

Maxim Privalov
Dr. med.

Intraoperative 3D-Bildgebung am oberen Sprunggelenk: Einfluss der Anatomie und Gelenkposition auf die Stellung der Sprunggelenksgabel am Frakturmodell

Fach: Chirurgie
Doktorvater: Prof. Dr. med. Paul Alfred Grützner

Die exakte anatomische Reposition der Fraktur und der Sprunggelenksgabel beeinflusst das klinische Ergebnis nach Sprunggelenksfrakturen. Dabei kann zusätzlich zur intraoperativen 2D-Bildgebung eine 3D-Bildgebung Informationen zur Reposition und Stellung der Osteosynthese geben. Die Kenntnis des Frakturverhaltens und der Rekonstruktion der anatomischen Gegebenheiten des oberen Sprunggelenks kann zu einer verbesserten operativen Versorgung führen. Die genaue Einstellung der Fibula in der Incisura tibiofibularis kann indessen durch unterschiedliche Repositionsmethoden erreicht werden.

Das primäre Ziel dieser Studie war es, die inter- und intraindividuellen anatomischen Unterschiede sowie den Einfluss der Gelenkstellung auf die Rotation und Position der Fibula in der Incisura tibiofibularis am oberen Sprunggelenk mittels 3D-C-Bogen zu bestimmen und zu analysieren.

Die sekundäre Zielsetzung lag in der Untersuchung des Frakturverhaltens und der Beurteilung des Osteosyntheseerfolges, insbesondere im Rahmen des Repositionsverlaufs.

In die prospektive Untersuchung wurden 20 unpräparierte Unterschenkel von 10 Individuen eingeschlossen. Die Messungen wurden mit einem mobilen 3D-C-Bogen durchgeführt. Die Bilddatensätze wurden mit der Betrachtungssoftware des C-Bogens in den Standardebenen ausgewertet. In der coronaren Ebene wurde der tibiofibuläre Abstand in der Incisura tibiofibularis, sowie die tibiotalaren Abstände in Sprunggelenksmitte und in der Mitte des Malleolus medialis bestimmt. In der axialen Ansicht wurden zudem die Abstände zwischen den Vorder- und Hinterkanten von Tibia und Fibula sowie die Winkel der Fibula zur Tibia 5 mm proximal der tibialen Gelenkfläche und 4 mm distal der talaren Gelenkfläche gemessen.

Im ersten Teil der Studie wurden die Mittelwerte der Abstände und Winkel, in den Gelenkstellungen in 10°-Dorsalextension, in 0°-Neutralstellung und in 20°-Plantarflexion am oberen Sprunggelenk verglichen. Im Rahmen der Ermittlung der intra- und interindividuellen Unterschiede bezüglich der anatomischen Parameter des OSG wurden in 0°-Neutralstellung Differenzen zwischen den einzelnen Messwerten gebildet, um die maximale Abweichung festzustellen. Gleichzeitig wurden auch die Mittelwerte dieser Differenzen mit Standardabweichung errechnet, um das Ausmaß der durchschnittlichen Unterschiede zu erhalten.

Für die Untersuchung des Frakturverhaltens und des Osteosyntheseerfolges erfolgte ein Abgleich mit den Messwerten eines intakten OSG in 0°-Neutralstellung. Verglichen wurden die Mittelwerte der Abstände und Winkel, indem die Messwerte der intakten Syndesmose denjenigen, die nach Osteotomie und Syndesmosenenddurchtrennung sowie nach Osteosynthese und anschließender Transfixation mittels Kirschner-Drähten und Stellschraube ermittelt wurden, gegenübergestellt wurden.

Die untersuchten Präparate stammten von 4 männlichen und 6 weiblichen Individuen. Das Durchschnittsalter der eingeschlossenen Individuen belief sich auf 83,8 Jahre.

Im Durchschnitt wurden folgende intraindividuelle Abweichungen festgestellt: tibiotalarer Abstand zur Talusfläche $0,27 \pm 0,38$ mm und medial $0,15 \pm 0,14$ mm; sowie tibiofibularer

Abstand anterior $0,42 \pm 0,39$ mm, posterior $0,38 \pm 0,46$ mm und in der Inzisur $0,24 \pm 0,15$ mm. Der Rotationswinkel der Fibula 5 mm proximal der Tibiagelenkfläche betrug $0,2 \pm 0,42^\circ$ und 4 mm distal der Talusgelenkfläche $0,4 \pm 0,7^\circ$.

Die interindividuellen Unterschiede der Abstände betrugen: tibiotalarer Abstand zur Talusfläche $0,64 \pm 0,42$ mm und medial $0,56 \pm 0,39$ mm; sowie tibiofibularer Abstand anterior $1,24 \pm 0,78$ mm, posterior $1,36 \pm 0,97$ mm und in der Inzisur $0,49 \pm 0,33$ mm. Der Rotationswinkel der Fibula 5 mm proximal der Tibiagelenkfläche wurde mit $1,44 \pm 1,14^\circ$ und 4 mm distal der Talusgelenkfläche mit $3,29 \pm 2,49^\circ$ gemessen.

Der Einfluss der Gelenkstellung äußerte sich wie folgt: Der anteriore tibiofibuläre Abstand betrug im Mittel $3,68 \pm 1,07$ mm in 10° -Dorsalextension, $3,66 \pm 1,04$ mm in 0° -Neutralstellung und $3,59 \pm 1,07$ mm in 20° -Plantarflexion. Der posteriore tibiofibuläre Abstand wurde im Mittel mit $7,82 \pm 1,23$ mm in 10° -Dorsalextension, $7,76 \pm 1,17$ mm in 0° -Neutralstellung und $7,82 \pm 1,14$ mm in 20° -Plantarflexion gemessen. Die Rotation der Fibula zur Tibia 5 mm proximal der tibialen Gelenkfläche betrug $1,2 \pm 1,28^\circ$ in 10° -Dorsalextension, $1,3 \pm 1,28^\circ$ in 0° -Neutralstellung und $1,05 \pm 1,09^\circ$ in 20° -Plantarflexion. Der Rotationswinkel der Fibula 4 mm distal der talaren Gelenkfläche war $9,3 \pm 2,81^\circ$ in 10° -Dorsalextension, $9,4 \pm 2,85^\circ$ in 0° -Neutralstellung und $9,4 \pm 2,87^\circ$ in 20° -Plantarflexion.

Das Frakturverhalten nach Durchtrennung der Syndesmose und Osteotomie (Weber C) stellt sich wie folgt dar: Der Winkel zwischen Fibula und Tibia nimmt im Mittel proximal um $3,1^\circ$ und distal um $3,6^\circ$ zu, während sich der Abstand zwischen Tibia- und Fibulavorderkante um 1,86 mm vergrößert.

Die Osteosynthese der Fibula ohne Transfixation bewirkt die folgenden Veränderungen der anatomischen Parameter: Der anteriore tibiofibuläre Abstand ist im Mittel noch um 0,28 mm vergrößert, während die Fibula noch proximal um $0,65^\circ$ und distal um $1,35^\circ$ nach außen gedreht ist.

Nach der Transfixation mittels Kirschner-Drähten wurden im Mittel folgende Abweichungen gegenüber dem intakten Zustand errechnet: Der tibiofibuläre Abstand ist im Mittel anterior nur noch um 0,04 mm vergrößert, während der posteriore um 0,27 mm und in der Inzisur um 0,3 mm verkleinert ist. Beim Rotationswinkel der Fibula zeigt sich die Außenrotation 5 mm proximal der Tibiagelenkfläche nur noch um $0,19^\circ$ und 4 mm distal der Talusgelenkfläche lediglich um $0,5^\circ$ erhöht.

Nach der Transfixation mittels Stellschraube wurden im Durchschnitt folgende Abweichungen gegenüber dem intakten Zustand ermittelt: Der tibiofibuläre Abstand ist im Mittel anterior noch um 0,21 mm vergrößert, während der posteriore um 0,22 mm und in der Inzisur um 0,1 mm verkleinert ist. Beim Rotationswinkel der Fibula zeigt sich die Außenrotation 5 mm proximal der Tibiagelenkfläche nur noch um $0,25^\circ$ und 4 mm distal der Talusgelenkfläche lediglich um $0,45^\circ$ erhöht.

Im Rahmen der Untersuchungen zeigten sich lediglich geringe intraindividuelle Unterschiede und deutliche interindividuelle Differenzen der bestimmten Parameter am oberen Sprunggelenk. Diese Ergebnisse weisen auf erhebliche Unterschiede der anatomischen Parameter am oberen Sprunggelenk zwischen Individuen hin, die es im Rahmen der Operation zu beachten gilt.

Weder der tibiofibuläre Abstand noch der tibiofibuläre Winkel änderte sich deutlich durch die unterschiedliche Gelenkstellung. Signifikante Differenzen der Werte in Abhängigkeit der Stellung in 10° -Dorsalextension, 0° -Neutralstellung und 20° -Plantarflexion des oberen Sprunggelenks waren in der 3D-Bildgebung nicht nachweisbar.

Diese Kenntnis ist hilfreich, um eine anatomische Rekonstruktion der Gelenkstellung bei instabilen Sprunggelenksfrakturen mit Hilfe vom 3D-C-Bogen, und zwar auch unabhängig von der Gelenkposition, zu erzielen und somit das klinische Ergebnis günstig zu beeinflussen.

Zahlreiche Studien weisen auf die Wichtigkeit der anatomischen Einstellung des OSG nach isolierter Syndesmosenruptur oder nach Fraktur in Kombination mit Syndesmosenruptur hin. Untersuchungen, die ein detailliertes Frakturverhalten mit anschließender Beurteilung des Osteosyntheseerfolges und der Transfixation am Leichenmodell aufführen, wurden bisher noch nicht beschrieben. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass es bei der Einstellung des tibiofibularen Abstandes tendenziell zu einer Überkorrektur kommt und die Fibula in der Incisura tibiofibularis vermehrt außenrotiert ist. Dabei ist zu beachten, dass eine isolierte Syndesmosenruptur zusätzlich zur Erweiterung des Abstandes zwischen Tibia und Fibula zu einer vermehrten Außenrotation der Fibula in der Incisura tibiofibularis führt. Daher ist eine alleinige Osteosynthese der Fibula ohne begleitende Transfixation, beispielsweise mittels einer Stellschraube, bei einer Sprunggelenksfraktur Typ Weber C nicht ausreichend, um die Fibula korrekt in der Inzisur einzustellen.