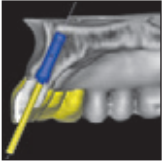


## Computergesteuerte Dentalimplantologie für eine präzise Implantatinserion: Kombination spezieller stereolithografisch generierter Bohrschablonen und chirurgischer Instrumente



George A. Mandelaris, DDS, MS\*

Alan L. Rosenfeld, DDS\*\*

Samantha D. King, DMD\*\*\*

Marc L. Nevins, DMD, MMSc\*\*\*\*

Die Anwendung der Computertomografie (CT) und der Einsatz einer Computersoftware für die Dentalimplantattherapie haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Positionierung von Dentalimplantaten kann entweder „teilweise gesteuert“ erfolgen; dann werden die nur Osteotomiebereiche mit sequenziellen, herausnehmbaren Bohrschablonen präpariert (die mithilfe von Computersoftware und der Stereolithografie generiert werden). Oder sie erfolgt „vollständig gesteuert“; dann wird eine Schablone sowohl für die Präparation der Osteotomiebereiche als auch die Implantatinserion verwendet. Inzwischen ist die gesteuerte Insertion von Implantaten mit einer herstellereigenen internen Verbindung möglich. Bei dieser Vorgehensweise erfolgt die CT-basierte Implantatinserion nach individuellen Protokollen und mit speziellen Instrumenten. In diesem Artikel wird näher auf die Inhalte früherer Publikationen zur Anwendung der prothetisch ausgerichteten Implantatinserion mithilfe von Computersoftware eingegangen. Mit dieser Software können eine präzise Platzierung und prognostizierbare prothetische Ergebnisse sichergestellt werden. Es werden drei Fallberichte vorgestellt, bei denen die präzisionsgesteuerte CT-basierte Chirurgie angewandt wurde und die sofortige Insertion einer Versorgung erfolgte. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2010;30:267–273.)

\* Privatpraxis, Park Ridge und Oakbrook Terrace, Illinois, USA.

\*\* Privatpraxis, Park Ridge und Oakbrook Terrace, Illinois, USA; Klinischer Professor, Department of Graduate Periodontics, Universität Illinois, College of Dentistry, Chicago, Illinois, USA.

\*\*\* Privatpraxis, Boston, Massachusetts, USA.

\*\*\*\* Privatpraxis, Boston, Massachusetts, USA; Clinical Assistant Professor, Department of Periodontology, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

Korrespondenz an: Dr. George A. Mandelaris, 1875 Dempster Street, Suite 250, Parkside Center, Lutheran General Hospital, Park Ridge, IL, 60068, USA; E-Mail: GMandelari@aol.com

Die Einführung und häufigere Nutzung des Cone-Beam-CT für die Praxis sowie die größere Anzahl von Bildgebungszentren haben die Diagnostik für die Zahnmedizin insgesamt verbessert. Die Implantathersteller integrieren die CT-basierte gesteuerte Dentalimplantologie mittlerweile zunehmend in das Instrumentarium für die behandelnden Zahnärzte, da immer deutlicher erkennbar wird, wie sinnvoll die Anwendung der 3D-Technik ist<sup>1</sup>. Das Spektrum der computergesteuerten Dentalimplantologie wird dabei immer mehr erweitert und es gibt inzwischen spezielle Implantate, die in präoperativ festgelegte Positionen in allen dreidimensionalen Ebenen (bukkolingual, mesiodistal, apikokoronar) inseriert werden können. Außerdem wird die Eingliederung einer sofort belasteten Versorgung oder einer Versorgung ohne sofortige nicht okklusale Belastung durch diese Möglichkeiten und Protokolle sehr erleichtert<sup>2-5</sup>.

In diesem Artikel wird näher auf die Inhalte früherer Publikationen zur computergesteuerten Dentalimplantologie eingegangen. Dabei wird das Konzept der umfassend gesteuerten CT-basierten Chirurgie für Implantate mit interner Verbindung vorgestellt. In drei Fallberichten wird die Anwendbarkeit und



Vielseitigkeit der präzisionsgesteuerten CT-basierten Chirurgie in der klinischen Praxis gezeigt.

### CT-Schablone

Die prothetisch ausgerichtete Implantatinsertion mithilfe von Computersoftware, mit der durch die Verwendung von Rapid-Prototyping-Modellen und stereolithografischen Bohrschablonen eine präzise Platzierung und prognostizierbare prothetische Ergebnisse sichergestellt werden können, wurde bereits in früheren Publikationen beschrieben<sup>6-8</sup>. In der Anfangszeit dieses Paradigmenwechsels von der herkömmlichen Vorgehensweise bei der Implantatinsertion hin zum computergesteuerten Vorgehen wurden entweder Bohrschablonen benutzt, die nur für die Osteotomie verwendet wurden (d. h. teilweise gesteuert; Surgiguide, Materialise Dental), oder es wurde eine einzige Schablone für die Osteotomie und die Implantatinsertion verwendet (d. h. vollständig gesteuert, SAFE Surgiguide-System, Materialise Dental).

Die teilweise gesteuerte Technik mit Surgiguides ermöglicht eine kontrollierte Präparation des Osteotomiebereichs in zwei räumlichen Ebenen, bukkolingual und mesiodistal. Dabei werden mehrere sequenzielle Bohrschablonen für die präzise Osteotomie eingesetzt. Die vertikale Tiefe wird während des Eingriffs berechnet und ist nicht gesteuert. Die Bohrschablonen werden für das Versenken (gegebenenfalls) entfernt und die Implantatinsertion erfolgt nach der herkömmlichen nicht gesteuerten Vorgehensweise. In den computergesteuert angelegten Osteotomiebereichen erfolgt die Implantatinsertion also manuell.

Das SAFE Surgiguide-System ist das ursprüngliche vollständig ge-

steuerte (computergeführte) Implantatsystem. Es ermöglicht eine kontrollierte Osteotomie und Implantatinsertion in drei Dimensionen<sup>9</sup>. Eine ähnliche Technologie wird auch in anderen auf dem Markt erhältlichen Systemen verwendet<sup>1</sup>. Surgiguide und das SAFE Surgiguide-System sind vielseitig, da sie vom Knochen, von den Zähnen oder vom Zahnfleisch abgestützt werden können<sup>6-8</sup>. Das Prinzip, das mit dem SAFE Surgiguide-System etabliert wurde, musste nur leicht mechanisch modifiziert werden, um die Insertion von Implantaten mit interner Verbindung zu ermöglichen.

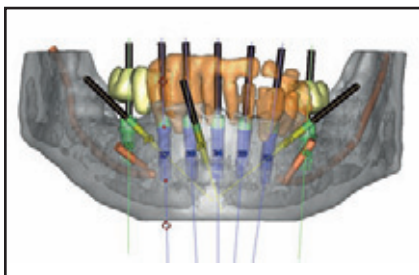
Der vollständig gesteuerte Eingriff mit dem SAFE Surgiguide-System, der auf einem Präzisions-CT beruht, ermöglicht die flexible zahnfleisch-, knochen- und zahngestützte Anwendung. Dabei wird allerdings für die Osteotomie und die Implantatinsertion nur eine einzige Schablone benutzt. In die Kunststoffschablone sind spezielle Zylinder eingebettet, die die Bohrerhandstücke oder ähnliche Komponenten aufnehmen. Sie sind den Zylindern genau angepasst. Dann werden spezielle Bohrer verwendet, die für die apikokoronale Osteotomie mit einer Tiefenkontrolle versehen sind. Auch das Versenken erfolgt kontrolliert und die Toleranzen sind hochpräzise. Die Bohrergröße und das Bohrerhandstück werden entsprechend den speziellen Bedürfnissen des Patienten und einem individuellen CT-Plan ausgewählt. Die Implantatinsertion erfolgt mit speziellen Insertionsmanschetten und bis auf eine kontrollierte bukkolinguale, mesiodistale und apikokoronale Tiefe, die mithilfe des computerisierten 3D-Plans festgelegt wird.

Die Schablonen können fixiert werden, damit sie sich nicht verschieben. Das in diesem Bericht vor-

gestellte System schließt die Technologie für die Kontrolle der Sechskantausrichtung ein. Dies ist über Führungsrillen möglich, die sich in dem Bohrzylinder und oben in der Manschette befinden. Alle drei Patienten in diesem Bericht wurden mit dem Navigator Surgiguide-System (Biomet 3i und Materialise Dental) behandelt.

### Patient 1

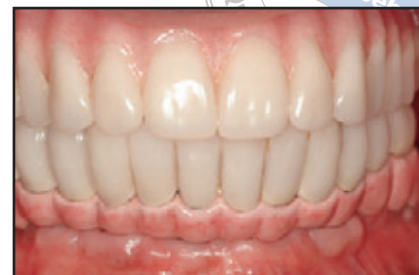
Ein 53-jähriger Mann stellte sich mit einer generalisierten fortgeschrittenen chronischen Parodontitis und ausgeprägten Karies im Unterkiefer vor. Das Behandlungskonzept sah den Ersatz der natürlichen Zähne des Patienten durch eine implantatgetragene Versorgung vor. Im Rahmen der interdisziplinären Vorbereitung wurden Modelle des Ober- und Unterkiefers einartikuliert und eine neue Oberkieferprothese angefertigt. Es stellte sich heraus, dass die noch vorhandenen unteren Zähne sich in fast optimalen Positionen für den Plan einer feststehenden implantatgetragenen Metallkeramikversorgung befanden. Deshalb wurde keine Scan-Prothese benötigt und die vorhandenen Zähne wurden als die optimalen endgültigen Zahnpositionen verwendet. Der Patient wurde zum CT-Scan des Unterkiefers mit den entsprechenden Masken überwiesen. Der Scan wurde für die Diagnostik und Behandlungsplanung in ein Softwareprogramm für die Dentalimplantatplanung (SimPlant Planner; Materialise Dental) übertragen (Abb. 1a). Die Masken sind ein wichtiger Teil der Bearbeitung, da die unterschiedlichen Objektdichten so manipuliert werden können, dass spezielle Ansichten erzeugt werden, die für die Behandlungsplanung entscheidend sind (Abb. 1a)<sup>5</sup>. Vor dem



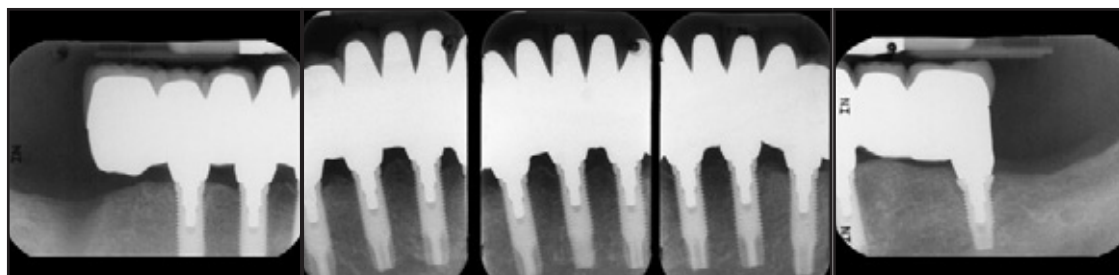
**Abb. 1a** CT-Scan und 3D-Implantatbehandlung für hoffnungslose Zähne im Unterkiefer. Es sind Implantate (blau) und Stabilisierungsschrauben (gelb) geplant. Es gibt Masken vom Unterkiefer, von den verbliebenen Zähnen, vom virtuellen rechten Prämolaren und ersten Molar, vom linken ersten Molar und vom Nervus alveolaris inferior.



**Abb. 1b** Die knochengestützte Navigator SurgiGuide, die für die vollständig gesteuerte Implantatinsertion im Frontbereich des Unterkiefers mit vorher geplanten Stabilisierungsschrauben fixiert wurde.



**Abb. 1c und 1d** (oben) Definitive Versorgung und (unten) die abschließenden Röntgenbilder von Patient 1 (Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Dr. Paul Imhof, Des Plaines, Illinois).



Eingriff und während der Planungsphase wurden die Parodontitis und lokale Entzündungen mit einer Parodontaltherapie mit Scaling und Wurzelglättung behandelt.

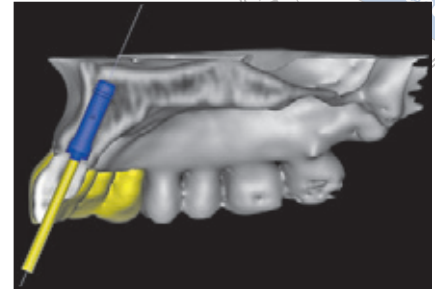
Im Anschluss an eine intravenöse Sedierung und örtliche Betäubung erfolgte die atraumatische Extraktion der noch vorhandenen natürlichen Zähne im Unterkiefer. Es wurde ein Lappen voller Dicke gelöst und alle Alveolen wurden von Granulationsgewebe befreit. Dann wurden mithilfe einer stereolithografisch generierten Schablone für die Knochenreduzierung mehrere Millimeter nicht verwendbaren Alveolar-knochens entfernt. Im Anschluss an

eine präzise, gesteuerte Osteoplastik wurde die knochengestützte Navigator SurgiGuide aufgelegt. Die Stabilität und der korrekte Sitz wurden geprüft. Durch die Insertion von drei Stabilisierungsschrauben in vorher festgelegten Positionen wurde die Stabilität zusätzlich sichergestellt (Abb. 1a). Dann wurden nach dem individuellen Behandlungskonzept für den Patienten die vollständig gesteuerte Präparation des Osteotomiebereichs und Implantatinsertion durchgeführt (Abb. 1b). Nach der Insertion von sieben endosalen Nanotite-Certain-Implantaten (Biomet 3i) in den festgelegten Positionen wurde die chirurgische

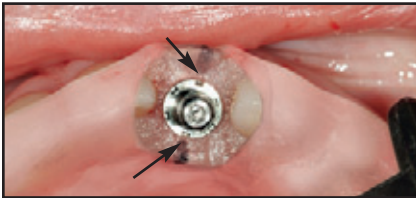
Schablone entfernt und die Implantatstabilität geprüft. Auf den fünf interforaminalen Implantaten wurde eine vor dem Eingriff angefertigte sofort belastete Versorgung eingegliedert. Nach vier Monaten Einheilung wurde die Osseointegration geprüft. Zu diesem Zeitpunkt wurde festgestellt, dass ein unbelastetes Implantat (unterer rechter erster Molar, einzeitiger Eingriff) nicht integriert war. Die prothetische Phase wurde mit dem Eingliedern einer festsitzenden Metallkeramikversorgung abgeschlossen (Abb. 1c und 1d).



**Abb. 2a** (links) Präoperative Ansicht eines hoffnungslosen oberen lateralen Schneidezahns.



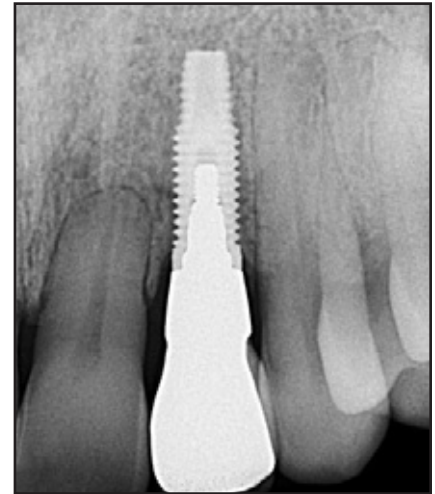
**Abb. 2b** (rechts) 2D-Querschnittansicht, die eine 3D-Darstellung („Clip-Art“) des oberen linken lateralen Schneidezahns überlagert.



**Abb. 2c** Zahngestützte Navigator SurgiGuide in situ. Die lappenlose vollständig gesteuerte Implantatinsertion wurde durchgeführt. Die Führungsrillen im Bohrzylinder und oben in den Manschetten ermöglichen die Kontrolle der Sechskantausrichtung (Pfeile).



**Abb. 2d und 2e** (oben) Definitive Versorgung und (rechts) das abschließende Röntgenbild des restaurierten lateralen Schneidezahns (Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Dr. Joseph Silberman, Evanston, Illinois).



### Patientin 2

Eine 44-jährige Frau stellte sich mit einer fortgeschrittenen Wurzelresorption am oberen linken lateralen Schneidezahn vor (Abb. 2a). Die Beratung schloss das Behandlungskonzept für eine implantatgetragene Versorgung mit einem präzisionsbasierten CT-gesteuerten Implantateingriff und die sofortige Eingliederung eines festsitzenden Provisoriums ein (Abb. 2b).

Die diagnostischen Studienmodelle wurden einartikuliert. Das Oberkiefer-Gipsmodell wurde mithilfe der chirurgischen Schablone am oberen linken lateralen Schneidezahn mit einem Implantatanalog adaptiert. So konnte im Labor eine provisorische Krone auf einem Inte-

rimsubutment angefertigt werden. Unter örtlicher Betäubung wurde der obere laterale Schneidezahn extrahiert. Die zahngestützte Navigator SurgiGuide wurde inseriert und die Stabilität geprüft. Dann erfolgte vollständig gesteuert eine präzise, lappenlose Implantatinsertion (Osseotite Certain, Biomet 3i) (Abb. 2c). Nach drei Monaten komplikationsloser Einheilung war die definitive prothetische Phase abgeschlossen (Abb. 2d und 2e). Im Bereich des oberen linken Eckzahns wurde in einem separaten Eingriff für die partielle Wurzeldeckung und gingivale Augmentation ein Bindegewebsstransplantat inseriert.

### Patientin 3

Eine 85-jährige Frau stellte sich mit einer fehlgeschlagenen Brücke im Oberkiefer vor. Die Patientin erhielt zunächst eine provisorische Vollprothese für den Oberkiefer. Nach drei Monaten Heilung im Anschluss an die Extraktionen erfolgten die Untersuchungen für eine sofort belastete provisorische Prothese mithilfe eines präzisionsbasierten CT-gesteuerten Eingriffs.

Mithilfe der Prothese der Patientin wurden die Ästhetik, die Phonetik, die Stabilität der Okklusion, die vertikale Dimension und der Sitz der Prothesenbasis überprüft. Dann wurde die Prothese für die Anfertigung einer Scan-Prothese der dritten Generation (Tardieu) dupliziert (Abb. 3a)<sup>5</sup>.



**Abb. 3a** Einartikulierte Scan-Prothese mit unterschiedlichen Barium-Dichtegradienten in situ mit dem Bisswall (rosa).



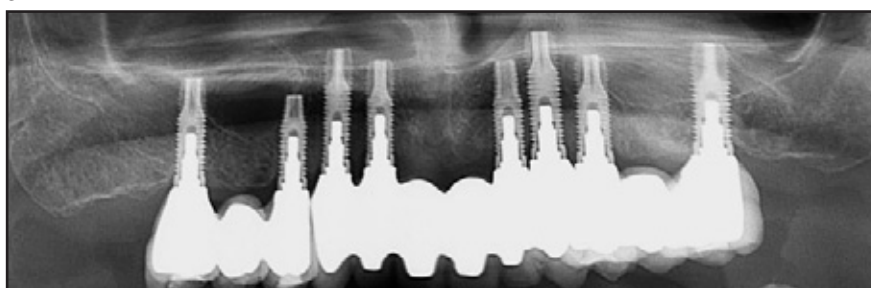
**Abb. 3b** Die vollständig gesteuerte lappenlose Osteotomie und die Implantatinsertion wurden mit der schleimhautgestützten Navigator SurgiGuide durchgeführt.



**Abb. 3c** Nach der vollständig gesteuerten lappenlosen Implantatinsertion wurde die Navigator SurgiGuide herausgenommen.



**Abb. 3d und 3e** (links) Die definitive Versorgung und (rechts) das abschließende Röntgenbild von Patientin 3.



Die Scan-Prothese wurde während des Bildgebungsprozesses mit einer radioluzenten Bissplatte stabilisiert. Die computerisierte Behandlungsplanung erfolgte mit SimPlant, um die präzisen Angulationen und Positionen für acht Implantate im Oberkiefer festzulegen. Es wurden vier Stabilisierungsschrauben eingepflanzt, mit denen die chirurgische Schablone während der Implantatinsertion fixiert wurde.

Dann wurde mithilfe einer schleimhautgestützten Navigator Surgi Guide ein Arbeitsmodell für die Anfertigung der provisorischen Oberkieferrestauration geschaffen. Dafür wurden in die Schablone Implantatanalogue inseriert, die mithilfe des Navigator-Prothetikkits an speziellen, im Labor angefertigten

Manschetten befestigt worden waren. Um die Analoge wurde eine Weichgewebemaske appliziert. Auf den übrigen Bereich wurde ein Silikon-Schmiermittel gegeben, ehe ein genaues Gipsmodell gegossen wurde, das als Arbeitsmodell diente. Das Arbeitsmodell wurde zusammen mit dem Unterkiefermodell einartikuliert. Dabei wurde die Röntgenschiene im Arbeitsmodell mit dem entsprechenden Bisswall inseriert. Der Bisswall wurde anschließend für die Bissregistrierung in die chirurgische Schablone übertragen. Der Sitz des Bisswalls und der Schablone wurde vor dem Eingriff klinisch geprüft.

Der Eingriff erfolgte unter örtlicher Betäubung. Zu Beginn wurde die chirurgische Schablone mit dem

Bisswall im Oberkiefer angebracht und mit vier Stabilisierungsschrauben fixiert. Die Implantatlager wurden dann mit der Navigator Surgi Guide nach dem individuellen Protokoll für die Patientin präpariert (Abb. 3b und 3c). Im Anschluss an die Implantatinsertion wurden acht individuell angefertigte Abutments mit der Ratsche befestigt und von Hand angezogen. Der Sitz und die Okklusion der Restauration wurden geprüft. Sie stimmten genau mit der Planung überein. Dann wurde das Provisorium mit temporärem Zement adhäsiv befestigt. Sechs Monaten nach dem Eingriff begann die Behandlung für die definitive Metallkeramikversorgung (Abb. 3d und 3e).



## Diskussion

Die CT-gesteuerte Implantatchirurgie wird immer häufiger angewandt. In diesem Artikel wird gezeigt, wie vielseitig die CT-gesteuerte Technologie ist, insbesondere das Navigator SurgiGuide-System. Es kann die Insertion von Dentalimplantaten mit Innensechskant und, bei entsprechender Indikation, einer Sofortversorgung erleichtern.

Es wurde von mehreren Autoren gezeigt, dass stereolithografisch erzeugte CT-Bohrschablonen eine bessere Präzision und Genauigkeit des chirurgischen Vorgehens ermöglichen als die herkömmliche nicht gesteuerte Vorgehensweise bei der Präparation des Osteotomiebereichs<sup>10-15</sup>. Aus den meisten Artikeln ging hervor, dass beim Eintrittspunkt der Implantatpositionierung (axiale Ebene) Abweichungen von 1 mm und Winkelabweichungen von etwa 5 Grad auftreten. Mit der vollständig gesteuerten Vorgehensweise können beim Eintrittspunkt und den Winkeln diese Abweichungen noch weiter minimiert werden. Sie entstehen, weil bei der Verwendung von mehr als einer Schablone oder bei der manuellen Insertion der Implantate Fehler gemacht werden. Beim Vergleich der beiden Methoden müssen auch Fehler wie ein Verschieben der Schablone und der Einfluss der Knochendichte berücksichtigt werden.

Die vollständig gesteuerte präzise CT-basierte Chirurgie ist kein Wundermittel für eine optimale Implantatpositionierung. Die Möglichkeit, das gewünschte Behandlungsergebnis zu erreichen, hängt von mehreren Schlüsselfaktoren ab. Dazu gehören unter anderem: (1) die Qualität der CT-Bildgebung, einschließlich der Panorama-, Querschnitt- und axialen 2D-Ansichten;

(2) die Zuverlässigkeit der 3D-Rekonstruktion, die mithilfe der Computersoftware vom Röntgenassistenten generiert wird; (3) die Qualität der Rapid-Prototyping-Modelle; (4) die Ermittlung der genauen Position des dünnen kristallinen Knochens, was häufig durch andere röntgendichte Strukturen erschwert ist (z. B. Zähne, Scan-Prothesen); (5) die regionalen anatomischen Eigenschaften; (6) die dimensionale Stabilität des Gipsmodells, das für zahngestützte Fälle optisch dargestellt wird; (7) die akkurate Insertion und Stabilität der Scan-Prothese bei der Bildgebung; (8) der Umfang des Röntgenartefakts; (9) das Verschieben und der Sitz der Schablone während des Eingriffs und (10) das Wissen und die Erfahrung des zahnärztlichen Behandlers bei der CT-Analyse und -Auswertung.

Die Anwendung der vollständig gesteuerten präzisen CT-basierten Chirurgie bietet die Möglichkeit der minimalinvasiven Implantatchirurgie und offensichtliche klinische Vorteile wie geringere Schmerzen und Schwellungen als bei Techniken mit offenem Lappen<sup>16</sup>. Allerdings ist die vollständig gesteuerte Vorgehensweise in allen Phasen der Behandlung auch mit dem höchsten Risiko verbunden und erfordert die ständige Aufmerksamkeit auch für kleinste Details. Mit Rapid-Prototyping-Modellen und computer-gesteuerten Eingriffen werden in der Dentalimplantologie präzise chirurgische Ergebnisse ermöglicht. Die Anfertigung der Restauration vor dem Eingriff wird erleichtert und die Eingliederung eines Provisoriums am Tag des Eingriffs ermöglicht.

Bei dieser fortschrittlichen Technologie müssen alle, die an der Versorgung des Patienten beteiligt sind, gut zusammenarbeiten. Jeder Zahnarzt muss natürlich in einer aktuellen Situation entscheiden,

welche diagnostische Herangehensweise die beste ist. Diese Technologie kann auf jeden Fall die Versorgung der Patienten entscheidend verbessern und die Wahrscheinlichkeit unerwünschter Ergebnisse reduzieren.

## Danksagung

Die Autoren danken Materialise Dental and Biomet 3i für die Unterstützung bei dieser Fallserie durch die Bereitstellung der Schablonen, der chirurgischen Instrumente und der Implantatkomponenten.

## Literatur

1. Garg AK. Implant surgical templates in implant dentistry: NobelGuide. *Dent Implantol Update* 2007;18:25–28.
2. Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Guided implant placement and immediate prosthesis delivery using traditional Brånemark System abutments: A pilot study of 23 patients. *Implant Dent* 2008;17:128–135.
3. Ganz SD. Use of stereolithographic models as diagnostic and restorative aids for predictable immediate loading of implants. *Pract Proced Aesthet Dent* 2003;15:763–771.
4. Tardieu P, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: Treatment of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:599–604.
5. Mandelaris GA, Rosenfeld AL. The expanding influence of computed tomography and the application of computer guided implantology. *Prac Proced Aesthet Dent* 2008;20:297–305.
6. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 1: Diagnostics, imaging, and collaborative accountability. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:215–221.
7. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 2: Rapid prototype medical modeling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:347–353.
8. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 3: Stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:493–499.
9. Tardieu P, Vrielinck L. Implantologie assistée par ordinateur: Le programme SimPlantSurgiCase et le SAFE System. Cas clinique: Mise en charge immédiate d'un bridge mandibulaire avec des implants transmuqueux. *Implant* 2003;19:15–28.
10. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:571–577.
11. Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:287–295.
12. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: A pilot study. *J Clin Periodontol* 2007;34:816–821.
13. Van Steenberghe D, Malevez C, van Cleyenbreugel J, et al. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:131–136.
14. Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multislice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:446–454.
15. Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: Preliminary results. *J Periodontol* 2005;76:503–507.
16. Oh TJ, Shotwell J, Billy E, Byun HY, Wang HL. Flapless implant surgery in the esthetic region: Advantages and precautions. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:27–33.