



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2008

Die Beckenfraktur: von der 3D-Bildgebung zur virtuellen Simulation

Frauenfelder, T ; Fornaro, J ; Keel, M ; Marincek, B

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-9850>

Journal Article

Originally published at:

Frauenfelder, T; Fornaro, J; Keel, M; Marincek, B (2008). Die Beckenfraktur: von der 3D-Bildgebung zur virtuellen Simulation. *Swiss Medical Forum*, 8(25):475-477.

Die Beckenfraktur: von der 3D-Bildgebung zur virtuellen Simulation

Thomas Frauenfelder^a, Jürgen Fornaro^a, Marius Keel^b, Borut Marincek^a

Universitätsspital Zürich, ^a Institut für Diagnostische Radiologie, ^b Klinik für Traumatologie

Einleitung

Bedingt durch die komplexe Anatomie des Beckens stellt die operative Sanierung der Becken- bzw. Azetabulumfraktur nach wie vor eine grosse chirurgische Herausforderung dar. Azetabulumfrakturen sind selten. Eine Studie in Deutschland ergab durchschnittlich 17,9 Frakturen pro Klinik und Jahr [1]. Die primäre Klassifikation der komplexen dreidimensionalen Struktur des Azetabulum basiert auf der Zwei-Säulen-Einteilung von Letournel und Judet mit fünf «einfachen» und fünf «kombinierten» Frakturtypen [2].


Zur präoperativen Planung werden heute konventionelle Röntgenbilder, Computertomographiedaten mit koronaren und sagittalen Rekonstruktionen und dreidimensionale Darstellungen der Beckenfrakturen benützt. Die plastische Darstellung erleichtert die Identifikation der Lage der Hauptfragmente. Mitunter erlauben diese Bilder jedoch keine ausreichende Aussage über den besten chirurgischen Zugang sowie Art und Länge des zur Fixation benötigten Osteosynthesematerials. Die Wahl des Osteosynthesematerials erfolgt dann intraoperativ nach Reposition der Fragmente anhand der Bilder eines Durchleuchtungsgeräts.

Zur Optimierung der präoperativen Planung wurde am Universitätsspital Zürich in enger Zusammenarbeit des Instituts für Diagnostische Radiologie mit der Klinik für Traumatologie ein Softwareprogramm zur virtuellen Fraktur-reposition und -fixation entwickelt. Ziel dieses Programms ist es, dem Chirurgen ein Planungstool anzubieten, welches auf einfache Weise die Klassifikation von Beckenfrakturen ermöglicht und Informationen betreffend Art und Einbau des zu benützenden Osteosynthesematerials am Patienten vermittelt.

Wie funktioniert diese virtuelle Planung?

Das praktische Vorgehen besteht aus drei Teilschritten: Erstellen des Frakturmodells, Reposition und Fixation.

In einem ersten Schritt wird mit Hilfe der Computertomographiedaten des Patienten ein virtuelles dreidimensionales Modell des Beckens mit den verschiedenen Frakturfragmenten erstellt. Dieses Frakturmodell bildet die Ausgangslage für die anschliessende virtuelle Reposition und Fixation.

In einem zweiten Schritt wird die Fraktur virtuell reponiert. Dies geschieht mit Hilfe eines haptischen (den Tastsinn betreffend) Geräts, welches dem Benutzer die Beziehung der Fragmente zueinander wirklichkeitsnah vermittelt. Mittels Joystick können die Frakturfragmente am Bildschirm im Raum bewegt werden. Die anatomische Reposition wird durch eine visuelle und haptische Rückmeldung (*Force-Feedback*) beim Berühren von angrenzenden Fraktur-elementen erleichtert. Für eine möglichst reale Darstellung der Szene wird in dem von uns benützten System ein 3D-Bildschirm verwendet. Dieser vermittelt durch die stereoskopische Darstellung der Strukturen einen räumlichen Eindruck (Abb. 1 .



Nach der Reposition erfolgt die virtuelle Fixation der Fragmente. Der Operateur hat die Möglichkeit, alle in der Wirklichkeit ihm zur Verfügung stehenden Platten und Schrauben an gewünschter Stelle vorerst virtuell anzubringen. Die Lage des Osteosynthesematerials lässt sich am Bildschirm genau überprüfen und allenfalls korrigieren. Ist die optimale Lage der Platten und Schrauben gefunden, werden Winkel, Distanzen und Krümmungen gemessen und auf das reelle Material übertragen, welches intraoperativ unter Durchleuchtung platziert wird.



Abbildung 1
Arbeitsplatz mit stereoskopischem Bildschirm und haptischem Gerät.

Was bringt die virtuelle Planung?

Die virtuelle Planung erleichtert in mehrfacher Hinsicht einen chirurgischen Eingriff. Infolge dreidimensionaler Darstellung kann eine optimale Strategie zur Reposition der Frakturfragmente vorbereitet werden. Zum Beispiel kann diese ergeben, dass die Reposition am Besten direkt durch perkutane Platzierung einer Zugschraube erfolgt, sodass nur ein Zugangsweg notwendig ist. Mit Hilfe der Planungsergebnisse kann der Biegungswinkel einer Osteosyntheseplatte bereits vor der Platzierung bestimmt werden, sodass die zeitaufwendige intraoperative Anpassung entfällt. Dadurch wird bei gleichzeitig exakter Platzierung des Osteosynthesematerials wertvolle Zeit gewonnen. Schrauben von erforderlicher Länge können mit Hilfe von den in der Planung gemessenen Winkeln und Distanzen in Bezug zu anatomischen Landmarken genau positioniert werden. Dies ist insbesondere bei solchen in unmittelbarer Nachbarschaft des Azetabulums wichtig, um einen Verlauf der Schrauben durch den Gelenkspalt zu verhindern.

Erste Ergebnisse unserer Anwendungen des Software-Programms haben gezeigt, dass die Operationszeiten deutlich kürzer werden. Zudem ergaben Vergleiche zwischen präoperativen Planungs-CT und postoperativen Kontroll-CT keine relevanten Abweichungen der Lage des Osteosynthesematerials (Abb. 2  und 3 .

Welches sind Limitationen der virtuellen Planung?

Eine Limitation der virtuellen Planung ist der grosse zeitliche Aufwand, welcher für das Erstellen des Modells benötigt wird. Zurzeit dauert der gesamte Planungsprozess rund 150 Minuten und damit mehr als die eingesparte Operationszeit. Intelligente, vermehrt automatisierte Segmentierungstechniken werden in Zukunft den Zeitaufwand aber verkürzen. Die fehlende Simulation der Zug- und Kontraktionskräfte der Beckenmuskulatur sowie die fehlende Darstellung von Weichteilgewebe, das sich zwischen Frakturfragmenten legen kann, sind weitere Nachteile.

In welchen Bereichen wird die virtuelle Planung eingesetzt?

Hauptindikationsgebiete dieses präoperativen Planungssystems sind Becken- bzw. Azetabulumfrakturen. Aufgrund der Programmierarchitektur ist es aber mit geringen Anpassungen in jedem Bereich der traumatologischen bzw. orthopädischen Chirurgie einsetzbar. Am Universitätsspital Zürich wird die virtuelle Planung auch für die osteosynthetische Versorgung von Frakturen der oberen HWS benutzt.

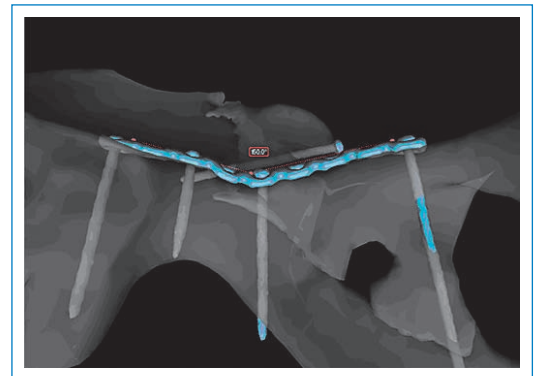


Abbildung 2

3D-Darstellung einer osteosynthetisch versorgten Azetabulumfraktur mit der Planungssoftware vor der Operation.

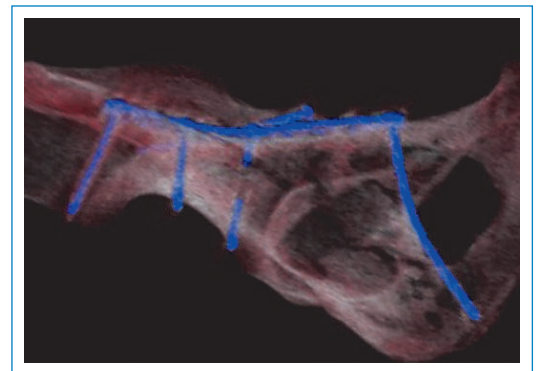


Abbildung 3

3D-Bildgebung nach der Operation.

Zusammenfassung

Die virtuelle Planung von traumatologischen bzw. orthopädischen Eingriffen gewinnt immer mehr an Bedeutung und ist im chirurgischen Alltag am Universitätsspital Zürich schon fest verankert. Mit dem Ausspruch «*It's no longer blood and gut, it's bits and bytes*» illustriert Colonel Satava treffend die Auswirkung der Computertechnologie auf die Chirurgie und damit indirekt auch auf die Radiologie [3]. Die treibende Kraft dieser Entwicklung ist das Ziel, mit immer kleineren Zugangswegen in kürzerer Zeit ein besseres Ergebnis zu erreichen.

Ausblick

Unser Softwareprogramm zur virtuellen Fraktur-reposition und -fixation mit integrierter 3D-Bildgebung bildet ein interaktives Tool für die Prüfung verschiedener Operationsstrategien vor dem eigentlichen Eingriff und für die Planung des optimalen Eingriffes. Durch Kombination der virtuellen Planung mit der roboterassistierten Chirurgie wird in naher Zukunft eine neue Dimension an chirurgischer Präzision erreicht werden. Ein erster Schritt in diese Richtung wird die Fusion

Korrespondenz:

Dr. med. Thomas Frauenfelder
Oberarzt
Institut für Diagnostische
Radiologie
Departement für Medizinische
Radiologie
Universitätsspital
CH-8091 Zürich
thomas.frauenfelder@usz.ch

unserer Software mit lasergesteuerten Navigationsgeräten sein, welche eine exakte, virtuell geplante, perkutane Platzierung von Osteosyntheseschrauben ermöglichen. Die Grundlage für diese Entwicklung bleibt aber die radiologische Bildinformation, welche eine detailgetreue Ab-

bildung und Rekonstruktion des Operationssitus ermöglicht. Voraussetzung für eine erfolgreiche Zukunft der virtuellen Simulationstechnologie ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Chirurgen, Radiologen und Softwareentwicklern.

Literatur

- 1 Arbeitsgruppe, Becken, (AO/DGU). Pelvic injuries. Results of a German multicentre study group. *Hefte Unfallchir.* 1997;266.
- 2 Letournel E, Judet R. *Fractures of the Acetabulum.* Berlin Heidelberg New York: Springer, 1993.

- 3 Satava RM. Accomplishments and challenges of surgical simulation. *Surg Endosc.* 2001;15:232–41.