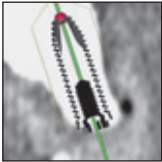


Ein Protokoll für die sofortige Eingliederung einer vorgefertigten verschraubten provisorischen Restauration mithilfe der Computertomografie und der computergeführten Chirurgie nach einer geplanten Alveolarplastik



Stephen F. Balshi, MBE* / Glenn J. Wolfinger, DMD, FACP**
Thomas J. Balshi, DDS, FACP***

Die CAD/CAM-Technologie verändert die Art, wie die Behandler ihre Behandlungskonzepte erstellen und die Therapie mit Dentalimplantaten umsetzen. Die moderne Technologie ist beeindruckend und klinisch erfolgreich. Es gibt jedoch auch Einschränkungen, aufgrund derer nicht alle Patienten sofort von dieser computergeführten Modalität profitieren können. In diesem Artikel wird ein einzigartiges prothetisch ausgerichtetes Protokoll beschrieben, das die Eingliederung einer vorgefertigten verschraubten Vollkunststoffrestauration direkt nach einer Alveolarplastik und Sofortinsertion von Dentalimplantaten ermöglicht. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2011;31:49-55.)

Für ein spezielles Protokoll, das als „Teeth in an Hour“ (TIAH – Zähne innerhalb einer Stunde) bezeichnet wird, ist eine duale CT-Scan-Technik erforderlich¹⁻⁶. Die Präzision der computergeführten Implantatprothetik entspricht genau der guten Passung der herausnehmbaren Versorgung des Patienten zum Zeitpunkt des CT-Scans. Die stereolithografisch konstruierte chirurgische Schablone wird anhand einer 3D-Rekonstruktion der herausnehmbaren Versorgung generiert, die bei diesem dualen CT-Scan verwendet wird. Die Präzision der Implantatinsertion mit diesem Protokoll kann auf bis zu 0,1 mm genau sein. Dadurch wird es möglich, sofort anschließend eine vorgefertigte verschraubte Restauration einzugliedern⁷.

Das TIAH-Protokoll ist so abhängig von den Eigenschaften der herausnehmbaren Versorgung (z. B. Geometrie, Sitz, Zahnposition und -anordnung), dass die Anzahl der Kandidaten für dieses Verfahren eingeschränkt ist. Bei vielen Patienten ist vor der prothetischen Versorgung ein Eingriff

* Direktor Biomedical Engineering and Research, PI Dental Center, Institute for Facial Esthetics, Fort Washington, Pennsylvania, USA; Präsident, CM Prosthetics, Inc, Fort Washington, Pennsylvania, USA.

** Zahnprothetiker, PI Dental Center, Institute for Facial Esthetics, Fort Washington, Pennsylvania, USA.

*** Gründer und Zahnprothetiker, PI Dental Center, Institute for Facial Esthetics, Fort Washington, Pennsylvania, USA.

Korrespondenz an: Stephen F. Balshi, PI Dental Center, Institute for Facial Esthetics, 467 Pennsylvania Ave, Suite 201, Fort Washington, PA 19034, USA; Fax: +1 215 643-1149; E-Mail: balshi2@aol.com



Abb. 1 (a) Klinische Ansicht und (b) laterales kephalometrisches Röntgenbild, auf denen der Spitzkammkiefer zu erkennen ist.



wie z. B. eine Extraktion, eine Augmentation, eine Alveolarplastik oder eine Weichgewebemodifizierung erforderlich, damit sie für die TIAH in Frage kommen. Auch Einschränkungen der Hardware können eine Insertion der Implantate in der gewünschten klinischen Tiefe verhindern.

In diesem klinisch-technischen Bericht wird ein modifiziertes TIAH-Protokoll beschrieben, mit dem die Alveolarplastik im Voraus geplant werden kann. Somit können Implantate in jeder gewünschten Tiefe inseriert werden. Diese Technik ist nicht lappenlos, aber es kann trotzdem vor dem Eingriff im Labor ein verschraubtes Vollkunststoffprovisorium angefertigt werden. Außerdem können beide chirurgischen Eingriffe gleichzeitig erfolgen.

Material und Methode

Patientin

Das Vorgehen wird am Beispiel einer 65-jährigen weißen Patientin vorgestellt. Sie hatte im Oberkiefer eine fehlgeschlagene, von acht Zähnen getragene Keramikverblendversorgung mit beeinträchtigter Funktion und Ästhetik. Die größten Beschwerden verursachte ihr allerdings die drei Jahre alte schlecht sitzende herausnehmbare Totalprothese im Unterkiefer. Die klinische Untersuchung zeigte, dass die Patientin einen Spitzkammkiefer hatte, der in den obersten 10 bis 14 mm kaum noch Volumen aufwies (Abb. 1a). Dieses Erscheinungsbild wurde durch eine laterale kephalometrische Röntgenaufnahme (Abb. 1b) bestätigt und mit 3D-Aufnahmen mit der Planungssoftware Procera (Nobel Biocare) näher untersucht.

Das Behandlungskonzept sah eine Alveolarplastik des Unterkiefers vor. Vor dem Foramen mentale sollten sechs Implantate inseriert werden. Direkt anschließend sollte eine vorgefertigte verschraubte Vollkunststoffrestauration eingegliedert werden.

Problem

Im derzeitigen TIAH-Protokoll (NobelGuide powered by Procera, Nobel Biocare) gibt es eine Einschränkung in der Hardware: Es ist dem Behandler nicht möglich, die Schulter eines Implantats tiefer als 6,5 mm unterhalb der Intaglio-Oberfläche der herausnehmbaren Versorgung zu inserieren. In die chirurgische Schablone werden Edelstahlhülsen (3,5 mm hoch) eingebettet, die auf die virtuelle Position des Implantats im Verhältnis zu der herausnehmbaren Restauration ausgerichtet sind. Diese Hülsen dienen zur Führung der Instrumente, mit denen die Osteotomie erfolgt, damit das Implantat inseriert werden kann. Der okklusale Bereich dieser Hülsen ist immer 10 mm von der Implantatschulter entfernt. Diese Dimension, die in Abbildung 2 virtuell dargestellt ist, kann nicht verändert werden, weil die Spiral- und Gewindebohrer sowie die Einbringpfosten für die Implantate entsprechend den Dimensionen der chirurgischen Schablone alle 10 mm länger sind, damit das Implantat korrekt in der gewünschten, vor-

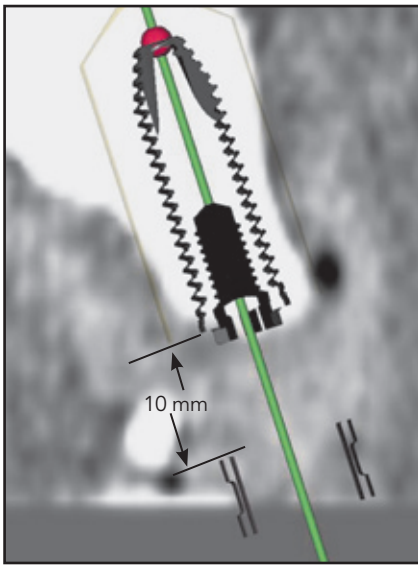


Abb. 2 Beziehung der Edelstahlhülse der chirurgischen Schablone zu dem Implantat in einer Querschnittsansicht des Procera-Planungsprogramms.

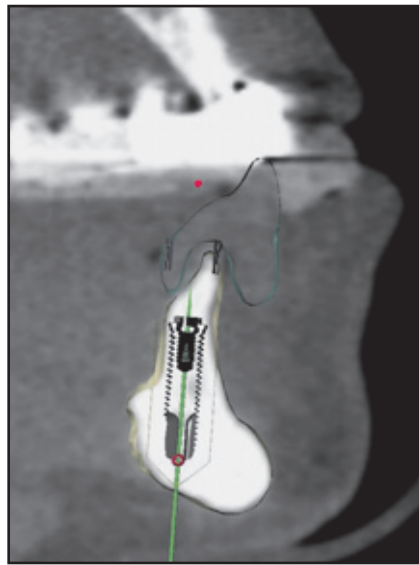


Abb. 3 Querschnittsansicht der virtuellen Implantatposition im Frontbereich des Unterkiefers mit der Implantatschulter in der geplanten Position. Die Schablonehülse, die an den krestalen Knochen stößt, ist zu erkennen.

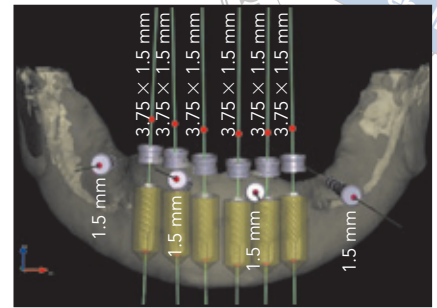


Abb. 4 Frontalansicht der definitiven virtuellen Implantatinsertion, die für die Herstellung der ersten chirurgischen Schablone verwendet wurde. Fünf der sechs Hülsen der Schablone stoßen an den Knochen. Vier Verankerungspins wurden positioniert, alle subossal zu den Hülsen der Implantatschablone.

her festgelegten Position inseriert werden kann. Abbildung 3 zeigt, dass die Schablone bei der vorgesehenen Position des Implantats nicht so positioniert werden könnte wie die herausnehmbare Versorgung, weil die Schablonehülse nicht zu der Hart- und Weichgewebeanatomie der Patientin passt. Wenn die Hülse die Weichgewebeanatomie aber schon virtuell beeinträchtigt, kann die Schablone natürlich nicht in die korrekte Position gebracht werden. Daher kann das Implantat nicht genauso positioniert werden, wie es vorher geplant war.

Nachdem alle sechs Implantate in der Planungssoftware in akzeptablen Positionen inseriert worden waren, stellte sich heraus,

dass fünf der sechs Implantate in der Realität mit dem herkömmlichen TIAH-Protokoll nicht akkurat inseriert werden konnten (Abb. 4). Damit war es aber auch nicht möglich, direkt anschließend an den Eingriff ein vorgefertigtes verschraubtes Provisorium einzugliedern.

Präoperative Vorbereitung

In der virtuellen Planung ist es durchaus möglich, Implantate subossal zu inserieren (Abb. 3 und 4). Ein virtueller Plan wird nur dann vom Hersteller abgelehnt, wenn die Hülsen der chirurgischen Schablone miteinander kollidieren, weil die Schablone dann nicht angefertigt werden kann.

Der erste und wichtigste Schritt bei diesem modifizierten Protokoll besteht darin, am Computer einen virtuellen Eingriff durchzuführen, der alle medizinischen und klinischen Aspekte der Implantatinsertion erfüllt. Anschließend werden mindestens drei Verankerungspins so positioniert, dass die Schablone während der Implantatinsertion bei einem unbezahnten Patienten stabilisiert ist (Abb. 4). Die Verankerungspins müssen weiter subossal positioniert sein als die Intaglio-Position der Schablonehülsen, sonst kann in den späteren Phasen des Eingriffs die Stabilität der Schablone nicht gewahrt werden. Die Schablone sollte wie üblich über das Procera-Softwaresystem bestellt werden. Bei diesem Protokoll

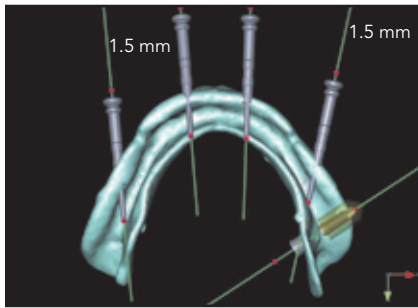


Abb. 5 Intaglio-Ansicht aus dem Procera-Planungsprogramm für die zweite chirurgische Schablone. Das Einzelimplantat wurde von der okklusalen Ebene entfernt positioniert und die Hülse für dieses Implantat stieß nicht an die Mukosa.



Abb. 6 (a) Okklusale Ansicht der ersten Schablone und (b) frontale Ansicht der zweiten Schablone. Bei beiden Schablonen wurde geprüft, ob um die Hülsen für die Implantate und Verankerungspins Grate des stereolithografischen Materials vorhanden waren.

ist kein stereolithografisches Duplikat der herausnehmbaren Versorgung des Patienten erforderlich.

Nachdem die Schablone bestellt worden war, wurde das virtuelle Planungsprogramm für dieselbe Patientin wieder geöffnet. Der Plan für die Bestellung der Schablone erschien wieder auf dem Bildschirm. Alle geplanten Implantate wurden gelöscht. Dabei wurde sorgfältig darauf geachtet, dass die Position der Verankerungspins nicht verändert wurde. Zum Schluss waren nur noch die Verankerungspins zu sehen. Nun sollte eine zweite chirurgische Schablone bestellt werden, die nur die Hülsen für die Verankerungspins enthielt, und zwar in derselben Position wie in der ersten Schablone. Der Hersteller jedoch produziert keine chirurgischen Schablonen, wenn im virtuellen Plan nicht mindestens ein Implantat enthalten ist. Deshalb wurde ein beliebiges Einzelimplantat in einiger Entfernung

vom Eingriffsbereich mitbestellt. So wurde sichergestellt, dass die Hülse für dieses Implantat nicht die Weichgewebeanatomie der Patientin beeinträchtigte (Abb. 5).

Idealerweise wird das Implantat virtuell von der Okklusalebene entfernt platziert, damit die zweite Schablone auch als stereolithografisches Duplikat der herausnehmbaren Restauration des Patienten fungieren kann. Dies ist aus Laborsicht für die erfolgreiche Anfertigung der verschraubten Versorgung entscheidend. Die zweite chirurgische Schablone wurde unabhängig von der ersten bestellt.

Nach der Lieferung beider Schablonen (Abb. 6a und b), wurden sie zusammen mit dem Gegenmodell und der Bissnahme, die zum Zeitpunkt des CT-Scans gefertigt worden war, ans Labor geschickt. Das Meistermodell auf Implantatebene wurde anhand der ersten Schablone rekonstruiert, wie bereits früher in

der Literatur beschrieben⁶. Es ist wichtig, den Gingivarand im Bereich der geplanten Alveolarplastik ausreichend dick zu planen, wenn das Meistermodell gegossen wird, damit die Restauration sich nach dem Eingriff enger an das Gingivaniveau anschmiegt. Das überschüssige Gingivamaterial (Gingifast Rigid, Zhermack) wurde vom Meistermodell entfernt, sodass über der Schulter der Implantatnachbildungen etwa 1,5 mm Weichgewebematerial stehen blieben (Abb. 7). Der Gips des Meistermodells wurde nicht modifiziert. Deshalb passten beide chirurgischen Schablonen präzise auf den Restaurationsrand.

Anschließend wurde die zweite Schablone mit den Verankerungspins am Meistermodell befestigt. Anhand der Bissnahme, die zum Zeitpunkt des CT-Scans gefertigt worden war, wurde das Meistermodell gegenüber dem Gegenstück einartikuliert.



Abb. 7 (links) *Modifiziertes Weichgewebemodell auf dem Meistermodell auf Implantatniveau. Das Weichgewebemodell wurde so modifiziert, dass ein transmukosales Abutment mit einem Hals von 1 mm inseriert werden konnte.*



Abb. 8 (rechts) *Frontalansicht der laborgefertigten verschraubten Kunststoffrestauration, die als Gegenstück zu den oberen Zähnen einartikuliert worden war.*



Abb. 9 (links) *Insertion des Polyvinylsiloxanschlüssels zwischen der zweiten Schablone und den vorhandenen oberen Zähnen. Diese Bissregistrierung erfolgte im Labor vor der Anfertigung der verschraubten Restauration.*

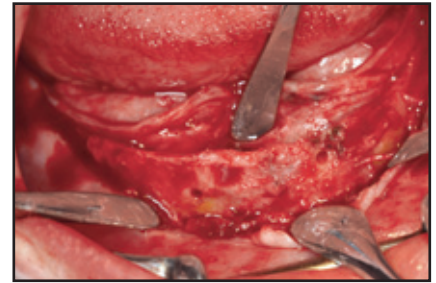


Abb. 10 (rechts) *Gelöste Gewebelappen, die den Spitzkammkiefer und die Osteotomien für die vier Verankerungspins freilegten.*

Bei dieser Patientin wurde für den Oberkiefer eine Sofortversorgung (Totalrestauration) angefertigt, die nach der Unterkieferbehandlung eingegliedert werden sollte. Deshalb konstruierten die Zahntechniker das verschraubte Provisorium als Gegenstück zu einer idealen oberen okklusalen Ebene, wie sie in der Sofortversorgung entwickelt worden war. In dem Meistermodell auf Implantatebene wurden transmukosale Abutments (Estheticone, Nobel Biocare) mit einem Hals von 1 mm Höhe angebracht, um die Plattform der Restauration auf Gingivaniveau oder direkt darunter zu platzieren. Die verschraubte Kunststoffrestauration wurde entsprechend der Zahnposition gefertigt, die durch die zweite Schablone vorgegeben war (Abb. 8). Zwischen den aktuellen oberen Zähnen (d. h. denen, die während der Unterkieferbehandlung

vorhanden sein werden) und der ersten und der zweiten Schablone wurde ein Polyvinylsiloxanschlüssel (Regisil 2x, Dentsply) angefertigt. Um die Genauigkeit des Kunststoffprovisoriums, das direkt nach dem Eingriff eingegliedert werden sollte, zu wahren, wurde die Restauration sicher am Meistermodell befestigt. Die Abutments, die in das Meistermodell inseriert worden waren, um das Provisorium anzufertigen, wurden entfernt und sterilisiert, damit sie im Anschluss an die Implantatinsertion verwendet werden konnten.

Chirurgisches Vorgehen

Nach der örtlichen Betäubung wurden die zweite chirurgische Schablone und der Polyvinylsiloxanschlüssel gegen die oberen Zähne in den Mund der Pati-

entin inseriert (Abb. 9). Nach der Osteotomie für alle Verankerungspins wurden die Pins entfernt. Auch die zweite Schablone wurde entfernt, da sie für den weiteren Eingriff nicht benötigt wurde. Es erfolgte eine krestale Inzision mit Lösung eines Lappens voller Dicke, sodass der Knochen und die Osteotomien für die Verankerungspins freigelegt waren (Abb. 10) Die Alveolarplastik wurde rasch mit einem Double Action Rongeur (Salvin Dental) vorgenommen. Es wurde so viel Knochen entfernt, dass die erste chirurgische Schablone vollständig inseriert werden konnte. Eine solche Alveolarplastik sollte allerdings nicht bis zu den Osteotomien für die Verankerungspins reichen, um die erste Schablone nicht zu beeinträchtigen. Die computergenerierten Bilder der Procera-Software (Abb. 4) dienen

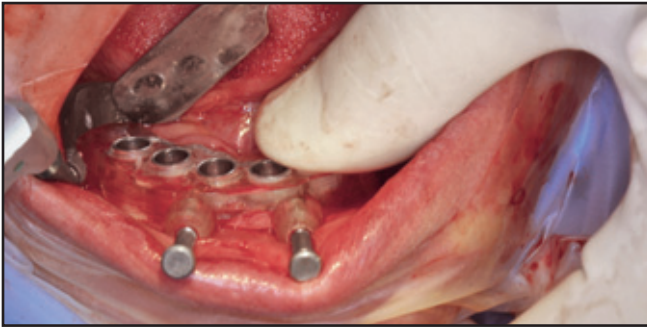


Abb. 11 (oben links) Insertion der ersten Schablone mit denselben vier Verankerungspins und einem Polyvinylsiloxanschlüssel.

Abb. 12 (oben rechts) Postoperative Panoramaröntgenaufnahme mit der eingegliederten verschraubten Kunststoffrestauration.

Abb. 13 (links) Klinische Ansicht des Unterkiefers 3 Monate nach dem Eingriff.

als visuelle Vorgabe dafür, wie umfangreich die Alveolarplastik ausfallen sollte. So ist die relative Position der Schablonenhülsen im Knochen deutlich vorgegeben.

Die erste Schablone wurde mit den Verankerungspins fixiert (Abb. 11). Anschließend wurde das Implantatlager nach dem TIAH-Standardprotokoll präpariert und die Implantate wurden inseriert. Mit einer weiteren Alveolarplastik wurde der Knochen bis zu den Implantatschultern reduziert. Die transmukosalen Abutments, die im Meistermodell verwendet worden waren, um die verschraubte Kunststoffrestauration anzufertigen, wurden auf die entsprechenden Implantate eingesetzt. Die überschüssige Mukosa wurde entfernt, und als die

Lappen verschlossen wurden, war das Gewebe noch etwa 2 mm dick.

Prothetisches Vorgehen

Zuletzt wurde die verschraubte Kunststoffrestauration eingliedert. Der Sitz wurde klinisch und röntgenologisch geprüft (Abb. 12). Abbildung 13 zeigte die klinischen Ergebnisse drei Monate nach dem Eingriff.

Diskussion

Das TIAH-Protokoll hat die Implantatprothetik verbessert, denn hierbei handelt es sich um ein prothetisch orientiertes System. Die Behandler haben bereits

bei der Insertion der Implantate die endgültige Zahnposition vor Augen und können sofort nach der Implantatinsertion die vorgefertigte Restauration eingliedern. Die ursprüngliche Technik wird erweitert, sodass bei der Implantatinsertion Osteotome verwendet⁸ oder die definitiven individuell gefertigten Abutments inseriert werden können⁹. In diesem Fall konnten zusätzlich zwei chirurgische Verfahren (Alveolarplastik und Implantatinsertion) zusammen in einem einstündigen Eingriff erfolgen. Diese Technik ist modifizierbar, sodass auch Patienten behandelt werden können, bei denen nach einer Zahnextraktion eine Sofortimplantation erfolgt. Anschließend kann sofort eine Restauration eingliedert werden.

Eine Alternative zur Alveolarplastik bei Patienten mit Spitzkammkiefer ist die Knochenaugmentation. Hierfür ist jedoch eine mehrmonatige Heilungsphase erforderlich, bevor Implantate inseriert werden können. Alle Augmentationen sind invasiv. Normalerweise muss hierfür Gewebe aus einem Spenderbereich entnommen werden, was mit Morbidität und chirurgischen Spätfolgen einhergehen kann. Es ist auch bekannt, dass Implantate, die in augmentierten Knochen inseriert werden, keine so gute Erfolgsrate haben wie Implantate, die in natürlichen Knochen inseriert werden¹⁰.

Bei jeder Lappenlösung ist zu erwarten, dass die Mukosa infolge des chirurgischen Traumas leicht anschwillt. Deshalb kann nach mehreren Monaten Heilung zwischen dem Mukosaniveau und der Intaglio-Oberfläche der verschraubten Restauration ein Spalt entstehen. Dieser Spalt kann bei der Gestaltung der definitiven Versorgung leicht ausgeglichen werden.

Eine sofortige Verbesserung dieses Protokolls würde darin bestehen, dass der bukkale Rand der herausnehmbaren Versorgung so stark erweitert wird, wie es klinisch möglich ist, sodass die Verankerungspins in den Unterkiefer inseriert werden können. Bei der hier vorgestellten Patientin war die Position der Verankerungspins für das zu erwartende Ergebnis akzeptabel, aber das chirurgische Vorgehen wäre effi-

zienter gewesen, wenn die Osteotomien für die Verankerungspins näher am vorgesehenen Niveau der Implantatschulter bzw. darunter gelegen hätten.

Schlussfolgerungen

Dieses modifizierte Protokoll für einen computergeführten Eingriff kommt zwar nicht mehr ohne Lösung eines Lappens aus, aber es ermöglicht die Durchführung von zwei chirurgischen Verfahren in einer Sitzung. Außerdem kann sofort die vorgefertigte verschraubte Kunststoffversorgung eingegliedert werden. Diese Technik erweitert das Behandlungsspektrum für die Patienten.

Danksagung

Die Autoren dieses Berichts danken den Mitarbeitern des PI Dental Center für den freundlichen und behutsamen Umgang mit der Patientin und den Zahn Technikern Rui Moniz, Aline Cruz und Dora Silva für die meisterhafte Ausführung der Laborarbeiten.

Literatur

1. Verstreken K, Van Cleynenbreugel J, Marchal G, van Steenberghe D, Suetens P. A double scanning procedure for visualisation of radiolucent objects in soft tissues: Application to oral implant surgery planning. Wells WM, Colchester A, Delp S (eds). MICCAI'98, LNCS 1496. Berlin: Springer-Verlag, 1998:985-995.

2. van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: A prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7(suppl 1):111-120.
3. van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate loading in the maxilla: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:663-670.
4. Rocci A, Martignoni M, Gottlow J. Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: A retrospective 3-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5(suppl 1):29-36.
5. Parel SM, Triplett RG. Interactive imaging for implant planning, placement, and prosthesis construction. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(suppl 2):41-47.
6. Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computed tomography, CAD/CAM technology, and the Internet for immediate loading of dental implants. *J Esthet Restor Dent* 2006;18:312-323.
7. 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.
8. Leziy SS, Miller BA. Guided implant surgery and the use of osteotomes for rehabilitation of the maxilla. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18:293-295.
9. Sherry JS, Sims LO, Balshi SF. A simple technique for immediate placement of definitive engaging custom abutments using computerized tomography and flapless guided surgery. *Quintessence Int* 2007;38:755-762.
10. Keller EE, Tolman DE, Eckert S. Surgical-prosthodontic reconstruction of advanced maxillary bone compromise with autogenous onlay block bone grafts and osseointegrated implants: A 12-year study of 32 consecutive patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:197-209.