

Dreidimensional und präzise

Röntgenologische Diagnostik und digitale Planung von Implantatinsertionen

Ein Beitrag von Dr. Pascal Marquardt, Frankfurt am Main

In der oralen Implantologie ist heute eine präzise präoperative Planung sowohl der Implantatinsertion als auch der prothetischen Versorgung die wichtigste Grundlage einer erfolgreichen Rehabilitation des implantatprothetisch zu versorgenden Patienten. Die radiologischen Daten können durch moderne dreidimensionale Aufnahmetechniken wie die digitale Volumetomographie bei sehr niedriger Strahlenbelastung und ausgezeichneter Bildgenauigkeit gewonnen und mit verschiedenen Softwareprogrammen bearbeitet werden. Konnten bisher nur die Position der Implantatschulter oder die Achse der Bohrung in die klinische Anwendung umgesetzt werden, so ist es heute möglich, die im Vorfeld der Operation am Computer bestimmte Implantatposition exakt dreidimensional in den Operationssitus zu übertragen. Eine so geplante Behandlung kann schnell, minimalinvasiv und vor allem vorhersagbar durchgeführt werden. Dies steigert die Qualität des chirurgischen Eingriffes wie auch die der prothetischen Versorgung. Wichtigster Punkt aus zahnärztlicher Sicht bleibt aber die zuverlässige Möglichkeit der Kontrolle der gesamten Systemgenauigkeit, die mit der Führung der Implantatinsertion an Bedeutung gewinnt und zentraler Punkt im erfolgreichen Einsatz schienengeführter Navigation bleibt.

Dreidimensionale Diagnostik

Grundlage für die schablonengeführte Implantatinsertion ist die dreidimensionale Röntgendiagnostik. Zweidimensionale Aufnahmen können zu eingeschränkten diagnostischen Aussagen führen. Heute stehen mit strahlenreduzierten Computertomographen (CT) und modernen digitalen Volumetomographen (DVT) genaue und strahlungsarme Geräte zur Verfügung. Einige Autoren berichten, dass für die orale Implantologie klinisch relevante Strukturen wie der Nervus alveolaris inferior sowohl bei der konventionellen Computertomographie als auch bei der Volumetomographie gleich gut zu beurteilen sind [1-4]. Bei Untersuchungen zur Strahlenbelastung konnten Schulze et al. 2004 [5] bei der Anwendung eines DVT eine absorbierte Dosis von einem Drit-

tel der Dosis eines Spiral-CTs feststellen. Die effektive Dosis eines modernen DVT-Scanners (beispielsweise Newtom 3G, Newtom AG) wird mit etwa 56,5 μ Sv beschrieben [6]. Im Vergleich zur konventionellen zweidimensionalen Panoramaschichtaufnahme erzeugt ein DVT somit bei entsprechender Geräteeinstellung lediglich eine zwei- bis vierfach höhere Strahlendosis. Dies stellt eine ideale Grundlage zur geführten Implantation dar.

Digitale Planung

Mit digital gestützten Diagnostiksystemen und deren Umsetzung auf Grundlage von dreidimensionalen Datensätzen der Knochenstruktur ist es möglich, die beiden zentralen Aspekte – exakt geplante prothetische Ideallösung und anatomische Gegebenheit – zu vereinen. Die generierten Daten werden im DICOM-Format (Digital Imaging and Communications in Medicine) zur Darstellung, Analyse und späteren Verarbeitung genutzt [7-13]. So kann bereits vor dem operativen Eingriff das Knochenangebot im prothetisch relevanten Kieferabschnitt analysiert und dem Patienten die individuelle Behandlungsplanung anschaulich am Computer erläutert werden. Bestehende Risiken können ohne chirurgische Intervention diagnostiziert werden und dadurch kann die Behandlung vorhersagbar durchgeführt werden.

Ein funktionelles und ästhetisches Set-up bildet die Basis für die prothetische und chirurgische Rehabilitation (Backward Planning) [11,12]. Für die dreidimensionale Aufnahme wird das Set-up mit röntgenopaken Zähnen in den Patientenumund übertragen. So kann die Implantatposition während der Planung am Computer optimal an die prothetische Situation angepasst werden. Notwendige Knochenaufbauten können geplant oder eventuell durch ein geschicktes Positionieren des Implantates vermieden werden. Falls gewünscht, kann ein Sofortprovisorium im Vorfeld der Operation angefertigt und nach Insertion der Implantate ohne wesentliche Nacharbeit eingliedert werden.



Abb. 1: Die durch Vorwalltechnik auf Basis des diagnostischen Wax-up hergestellte Röntgenschiene. Kennzeichnend sind die mit Bariumsulfat angereicherten Zähne, der Steckbaustein zur Referenzierung und zwei Guttapercha-Sicherheitsmarker.

Chirurgische Führungsschienen

Derzeit sind verschiedene Softwareprogramme auf dem Markt. Durch unterschiedliche Techniken ermöglichen sie eine Umsetzung der präoperativ geplanten Position des Implantates. Die Übertragung der Implantatposition erfolgt durch eine chirurgische Führungsschiene. Hierbei wird zwischen stereolithographisch in einer zentralen Produktionsstelle hergestellten Schienen und mechanisch vom Zahntechniker angefertigten Schienen unterschieden. Zur Herstellung stereolithographischer Schienen wird die Röntgenschiene mit dem 3D-Röntgengerät eingescannt. Nach der virtuellen Positionierung der Implantate werden vollautomatisch die entsprechenden Hülsen



Abb. 2: Lieferzustand einer stereolithographisch hergestellten Schiene. Eine exakte, der Röntgenschiene entsprechende Positionierung ist nicht zu erreichen.

digital integriert und die Schiene dreidimensional ausgedruckt [14]. Bei mechanisch gefertigten Schienen bringt der Zahntechniker die gewünschten Führungshülsen über einen Positionierer in die von ihm hergestellte und auf Passung überprüfte Röntgenschiene. Dadurch können mögliche Fehlerquellen eliminiert werden, was die Genauigkeit eines solchen Systems deutlich steigert. Zur Herstellung laborgefertigter Führungsschienen (CeHa imPlant powered by med3D, C. Hafner) wird anhand des diagnostischen Set-up eine Röntgenschiene hergestellt, welche der Patient während der dreidimensionalen Röntgenaufnahme trägt (Abb. 1). Die genaue Übertragung der geplanten Implantatposition ist wesentlich von der exakten Passung der Schiene abhängig. Ungenauigkeiten wie sie bei der Herstellung stereolithographischer Schienen (durch die digitale Reproduktion der Diagnostikschiene und deren dreidimensionalen Ausdruck) entstehen können, werden vermieden (Abb. 2). Diese spielen aufgrund der Resilienz der Gingiva beim zahnlosen Patienten eine untergeordnete Rolle. Bei teilbezahnten Patienten ist die passgenaue Röntgenschiene jedoch entscheidend für die Genauigkeit (Abb. 3). Zudem sind laborgefertigte Schienen im Vergleich zu stereolithographischen Schienen preiswerter [13].

Übertragung der Daten

Die im Set-up aufgestellten Zähne werden mittels Vorwalltechnik in Zähne aus mit einer Bariumsulfat-Mischung versehenen Kunststoff überführt. Der eingebaute Steckbaustein fungiert als An-



Abb. 3: Der Sitz der laborgefertigten Schiene kann jederzeit im Mund des Patienten durch eingebrachte Sichtfenster kontrolliert werden. Somit ist eine reproduzierbare Positionierung während der Röntgenaufnahme und während des chirurgischen Eingriffs gewährleistet.

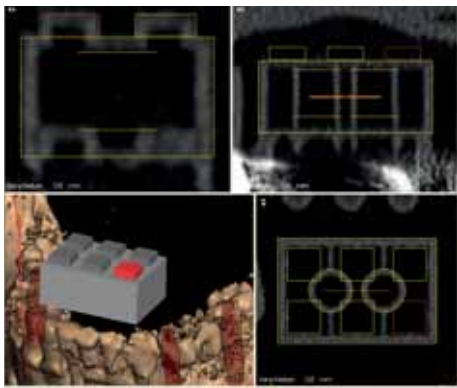


Abb. 4: Überlagerung des digitalen Steckbausteines mit dem eingescannten Baustein

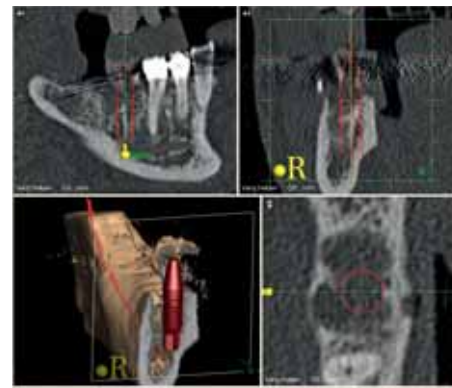
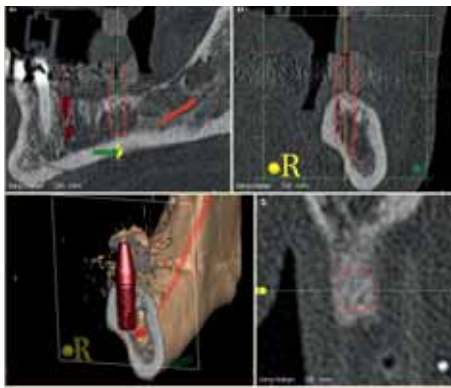


Abb. 5 und 6: Prothetisch orientierte Planung der Implantatpositionen



Position: 36		
Tube 3,5 mm		
A	8	0,84
B	10	6,64
C	6	8,94
D	4	9,74
E	10	9,31
F	9	5,01
ok ?		
ok ?		d

Abb. 7a bis d: Die von der Software ermittelten Werte werden vom Zahn-techniker manuell in den Positionierer übertragen.



Abb. 8 und 9: Die gewünschten Führungshülsen werden in die Schiene einpolymerisiert.

haltspunkt für die Software. Zudem sind im Bereich der zu inserierenden Implantate kleine Guttapercha-Marker eingelassen, die zur Überprüfung der Systemgenauigkeit dienen. Nach der Anfertigung des dreidimensionalen Datensatzes mit DVT oder konventionellem CT werden die Daten an den behandelnden Zahnarzt übermittelt und in die Software geladen. Sie stehen nun zur Bearbeitung zur Verfügung. Um einen genauen Referenzpunkt zu haben, muss der digitale Steckbaustein mit dem eingescannten Stein überlagert werden (Abb. 4). Das Auffinden der Unterkiefernerve wird durch eine halbautomatische Nervdetektion erleichtert.

Nun können die Implantate an der prothetisch optimalen Position geplant werden (Abb. 5 und 6). Nach Abschluss der Planung ermittelt die Soft-



Abb. 16 und 17: Die klinische Ausgangssituation des Patienten und die eingesetzte chirurgische Führungsschiene



Abb. 18 und 19: Das verwendete Bohrer-Hülsensystem und die fertig inserierten Implantate



Abb. 20: Die Situation nach der Implantatinserion. Aufgrund der hervorragenden knöchernen und gingivalen Verhältnisse im linken Unterkiefer konnten die Implantate ohne Lappenbildung gesetzt werden. Im rechten Unterkiefer wurde ein minimaler Lappen zum Erhalt der Attached Gingiva gebildet.

Abb. 21a und b: Postoperative Panoramaschichtaufnahme zur Röntgenkontrolle und präoperative Planung in der Panoramafunktion der CeHa imPlant Software

Patientenfall

Die klinische Ausgangssituation eines 68-jährigen Patienten zeigt acht Wochen nach Extraktion der Molaren eine beidseitig verkürzte Zahnreihe im Unterkiefer (Abb. 16 und 17). Bei der Eingliederung der Führungsschiene muss auf den exakten Sitz geachtet werden. Es werden drei Führungshülsen (Guided Sleeves, Nobel Biocare) integriert. Durch den Einsatz weiterer Hülsen in die primäre Führungshülse kann die Implantatbett-aufbereitung geführt werden. Hierzu müssen spe-

zielle, auf das Implantatsystem abgestimmte, überlange Spiralbohrer verwendet werden (Guided Twist Drills, Nobel Biocare). Die Insertion der Implantate ist über Einbringpfosten im jeweiligen Durchmesser möglich (Abb. 18 und 19). Im dritten Quadranten ist aufgrund der ausgezeichneten knöchernen und weichgewebigen Situation eine transgingivale Implantation möglich. Diese verursacht nur minimale postoperative Beschwer-



Abb. 22: Die okklusal verschraubten Provisorien



Abb. 23: Die fertige metall- und vollkeramische Versorgung

den beim Patienten. Zum Erhalt der Attached Gingiva wurde vor der Insertion im Bereich des rechten unteren Molaren ein kleiner Mukoperiostlappen gebildet. Ein weiterer Grund zur Lappenbildung war der zum Zeitpunkt der Implantation nur schwer zu prognostizierende Grad der Reossifikation der Extraktionsalveole (Abb. 20 bis 21b). Hier ermöglicht das CT nur schwer eine genaue Diagnose des klinischen Bildes. Aufgrund einer notwendigen lateralen Augmentation wurde der Lappen im Anschluss wieder komplett verschlossen. Nach einer Einheilphase von drei Monaten konnten die Implantate mit einem okklusal verschraubten, laborgefertigten Langzeitprovisorium versorgt werden (Abb. 22). Die definitive metallkeramische Versorgung wurde drei Monate später eingegliedert (Abb. 23).

Durch die geführte Implantation konnte diese Rehabilitation unter größtmöglicher Sicherheit und Vorhersagbarkeit minimalinvasiv gehalten werden. Die Lappenbildung im rechten Unterkiefer verdeutlicht die intraoperative Flexibilität eines solchen Systems.

Doch nicht nur die sichere Insertion stellt einen Vorteil gegenüber konventionellen Techniken dar. Bei fortgeschrittener Alveolarkammathrophie kann durch die präzise Übertragung der Implantatposition der vorhandene Restknochen optimal genutzt werden.

Schlussfolgerung

Mit einer schienengeführten Implantation sind ein optimales Therapieergebnis und eine Steigerung der Qualität zu erzielen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit ist eine wesentliche Voraussetzung. Ohne ein gut kooperierendes Team (Chirurg, Prothetiker und Zahntechniker) ist trotz modernster Techniken kein Langzeiterfolg möglich. Zentraler Punkt aus zahnärztlicher Sicht

bleibt die zuverlässige Möglichkeit der Kontrolle der Systemgenauigkeit.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei Ztm. Karen Urban und Ztm. Peter Zech vom „Das Zahnlabor“ in Wittnau sowie Ztm. Peter Scherzinger „Zahnwerkstatt“ in Bötzingen für die gemeinsame Durchführung der Behandlung des vorgestellten Patienten, sowie bei Prof. Dr. Dr. h. c. J. R. Strub, Ärztlicher Direktor der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, und bei der Uniklinik Freiburg für die Unterstützung in den letzten Jahren.

Korrespondenzadresse:
Dr. Pascal Marquardt
Praxis Dr. Spiegelberg
Schillerstraße 26
60313 Frankfurt am Main
zahnheilkunde@me.com
www.drpascalmarquardt.de

Literatur beim Verfasser

Anzeige

Prof. Dr. Niels Korte
Marian Lamprecht

Absage durch Hochschule oder ZVS? – Klagen Sie einen Studienplatz ein!

Wir haben seit 1998 zahlreiche Mandate im Bereich Hochschulrecht erfolgreich betreut. Unsere Kanzlei liegt direkt an der Humboldt-Universität. Prof. Dr. Niels Korte lehrt selbst an einer Berliner Hochschule.

Entfernung spielt keine Rolle – wir werden bundesweit für Sie tätig.

Besuchen Sie uns auf der Münchener Messe Einstieg Abi am 20. – 21. November 09!

Zur Terminvereinbarung in München: 089 – 25 55 72 52
oder 24 Stunden kostenlos: 0800-226 79 226
www.studienplatzklagen.com

Unter den Linden 12
10117 Berlin-Mitte

www.anwalt.info
kanzlei@anwalt.info