

Neue Entwicklungen in der grenzflächenbasierten Patientenregistrierung

Rüdiger Marmulla, Georg Eggers und Joachim Mühling

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
der Universität Heidelberg, D-69210 Heidelberg
Email: Ruediger.Marmulla@med.uni-heidelberg.de

Zusammenfassung. Um künstliche Landmarken (Haut- oder Knochenmarker) zu vermeiden, können natürliche, geometrisch eindeutig definierbare Oberflächen zur Referenzierung zwischen einem Patienten auf einem Operationstisch und seinem zugehörigen Patientendatensatz (CT oder MRT) genutzt werden. In der vorgelegten Arbeit wurden verschiedene natürliche Oberflächen zur Patientenregistrierung in der Kopfchirurgie beschrieben und in Hinblick auf ihre klinisch Relevanz beurteilt.

1 Einleitung

Im Operationssaal können mithilfe der computergestützten Chirurgie direkt am Patienten Informationen eines Bilddatensatzes (CT, MRT) genutzt werden, um Instrumente oder auch körpereigene Gewebesegmente zu navigieren. Bisherige Arbeiten beschreiben die höhere Präzision und Sicherheit, die durch diese Methode intraoperativer Navigation erreichbar seien [1,2,3].

Um die Möglichkeiten eines computergestützten Eingriffs im Operationssaal zur Verfügung zu stellen, müssen derzeit allerdings zahlreiche, logistisch aufwändige Maßnahmen im Vorfeld eines navigierten Eingriffs von Patient und Arzt in Kauf genommen werden: Für einen computergestützten Eingriff ist eine Korrelation zwischen Operationssitus und Bilddatensatz erforderlich. Zu diesem Zweck werden üblicherweise künstliche Registriermarker verwendet. Diese werden vor der Erhebung des Bilddatensatzes am Patienten angebracht und müssen bis zum operativen Eingriff unverändert in situ bleiben oder zumindest eindeutig reproduzierbar wiedereingesetzt werden können.

Mitunter muß – wenn bereits ein konventionelles (markerloses) CT eines Patienten existiert – allein zum Zweck der Navigation ein neuerliches CT angefertigt werden, bei dessen Akquisition röntgensichtbare Registriermarker installiert sind. Solch eine Situation ist mit einer unerwünschten zusätzlichen Strahlenbelastung für den Patienten verbunden.

Aus diesem Grund streben wir an, die markerbasierte Patientenregistrierung ganz zu verlassen.

Die markerlose Registrierung mittels anatomischer Landmarken – beispielsweise der Nasenspitze oder des Tragus am Ohr – bildet dabei jedoch eine nur unbefriedigende Alternative, da das exakt reproduzierbare Wiederauffinden solcher Landmarken in Operationsfeld und Bilddatensatz schwierig bis unmöglich

ist. Entsprechend kann mit dieser Methode eine nur geringe Präzision erreicht werden.

Eine Alternative stellt die Referenzierung über anatomisch vorgegebene Grenzflächen dar. In diesem Zusammenhang wurde die Verwendung eines Laserscanners zur intraoperativen metrischen Analyse anatomischer Grenzflächen und zugleich zur intraoperativen Patientenregistrierung in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie erstmals 1999 beschrieben. Inzwischen wurde die präzise Patientenregistrierung anhand des Weichteilmantels des Gesichts mithilfe eines Abgleichs von hochauflösendem Laserscan und CT-Datensatz realisiert.

In der vorgelegten klinischen Studie sollte nun geklärt werden, ob neben dem Weichteilmantel des Gesichts auch andere natürliche anatomische Grenzflächen zur präzisen Patientenreferenzierung in der cranio-maxillofazialen Chirurgie herangezogen werden können: Ohrmuschel, Ober- und Unterkiefer.

Ein Ausweichen vom Gesichtswichteilmantel auf andere anatomische Grenzflächen scheint dann sinnvoll, wenn progrediente Schwellungszustände vorliegen, die zu einer Inkongruenz zwischen der Hautoberfläche im Laserscan- und CT führen können, oder wenn das CT mit seiner Scanweite nicht das komplette Gesicht (mit Stirn, Periorbital- und Wangenregion) wiedergibt.

Für diese Untersuchung erhielten 20 Patienten konventionelle röntgensichtbare Marker, um die Genauigkeit der neuen – an sich markerlosen Registriermethode – zu überprüfen. In der vorgelegten Studie wurde bestimmt, wie genau diese Marker mithilfe eines Infrarotpointers nach markerloser Laserscanregistrierung anhand von Ohrmuschel, Ober- und Unterkiefer aufgesucht werden konnten.

2 Methode

Vor einem chirurgischen Eingriff wurde die räumliche Lage von zwanzig 20 Patienten mithilfe eines hochauflösenden 3D-Laserscans registriert und markerlos mit dem praeoperativen CT-Datensatz korreliert. Indikation für den chirurgischen Eingriff waren Tumore, skelettale Fehlbildungen und Fremdkörper. Die Ohrmuschel sowie der Ober- und Unterkiefer wurden dabei zur Registrierung der Patientenlage genutzt. Durch eine zusätzliche konventionelle markerbasierte Patientenregistrierung wurde die Genauigkeit dieser neuen – an sich markerlosen – Methode klinisch evaluiert. Die Untersuchungen wurden mit dem Surgical Segment Navigator SSN++ durchgeführt, einem Navigationssystem, das ursprünglich zusammen mit Carl Zeiss, Oberkochen, entwickelt wurde und eine markerlose, flächenbasierte Patientenregistrierung ermöglicht [4].

3 Ergebnisse

Die markerlose Patientenregistrierung auf Basis natürlicher anatomischer Grenzflächen war verlässlich im Bereich des Oberkiefers möglich (Abweichung: $0,8 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$), im Unterkiefer haben Zunge und beweglicher Mundboden zu geometrischer Inkongruenz und mangelhafter Laserregistrierung geführt. Mithilfe der

Ohrmuschelregistrierung war eine hohe Präzision zu erzielen, solange die Ohrmuschel während der CT-Bildgebung oder während des Laserscannens nicht deformiert wurde (Abweichung: $1,9 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$). Die übliche CT-Bildakquisition mit Kopfschale führte jedoch bei mehr als der Hälfte der Patienten zu temporären Ohrmuscheldeformierungen, die eine exakte Laserscanregistrierung unmöglich machte.

4 Diskussion

Die vorgelegten Ergebnisse zeigen, daß innerhalb der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Neurochirurgie und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der logistische Aufwand im Zusammenhang mit bildgestützten Eingriffen reduziert werden kann, indem markerlose automatische Registrierungsverfahren eingesetzt werden, die neben der anatomischen Grenzfläche des Gesichtswichteilmantels auch den Oberkiefer oder die Ohrmuschel nutzen. Die dabei erzielbare Präzision ist vergleichbar mit Verfahren, die rigide fixierte Marker verwenden. Aus diesem Grund halten wir es für möglich, daß sich die vorgestellten markerlosen Registriertechniken zu einem Goldstandard in der craniofazialen Chirurgie entwickeln.

Literaturverzeichnis

1. Burkart A, Debski RE, McMahon PJ, Rudy T, Fu FH, Miusahl V, et al. Precision of ACL tunnel placement using traditional and robotic techniques. *Comput Aided Surg* 2001;6(3):270–278.
2. Magee MJ, Mack MJ. Robotics and coronary artery surgery. *Curr Opin Cardiol* 2002;17:602–607.
3. Musahl V, Plakseychuk A, Fu FH. Current opinion on computer-aided surgical navigation and robotics: role in the treatment of sports-related injuries. *Sports Med* 2002;32:809–818.
4. Marmulla R, Hassfeld S, Lüth T, Mühling J. Laser-Scan-Based Navigation in Cranio-Maxillofacial Surgery. *J Cranio Maxillofac Surg* 2003;31:267–277.