Steffen Brodt
Dr. med.

Festkörperaugmentation bei Calcaneustrümmerfrakturen
Entwicklung und biomechanische Testung einer Hybridosteosynthesetechnik

Geboren am 10.07.1976 in Ludwigshafen am Rhein
Staatsexamen am 15.10.2004 an der Universität Leipzig

Promotionsfach: Chirurgie
Doktorvater: Prof. Dr. med. Peter-Jürgen Meeder

Ziel dieser Arbeit war es, eine neuartige Osteosynthesetechnik für Calcaneustrümmerfrakturen mit Knochensubstanzverlust zu entwickeln. Ein Festkörperimplantat zur zusätzlichen Augmentation von Knochendefekthöhlen wurde anhand einer 4-Fragment Fraktur des Calcaneus entwickelt und mechanisch getestet. Die neue Hybridosteosynthesetechnik soll die exakte Reposition der Fragmente zueinander gewährleisten und die Stabilität des Knochen-Implantat-Konstrukts erhöhen. Hierdurch sollte der ansonsten häufig zu beobachtende postoperative Verlust eines initial guten Repositionsergebnisses verhindert werden. Herkömmliche Osteosyntheseschrauben sollen im Implantat stabil verankert werden können und die Gesamtfestigkeit des osteosynthetisierten Knochens durch Anwendung des Implantats erhöht werden. Nach Evaluation der momentan gebräuchlichsten Knochenersatzstoffe wurde Polyurethan als Implantatmaterial ausgewählt. Form und Volumen des Festkörperimplantats wurden anhand eines CT-Datensatzes des Calcaneus entwickelt. Zur Evaluation von Unterschieden in beiden Gruppen bezüglich der Festigkeit wurden statische Belastungstests auf einer Materialprüfmaschine bis zum Versagen der Osteosynthese durchgeführt. Diese Testungen konnten an 20 Calcanei mit identischem 4-Fragment-Frakturmuster und zentraler Knochendefekthöhle, unterteilt in zwei homogene Gruppen, vorgenommen werden. In der Kontrollgruppe erfolgte die Osteosynthese nach konventioneller Technik mit Anbringen einer Sanders-Calcaneusplatte von lateral und Auffüllen der Knochendefekthöhle mit Spongiosachips. In der Studiengruppe wurde stattdessen die Knochendefekthöhle mit dem Festkörperimplantat anstelle der Spongiosachips augmentiert.
Die statistische Auswertung der Kraft-Verschiebungs-Kurven erbrachte eine signifikante Überlegenheit der augmentierten gegenüber der nicht-augmentierten Gruppe ($p = 0.015$). Die augmentierte Gruppe zeigte eine doppelt so hohe Steifigkeit wie die nicht-augmentierte Gruppe ($p \leq 0.01$). Der Repositionsverlust wurde anhand der Verminderung des Böhler-Winkels gemessen. Betrug diese Verminderung 15% des Ausgangswertes des Böhler-Winkels, musste die zuvor erzielte Reposition als verloren gewertet werden. Die Analyse der Überlebenswahrscheinlichkeit bis zu einem Einsinken von 15% des Böhler-Winkels ergab ein signifikant längeres Überleben der augmentierten Gruppe ($p = 0.02$). Die Testung der in der vorliegenden Arbeit entwickelten Hybridosteosynthesetechnik zeigte, dass die Augmentation einer Knochendefekthöhle mit einem Festkörperimplantat im Calcaneus biomechanische Vorteile bezüglich der Festigkeit gegenüber konventionell osteosynthetisierten Knochen bietet. Die erzielte Reposition geht bei mit der neuen Fixationsmethode versorgten Knochen erst bei deutlich höheren Belastungen verloren. Das Konzept der Hybridosteosynthese könnte auch auf Frakturen mit Knochendefekthöhle an anderen anatomischen Regionen übertragen werden. Gerade bei osteoporosebedingten Frakturen soll die in dieser Studie entwickelte Methode der Osteosynthese neue Möglichkeiten eröffnen. Eine stabilere Reposition und Fixation der Frakturfragmente bei schlechter Knochenqualität könnte ebenso wie eine frühere Mobilisation des Patienten erreicht werden.