

Digitaler Workflow: Teil II Chirurgie

Mit Einführung der dreidimensionalen Bildgebung und der Entwicklung von interaktiver Software hat sich auch in der dentalen Implantologie ein Paradigmenwechsel eingestellt. Mittels digitaler Planung der Implantatpositionen ist es möglich, gleichermaßen unter chirurgischen wie prothetischen Gesichtspunkten die optimale Implantatposition virtuell zu bestimmen, auf Bohrschablonen zu übertragen und am Patienten umzusetzen. Gleichzeitig ermöglicht die computergestützte Implantatchirurgie ein minimalinvasives Vorgehen ohne Bildung eines Mukoperiostlappens. Wie bei der virtuellen Diagnostik in der digitalen Implantologie ist es wichtig, Begrifflichkeiten zur Qualität eines Verfahrens im Vorfeld zu bestimmen und voneinander abzugrenzen (siehe Vorwort pip k&s 5/2017). Die Begriffe Genauigkeit (accuracy) und Präzision (precision) spielen bei der Beurteilung der Übertragungsqualität virtueller Planungsdaten auf die klinische Situation eine entscheidende Rolle. Die Genauigkeit beschreibt die Abweichung des klinischen Resultats vom virtuellen Planungswert im Rahmen der geführten Implantatinsertion (positional accuracy). Die Präzision hingegen beschreibt die Reproduzierbarkeit eines Verfahrens. Sie ist neben der Richtigkeit ein Bestandteil der Genauigkeit und beschreibt die zufällige Abweichung (Streuung) von voneinander unabhängigen Ergebnissen/Ereignissen. Nach der DIN-Norm 55350-13 wird die Präzision eines Verfahrens in qualitativer Hinsicht dadurch definiert, wie gering unterschiedlich die maximalen Abweichungen der Ereignisse voneinander sind. Die vorliegende Literatursammlung besteht in erster Linie aus In vitro- und klinischen Humanstudien, welche hauptsächlich den Grad der Übereinstimmung und somit die Genauigkeit der Positionierung von Implantaten nach virtueller Planung und Insertion vergleichen und beschreiben. Als Outcome-Parameter werden hauptsächlich dreidimensionale Abweichungen der Implantatposition auf den x-, y- und z-Achsen beschrieben. Es handelt sich dabei konkret um Winkelabweichungen, Fehlpositionierungen im Bereich des Implantathalses/der Implantatspitze in mesio-distaler und buko-lingualer Richtung, sowie um Abweichungen in der Vertikalen (Insertionstiefe des Implantats), die auch bei Verwendung von Bohrschablonen nicht gänzlich verhindert werden können. So kommt es trotz schablonengeführter Präparation infolge von Passungenauigkeiten zwischen Bohrschaft und Wand des Bohrlochs zu klinisch relevanten Toleranzen der Implantatposition [Cassetta, et al., 2014, Lee, et al., 2016, Schneider, et al., 2015]. Einige Autoren sehen daher den größten Vorteil der geführten Implantation im Vergleich zur Freihandmethode in der bereits erwähnten Minimalinvasivität des Verfahrens ohne Bildung eines Mukoperiostlappens [D'haese, et al., 2017, Hultin, et al., 2012, Laleman, et al., 2016]. Zudem scheint das lappenlose Verfahren zu geringeren postoperativen Beschwerden und zu einer hohen Akzeptanz bei den behandelten Patienten zu führen [di Torresanto, et al., 2014, Meloni, et al., 2015, Pozzi, et al., 2014, Vercruyssen, et al., 2014a]. Grundsätzlich kann die geführte Implantatinsertion in statische (teilnavigierte) und dynamische (vollnavigierte) Verfahren unterschieden werden [D'haese, et al., 2017]. Die statisch geführte Implantation führt laut Erkenntnissen zweier systematischer Reviews zu ähnlichen klinischen Ergebnissen wie die konventionelle freihändige Implantation ohne Einsatz einer Bohrschablone [Hultin, et al., 2012, Laleman, et al., 2016]. Allerdings werden bei der schablonengeführten

Implantatinsertion grundsätzlich genauere Ergebnisse als bei der Freihandmethode erzielt [Geng, et al., 2015, Van Assche, et al., 2012, Vermeulen, 2017]. Dabei wird die vollnavigierte Insertion als genauer eingeschätzt im Vergleich zur Freihandmethode [Block, et al., 2017] und zu konventionellen schablonengeführten Verfahren [Vercruyssen, et al., 2015, Vercruyssen, et al., 2014b]. Autoren einer aktuellen Metaanalyse und eines systematischen Reviews kommen ebenfalls zum Schluss, dass bei vollnavigierter Implantation geringere mittlere Abweichungen am Hals und Apex des Implantats sowie geringere mittlere Winkelabweichungen zu erwarten sind als bei Teilnavigation [Bover-Ramos, et al., 2017, Zhou, et al., 2017]. Trotz Einsatz einer teil- oder vollnavigierten Implantatinsertion kann es in bestimmten klinischen Situationen notwendig werden, einen Mukoperiostlappen zu bilden. Neben der reinen Lagerung auf Schleimhaut ist im zahnlosen Kiefer auch eine Knochenlagerung der Schablone möglich. Weitere klinische Situationen sind die rein zahngestützte sowie die kombiniert-zahn- und schleimhautgelagerte Positionierung der Schablonen. Fraglich ist dabei, wie die Art der Schablonenabstützung die Genauigkeit der Implantatplatzierung beeinflussen kann. Zahngestützte Bohrschablonen scheinen am Patienten reproduzierbarer positioniert werden zu können und zu genaueren Ergebnissen zu führen als schleimhaut- oder knochengelagerte Schablonen [Pozzi, et al., 2016]. Ergebnisse einer multizentrischen klinischen Studie zeigten hingegen, dass die Implantatplatzierung mittels schleimhaut- und knochengelagerten Schablonen genauer erfolgen kann als mittels reiner Zahn- bzw. kombinierter Zahn-/Schleimhautlagerung [Testori, et al., 2014]. Allerdings waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Mittels Bohrschablonen, die nach Matching von DVT-Daten und intraoralen Scandaten hergestellt wurden, konnten im Vergleich zu konventionellen Schablonen im Unterkiefer verstorbener Humanspender genauere Implantatpositionen erzielt werden [Kernen, et al., 2016]. Auch in einem RCT konnten bei CAD/CAM-gefertigten Bohrschablonen exaktere Ergebnisse bei der Implantatplatzierung beobachtet werden als bei konventionellen Schablonen [Farley, et al., 2013]. Dabei scheint die Platzierungsgenauigkeit trotz Verwendung einer Bohrschablone signifikant reduziert zu sein, wenn längere Implantate eingesetzt werden [Naziri, et al., 2016, Sun, et al., 2015]. Ob die Lokalisation der Implantate (Ober- bzw. Unterkiefer) eine Fehlerquelle für die Übertragungsgenauigkeit infolge einer Fehlpositionierung der Bohrschablone darstellt, ist unklar. In einigen Untersuchungen konnte kein Einfluss der Lokalisation auf die Genauigkeit der schablonengeführten Insertion festgestellt werden [Cassetta, et al., 2015, Naziri, et al., 2016]. Kadaverstudien und klinische Studien ergaben hingegen, dass die Abweichungen der Implantatposition im Oberkiefer geringer ausfallen als im Unterkiefer [Gillot, et al., 2014, Sun, et al., 2015]. In anderen Untersuchungen hingegen waren die Abweichungen im Unterkiefer signifikant niedriger als im Oberkiefer [Cristache und Gurbanescu, 2017, Zhou, et al., 2017]. Der Einsatz von Bohrschablonen kann die mangelnde Erfahrung des Operators ausgleichen [Cassetta und Bellardini, 2017, Rungcharassaeng, et al., 2015, Van de Wiele, et al., 2015] und erfahrenen Operateuren zu mehr Sicherheit und Genauigkeit bei der Implantatpositionierung verhelfen [Vermeulen, 2017].



Narrative Reviews

D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A.
Current state of the art of computer-guided implant surgery.
 Periodontol 2000. 2017 Feb;73(1):121-133.

(»Der aktuelle Stand der computergestützten Implantologie.«)

Die virtuelle Planung der Implantatposition ermöglicht die Umsetzung einer in prothetischer Hinsicht sinnvollen Implantatplatzierung und führt auf diese Weise zu einer verbesserten Ästhetik, einer besseren Gestaltung des prothetischen Ersatzes sowie einer verbesserten Okklusion. Zusätzlich kann dadurch die Bildung eines Mukoperiostlappens vermieden werden, da Implantate transgingival im Sinne einer minimalinvasiven chirurgischen Vorgehensweise vorhersehbar eingesetzt werden können. In der Literatur werden mit der statischen und der dynamischen Implantation zwei unterschiedliche Verfahren beschrieben. Statische Verfahren repräsentieren die klassische computergestützte Implantatchirurgie, in welcher die virtuell geplante Implantatposition auf Bohrschablonen übertragen wird. Die dynamische Implantatchirurgie – auch als navigierte Implantatchirurgie bezeichnet – reproduziert die virtuelle Implantatposition direkt am Monitor und ermöglicht dem Behandler die Implantatpositionierung während des laufenden Eingriffs kontinuierlich zu überprüfen. Der vorliegende narrative Review fasst die verschiedenen Konzepte im Bereich der virtuellen Implantatplanung zusammen und stellt Vor- und Nachteile sowie die Grenzen der verschiedenen Verfahren dar.



In vitro-Studien

Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD.
Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement-Model-Based Evaluation.

J Oral Implantol. 2016 Oct;42(5):399-405.

(»Eine Modellanalyse zur Genauigkeit der dynamischen Navigation bei Implantation.«)

Nach 3D-Planung der Implantatpositionen wurden mittels eines dynamischen Navigationssystems durch einen mit diesem System vertrauten Operateur in zahnlose und teilbezahnte Modelle Implantate eingesetzt. Die Planungswerte wurden mit den gemessenen postoperativen Positionswerten verglichen. Zusätzlich erfolgte der Vergleich mit Werten aus Studien zur statischen/dynamischen Implantation sowie Freihandimplantation. Die Abweichungen betragen im teilbezahnten Kiefer 0,89 mm und im unbezahnten Kiefer 1,26 mm. Die dreidimensionale Positionierungsgenauigkeit betrug im bezahnten Kiefer 0,38 mm und im unbezahnten Kiefer 0,56 mm.

Gillot L, Cannas B, Friberg B, Vrielinck L, Rohner D, Pettersson A.
Accuracy of virtually planned and conventionally placed implants in edentulous cadaver maxillae and mandibles: a preliminary report.

J Prosthet Dent. 2014 Oct;112(4):798-804.

(»Eine Kadaverstudie im Ober- und Unterkiefer zur Genauigkeit virtuell geplanter und konventionell eingesetzter Implantate. Ein Vorbericht.«)

Ziel der Studie war die Ermittlung des Grades der Übereinstimmung der virtuell geplanten und der tatsächlichen Implantatpositionen im menschlichen Kadaverkiefer. Die Planungen und Insertionen von insgesamt 60 Implantaten erfolgten durch fünf Operateure mit unterschiedlichem chirurgischen Erfahrungsgrad. Die mittlere Abweichung der Position betrug am Apex/Hals der Implantate 2,33 mm/1,88 mm und in der Insertionstiefe 0,03 mm. Die mittlere Abweichung des Implantatwinkels betrug 7,34 Grad. Die Abweichungen am Implantathals und Implantatapex sowie die Winkelabweichung unterschieden sich signifikant von der geplanten Implantatposition. Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom jeweiligen Operateur wurden bei den Parametern Implantattiefe und krestale Implantatposition ermittelt. Im Oberkiefer war eine statistisch signifikant genauere Positionierung der Implantate im krestalen und apikalen Bereich zu beobachten als im Unterkiefer.

Harris BT, Montero D, Grant GT, Morton D, Llop DR, Lin WS.
Creation of a 3-dimensional virtual dental patient for computer-guided surgery and CAD-CAM interim complete removable and fixed dental prostheses: A clinical report.

J Prosthet Dent. 2017 Feb;117(2):197-204.

(»Ein klinischer Bericht zur Entwicklung eines dreidimensionalen virtuellen Patienten für die computergeführte Implantatinsertion und die CAD/CAM-gestützte Herstellung herausnehmbaren totalen prothetischen Interimsersatzes.«)

Im vorliegenden klinischen Bericht wird ein Verfahren vorgestellt, das auf einer Kombination von zweidimensionalen Röntgenbildern, dreidimensionalen DVT-Aufnahmen und einem dreidimensionalen Extraoralscan des Gesichts basiert. Anhand des 3D-Patienten kann im Vorfeld die Planung der Implantatposition erfolgen und der ästhetische Outcome simuliert werden. Zusätzlich eignet sich das Verfahren zur Beratung und Aufklärung des Patienten.

Kernen F, Benic GI, Payer M, Schär A, Müller-Gerbl M, Filippi A, Kühl S.

Accuracy of Three-Dimensional Printed Templates for Guided Implant Placement Based on Matching a Surface Scan with CBCT.

Clin Implant Dent Relat Res. 2016 Aug;18(4):762-8.

(»Übertragungsgenauigkeit der Implantatpositionen mit einer dreidimensional gedruckten Schablone nach Matching von Daten eines Oberflächenscans und DVT-Daten.«)

In der In vitro-Studie wurden acht Unterkieferpräparate verstorbener Humanspender mit Implantaten versorgt. Die Implantate wurden entweder mit einer konventionellen (L-temp) oder einer digital hergestellten Bohrschablone (D-temp) eingesetzt. Die digitale Bohrschablone wurde anhand der Kombination von Oberflächenscans der Kiefer und der dazugehörigen DVT-Daten hergestellt. Für beide Systeme erfolgte die Planung der Implantatpositionen mit der gleichen Software. Die mittleren Abweichungen betragen für L-temp/D-temp am Implantathals in mesio-distaler Richtung 0,31 mm/0,16 mm und in bucco-lingualer Richtung 0,32 mm/0,23 mm. Am Apex betragen die Abweichungen für L-temp/D-temp in mesio-distaler Richtung 0,50 mm/0,25 mm und in bucco-lingualer Richtung

0,50 mm/0,34 mm). Mittels einer digital hergestellten Bohrschablone erfolgt die Implantatinsertion mit signifikant geringeren Abweichungen als bei Verwendung konventioneller Bohrschablonen.

Kühl S, Payer M, Zitzmann NU, Lambrecht JT, Filippi A.

Technical accuracy of printed surgical templates for guided implant surgery with the coDiagnostiX softwares.

Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Jan;17 Suppl 1:e177-82.

(»Technische Genauigkeit gedruckter Bohrschablonen zur geführten Implantation mittels der coDiagnostix-Software.«)

Die virtuellen Planungsdaten und dreidimensional eingescannten Daten der Kiefermodelle von neun Patienten wurden dazu verwendet, Implantatpositionen zu planen und um auf dieser Grundlage chirurgische Bohrschablonen herzustellen. Die Position der Bohrlöcher in den Schablonen wurde anschließend mit den geplanten Positionen verglichen. Die Bohrlöcher in den Schablonen zeigten zentral am oberen Rand der Bohrung in der Schablone eine mittlere dreidimensionale Abweichung von 0,22 mm. Am unteren Rand der Bohrung betrug diese 0,24 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 1,5 Grad.

Schlussfolgerung: Gedruckte Bohrschablonen ermöglichen eine hohe In vitro-Übertragungsgenauigkeit der geplanten Implantatposition auf den Patienten.

Lin YK, Yau HT, Wang IC, Zheng C, Chung KH.

A novel dental implant guided surgery based on integration of surgical template and augmented reality.

Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Jun;17(3):543-53.

(»Eine neuartige Methode zur geführten Implantatinsertion mittels Bohrschablone und Augmented Reality.«)

In der vorliegenden In vitro-Untersuchung wurden anhand stereolithografischer Bohrschablonen und einem an ihnen befestigten Referenzkörper je sechs Implantate in zahnlose Unterkiefer- und je vier Implantate in teilbezahnte Oberkiefermodelle eingesetzt. Der chirurgische Eingriff wurde mit Mitteln der Augmented Reality simuliert. Die Methode ermöglichte die laufende Überprüfung der Genauigkeit der Implantatbohrung mittels eines Displays, welches auf Augenhöhe am Kopf des Operators befestigt war. Auf dem Display wurden mittels Superimposition und virtueller Hilfslinien der tatsächliche und der virtuelle Drillstop sowie die Neigung der Implantatbohrung angezeigt, wodurch eine laufende Korrektur der Bohrung ermöglicht wurde. Die mittleren Abweichungen von der geplanten Implantatposition betragen im zahnlosen Unterkiefer an der Implantatschulter/dem Implantatapex 0,50 mm/0,96 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 2,70 Grad und die mittlere Tiefenabweichung betrug 0,33 mm. Die mittlere laterale Abweichung betrug 0,86 mm. Die mittleren Abweichungen von der geplanten Implantatposition betragen im teilbezahnten Oberkiefer an der Implantatschulter/dem Implantatapex 0,46 mm/1,23 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 3,33 Grad und die mittlere Tiefenabweichung betrug 0,48 mm. Die mittlere laterale Abweichung betrug 1,11 mm. Zwischen Ober- und Unterkiefer konnte ein signifikanter Genauigkeitsunterschied nur im apikalen Bereich der Implantatposition ermittelt werden.

Schlussfolgerung: Das vorgestellte Verfahren führt zu signifikant reduzierten Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition.

Matta RE, Bergauer B, Adler W, Wichmann M, Nickenig HJ.

The impact of the fabrication method on the three-dimensional accuracy of an implant surgery template.

J Craniomaxillofac Surg. 2017 Jun;45(6):804-808.

(»Die Bedeutung des Herstellungsprozesses für die dreidimensionale Genauigkeit einer Implantatbohrschablone.«)

Auf Grundlage der virtuellen Planungsdaten von 13 Patienten erfolgte die Herstellung von Kiefermodellen aus Kunststoff, auf welchen je eine konventionelle thermoplastische und eine dreidimensional gedruckte Bohrschablone erstellt wurden. Der mittlere Unterschied des Winkels der Bohrlöcher beider Schablonsysteme betrug 3,479 Grad. Die höchste Abweichung konnte in der Z-Achse ermittelt werden.

Schlussfolgerung: Obwohl die Herstellungsmethode signifikante Unterschiede zwischen beiden Bohrschablontypen bedingte, handelt es sich doch nur um sehr geringfügige Abweichungen. Beide Methoden eignen sich daher zur Herstellung von Bohrschablonen für den klinischen Einsatz.

Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D.

Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: a pilot study in the human cadaver.

J Prosthet Dent. 2014 Sep;112(3):526-32.

(»Die Genauigkeit der Implantatinsertion im posterioren Oberkiefer mittels zweier unterschiedlicher Bohrschablonen: Eine Pilotstudie in humanen Kieferpräparaten.«)

Ziel der Studie war der Genauigkeitsvergleich der computer-gestützten gegenüber der freihändigen Implantatinsertion. Dazu wurden sechs menschliche Kieferpräparate mit einer beidseits verkürzten Zahnreihe (Klasse 1 nach Kennedy-Applegate) nach dem Zufallsprinzip einer der beiden Therapiemethoden zugeteilt und es wurden insgesamt 39 Implantate eingesetzt. Die statistische Analyse ergab signifikant höhere Genauigkeitswerte im Halsbereich und am Apex der Implantate bei der computer-gestützten Implantatinsertion. Die Abweichungen in der Insertionstiefe waren in beiden Gruppen vergleichbar. Die Knochendichte hatte keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Implantatinsertion.

Pettersson A, Kero T, Söderberg R, Näsström K.

Accuracy of virtually planned and CAD/CAM-guided implant surgery on plastic models.

J Prosthet Dent. 2014 Dec;112(6):1472-8.

(»Die Genauigkeit der virtuellen und CAD/CAM-gestützten Implantatinsertion im Kunststoffmodell.«)

Das Ziel der Studie war der In vitro-Vergleich der geplanten von der tatsächlichen Implantatposition nach Implantatinsertion mittels CAD/CAM-hergestellter Bohrschablonen durch fünf verschiedene Operateure. Dazu wurden je fünf Kunststoffmodelle nach virtueller Planung und Herstellung von Bohrschablonen mittels CAD/CAM mit je sechs Implantaten versorgt. Es konnten signifikante mittlere Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition im Bereich des Implantathalses und des Implantatapex sowie bei der Insertionstiefe ermittelt werden. Ebenfalls signifikante Unterschiede waren in Abhängigkeit vom jeweiligen Operateur bei den Parametern Apikale Implantatposition, Insertionstiefe und Winkelabweichung zu beobachten.

Reyes A, Turkyilmaz I, Prihoda TJ.

Accuracy of surgical guides made from conventional and a

combination of digital scanning and rapid prototyping techniques.

J Prosthet Dent. 2015 Apr;113(4):295-303.

(»Die Genauigkeit der Implantatposition bei Verwendung konventioneller Bohrschablonen oder Bohrschablonen auf Basis eines digitalen Scans und Rapid Prototyping.«)

Das Ziel der In vitro-Untersuchung war der Einfluss der Herstellungstechnik von Bohrschablonen auf die Genauigkeit der Übertragung der geplanten auf die tatsächliche Implantatposition. Dazu wurden je 40 Bohrschablonen konventionell oder unter Zuhilfenahme von CAD/CAM hergestellt. Je zur Hälfte wurden die Schablonen für einseitige Freundsituationen (Kennedy-Klasse 2, K2) oder einseitige Schaltlücken (Kennedy-Klasse 3, K3) designt. Die CAD/CAM-Verfahren beinhalteten entweder einen DVT-Scan oder einen optischen Scan der Modelle und die Bohrschablonen wurden entweder stereolithografisch hergestellt oder dreidimensional gedruckt. Die Lückensituation sowie der Bohrschablonentyp hatten einen signifikanten Einfluss auf die Genauigkeitswerte. Die höchsten Genauigkeitswerte konnten in der Gruppe ermittelt werden, in welcher die Bohrschablonen nach optischem Scan anhand eines dreidimensionalen Drucks und CAD/CAM für klinische Situationen nach K2 hergestellt worden waren. Die konventionell hergestellte Bohrschablone zeigte die besten Genauigkeitswerte in der K3-Situation.

Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Schutyser F, Boumans T. Accuracy of computer-guided surgery: A comparison of operator experience.

J Prosthet Dent. 2015 Sep;114(3):407-13.

(»Der Einfluss der Erfahrung des Operateurs auf die Genauigkeit der computergestützten Implantatchirurgie.«)

An der Studie nahmen zehn chirurgisch erfahrene und zehn unerfahrene Zahnärzte teil. Die dreidimensionale Position des Implantats wurde vorher virtuell geplant und jeder Behandler inserierte anschließend ein Implantat nach dem NobelGuide-Protokoll. Der Vergleich der geplanten mit der tatsächlichen Implantatposition ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Dennoch konnte in der Gruppe der unerfahrenen Operateure eine statistisch zwar nicht signifikante, aber dennoch erkennbare und um das zweifach erhöhte vertikale Abweichung der Implantatposition festgestellt werden. Bukkale und apikale Abweichungen waren am höchsten und konnten in beiden Gruppen am häufigsten beobachtet werden.

Schneider D, Schober F, Grohmann P, Hammerle CH, Jung RE.

In-vitro evaluation of the tolerance of surgical instruments in templates for computer-assisted guided implantology produced by 3-D printing.

Clin Oral Implants Res. 2015 Mar;26(3):320-5.

(»Eine In vitro-Untersuchung zur Toleranz von Implantatbohrern in Bohrlöchern von 3D-gedruckten Bohrschablonen zur computergestützten Implantatinsertion.«)

In der vorliegenden In vitro-Studie wurde die Toleranz von Implantatbohrern bei 3D-gedruckten Bohrschablonen mit und ohne metallverstärkten Bohrlöchern untersucht. Dazu wurden folgende vier Gruppenvarianten getestet: 1) Konventionelle Bohrschablone ohne Metallverstärkung (Kontrollgruppe 1), 2) Konventionelles Schablonensystem mit Metallverstärkung (Testgruppe 1), 3) 3D-gedruckte Schablone ohne Metallverstärkung (Kontrollgruppe 2) und 4) 3D-gedruckte Schablone

mit Metallverstärkung (Testgruppe 2). Die mittlere laterale Abweichung betrug in den Kontrollgruppen 1 und 2 0,75 mm bzw. 0,91 mm. In der Kontrollgruppe 1 lag die durch die Toleranz zwischen Bohrer und Wand des Bohrlochs bedingte mittlere Abweichung bei 0,31 mm und in Kontrollgruppe 2 betrug diese 0,42 mm. Der laterale Bewegungsspielraum konnte in den beiden Testgruppen 1 und 2 um 32 % (0,24 mm) bzw. 43 % (0,39 mm) in statistisch signifikanter Weise reduziert werden.

Schlussfolgerung: Bedingt durch den geringeren Durchmesser des Bohrlochs in den beiden Testgruppen konnten die Lateralbewegungen des Implantatbohrers während des Präparationsvorgangs signifikant reduziert werden. Lateralbewegungen des Bohrers werden zusätzlich durch kürzere Implantatbohrer oder längere Führungshülsen reduziert.

Vermeulen J.

The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Mar/Apr;32(3):617-624.

(»Die Genauigkeit der Implantatinsertion durch erfahrene Chirurgen: Geführte vs. freihändige Implantation in Modellen aus Kunststoff.«)

Zehn erfahrene Chirurgen inserierten insgesamt 80 Implantate im Frontzahnbereich von Kunststoffmodellen mittels Bohrschablone und freihändig. Zwei der Modelle wiesen eine Einzelzahnücke auf und bei den beiden anderen Modellen fehlten mehrere Frontzähne. Die Gesamt-Winkelabweichung betrug bei schablonengeführter Implantation 2,19 Grad und bei freihändiger Implantatinsertion 7,63 Grad. Die lateralen Abweichungen betragen am Implantatthals bei schablonengeführter/freihändiger Implantation 0,42 mm/1,28 mm und am Apex 0,52 mm/1,28 mm. Die freihändige Implantation führte in beiden klinischen Situationen zu signifikant höheren Abweichungen als die schablonengeführte Methode. Die Tiefenabweichung betrug koronal und apikal 0,54 mm bei Verwendung einer Bohrschablone. Bei der Freihandmethode betrug die Abweichung koronal 0,78 mm und apikal 0,73 mm und unterschied sich somit ebenfalls signifikant von der schablonengeführten Implantatinsertion.

Schlussfolgerung: Die Verwendung einer Bohrschablone ermöglicht auch erfahrenen Chirurgen mehr Sicherheit und Genauigkeit bei der Implantatinsertion sowohl bei einzelnen als auch mehreren fehlenden Zähnen.



Einfache klinische Studien

Baruffaldi A, Poli PP, Baruffaldi A, Giberti L, Pigozzo M, Maiorana C.

Computer-aided flapless implant surgery and immediate loading. A technical note.

Oral Maxillofac Surg. 2016 Sep;20(3):313-9.

(»Computergestützte lappenlose Versorgung mit sofortbelasteten Implantaten. Ein technischer Hinweis.«)

Mit der vorliegenden Veröffentlichung sollte eine prothetische Technik beschrieben werden, die dazu dienen soll, die Vorhersehbarkeit einer Versorgung mit festsitzenden Suprakonstruktionen und Sofortbelastung nach lappenloser schablonengeführter Implantatbehandlung zu erhöhen. Innerhalb eines Zeitraums von

zwei Jahren wurden acht teilbezahnte Patienten mit der Technik behandelt. Diese beinhaltete den direkten Transfer der interokklusalen Situation auf die chirurgische Planung der Implantatpositionen. Dieses Vorgehen ermöglichte eine prothetisch gesteuerte softwaregestützte Planung der Implantatposition. Die Erfolgs- und Überlebensrate der Implantate betrug nach einer einjährigen Belastungsphase 100,0 %. Biologische oder technische Komplikationen waren ebenfalls nicht zu beobachten.

Block MS, Emery RW, Lank K, Ryan J.

Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Jan/Feb;32(1):92-99.

(»Die Genauigkeit der Implantatplatzierung mittels dynamischer Navigation.«)

100 teilbezahnte Patienten wurden von drei verschiedenen Chirurgen mittels eines dynamischen Navigationssystems mit Implantaten versorgt. Nach der Implantatinsertion wurden DVT angefertigt und die postoperativen Implantatpositionen mit der präoperativen virtuellen Planung verglichen. Die Genauigkeitsabweichungen der dynamisch navigierten Implantatinsertion entsprachen in etwa den Angaben aus der Literatur zu den statisch navigierten Implantationen. Die Genauigkeit der dynamisch navigierten Implantatinsertion war der freihändigen Implantation überlegen. Nach einer entsprechenden Lernkurve (die nach ca. 20 Implantationen erreicht war) erzielten die drei Behandler ähnliche Genauigkeitsergebnisse.

Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli LV, Barbato E.

How does an error in positioning the template affect the accuracy of implants inserted using a single fixed mucosa-supported stereolithographic surgical guide?

Int J Oral Maxillofac Surg. 2014 Jan;43(1):85-92.

(»Wie kann die Fehlpositionierung einer stereolithografischen schleimhautgelagerten Bohrschablone die Genauigkeit der Implantatinsertion beeinflussen?«)

Die Positionierung der Bohrschablone auf einer anders gestalteten Oberfläche als die, auf welcher die diagnostische Schablone hergestellt wurde, kann zu einer Fehlpositionierung der Implantate führen, die auch als „Guide Positioning Error“ bezeichnet wird. Das Ziel der Studie war die Messung der Abweichung der postoperativen von der geplanten Implantatposition durch die Positionierung der Bohrschablone, der Lokalisation (Ober- bzw. Unterkiefer) und der Dicke der Schleimhaut. Dazu wurden 24 Patienten mit 172 Implantaten versorgt. Die Fehlpositionierung der Bohrschablone beeinflusste die Genauigkeit der Implantatposition nur im Halsbereich in signifikanter Weise. Die Art des Kiefers und die Dicke der Schleimhaut hatten keinen Einfluss auf die Abweichung der Implantatposition.

Cristache CM, Gurbanescu S.

Accuracy Evaluation of a Stereolithographic Surgical Template for Dental Implant Insertion Using 3D Superimposition Protocol.

Int J Dent. 2017;2017:4292081.

(»Untersuchung der Genauigkeit der Implantatpositionierung mittels einer stereolithografisch hergestellten Bohrschablone anhand einer Software zur 3D-Überlagerung.«)

Ziel der Studie war die Untersuchung der Genauigkeit einer stereolithografischen Bohrschablone mit Führungshülsen bei der Implantatversorgung teilbezahnter Patienten. Dazu wurden mit diesem System 65 Implantate bei 25 Patienten eingesetzt.

Anschließend wurden digitale Abformungen hergestellt, anhand welcher die mittlere dreidimensionale Abweichung am Implantatthals und an der Implantat Spitze sowie die mittlere Winkelabweichung ermittelt wurden. Die mittlere Abweichung von der geplanten Originalposition der Implantate betrug am Implantatthals 0,798 mm und am Apex 1,17 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 2,34 Grad. Im Vergleich zum Oberkiefer wurden im Unterkiefer bei allen drei Parametern signifikant geringere Abweichungen ermittelt.

di Torresanto VM, Milinkovic I, Torsello F, Cordaro L.

Computer-assisted flapless implant surgery in edentulous elderly patients: a 2-year follow up.

Quintessence Int. 2014 May;45(5):419-29.

(»Ergebnisse eines zweijährigen Follow-up nach computergestützter lappenloser Implantatinsertion bei älteren zahnlosen Patienten.«)

Das Ziel der Studie war die Evaluation der Behandlungsergebnisse innerhalb eines zweijährigen Beobachtungszeitraums nach computergestützter lappenloser Implantation von vier interforaminalen Implantaten und prothetischer Versorgung auf Locator-Attachments im Unterkiefer. Von den ursprünglich 15 Patienten konnten nur zehn nachuntersucht werden. Keines der Implantate war während des Follow up verloren gegangen. Bleeding on Probing (BOP) war bei 82,0 % aller Implantate negativ und die mittlere Sondierungstiefe betrug 2,34 mm. Bei acht Implantaten fehlte lingual bzw. bukkal eine Zone keratinisierter Gingiva. Mit einem mittleren Wert von 9,9 auf der Visuellen Analogen Skala (VAS; Rating von 0-10) konnte eine sehr hohe Patientenzufriedenheit ermittelt werden.

Dolcini GA, Colombo M, Mangano C.

From Guided Surgery to Final Prosthesis with a Fully Digital Procedure: A Prospective Clinical Study on 15 Partially Edentulous Patients.

Int J Dent. 2016;2016:7358423.

(»Eine prospektive Studie zur volldigitalisierten schablonengeführten Implantation und anschließenden prothetischen Versorgung bei 15 teilbezahnten Patienten.«)

Das in dieser prospektiven Zweijahresstudie vorgestellte Protokoll bestand aus der computergestützten Zusammenführung von DVT- und Intraoralscan-Daten, der virtuellen Planung der Implantatpositionen und der Herstellung zahngestützter Bohrschablonen mittels 3D-Druck sowie der Sofortversorgung mittels gefräster Provisorien aus Polymethyl-Methacrylat-Kunststoff. Drei Monate später wurde anhand eines erneuten Intraoralscans der definitive Zahnersatz aus Zirkoniumdioxid hergestellt. Insgesamt 15 Patienten nahmen an der Studie teil und wurden nach dem oben beschriebenen Verfahren mit 30 sofortbelasteten Implantaten versorgt. Sechs Monate nach der definitiven Versorgung waren weder biologische oder technische Komplikationen zu beobachten.

Geng W, Liu C, Su Y, Li J, Zhou Y.

Accuracy of different types of computer-aided design/computer-aided manufacturing surgical guides for dental implant placement.

Int J Clin Exp Med. 2015 Jun 15;8(6):8442-9. eCollection 2015.

(»Die Genauigkeit verschiedener Arten von Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Implantatbohrschablonen.«)

111 Implantate wurden bei 24 Patienten mit unterschiedlichen CAD/CAM-hergestellten Implantatbohrschablonen eingesetzt. Die Implantatinsertionen erfolgten dabei teil- bzw. vollgeführt und mittels zahn- oder schleimhautgestützter Schablonen. Nach Implantatinsertion wurden die tatsächlichen mit den geplanten Positionen in Abhängigkeit vom jeweiligen Schablone-system und weiterer Parameter miteinander verglichen. Die mittleren Gesamtabweichungen betragen für alle Schablonen am Implantatthals/Implantatapex 0,27 mm/0,37 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 1,72 Grad. Die Abweichung der Insertionstiefe betrug 0,32 mm. Die tatsächlichen Abweichungen waren für alle Parameter signifikant von der geplanten Implantatposition unterschiedlich. Signifikante mittlere Abweichungen konnten zwischen teil-/vollgeführten Schablone-systemen bei der Implantatposition im Halsbereich (0,54 mm/0,89 mm) und am Apex (1,10 mm/0,81 mm) sowie beim Implantatwinkel (2,56 Grad/2,90 Grad) ermittelt werden.

Schlussfolgerung: Zahnunterstützte Bohrerschablonen scheinen die geplante Implantatposition genauer reproduzieren zu können als schleimhautunterstützte Schablonen. Sowohl eine teilgeführte als auch eine vollgeführte Navigation erleichtern die Implantatinsertion und optimieren die Positionierung der Implantate.

Hassan B, Gimenez Gonzalez B, Tahmaseb A, Greven M, Wismeijer D.

A digital approach integrating facial scanning in a CAD-CAM workflow for complete-mouth implant-supported rehabilitation of patients with edentulism: A pilot clinical study.

J Prosthet Dent. 2017 Apr;117(4):486-492.

(»Ein digitaler Ansatz zur Integration eines Gesichtsscans in einen CAD/CAM-Workflow zur implantatgestützten Rehabilitation zahnloser Patienten: Eine klinische Pilotstudie.«)

In der vorliegenden klinischen Studie wird ein neuer Ansatz zur Implantatversorgung zahnloser Patienten vorgestellt. Anhand der Zusammenführung der Scandaten von Duplikaten der Interimsprothese und des Gesichts des Patienten wird eine implantatgetragene prothetische Suprakonstruktion mittels eines CAD/CAM-gestützten Fräsprozesses hergestellt. Zehn Patienten wurden nach dieser Methode behandelt. Während einer Beobachtungszeit von sechs Monaten konnten keine biologischen oder technischen Komplikationen mit Ausnahme einer Prothesenfraktur beobachtet werden.

Lee DH, An SY, Hong MH, Jeon KB, Lee KB.

Accuracy of a direct drill-guiding system with minimal tolerance of surgical instruments used for implant surgery: a prospective clinical study.

J Adv Prosthodont. 2016 Jun;8(3):207-13.

(»Eine prospektive Studie zur Genauigkeit eines Schablone-systems mit Führungshülsen und minimaler Toleranz der Implantatbohrer.«)

Das Ziel der Studie war die Untersuchung der Implantatinsertionsgenauigkeit eines neuen stereolithografischen Schablone-systems, in welchem Führungshülsen aus Metall und Implantatbohrer mit einer Modifikation am Schaft verwendet werden. Dazu wurden nach Erstellung einer DVT und virtueller Planung der Implantatpositionen elf teilbezahnte Patienten mit 21 Implantaten unter Verwendung des neuen Systems versorgt. Die mittlere horizontale Abweichung betrug in mesio-distaler Richtung 0,593 mm und in bucco-lingualer Richtung 0,691 mm. Die mittlere vertikale Abweichung lag bei 0,925 mm und die Winkelabweichung betrug

2,042 Grad in mesio-distaler Richtung und 2,390 Grad in bucco-lingualer Richtung. Die vertikale Abweichung war statistisch signifikant höher als die horizontale Abweichung.

Schlussfolgerung: Die Modifikation am Bohrschaft führt zu einer effektiven Reduktion der Toleranz und zu einer genaueren Implantatplatzierung.

Meloni SM, Tallarico M, De Riu G, Pisano M, Deledda A, Lolli FM, Massarelli O, Tullio A.

Guided implant surgery after free-flap reconstruction: Four-year results from a prospective clinical trial.

J Craniomaxillofac Surg. 2015 Oct;43(8):1348-55.

(»Vierjahreergebnisse einer prospektiven klinischen Studie zur schablonengeführten Implantatinsertion nach Defektrekonstruktion mit freien Transplantaten.«)

Große Defekte nach Tumorsektion oder Schussverletzungen in zwölf Kiefern von zehn Patienten wurden mittels freier Transplantate rekonstruiert. Nach vollständiger Einheilung wurden 56 Implantate mit einem schablonengeführten lappenlosen Insertionsprotokoll eingesetzt. Nach vier Jahren waren drei Implantate verloren gegangen, was zu einer Implantatüberlebensrate von 94,6 % führte. Keine der prothetischen Suprakonstruktionen ging während des Beobachtungszeitraums verloren. Der mittlere krestale Knochenverlust betrug oral 1,43 mm und vestibulär 1,48 mm. Mit einem mittleren BOP von 12,0 % und einer mittleren Sondierungstiefe von 4,93 % gingen die Autoren von einem guten Ergebnis in parodontaler Hinsicht aus. 90,0 % der Patienten zeigten sich mit dem klinischen Endergebnis zufrieden.

Naziri E, Schramm A, Wilde F.

Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates.

GMS Interdiscipl Plast Reconstr Surg DGPW. 2016 May 13;5:Doc15.

(»Die Genauigkeit der computergestützten schablonengeführten Implantatinsertion.«)

246 Implantate wurden nach virtueller Planung der Implantatposition mithilfe von 3D-hergestellten Bohrerschablonen bei 181 teilbezahnten Patienten eingesetzt. Die mittlere Abweichung von der geplanten Implantatposition betrug an der Implantatschulter/dem Implantatapex 1,0 mm/1,4 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 3,6 Grad. Bei Einzelzahnimplantaten in Schalllücken konnten signifikant geringere Winkelabweichungen und Abweichungen am Apex der Implantate beobachtet werden als bei Implantatinsertionen im Bereich von Freiräumen. Je länger die Implantate gewählt wurden, desto größer waren die klinischen Abweichungen von der geplanten Implantatposition. Die Implantatlokalisierung (Ober- bzw. Unterkiefer) hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Abweichung der Implantatposition.

Schnutenhaus S, Edelmann C, Rudolph H, Luthardt RG.

Retrospective study to determine the accuracy of template-guided implant placement using a novel nonradiologic evaluation method.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2016 Apr;121(4):e72-9

(»Eine retrospektive Untersuchung zur Genauigkeitsbestimmung einer schablonengeführten Implantatinsertionen mittels einer neuartigen Messmethode ohne Zuhilfenahme röntgenologischer Verfahren.«)

Zwölf Implantatpatienten mit Freund- bzw. Schalllücken wurden in die Nachuntersuchung einbezogen. Die Vergleichsmessungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Implantatpositionen wurden nach Digitalisierung von eingescannten Modellen der postoperativen Situation und einer anschließenden Superimposition dieser Daten mit den Planungsdaten durchgeführt. Die mittlere Abweichung der Implantatachse betrug bei Patienten mit Freundlücken (Gruppe 1) 5,0 Grad und in der Gruppe Patienten mit Schalllücken (Gruppe 2) 4,0 Grad. Im Halsbereich lagen die Abweichungen in Gruppe 1/Gruppe 2 bei 1,0 mm/0,9 mm, am Apex bei 1,6 mm/1,5 mm. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in den Abweichungswerten in Abhängigkeit von der anatomischen Situation ermittelt werden.

Schlussfolgerung: Die in der vorliegenden Studie verwendete Methode zur Genauigkeitsmessung der Implantatposition ohne röntgenologische Verfahren eignet sich gut für größere Patientenkohorten. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen den Schluss zu, dass mittels virtueller Planung ohne Einsatz einer röntgendichten Messschablone ein sehr hoher Genauigkeitsgrad zwischen geplanter und tatsächlicher Implantatposition erreicht werden kann.

Sun Y, Luebbers HT, Agbaje JO, Kong L, Schepers S, Daems L, Legrand P, Jacobs R, Politis C, Vrielinck L.

Accuracy of a Dedicated Bone-Supported Surgical Template for Dental Implant Placement with Direct Visual Control.

J Healthc Eng. 2015;6(4):779-89.

(»Die Genauigkeit einer knochengelagerten Bohrschablone zur Implantatinsertion unter direkter visueller Kontrolle.«)

38 Implantate (16 im Ober- und 22 im Unterkiefer) wurden bei sieben zahnlosen Patienten mittels knochengelagerter Bohrschablonen geführt eingesetzt. Die mittlere Winkelabweichung zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition betrug 6,4 Grad. Im Bereich der Implantatschulter/dem Implantatapex lagen die Abweichungen bei 1,47 mm/1,70 mm.

Schlussfolgerung: Die Implantatinsertion mit der knochengelagerten Bohrschablone führte zu einer akzeptablen klinischen Genauigkeit.

Sun Y, Luebbers HT, Agbaje JO, Schepers S, Politis C, Van Slycke S, Vrielinck L.

Accuracy of Dental Implant Placement Using CBCT-Derived Mucosa-Supported Stereolithographic Template.

Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Oct;17(5):862-70.

(»Die Insertionsgenauigkeit dentaler Implantate mittels auf Grundlage von DVT-Scans hergestellten, schleimhautgelagerten stereolithografischen Bohrschablonen.«)

80 Implantate (44 im Oberkiefer, 36 im Unterkiefer) wurden in 18 zahnlose Kiefer (zehn Ober- und acht Unterkiefer) mittels schleimhautgelagerter Bohrschablonen eingesetzt. Die vertikalen Abweichungen und die Winkelabweichungen von der geplanten Implantatposition fielen im Oberkiefer signifikant niedriger aus als im Unterkiefer. Die mittlere lineare Gesamtabweichung betrug in vertikaler Richtung 1,0 mm. Die laterale Abweichung betrug im Oberkiefer 1,8 mm und im Unterkiefer 2,3 mm, wenn 15 mm lange Implantate verwendet wurden.

Schlussfolgerung: Beim Einsatz stereolithografischer Bohrschablonen, die auf Grundlage von DVT-Daten hergestellt wurden, sollten lokalisationsbedingte Unterschiede der Abweichung der geplanten von der tatsächlichen Implantatposition in Betracht gezogen werden. Die in der vorliegenden Studie ermittelte line-

are Abweichung in vertikaler Richtung sollte als Sicherheitsabstand zu vulnerablen Strukturen angesehen werden.

Tallarico M, Meloni SM.

Retrospective Analysis on Survival Rate, Template-Related Complications, and Prevalence of Peri-implantitis of 694 Anodized Implants Placed Using Computer-Guided Surgery: Results Between 1 and 10 Years of Follow-Up.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Sep/Oct;32(5):1162-1171.

(»Eine retrospektive Analyse der Überlebensraten, schablonenbedingter Komplikationen und der Periimplantitis-Prävalenz bei 694 mittels computergeführter Chirurgie eingesetzten eloxierten Implantaten: Ergebnisse eines zehnjährigen Follow up nach Implantation.«)

141 Patienten wurden mit insgesamt 694 Implantaten versorgt. Die Daten von zehn Patienten (7,1 %) mit 48 Implantaten (6,9 %) standen während des Follow up nicht mehr für eine Analyse zur Verfügung. 117 Patienten wurden mittels eines Doppelscan-Protokolls behandelt, während die restlichen 24 Patienten nach dem Standardprotokoll behandelt wurden. Der Großteil der Implantate (n=528; 76,1 %) wurde sofortbelastet. Die kumulative Implantatüberlebensrate betrug während einer mittleren Beobachtungszeit von 58,2 Monaten auf Implantat-/Patientenebene 97,4 %/92,1 %. Sämtliche Implantatverluste traten früh und noch vor der definitiven prothetischen Versorgung ein. Zehn geringgradige Komplikationen wurden während der schablonengeführten Implantatinsertion beobachtet. Bei nur vier Patienten (2,8 %) mit zwölf Implantaten (1,7 %) waren Anzeichen einer Periimplantitis zu beobachten.

Van de Wiele G, Teughels W, Vercruyssen M, Coucke W, Temmerman A, Quirynen M.

The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience.

Clin Oral Implants Res. 2015 Dec;26(12):1489-94.

(»Die Genauigkeit einer geführten Implantatchirurgie mittels schleimhautgelagerter stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen in den Händen von wenig erfahrenen Operateuren.«)

In der vorliegenden Studie wurden unter der Anleitung eines erfahrenen Chirurgen mittels schleimhautgelagerter Bohrschablonen 75 Implantate in 17 zahnlose Kiefer nach dem Facilitate-Protokoll eingesetzt. Die präoperativen DICOM-Daten wurden mit den postoperativen DVT-Daten mittels der Mimics-Software gematcht und miteinander verglichen. Zusätzlich erfolgte ein Vergleich der Abweichungen mit jenen Abweichungen, die bei schablonengeführter Implantatinsertion durch einen erfahrenen Chirurgen gemessen und anderweitig veröffentlicht worden waren. Die mittlere Gesamtabweichung im Halsbereich und am Apex der Implantate lag in der Gruppe der unerfahrenen Chirurgen bei 0,9 mm. Sie betrug bei Insertion durch einen erfahrenen Chirurgen 1,1 mm. Die Tiefenabweichung betrug bei unerfahrenen Chirurgen 0,5 mm und beim erfahrenen Chirurgen 1,1 mm.

Schlussfolgerung: Die chirurgische Erfahrung hat keinen Einfluss auf die Genauigkeit einer Implantatinsertion im zahnlosen Kiefer, sofern eine Anleitung durch einen erfahrenen Kollegen erfolgt.

Verhamme LM, Meijer GJ, Boumans T, de Haan AF, Bergé SJ, Maal TJ.

A clinically relevant accuracy study of computer-planned implant placement in the edentulous maxilla using mucosa-supported surgical templates.

Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Apr;17(2):343-52.

(»Eine Genauigkeitsstudie zu klinisch relevanten Ergebnissen nach computergestützter Implantatplanung und Implantatinsertion im zahnlosen Oberkiefer mittels schleimhautgelagerter Bohrschablonen.«)

Nach Erstellung einer DVT und virtueller Planung der Implantatpositionen wurden 30 zahnlose Patienten mit insgesamt 104 Implantaten im Oberkiefer ohne Bildung eines Mukoperiostlappens versorgt. Anhand postoperativ hergestellter DVT wurden die geplante und die tatsächliche Implantatposition miteinander verglichen. In bucco-lingualer Richtung konnten mittlere Abweichungen von 0,67 mm an der Implantatspitze und 0,51 mm an der Implantatschulter festgestellt werden. Die Tiefenabweichung betrug 0,83 mm und die Winkelabweichung lag bei 1,74 Grad. In mesio-distaler Richtung bestand an der Implantatspitze/an der Implantatschulter eine Abweichung von 0,75 mm/0,60 mm. Die Tiefenabweichung lag bei 0,75 mm und die Winkelabweichung betrug 1,94 Grad. Es konnte festgestellt werden, dass 74,0 % der Implantate nicht tief genug eingesetzt worden waren. Die Verwendung von Fixierungspins sowie die Art der chirurgischen Intervention hatten keinen Einfluss auf die Implantatposition. Anhand der Daten wurde deutlich, dass die Positionierung der Bohrschablone in antero-posteriorer Richtung häufig nicht exakt genug erfolgte.

D'haese J, Van De Velde T, Elaut L, De Bruyn H.

A prospective study on the accuracy of mucosally supported stereolithographic surgical guides in fully edentulous maxillae.

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Apr;14(2):293-303.

(»Eine prospektive Studie zur Genauigkeit der Implantatinsertion mittels schleimhautgelagerter stereolithografischer Bohrschablonen im zahnlosen Oberkiefer.«)

Das Ziel der Studie war die Untersuchung der Genauigkeit der Implantatinsertion mittels einer schleimhautgelagerten Bohrschablone ohne Bildung eines Mukoperiostlappens im zahnlosen Oberkiefer. Dazu wurden mit dem untersuchten System 78 OsseoSpeed-Implantate mit einem Durchmesser von 3,5-5,0 mm und einer Länge von 8,0-15,0 mm bei 13 Patienten nach vorheriger dreidimensionaler Planung der Implantatposition inseriert. Die Implantate wurden am Tag der Insertion sofortbelastet. Die geplante und die tatsächliche Implantatposition wurden mittels Überlagerung in der Mimics 9.0-Software miteinander verglichen. Ein Implantat ging kurz nach Insertion wegen einer Abszessbildung infolge verbliebener Reste des Abformmaterials verloren. Die mittlere Abweichung am Implantathals und am Implantatapex betragen 0,91 mm und 1,13 mm. Die Winkelabweichung lag bei 2,6 Grad.

Schlussfolgerung: Bei dieser Studie handelt es sich um die erste Untersuchung der Insertionsgenauigkeit von Implantaten mittels schleimhautgelagerter stereolithografischer Bohrschablonen im zahnlosen Oberkiefer. Sie zeigt, dass auch beim Einsatz von Bohrschablonen stets mit linearen und winkelbezogenen Abweichungen gerechnet werden muss. Bei kurzen Implantaten sind signifikant geringere apikale Abweichungen als bei langen Implantaten zu erwarten. Der Herstellungsprozess der schleimhautgelagerten Bohrschablonen scheint einen signifikanten Einfluss auf die Genauigkeit der Implantatinsertion zu haben.

Di Giacomo GA, da Silva JV, da Silva AM, Paschoal GH, Cury PR, Szarf G.

Accuracy and complications of computer-designed selective laser sintering surgical guides for flapless dental implant placement and immediate definitive prosthesis installation.

J Periodontol. 2012 Apr;83(4):410-9.

(»Genauigkeit und Komplikationen bei der lappenlosen Insertion von sofortbelasteten Implantaten mittels selektiv-lasergesinterter Bohrschablonen.«)

Zwölf Patienten wurden mit 60 Implantaten ohne Bildung eines Mukoperiostlappens und mittels geführter Implantation versorgt. Die Implantate wurden anschließend sofortbelastet. Die linearen und winkelbezogenen Abweichungen wurden miteinander verglichen und die Patienten wurden während eines 30-monatigen Follow up beobachtet. Die mittlere lineare Abweichung betrug krestal 1,35 mm und apikal 1,79 mm. Die mittlere Winkelabweichung lag bei 6,53 Grad. Koronale bzw. apikale Abweichungen von der geplanten Position < 2,0 mm wurden bei 82,67 % bzw. 58,33 % der Implantate beobachtet. Die Komplikationsrate betrug 34,41 %. An Komplikationen wurden ein Abriss der lingualen Schleimhaut während der Implantatbohrung, Verwendung von Implantaten mit zu großem Durchmesser, Implantatinstabilität, verlängerte Schmerzempfindungen post-OP, Mittellinienabweichungen sowie Frakturen des Zahnersatzes beschrieben. Die kumulative Überlebensrate der Implantate betrug 98,33 % und der Suprakonstruktionen 91,66 %.

Lee JH, Park JM, Kim SM, Kim MJ, Lee JH, Kim MJ.

An assessment of template-guided implant surgery in terms of accuracy and related factors.

J Adv Prosthodont. 2013 Nov;5(4):440-7.

(»Eine Untersuchung zur Genauigkeit und derer Einflussfaktoren bei der schablonengeführten Implantatchirurgie.«)

Die schablonengeführte Implantatchirurgie hat sich gemeinsam mit der Computertomografie mit dem Ziel entwickelt, die Genauigkeit der Implantatinsertion und der folgenden prothetischen Versorgung zu verbessern. In der vorliegenden klinischen Studie wurden die Genauigkeit und Faktoren, die diese beeinflussen können, untersucht. Dazu wurden 48 Patienten mit 102 Implantaten versorgt und die geplanten Implantatpositionen mit der tatsächlichen Lage der Implantate verglichen. Im Bereich der Implantatschulter betrug die mittlere Abweichung 1,09 mm und im Bereich des Apex konnte eine mittlere Abweichung von 1,56 mm ermittelt werden. Die Winkelabweichung betrug 3,80 Grad. Im Frontzahnbereich und bei längeren Implantaten konnten signifikant höhere Abweichungen gemessen werden. Die Kontrolle der Abweichungen im Bereich der Implantatschulter und eine bessere Stabilisierung der Bohrschablone im Frontzahnbereich sind daher notwendig, um die Insertionsgenauigkeit der Implantate zu verbessern.

Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Dell'aversana Orabona G, Piombino P, Salzano G, Quarato D, Riccardi E, Belli E, Ungari C.

Computer-assisted implant surgery and immediate loading in edentulous ridges with dental fresh extraction sockets. Two years results of a prospective case series study.

Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013 Nov;17(21):2968-73.

(»Sofortimplantation in frische Extraktionsalveolen mittels computerassistierter Implantatchirurgie mit anschließender Sofortbelastung: Ergebnisse einer prospektiven Fallserie nach zwei Jahren.«)

Die von Brånemark in 1977 vorgestellte zweiphasige Implantatversorgung stellt das am häufigsten verwendete Insertionsprotokoll für Implantate dar. Das Ziel der Fallserie war die Evaluation der röntgenologischen und klinischen Ergebnisse nach 3D-Planung der Implantatpositionen, einer Sofortimplantation nach Extraktion und einer anschließenden Sofortbelastung. Dazu wurden zwölf zahnlose Patienten mit 76 Implantaten (26 davon wurden in frische Extraktionsalveolen inseriert) versorgt. Keines der Implantate ging während der zweijährigen Beobachtungsphase verloren. Der mittlere krestale Knochenverlust betrug 1,35 mm und die mittlere Sondierungstiefe lag bei 2,75 mm. Es konnte ein mittlerer BOP von 3,8 ermittelt werden. Es waren nur geringfügige prothetische Komplikationen zu beobachten.



Kontrollierte Klinische Studien

Block MS, Emery RW, Cullum DR, Sheikh A.

Implant Placement Is More Accurate Using Dynamic Navigation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017 Jul;75(7):1377-1386.

(»Die dynamische Navigation führt zur exakteren Implantatplatzierung.«)

Das Ziel dieser prospektiven Kohortenstudie war der Vergleich der Präzision der dynamischen navigierten gegenüber der freihändigen Implantatinserterion. Verglichen wurden die virtuellen Planungsdaten und die tatsächliche Position von 714 Implantaten bei 478 Patienten nach voll- und teilnavigierter sowie freihändiger Implantatinserterion. Die mittlere Winkelabweichung betrug bei voll navigierter Implantation 2,97 Grad, bei Teilnavigation 3,43 Grad und bei freihändiger Implantation 6,50 Grad. Die mittlere Abweichung im Halsbereich/am Apex der Implantate betrug bei Vollnavigation 1,16 mm/1,29 mm, bei teilnavigierter Implantation 1,31 mm/1,52 mm und beim freihändigen Verfahren 1,78 mm/2,27 mm. **Schlussfolgerung:** Mittels navigierter Implantation sind die Abweichungen der tatsächlichen Implantatposition gegenüber der virtuellen Planung signifikant geringer als bei freihändiger Implantatinserterion.

Cassetta M, Di Mambro A, Di Giorgio G, Stefanelli LV, Barbato E.

The Influence of the Tolerance between Mechanical Components on the Accuracy of Implants Inserted with a Stereolithographic Surgical Guide: A Retrospective Clinical Study.

Clin Implant Dent Relat Res. 2015 Jun;17(3):580-8.

(»Der Einfluss der Toleranz zwischen den mechanischen Bestandteilen der stereolithografisch hergestellten Bohrschablone auf die Präzision der Implantatinserterion: Eine retrospektive klinische Studie.«)

Im Rahmen der geführten Implantation mit einer stereolithografischen Bohrschablone können im Verlauf der verschiedenen Arbeitsschritte Fehlerquellen entstehen. Eine wesentliche Fehlerquelle, die zu klinisch relevanten Abweichungen der Implantatposition führen kann, sind Passungenauigkeiten zwischen Implantatbohrer und Bohrloch der Schablone, die zu Toleranzen beim Präparationsprozess des Implantatlagers führen können. Das Ziel der vorliegenden Studie war daher die Untersuchung, inwieweit diese Fehlerquelle beeinflusst werden kann. Dazu wurde das External Hex Safe-System (Materialise Dental) verwendet und mit einer Modifikation des gleichen Systems verglichen. 66 Implantate wurden mit dem External Hex Safe-System inseriert (Gruppe A) und 71 Implantate mit dessen Modifikation (Gruppe B). Die Analyse der Abweichungen zwischen geplanter und tatsächlicher Implantatposition ergaben, dass mittels der Modifikation signifikant genauere Ergebnisse erzielt werden können, als mit der Originalversion des Systems.

Marra R, Acocella A, Alessandra R, Ganz SD, Blasi A.

Rehabilitation of Full-Mouth Edentulism: Immediate Loading of Implants Inserted With Computer-Guided Flapless Surgery Versus Conventional Dentures: A 5-Year Multicenter Retrospective Analysis and OHIP Questionnaire.

Implant Dent. 2017 Feb;26(1):54-58.

(»Versorgung zahnloser Patienten mit sofortbelasteten, computergeführten transgingival inserierten Implantaten gegenüber konventionellem herausnehmbarem Zahnersatz.«)

Im Rahmen der Studie wurden 30 in beiden Kiefern zahnlose Patienten nach dem NobelGuide-Protokoll mit 312 sofortbelasteten Implantaten versorgt (Testgruppe). Die Kontrollgruppe aus ebenfalls 30 zahnlosen Patienten wurde in Ober- und Unterkiefer mit herausnehmbaren Vollprothesen versorgt. Alle Patienten wurden unmittelbar nach der Versorgung sowie fünf Jahre später mit dem OHIP-EDENT (Oral Health Impact Profile for Edentulous subjects) befragt. Die Befragung nach sechs Monaten Tragezeit ergab eine höhere Zufriedenheit mit der Versorgung bei den Patienten, die Implantate erhalten hatten. Der klinische Recall fand nach sechs, zwölf und 36 Monaten statt. Die Implantatüberlebensrate betrug nach drei Jahren 97,9 % und der mittlere krestale Knochenverlust lag bei 1,9 mm.

Die bisher veröffentlichten Abstracts und Exzerpte der wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind für **pip**-Leser jederzeit in den E-Papers der **pip** auf www.pipverlag.de nachzulesen und im YouVivo Store im DGINet und im Mitgliederbereich der DGOI als PDF-Download erhältlich.

Bisher erschienen: All on Four (04/2012), Biologische Breite (02/2012), Bisphosphonate und orale Implantologie (03/2011), Computergesteuerte Implantologie – Nutzen und Risiken (03/2014), Digitaler Workflow: Teil I Diagnostik (05/2017), Digitaler Workflow: Teil II Chirurgie (06/2017), Der unbezahnte Kiefer (04/2017), Einteilige Implantatsysteme (04/2014), Extraktionsalveole und Kammerhalt: Teil I (04/2016) / Teil II (01/2017) / Teil III (02/2017), Keramik in der Implantologie (01/2013), Knochenaugmentationen – Techniken (02/2013), Knochenaugmentationen – Materialien (03/2013), Knochenaugmentationen – Tissue Engineering (04/2013), Kurze Implantate (02/2016), Mini-Implantate (03/2017), Periimplantitis – Ätiologie, Häufigkeit und Diagnostik (01/2015), Periimplantitis – Prävention und Therapie (02/2015), Piezochirurgie (02/2014), Platform Switching (01/2014), PRP, PRGF und PRF in der Implantologie (01/2016), Risiken und Komplikationen (04/2015), Sinusboden-Elevationen (04/2011), Sofortbelastung und Sofortversorgung (03/2015), Systemische Erkrankungen (03/2012), Weichgewebsmanagement (02/2011).

Shen P, Zhao J, Fan L, Qiu H, Xu W, Wang Y, Zhang S, Kim YJ. **Accuracy evaluation of computer-designed surgical guide template in oral implantology.**

J Craniomaxillofac Surg. 2015 Dec;43(10):2189-94.

(»Untersuchung der Genauigkeit computergenerierter Bohrschablonen in der oralen Implantologie.«)

Bei 60 teilbezahnten Patienten erfolgte eine präoperative virtuelle Planung der Implantatpositionen mittels der Simplant-Software. Anschließend wurden bei der Hälfte der Patienten Implantate freihändig (Gruppe 1) eingesetzt und bei der anderen Hälfte der Patienten erfolgte die Implantatinsertion mittels Bohrschablone (Gruppe 2). Anschließend wurden DVT hergestellt und die tatsächliche mit der geplanten Implantatposition verglichen. In Gruppe 2 lag eine höhere Übereinstimmung zwischen geplanter und tatsächlicher Position der Implantate vor. In Gruppe 1 betrugen die mittleren Abweichungen an der Implantatschulter/am Implantatapex/die mittlere Winkelabweichung/die mittlere Tiefenabweichung 1,18 mm/1,43 mm/4,21 Grad/0,54 mm. In Gruppe 2 betrugen die Werte 2,07 mm/2,89 mm/8,84 Grad/0,78 mm.

Schlussfolgerung: Mittels computergenerierter Bohrschablonen wird eine höhere Übereinstimmung zwischen der geplanten und der tatsächlichen Implantatposition erreicht.

Testori T, Robiony M, Parenti A, Luongo G, Rosenfeld AL, Ganz SD, Mandelaris GA, Del Fabbro M.

Evaluation of accuracy and precision of a new guided surgery system: a multicenter clinical study.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2014;34 Suppl 3:s59-69.

(»Eine Multicenterstudie zur Untersuchung der Genauigkeit und Präzision eines neuen Systems zur geführten Implantatchirurgie.«)

Um die Genauigkeit und Präzision eines neuen Systems zur computergestützten Implantatchirurgie zu ermitteln, wurden 25 Patienten in acht Behandlungszentren mit insgesamt 117 Implantaten versorgt. Postoperative DVT wurden mit der geplanten Implantatposition verglichen und anhand dessen Abweichungen ermittelt. Schleimhaut- und knochengelagerte Bohrschablonen führen zu präziseren Ergebnissen als kombiniert zahn-, schleimhautgelagerte bzw. nur zahngelagerte Schablonen. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Lagerungsarten waren statistisch nicht signifikant. Die mittleren Abweichungen zwischen geplanter und tatsächlicher Implantatposition entsprechen den Angaben in der aktuellen Literatur. Aufgrund der Abweichungen sollte ein Sicherheitsabstand von mindestens 2,0 mm zwischen Implantaten und vulnerablen anatomischen Strukturen eingehalten werden. In Fällen, in welchen eine Sofortversorgung und Sofortbelastung angestrebt werden, wird eine Nachbearbeitung des Interimszahnsetzes empfohlen.

Youk SY, Lee JH, Park JM, Heo SJ, Roh HK, Park EJ, Shin IH.

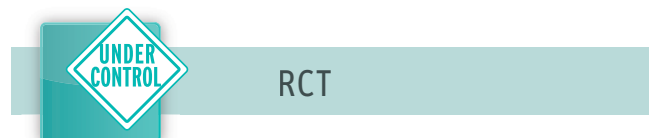
A survey of the satisfaction of patients who have undergone implant surgery with and without employing a computer-guided implant surgical template.

J Adv Prosthodont. 2014 Oct;6(5):395-405.

(»Eine Übersicht zur Patientenzufriedenheit nach Implantatchirurgie mit oder ohne Einsatz einer Bohrschablone zur computergeführten Implantation.«)

135 Patienten, bei welchen eine Implantatinsertion mit oder ohne Bohrschablone durchgeführt worden war, wurden befragt. Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgte mittels der Likert-

Skala zur Ermittlung der persönlichen Beurteilung des jeweiligen Verfahrens und der Visuell Analogen Skala zur Schmerzbestimmung. Die meisten Patienten, bei welchen eine Bohrschablone verwendet wurde gaben an, dass sie die computergeführte Implantation als sicher und genau einschätzen. Zudem traten geringere Schmerzen auf und die Patienten waren zufriedener mit der Behandlung als diejenigen, die eine konventionelle Implantatbehandlung erhalten hatten.



Cassetta M, Bellardini M.

How much does experience in guided implant surgery play a role in accuracy? A randomized controlled pilot study.

Int J Oral Maxillofac Surg. 2017 Jul;46(7):922-930.

(»Welchen Einfluss hat die Erfahrung auf die Präzision bei geführter Implantation? Eine randomisiert kontrollierte Pilotstudie.«)

Das Ziel der Studie war der Vergleich der Insertionsgenauigkeit von Implantaten zwischen erfahrenen und unerfahrenen Zahnärzten. Dazu wurden bei zahnlosen Patienten 33 Implantate von unerfahrenen und 37 Implantate von erfahrenen Zahnärzten geführt inseriert. Anschließend wurden die geplanten mit den tatsächlichen Implantatpositionen verglichen. In der Gruppe der Unerfahrenen betrugen die mittlere koronale und apikale Abweichung 0,75 mm und 1,02 mm und die Winkelabweichung 3,07 Grad. Bei den erfahrenen Zahnärzten lagen die Werte für die mittlere koronale/apikale Abweichung bei 0,60 mm/0,67 mm und für die Winkelabweichung 3,21 Grad. Statistisch signifikante Unterschiede konnten nicht ermittelt werden. Bei erfahrenen Operateuren war jedoch der Genauigkeitsverlust infolge einer Fehlpositionierung der Schablone signifikant reduziert.

Farley NE, Kennedy K, McGlumphy EA, Clelland NL.

Split-mouth comparison of the accuracy of computer-generated and conventional surgical guides.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Mar-Apr;28(2):563-72.

(»Ein Split Mouth-Vergleich zur Genauigkeit computergenerierter und konventionell hergestellter Bohrschablonen.«)

Bei zehn Patienten wurde nach virtueller Planung der Implantatposition je ein Implantat je Kieferhälfte an der gleichen Stelle inseriert. Die Entscheidung darüber, ob das linke oder rechte Implantat mit einer computergenerierten/konventionellen Bohrschablone eingesetzt werden sollte, wurde nach dem Zufallsprinzip getroffen. Anschließend wurden die geplante und die tatsächliche Implantatposition mittels DVT miteinander verglichen. Bei Implantaten, die mittels CAD/CAM hergestellter Bohrschablonen eingesetzt worden waren, konnten geringere mittlere Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Position in allen im Vorfeld bestimmten Outcome-Kategorien festgestellt werden. Statistisch signifikante Unterschiede zur konventionellen Implantatinsertion waren jedoch nur beim Parameter „horizontale Position im Bereich der Implantat-Eintrittsstelle“ zu ermitteln.

Pozzi A, Tallarico M, Marchetti M, Scarfò B, Esposito M.

Computer-guided versus free-hand placement of immediately

loaded dental implants: 1-year post-loading results of a multi-centre randomised controlled trial.

Eur J Oral Implantol. 2014 Autumn;7(3):229-42.

(»Computergeführte im Vergleich zur freihändigen Insertion sofortbelasteter Dentalimplantate: Ergebnisse einer multizentrischen randomisierten kontrollierten Studie nach einem Jahr unter Belastung.«)

Bei 51 teilbezahnten Patienten mit einer Mindesthöhe des Alveolarfortsatzes von 7,0 mm und einer Mindestbreite von 4,0 mm wurde in drei verschiedenen Behandlungszentren nach dem Zufallsprinzip entweder eine Implantation mit oder ohne die Verwendung einer Bohrschablone durchgeführt. Die Implantatversorgung erfolgte transgingival und nach dem Sofortbelastungsprotokoll. In der Gruppe mit konventioneller Implantatinserterion trat bei vier Patienten je eine Komplikation auf und in der Gruppe mit geführter Implantation konnten sechs Komplikationen bei fünf Patienten beobachtet werden. Signifikante Unterschiede konnten zwischen den beiden Gruppen nicht beobachtet werden, mit der Ausnahme, dass bei Patienten aus der Gruppe mit freihändiger Implantatinserterion mehr postoperative Beschwerden beobachtet werden konnten.

Tallarico M, Meloni SM, Canullo L, Caneva M, Polizzi G.

Five-Year Results of a Randomized Controlled Trial Comparing Patients Rehabilitated with Immediately Loaded Maxillary Cross-Arch Fixed Dental Prosthesis Supported by Four or Six Implants Placed Using Guided Surgery.

Clin Implant Dent Relat Res. 2016 Oct;18(5):965-972.

(»Fünfjahresergebnisse einer randomisiert kontrollierten Studie bei Patienten nach Sofortbelastung mit Prothesen auf vier oder sechs Implantaten.«)

40 Patienten wurden nach dem Zufallsprinzip nach dem All-on-Four- oder dem All-on-Six-Prinzip versorgt. Die Implantate wurden anschließend sofortbelastet. In der All-on-Six-Gruppe gingen sechs und in der All-on-Four-Gruppe ein Implantat verloren. Prothetische Komplikationen wurden nicht beobachtet. In beiden Gruppen waren technische und biologische Komplikationen zu beobachten, deren Häufigkeit sich zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschied. In der All-on-Four-Gruppe konnte ein leicht erhöhter Trend zum Auftreten von Komplikationen beobachtet werden, während in der All-on-Six-Gruppe ein gehäuftes Auftreten von Implantatverlusten beobachtet wurde. Der mittlere krestale Knochenverlust und parodontale Parameter unterschieden sich während des Fünfjahres-Follow up zwischen den beiden Gruppen nicht.

Vercruyssen M, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M.

Depth and lateral deviations in guided implant surgery: an RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of a pilot-drill template.

Clin Oral Implants Res. 2015 Nov;26(11):1315-20.

(»Abweichungen in der Insertionstiefe und in lateraler Richtung bei geführter Implantatinserterion: Eine RCT zum Vergleich der navigierten Implantation mit der freihändigen Implantatinserterion oder der Insertion mittels konventioneller Bohrschablonen.«)

60 Patienten (72 Kiefer) wurden im zahnlosen Ober- oder Unterkiefer mit vier oder sechs Implantaten versorgt. Im Vorfeld wurden sie nach dem Zufallsprinzip folgenden Behandlungsgruppen zugeteilt: Navigierte schleimhaut- oder knochengelagerte Materialise Universal-Bohrschablonen, navigierte schleimhaut- oder knochengelagerte Facilitate-Bohrschablonen, Freihand-Implantation oder konventionell hergestellte Bohrschablone. Die konventionelle Bohrschablone diente lediglich zur Durchführung der Pilotbohrungen für die Implantate. Die weitere Präparation des Implantatbetts erfolgte anschließend freihändig. Die Genauigkeit wurde anhand prä- und postoperativ hergestellter DVT gemessen. In den Gruppen mit navigierter Implantation betrug die mittlere vertikale und horizontale Abweichung 0,9 mm. Die Abweichung in mesio-distaler Richtung lag bei 0,6 mm und in bukkal-oraler Richtung bei 0,5 mm. In den nicht geführten Gruppen lag die mittlere vertikale Abweichung bei 1,7 mm und die mittlere horizontale Abweichung bei 2,1 mm. Mesio-distal betrug die Abweichung 1,8 mm und bukkal-oral 0,7 mm.

Schlussfolgerung: Die Genauigkeit ist bei der nicht geführten Implantation signifikant niedriger als bei der navigierten Implantation.

Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M.

A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone- or mucosa-supported) with mental navigation or the use of a pilot-drill template.

J Clin Periodontol. 2014b Jul;41(7):717-23.

(»Eine randomisierte klinische Studie zum Vergleich einer geführten Implantation (schleimhaut- oder knochengelagert) mit einer Freihand-Implantation oder einer Implantatinserterion mit einer einfachen Bohrschablone.«)

Das Behandlungsprotokoll entsprach dem der vorgehenden Studie, da die RCT von der gleichen Studiengruppe durchgeführt wurde. Allerdings wurden statt 60 Patienten 59 Patienten (72 Kiefer) in die Studie einbezogen. Die Genauigkeit wurde anhand prä- und postoperativ hergestellter DVT gemessen. In den Gruppen mit navigierter Implantation konnten im Vergleich zur nicht geführten Implantation (Freihand und Bohrschablone) signifikant geringere Winkelabweichungen sowie signifikant geringere Abweichungen im Bereich der Eintrittsstelle und im apikalen Bereich der Implantate beobachtet werden. Die Genauigkeit der Implantatinserterion war signifikant abhängig von der Lokalisation der Implantate.

Schlussfolgerung: Auf Grundlage der Ergebnisse scheint die navigierte Implantation klare Vorteile gegenüber den konventionellen Methoden anzubieten.



Ihr virtueller Stammtisch im Netz:
www.implantate.com

Vercruyssen M, De Laat A, Coucke W, Quirynen M.

An RCT comparing patient-centred outcome variables of guided surgery (bone or mucosa supported) with conventional implant placement.

J Clin Periodontol. 2014 Jul;41(7):724-32.

(»Eine RCT zum Vergleich patientenorientierter Outcome-Parameter bei geführter oder konventioneller Implantatinserterion.«)

Das Behandlungsprotokoll und die Anzahl Patienten/Kiefer entsprach dem der vorgehenden Studien, da die RCT von der gleichen Studiengruppe durchgeführt wurde. Zur Ermittlung postoperativer Beschwerden wurden die holländische Version des McGill-Schmerzfragebogens sowie die Visuelle Analoge Schmerzskala (VAS) verwendet. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde ebenfalls ermittelt. Zwischen den verschiedenen Gruppen waren nur geringe Unterschiede in Bezug auf die patientenspezifischen Outcome-Parameter zu ermitteln. Bei Bildung eines Mukoperiostlappens gaben die Patienten längere postoperative Schmerzperioden an.

Vercruyssen M, van de Wiele G, Teughels W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M.

Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year follow-up: An RCT comparing guided surgery with conventional implant placement.

J Clin Periodontol. 2014 Dec;41(12):1154-60.

(»Implantat- und patientenbezogene Behandlungsergebnisse bei geführter Implantatinserterion nach einem einjährigen Follow up: Eine RCT zum Vergleich einer geführten Implantatbehandlung mit der konventionellen Implantatinserterion.«)

Das Behandlungsprotokoll und die Anzahl Patienten/Kiefer entsprachen dem der zwei vorgehenden Studien, da die RCT von der gleichen Studiengruppe durchgeführt wurde. Radiologische und klinische Parameter wurden zum Zeitpunkt der Implantatinserterion sowie nach einem einjährigen Follow up durchgeführt. Die Patientenzufriedenheit wurde mit dem OHIP-49 Fragebogen ermittelt. Keines der insgesamt 314 inserierten Implantate ging im Beobachtungszeitraum verloren. Bei navigierter Implantation trat ein mittlerer krestaler Knochenverlust von 0,04 mm auf. Bei konventioneller Implantation betrug der mittlere krestale Knochenverlust 0,01 mm. Der BOP betrug in den Testgruppen 1,41/1,10 und in den Kontrollgruppen 1,37/1,77. Die mittlere Sondierungstiefe lag in der Gruppe mit geführter Implantation bei 2,81 mm und in der Gruppe mit konventioneller Implantation bei 2,50 mm. In allen Behandlungsgruppen konnte eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität beobachtet werden. In Bezug auf die röntgenologischen und klinischen Parameter waren keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2017 Jun 20. [Epub ahead of print]

(»Genauigkeit der computergestützten Implantatinserterion: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse von klinischen, In vitro- und Kadaverstudien.«)

Das Ziel der systematischen Übersichtsarbeit waren die Genauigkeitsanalyse der computergestützten Implantatinserterion sowie der Vergleich der virtuellen Planung und der Ergebnisse in Abhängigkeit vom Studientyp. Ein weiteres Studienziel war der Vergleich der Ergebnisse nach teil- bzw. vollnavigierter Implantatchirurgie. Dazu wurde eine Literaturrecherche in der elektronischen Datenbank Pubmed mit den Suchbegriffen "reliability AND dental implant planning" und "accuracy dental implant planning" durchgeführt. Insgesamt 34 Studien mit 3.033 Implantaten erfüllten die Einschlusskriterien. Bei acht der Veröffentlichungen handelte es sich um In vitro-Studien, vier waren Kadaverstudien und bei den restlichen 22 Publikationen handelte es sich um klinische Untersuchungen. Im Vergleich zu den klinischen und den Kadaverstudien wurden in den In vitro-Studien signifikant geringere horizontale Abweichungen und Winkelabweichungen im apikalen Bereich der Implantate ermittelt. Statistisch signifikante apikal-koronale und vertikale Abweichungen waren zwischen den Gruppen nicht ermittelbar. Bei vollnavigierter Implantation waren im Vergleich zur teilnavigierten Implantation in Kadaverstudien signifikant geringere horizontale Abweichungen im koronalen Bereich der Implantate zu beobachten. In klinischen Studien konnten signifikant geringere Abweichungen im apikalen Bereich der Implantate beobachtet werden. Gleichermaßen geringere horizontale apikale Abweichungen sowie Winkelabweichungen waren bei vollnavigierter Insertion im Vergleich zur teilnavigierten Implantation sowohl in klinischen als auch in Kadaverstudien zu ermitteln.

Schlussfolgerung: Im Vergleich zu In vitro-Studien war in klinischen und Kadaverstudien eine signifikant höhere Genauigkeit festzustellen. Diese signifikanten Unterschiede galten insbesondere für Winkelabweichungen sowie Abweichungen im apikalen Implantatbereich. Mittels vollnavigierter Implantatinserterion konnten signifikant genauere Ergebnisse erzielt werden als bei teilnavigiertem Vorgehen.

Carbajal Mejia JB, Wakabayashi K, Nakano T, Yatani H.

Marginal Bone Loss Around Dental Implants Inserted with Static Computer Assistance in Healed Sites: A Systematic Review and Meta-analysis.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2016 Jul-Aug;31(4):761-75.

(»Krestaler Knochenverlust im Bereich von Dentalimplantaten nach computergesteuerter Insertion im ausgeheilten Kiefer: Ein systematischer Review.«)

Das Ziel der Übersichtsarbeit war die Untersuchung krestaler Knochenverluste im Bereich von statisch computergestützt inserierten Dentalimplantaten. Dazu wurden eine elektronische Datenbankrecherche zu randomisierten und nicht-randomisierten klinischen Studien in Pubmed, Web of Science und dem Cochrane Oral Health Group Trials Register sowie eine Handsuche in hochwertigen relevanten Fachjournals durchgeführt. 18 Studien mit insgesamt 2.675 Implantaten erfüllten die Einschlusskriterien. Der gepoolte mittlere krestale Knochenverlust betrug nach einem einjährigen Follow up 1,06 mm und nach drei Jahren Beobachtungszeit 1,48 mm. Auf Grundlage der ermittelten Daten lässt sich feststellen, dass die computergeführte Implantatinserterion



**Systematische Reviews,
Metaanalysen**

Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B.

Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies.

eine gangbare Alternative zur konventionellen Implantation darstellt. Voraussetzungen für den Implantaterfolg sind eine entsprechende indikationsgerechte Auswahl der Patienten sowie ein ausreichendes Knochenangebot des Implantatlagers. Trotz der vielversprechenden ersten Erkenntnisse ist die aktuelle wissenschaftliche Evidenz aufgrund des Mangels an entsprechenden Langzeitergebnissen limitiert.

D'haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and complications using computer-designed stereolithographic surgical guides for oral rehabilitation by means of dental implants: a review of the literature.

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Jun;14(3):321-35.

(»Eine Literaturübersicht zur Präzision und zu Komplikationen bei computergestützter Implantatinserterion mittels stereolithografisch hergestellten Bohrschablonen.«)

In der Literaturdatenbank Pubmed wurde mittels verschiedener Begriffe eine Recherche zu Publikationen durchgeführt, deren Forschungsgegenstand die Präzision von Implantatinserterionen mittels stereolithografisch hergestellten Bohrschablonen sowie nachfolgende prothetische Komplikationen war. Insgesamt 31 Publikationen standen für eine Analyse zur Verfügung. Es konnten erhebliche dreidimensionale Abweichungen zwischen der virtuellen Planung und der tatsächlichen Implantatposition ermittelt werden. Prothetische Komplikationen waren in 42,0 % der Fälle zu beobachten, sofern nach geführter Implantation ein Sofortbelastungsprotokoll gewählt wurde.

Schlussfolgerung: Auf Grundlage der Ergebnisse sollte die computergestützte Implantation mittels stereolithografisch hergestellter Bohrschablonen nur mit Vorsicht eingesetzt werden.

Hultin M, Svensson KG, Trulsson M.

Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic reviews.

Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23 Suppl 6:124-35.

(»Ein systematischer Review zu klinischen Vorteilen der computergestützten Implantatinserterion.«)

Die systematische Literaturrecherche wurde in vier elektronischen Datenbanken und mittels Handsuche in relevanten Journalen durchgeführt. 28 Studien und zwei systematische Reviews standen für die Analyse zu Vorteilen einer computergestützten Implantatbehandlung zur Verfügung. Nur bei drei der klinischen Untersuchungen handelte es sich um randomisiert kontrollierte Studien. Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass eine geführte Implantatinserterion zu ähnlich guten Ergebnissen bezüglich der Implantatüberlebensraten führt wie ein konventionelles Insertionsprotokoll. Berichte zu unerwarteten adversen Vorfällen bei der computergestützten Implantationsmethode lassen jedoch die Schlussfolgerung zu, dass die klinischen Herausforderungen für den Operateur nicht weniger ausgeprägt sind als bei der konventionellen Therapie. Ein entscheidender Vorteil der computergestützten Methode liegt darin, dass diese eine lapenlose Implantatinserterion erleichtert, was zu einer geringeren Belastung des Patienten führt.

Laleman I, Bernard L, Verduyssen M, Jacobs R, Bornstein MM, Quirynen M.

Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2016;31 Suppl:s103-17.

(»Ein systematischer Review zur geführten Implantatinserterion

im zahnlosen Oberkiefer.«)

Die systematische Literaturrecherche zu statisch navigierten Implantatverfahren mittels Bohrschablone wurde anhand folgender PICO-Frage durchgeführt: „Beeinflusst der Einsatz digital hergestellter Bohrschablonen gegenüber der konventionellen Implantatinserterion folgende Outcome-Parameter: chirurgische Komplikationen, implantologische und prothetische Komplikationen, implantologische und prothetische Überlebensraten, ökonomische Aspekte, Patientenzufriedenheit und Eingriffe zur Instandhaltung. 36 von 2.588 Publikationen erfüllten die Einschlusskriterien. Da im Zuge der ersten PICO-Frage keine RCT aufgefunden werden konnten, musste die Fragestellung dahingehend modifiziert werden, dass nur noch Ergebnisse der statisch navigierten Implantation berücksichtigt wurden, ohne Vergleiche zur konventionellen Methode herzustellen. Auch wenn bislang keine Ergebnisse von Langzeitstudien vorliegen, scheinen die Ergebnisse nach statisch navigierter Implantation vergleichbar zu sein mit den Ergebnissen bei konventioneller Implantatversorgung. Von Vorteil bei der computergestützten Methode ist die geringere Belastung der Patienten, da die Implantate ohne Bildung eines Mukoperiostallappens eingesetzt werden können. Die finanziellen Vorteile der statisch navigierten Implantation sind nicht eindeutig geklärt.

Moraschini V, Velloso G, Luz D, Barboza EP.

Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis.

Int J Oral Maxillofac Surg. 2015 Jul;44(7):892-901.

(»Ein systematischer Review und eine Metaanalyse zu Implantatüberlebensraten, Veränderungen des krestalen Knochenlevel sowie Komplikationen bei vollprothetischer Rehabilitation nach lapenloser computergestützter Implantatchirurgie.«)

Die Literaturrecherche wurde in den Datenbanken Pubmed und Central durchgeführt. 13 Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Bei computergestützter Implantatchirurgie konnten im Beobachtungszeitraum von 1-4 Jahren eine Implantatüberlebensrate von 97,2 % und ein mittlerer krestaler Knochenverlust von 1,45 mm ermittelt werden. Trotz der vielversprechenden Ergebnisse wurde in den Publikationen häufig von Komplikationen wie Implantatverlusten, Frakturen der Bohrschablonen und eine geringe Primärstabilität der Implantate berichtet.

Pozzi A, Polizzi G, Moy PK.

Guided surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: A critical review.

Eur J Oral Implantol. 2016;9 Suppl 1:S135-53.

(»Geführte Implantatversorgung von Einzelzahnücken mittels zahngestützter Bohrschablonen. Ein kritischer Review.«)

Um die Präzision, die klinischen Vorteile und die Behandlungsergebnisse nach Implantatversorgung von Einzelzahnücken mittels zahngestützter Bohrschablonen zu evaluieren, wurden eine elektronische und eine manuelle Literaturrecherche durchgeführt. Von insgesamt 1.027 Artikeln wurden 32 Publikationen (209 Patienten mit 342 Implantaten) in die Analyse einbezogen. Die kumulative Implantatüberlebensrate war der einer konventionellen Behandlung vergleichbar und lag zwischen 100,0-96,5 %. Bei zahngestützten Bohrschablonen sind präzisere Positionierungen der Implantate zu erwarten als bei schleimhaut- oder knochengelagerten Bohrschablonen.

Raico Gallardo YN, da Silva-Olivio IRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L.

Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis.

Clin Oral Implants Res. 2017 May;28(5):602-612.

(»Ein Genauigkeitsvergleich computergestützter Implantat-chirurgie in Abhängigkeit der Abstützung: Ein systematischer Review und eine Metaanalyse«)

Um die Genauigkeit bei computergestützter Implantatinsertion in Abhängigkeit von der Abstützung der Bohrschablonen (Zähne, Schleimhaut oder Knochen) zu evaluieren, wurde eine Recherche in den Literaturdatenbanken Pubmed und Central durchgeführt. Acht von 1.602 Publikationen wurden in die Analyse einbezogen. Im Vergleich zu zahngelagerten und schleimhautgelagerten Bohrschablonen zeigten knochengelagerte Bohrschablonen signifikant erhöhte Abweichungen im Winkel und der Insertionsstelle der Implantate sowie der Lage der Implantatspitze. Zwischen schleimhaut- und zahngestützten Bohrschablonen konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Abweichungen ermittelt werden.

Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W.

Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29 Suppl:25-42.

(»Eine systematische Übersichtsarbeit zum Einsatz computergestützter Anwendungen in der dentalen Implantologie.«)

Zur Evaluation der Genauigkeit und der Ergebnisse statisch navigierter computergestützter Implantatverfahren wurden eine Recherche in elektronischen Datenbanken und eine Handsuche in relevanten Journalen durchgeführt. Von 2.359 Publikationen wurden 14 Studien mit dem Endpunkt Implantatüberleben und 24 Genauigkeitsuntersuchungen in die Analyse einbezogen. Die Metaanalyse der Genauigkeitsstudien ergab eine mittlere Abweichung von 1,12 mm im Bereich des Implantathalses und von 1,39 mm an der Implantatspitze. Die Studien zu Implantatüberlebensraten nach statisch navigierter Implantatinsertion ergaben nach einem Mindest-Follow up von zwölf Monaten eine mittlere Verlustrate von 2,7 %. In 36,4 % der Fälle waren intraoperative oder prothetische Komplikationen zu beobachten. Dazu gehörten u. a. intraoperative Frakturen der Bohrschablonen, Planänderungen infolge einer reduzierten Implantat-Primärstabilität, die Notwendigkeit zusätzlicher augmentativer Maßnahmen, Schraubenlockerungen und Passungenauigkeiten der Suprakonstruktion sowie Frakturen des prothetischen Ersatzes.

Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M.

Accuracy of computer-aided implant placement.

Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23 Suppl 6:112-23.

(»Die Genauigkeit der computergestützten Implantatinsertion.«)

Zur Analyse der Genauigkeit einer statisch navigierten Implantatinsertion wurden elektronische und manuelle Literaturrecherchen durchgeführt. Die Metaanalyse von 19 Studien, welche die Einschlusskriterien erfüllten, ergab eine mittlere Abweichung von 0,99 mm am Implantathals und 1,24 mm im Bereich der Implantatspitze. Die mittlere Winkelabweichung betrug 3,81 Grad. Im Vergleich zur nicht geführten Implantation werden bei statisch geführter Implantatinsertion genauere Ergebnisse in Bezug auf alle untersuchten Parameter erzielt. Die Anzahl eingesetzter Bohrschablonen sowie die Anzahl verwendeter Fixationspins hatten einen positiven Einfluss auf die Genauigkeitswerte. Die Lokalisation (Ober- oder Unterkiefer) hatte keinen Einfluss auf die Genauigkeitswerte.

Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo C-I, Shafer DM.

Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery – A Systematic Review and Meta-analysis.

Journal of Evidence Based Dental Practice. 2017. [Epub ahead of print]

(»Klinische Einflussfaktoren auf die Präzision der computergestützten Implantation – ein systematischer Review und eine Metaanalyse.«)

Die systematische Literaturrecherche wurde in den Datenbanken Pubmed und Central durchgeführt, um die Outcome-Parameter 1) Winkelabweichung, 2) Abweichung im Bereich der Insertionsstelle und 3) apikale Abweichung des Implantats bei geführter Implantation zu untersuchen. 14 klinische Studien von insgesamt 1.951 Publikationen erfüllten die Einschlusskriterien. Die Meta-Regressionsanalyse ergab eine mittlere Winkelabweichung von 4,1 Grad, eine mittlere krestale Abweichung von 1,25 mm und eine mittlere apikale Abweichung von 1,57 mm. Die mittlere Winkelabweichung war im Unterkiefer signifikant geringer als im Oberkiefer. Eine teilnavigierte Implantatinsertion resultierte in signifikant erhöhten mittleren Abweichungen des Winkels sowie im Bereich der Eintrittsstelle und des Apex des Implantats im Vergleich zum vollnavigierten Vorgehen. Eine lappenlose Implantatinsertion ergab signifikant präzisere Ergebnisse bei allen drei Parametern im Vergleich zur Implantation mit Bildung eines Mukoperiostlappens. Bei Verwendung von Fixationsschrauben wurden signifikant geringere mittlere Winkelabweichungen beobachtet. ■

In der nächsten Ausgabe **pip** 1/2018:

Die digitale Behandlungskette in der dentalen Implantologie – Teil III: Prothetik

Wollen Sie mehr zu einer bestimmten Arbeit wissen?

Nutzen Sie unseren Volltext-Service auf www.pipverlag.de, senden Sie ein Fax an **08025-5583** oder eine E-Mail an leser@pipverlag.de.

Wir recherchieren die Gesamtkosten bei den einzelnen Verlagen bzw. Textservices, Sie erhalten eine Gesamtkostenübersicht und können über uns bestellen.

Für **pip**-Abonnenten sind Recherche, Handling und Versand der Texte kostenlos!