

Fersenbeinosteosynthese mit intraoperativer 3D-Röntgenkontrolle

Die Kalkaneusfraktur gehört mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 1–2% zu den häufigsten Frakturen der Fußwurzelknochen [20]. Intraartikuläre Kalkaneusfrakturen sind in aller Regel Folge einer hochenergetischen axialen Krafteinwirkung wie beim Sturz aus größerer Höhe, bei der die Körperkraft vervielfacht wird und zur Fraktur führt. Etwas seltener treten die Frakturen beim PKW-Unfall als Pedalerverletzung auf.

Der Kalkaneus als größter Fußwurzelknochen bildet die Hauptkomponente des Fußgewölbes und überträgt als hinterer Pfeiler die Körperkraft auf den Boden. Anatomisch besteht er aus einer vergleichsweise dünnen Kortikalis und hat eine Trabekelstruktur, die sich nach den dynamischen und statischen Belastungen ausrichtet [9].

Die gebräuchlichsten Klassifikationen sind die Einteilung nach Essex-Lopresti [4], Sanders und Zwipp. Komplexere Frakturformen können mit CT-Diagnostik und -Klassifikationen erfasst und interpretiert werden [8, 11, 13, 18, 22].

Ziel der operativen Therapie sind die weit gehende Wiederherstellung von Länge, Höhe und Breite des Fersenbeins [1, 2, 18, 22] sowie des Fußgewölbes und der Rückfußachse und damit die Wiederherstellung der Statik und Funktion [21]. Die Redression des Repositionsergebnisses kann durch verschiedene Methoden erreicht werden [3, 6, 10, 14].

Subtalare Stufenbildungen von über 1 mm können zu einer frühzeitigen posttraumatischen Arthrose im unteren Sprunggelenk führen. Mit herkömmlicher 2D-Durchleuchtung können so ge-

ringe Stufenbildungen intraoperativ in der Regel nicht beurteilt werden. Mittels intraoperativer 3D-Durchleuchtung besteht erstmals die Möglichkeit, knöcherne Strukturen intraoperativ dreidimensional abzubilden und verbliebene Stufenbildungen zu erkennen und entsprechend zu korrigieren [12, 14].

In einer retrospektiven Studie wurde untersucht, ob sich durch Einsatz der 3D-Durchleuchtung die Repositionsergebnisse verbessern lassen.

Methode

Operationsindikation. Sie ist gegeben bei

- höhergradiger Deformierung des Fersenbeins,



Abb. 1 ▲ Darstellung des Fersenbeins, Einbringen der Schanz-Schraube als Repositionshilfe



Abb. 2 ▲ Intraoperative Kontrolle des erzielten Repositionsergebnisses mittels 3D-Durchleuchtung (Siremobil ISO C 3D)

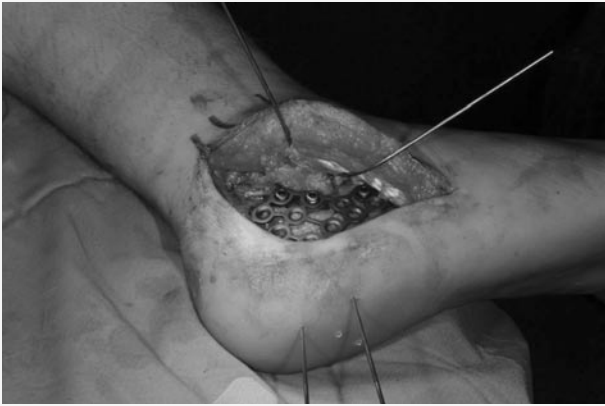


Abb.3 ▲ Anpassung des Tifix, Einbringen der winkelstabilen Schrauben

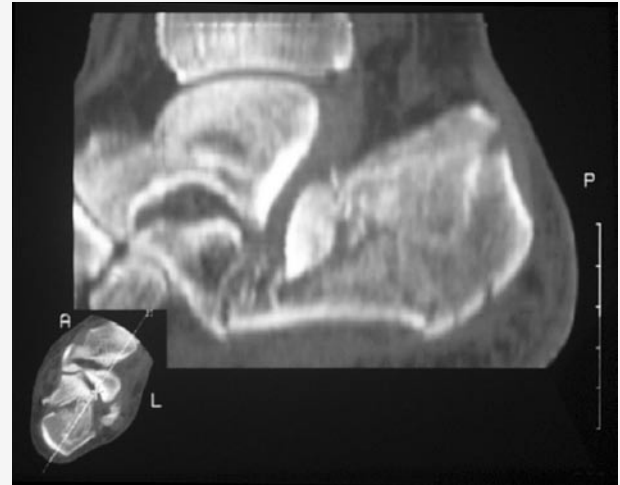


Abb.5 ▲ Joint-depression-Fraktur nach Essex-Lopresti, CT-Rekonstruktion



Abb.4 ▲ 44-jähriger Patient, Sturz aus 3 m Höhe, Tubergelenkwinkel 14°



Abb.6 ▲ Klassifikation nach Sanders Typ 2 im CT-Schnitt

- Abflachung des Fußgewölbes (Böhler-Winkel),
- intraartikulären Frakturen sowie
- Verkürzung des Rückfußes.

Implantat. Es wurde der multidirektional winkelstabile Plattenfixateur interne (Tifix, Fa. LITOS, Hamburg) verwendet.

Lagerung. Die Operation fand in Seitenlage auf einen Operationstisch mit durchleuchtungsfähigem Karbonfußteil statt (▣ Abb. 1).

Operationstechnik. Es wurde der erweiterte laterale Zugang genutzt. Der Weichteillappen wurde subperiostal abpräpariert, mit Haltefäden armiert und mit Titan-Kirschner-Drähten gehalten. Mittels Schanz-Schraube, welche über den Tuberculus calcanei eingebracht wird, und einem Handgriff kann eine zusätzliche Reposition, insbesondere die Wiedererlangung der Länge, erreicht werden (▣ Abb. 1).

Das so erzielte Repositionsergebnis wird intraoperativ mittels 3D-Durchleuchtung kontrolliert (▣ Abb. 2). Zur Anwen-

dung kommt hierbei das Siremobil ISO C 3D (Fa. Siemens Medizintechnik Erlangen), ein herkömmlicher C-Bogen-Röntgenbildverstärker gekoppelt mit einer zuschaltbaren Motorsteuerung zur Orbitalbewegung und einem Bildrechner zur 3D-Rekonstruktion. Bei einer Rotation von 190° mit einem 17-cm-Bildverstärker werden 50 bzw. 100 Einzelbilder erzeugt, die in einer Datenberechnung in 3D-Schnittbilder umgerechnet werden. Daraus entstehen Schnittbilder in koronarer, sagittaler und transversaler Ebene, welche in

Trauma Berufskrankh 2005 · 7[Suppl 1]:S162–S166
DOI 10.1007/s10039-004-0957-7
© Springer Medizin Verlag 2004

T. Porté · N. Haustedt · C. Queitsch · C. Jürgens

Fersenbeinosteosynthese mit intraoperativer 3D-Röntgenkontrolle

Zusammenfassung

Die operative Therapie intraartikulärer Kalkaneusfrakturen setzt sich immer mehr durch. Gefordert ist ihre exakte Reposition mit Rekonstruktion des Tubergelenkwinkels, der Tuberlänge und besonders des subtalaren Gelenks. Die intraoperative 3D-Bildgebung mit dem mobilen Siremobil-Iso-C3D ist eine wichtige Hilfe zur exakten Rekonstruktion der anatomischen Strukturen geworden, nach Reposition verbliebene Stufen können frühzeitig erkannt und korrigiert werden. Im Zeitraum vom Oktober 2002–Mai 2004 wurden 49 Patienten mit intraartikulären Kalkaneusfrakturen

mittels winkelstabilem Plattenfixateur interne unter intraoperativer Kontrolle eines 3D-Bildgebungsverfahrens versorgt. Der Tubergelenkwinkel wurde im Durchschnitt um 16° angehoben. In 18 Fällen deckte die intraoperative 3D-Bildgebung verbliebene Stufen auf, die korrigiert werden konnten. Es kam in keinem Fall zu einer sekundären Dislokation des zentralen Fragments.

Schlüsselwörter

Kalkaneusfraktur · Computerassistierte Chirurgie · Intraoperative 3D-Bildgebung · Siremobil-Iso-C3D

Internal fixation of calcaneal fractures with intraoperative 3D X-ray monitoring

Abstract

In recent years, operative management of intra-articular calcaneus fractures has gained increasing momentum. Precise anatomical reduction with reconstruction of tuber angle, tuber length and, especially, subtalar joint are required. The mobile Siremobil Iso-C3D is an important aid to the accurate reconstruction of the anatomical structures; dislocation persisting after reposition can be detected and corrected at a very early stage. From October 2002 to May 2004, 49 patients with fractures of the calcaneus underwent internal fixation of intra-articular

fractures of the calcaneus with a fixed-angle titanium plate system with intraoperative 3D imaging. On average, the tuber angle was improved by 16°. In 18 cases, the intraoperative 3D imaging disclosed dislocations, which it was possible to correct. Secondary dislocation of the central fragment did not occur in any of these cases.

Keywords

Calcaneal fracture · Computer-assisted surgery · 3D Intraoperative imaging · Siremobil Iso C-3D

allen 3 Ebenen die gleiche Auflösung besitzen.

Bei einer verbliebenen Stufenbildung ist diese intraoperativ sofort zu beheben. Anschließend wird ein winkelstabiler Titanfixateur interne an das Fersenbein anmodelliert und mit den entsprechenden winkelstabilen Schrauben besetzt (■ **Abb. 3**). Besonders das zentrale Frakturfragment (posteriores subtalares Fragment) sollte mit einer Schraube gefasst und somit stabil in der regelrechten Position fixiert werden.

Patienten

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Oktober 2002–Mai 2004. Von den 49 Patienten waren 6 Frauen und 43 Männer. Das Alter betrug 19–59 Jahre (Durchschnitt: 42,3 Jahre).

Unfallursachen waren:

- 83% Sturz (im Durchschnitt 3 m Höhe) (■ **Abb. 4**),
- 12% Verkehrsunfälle,
- 5% sonstige Unfälle,

davon waren 35 Arbeitsunfälle und 14 private Unfälle.

Frakturklassifikation. Nach CT-Diagnostik (■ **Abb. 5**) ergaben sich nach der Einteilung nach Häberle/Mutschler:

- 59% 3-Fragment-Frakturen,
- 27% 4-Fragment-Frakturen mit Beteiligung des kalkaneokuboidalen Gelenks,

nach Sanders

- 39,3% Typ-II- (■ **Abb. 6**) und
- 54,3% Typ-III-Frakturen.

In 40% der Kalkaneusfrakturen lagen Begleitverletzungen vor, angeführt von Frakturen der Wirbelsäule (24%).

Operation. Die Frakturen wurden je nach Weichteilsituation nach durchschnittlich 8,5 Tagen versorgt. Intraoperativ wurde in allen Fällen eine 3D-Durchleuchtungskontrolle des Repositionsergebnisses durchgeführt (■ **Abb. 7**).

Die Operationszeit betrug im Schnitt 72 min.

Retrospektiv wurden bei allen Patienten prä- und postoperativ und nach Frakturkonsolidierung der Tubergelenkwinkel nach Böhler und die Kalkaneuslänge anhand von seitlichen Röntgenbildern ausgemessen (■ Abb. 8).

Ergebnisse

In 18 Fällen konnte bei der intraoperativ durchgeführten 3D-Durchleuchtungskontrolle eine verbliebene Stufe von mehr als 1 mm festgestellt werden, sodass eine erneute Reposition erforderlich war.

Durch die Frakturpositionierung wurde der Tubergelenkwinkel (Böhler-Winkel) von durchschnittlich $10,5^\circ$ (-10 – 30°) um gemittelte 16° (11 – 20°) angehoben. Die Verkürzung des Rückfußes konnte im Durchschnitt um 13 (9–17) Bildmillimeter verbessert werden. Ein sekundärer Korrekturverlust trat in keinem Fall auf. Das erreichte Repositionsergebnis konnte bis zur Frakturkonsolidierung und Vollbelastung durch das winkelstabile Implantat gehalten werden. Der unmittelbar postoperativ gemessene Tubergelenkwinkel entsprach dabei dem Böhler-Winkel nach Frakturkonsolidierung bei Vollbelastung.

Als postoperative Komplikationen wurden 4 oberflächliche Wundrandnekrosen gesehen, die jedoch alle konservativ noch während der stationären Behandlungsphase ausheilten. Ein postoperatives Wundhämatom musste operativ revidiert werden und heilte in der Folge problemlos ab.

Diskussion

Einheitlich in der Literatur ist die Forderung nach einer exakten anatomischen Rekonstruktion der subtalaren Gelenkfläche mit Wiederherstellung des Fußgewölbes und der Fersenbeinlänge. Nur die exakte Frakturpositionierung mit Wiederherstellung der Fußstatik und -funktion ermöglicht eine normale Biomechanik. Dies kann nur durch die operative Behandlung erreicht werden.

Es ist hinreichend bekannt, dass bereits eine kleine subtalare Stufenbildung von 1 mm zu einer frühzeitigen posttraumatischen Arthrose im unteren Sprunggelenk führen kann. Mittels herkömmlicher 2D-Durchleuchtung kann eine so geringe Stufenbildung fast nicht beurteilt werden. Mit-

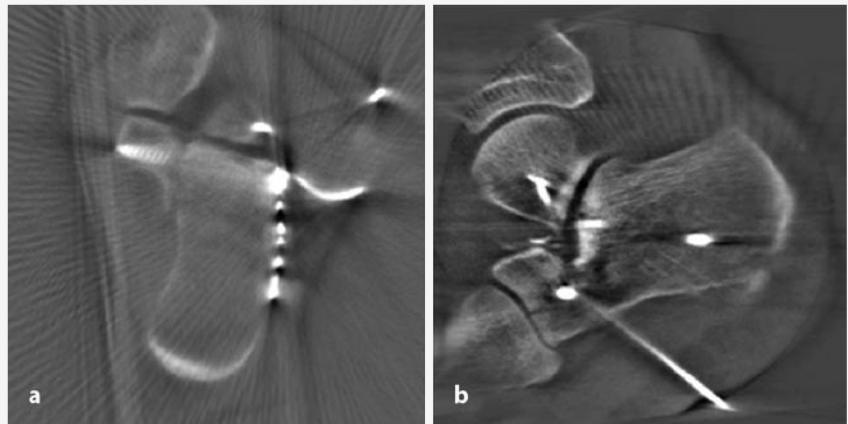


Abb. 7 ▲ Intraoperative 3D-Bildgebung mit Siremobil ISO C 3D (Siemens)



Abb. 8 ◀ Postoperative Röntgenkontrolle, regelrechte Lage des Tifix, Tubergelenkwinkel 28°

tels intraoperativer 3D-Durchleuchtung besteht die Möglichkeit, eine verbliebene Stufenbildung intraoperativ zu erkennen und sofort zu korrigieren. Durch die CT-Diagnostik kann die Kalkaneusfraktur besser verstanden und klassifiziert werden, sodass eine bessere operative Planung möglich ist.

Schlussfolgerung

Die operative Versorgung intraartikulärer Fersenbeinfrakturen setzt sich immer mehr durch.

Mittels intraoperativer 3D-Durchleuchtung besteht erstmalig die Möglichkeit, verbliebene Stufenbildung zu erkennen und entsprechend zu korrigieren. Inwieweit es dadurch zu einer Verminderung der posttraumatischen Arthrose im USG kommt, müssen die Langzeitergebnisse erst zeigen.

Korrespondierender Autor

Dr. T. Porté

Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, BG-Unfallkrankenhaus Hamburg, Bergedorfer Straße 10, 21033 Hamburg

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Bauer G, Mutschler W, Zenkl M et al. (1993) Zur operativen Therapie von intraartikulären Kalkaneusfrakturen. *Hefte Unfallchirurg* 230: 265
2. Benirschke SK, Sangeorzan BJ (1993) Extensive intra-articular fractures of the foot. *Surgical management of calcaneal fractures*. *Clin Orthop* 292: 128
3. Bezes H, Massart P, Fourquet JP (1984) Die Osteosynthese der Calcaneusimpressionsfraktur. *Unfallheilkunde* 87: 363–368
4. Essex-Lopresti P (1951) Fractures of the os calcis: the mechanism, reduction technique and results in fractures of the os calcis. *Br J Surg* 39: 395
5. Euler E, Wirth S, Linsenmaier U et al. (2001) Vergleichende Untersuchung zur Qualität der C-Bogenbasierten 3D-Bildgebung am Talus. *Unfallchirurg* 104: 839–846

6. Funk EM, Wiedemann M, Bickel R et al. (1995) Dislozierte intraartikuläre Kalkaneusfrakturen – Langzeituntersuchung nach offener Reposition und Osteosynthese. Unfallchirurg 98: 501–506
7. Gebhard F, Kinzl L, Arand M (2000) Computerassistierte Chirurgie. Unfallchirurg 103: 612–617
8. Häberle HJ, Minholz R, Bader C et al. (1993) CT-Klassifikation intraartikulärer Calcaneusfrakturen. Fortschr Röntgenstr 159: 548–554
9. Harty M (1973) Anatomic considerations in injuries of the calcaneus. Orthop Clin North Am 4: 179–183
10. Heuchemer T, Bargon G, Bauer G et al. (1992) Computertomographie nach intraartikulären Kalkaneusfrakturen. Unfallchirurg 95: 31–36
11. Janzen DL, Connell DG, Munk PL et al. (1992) Intra-articular fractures of the calcaneus: value of CT findings in determining prognosis. AJR Am J Roentgenol 158: 1271
12. Kotsianos D, Rock C, Euler E et al. (2001) 3D-Bildgebung an einem mobilen chirurgischen Bildverstärker (ISO-C-3D). Unfallchirurg 104: 834–838
13. Koval KJ, Sanders R (1993) The radiologic evaluation of calcaneal fractures. Clin Orthop 290: 41
14. Kuner EH, Bonnaire F, Hierholzer B (1995) Zur Klassifikation und Osteosynthese der Kalkaneusfrakturen. Unfallchirurg 98: 320–327
15. Rock C, Kotsianos D, Wirth S et al. (2001) 3D-Bildgebung an einem mobilen Bildverstärker (ISO-C-3D): Anwendungsmöglichkeiten an Extremitätengelenken und am Stammskelett bei Hochkontrastfragestellungen. Fortschr Röntgenstr [Suppl 1] 173: 42
16. Rock C, Linsenmaier U, Brandl R et al. (2001) Vorstellung eines neuen mobilen C-Bogens-/CT-Kombinationsgerät (ISO-C-3D). Unfallchirurg 104: 827–833
17. Sanders R (2000) Displaced intra-articular fractures of calcaneus. J Bone Joint Surg Am 82: 225–250
18. Sanders R, Fortin P, DiPasquale T et al. (1993) Operative treatment of 120 displaced intra-articular calcaneal fractures: results using a prognostic computed tomography scan classification. Clin Orthop 290: 87
19. Wendl K, Recum J von, Wentzensen A et al. (2003) Iso-C 3D-gestützte navigierte Implantation von Pedikelschrauben an BWS und LWS. Unfallchirurg 106: 907–913
20. Zwipp H, Tscherne H, Wülkner N (1988) Osteosynthese dislozierter intraartikulärer Kalkaneusfrakturen. Unfallchirurg 91: 507–515
21. Zwipp H, Tscherne H, Wülkner N, Grothe R (1989) Der intraartikuläre Fersenbeinbruch. Klassifikation, Bewertung und Operationstaktik. Unfallchirurg 92: 117–129
22. Zwipp H, Tscherne H, Thermann H et al. (1993) Osteosynthesis of displaced intraarticular fractures of the calcaneus. Results in 123 cases. Clin Orthop 290: 76