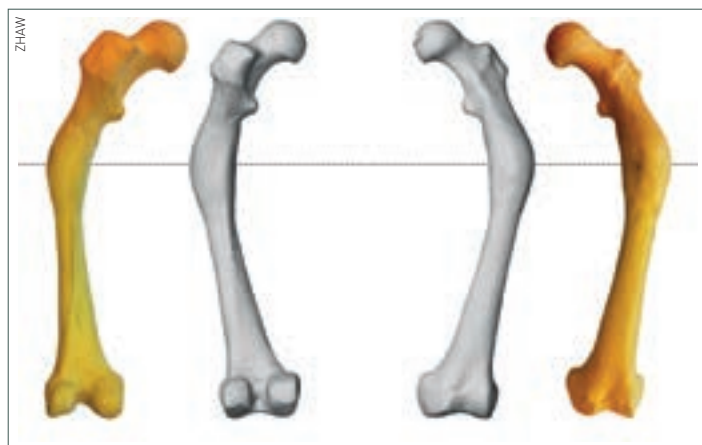


Der präzise Schnitt mit dem Roboter

Trotz sorgfältiger Behandlung können Brüche langer Röhrenknochen schief zusammenwachsen. Um langfristige Folgeschäden für betroffene Patienten zu vermeiden, sind in solchen Fällen oft komplexe und aufwendige Nachoperationen erforderlich. Ingenieure des Instituts für Mechatronische Systeme der ZHAW School of Engineering haben ein roboterbasiertes Assistenzsystem entwickelt, welches Chirurgen die Planung und Durchführung solcher Eingriffe erleichtern soll.



Beispiel eines schief zusammengewachsenen Oberschenkelknochens (ausser: Kunststoffmodell, innen: Digitalisierung).

Bei der Behandlung von Frakturen langer Röhrenknochen in Arm und Bein müssen die Fragmente richtig positioniert werden, damit nach der Operation sowohl die Achse des Knochens als auch seine Länge mit der Situation vor der Fraktur übereinstimmen. Besonders beim Bein ist dies wichtig, da bereits Längendifferenzen von wenigen Zentimetern im Falle von Nichtbehandlung zu langfristigen Folgeschäden an Hüfte und Wirbelsäule führen können.

Ein Schnitt genügt

In der modernen Medizin werden Eingriffe wenn immer möglich minimal invasiv durchgeführt. Dies gilt auch für die Unfallchirurgie: Umfangreiches Freipräparieren von Knochen sollte vermieden werden, da deren Versorgung durch das umliegende Gewebe für einen schnellen Heilungsprozess essenziell ist. Die sorgfältige Planung eines Eingriffs anhand präoperativ erfasster Daten ist somit äusserst wichtig, um negative Auswirkungen auf die

Gesundheit des Patienten möglichst gering zu halten. In vielen Fällen ist es möglich, einen falsch zusammengewachsenen Knochen mittels der sogenannten Single-Cut-Osteotomie in seine ursprüngliche Form (Länge, Achse, Orientierung) zurückzubringen. Bei dieser Prozedur wird der Knochen anhand eines einzigen Schnitts (Single Cut) in zwei Fragmente zerteilt (Osteotomie), welche anschliessend längs der Schnittebene gegeneinander rotiert werden. So lässt sich die Komplexität – und damit auch das Risiko – des Eingriffs auf ein Minimum reduzieren.

Planung am virtuellen Modell

Die präoperative Planung solcher Single-Cut-Operationen wird bis heute meist auf Basis sorgfältig orientierter Röntgenbilder mit Bleistift und Papier vorgenommen. Als Grundlage für die Überprüfung der Fragment-Orientierung während eines Eingriffs dienen komplexe, im Vorfeld durchgeführte Berechnungen. Dabei wird aus

Zeitgründen oft nur ein Operationsszenario im Detail betrachtet, und mögliche Berechnungsfehler können erst während des Eingriffs festgestellt werden. Um die Vorbereitung solcher Operationen zu erleichtern, haben Ingenieure des Instituts für Mechatronische Systeme der ZHAW School of Engineering ein 3D-Planungstool entwickelt, welches den Chirurgen bei der räumlichen Festlegung der – im Allgemeinen schräg liegenden – Schnittebene unterstützt. Dieses Tool erlaubt es, Schnittebene, Drehzentrum und Drehwinkel auf relativ einfache Weise zu bestimmen. Durch Definition von jeweils zwei Achsen können die Fragment-Koordinatensysteme festgelegt werden. Die Bestimmung von jeweils zwei Punkten zur Definition der Achsen erfolgt dabei auf interaktive Weise. Zur richtigen Positionierung der Knochenfragmente wird der distale Teil des Knochens am Koordinatensystem des proximalen Fragments ausgerichtet. Die Simulation der Fragment-Rotation im Planungstool ermöglicht die präoperative Überprüfung des geplanten Eingriffs. Damit können mehrere Szenarien überprüft und Fehler vermieden werden, was wiederum die Eingriffsdauer verkürzt und die Patientensicherheit erhöht. Die Genauigkeit der Simulation

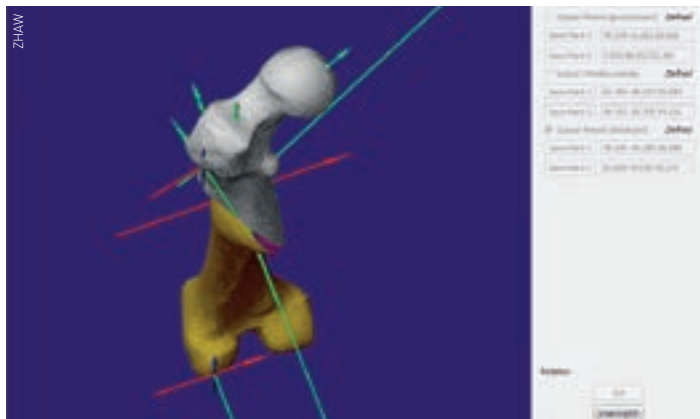


Die Achse wird durch Setzen geeigneter Punkte definiert.

hängt stark von der Digitalisierungsqualität des Knochens ab. Erfasst werden die dazu erforderlichen Daten entweder durch Computertomografie oder mittels Röntgenaufnahmen. Im Falle von Röntgenbildern erfolgt die Digitalisierung des Knochens durch Aufnahme geeigneter orientierter Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven. Aus diesen Bildern wird anschliessend mittels einer separaten Software ein 3D-Modell erstellt.

Roboterbasiertes Assistenzsystem


Schon heute werden bei chirurgischen Eingriffen verschiedenster Art Assistenzroboter verwendet. Auch im Falle der Single-Cut-Osteotomie bietet ein roboterbasiertes Assistenzsystem Vorteile. So können die im Planungstool berechneten Schnittdaten direkt an den Roboter übertragen und in Kooperation mit dem Chirurgen höchst präzise umgesetzt werden. Der Roboter hat dabei eine rein unterstützende Funktion beispielsweise zur Vorgabe von Schnittachse und -Geschwindigkeit sowie Sicherheitsfunktionen. Die Kontrolle über den Eingriff bleibt zu jedem Zeitpunkt beim operierenden Arzt. Damit der Eingriff vom Modell korrekt auf den Operationstisch übertragen werden kann, bedarf es eines Referenzierungsprozesses. Dieser sorgt dafür, dass die reale Orientierung des zu operierenden Knochens korrekt erfasst und an die Robotersteuerung übertragen wird. Eine solche Referenzierung kann entweder visuell über Software erfolgen oder mithilfe von Schanz'schen Schrauben. Diese werden vor der Computertomografie angebracht und dienen sowohl bei der Planung als auch während des



Der Screenshot des Software-Tools zeigt das Ergebnis der Osteotomie und der anschliessenden Reposition eines Oberschenkelknochens.

Eingriffs zur Orientierung. Das entwickelte 3D-Planungstool wurde bereits um einen ersten Prototypen eines roboterbasierten Assistenzsystems erweitert. Dieses System ist in der Lage, den operierenden Chirurgen sowohl bei der Osteotomie als auch bei der anschliessenden Reponierung zu unterstützen. Der dazu verwendete Roboter

verfügt über Kraftmessensoren in den Antrieben, welche die von ihm ausgeübten Kräfte überwachen und auf diese Weise einen sicheren Einsatz gewährleisten. Die bisherigen, durchwegs positiven Ergebnisse sollen nun in einem weiteren Schritt in präklinischen Studien überprüft und verbessert werden. Insbesondere soll die Verbindung des

Assistenzsystems mit anderen Instrumenten im Operationsaal ermöglicht werden, um auch während der Operation genaue Positionsbestimmungen vornehmen zu können. Damit sollte es möglich sein, Chirurgen in einigen Jahren ein neuartiges, zuverlässiges Werkzeug für die Single-Cut-Osteotomie in die Hand zu geben, welches durch geeignete Erweiterungen allenfalls auch für andere Arten chirurgischer Eingriffe verwendet werden könnte. 

Jonas Krüsi, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent am Institut für Mechatronische Systeme der ZHAW School of Engineering

Prof. Dr. med. Peter Messmer, Leiter des Trauma-Zentrums am Universitätsspital Leuven

Dr. Joachim Wirth, Dozent für Mathematik und Robotik am Institut für Mechatronische Systeme der ZHAW School of Engineering

Literatur: S. Martinoli L. Gürke, W. Strecker, Korrektur mehrdimensionaler Deformationen durch eine einzige Osteotomie – Grafische Analyse und Operationstechnik; Unfallchirurg 9/99, Springer-Verlag, pp. 684–690, 09 1999.

zudem

Internationales Forum Mechatronik (IFM)

Mechatronische Systeme spielen im Osteotomie-Projekt eine entscheidende Rolle. Das Projekt wird deshalb am Internationalen Forum Mechatronik (IFM) vorgestellt. Unter der Leitung der ZHAW School of Engineering findet das IFM vom 30. bis 31. Oktober 2013 in Winterthur statt. Präsentiert wird die robotergestützte Single-Cut-Osteotomie von Jonas Krüsi. Weitere Informationen zum Forum:

www.mechatronikforum.net

Laboratoire
Dubois

ANALYSES CHIMIQUES
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
ASSISTANCE TECHNICO-LÉGALE
CONTRÔLES HORLOGERS ET MICROTECHNIQUES
LABORATOIRE DUBOIS S.A.
A.-M.-PIAGET 50 · CP 979
CH-2301 LA CHAUX-DE-FONDS
TÉL. + 41 (0)32 967 80 00
FAX + 41 (0)32 967 80 01
www.laboratoiredubois.ch



Chronofiable®

Votre partenaire neutre, flexible et indépendant.

CHEMISCHE ANALYSEN WERKSTOFFPRÜFUNG TECHNISCHE RECHTLICHE BERATUNG
UHREN- UND MIKROTECHNISCHE PRÜFUNGEN

Ihr neutraler, flexibler und unabhängiger Laborpartner.



SERVICE SUISSE D'ESSAI N° 104
SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST N° 104



THEKIN
Know the Difference

Die neue Generation Testsysteme für das sichere Implantat der Zukunft.

www.thekin.ch