

Adynamische Referenzierung für markerlose navigationsgestützte Eingriffe im Bereich des Unterkiefers und der Mundhöhle

Jürgen Hoffmann, Dirk Troitzsch, Carsten Westendorff,
Octavio Weinhold und Siegmund Reinert

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum
Tübingen, Eberhard-Karls-Universität, Osianderstrasse 2-8, 72076 Tübingen
Email: juergen.hoffmann@uni-tuebingen.de

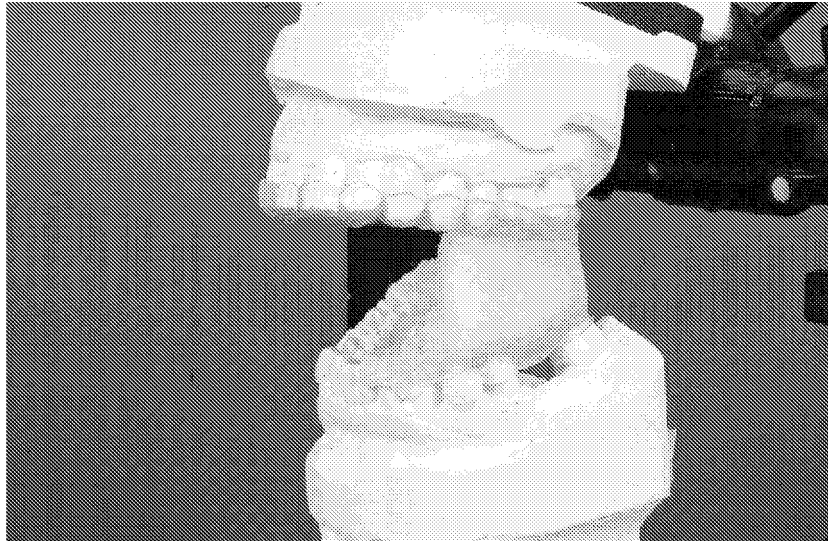
Zusammenfassung. Die intraoperative bilddatengestützte Navigation hat in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie eine zunehmende Bedeutung. Eine neue Technik zur adynamischen Unterkieferreferenzierung wurde entwickelt und hinsichtlich der Praktikabilität und Genauigkeit klinisch untersucht. Bei Patienten mit verschiedenen Behandlungsindikationen (komplizierte Implantatentfernung bzw. -insertion am Unterkiefer sowie Aufsuchen komplexer pathologischer Prozesse) wurden mit der neuen Technik navigationsgestützt operiert. Verschiedenartig hergestellte uni- und bilaterale Kunststoff-Aufbissblöcke wurden individuell angefertigt und den Patienten zur Schichtbilddiagnostik mit reproduzierbarer Mundöffnung appliziert. Die Genauigkeit der Navigation wurde an ausgewählten Referenzpunkten im Operationsgebiet bestimmt und analysiert. Bei der Verwendung uni- gegenüber bilateraler Aufbissblöcke im Seitenzahnbereich fanden sich gravierende Abweichungen des Aufsuchens der definierten Zielpunkte durch laterale Deviationsphänomene. Mit der bilateralen Fixierung ergab sich eine hohe Genauigkeit des adynamischen Referenzierungsverfahrens mit 1,6 mm, 1,9 und 2,3 mm in Bezug auf anatomische Referenzpunkte. Durch die individuelle adynamische Referenzierung besteht erstmals die Möglichkeit, präzise bilddatengestützte navigationsgestützte Eingriffe auch im Bereich des beweglichen Unterkiefers und des Oropharynx durchzuführen.

1 Einleitung

Die chirurgische Navigation erlangt zunehmende Bedeutung in der modernen Chirurgie insbesondere im Zusammenhang mit minimal invasiven Eingriffen [1]. Limitiert wird die Anwendung der Navigation dort, wo durch Organbewegungen die Korrelation zwischen der intraoperativen Patientenanatomie und den präoperativen Schichtbilddaten nicht mehr gegeben ist.

Initial für neurochirurgische Eingriffe entwickelt, wird die bilddatengestützte Navigation zunehmend auch in der Kopf-Hals-Chirurgie eingesetzt [1,3]. Vergleichbar dem Problem des „Brain shift“ in der Neuronavigation [3] war bei allen verfügbaren Systemen bisher die Referenzierung dynamischer Strukturen,

Abb. 1. Intermaxillärer Aufbissblock im zahntechnischen Modell.



wie z.B. des Unterkiefers oder des Oropharynx nicht oder nur mit hohem technischem Aufwand möglich.

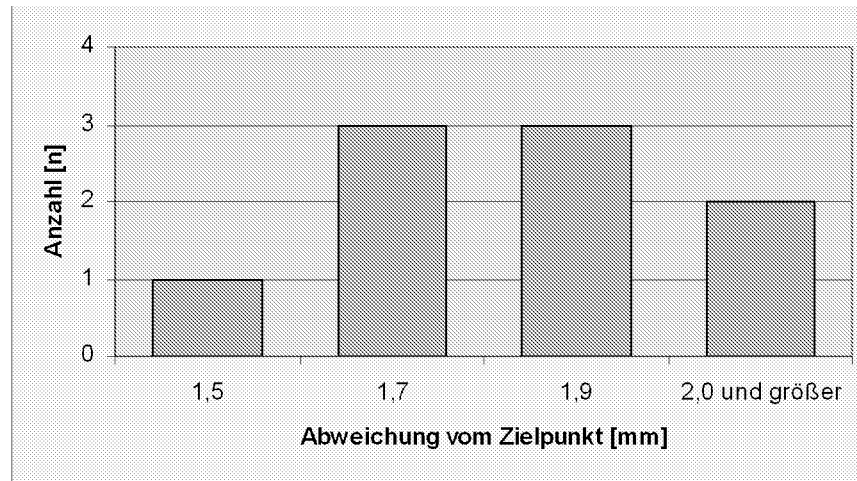
Wir stellen daher eine neue Technik vor, bei der individuelle intermaxilläre Aufbissblöcke zur adynamischen Unterkieferreferenzierung entwickelt und hinsichtlich der Praktikabilität und Genauigkeit klinisch untersucht wurden.

2 Material und Methoden

Patienten mit verschiedenen Indikationen (komplizierte Implantatentfernung bzw. -insertion am Unterkiefer sowie Aufsuchen komplexer pathologischer Prozesse) wurden mit der neuen Referenzierungstechnik navigationsgestützt operiert. Verschiedenartig hergestellte uni- und bilaterale Kunststoff-Aufbissblöcke wurden individuell angefertigt und den Patienten zur Schichtbilddiagnostik sowie während des Eingriffes mit reproduzierbarer und definierter Mundöffnung appliziert (Abb. 1). Hierdurch war eine Positionierung des Unterkiefers und der anhängenden Weichgewebestrukturen entsprechend der Situation während der Bilddatenakquisition möglich.

Wir stellten dazu im Tiefziehverfahren konventionelle Aufbisschienen für den Ober- und Unterkiefer mit Kieferrelationsbestimmung her. Dem folgte die bilaterale Wachsmodellation der Aufbissblöcke jeweils im Bereich der Molaren (Abb. 1). Abschließend wurden die bilateral angefertigten Wachsmodellationen in selbsthärtenden, herkömmlichen Prothesenkunststoff (Paladur[®], Polymethylmethacrylat) überführt. In einem Fall führten wir eine direkte Modellation der Aufbissblöcke in der Mundhöhle durch. Basierend auf den Bilddaten eines hochauflösenden 16-Zeilen Computertomografie-Scanners (Somatom Sensation

Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der Abweichungen von vordefinierten Zielpunkten bei Eingriffen mit bilateraler Aufbissblock-Technik.



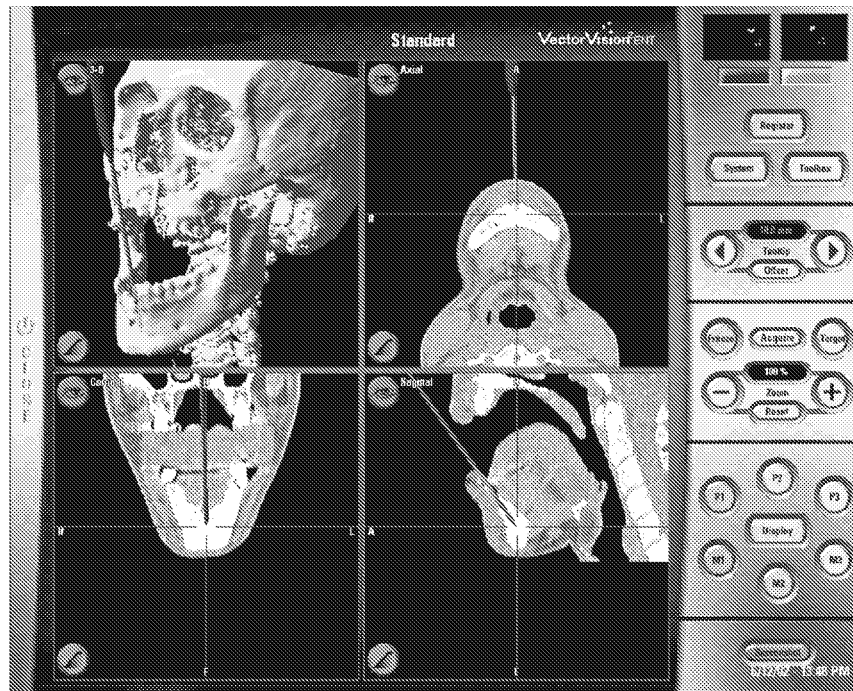
16) erfolgte die Navigation mit dem VectorVision-System (Fa. BrainLAB) unter Verwendung der knochenfixierten dynamischen Referenzbasis und der Laser-Oberflächenregistrierung (z-Touch[®]).

3 Ergebnisse

Die vorbereiteten Splinte ließen sich beim Patienten sowohl während der CT- oder MR-Untersuchung problemlos einsetzen als auch während der Operation gut eingliedern (Abb. 1). Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Position des Aufbisses nicht mit dem geplanten operativen Zugang interferierte.

Es wurde festgestellt, dass die Verwendung bilateraler Aufbissblöcke entscheidende Vorteile gegenüber der Verwendung von unilateralen Splinten hinsichtlich der intraoperativen Genauigkeit bot. So kam es schon im Vorfeld des navigationsgestützten chirurgischen Eingriffes unter der Verwendung von nur einseitigen Aufbissblöcken durch eine ungenügende Fixierung des Unterkiefers regelmäßig zu Ungenauigkeiten in Folge von meist lateralen Bissverschiebungen. Es fanden sich teils gravierende Abweichungen beim Aufsuchen vordefinierter Zielpunkte von 4 bis 6 mm. Mit der bilateralen Fixierung ergab sich schliesslich eine hohe Genauigkeit des adynamischen Referenzierungsverfahrens mit einer minimalen Abweichung von durchschnittlich 1,9 mm in Bezug zu anatomischen Referenzpunkten (Abb. 2). Mit dieser Technik konnten enossale Implantate eingebracht, Osteosynthesematerialien minimal-invasiv entfernt und intraorale interstitielle Laserbehandlungen problemlos und hinreichend präzise durchgeführt werden (Abb. 3).

Abb. 3. Navigationsgestützte Insertion dentaler Implantate im Unterkiefer.



4 Diskussion

In der Literatur gibt es nur vereinzelt Berichte über navigationsgestützte Eingriffe am Unterkiefer und im Bereich des Oropharynx [2,7]. So wurde über Präzisionsmessungen bei navigationsgestützten Implantatinsetzungen an Unterkiefermodellen *in vitro* und an anatomischen Präparaten berichtet [2,7]. Aus diesen experimentellen Untersuchungen waren jedoch keine eindeutigen Referenzierungsmethoden des Unterkiefers für die klinische Situation ableitbar. So beschränkten sich die Anwendungen der bilddatengestützten Navigation bei der Insertion von dentalen Implantaten bisher ausschließlich auf den Bereich des Oberkiefers [6].

Eingriffe am Unterkiefer wurden aufgrund seiner Beweglichkeit für nicht realisierbar beschrieben [6]. Vereinzelt wurden invasive Techniken mit direkter Befestigung einer Referenzierungseinheit am Unterkieferknochen durchgeführt [8]. Im Bereich der Implantologie finden aufwändig gestaltete starre Adaptionen einer Referenzierungseinheit an eine zahntechnisch hergestellte CT-Daten-basierte Schablone in Kombination mit einer Aufbissschiene Verwendung [4]. In einem Einzelfall wurde ein Kunststoffkeil zur Fixierung des Unterkiefers beim navigationsgestützten Aufsuchen einer Osteosyntheseschraube eingesetzt [5].

5 Schlussfolgerung

Durch die individuelle adynamische Referenzierung besteht erstmals die Möglichkeit, relativ einfach und technisch unaufwendig präzise bilddaten-gestützte Navigationseingriffe auch im Bereich des beweglichen Unterkiefers und des Oropharynx durchzuführen.

Literaturverzeichnis

1. Caversaccio M, Nolte LP, Häusler R. Present state and future perspectives of computer aided surgery in the field of ENT and skull base. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 2002; 56:51–59
2. Gaggl A, Schultes G, Kärcher H. Navigational precision of drilling tools preventing damage to the mandibular canal. *J Craniomaxillofac Surg* 2001; 29:271–275
3. Heermann R, Schwab B, Issing PR, et al. Image-guided surgery of the anterior skull base. *Acta Otolaryngol* 2001; 121:973–978
4. Lindorf H, Müller-Herzog R. Navigationstechnik in der Implantologie-passgenaue Umsetzung der computergestützten Implantatplanung. *ZMK* 2002; 18:188–197
5. Schultes G, Zimmermann V, Feichtinger M, et al. Removal of osteosynthesis material by minimally invasive surgery based on 3-dimensional computed tomography-guided navigation. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61:401–405
6. Siessegger M, Schneider BT, Mischkowski RA, et al. Use of an image-guided navigation system in dental implant surgery in anatomically complex operation sites. *J Craniomaxillofac Surg* 2001; 29:276–281
7. Wanschitz F, Birkfellner W, Watzinger F, et al. Evaluation of accuracy of computer-aided intraoperative positioning of endosseous oral implants in the edentulous mandible. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13:59–64
8. Watzinger F, Birkfellner W, Wanschitz F, et al. Positioning of dental implants using computer-aided navigation and an optical tracking system: case report and presentation of a new method. *J Craniomaxillofac Surg* 1999; 27:77–81