

**2. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
25. bis 26. Feb. 1999 in
Darmstadt**



**„Entwicklung eines integrierten Planungs- und
Fertigungssystems für CT-Bild-basierte individuelle
Bearbeitungsschablonen in der orthopädischen Chirurgie“**

K. Radermacher, F. Portheine, G. Rau
Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik an der RWTH-Aachen, Aachen, Deutschland
E-Mail:radermacher@hia.rwth-aachen.de

E. Schkommodau, H.-W. Staudte
Abteilung für Orthopädische und Rheumaorthopädische Chirurgie, Kreishaus Marienhöhe,
Würselen, Deutschland

ISBN: 318318317x
Pages: 56-57

Entwicklung eines integrierten Planungs- und Fertigungssystems für CT-bildbasierte individuelle Bearbeitungsschablonen in der Orthopädischen Chirurgie

K. Radermacher¹, F. Portheine¹, E. Schkommodau², H.-W. Staudte², G. Rau¹

¹Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik an der RWTH-Aachen, Pauwelsstraße 20, 52074 Aachen

²Abteilung für Orthopädische und Rheumaorthopädische Chirurgie, Kreiskrankenhaus Marienhöhe, 52146 Würselen

e-mail: radermacher@hia.rwth-aachen.de; internet: <http://sttl.hia.rwth-aachen.de>

Einleitung

Die jüngsten Entwicklungen im Bereich der computerunterstützten Chirurgie bieten verschiedene Lösungsansätze, um die hohe geometrische Genauigkeit der prä-operativen Bildgebung und Planung, mit Hilfe passiver sensorbasierter Navigationssysteme, bzw. semiaktiver oder aktiver Robotersysteme, für eine ebenso präzise intraoperative Ausführung zu nutzen. Nachteile ergeben sich u.a. durch die erheblichen Zusatzkosten und Veränderungen des konventionellen intraoperativen Arbeitsablaufes und -systems. Ziel unserer Arbeiten war die Bereitstellung und klinische Erprobung eines alternativ verwendbarer kostengünstiger, leicht in die klinische Routine und in den intraoperativen Arbeitsablauf integrierbarer Hilfsmittel zur präzisen computerunterstützten Planung und Umsetzung chirurgischer Eingriffe an knöchernen Strukturen.

Methode

Für die computergestützte Planung der Operation werden CT-Bilddaten aufgenommen. Mit Hilfe des Operationsplanungssystems DISOS (GEMETEC mbH, Aachen) werden die Bilddaten automatisch dreidimensional rekonstruiert.

Das System ermöglicht es dann die räumliche Lage der Bohrungen oder Schnitte in Relation um Knochen exakt festzulegen und bewerten (Abbildung 1 a,b). Zur Führung des Bearbeitungswerkzeuges können intraoperativ mechanische Werkzeugführungen verwendet (wie z.B. Bohrhülsen, Sägeführungen o.ä.) werden. Die entsprechende Lage der Werkzeugführungen wird in individuell angepaßten Bearbeitungsschablonen gespeichert.

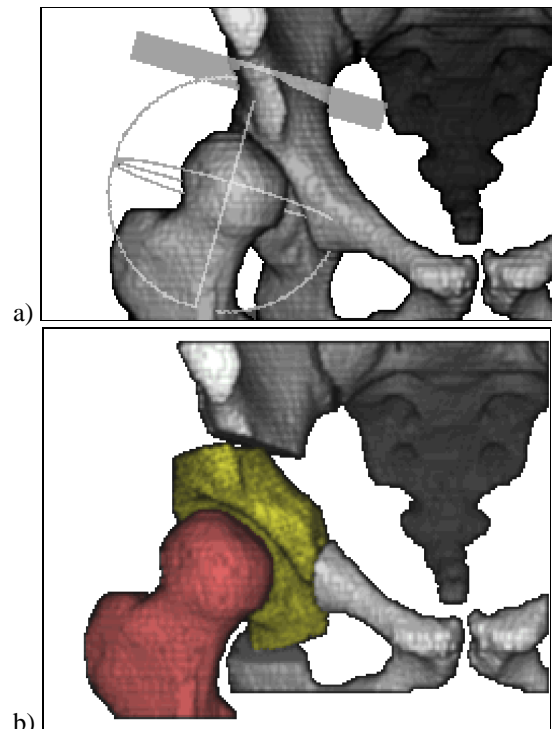


Abbildung 1: a) CT- bildbasierte Schnitt-Planung;
b) interaktive Simulation der Repositionierung nach automatische Segmentierung von Femurknochen und Acetabulum-fragment

Um diese Bearbeitungsschablone während der Operation genau in der zuvor definierten Position auf den Knochen aufsetzen zu können, wird die Aufsatzfläche der Schablone an Teile der im Operationszugang normalerweise sichtbaren Knochenoberfläche angepaßt. Die individuelle Geometrie dieses Flächenbereiches wird aus den computergestützt dreidimensional rekonstruierten CT-Bilddaten des Patienten gewonnen, wobei der Operateur den gewünschten Operationszugang und Aufsatzbereich interaktiv definieren kann.

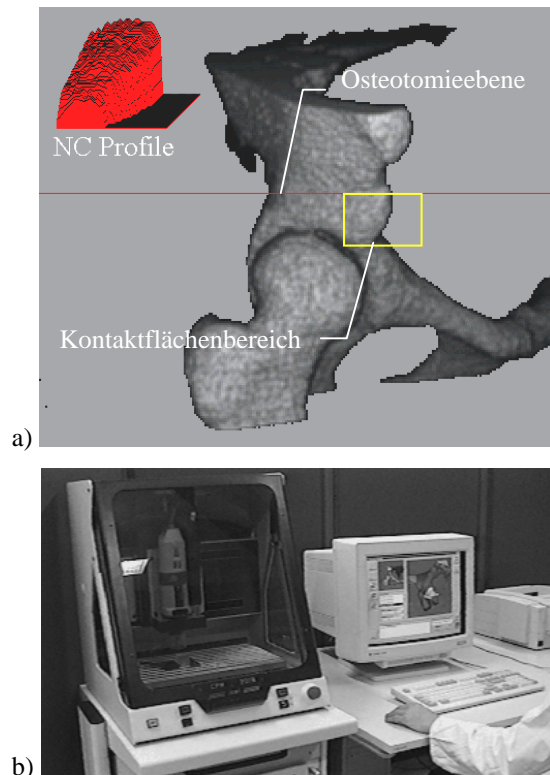


Abbildung 2: a) interaktive Definition der Referenzierungsfläche und automatische Generierung der NC-Werkzeugwege;
b) Planungs- und Fertigungsworkstation

Die Paßform wird dann nach einer automatischen Generierung der entsprechenden NC-Fräswege in die Schablone eingefräst. Hierzu ist - vergleichbar einem Drucker - eine NC-Kompaktfräse an das DISOS-System angeschlossen (Abbildung 2).

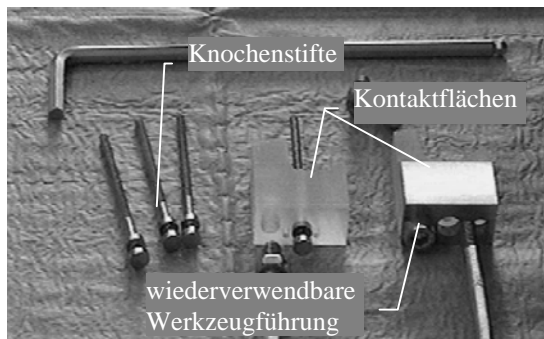


Abbildung 3: Autoklavierbare Schablonen und Zubehör

Es entstehen somit individuell angepaßte Referenzflächen („Kontaktflächen“), die ein eindeutiges paßgenaues Aufsetzen der Schablone auf der natürlichen Knochenoberfläche ermöglichen (Abbildung 3).

Auf diese Weise kann während der Operation die geplante Lage der Bearbeitungsschablone gefunden und die Werkzeugführungen repositioniert werden. Die Planungsinformation ist somit auf

eine Art gespeichert, die intraoperativ ohne weitere computertechnische Hilfsmittel oder Zeitverluste intuitiv genutzt werden kann.

Der Chirurg wird bei der Bearbeitung des Knochens gemäß seiner Operationsplanung geführt. Entsprechende Werkzeugführungen können integriert werden. Hierbei kann auch für viele Eingriffe eine exakte Werkzeugführung bereitgestellt werden, für die bisher kein geeignetes Führungsmittel verfügbar war. Die Schablone kann jedoch auch einfach als Referenz zur Ausrichten von Instrumenten, Führungsdrähten oder Knochenfragmenten dienen.

Erfahrungen und Ausblick

Der Lösungsansatz wurde für unterschiedliche chirurgische Applikationen an Modellen und anatomischen Präparaten im Bereich der Wirbelsäule, des Beckens und der unteren Extremitäten erprobt. Die erreichbaren Genauigkeiten wurden in Laborexperimenten zu besser ± 1 mm und $\pm 1^\circ$ bestimmt.

Das System wurde bisher klinisch für die Planung und planungsgenaue Umsetzung von Becken-Tripel-Umstellungsosteotomien im Rahmen der Therapie dysplastischer Hüften eingesetzt. Die Ergebnisse der laufenden klinischen Vergleichsstudie weisen u.a. auf eine Reduzierung der intraoperativen Röntgenzeiten um mehr als 70% sowie der Operationsdauer um mehr als 20% hin ($p < 0,05$).

Die Integration und Erprobung weiterer Anwendungen insbesondere zur Implantation von Pedikelschrauben sowie von Knie- und Hüftendoprothesen ist Gegenstand laufender Arbeiten.

Das Projekt wird von der Europäischen Kommission gefördert (EC-DGXIII, TAP, Projekt IGOS HC4010HC).

Referenzen

1. Staudte, H.-W., Radermacher, K., Rau, G.: CT-abgeleitete Operationsschablone am Beispiel der Tripel-Osteotomie nach Tönnis. in: Wessinghage, D.: Praktische Orthopädie, Bd. 27, Thieme Verlag, 1997, S. 165-171
2. Radermacher, K., Portheine, F., Anton, M., Zimolong, A., Kaspers, G., Rau, G., Staudte, H.-W.: Computer Assisted Orthopaedic Surgery with Image-Based Individual Templates. Clinical Orthopaedics and Related Research, 354: 1998, pp. 28-38
3. Rau, G., Radermacher, K.: Computerunterstützung in der bildgeführten Chirurgie: - Lösungsansätze und Entwicklungstrends- in: Oestern, H.-J. (Hrsg.): Tagungsband 61. Jahreskongreß der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 1998