

Digitaler Workflow bei Sofortimplantation mit dem Dual-Zone-Konzept

Ein Beitrag von Dr. Kalin Marinov

Das Fachgebiet der dentalen Implantologie hat in den letzten Jahren einen Paradigmenwechsel erlebt, bei dem Sofortimplantationen zunehmend als bevorzugte Behandlungsoption für den Ersatz nicht erhaltungswürdiger Zähne anerkannt werden.

Ein innovativer Ansatz ist die geführte Sofortimplantation, bei der fortschrittliche dreidimensionale Bildgebungstechnologien und additive Fertigungsverfahren genutzt werden, um präzise chirurgische Schablonen herzustellen. Diese Schablonen ermöglichen eine exakte Positionierung und Platzierung der Implantate. In einer randomisierten, kontrollierten klinischen Studie (RCT) wurde die Genauigkeit freihändiger Sofortimplantationen mit der statisch geführten Methode verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die statisch geführte Chirurgie signifikant präzisere Ergebnisse lieferte als die freihändige Technik.¹

Durch den Einsatz digitaler Planungssoftware und computergestützter chirurgi-

scher Schablonen wird die Sofortimplantation zudem minimalinvasiver gestaltet. Dies reduziert das operative Trauma, verkürzt die Eingriffszeit und optimiert sowohl die Implantatpositionierung als auch das ästhetische Outcome. Die Vorteile spiegeln sich letztlich in einer höheren Patientenzufriedenheit wider, da Funktionalität und Ästhetik effektiver kombiniert werden können.

Eine systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse wurden durchgeführt, um die Ausfallraten von Implantaten sowie den Einfluss der geführten und freihändigen Implantationstechniken auf diese Parameter zu bewerten. Die Ergebnisse zeigten, dass beide Methoden eine hohe Überlebensrate der Implantate ermög-

lichen. Allerdings waren die Misserfolge bei der freihändigen Implantation fast dreimal höher als bei der geführten Technik. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die geführte Implantatplatzierung als bevorzugte Methode empfohlen, um konsistent erfolgreiche Ergebnisse zu erzielen.²

Eine häufige Herausforderung für Implantologen stellen anatomische Gegebenheiten dar, wie beispielsweise der Sinus maxillaris im Oberkiefer oder der Nervus alveolaris inferior im Unterkiefer. Hinzu kommen komplexe klinische Szenarien, darunter ein begrenztes Knochenangebot, Infektionen von nicht erhaltungswürdigen Zähnen oder parodontal geschädigte Zähne, die extrahiert werden müssen. In solchen Fällen ist es essenziell,



Abb. 1: Periapikaler Abszess im Bereich des linken mandibulären ersten Molars. – **Abb. 2:** Diagnostisches periapikales Röntgenbild, das die infizierte mesiale Wurzel mit Furkationsbeteiligung zeigt.

eine primäre Stabilität des Implantats sicherzustellen und ein optimales prothetisches Profil bei der Fallauswahl zu berücksichtigen.

Die geführte Chirurgie bietet in diesem Kontext entscheidende Vorteile. Sie ermöglicht die präzise Planung der Implantatposition bereits vor dem operativen Eingriff, wodurch die Sicherheit und Effizienz erhöht werden. Dies stärkt nicht nur das Vertrauen und den Komfort des Behandlers, sondern führt auch zu stabilen, vorhersehbaren Ergebnissen bei Sofortimplantationen.

Die geführte Sofortimplantation in Kombination mit dem Auffüllen des sogenannten „Jumping Gaps“ und der anschließenden digitalen Sofortprovisorien bietet signifikante Vorteile: Sie verbessert die ästhetischen Ergebnisse und reduziert gleichzeitig Behandlungsdauer, Kosten sowie die Anzahl erforderlicher Termine.³

Der Begriff „Dual Zone“ beschreibt die Gewebezone apikal und koronal zur Schulter eines unmittelbar gesetzten Implantats, welche nach der Zahnentfernung regressieren oder kollabieren kann. Die Dual-Zonen-Technik adressiert dieses Risiko durch das Einbringen von Knochentransplantationsmaterial in den Spalt zwischen Implantat und bukkaler Knochenwand bis hin zum freien Gingivarand. Dieser Prozess wird durch eine prothetische Versiegelung der Extraktionsalveole ergänzt, entweder mittels eines individuell angefertigten Heilungsabutments oder einer provisorischen Restauration. Ziel ist es, die Ästhetik im Frontzahnbereich zu maximieren und gleichzeitig das periimplantäre Gewebe nach der Exzision und Implantatinsertion zu stabilisieren.⁴

Ein individuelles Heilungsabutment wird so gestaltet, dass es durch die Anpassung von Größe und transgingivaler Form ein Weichgewebeprofil formt, das der Morphologie eines natürlichen Zahns nachempfunden ist. Dieses Abutment wird direkt am Eingriffstag mit dem Implantat

verbunden und bleibt unverändert, bis die Osseointegration und Gewebereifung abgeschlossen sind.⁵

Der nachfolgende Fallbericht zeigt den Einsatz digitaler Technologien für eine präzise Planung in einem komplexen Fall von Sofortimplantation mit Dual-Zonen-Augmentation und individuellem Heilungsabutment. Dieses Vorgehen optimiert Behandlungsprotokolle und ermöglicht vorhersehbare Ergebnisse.

Ausgangssituation

Ein 42-jähriger, männlicher Patient, Nichtraucher, stellte sich in unserer Praxis mit leichtem Schmerz und Beschwerden beim Kauen auf der linken Seite vor. Die klinische und radiologische Untersuchung ergab eine Furkationsbeteiligung sowie ein periapikales Granulom an der mesialen Wurzel des ersten linken unteren Molaren. (Abb. 1+2).

Aufgrund der aussichtslosen Prognose des Zahns wurde der Patient nach eingehender Aufklärung über alle Behandlungsoptionen über die geplante Vorgehens-

weise informiert. Es wurde entschieden, den Zahn zu extrahieren und im selben Eingriff ein Sofortimplantat zu setzen.

Präoperative digitale Planung

Zur präoperativen Diagnostik wurde eine digitale Volumentomografie (DVT) des betroffenen Bereichs angefertigt und durch einen Intraoralscan (Medit i500™) ergänzt. Mithilfe der exoplan-Software (exocad™) wurde die Implantatposition präzise digital geplant, woraufhin eine chirurgische Führungsschablone angefertigt wurde.

Aufgrund der starken Infektion in der mesialen Alveole und der geringen Dicke des furkalen Septums wurde entschieden, das Implantat in der distalen Alveole zu platzieren. Für den Eingriff wurde ein copaSKY-Implantat mit den Maßen 4,5x10mm (bredent medical) ausgewählt. Dieses Implantat bietet aufgrund seiner speziell entwickelten Morphologie und fortschrittlichen Oberflächencharakteristik optimale Voraussetzungen für eine hohe Primärstabilität, wie sie bei Sofortimplantationen essenziell ist (Abb. 3).

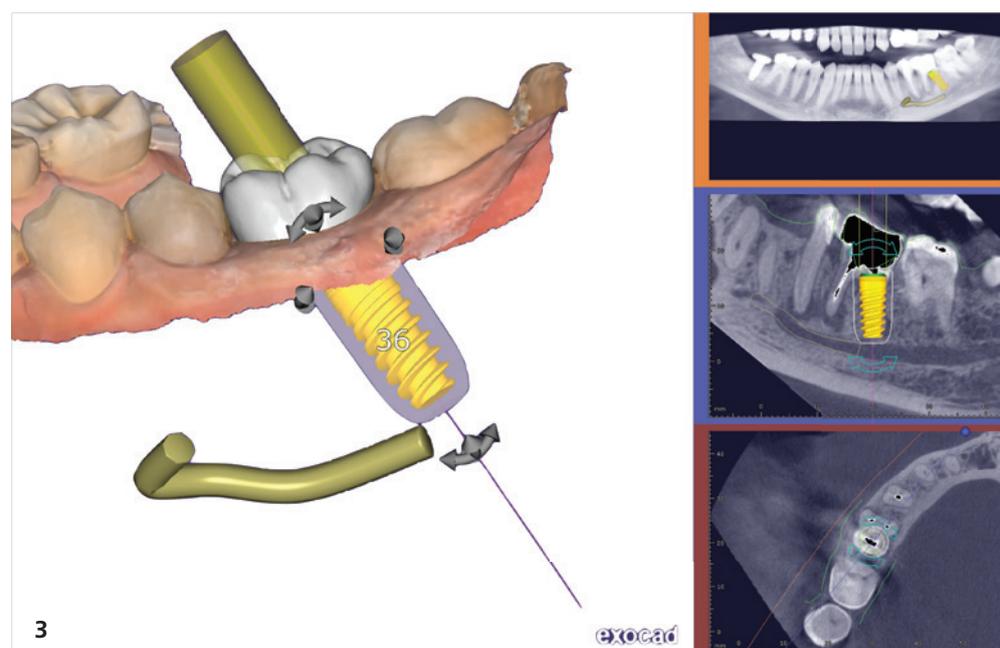


Abb. 3: Digitale Planung der Implantatgröße und -position, gefolgt von der Herstellung der chirurgischen Schablone.



Abb. 4: Atraumatische Extraktion des Zahns abgeschlossen. – **Abb. 5:** CAD/CAM-gefertigte chirurgische Schablone in Position zur Osteotomievorbereitung.

Chirurgischer Eingriff

Der Eingriff wurde unter lokaler Anästhesie mit 1:100.000 Lidocain durchgeführt. Der erste untere linke Molar wurde atraumatisch extrahiert, wobei besonders darauf geachtet wurde, das umliegende Knochengewebe zu schonen (Abb. 4). Anschließend wurde die zuvor angefertigte chirurgische Führungsschablone präzise positioniert (Abb. 5). Die Osteotomie erfolgte vollständig lappenlos und nach dem digitalen Behandlungsplan. Während der Bohrung wurden autologe Knochen-späne gesammelt und für die spätere Augmentation aufbewahrt.

Ein copaSKY-Implantat (4,5 x 10 mm, breident medical; Abb. 6) wurde subkrestal mit einem Insertionstorque von >45 Ncm eingebracht, was eine hohe Primärstabilität gewährleistete (Abb. 7). Die korrekte dreidimensionale Position des Implantats wurde unter Verwendung eines Titanabutments (copaSKY) überprüft (Abb. 8a+b).

Um ein Eindringen des Transplantatmaterials in die Implantatstruktur zu vermeiden, wurde ein Heilungsabutment auf das Implantat gesetzt. Die Dual-Zonen-Augmentation wurde durchgeführt, indem der „Jumping Gap“ mit einer Mischung aus autologen Knochenspänen und Allotransplantat (Puros Mix Allotransplantat, Zimmer Biomet) im Verhältnis 1:1 bis zum freien Gingivarand aufgefüllt wurde (Abb. 9a+b).

Ein individuelles Heilungsabutment wurde chairside angefertigt. Dazu wurde das zur Überprüfung der Implantatachse verwendete Titanabutment (copaSKY) sandgestrahlt und mit einem fließfähigen Nano-hybrid-Komposit (Nexcomp Flow, META BIOMED) unterfüttert. Das so geformte Abutment wurde anschließend poliert, der Abutmentkanal mit Teflon abgedeckt und das Abutment schließlich auf das Implantat geschraubt (Abb. 10a+b). Dieses individuelle Heilungsabutment schützt das Biomaterial in der Extraktionsalveole und unterstützt die Entwicklung eines

optimalen Emergenzprofils für die spätere definitive Prothetik.

Eine postoperative periapikale Röntgenaufnahme bestätigte den korrekten Sitz des individuellen Heilungsabutments und die präzise Positionierung des Implantats (Abb. 11).

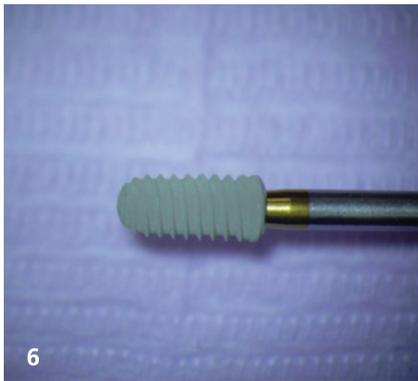
Definitive Restauration

Sechs Monate nach der Implantatinsertion wurde die definitive prothetische Versorgung geplant. Mithilfe eines Intraoral-scanners (IOS; Medit i500™) wurde ein digitaler Scan des Implantatbereichs durchgeführt. Auf Basis dieser Daten wurde eine verschraubte, monolithische Zirkonkronen gefertigt, die auf einer Ti-Base befestigt wurde (Abb. 12a+b).

Eine postoperative Röntgenaufnahme bestätigte den vollständigen und passgenauen Sitz der finalen Prothese (Abb. 13). Zwei Jahre nach der Eingliederung wurde im Rahmen einer Nachuntersuchung eine radiovisuelle Aufnahme (RVG) erstellt. Diese zeigte stabile krestale Knochen-niveaus, welche die langfristige Integrität und Funktion des Implantats unterstreichen (Abb. 14).

Diskussion

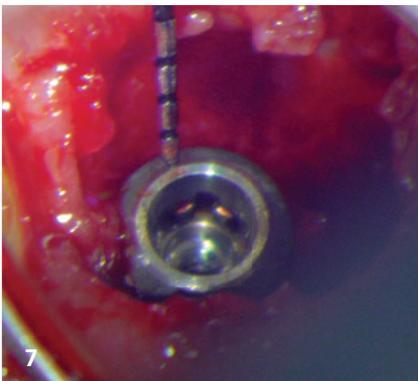
Die Sofortimplantation in Molaren-Extraktionsalveolen kann in ausgewählten Fällen als eine vorhersehbare Technik betrachtet werden, die durch hohe Überlebens- und Erfolgsraten sowie minimalen marginalen Knochenverlust gekennzeichnet ist.⁶ Dennoch stellt die axiale Kontrolle der Implantatbettpräparation bei mehrwurzeligen Zähnen eine erhebliche Herausforderung dar. In posterioren Regionen mit eingeschränkter Sicht wird die lappenlose Präparation zusätzlich erschwert, da sowohl die dreidimensionale Positionierung des Implantats als auch die Schonung anatomisch relevanter Strukturen gewährleistet werden müssen. Ein häufiges Problem ist das Abrutschen des Bohrers im interradikulären Septum, was zu unge-



6



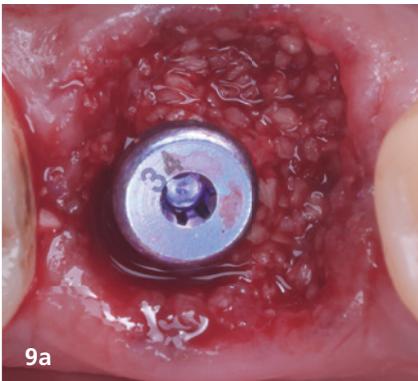
8a



7



8b



9a



10a



9b



10b

Abb. 6: copaSKY 4,5x10mm Implantat zur Insertion bereit. – **Abb. 7:** Subcrestale Implantatinsertion gemäß der digitalen Planung mit einem Drehmoment >45Ncm. – **Abb. 8a+b:** Buccale Ansicht, die die Implantatwinkelbestätigung mit copaSKY-Abutment zeigt (a). Okklusale Ansicht, die die Implantatposition im distalen Alveolar-knochen gemäß der digitalen Planung zeigt (b). – **Abb. 9a+b:** Heilungsabutment eingesetzt und das Gebiet um das Implantat regeneriert (a). Dual-Zone-Deckung bis zum Gingivalsaum abgeschlossen (b). – **Abb. 10a+b:** Titanabutment angepasst, mit Teflon verschlossen, mit fließfähigem Komposit relined und auf das Implantat geschraubt (a). Buccale Ansicht des maßgefertigten Heilungsabutments (b).

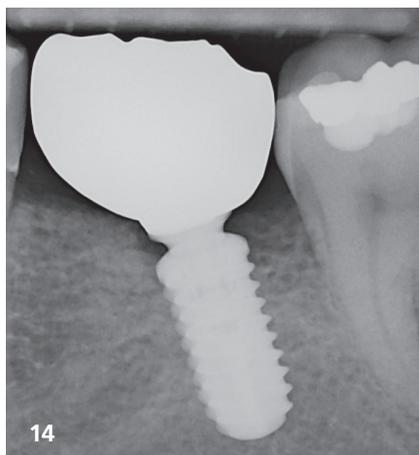
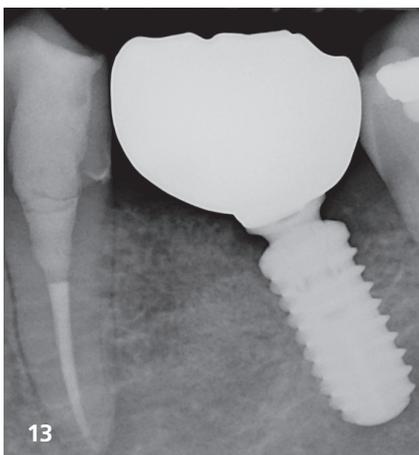
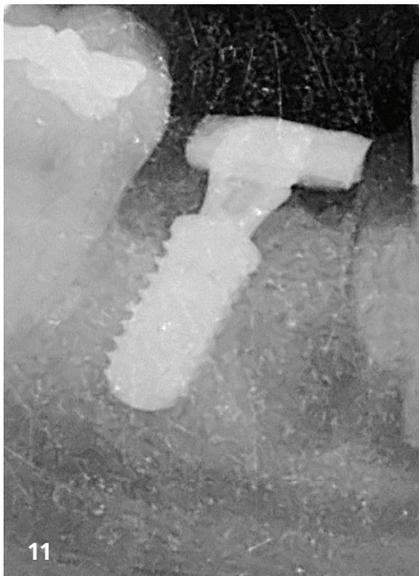


Abb. 11: Sofortiges postoperatives Röntgenbild. – **Abb. 12a+b:** Endgültige schraubengestützte monolithische Zirkonkrone auf Zahn #36 (a). Bukkale Ansicht der endgültigen Krone in Okklusion (b). – **Abb. 13:** Sofortiges periapikales Röntgenbild nach endgültiger Restauration. – **Abb. 14:** Zwei Jahre postoperatives Follow-up-Röntgenbild mit stabilen Knochenverhältnissen.

Zusammenfassend zeigt der Fall, dass die Kombination aus sorgfältiger Planung, statisch geführter Chirurgie und dem Einsatz eines geeigneten Implantats eine präzise, vorhersehbare Behandlung mit langfristig stabilen Ergebnissen ermöglicht.

Im vorliegenden Fall wurde ein lappenloser Ansatz gewählt, da dieser die ununterbrochene Blutversorgung des Implantatbereichs gewährleistet, indem die interdentalen Papillen und das Periost intakt bleiben. Studien haben gezeigt, dass ein lappenloser Ansatz in der Implantologie mit einem geringeren Verlust an marginalem Knochen einhergeht.¹¹ Divakar et al. berichteten, dass lappenlose Verfahren neben verbessertem Patientenkomfort auch zu einem signifikant geringeren Verlust von marginalem Knochen führen.¹² Ähnlich beobachteten Pozzi et al., dass Patienten nach freihändigen Implantationen mit häufigem Lappenheben im Vergleich zu lappenlosen, geführten Implantatsetzungen stärkere postoperative Schmerzen

nauer Präparation und suboptimaler Implantatpositionierung führen kann. Solche Fehler können biomechanische Belastungsprobleme und okklusionsbedingte Komplikationen nach sich ziehen.⁷

Im vorliegenden Fall war das interradikuläre Septum sehr dünn, und der Nervus alveolaris inferior lag in unmittelbarer Nähe zur geplanten Implantatposition. Um eine präzise Platzierung sicherzustellen, wurde eine geführte Implantatinsertion unter Verwendung einer chirurgischen Schablone durchgeführt. Die statische geführte Chirurgie ermöglicht durch präoperative Planung und den Einsatz von Operationschablonen ein hohes Maß an Genauigkeit und Kontrolle. Gerade bei komplexen Fällen oder schwierigen anatomischen

Verhältnissen bietet sie deutliche Vorteile gegenüber der freihändigen Implantation.⁸

In der Literatur werden computergestützte, schablonenbasierte Implantatinsertionen mit Implantatüberlebensraten zwischen 91 und 100 Prozent beschrieben.⁹ Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist dabei die Auswahl eines geeigneten Implantatdesigns. Im vorliegenden Fall wurde ein selbstschneidendes, konisch-zylindrisches Implantat verwendet. Laut der Studie von Ciabattini sind Implantate mit aggressivem Makrodesign und selbstschneidenden Gewinden besonders geeignet, wenn die Knochendichte und das verbleibende Knochenvolumen reduziert sind, wie es häufig bei Extraktionsalveolen der Fall ist.¹⁰

und sichtbare Schwellungen aufwiesen.¹³ Nach der Implantatinserterion wurde eine Dual-Zonen-Augmentation durchgeführt, bei der der Spalt zwischen Implantat und Alveolenwänden aufgefüllt wurde. Techniken zur Erhaltung des Alveolarkamms spielen eine entscheidende Rolle bei der Minimierung horizontaler und koronaler Knochenverluste der bukkalen Platte nach einer Zahnentfernung.¹⁴ Eine aktuelle Studie zur Dual-Zone-Therapeutic (DZT)-Technik zeigte bei Sofortimplantationen in posterioren Extraktionsalveolen vielversprechende Ergebnisse: Über einen Zeitraum von drei Jahren wurden keine Komplikationen oder Implantatverluste beobachtet, und die periimplantäre Gewebintegrität blieb erhalten. Diese Technik, die den „Jumping Gap“ bis zum Gingivarand augmentiert und ein individuelles Heilungsabutment als prothetischen Verschluss verwendet, wurde als einfach umsetzbar beschrieben.¹⁵

Das individuell angefertigte Heilungsabutment überbrückt die anatomischen Veränderungen zwischen dem Zeitpunkt der Zahnentfernung und dem Abschluss der Osseointegration. Eine umfassende Analyse zeigte eine Gesamtüberlebensrate von 98,26 Prozent bei Implantaten, die in frische Molaren-Extraktionsalveolen gesetzt und mit individuellen Heilungsabutments am Behandlungsstuhl versiegelt wurden. Diese Überlebensrate ist vergleichbar oder sogar höher als die Ergebnisse anderer Studien zur Sofortimplantation in Molarenregionen.¹⁶

Zusammenfassend bestätigt dieser Fallbericht die klinische Machbarkeit und Vorhersehbarkeit eines lappenlosen Ansatzes in Kombination mit der Dual-Zonen-Technik und individuell angefertigten Heilungsabutments.

Die Methode bietet Vorteile wie geringere marginale Knochenverluste, optimales periimplantäres Gewebe und eine direkte prothetische Vorbereitung, was sie zu einer idealen Option für Sofortimplantationen in komplexen Fällen macht.

Für die definitive restaurative Phase wurde ein digitaler Workflow geplant und eine individuelle Restauration auf einer Ti-Base als verschraubte Krone gefertigt. In der heutigen Implantologie ermöglichen digitale Arbeitsabläufe, einschließlich DVT-Segmentierung, Intraoralscanning (IOS), Gesichtsscans, CAD und 3D-Druck, eine hochpräzise Planung und Fertigung von Implantatrestorationen. Die digitale Abdrucknahme bietet im Vergleich zu herkömmlichen Abdrücken erhebliche Vorteile, darunter eine Reduktion der Verzerrungen während der Laborphasen, verbesserten Patientenkomfort und -akzeptanz sowie eine gesteigerte Effizienz in der Fertigung.¹⁷ Die digitale Technik hat sich als die bevorzugte Methode erwiesen, wenn es um patientenzentrierte Ergebnisse geht, da sie sowohl die Behandlungszeit verkürzt als auch eine höhere Präzision bei der Herstellung der Restauration ermöglicht. Im Vergleich zu traditionellen Abdruckmethoden ist der digitale Workflow deutlich zeiteffektiver und führt zu einer besseren Anpassung der finalen Prothetik.¹⁸

Dieser Fall zeigt, wie der Einsatz modernster digitaler Technologien nicht nur die Genauigkeit und Vorhersehbarkeit der Behandlung verbessert, sondern auch den Gesamtprozess für den Patienten und das Behandlungsteam optimiert.

Fazit

Geführte Sofortimplantationen haben die restaurative Zahnheilkunde entscheidend verändert, indem sie einen patientenzentrierten, weniger invasiven Behandlungsansatz fördern. Diese Technik reduziert die Anzahl der chirurgischen Eingriffe und verkürzt die Behandlungszeit am Stuhl, was zu einer deutlich verbesserten Patientenzufriedenheit führt. Die gleichzeitige Erhaltung der Alveole durch den Einsatz von Transplantaten und individuellen Heilungsabutments bei geführten Sofortimplantationen beschleunigt nicht nur den Behandlungsprozess, indem die Notwendigkeit einer zweiten Operationsphase entfällt, sondern formt auch das

Emergenzprofil und bewahrt das Gewebvolumen während der Osseointegrationsphase. Diese Vorgehensweise legt eine stabile Grundlage aus periimplantären harten und weichen Geweben, die langfristig stabile Ergebnisse sichert.

Digitale Arbeitsabläufe haben sich als optimaler Standard etabliert, um die Präzision und Vorhersagbarkeit von Sofortimplantationen zu gewährleisten. Sie helfen dabei, komplexe anatomische Herausforderungen zu vermeiden und vereinfachen die Planung sowie die chirurgischen und restaurativen Phasen. Die kontinuierlichen Fortschritte in modernen Geräten und Softwarelösungen versprechen noch genauere, vorhersehbarere Behandlungsprotokolle zum Vorteil sowohl der Patienten als auch der Zahnärzte.

Danksagung

Wir danken dem Zahntechniklabor Dental Lab Stefan Petrov für die wertvolle Unterstützung in diesem Fall.

Dr. Kalin Marinov



Literatur



Kontakt

Dr. Kalin Marinov
SKY Dental Clinic
Sofia, Bulgarien
skyklinik@gmail.com
www.skydental.bg