmobilisie-
rung vom Knochen angewandt. Der Kno-
chen sollte nicht zirkulär freigelegt und
der Weichteilmantel nur soweit wie nötig
reseziert werden. In der supracondylären
Region sind zirkulär positionierte Hoh-
mann-Hebel zum Schutz der Gefäß-Ner-
venbahnen erforderlich. Im Femurschaft-
bereich sind diese entbehrlich. Nach Dekor-
tikation der Osteotomieregion wird zur
Optimierung des Heilungsverlaufes bei
der Durchtrennung des Knochens nach
Möglichkeit keine oszillierende Säge son-
dern ein scharfer Meißel verwendet [1].

Schaftkorrekturen

Einseitige Längenskorrekturen sind am
Oberschenkel in ihrem Ausmaß durch
die Dehnungskapazität der Weichteile
auf 3 cm begrenzt. Durch einseitige Ver-
kürzung und gegenseitige Verlängerung
können so bis zu 6 cm ausgeglichen wer-
den. Verkürzungen lassen sich durch eine
quere Osteotomie im metaphysären Be-
reich und nachfolgende Winkelplatten-
osteosynthese durchführen. Verlängerun-
gen können im metaphysären Bereich ein-
zeitig durch treppenförmige Osteotomie
und Stabilisierung mittels Winkelplatten-
osteosynthese erreicht werden [11]. Indi-
kationen für Distraktionsverfahren sind
Beinlängendifferenzen von mehr als
3 cm sowie einfache und komplexe Ach-
senfehlstellungen.

Monolaterale Fixateure werden zur isolierten Verlängerung von Ober- und Unterschenkel eingesetzt, während zur Achsenkorrektur insbesondere in mehreren Ebenen Ringfixateure aufgrund ihrer Komplexität besser geeignet sind [7].

Die Empfehlung hinsichtlich des maximal anzustrebenden Längenausgleichs beträgt für das Femur 6–10 cm. Achsenkorrekturen sind sehr genau durchführbar, da die den individuellen Deformitäten zugrundeliegenden Krümmungszentren berücksichtigt werden können und durch eine gezielte Versetzung von Korrekturachsen eine Translation ermöglicht wird. Die alleinige Distraction mit Hilfe von lateralen Monofixateuren kann zu Varusfehlstellungen führen, da die medialen Weichteile nicht im gleichen Maße distrahiert werden wie die lateralen. Dieser Nachteil wird durch gleichzeitige Platzierung eines unaufgebohrten Marknagels mit dünnem Durchmesser zum Teil kompensiert. Dabei erfolgt die Verriegelung zunächst proximal. Nach Erreichen der angestrebten Beinlänge wird der Marknagel distal verriegelt und der Fixateur entfernt. Die Liegezeit des Fixateur-externe kann dadurch um ca. 60% reduziert, eine Refraktur verhindert und die Behandlungsdauer verkürzt werden [12].

Bei liegendem Marknagel und isoliertem Drehfehler ist eine Torsionskorrektur über dem Marknagel möglich.

Die distalen Verriegelungsschrauben werden dabei gelöst und nach Korrektur der Fehlstellung neu platziert (**Abb. 2**). Dabei sollte eine Torsionssicherung durch eine Plattenosteosynthese erfolgen, da eine erneute Verriegelung den Rückstellkräften der Fragmente nicht immer standhält [15]. Bei Neuimplantation eines Marknagels zu Korrektur von Varus-/Valgusfehlstellungen kann hingegen auf die ergänzende Platte verzichtet werden (**Abb. 3**). Betz et al. entwickelten einen voll implantierbaren programmierbaren Distraktionsnagel. Eine äußere Distraktionsosteosynthese wird dabei nicht mehr notwendig [2]. Diese recht teuren Systeme befinden sich derzeit in klinischer Erprobung.

Korrekturen am distalen Femur

Je nach frontaler Neigung des Tibiaplateaus und der Knorpelqualität im Kniegelenk erfolgt bei mehrdimensionalen Fehlstellungen die Osteotomie supracondylär oder im Tibiakopfbereich. Unter Berück-



Abb. 2a In Innenrotationsfehlstellung verheilte Oberschenkelschaftbruch.



Abb. 2b Achsenkorrektur über eingebrachten Marknagel und Spongiosaplastik.

sichtigung der Längenverhältnisse kann sie subtraktiv oder additiv durch Einbringen eines auto- oder allogenen Knochen spans erfolgen. Der Korrekturwinkel orientiert sich am Ausmaß der gewünschten Korrektur und der festgelegten Osteotomiehöhe. Bei gleichzeitiger Verkürzungs- und Torsionskorrektur sollte nicht mehr als 3,5 cm verkürzt und 45° gedreht werden, da andernfalls eine Fehlbelastung des Kniegelenks oder Insuffizienz der Quadrizepsmuskulatur



Abb. 2c Ausheilungsergebnis nach 3 Monaten.

latur als Komplikation resultieren können.

Die Stabilisierung einer queren supracondylären Korrekturosteotomie erfolgt bevorzugt mit Winkelplatten (**Abb. 4**).

Diese können prinzipiell lateral oder medial platziert werden. Sie werden in konventioneller Technik mit Ausnutzung exzentrischer Bohrungen und eines Platten-spanngerätes montiert. Eine Zugschraube wird dabei zusätzlich platziert. Bei Bandschwäche am Kniegelenk sind additive Techniken zu bevorzugen [8,13]. Sagittale Achsabweichungen werden analog zu Korrekturen in der Frontalebene additiv oder subtraktiv extendiert oder flektiert (**Abb. 5**). Ad-latus-Dislokationen werden im allgemeinen durch eine quere Osteotomie ausgeführt. Bei gleichzeitiger Längenskorrektur bieten sich gelegentlich auch schräge Osteotomien an. Eine weichteilschonende Operationstechnik mit Erzielung übnungsstabiler Osteosynthesen und adäquater Nachbehandlung ist Voraussetzung für eine Operation in der Nähe zum Kniegelenk.

Postoperative Komplikationen

Wichtige planerische und operationstechnische Fehler bei allen genannten Verfahren sind eine falsche Osteotomiehöhe, eine intraartikuläre Metallage sowie Dehnungsschäden an nervalen Strukturen und am Gelenkknorpel [14]. Postoperativ auftretende Komplikationen sind ein Kompartmentsyndrom insbesondere bei ausgedehnter Devastierung der Weichteile und erzwungenem Faszienschluss. Neben den genannten Faktoren führt ein Verfahrenswechsel von

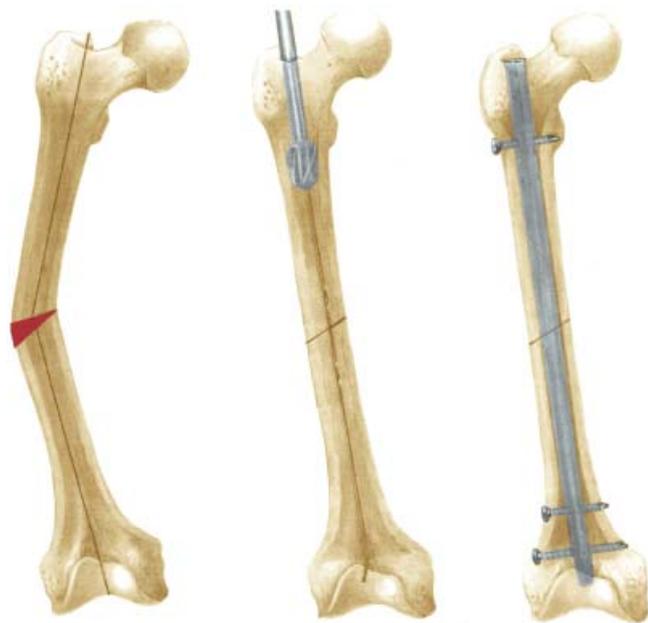


Abb. 3 Einbringen und Verriegelung eines Marknagels nach Varuskorrektur.

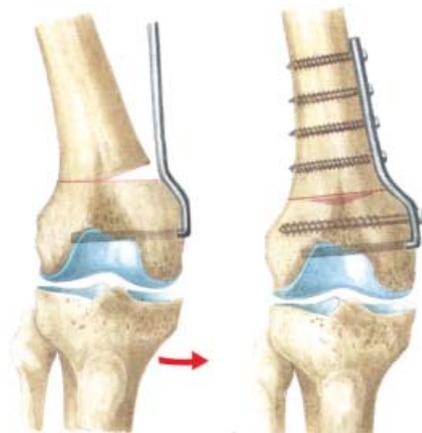


Abb. 4 Supracondyläre Korrekturosteotomie mittels einer medialen Winkelplatte.

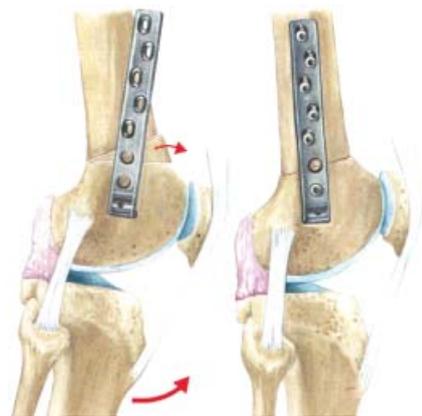


Abb. 5 Supracondyläre, extendierende Korrekturosteosynthese.

einer externen auf eine interne Osteosynthese zu einer Erhöhung des Infektionsrisikos. Schließlich kann es nach einer additiven Osteotomie zu einer Spanresorption kommen [5,6].

Schlussfolgerung

Bei pathologischen Fehlstellungen an den unteren Extremitäten ermöglicht die Wiederherstellung der mechanischen Achsverhältnisse die Prävention einer Gelenkdegeneration und Rekonstruktion einer belastungsfähigen Extremität. Nach subtiler Diagnostik und Operationsplanung stehen mit dem Fixateur externe, der Marknagelung und der Plattenosteosynthese unter den jeweiligen anatomischen Voraussetzungen differenzierte Systeme zur Verfügung. Verlängerungsosteotomien werden dabei zunehmend in der Distraktionstechnik nach Ilizarov vorgenommen.

Literatur

- ¹ Baumgart R, Kettler M, Zeiler C, Betz A, Schweiberer L. Möglichkeiten der Knochendurchtrennung. Osteotomie- und Kortikotomietechniken. Unfallchirurg 1997; 100: 797–804
- ² Betz A, Baumgart R. Erstes voll implantierbares intramedulläres System zur Kallusdistraktion-Marknagel mit programmierbarem Antrieb zur Beinverlängerung und Segmentverschiebung. Chirurg 1990; 61: 605–609
- ³ Braten M, Terjesen T, Rossvoll I. Femoral shaft fractures treated by intramedullary nailing. A follow-up study focusing on problems related to the method. Injury 1995; 56: 379–383
- ⁴ Debrunner AM. Der Bewegungsapparat: Biomechanik und Pathophysiologie. In: Debrunner AM (Hrsg.): Orthopädie, orthopädi-

- sche Chirurgie. Hans Huber Verlag Bern 1995.
- ⁵ Herron LD, Amstutz HC, Sakai DN. One stage femoral lengthening in the adult. Clin Orthop 1978; 136: 74–82
- ⁶ Höntzsch D, Weller S, Engels C, Kaiserauer S. Die Verfahrenswechsel vom Fixateur externe zur Marknagelosteosynthese an Femur und Tibia. Aktuelle Taumatol 1993; 23: 21–35
- ⁷ Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. Clin Orthop 1990; 250: 8–26
- ⁸ Knapp DR, Price CT. Correction of distal femoral deformity. Clin Orthop 1990; 255: 75–80
- ⁹ Keppler P, Strecker W, Kinzl L, Simmnacher M, Claes L. Die sonographische Bestimmung der Beingeometrie. Orthopäde 1999; 28: 1015–1022
- ¹⁰ Müller-Gerbl M, Griehl A, Putz R, Träger KH, Goldmann A, Kuhr M. Die Reaktion des subchondralen Knochens auf Achsenfehlstellungen des Kniegelenkes und deren Korrektur durch Osteotomien. In: Strecker (Hrsg.): Posttraumatische Beindeformitäten. Analyse und Korrektur. Springer-Verlag Berlin 1997; 97–100
- ¹¹ Murray DW, Kambouroglou G, Kenwright J. One-stage lengthening for femoral shortening with associated deformity. J Bone Joint Surg Br 1993; 4: 566–571
- ¹² Paley D, Herzenberg JE, Paremian G, Bhava A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. J Bone Joint Surg Am 1997; 79: 1464–80
- ¹³ Payne LZ, DeLuca PA. Intertrochanteric versus supracondylar osteotomy for severe femoral anteversion. J Pediatric Orthop 1994; 14: 39–44
- ¹⁴ Stanitski DF, Rossmann K, Toroisian M. The effect of femoral lengthening on knee articular cartilage: the role of apparatus extension across the joint. J Pediatr Orthop 1996; 16: 151–154
- ¹⁵ Strecker W, Hoellen I, Keppler P, Suger G, Kinzl L. Torsionskorrekturen nach Marknagelosteosynthesen der unteren Extremität. Unfallchirurg 1997; 100: 29–38
- ¹⁶ Strecker W, Keppler P, Franzreb M, Keck S, Kinzl L. Längen und Torsionen der unteren Extremitäten. In: Strecker (Hrsg.): Posttraumatische Beindeformitäten. Analyse und Korrektur. Springer-Verlag Berlin 1997; 75–86
- ¹⁷ Waidelich H-A, Strecker W, Schneider E. Computertomographische Torsionswinkel und Längenbestimmung an der unteren Extremität. Fortschr Röntgenstr 1992; 157: 245–251

Dr. med. J. M. Proske

Assistenzarzt

A. Pommer

Leitender Oberarzt

Prof. Dr. med. A. Dávid

Direktor

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Klinikum Wuppertal
Heusnerstraße 40
42883 Wuppertal