

Navigation in der orthognathen Chirurgie – experimentelle Untersuchung der Präzision an dreidimensional gedruckten Patientenmodellen.

Wissenschaftlicher Beitrag für die 11. CURAC Jahrestagung 2012

Michael Rohnen, Andreas Reinhardt, Jörg Wiltfang, Tobias Nitsche

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Kiel, Germany

Kontakt: rohnen@mkg.uni-kiel.de

Abstract:

Trotz besonderer Schwierigkeiten durch die Beweglichkeit des Unterkiefers im Kiefergelenk, konnte für den Einsatz intraoperativer Navigation in der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie, durch Verwendung von okklusionsgestützten Splinten, eine gute Präzision nachgewiesen werden.

Zur Untersuchung der erreichbaren Präzision in den bei der Unterkieferosteotomie betroffenen Regionen wurden 3D-gedruckte Schädelmodelle von Patienten vor orthognathen Eingriffen verwendet. Nach Präparation mit röntgenopaken Markerpunkten im Bereich der Osteotomie wurde, als dreidimensionale Bildgebung eine DVT (Kavo, 3D Exam) durchgeführt. Es erfolgte die präoperative Planung, Registrierung, Simulation und Präzisionsmessung unter OP-realistischen Bedingungen (n=15) (Brainlab®, IPlan® CMF, Kolibri).

Im Bereich der Unterkieferosteotomie zeigten die Präzisionsmessungen eine hohe Genauigkeit mit einer mittleren Abweichung von $1,51 \text{ mm} \pm 0,81 \text{ mm}$.

Der intraoperative Einsatz navigationsgestützter Verfahren im Rahmen der orthognathen Chirurgie ist mit hoher Präzision möglich. Möglicherweise können die Eingriffe hierdurch erleichtert und die Komplikationsrate gesenkt werden.

Schlüsselworte: Navigation, Dysgnathie, sagittale Spaltung

1 Problem

Umstellungsosteotomien des Ober- und Unterkiefers, zur Korrektur eines skelettalen Fehlbisses sind häufige Operationen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Die sagittale Spaltung (Abbildung 1), im Rahmen einer Umstellungsosteotomie zur Verlagerung des Unterkiefers, ist hierbei eine etablierte Operationstechnik, die bereits seit 1943 in verschiedenen Modifikationen angewendet wird [1,2,3,4]. Eine gefürchtete Komplikation im Rahmen dieses elektiven Eingriffes ist die Verletzung des Nervus alveolaris inferior. Das resultierende Taubheitsgefühl der Unterlippe ist für die betroffenen Patienten eine starke Beeinträchtigung. Trotz der etablierten Methodik verbleibt ein relevantes Risiko für eine Funktionsstörung des Nerven (30 bis 40%) [5,6].

Strategien zur Minimierung des Risikos einer Nervverletzung sind Gegenstand aktueller Untersuchungen. Hierbei wird auch die navigationsunterstützte Chirurgie im Rahmen der sagittalen Spaltung als mögliche Verbesserung der Patientensicherheit diskutiert [7].

Auf dreidimensionaler Bildgebung beruhende intraoperative Navigation, kann die Information z.B. auch einer präoperativen Planung zuverlässig in den Operationssaal übertragen. In der Mund, Kiefer und Gesichtschirurgie wird die intraoperative Navigation bei vielen Indikationen bereits erfolgreich eingesetzt [8,9,10,11].

Die präzise intraoperative Registrierung ist eine wesentliche Voraussetzung für die navigierte Chirurgie. In verschiedenen Arbeiten wurden die unterschiedlichen Möglichkeiten der Registrierung in der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie untersucht. Die zu Hilfenahme eines okklusionsgestützten Splintes hat sich dabei als sinnvoll erwiesen [12].



Abbildung 1: Schema sagittale Spaltung des Unterkiefers

Sowohl die allgemeine Genauigkeit der Navigation, als auch die Genauigkeit in begrenzten anatomischen Regionen wurde bereits untersucht [13,14,15]. Weiterführende experimentelle Studien zeigten eine Genauigkeit im gesamten Operationsgebiet der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie, die sowohl von der verwendeten Registrierungsmethode, als auch von der untersuchten Region, bzw. dem Abstand zu den Referenzpunkten abhing [16]. Der Abstand der Referenzpunkte zueinander hat ebenfalls einen Einfluss auf die Genauigkeit [17].

Ziel unserer Untersuchung war die Überprüfung der erreichbaren Genauigkeit im Bereich des Kieferwinkels, also der anatomisch entscheidenden Region für die sagittale Spaltung, beim Einsatz eines Navigationssystems unter operationsrealistischen Bedingungen.

2 Methoden

Auf Grundlage von präoperativen DVT-Datensätzen (Kavo, 3D Exam), von Patienten aus unserer Dysgnathiesprechstunde, wurden dreidimensionale Schädelmodelle ($n=5$) gedruckt. Diese individuellen Modelle wurden dann mit röntgenopaken Messpunkten (70 Messpunkte je Modell) im Bereich des Kieferwinkels, der Linea obliqua und des aufsteigenden Unterkieferastes präpariert. Die derart vorbereiteten Kunststoffschädel (Abbildung 2) wurden nun einer digitalen Volumentomographie unterzogen und die gewonnenen Datensätze der Modelle zur intraoperativen Navigation eingelesen (Brainlab®, IPlan® CMF, Kolibri). Die vorbereiteten Messpunkte wurden in der Navigationssoftware markiert und die zur Registrierung notwendigen Referenzpunkte definiert. Zur Registrierung kamen anatomische Referenzpunkte, sowie okklusal gestützte Referenzpunkte (am Registrierungssplint) zum Einsatz. Das Vorgehen entspricht der üblichen intraoperativen Vorgehensweise am Patienten.

Nach Montage eines Referenzsternes am Kunststoffschädel wurde unter operationsrealistischen Bedingungen zunächst eine Registrierung der individuellen Schädelmodelle durchgeführt. Danach erfolgten Genauigkeitsmessungen für jeden einzelnen Messpunkt. Die Spitze des Pointers wurde hierzu genau auf den vorbereiteten Messpunkt gelegt und der Abstand zum virtuellen Messpunkt am Navigationsmonitor abgelesen. Für jeden Messpunkt wurde die Abweichung in Millimetern ermittelt.

An jedem der fünf Schädel wurden die Messungen drei Mal wiederholt. Es erfolgte vor jedem Durchgang eine erneute Registrierung mit veränderter Position des Referenzsternes sowie anderen Referenzpunkten.



Abbildung 2: Präparierter Schädel vor Montage des Referenzsternes

3 Ergebnisse

Die Messpunkte auf den präparierten Kunststoffschädeln ließen sich problemlos in der Navigationssoftware identifizieren.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse getrennt nach Regionen ergab sich für die Kieferwinkelregion rechts ein mittlerer Abstand zwischen realem und virtuellem Messpunkt von $1,50 \pm 0,75\text{mm}$. Für die Messpunkte der linken Seite konnte ein Abstand von $1,55 \pm 0,89\text{mm}$ ermittelt werden. Im Bereich der Linea obliqua wurden rechts $1,30 \pm 0,66\text{mm}$ und links $1,41 \pm 0,59\text{mm}$ gemessen.

Ohne Berücksichtigung der anatomischen Regionen ergab sich für die rechte Seite eine Differenz von $1,49 \pm 0,74\text{mm}$ zwischen Messpunkt und virtuell definiertem Punkt und $1,54 \pm 0,87\text{mm}$ für die linke Seite.

Der Vergleich der drei Messungen eines Schädels, ergab teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Messdurchgängen:

	Schädel 1	Schädel 2	Schädel 3	Schädel 4	Schädel 5
Messung 1	1,07	1,26	1,88	0,84	1,81
Messung 2	0,87	1,53	1,60	2,59	1,83
Messung 3	0,91	0,88	2,17	1,06	2,39

Bei Berücksichtigung aller Messungen ergab der mittlere Abstand, zwischen realem Messpunkt und virtuellem Punkt $1,51 \pm 0,81\text{mm}$.

4 Diskussion

Für die Zuverlässigkeit der intraoperativen Navigation im Bereich des Gesichtsschädels wurden in vorherigen Untersuchungen Abweichungen zwischen realen und korrespondierenden virtuellen Punkten in einer Größenordnung von 1,1 bis 3 mm gefunden [18,16]. Die Ergebnisse unserer Untersuchung belegen eine Genauigkeit der intraoperativen Navigation im Kieferwinkelbereich, die denen anderer anatomischer Regionen des Gesichtsschädels entspricht. Auch im Bereich des Kieferwinkels und des aufsteigenden Unterkieferastes kann die intraoperative Navigation daher erfolgversprechend eingesetzt werden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Messdurchgängen, bei identischem Kunststoffschädel und identischem DVT- Datensatz, jedoch erneuter Positionierung und Registrierung, spiegeln jedoch die große Bedeutung und Abhängigkeit von der intraoperativen Registrierung wieder [19].

Die intraoperative Navigation auf Grundlage von DVT-Datensätzen bietet grundsätzlich die Möglichkeit im Bereich der sagittalen Spaltung des Unterkiefers navigiert unterstützt zu operieren. Die Schwierigkeiten der intraoperativen Registrierung und die erreichbare Genauigkeit müssen hierbei jedoch berücksichtigt werden. Im Rahmen dieser elektiven Operation, könnte der Einsatz der intraoperativen Navigation die Sicherheit des Patienten bezüglich schwerwiegender Komplikationen erhöhen.

Um die Vorteile der intraoperativen Navigation vollständig auszuschöpfen, könnte die Entwicklung von speziellen zu registrierenden Instrumenten voran getrieben werden.

Die Anwendung der Navigation im Bereich des Unterkiefers ist durch die fehlende knöchernen Verbindung zum restlichen Schädel und die damit verbundene Mobilität problematisch. Eine getrennte Registrierung von Unterkiefer und Schädel könnte in Zukunft einen weiteren entscheidenden Vorteil bei der navigationsunterstützten sagittalen Spaltung bringen.

5 Referenzen

- [1] Obwegeser, H. T. R. (1955). Zur Operationstechnik bei der Progenie und bei anderen Unterkieferanomalien. *Deutsche Zahn Mund und Kieferheilkunde* 23, 1-26.
- [2] Dal Pont, G. (1961). Retromolar osteotomy for the correction of prognathism. *J Oral Surg* 19, 42-47.
- [3] Hunsuck EE: A modified intraoral sagittal splitting technique for correction of mandibular prognathism. *J. Oral Surg* 26 (1968) 250-253
- [4] Epker BN: Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible. *J Oral Surg (United States)* 35 (1977) 157-159
- [5] Westermark A, Bystedt H, von Konow L. Inferior alveolar nerve function after mandibular osteotomies. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1998; 36: 425–428. 18.
- [6] Westermark A, Bystedt H, von Konow L. Inferior alveolar nerve function after sagittal split osteotomy of the mandible: correlation with degree of intraoperative nerve encounter and other variables in 496 operations. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1998; 36: 429–433.
- [7] Wittwer G, Adeyemo WL, Beinemann J, Juergens P. Evaluation of risk of injury to the inferior alveolar nerve with classical sagittal split osteotomy technique and proposed alternative surgical techniques using computer-assisted surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Jan;41(1):79-86. Epub 2011 Sep 16.
- [8] Gellrich NC, Schramm A, Hammer B, Rojas S, Cufi D, Lagreze W, Schmelzeisen R: Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg* 110:1417e1429, 2002
- [9] Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schramm A, Schon R, Otten JE: Navigation-guided resection of temporomandibular joint ankylosis promotes safety in skull base surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 60:1275e1283,10.1053/joms.2002.35724, 2002
- [10] Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schoen R, Gutwald R, Zizelmann C, Schramm A: Navigation-aided reconstruction of medial orbital wall and floor contour in cranio-maxillofacial reconstruction. *Injury* 35:955e962, 10.1016/j.injury.2004.06.005, 2004
- [11] Hohlweg-Majert B, Schon R, Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schramm A: Navigational maxillofacial surgery using virtual models. *World J Surg* 29: 1530e1538, 10.1007/s00268-005- 0091-0, 2005
- [12] Schramm A, Gellrich N-C, Nilius M, Schön R, Schimming R, Schmelzeisen R: Intraoperative Accuracy of Non-invasive Registration in Computer Assisted Craniomaxillo-facial Surgery. Berlin, Germany: CARS, Computer Assisted Radiology and Surgery, Elsevier, 2001
- [13] Schlaier J, Warnat J, Brawanski A: Registration accuracy and practicability of laser-directed surface matching. *Comput Aided Surg* 7: 284e290, 10.1002/igs.10053, 2002
- [14] Hoffmann J, Westendorff C, Leitner C, Bartz D, Reinert S: Validation of 3D-laser surface registration for image-guided craniomaxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 33: 13e18, 10.1016/j.jcms.2004.10.001, 2005
- [15] Hardy SM, Melroy C, White DR, Dubin M, Senior B: A comparison of computer-aided surgery registration methods for endoscopic sinus surgery. *Am J Rhinol* 20: 48e52, 2006
- [16] Luebbers HT, Messmer P, Obwegeser JA, Zwahlen RA, Kikinis R, Graetz KW, Matthews F: Comparison of different registration methods for surgical navigation in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2008 Mar;36(2):109-16. Epub 2008 Feb 14.
- [17] Bettschart C, Kruse A, Matthews F, Zemann W, Obwegeser JA, Grätz KW, Lübbers HT. Point-to-point registration with mandibulo-maxillary splint in open and closed jaw position. Evaluation of registration accuracy for computer-aided surgery of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg.* 2011 Nov 10. [Epub ahead of print]
- [18] Metzger MC, Rafii A, Hohlweg-Majert B, Pham AM, Strong B: Comparison of 4 registration strategies for computer-aided maxillofacial surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 137: 93e99, 2007
- [19] Widmann G, Stoffner R, Bale R: Errors and error management in image-guided craniomaxillofacial surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 107:701e715, 2009