

Rechnergestützte CT-basierte Klassifikation von Acetabulumfrakturen

Jochen Dormeier, Lars Mieth¹, Axel Gänsslen², Tim Pohlemann² und Dietrich Peter Pretschner

Institut für Medizinische Informatik
TU Braunschweig, 38100 Braunschweig

¹Unfallchirurgische Klinik, Medizinische Hochschule Hannover, 30161 Hannover

²Chirurgische Universitätsklinik Homburg / Saar, 66421 Homburg / Saar

Email: J.Dormeier@ifmi.org

Zusammenfassung. Die Wahl der korrekten Therapie von Acetabulumfrakturen ist unmittelbar abhängig von der exakten Klassifikation. Die richtige und erfolgreiche Therapie bestimmt wiederum das Outcome des Patienten. Insbesondere bei Behandlung von Acetabulumfrakturen ist die Einteilung in die geläufigen Klassifikationsschemata (Judet/Letournel, AO) - oft nur auf konventionellen Röntgenaufnahmen basierend - aber großen inter- und intrapersonellen Schwankungen unterworfen. Präoperativ angefertigte Computertomographien werden in den Klassifikationsprozess meist nicht einbezogen. Für die Beurteilung und Klassifikation von Acetabulumfrakturen anhand von Computertomographien wurden deshalb Methoden entwickelt, wobei der Beurteilung der Schwere der Destruktion der acetabulären Gelenkfläche besondere Bedeutung zukommt. Ausgehend von umschriebenen Arealen, die der Arzt auf den tomographischen Ansichten der Gelenkfläche kennzeichnet, wird ein 3D-Modell und eine 2D-Projektion berechnet. Diese Darstellungen ermöglichen es dem Arzt relevante Destruktionen auf einen Blick zu erkennen, deren Lage im 3D Raum zu erfassen und werden Grundlage einer neuartigen CT-basierten Klassifikation sein.

1 Einleitung

Anlass für die Entwicklung eines Prototypen für die CT-basierte rechnerunterstützte Klassifikation von Acetabulumfrakturen war vor allem die Unzufriedenheit der Mediziner bezüglich stark differierender interpersoneller und intrapersoneller Klassifizierungen von acetabulären Frakturen [1] anhand der Judet/Letournel und AO Klassifikationen. Die beiden Klassifikationen beruhen hauptsächlich auf der Beurteilung klassischer Röntgenaufnahmen. Bedingt durch den technischen Fortschritt auf dem Gebiet der medizinischen Bildgebung gehört die Erstellung präoperativer Computertomographien des frakturierten Hüftgelenkes inzwischen zum Standard für eine umfassende Diagnostik und Operationsplanung, welche aber in den Klassifikationsprozess kaum einbezogen werden.

Deshalb wurde als Zielsetzung des gemeinsamen Projektes formuliert, dass eine Software entwickelt werden sollte, die es dem Mediziner ermöglicht, die

räumlichen Informationen des CTs zu nutzen, um Destruktionen im Bereich der acetabulären Gelenkfläche zu beschreiben, diese in ihrem räumlichen Kontext als dreidimensionales Modell zu visualisieren und eine zweidimensionale Projektion der verletzten Gelenkfläche zu berechnen. Die 2D-Projektion soll auf einen Blick eine Ansicht aller Destruktionen der Gelenkfläche bieten und die Basis einer zu erarbeitenden CT-basierten Klassifikation bilden.

2 Methoden

Nach Kennzeichnung relevanter Destruktionen des Hüftgelenks wird die acetabuläre Gelenkfläche als dreidimensionales Modell und als zweidimensionale Projektion visualisiert, wobei die Verletzungen durch entsprechende Farbkodierung dargestellt werden. Anhand der Beschreibung des Ablaufes bei der Bearbeitung einer computertomographischen Untersuchungssequenz werden die verwendeten Methoden beschrieben.

2.1 Das Hüftgelenk

Anatomisch betrachtet gehört das Hüftgelenk in die Klasse der Kugelgelenke. Auf tomographischen Schnitten, stellt sich die Gelenkfläche als Kreisabschnitte dar.

Für die Beurteilung der Schwere einer Fraktur ist neben Lage und Ausmaß der Frakturlinie auch Zonen von Bedeutung, in denen die Gelenkfläche imprimiert oder nur noch als Trümmerzone zu beschreiben ist. Die Gelenkfläche soll durch folgende Attribute beschrieben werden:

- normaler Gelenkflächen Anfangs- bzw. Endpunkt
- pathologischer Gelenkflächen Anfangs- bzw. Endpunkt, d. h. die Gelenkfläche endet an einer Frakturlinie, einer Impressionszone oder einer Trümmerzone
- Impressionszone
- Trümmerzone

2.2 Klassifikation

Bei Acetabulumfrakturen wird das Verfahren nach Judet/Letournel und das daraus weiterentwickelte Verfahren der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) basierend auf konventionellen Röntgenbildern verwendet. Ziel unseres Ansatzes ist, dass sowohl Klassifikation und Diagnose/Operationsplanung dieselben radiologischen Datensätze zugrundeliegen.

2.3 Attributierung

Als Attributierung soll hier der Prozess der direkten Bearbeitung der Computertomographie verstanden werden. Nach Auswahl der zu bearbeitenden Region of

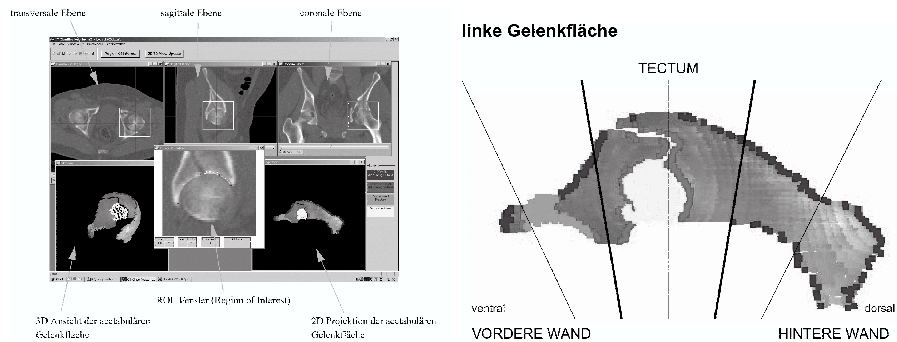


Abb. 1. Ansicht der Benutzeroberfläche des Prototypen mit allen zur Verfügung stehenden Sichten auf den CT-Datensatz (li.) sowie Beispiel eines sektorbasierten Klassifikationsschemas (re.), welches auf die 2D-Projektion angewendet wird.

Interessante Informationen auf sagittalen Schnittbildern belegt der Mediziner den sichtbaren Anteil der Gelenkfläche mit entsprechenden Attributen. Für folgende Berechnungen ist es notwendig, fragmentorientiert zu attributieren, d. h. der Mediziner muss initial Fragmente definieren und vor Attributierung festlegen, zu welchem Fragment die jeweils bearbeitete Gelenkfläche gehört.

Ist auf dem Schnittbild keine Verletzung zu sehen, wird Anfangs-, Mittel- und Endpunkt der Gelenkfläche durch jeweils einen Punkt markiert, welcher das Attribut "normale Gelenkfläche" trägt. Ist eine Frakturlinie zu erkennen, wird der an die Frakturlinie stoßende Punkt der Gelenkfläche mit einem Punkt markiert, welcher das Attribut "pathologische Gelenkfläche" trägt. Aus den vollständigen Markierungen durch je drei Punkte wird ein Kreisabschnitt berechnet und eingezeichnet. Impressionszonen und Trümmerzonen werden als eigenständige Fragmente definiert, deren Umrisse auf den Schnittbildern durch mindestens vier Punkte markiert werden.

2.4 Berechnung der 3D- und 2D- Ansichten

Im Idealfall beschreiben die eingezeichneten Kreisbögen eines Fragments Niveaulinien einer Kugel. Bedingt durch die Eingabefehler liegt eine Menge von Punkten vor, von denen man weiß, dass sie alle mit einer gewissen Abweichung auf der Oberfläche einer Kugel liegen. Deshalb wurde ein Algorithmus basierend auf der *Methode der kleinsten Fehlerquadrate* implementiert, der in einem iterativen Verfahren für jedes Fragment Kugelradius und Mittelpunkt berechnet.

Dreidimensionale Ansicht Die dreidimensionale Ansicht soll vor allem die anatomische Struktur der Gelenkfläche zusammen mit den jeweiligen farbig kodierten Attributen visualisieren [Abb. 1].

Zweidimensionale Projektion Aus der 3D-Ansicht wird als Zylinderprojektion eine zweidimensionale Projektion errechnet. Hierbei muss beachtet werden, dass sich die Gelenkfläche möglichst gleichmäßig um den Äquator verteilt, damit verzerrte Abbildungen von Flächen in Polnähe vermieden werden. Im Gegensatz zur dreidimensionalen Ansicht sind auf der 2D-Projektion alle Attributierungen auf einen Blick zu erkennen [Abb. 1].

3 Ergebnisse und Diskussion

Die bisher bearbeiteten 20 CT-Datensätze konnten bearbeitet und als 3D- und 2D-Ansicht visualisiert werden. Während einfachere Frakturtypen sich problemlos bearbeiten ließen, kam es bei der Bearbeitung komplexerer Fälle zu Schwierigkeiten, die Gelenkflächenanteile eindeutig zu bestimmen.

Die derzeitige Bearbeitungszeit (ca. 25 min.) müssen für den Einsatz in der klinischen Routine deutlich gesenkt werden. Entscheidend wird sich hier auswirken, wenn weitere Untersuchungen zeigen, dass die Bearbeitung z. B. nur jeder fünften sagittalen Schicht zu einer beurteilbaren Visualisierung führt. Desweiteren werden halbautomatische Segmentationsverfahren zur Detektion von Gelenkflächenanteilen entwickelt, sowie weniger Interaktion fordernde Bearbeitungsverfahren evaluiert [2].

Bezüglich des auf die 2D-Projektion anzuwendenden Klassifikationsschemas sind verschiedene Ansätze in Entwicklung, die in folgenden Studien auf ihre Verwendbarkeit hin getestet werden sollen.

Ein sektorbasierter Ansatz ist in Abbildung 1 rechts dargestellt. Da das Dach der Gelenkfläche in der Projektion auf mittlere Bildbereiche abgebildet wird und Destruktionen des Gelenkflächendaches als schwerwiegender einzustufen sind als weiter außen liegende, werden den einzelnen Sektoren verschiedene Gewichtungen zugeordnet. Eine Klassifikation kann sich so aus der Summation der gewichteten Sektoren ergeben, in der eine Destruktion ausgemacht werden kann.

Bis zur Entwicklung einer endgültigen CT-basierten Klassifikation werden sicher noch verschiedene Ansätze auf ihre Verwendbarkeit hin getestet. Die vorgestellte Arbeit belegt allerdings die Machbarkeit und zeigt Lösungen auf, die Fülle der räumlichen Informationen der Computertomographie in einer sinnvollen Art und Weise für Diagnose und Klassifikation von Acetabulumfrakturen zu verwenden.

Literatur

1. Hüfner T, Pohlemann T, Gänsslen A et al.: Die Wertigkeit der CT zur Klassifikation und Entscheidungsfindung nach Acetabulumfrakturen. Eine systematische Analyse. Unfallchirurg 102:124-31, 1999.
2. Putzer J, Teistler M, Dormeier J et al.: Computergestützte Segmentierung des frakturierten Acetabulums in CT-Aufnahmen mit Hilfe aktiver Konturen zur Klassifikation und Operationsplanung in der Unfallchirurgie. Procs BVM 2001:134-8, 2001.