

KOMPLIKATIONEN IN DER ZAHNÄRZTLICHEN IMPLANTATCHIRURGIE

Ätiologie, Prävention und Management

Louie Al-Faraje

Gründer und Direktor des
California Implant Institute
San Diego, Kalifornien

Mit Beiträgen von

*James L. Rutkowski
Christopher Church*



Quintessenz Verlags-GmbH

Berlin, Chicago, Tokio, Barcelona, Istanbul, London, Mailand, Moskau,
Neu-Delhi, Paris, Peking, Prag, São Paulo, Seoul, Singapur und Warschau

Widmung	<i>ix</i>
Vorwort	<i>x</i>
Danksagung	<i>xi</i>
Mitautoren	<i>xii</i>

Teil I Erkennung präoperativer Bedingungen, die zu Komplikationen führen können

Komplikationen

- 1 Unzureichendes oder übermäßiges vertikales Platzangebot 2
- 2 Unzureichendes horizontales Platzangebot 5
- 3 Eingeschränkte Mundöffnung und intermaxilläre Distanz 10
- 4 Unzureichende Alveolarkambbreite für eine optimale bukkolinguale Positionierung 11
- 5 Tori palatini und mandibulae 16

Teil II Intraoperative Komplikationen bei der Implantatinsertion

Komplikationen

- 6 Fehlerhafte Implantatangulation 20
- 7 Implantatfehlstellung 24
- 8 Nervverletzung 25
- 9 Ungleichmäßiger oder schmaler Alveolarkamm 30
- 10 Massive Resorption des Unterkiefers 32
- 11 Gekrümmte Extraktionsalveole 33
- 12 Verletzung von Nachbarzähnen während der Implantation 35
- 13 Präoperative akute oder chronische Infektion im Implantationsgebiet 37
- 14 Wurzelreste im Implantationsbereich 40
- 15 Blutung 42
- 16 Überhitzen des Knochens beim Bohren 49
- 17 Überdrehen eines Implantates 51
- 18 Perforation des Kieferhöhlenbodens 52
- 19 Perforation des Nasenbodens 56
- 20 Unbeabsichtigte teilweise oder komplette Dislokation von dentalen Implantaten in die Kieferhöhle 58
- 21 Unbeabsichtigte Dislokation von dentalen Implantaten in den Canalis incisivus des Oberkiefers 60
- 22 Zu tiefe Implantatinsertion 62
- 23 Zu flache Implantatinsertion 75
- 24 Komplikationen bei der transgingivalen Implantatinsertion 77
- 25 Aspiration oder Ingestion von Fremdkörpern 80
- 26 Fraktur der Mandibula 81
- 27 Fraktur eines Implantates 83
- 28 Zu hohe Drehzahl während der Insertion und Kompressionsnekrosen 85
- 29 Unzureichende Primärstabilität 87

Teil III Postoperative Komplikationen

Komplikationen

- 30 Schmerzen postoperativ 96
- 31 Durch eine zahnärztliche Behandlung verursachtes Weichgewebeemphysem 99
- 32 Wiedereröffnung der Schnittführung 100
- 33 Exposition der Verschlusschraube während der Heilungsphase 105
- 34 Knochenwachstum über der Verschlusschraube 106
- 35 Einwachsen von Weichgewebe zwischen der Plattform des Implantates und der Abdeckschraube 107
- 36 Knochenverlust oder Exposition von Gewindegängen während der Einheilung 108
- 37 Implantatlockerung während eines zweizeitigen operativen Vorgehens 114
- 38 Periapikale Implantatläsion und retrograde Periimplantitis 116
- 39 Zementreste im Sulkus 118
- 40 Radiatio, Osteoradionekrose und dentale Implantate 123
- 41 Flaches Vestibulum nach der Kieferkammaugmentation 125
- 42 Forensische Aspekte 127

Teil IV Komplikationen bei der lateralen Sinusbodenaugmentation

Präoperative Komplikationen

- 43 Präoperative akute Sinusitis 135
- 44 Präoperative chronische Sinusitis 136
- 45 Präoperative Pilzinfektion der Kieferhöhle 138
- 46 Präoperative zystische Strukturen und Mukozelen der Kieferhöhle 140
- 47 Andere präoperative Erkrankungen der Kieferhöhle 142

Intraoperative Komplikationen

- 48 Hämatom während der Anästhesie 152
- 49 Blutung bei der Inzision und Lappenpräparation 152
- 50 Blutung während der Osteotomie 153
- 51 Beschädigung von Nachbarzähnen 153
- 52 Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut während der Osteotomie 153
- 53 Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut während der Elevation 154
- 54 Unvollständige Elevation 161
- 55 Blutung während der Schleimhauetelevation 162
- 56 Fraktur des residualen Alveolarkamms 162
- 57 Übermäßige Elevation der Schleimhaut 162
- 58 Vorhandensein einer Schleimretentionszyste 163
- 59 Blockade des Ostium maxillare 164
- 60 Instabile Implantate 164



Frühe postoperative Komplikationen

- 61 Wunddehissenzen 164
- 62 Akute Infektion des Augmentates/der Kieferhöhle 165
- 63 Exposition von Knochenersatz und/oder der Membran 166
- 64 Kongestion der Kieferhöhle 166
- 65 Frühe Abwanderung des Implantates in die Kieferhöhle 167

Späte postoperative Komplikationen

- 66 Unzureichende Qualität und/oder Quantität des eingeeilten Augmentates 167
- 67 Implantatversagen im augmentierten Sinus 167
- 68 Chronische Infektion/Sinusitis 168
- 69 Infektion aller Nasennebenhöhlen und der intrakraniellen Höhle 169
- 70 Verzögerte Abwanderung des Implantates in die Kieferhöhle 169
- 71 Aspergillose der Kieferhöhle 169

Teil V Pharmakologie: Prävention und Management von Schmerz, Infektion und medikamenteninduzierten Komplikationen

Komplikationen

- 72 Intra- und postoperative Infektion 175
- 73 Intra- und postoperative Schmerzen 184
- 74 Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrose des Kiefers 193
- 75 Blutungsprobleme bei Patienten mit Antikoagulanzen-Therapie oder Thrombozytenaggregationshemmern 195

Anhang

- A Behandlungsprotokoll einer Implantation 202
- B Einverständniserklärungen 210
- C Postoperative Instruktionen 226

Sachregister 229

TEIL 2

Intraoperative Komplikationen bei der Implantatinsertion

Komplikationen

- 6 Fehlerhafte Implantatangulation
- 7 Implantatfehlstellung
- 8 Nervverletzung
- 9 Ungleichmäßiger oder schmaler Alveolarkamm
- 10 Massive Resorption des Unterkiefers
- 11 Gekrümmte Extraktionsalveole
- 12 Verletzung von Nachbarzähnen während der Implantation
- 13 Präoperative akute oder chronische Infektion im Implantationsgebiet
- 14 Wurzelreste im Implantationsbereich
- 15 Blutung
- 16 Überhitzen des Knochens beim Bohren
- 17 Überdrehen eines Implantates
- 18 Perforation des Kieferhöhlenbodens
- 19 Perforation des Nasenbodens
- 20 Unbeabsichtigte teilweise oder komplette Dislokation von dentalen Implantaten in die Kieferhöhle
- 21 Unbeabsichtigte Dislokation von dentalen Implantaten in den Canalis incisivus des Oberkiefers
- 22 Zu tiefe Implantatinsertion
- 23 Zu flache Implantatinsertion
- 24 Komplikationen bei der transgingivalen Implantatinsertion
- 25 Aspiration oder Ingestion von Fremdkörpern
- 26 Fraktur der Mandibula
- 27 Fraktur eines Implantates
- 28 Zu hohe Drehzahl während der Insertion und Kompressionsnekrosen
- 29 Unzureichende Primärstabilität



KOMPLIKATION 6

Fehlerhafte Implantatangulation

Für eine optimale Funktion und Ästhetik muss das Implantat sowohl in bukkolingualer als auch in mesiodistaler Richtung im korrekten Winkel inseriert werden.

Bukkalinguale Angulation

Enossale wurzelförmige Implantate verteilen okklusale Kaukräfte am effektivsten, wenn die Kräfte in axialer Richtung einwirken. Eine Achsenabweichung von 15 Grad oder weniger ist akzeptabel. Auch natürliche Zähne sind nicht gerade, sondern stehen senkrecht zur Wilson-Kurve, der lateralen Kurve der Okklusalfächen, die durch die Inklination der Seitenzähne gebildet wird (Abb. 2-1). Erreicht oder übersteigt jedoch die Winkelabweichung des Implantates 25 Grad, ist der umgebende Knochen durch die Übertragung der okklusalen Kräfte stark gefährdet (Abb. 2-2a). Ist zudem ein Implantat bukkolingual inkliniert und wurde die prothetische Restauration zugunsten einer verbesserten Okklusion und/oder Ästhetik versetzt zum Implantatkopf eingegliedert, wird durch die Neigung ein Biegemoment auf das Implantat verursacht, was zu Problemen führen kann.

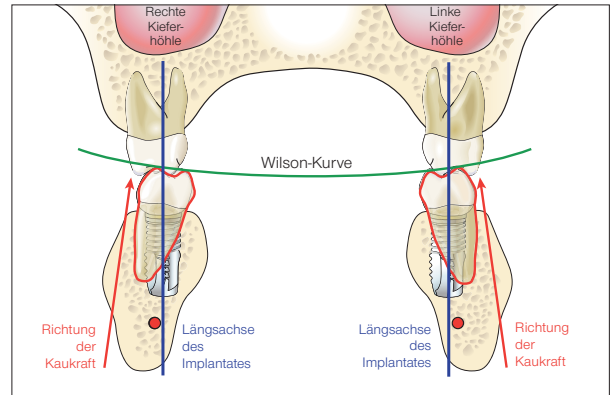


Abb. 2-1 Natürliche Zähne stehen senkrecht zur Wilson-Kurve. Damit Implantate im Seitenzahnbereich in Richtung der Kaukräfte belastet werden, sollten sie ebenso senkrecht zur Wilson-Kurve gesetzt werden, wobei eine vertikale Insertion akzeptabel ist, da dadurch nur eine minimale Abweichung von der Kaukrafttrichtung entsteht.

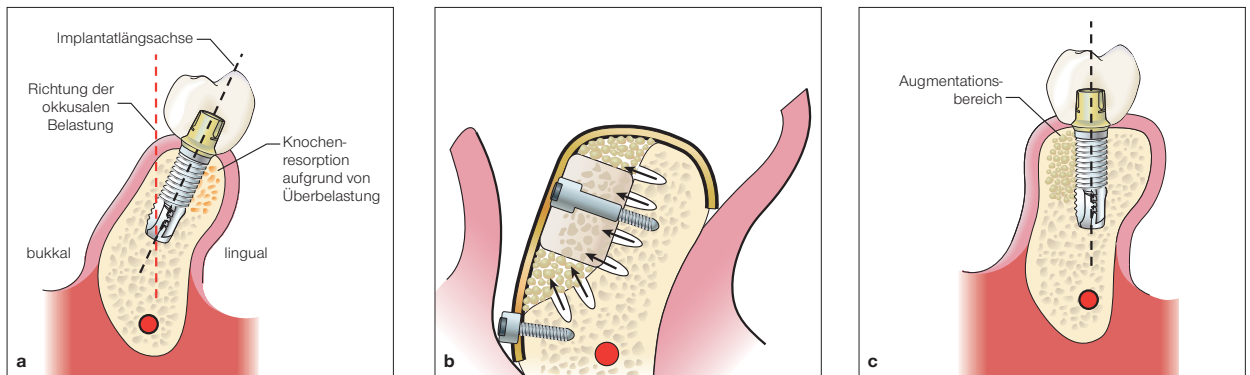


Abb. 2-2 (a) Eine bukkale Knochenresorption rechtfertigt nicht eine Implantatinserktion mit starker Neigung nach lingual (d. h. größer als 15 Grad), da dies meist zu Problemen führt. (b und c) Eine adäquate Lösung ist die Kieferkammverbreiterung durch ein augmentatives Verfahren, um eine korrekte Implantatinserktion durchführen zu können.

Nicht-axiale Belastung

Potentielle biomechanische Probleme einer exzessiven Lingualneigung von Implantaten sind (s. Abb. 2-2a):

- Fraktur der Restauration
- Schraubenfraktur
- Abutment-Fraktur
- Implantatkörper-Fraktur
- Knochenabbau aufgrund ungünstiger Belastung
- Plaqueansammlung unter sattelförmigen Auflagen

Das Setzen eines zu stark geneigten Implantates ist keine akzeptable Methode, besonders bei einer Einzelzahnversorgung. Ist es nicht möglich, ein Implantat mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu setzen, sollte der Behandlungsplan verworfen und das Implantat an einer anderen Stelle gesetzt oder die Implantation verschoben werden. Der Bereich sollte zunächst augmentiert werden, z. B. mithilfe gesteuerter Knochenregeneration (GBR), Blockaugmentation (Abb. 2-2b) oder Kieferkammexpansion, um eine optimale bukkolinguale Implantatangulation zu erzielen (Abb. 2-2c).

Mesiodistale Angulation

Natürliche Zähne sind senkrecht zur Spee-Kurve angeordnet, der anteroposterioren Kurve, die von den Höckerspitzen der Seitenzähne gebildet wird (Abb. 2-3).

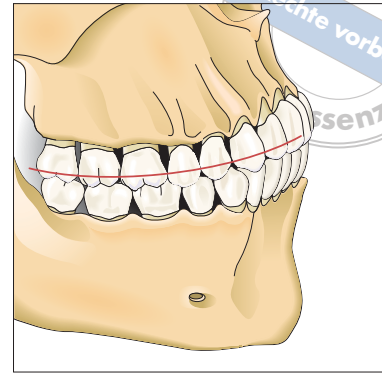


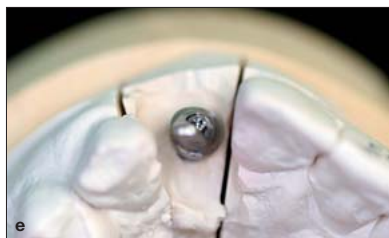
Abb. 2-3 Spee-Kurve.

Einzelzahnimplantation

Bei einer Einzelzahnimplantation sollte eine extreme mesiodistale Neigung des Implantates vermieden werden. Bei einer leichten Neigung kann ein gewinkeltes Abutment benutzt werden (Abb. 2-4). Ist die Neigung aber zu stark, sollte das Implantat entfernt und entweder sofort oder nach einer Heilungsperiode in einer aufrechteren Position reimplantiert werden.

Um eine übermäßige Angulation zu vermeiden, sollte der Operateur die Implantatposition intraoperativ überprüfen, indem er nach der Pilotbohrung eine Parallelisierungshilfe in das Bohrloch einbringt und eine Röntgenaufnahme anfertigt. Ist die Angulation nicht zufriedenstellend, kann zur Korrektur der Position eine Lindemann-Fräse verwendet werden, bevor mit der Präparation des Implantatbettes fortgefahren wird (Abb. 2-5).

Abb. 2-4 (a bis i) Das Implantat zum Ersatz des Zahnes 12 wurde nicht im optimalen Winkel inseriert. Da die mesiale Inklination nur minimal ist, konnte zur Kompensation der Inklination ein gewinkeltes Abutment verwendet werden.



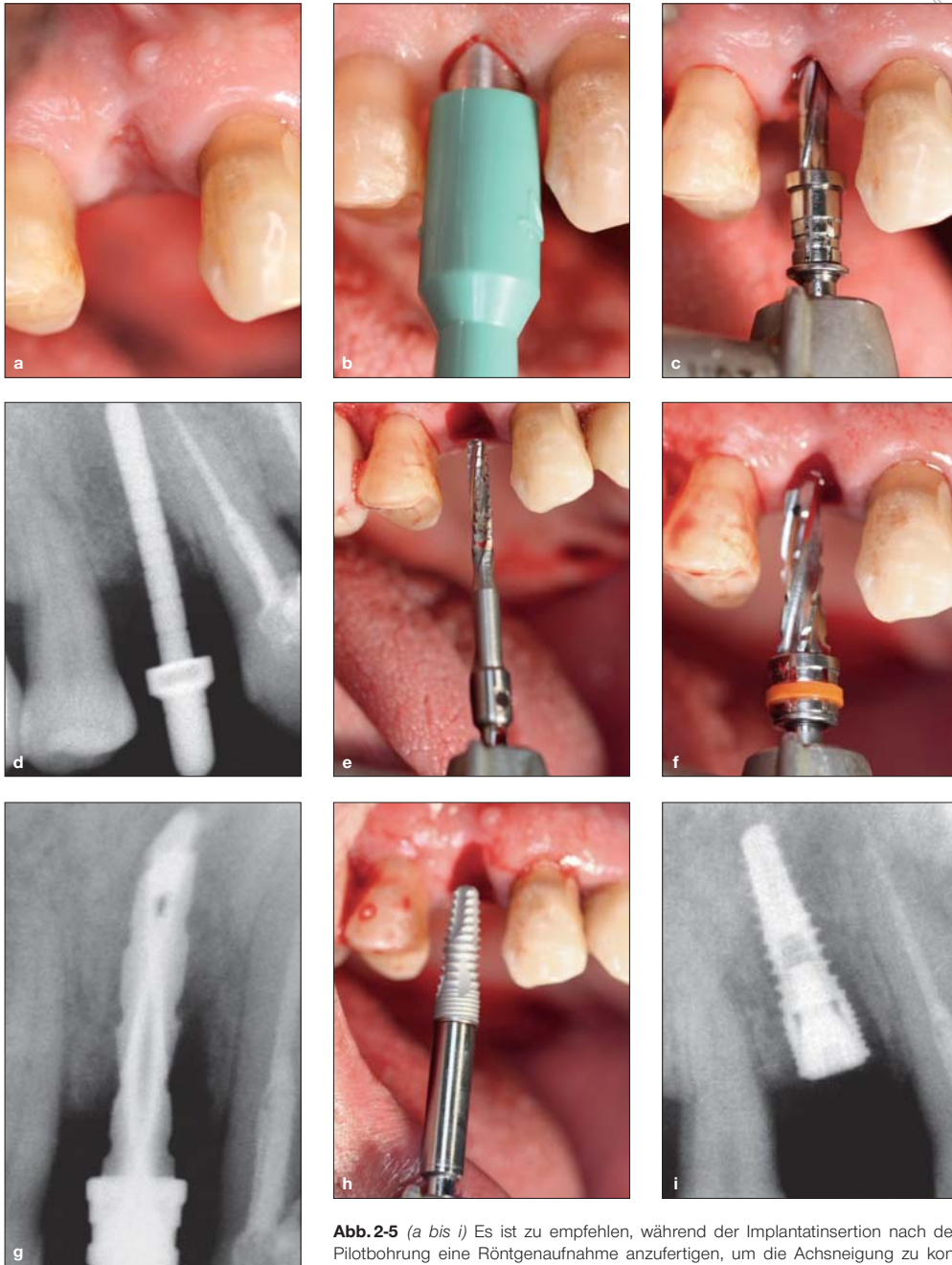


Abb. 2-5 (a bis i) Es ist zu empfehlen, während der Implantatinserterion nach der Pilotbohrung eine Röntgenaufnahme anzufertigen, um die Achsneigung zu kontrollieren. Ist die Neigung nicht korrekt, kann die Lokalisation der Osteotomie und/oder der Winkel leicht mit einer Lindemann-Fräse korrigiert werden. Ist das Bohrloch jedoch auf einen Durchmesser von 3,5 mm oder mehr erweitert, ist es eine größere Herausforderung, die Lokalisation der Osteotomie und/oder den Winkel zu ändern und die Operation muss dann meistens abgebrochen werden. In solchen Fällen sollte ein Knochenersatzmaterial appliziert und nach 2 bis 4 Monaten eine erneute Implantation durchgeführt werden.

Insertion mehrerer Implantate

Werden mehrere Implantate inseriert, hat die mesiodistale Inklination weniger Einfluss auf die Verteilung der Kaukräfte auf das Implantat. Sie führt nicht zu einer knöchernen Destruktion, da die prothetische Versorgung die Kaukräfte umleitet. Es ist in der Tat so, dass die Implantatverankerung manchmal verbessert werden kann, indem ein Implantat absichtlich mesiodistal anguliert inseriert wird und somit in dichteren Knochen anderer Lokalisation als ursprünglich geplant ge-

setzt wird. Die Überlebensrate von mesiodistal angulierten Implantaten zum Ersatz mehrerer Zähne wird in der Literatur mit 93 % bis 97,5 % angegeben.¹⁻⁸

In manchen Fällen sind mesiodistal angulierte Implantate eine Alternative zur vertikalen Kieferkammaugmentation oder zur Kieferhöhlenaugmentation bei Patienten mit genereller oder lokaler Kontraindikation für diese Verfahren, wie zum Beispiel medizinische Probleme, Kieferhöhlenerkrankungen und fortgeschrittenes Alter (Abb. 2-6 und 2-7).

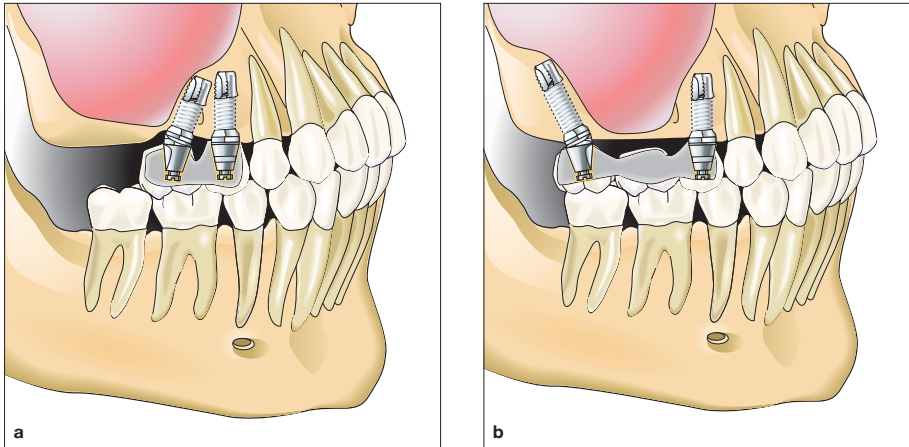


Abb. 2-6 (a und b) Durch die Inklination des distalen Implantates kann auf eine Kieferhöhlenaugmentation verzichtet, die prothetische Versorgung ohne Anhänger nach distal extendiert und eine Elongation der Antagonisten im Unterkiefer verhindert werden. Jedoch ist zu beachten, dass es sich in beiden Fällen um den Ersatz mehrerer Zähne handelt und nicht um einen Einzelzahnersatz.

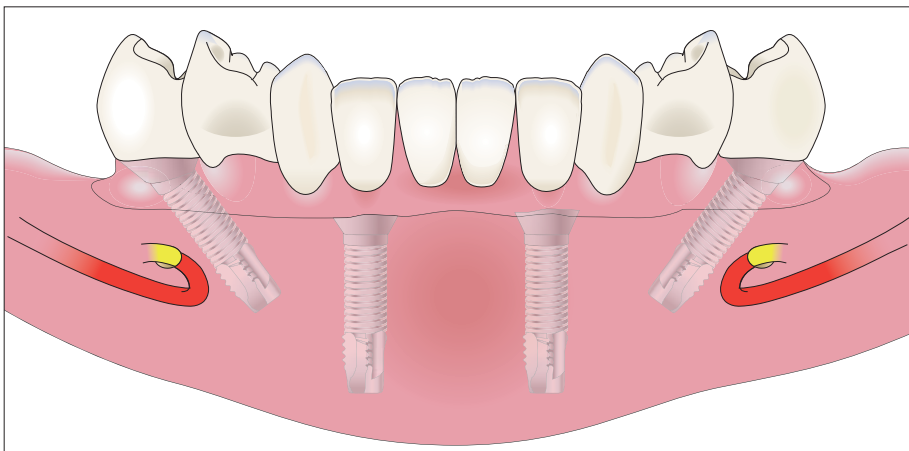


Abb. 2-7 Durch die Inklination der distalen Implantate kann auf eine vertikale Kieferkammaugmentation in der posterioren Mandibula verzichtet und die prothetische Versorgung ohne Anhänger nach distal extendiert werden. Dies ist ein zuverlässiges Konzept, wenn die Suprakonstruktion eine ausreichende Anzahl von Implantaten miteinander verbindet.



KOMPLIKATION 7

Implantatfehlstellung

Um eine Implantatfehlstellung zu vermeiden, können intraoperativ Parallelisierungshilfen verwendet werden, um die Achsneigungen der Osteotomien, der Implantate zueinander und der Implantate zu den natürlichen Zähnen zu kontrollieren. Die Parallelisierungshilfen können in die Pilotbohrungen gesetzt oder auf die Implantate geschraubt werden.

Sind mehrere Implantate zu setzen, kann in die erste Pilotbohrung ein Pin gesetzt und eine Röntgenaufnahme zur Kontrolle der Position und Angulation angefertigt werden. Stimmt die Richtung, kann der Pilotbohrer für die nächste Pilotbohrung parallel zum Pin ausgerichtet werden. Dieser Vorgang kann bei Bedarf mehrfach wiederholt werden (Abb. 2-8). Bei bestehender Restbezaugung kann für die erste Pilotbohrung die Längsachse des Nachbarzahn als Orientierung dienen (Abb. 2-9).

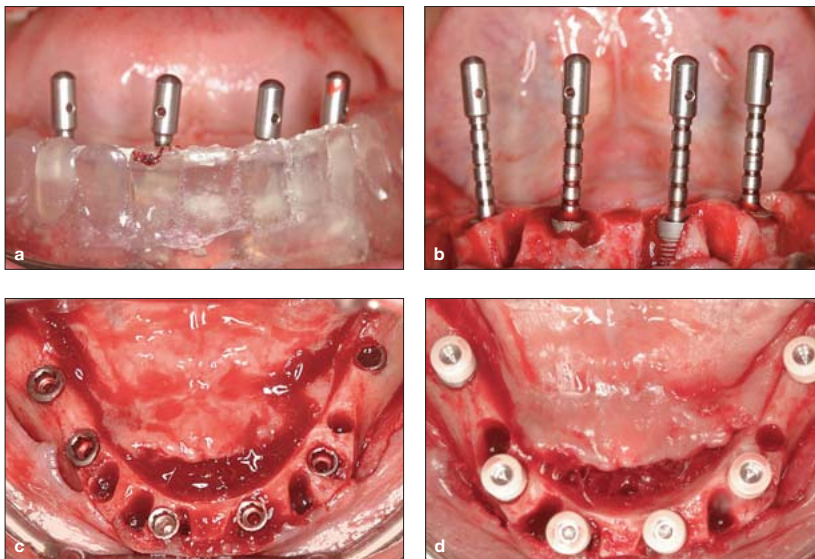


Abb. 2-8 (a bis d) Zur Evaluierung der Angulation der Osteotomie werden Parallelisierungshilfen verwendet, um die Implantate untereinander und zu den Restzähnen (falls vorhanden) zu parallelisieren und um die Richtung der okklusalen Kräfte zu visualisieren.

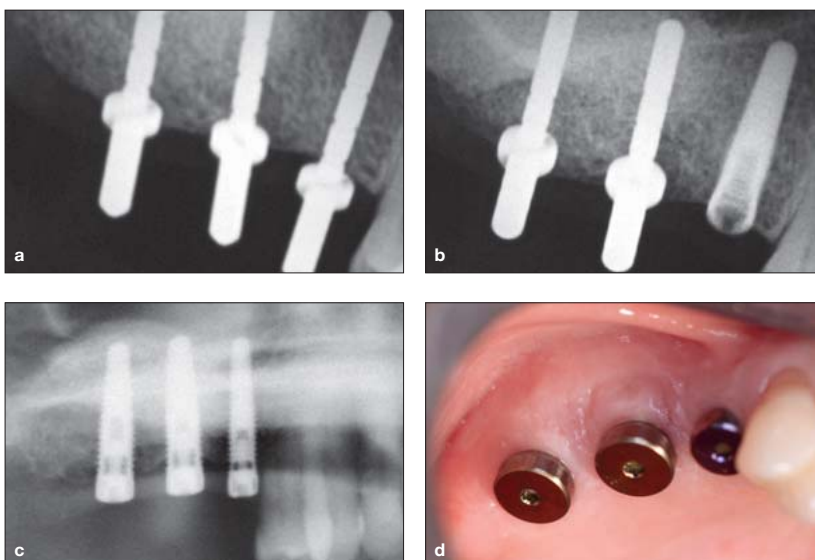


Abb. 2-9 (a bis d) Die Verwendung von Parallelisierungshilfen in diesem klinischen Fall ermöglichte das Inserieren von Implantaten, die perfekt zueinander und zu den Nachbarzähnen ausgerichtet sind.

KOMPLIKATION 8

Nervverletzung

Eine Nervverletzung kann zu jedem Zeitpunkt der Implantation auftreten. Nerven können bei der Anästhesie von den Injektionskanülen penetriert, bei der Inzision vom Skalpell beschädigt, bei der Präparation des Lappens gedehnt, bei der Osteotomie durch die Bohrer verletzt und bei der Implantatinsertion komprimiert werden.

Einteilung der Nervverletzungen

1994 beschrieb Day⁹ drei Grade der Nervverletzung:

- *Neurapraxie*: Leichte Verletzung verursacht durch Kompression oder Überdehnung der Nerven, welche einen Sensibilitätsverlust zur Folge hat. Die Axone bleiben intakt und die Sensibilität kehrt normalerweise innerhalb von 4 Wochen postoperativ zurück.
- *Axonotmesis*: Schwere Kompression oder Dehnung, die die Axone durch ein Ödem, Ischämie oder Demyelinisation beschädigt. Eine bestimmte Anzahl an Axonen ist beschädigt, aber die Nervstruktur selbst bleibt intakt. Teilweise kehrt die Sensibilität innerhalb von 5 bis 11 Wochen zurück und verbessert sich in den nächsten 10 Monaten weiter.
- *Neurotmesis*: Kontinuitätsverlust der Axone und der umhüllenden Strukturen. Eine Reparatur erfordert einen mikrochirurgischen Eingriff und die Prognose für eine vollständige Regeneration ist schlecht.

Vermeidung einer Nervverletzung

Detailliertes Anatomiewissen, eine gründliche Operationsplanung mit Einsatz der Computertomografie (CT) und diagnostischen Wax-ups, chirurgische Hilfsmittel wie Bohrerstopper und computergenerierte Bohrschablonen sowie ein angemessener Umgang mit dem Weichgewebe können die Inzidenz einer Nervschädigung minimieren. Spezialisten und implantierende Zahnärzte müssen potentielle Nervverletzungen mit dem Patienten besprechen und diese Möglichkeit auch in der Einverständniserklärung vermerken (s. Anhang B). Spezielle Empfehlungen zur Vermeidung von Nervverletzungen des N. alveolaris inferior, N. mentalis, Ramus incisivus des N. mandibularis, N. lingualis und N. infraorbitalis werden in den folgenden Abschnitten besprochen; generell sollte der Operateur den gesunden Menschenverstand einsetzen und Implantationen in Bereichen mit hohem Risiko einer Nervverletzung vermeiden.

Symptome einer Nervverletzung

Die Symptome einer Nervverletzung werden wie folgt klassifiziert:

- *Parästhesie*: abnormale Sensibilität
- *Hypästhesie*: reduzierte Sensibilität
- *Hyperästhesie*: erhöhte Sensibilität
- *Dysästhesie*: schmerzhaft Sensibilität
- *Anästhesie*: kompletter Sensibilitätsverlust

Die spontane Rückkehr der normalen Sensibilität nach einer Nervverletzung hängt sowohl von der Schwere der Verletzung als auch von den beteiligten Nerven ab. Es ist zum Beispiel wahrscheinlicher, dass eine partielle Verletzung oder Durchtrennung des N. alveolaris inferior aufgrund des umgebenden Knochenkanals, der als Leitschiene und Wegweiser für die regenerierenden Fasern fungiert, eher regeneriert als eine partielle Durchtrennung des N. lingualis.

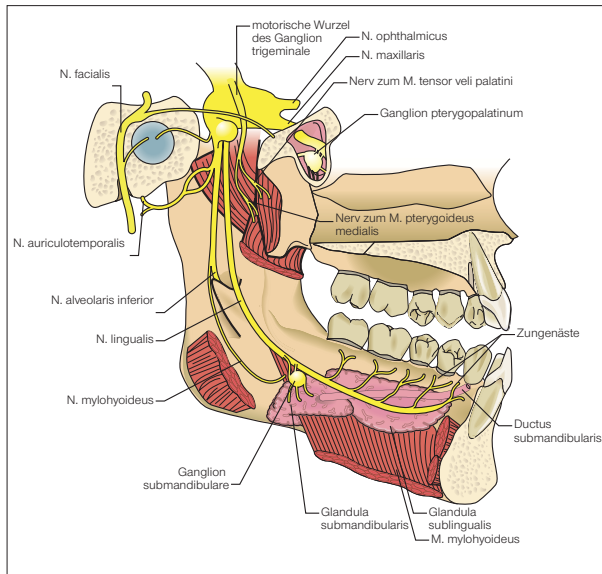


Abb. 2-10 Die Hauptäste des N. mandibularis.

Der N. alveolaris inferior

Der N. alveolaris inferior ist ein Ast des N. mandibularis, welcher wiederum der dritte Ast des N. trigeminus ist und seinen Ursprung im Ganglion trigeminale hat. Im Gegensatz zu den anderen beiden Ästen (N. maxillaris und N. ophthalmicus), die komplett sensorisch sind, führt der N. mandibularis sowohl sensorische als auch motorische Fasern.¹⁰

Nach Durchtritt durch das Foramen ovale und nach Abzweigung des Ramus meningeus teilt sich der N. mandibularis in der Fossa infratemporalis in sensorische Äste (N. auriculotemporalis, N. lingualis, N. alveolaris inferior und N. buccalis) und in motorische Äste zur Innervation der Kaumuskulatur (N. massetericus, Nn. temporales profundi und Nn. pterygoidei) (Abb. 2-10).

Der N. alveolaris inferior führt motorische Fasern zur Innervation des M. mylohyoideus und den vorderen Bauch des M. digastricus und sensorische Fasern, die durch das Foramen mandibulare in den Mandibularkanal eintreten. Dort versorgt er die Zähne des Unterkiefers mit sensorischen Ästen, dem sogenannten Plexus dentalis inferior. Weiter vorne verlässt der N. alveolaris inferior den Kanal durch das Foramen mentale als N. mentalis. Wird der N. alveolaris inferior beschädigt, ist auch das Innervationsgebiet des N. mentalis von den sensorischen Ausfällen betroffen.

Vermeidung einer Verletzung

Folgende Empfehlungen sollten eingehalten werden, um das Risiko einer Verletzung des N. alveolaris inferior zu minimieren:

- Zuhilfenahme von CT-Bildern, um die exakte Distanz zwischen dem Oberrand des Nervkanals und dem krestalen Knochen in der geplanten Implantatregion zu bestimmen
- Einhaltung eines Sicherheitsabstandes von 2 mm zwischen dem Oberrand des Nervkanals und dem Implantatende¹¹

- Wenn möglich Verwendung von Bohrerstoppern, um ein zu weites Vordringen des Bohrers zu vermeiden (Abb. 2-11)
- Verwendung einer computergenerierten Bohrschablone wie z. B. SurgiGuide (Materialise), um Implantate sicher und akkurat zu setzen
- Kompensation der minimalen zusätzlichen Länge des Bohrers (die Bohrer der meisten Implantatsysteme sind ungefähr 0,5 bis 1,0 mm länger als das Implantat, das inseriert wird), besonders wenn in der Nähe von relevanten anatomischen Strukturen gebohrt wird (Abb. 2-12).

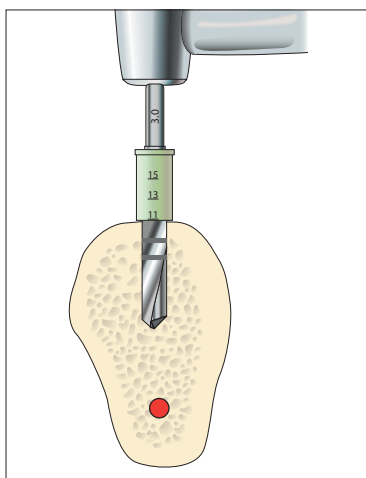


Abb. 2-11 Bohrerstopper verhindern ein zu weites Eindringen des Bohrers.

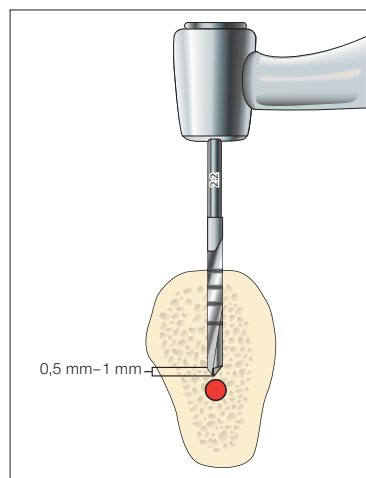


Abb. 2-12 Die Bohrerspitzen der meisten Implantatsysteme sind ungefähr 0,5 bis 1,0 mm länger als das Implantat, welches inseriert wird. Der Operateur sollte dies beachten, wenn er in der Nähe von relevanten anatomischen Strukturen bohrt.

N. mentalis

Der *N. mentalis* verlässt die Mandibula durch das Foramen mentale, normalerweise zwischen den Apices der ersten und zweiten Unterkiefer-Prämolaren. Er innerviert sensibel das Kinn, die Unterlippe, die labiale Gingiva der Unterkiefer-Frontzähne und die Haut über dem Unterkiefer-Körper.

Die Position des Foramen mentale kann als sicherer Indikator für die verfügbare Knochenhöhe verwendet werden, da der *N. alveolaris inferior* in der Regel vor dem Erreichen des Foramen von der Molarenregion kommend etwas ansteigt. Die Höhe des zur Implantation verfügbaren Knochens ist daher in Wirklichkeit etwas mehr als im Röntgenbild zu vermuten ist (Abb. 2-13).

Für den Operateur ist es wichtig, die vordere Schleife des *N. mentalis* zu beachten, welche unterhalb und vor dem Foramen mentale verläuft, bevor der Nerv zum Foramen zurückkehrt und durch dieses Austritt.¹² Der Nerv kann mehr als 3 mm ventral des Foramen mentale verlaufen.¹³ Ist mesial und inferior des Foramen ein Implantat geplant, sollte mesial vom Foramen ein Abstand von mindestens 5 mm eingehalten werden (d.h. 3 mm wegen der Schleife des *N. mentalis* und 2 mm Sicherheitsabstand).

Vermeidung einer Nervverletzung

Bei der Operation sind einige wichtige Aspekte zu beachten, um eine Beschädigung des *N. mentalis* zu vermeiden:

- Der Pilotbohrer sollte 7–8 mm vor dem mesialsten Rand des Foramen mentale in den krestalen Knochen eindringen, um eine Beschädigung der anterioren Schleife durch den Bohrer zu vermeiden (3 mm anteriore Schleife + 2 mm Sicherheitsabstand + Implantatradius) (Abb. 2-14).

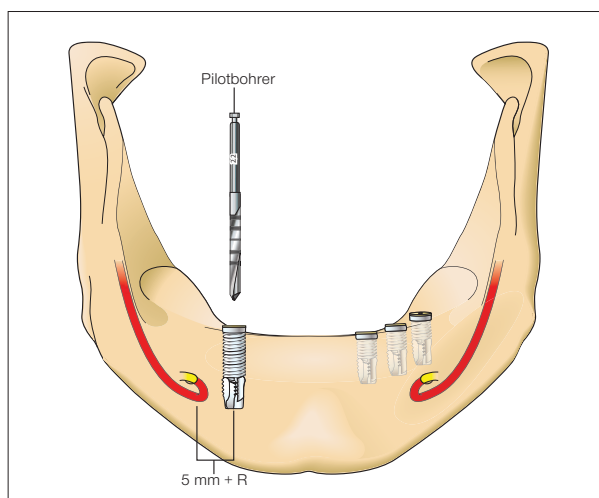


Abb. 2-14 Implantate können mesial des Foramen mentale überall gesetzt werden, solange sie über dessen Niveau gesetzt werden. Werden sie jedoch mesial und unterhalb des Foramen mentale gesetzt, dann sollte die Pilotbohrung (d. h. das Implantatzentrum) mit einer Distanz von 7 mm oder mehr mesial vom Foramen mentale angelegt werden (3 mm anteriore Schleife des *N. mentalis* + 2 mm Sicherheitsabstand + Radius des Implantates (R) = 7 mm oder mehr).

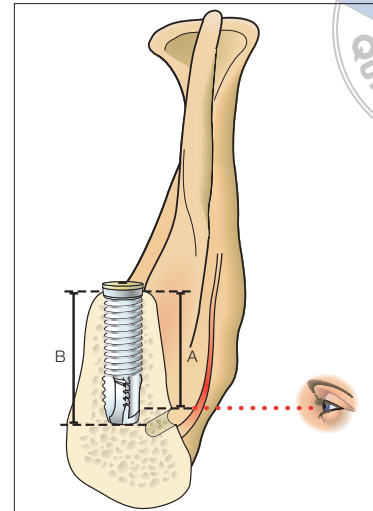


Abb. 2-13 Die Strecke A ist die Höhe des verfügbaren Knochens, wie sie sich auf dem Orthopantomogramm darstellt. In Wirklichkeit (und wie im CT-Schnittbild ersichtlich) ist die Strecke (B) jedoch länger, da der *N. alveolaris inferior* ansteigt, bevor er das Foramen mentale erreicht (im Vergleich zur Höhe in der Molarenregion).

- Entlastungsinzisionen mesial des *N. mentalis* sollten oberhalb der mukogingivalen Grenze enden.
- In einem stark atrophierten Unterkiefer kann das Foramen mentale auf dem Alveolarkamm liegen. Ist dies der Fall, sollte lingual davon inzidiert (Abb. 2-15) und der Mukoperiostlappen vorsichtig präpariert werden, bis das Foramen dargestellt ist. In manchen Fällen sollte eine lappenlose Insertion durchgeführt werden, um eine Schädigung des *N. mentalis* oder seiner Äste zu vermeiden (s. Komplikation 10).

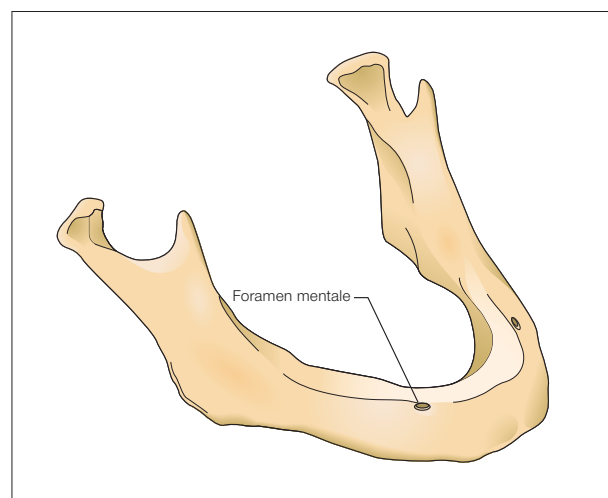
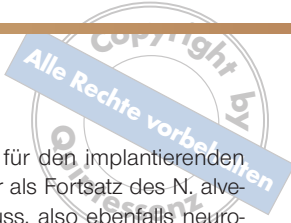


Abb. 2-15 Im stark atrophierten Unterkiefer kann das Foramen mentale auf dem Alveolarkamm liegen. Dies sollte beachtet werden, wenn die Inzision mittig auf dem Alveolarkamm durchgeführt wird.



Canalis und N. incisivus mandibulae

Der N. alveolaris inferior¹⁴ teilt sich typischerweise in der Nähe der Molaren in den N. mentalis (der die Haut der Foramenmentale-Region, die Unterlippe, die Schleimhaut und die Gingiva innerviert) und den N. incisivus (der plexusartig die Unterkiefer-Frontzähne innerviert). In manchen Fällen stellt sich der N. incisivus jedoch in einem richtigen Kanal mit großem Lumen dar (0,48 bis 2,90 mm)¹⁵ und erstreckt sich bis unter und vor das Foramen mentale, normalerweise 8 bis 10 mm über dem unteren Rand der Mandibula. Dieser Canalis incisivus mandibulae kann in konventionellen Röntgenaufnahmen nicht deutlich erkannt werden, für eine angemessene Bewertung werden deshalb CT-Bilder empfohlen (Abb. 2-16).

Die Existenz dieses Kanals kann für den implantierenden Chirurgen problematisch sein, da er als Fortsatz des N. alveolaris inferior betrachtet werden muss, also ebenfalls neurovaskuläre Elemente enthält.¹⁶ Osteotomien, die diesen Kanal perforieren würden, sind daher zu vermeiden. Zu beachten ist, dass der Canalis incisivus, falls vorhanden, in einem resorbierten Unterkiefer näher am Kieferkamm liegt.

Vermeidung einer Nerverletzung

Der Canalis incisivus mandibulae muss beachtet werden, wenn Implantate in der interforaminären Zone geplant sind.¹⁷

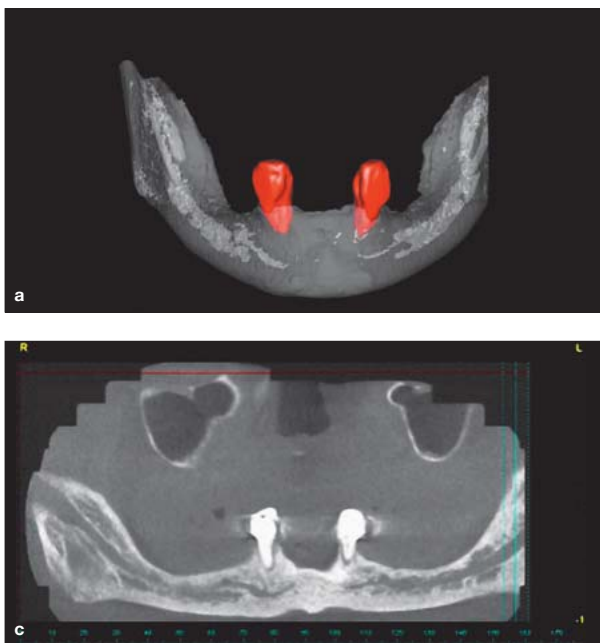


Abb. 2-16 Dreidimensionale (a und b) und Panorama-CT-Aufnahme (c) des Canalis incisivus der Mandibula. Zu beachten ist die Fortführung des Mandibularkanals in der anterioren Mandibula.

N. lingualis

Der N. lingualis, ein Ast des N. mandibularis, deszendiert etwas ventral und medial des N. alveolaris inferior zum Zungenrund¹⁸ (s. Abb. 2-10) und innerviert sensorisch die vorderen 2 Drittel der Zunge. Der N. lingualis erhält Geschmacksfasern aus der Chorda tympani, einem Ast des N. facialis.¹⁹ Er wird bei der Anästhesie des N. alveolaris inferior mit anästhesiert.

Der N. lingualis befindet sich normalerweise medial der lingualen Kortikalis des Unterkiefers unterhalb des Kieferkammes und posterior der Wurzeln der dritten Molaren. In diesem Bereich ist er von einer dünnen Schleimhaut bedeckt und kann klinisch sichtbar sein. Eingriffe in diesem Bereich bergen das Risiko einer Schädigung des N. lingualis. In einer Magnet-Resonanz-Untersuchung fanden Miloro et al.²⁰ heraus, dass der Nerv bei 10% der Patienten über dem retromolaren Plateau verläuft, was ein höheres Risiko der Traumatisierung während der Lappenpräparation, des Abhaltens und der Naht bedeutet.

Vermeidung einer Nerverletzung

Wird der N. lingualis durchtrennt, ist die Zunge anästhesiert, der Speichelfluss aus der Glandula submandibularis herabgesetzt und der Geschmack beeinträchtigt. Dies kann vermieden werden durch:

- Anlegen der distalen Entlastungsinzision im 30-Grad-Winkel von retromolar nach bukkal, um eine Durchtrennung des N. lingualis zu vermeiden, falls der Nerv auf dem retromolaren Plateau verläuft
- sorgfältige und schonende Präparation des lingualen Lappens in der posterioren Unterkieferregion
- Vermeidung von lingualen Entlastungsinzisionen.²¹

N. infraorbitalis

Der *N. infraorbitalis* ist ein Ast des *N. maxillaris*, welcher wiederum der zweite Ast des *N. trigeminus* ist und aus dem Ganglion trigeminale entspringt. Nach Abzweigung des Ramus meningeus tritt der *N. maxillaris* durch das Foramen rotundum in die Fossa pterygopalatina ein, wo er sich in den *N. zygomaticus*, die *Nn. pterygopalatini* und den *N. infraorbitalis* aufteilt.

Der *N. infraorbitalis* erreicht durch die Fissura orbitalis den Canalis infraorbitalis am Boden der Augenhöhle und läuft dann in die Wange, wo er die Haut zwischen dem Unterlid und der Oberlippe innerviert. Er entsendet die Rami alveolares superiores posteriores zur Versorgung der Oberkiefer-Molaren, den Ramus alveolaris superior medius für die Oberkiefer-Prämolaren und die Rami alveolares superiores anteriores für die Eck- und Schneidezähne im Oberkiefer.²²

Management von Nervverletzungen

Besteht Anlass zur Vermutung einer intraoperativ aufgetretenen Nervschädigung, sollte der Situs nach der Verletzung schnellstmöglich untersucht werden. Zuerst sollte eine CT-Aufnahme angefertigt werden, um festzustellen, ob die veränderte Sensibilität durch das Auftreffen eines Implantates verursacht wurde oder die Folge von Weichgewebe-Manipulation und Ödemen ist. Scheint das Implantat selbst die Ursache der veränderten Sensibilität zu sein, sollte es entfernt werden. Ist allerdings ein bei Implantation durch knöcherne Kompression verursachter Druck auf den Nerven das Problem, kann er durch eine Rückverlagerung des Implantates von 1 bis 2 mm entlastet werden. Da eine veränderte Sensibilität auch durch eine Entzündungsreaktion hervorgerufen werden kann, sollte eine 3-wöchige Gabe von steroidalen oder nichtsteroidalen antiinflammatorischen Medikamenten wie z.B. Ibuprofen 800 mg erfolgen.²³ Wird eine Verbesserung bemerkt, kann der Behandler für 3 weitere Wochen Antiphlogistika verordnen.

Aus forensischer Sicht ist es wichtig, das Ausmaß der Dysfunktion des Patienten nach der Verletzung zu dokumentieren, vorzugsweise am ersten postoperativen Tag, wenn die Wirkung des Anästhetikums abgeklungen ist. Das Gebiet mit reduzierter oder veränderter Sensibilität sollte skizziert und im Detail beschrieben werden einschließlich der Art und Dauer sowie der möglichen Ursachen (d. h. Anästhesie, Lappenpräparation, Kompression durch die Implantatinsertion). Wird eine Verletzung des *N. lingualis* vermutet, kann das Geschmacksempfinden mit Salz und Zucker getestet werden.

Vermeidung einer Nervverletzung

Dieser Nerv kann während der Lappenpräparation für ein laterales Fenster bei der Kieferhöhlenaugmentation oder für eine Implantatinsertion im anterioren Bereich einer stark atrophierten Maxilla beschädigt werden. Die Gefahr einer Nervschädigung kann reduziert werden durch:

- eine präoperative dreidimensionale CT-Darstellung des Foramen infraorbitale
- Lappenpräparation nur bis unterhalb des Foramen infraorbitale
- schonender Umgang mit dem Weichgewebe
- vorsichtiger Einsatz von Haken, um ein Vordringen bis zum Nerv zu vermeiden.

Besteht der Verdacht auf eine Verletzung des *N. alveolaris inferior* oder *N. mentalis*, kann die Sensibilität der Lippe und der Gingiva mit einem Wattestäbchen getestet werden, die thermische Empfindung mit einem eiskalten und einem warmen Spiegelgriff und die Fähigkeit, die Bewegungsrichtung zu unterscheiden, mit einem weichen Pinsel auf Lippe und Kinn bei geschlossenen Augen. Die Untersuchung sollte nach einem Monat wiederholt werden. Liegen zu diesem Zeitpunkt ein kompletter Sensibilitätsverlust, abnehmende Sensibilität oder spontane Schmerzen vor, ist dies ein Zeichen, dass die spontane Rückkehr einer normalen Sensibilität eher unwahrscheinlich ist. Die sofortige Überweisung zum Neurochirurgen ist dann erforderlich. Wird bei den Kontrollterminen eine Verbesserung bemerkt, sollten vor einer chirurgischen Intervention bis zu 4 Monate abgewartet werden.

Das Ziel einer frühen Überweisung ist, dass sich der Patient innerhalb von 4 Monaten nach Verletzung einer chirurgischen Nervrevision unterzieht, um die Degeneration des distalen Nerven zu minimieren.²⁴ Robinson et al.²⁵ untersuchten 53 Patienten, die sich einer Operation des *N. lingualis* unterzogen hatten. Sie berichteten, dass die Patienten das Vorgehen generell als lohnenswert empfanden, was sich durch einen Durchschnittswert von 7 auf einer Skala von 0 (keine Veränderung) bis 10 (normale Nervfunktion) zeigt.

Bei allen Verdachtsfällen einer Nervbeschädigung sollte die Berufs-Haftpflichtversicherung darüber in Kenntnis gesetzt werden.





KOMPLIKATION 9

Ungleichmäßiger oder schmaler Alveolarkamm

Manchmal stellt der Operateur nach Lappenpräparation fest, dass die Form des Alveolarkamms unregelmäßig, spitz oder sehr schmal ist. Vor der Implantation wird dann eine Alveolarkammplastik empfohlen, um einen gleichmäßigeren Alveolarkammverlauf mit einem breiteren Plateau zu schaffen, welches die geplanten Implantate besser aufnehmen kann.

Dennoch wird in manchen Fällen auch mit einer Alveolarkammplastik nicht die gewünschte Kieferkamm-Form erreicht, da nicht nur der Kamm, sondern der gesamte Rest des Kiefers schmal ist (Abb. 2-17a). Ein im CT-Querschnittbild pyramidenförmiger Kiefer gewinnt krestal an Breite, wenn eine Alveolarkammplastik durchgeführt wird (Abb. 2-17b).

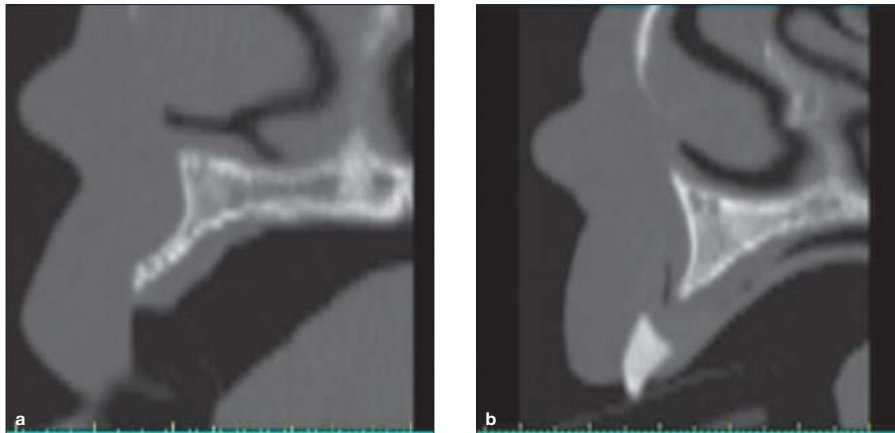


Abb. 2-17 (a) CT-Schnittbild einer anterioren Maxilla mit fortgeschrittener Resorption, bei der eine Alveolarkammplastik keinen Vorteil für eine Implantation in Bezug auf die krestale Knochenbreite bringen würde. (b) Pyramidenförmiger Kiefer, bei dem durch eine Alveolarkammplastik eine Verbreiterung des Kamms für eine Implantation erreicht werden kann.

Vorgehen

- Vor der Alveolarkammplastik sollten CT-Bilder angefertigt werden, 1. um zu bestimmen, ob das Vorgehen indiziert und in diesem Fall erfolgversprechend ist und 2. um zu bestätigen, dass die geplante Alveolarkammplastik ausreichend Spielraum für die geplante Implantation schafft (gemessen an anatomischen Orientierungspunkten).
- Der Lappen sollte sowohl bukkal als auch lingual ausreichend präpariert werden, um die volle Breite des Alveolarkamms darzustellen (Abb. 2-18a).
- Die Entfernung von Knochen sollte auf ein Minimum reduziert werden, da der Verlust von Kieferkammhöhe Probleme verursachen kann, wie z. B. Einschränkungen bezüglich der Implantatlänge und die Nähe von Implantaten zu anatomisch relevanten Strukturen wie dem Kieferhöhlenboden, Nasenboden oder Mandibularkanal. Außerdem kann es zu einer übermäßigen Höhe in der Vertikalen bei der prothetischen Versorgung führen (Abb. 2-18b).

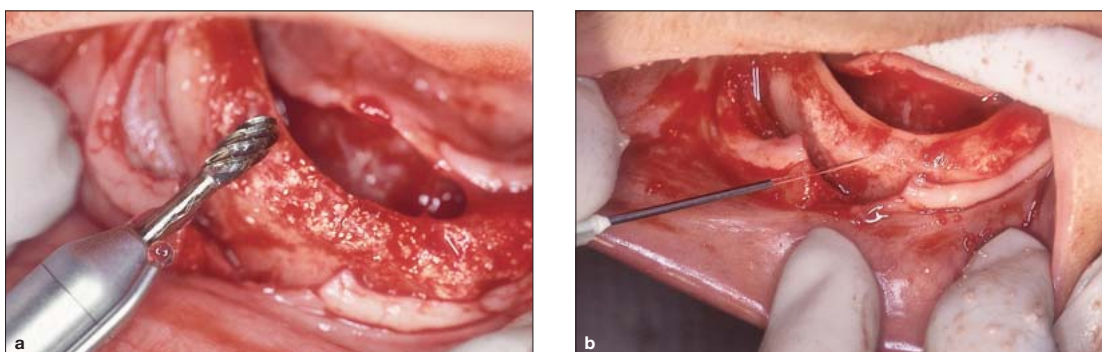


Abb. 2-18 (a und b) Nach der Präparation eines adäquaten Mukoperiostlappens wurde eine Alveolarkammplastik mit einer speziell dafür vorgesehenen chirurgischen Fräse und einem geraden chirurgischen Handstück durchgeführt.

Instrumente und Technik

Es wird die Verwendung einer ovalen oder runden Fräse in einem geraden, chirurgischen Handstück bei 40 000 U/min unter ständiger Spülung zur Alveolarkammplastik empfohlen (Abb. 2-19 und 2-20). Abbildung 2-21 zeigt eine Alveolarkammplastik nach Exzision aller Zähne im Oberkiefer vor Sofortimplantation.

Ist eine Konturierung des knöchernen Alveolarkamms aufgrund durchgehender Schmalheit oder kritischer Restknochenhöhe nicht empfehlenswert, sollte die Implantatplattform am höchsten Punkt des Alveolarkamms zu liegen kommen (Abb. 2-22). Liegen nach Anwendung dieser Technik Schraubenwindungen frei, sollten sie durch gesteuerte Knochenregeneration (GBR) gedeckt oder mit Weichgewebe überdeckt werden, wenn es ausreichend dick ist. Wird die Implantatplattform tiefer gesetzt als ein Teil des krestalen Knochens, kann es Probleme geben beim Einbringen des Heilungsabutments, des Abdruckpfostens oder der definitiven prothetischen Versorgung, und es kann zur Taschenbildung führen, die die Hygienefähigkeit beeinträchtigt.



Abb. 2-19 Fräse zur Alveolarkammplastik.



Abb. 2-20 Gerades chirurgisches Handstück.

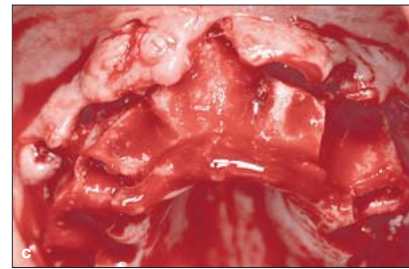


Abb. 2-21 Hier wurde direkt nach Exzision aller Oberkieferzähne eine Alveolarkammplastik durchgeführt, um die Knochenkanten zu glätten und die Höhe des Alveolarkamms für eine steggetragene Implantatversorgung zu reduzieren. (a) Orthopantomogramm präoperativ. (b) Klinische Situation präoperativ. (c) Alveolarkammplastik nach Exzision zur Glättung der Knochenkanten und Reduktion der Kammhöhe. (d) Implantation für eine steggetragene Prothetik. (e) Fortlaufende Naht zum Wundverschluss.

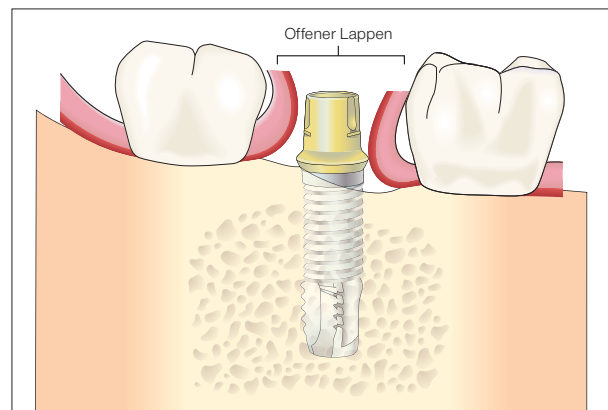


Abb. 2-22 Ist bei einer Einzelzahnimplantation eine Konturierung des Kamms nicht erwünscht (zur Vermeidung einer Taschenbildung), sollte die Implantatplattform an der höchsten Stelle des krestalen Knochenniveaus liegen.



KOMPLIKATION 10

Massive Resorption des Unterkiefers

Wie in Komplikation 8 beschrieben, kann im stark atrophierten Unterkiefer das Foramen mentale auf dem Kieferkamm lokalisiert sein. In diesem Fall sollte die Inzision lingual erfolgen, um den N. mentalis zu schützen. Ist jedoch die Resorption massiv oder das Foramen mentale kann weder im Orthopantomogramm (OPG) noch im CT-Bild deutlich identifiziert werden, wird eine lappenlose Implantation empfohlen, um eine Beschädigung des N. mentalis oder seiner Äste zu vermeiden. Diese Technik wird in Abbildung 2-23 gezeigt.

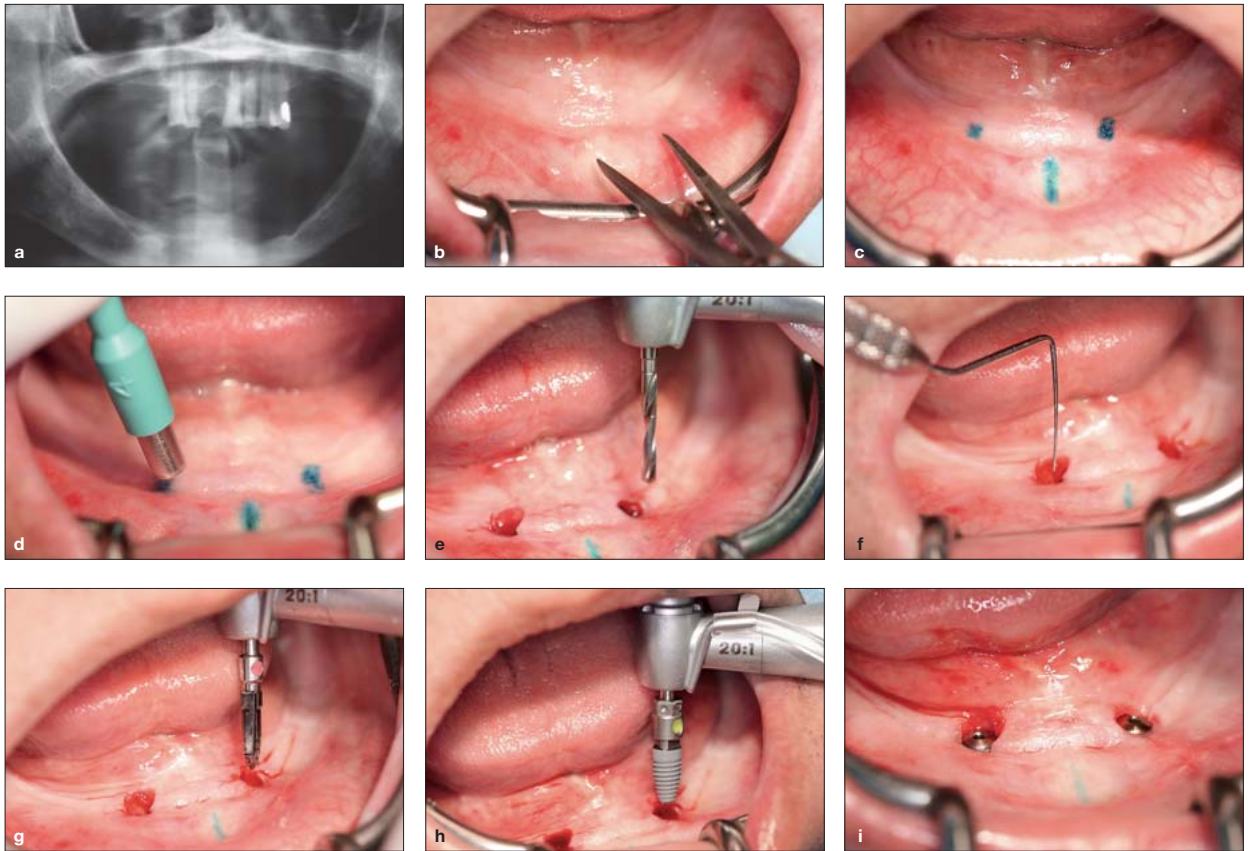


Abb. 2-23 (a) In diesem Fall konnte die exakte Lokalisation der Foramina im OPG nicht bestimmt werden. Es wurde entschieden, die Implantate lappenlos zu inserieren, um eine Durchtrennung des N. mentalis bei der Inzision zu vermeiden. (b und c) Der Alveolarknochen innerhalb von 12 mm auf jeder Seite der Mittellinie wurde als Bereich mit niedrigem Risiko für eine Implantation festgelegt. (d) Zur Schaffung eines Knochenzugangs wurde eine Einmal-Gewebebestanze verwendet. (e) Mit einem 2,0-mm-Pilotbohrer wird die Osteotomie begonnen. (f) Nach jedem Bohrer wird mit einer Parodontalsonde geprüft, ob die Bohrung noch komplett innerhalb des Alveolarkamms liegt. (g) Die Bohrung wird soweit wie nötig erweitert. (h) Die Implantate werden inseriert. (i) Für ein zweizeitiges Vorgehen werden Einheilkappen eingeschraubt. Bei diesem Patienten wurde aufgrund des übermäßigen vertikalen Platzangebots eine kugelankergetragene Prothese geplant. In die Prothese wurden O-Ring-Kappen inkorporiert, um die Kugelanker zu lösen, bevor die vertikalen Hebelkräfte zu groß werden.

KOMPLIKATION 11

Gekrümmte Extraktionsalveole

Es ist eine Herausforderung, ein Sofortimplantat nach Extraktion eines Zahnes mit extrem gekrümmter Wurzel in Idealposition zu setzen (Abb. 2-24a). Die dicke palatinale oder linguale Wand der Alveole drängt den Bohrer in Richtung der dünneren vestibulären Wand, was dazu führt, dass die Bohrung und folglich auch das Implantat in einer ungünstigen und unästhetischen Position gesetzt werden. Außerdem kann es zu einer Perforation der vestibulären Alveolenwand kommen.

Dieses Problem kann durch den Einsatz einer Lindemann-Fräse gelöst werden (Abb. 2-24b). Zunächst sollte die Fräse in die Alveole gestellt werden. Dann wird der Motor aktiviert und schließlich eine Rinne in die linguale Alveolenwand gefräst (Abb. 2-24c), um den folgenden Implantatbohrern die ungefähre Richtung für eine korrekte Position der Osteotomie vorzugeben (Abb. 2-24d). Die Anwendung dieser Technik ist oft nötig, wenn in der anterioren Maxilla und im Unterkiefer-Prämolaren- oder -Frontzahnbereich Sofortimplantate gesetzt werden. Abbildung 2-25 zeigt einen Fall einer Sofortimplantation in einer gekrümmten Alveole.

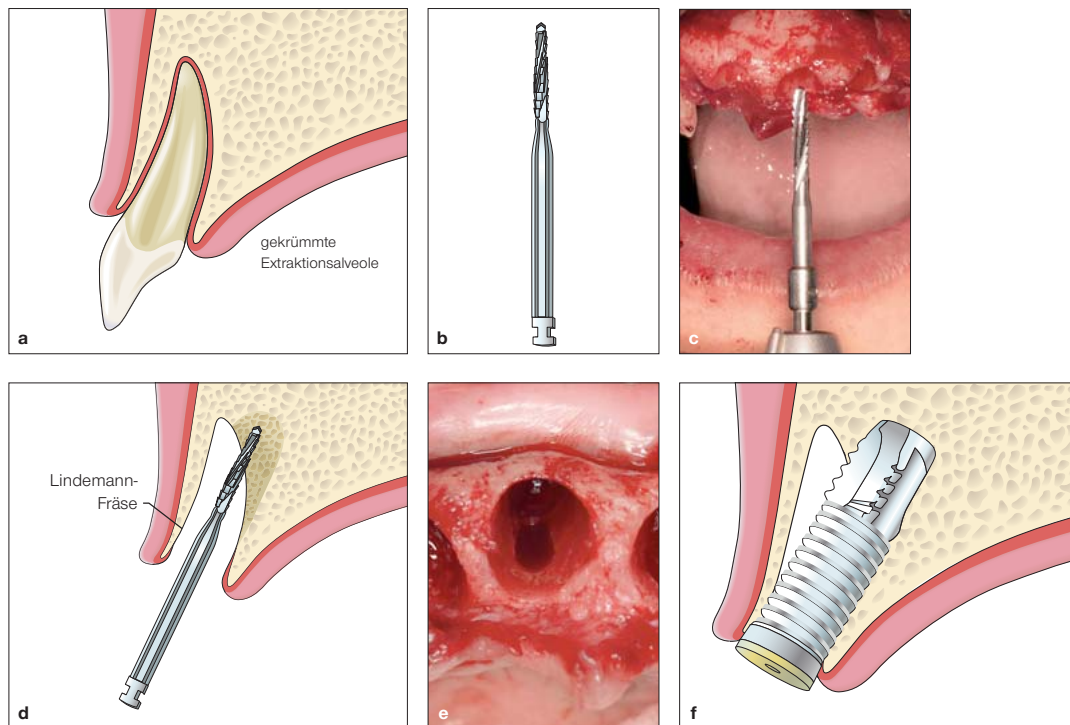


Abb. 2-24 (a) Eine gekrümmte Alveole stellt eine Herausforderung für eine ideale Sofortimplantation dar, da die dicke palatinale/linguale Alveolenwand den Bohrer in Richtung der dünnen bukkalen Wand umleitet. (b und c) Die Verwendung einer Lindemann-Fräse ermöglicht das Anlegen einer Vertiefung oder Rinne auf der palatinalen/lingualen Seite. (d) Umleitung der Bohrrichtung durch die Lindemann-Fräse im Querschnitt. (e) Klinisches Bild der durch die Lindemann-Fräse geschaffenen Vertiefung. (f) Implantatinserterion in einer gekrümmten Alveole in korrekter Richtung.



Abb. 2-25a bis 2-25c (a) Sofortimplantation in einer gekrümmten Alveole eines Prämolaren im Unterkiefer. (b) Zur Schaffung einer Vertiefung in der linguale Alveolenwand wurde eine Lindemann-Fräse verwendet. (c) Die nachfolgenden Bohrer werden benutzt, um die Bohrung abweichend vom Weg, den die gekrümmte Alveole vorgibt, nach lingual zu erweitern, um dadurch eine Perforation der bukkalen Wand und eine Fehlstellung des Implantates zu vermeiden.



Abb. 2-25d bis 2-25f Das Implantat wurde in korrekter Position und Angulation gesetzt.

Eine andere Möglichkeit des Vorgehens im Fall einer gekrümmten Alveole ist, die Pilotbohrung in spitzem Winkel in die linguale Alveolenwand durchzuführen (Abb. 2-26a). Dringt der Bohrer weiter nach apikal und der Durchmesser des Bohrers steigt an, flacht der Eintrittswinkel in die linguale Wand ab und es wird eine senkrechte Bohrung mit Druck auf das

Handstück nach apikal und lateral erzeugt (Abb. 2-26b bis 2-26d). Diese Technik ist nur in flachen Alveolen oder in Alveolen mit zerstörter bukkaler Wand möglich, da eine hohe, intakte bukkale Wand die Einhaltung des erforderlichen Winkels verhindert.

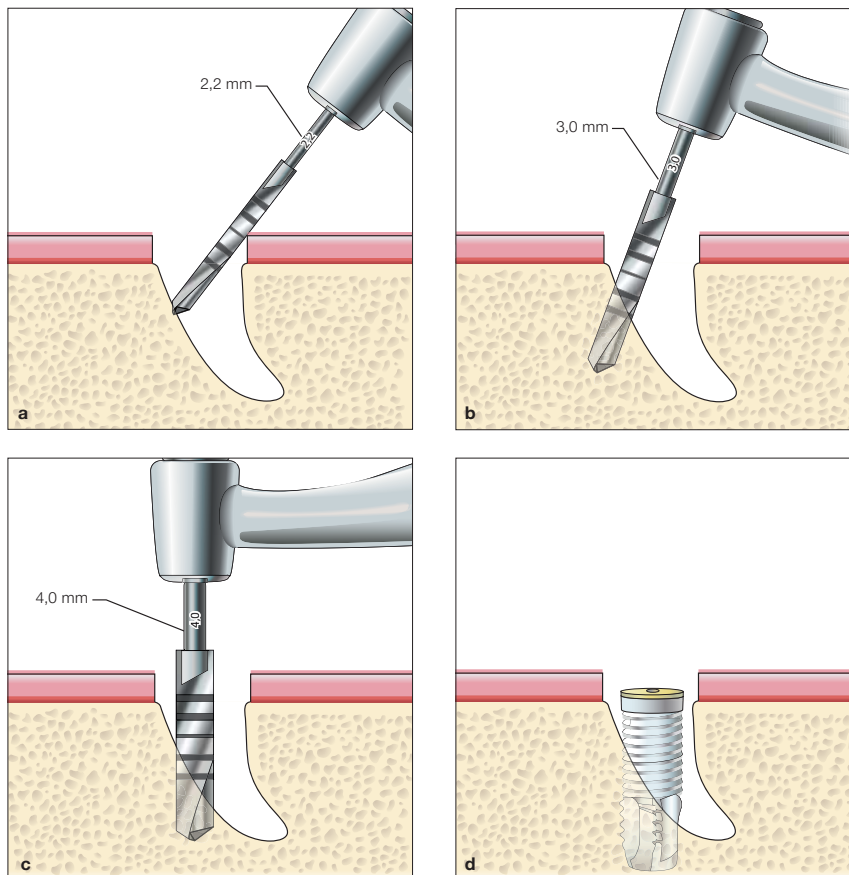


Abb. 2-26 (a) In flachen Alveolen ist die Anwendung des Pilotbohrers in einem relativ spitzen Winkel zur Krümmung der palatinalen/lingualen Alveolenwand zu Beginn der Osteotomie eine Alternative zur Lindemann-Fräse. (b) Erhöht sich der Durchmesser des Bohrers, flacht der Bohrwinkel ab. (c und d) Der letzte Bohrer und das Implantat stehen in korrekter Position und Angulation in der gekrümmten Alveole.



KOMPLIKATION 12

Verletzung von Nachbarzähnen während der Implantation

Dem Implantationsgebiet benachbarte Zähne sind gefährdet, intraoperativ und postoperativ beschädigt zu werden. Wird ein Implantat zu nah an einen Zahn gesetzt, kann sich dies negativ auf seine Blutversorgung auswirken oder der umgebende Knochen kann bei der Präparation der Osteotomie überhitzt werden. In manchen Fällen wird ein Zahn durch eine irreversible Schädigung der Pulpa avital.²⁶⁻²⁸ In diesem Fall können eine endodontische Therapie, Wurzelspitzenresektion oder Exzision des Zahnes und/oder des Implantates erforderlich werden.

Symptome

Patienten klagen nach der Implantation über starke Schmerzen, Schwellung und Temperaturempfindlichkeit. Die Symptome können sofort oder verzögert auftreten. Wird ein Zahn avital, ist die Perkussion meist positiv; die thermische und die

elektrische Sensibilitätsprobe fallen negativ aus. Das Röntgenbild zeigt innerhalb kurzer Zeit nach der Beschädigung eine apikale Aufhellung.

Prävention

Es gibt einige Maßnahmen, die ergriffen werden können, um Schäden an den Nachbarzähnen durch eine Implantation zu vermeiden:

- Mithilfe von CT-Bildern sollte präoperativ eine genaue Untersuchung der zahnlosen Region erfolgen. Diese Aufnahmen liefern dem Operateur maßstabsgetreue, verzerrungsfreie Bilder, die eine präzise Vermessung erlauben. Das Minimum an empfohlener Knochenmenge zwischen Implantat und Nachbarzahn liegt bei 1 mm.
- Ist die Lücke in mesiodistaler Richtung zu eng, sollte der Patient für eine kieferorthopädische Behandlung überwiesen werden, bevor eine Implantation angestrebt wird.
- Es ist auch möglich, sofort nach der Pilotbohrung eine periapikale Röntgenaufnahme mit einer Parallelisierungshilfe im Bohrloch anzufertigen (Abb. 2-27). Zu diesem Zeitpunkt ist der Durchmesser der Bohrung noch klein, d.h. 2 mm oder weniger, sodass der Winkel noch gut geändert werden kann.
- Letztendlich sollte eine computergenerierte Bohrschablone verwendet werden, um die Bohrrichtung vorzugeben, wenn Zähne in direkter Nachbarschaft zu den geplanten Implantaten vorhanden sind.

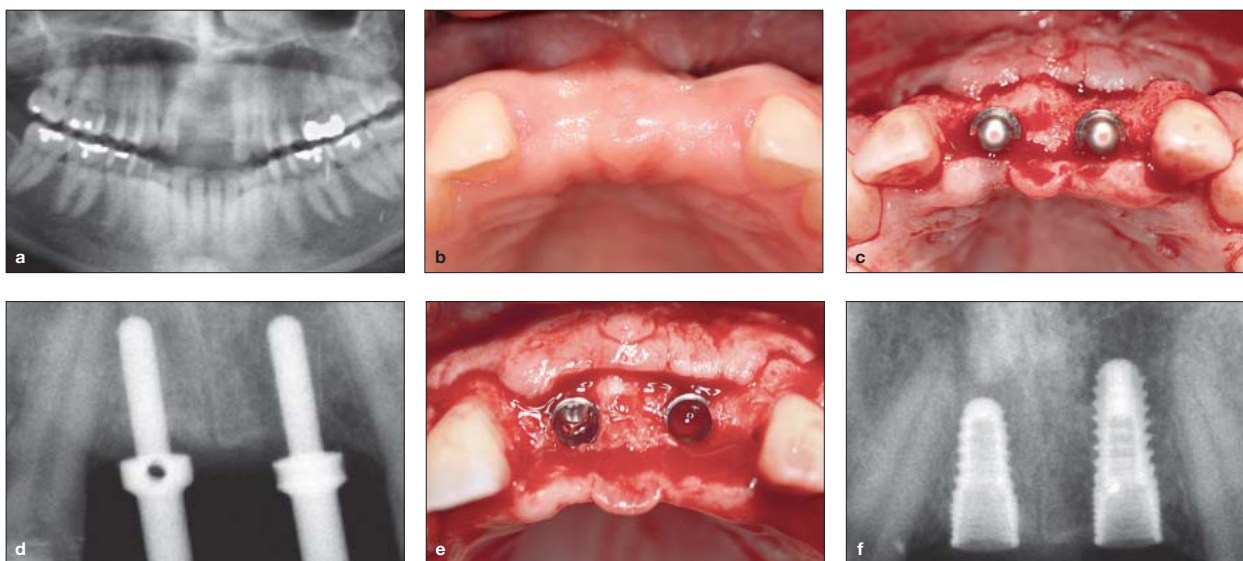


Abb. 2-27 (a) Das OPG zeigt, dass die Wurzel des rechten seitlichen Schneidezahnes inkliniert ist. (b) Okklusalanzeige der Frontzahnregion präoperativ. (c) Okklusalanzeige nach Pilotbohrung mit Parallelisierungshilfe in situ. (d) Der Zahnfilm mit Parallelisierungshilfe in den Pilotbohrungen zeigt die Nähe des Pins zur Wurzel. (e und f) Zum Ersatz des Zahnes 11 wurde ein kürzeres Implantat gesetzt, um eine Beschädigung des Zahnes 12 zu verhindern.



Management

Intraoperativ

Wird auf dem Röntgenbild mit der Parallelisierungshilfe im Bohrloch festgestellt, dass eine Beschädigung des Nachbarzahnes droht, kann die Bohrung ohne Probleme mit einer Lindemann-Fräse umgeleitet werden. Ist die Pilotbohrung schon stark erweitert und die Richtung nicht zufriedenstellend, muss die Implantation verschoben und stattdessen Knochenersatzmaterial in die Bohrung eingebracht werden.

Postoperativ

Wird nach Implantation eine Beschädigung der Pulpa vermutet, sollte eine systemische Antibiose verabreicht und sofort eine endodontische Therapie begonnen werden. Scheint das Implantat die Wurzel des betroffenen Zahnes penetriert zu haben, sollte es entfernt werden, da sich eine ernsthafte Beschädigung der Nachbarzähne auch negativ auf das Schicksal des Implantates auswirkt. Eine Abszessentwicklung am Nachbarzahn kann die Osseointegration des Implantates nebenan beeinflussen.



KOMPLIKATION 13

Präoperative akute oder chronische Infektion im Implantationsgebiet

Akute Infektion

Jede akute Entzündung im oder um das geplante Implantationsgebiet muss behandelt und die Implantation um 2 bis 4 Monate verschoben werden (Abb. 2-28). Symptome einer aku-

ten Entzündung sind Empfindlichkeit, Rötung, Schwellung, Eiterung und das Vorhandensein einer Fistel (s. Abb. 2-28b).

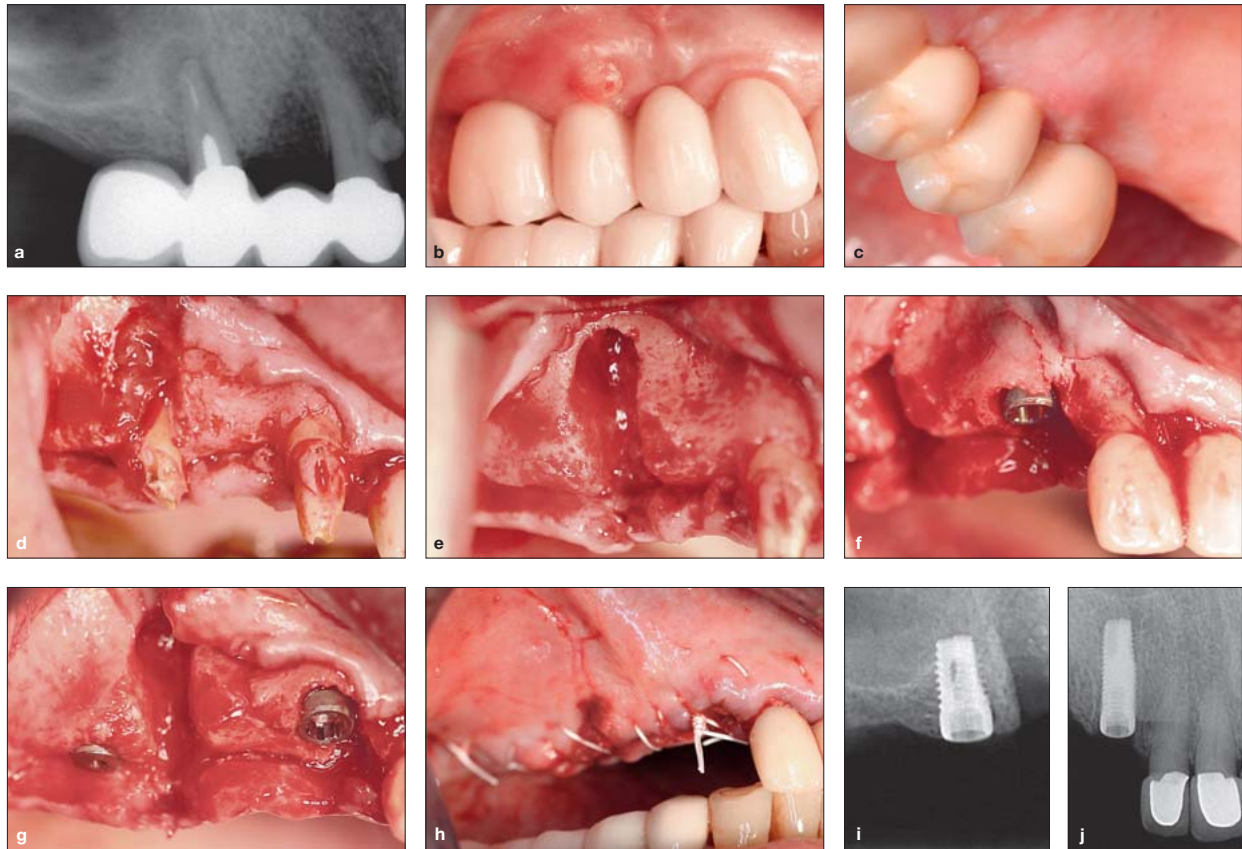


Abb. 2-28 Röntgenaufnahme (a) und klinische Bilder (b und c) zeigen die Existenz einer akuten Infektion im Bereich des ersten Prämolaren. Nach Zahnextraktion und Debridement (d und e) wurde im Bereich der akuten Entzündung Kollagen appliziert. Dann wurde in der Region des ersten Molaren und des Eckzahns je ein Implantat (f und g) zur Aufnahme einer festsitzenden, dreigliedrigen, implantatgetragenen Brücke gesetzt. Die Inzision wurde mit Polytetrafluorethylen-Nahtmaterial (PTFE) vernäht (h). Postoperative Röntgenbilder zeigen die Lokalisation der Implantate in regio 16 (i) und 13 (j).

Chronische Infektion

Chronische dentoalveoläre Infektionen umfassen unter anderem kombinierte Paro-Endo-Läsionen, chronische Parodontitis, parodontale Zysten und chronische, periapikale Läsionen. Implantatinserterionen zum Ersatz von Zähnen mit chronischen, asymptomatischen apikalen Läsionen bergen das Risiko einer Kontamination des Implantationsgebietes mit Bakterien des apikalen Prozesses und schaffen die Voraussetzung für eine spätere implantäre periapikale Läsion (IPL), auch bezeichnet als retrograde Periimplantitis (s. Komplikation 38, Teil 3). Dennoch ist die Implantation eine praktikable Behandlungsoption, wenn die Läsion und das entzündliche Gewebe komplett entfernt werden (Abb. 2-29).

Derzeit bekräftigt die Literatur eine erfolgreiche Implantation zum Zeitpunkt der Extraktion im Bereich einer periapikalen Entzündung, wenn die Infektion beseitigt und Primärstabilität erreicht werden kann. Dennoch ist zu beachten, dass

nach dem Debridement des entzündlichen Gewebes aus der Alveole das Inserieren eines Implantates in Idealposition mit ausreichendem Drehmoment schwierig sein kann. In diesem Fall sollte die Alveole mit Knochenersatzmaterial gefüllt und die Implantation um 2 bis 4 Monate verschoben werden. Lindeboom et al.²⁹ berichteten von einer Überlebensrate von 92% für Sofortimplantate in Bereichen mit chronischen periapikalen Läsionen. Novaes et al.^{30,31} stellten fest, dass eine periapikale Pathologie keine Kontraindikation für eine Sofortimplantation ist, wenn die Alveole ausreichend gesäubert und effektiv desinfiziert wird. Wird prä- und postoperativ ein festes Verabreichungsschema von Antibiotika eingehalten, die Alveole vor Implantation akribisch gesäubert und das gesamte Entzündungsgewebe entfernt, so bestehen gute Chancen für eine erfolgreiche Osseointegration.

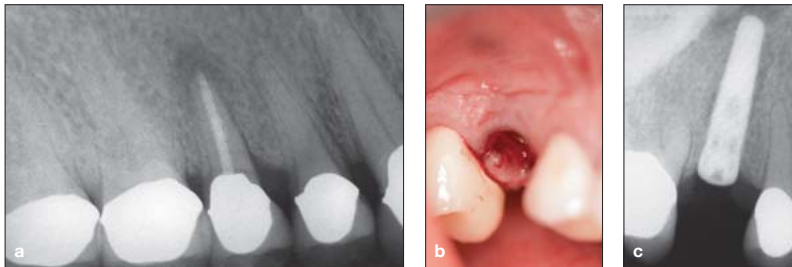


Abb. 2-29 (a und b) Ein Fall mit Sofortimplantation nach Extraktion eines Zahnes mit einer chronischen periapikalen Läsion. Die Säuberung der Alveole wurde ohne die Präparation eines Lappens und ohne zweiten chirurgischen Eingriff durchgeführt. (c) Das Röntgenbild 6 Monate postoperativ zeigt ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Technik

Nach Extraktion eines nichterhaltungswürdigen Zahnes sollte die infizierte Extraktionsalveole mit kleinen chirurgischen Küretten, die den Apex der Alveole erreichen und unter ständiger Spülung gereinigt werden. Wenn erforderlich, kann für eine sorgfältige Kürettage der Apikalregion bis auf Höhe des Apex inzidiert und ein Lappen präpariert werden (Abb. 2-30). Dieser Schritt hat den zusätzlichen Vorteil, während der Im-

plantation und/oder des Einbringens von Knochenersatzmaterial bessere Einsicht zu ermöglichen. Oft ist die Anwendung von gesteuerter Knochenregeneration (GBR) nötig, um den Knochen im Bereich des chirurgischen Zugangs zu augmentieren (unter Verwendung von Knochenersatzmaterial und einer resorbierbaren Membran).³² Es wird prä- und postoperativ eine systemische Antibiose empfohlen.

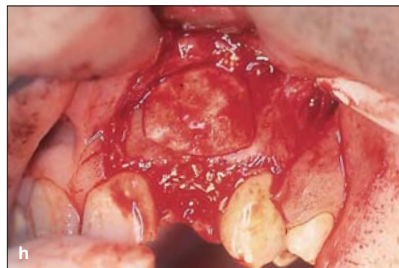


Abb. 2-30 (a bis c) Ein Fall mit Sofortimplantation nach Extraktion eines Zahnes mit einer chronischen periapikalen Läsion. (d) Die Fenestration der bukkalen Wand wurde durchgeführt, um eine peinlich genaue Ausräumung der Entzündung sicherzustellen. (e und f) Das Implantat wurde in zufriedenstellender Angulation und Tiefe mit adäquatem Torque gesetzt. (g bis i) Die GBR wurde mit dem Knochenersatzmaterial Bio-Oss (Geistlich) und einer Bio-Gide-Membran (Geistlich) durchgeführt. (j) Die postoperative Röntgenkontrolle nach 8 Monaten zeigt keine apikale Aufhellung am Implantatapex.



KOMPLIKATION 14

Wurzelreste im Implantationsbereich

Ein im Implantationsgebiet verbliebener Wurzelrest kann eine Infektionsquelle darstellen, welche zu einer implantären periapikalen Läsion oder retrograden Periimplantitis führen kann.³³ Das versehentliche Setzen eines Implantats in Kontakt zu einem Wurzelrest kann eine Entzündung verursachen und die Entfernung des Wurzelrestes sowie des von Periimplantitis betroffenen Implantates erforderlich machen.³⁴

Dennoch ergaben einige Studien, dass keine Entzündung entstanden war, dass sich auf der Oberfläche des Wurzelrestes Zement befand und dass sich funktionell orientierte parodontale Fasern ausbildeten, die sich in diesen Fällen von der Wurzel zum Implantat erstreckten. In einer tierexperimentellen Studie von Gray und Vernino³⁵ wurden einige Implantate unbeabsichtigt in Wurzelreste gesetzt. Manche Implantate wurden in direktem Kontakt zu Wurzelresten gesetzt, andere nur in die Nähe, ohne direkten Kontakt zu haben. Die histologischen Untersuchungen zeigten in keinem Fall eine Entzündung. Wurde das Implantat in direktem Kontakt zu parodontalen Fasern gesetzt, konnte keine fibröse Einkapselung des Implantates festgestellt werden. Dennoch schien es, als ob auf einigen Bereichen des Implantates kalzifiziertes Material abgelagert wurde (Abb. 2-31). In einer Studie von Buser et al.^{36,37} wurden Titanimplantate in Affen-Unterkiefer mit verbliebenen Wurzelresten gesetzt. Die histologische Untersuchung der Implantate in der Nähe von Wurzelresten zeigte eine Zementschicht auf der Implantatoberfläche sowie inserierende Kollagenfasern im Zement und im gegenüberliegenden Knochen.

Diese Studien sollen nicht als Empfehlung für einen Wurzelrest-Implantat-Kontakt gesehen werden. Implantate sollten nie in Kontakt zu verbliebenen Wurzelresten gesetzt werden. Es ist wichtig, zwischen einem Implantat in Kontakt zu avitalen Wurzelfragmenten und dem Kontakt zu vitalen Wurzeln von Nachbarzähnen zu unterscheiden (s. Komplikation 12). Die ungünstige Konsequenz der letzteren Situation bedeutet eine endodontische Therapie, Wurzelspitzenresektion oder Extraktion des betroffenen Zahnes.

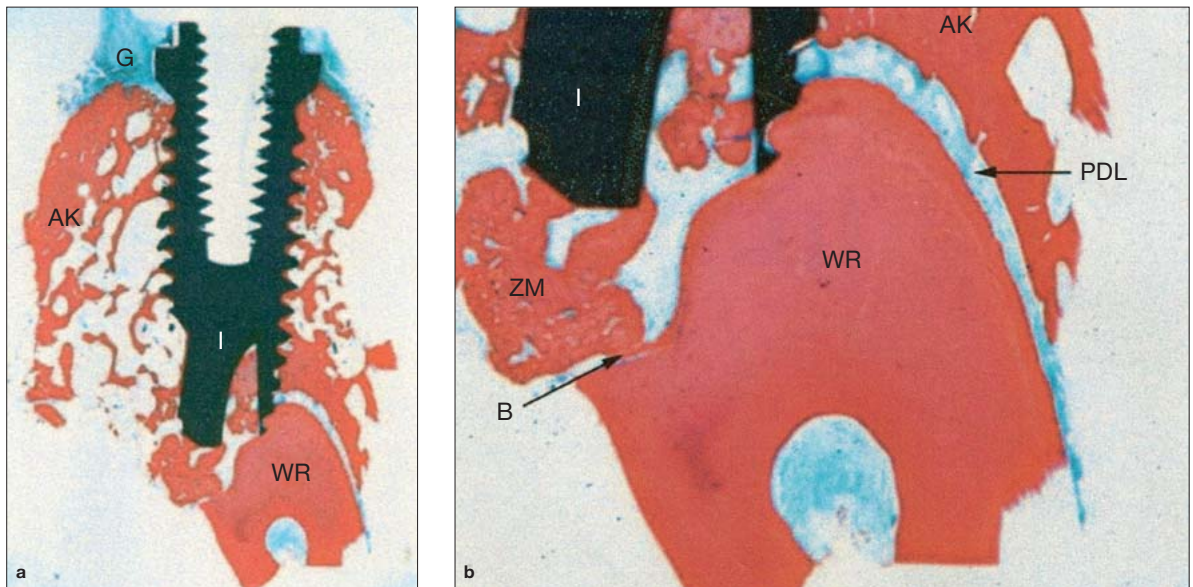
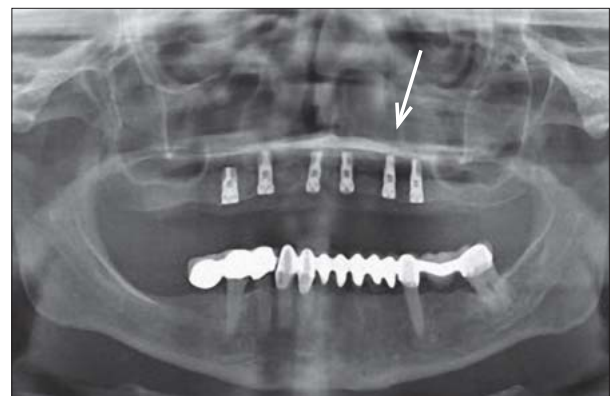


Abb. 2-31 (a) Histologische Übersicht eines Implantates (I), welches in einen Wurzelrest gesetzt wurde. G: Gingiva; WR: Wurzelrest; AK: Alveolarknochen. (b) Eine stärkere Vergrößerung zeigt das parodontale Ligament (PDL), zementähnliches Material (ZM) und eine Brücke (B), die das zementähnliche Material und das Zement auf dem Wurzelrest verbindet.

Prävention

Wird präoperativ im geplanten Implantationsgebiet ein Wurzelrest vermutet, sollte ein CT angefertigt werden, um seine exakte Lokalisation und Größe zu beurteilen. Nach seiner Entfernung sollte eine gesteuerte Geweberegeneration (GBR) durchgeführt werden. 2 bis 4 Monate nach der Entfernung des Wurzelrestes kann die Implantation stattfinden. In einigen Fällen kann das Implantat auch sofort nach Entfernung des verbliebenen Wurzelrestes gesetzt werden (Abb. 2-32).

Abb. 2-32 Panorama-CT-Aufnahme von 6 Implantaten im Oberkiefer 1 Jahr postoperativ. Das Implantat zum Ersatz von Zahn 24 (Pfeil) wurde sofort nach Entfernung eines Wurzelrestes inseriert. Der Bereich stellte sich 1 Jahr postoperativ symptomlos dar.



Management

Wird postoperativ in direkter Verbindung zum Implantat ein Wurzelrest entdeckt, sollte das Implantat wegen einer möglichen Entzündungsreaktion (implantäre periapikale Läsion oder Periimplantitis) beobachtet und eine oder mehrere der folgenden Behandlungsoptionen sollten in Betracht gezogen werden:

- systemische Antibiose zur Eliminierung der Entzündung und Infektion

- Entfernung des Wurzelrestes zusammen mit dem Implantat
- Entfernung des Wurzelrestes, Exzision des entzündlichen Gewebes und Anwendung von GBR im Knochendefekt (Abb. 2-33)
- chirurgische Entfernung des Wurzelrestes und des Implantates gefolgt von einer Implantation eines dickeren Implantates mit Applikation eines Gemisches aus demineralisiertem, gefriergetrockneten Knochen und Tetrazyklin.

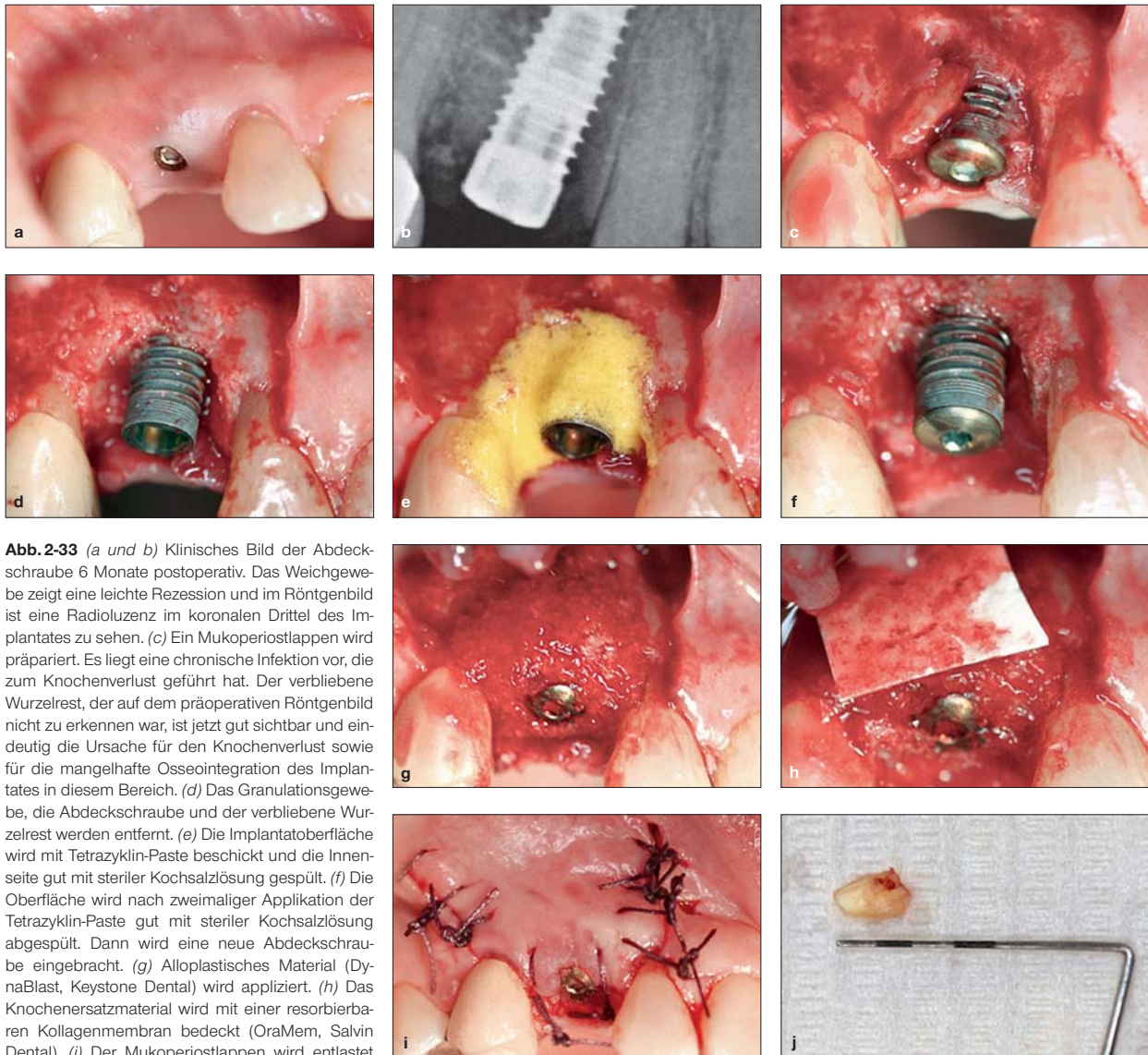


Abb. 2-33 (a und b) Klinisches Bild der Abdeckschraube 6 Monate postoperativ. Das Weichgewebe zeigt eine leichte Rezession und im Röntgenbild ist eine Radioluzenz im koronalen Drittel des Implantates zu sehen. (c) Ein Mukoperiostlappen wird präpariert. Es liegt eine chronische Infektion vor, die zum Knochenverlust geführt hat. Der verbliebene Wurzelrest, der auf dem präoperativen Röntgenbild nicht zu erkennen war, ist jetzt gut sichtbar und eindeutig die Ursache für den Knochenverlust sowie für die mangelhafte Osseointegration des Implantates in diesem Bereich. (d) Das Granulationsgewebe, die Abdeckschraube und der verbliebene Wurzelrest werden entfernt. (e) Die Implantatoberfläche wird mit Tetrazyklin-Paste beschickt und die Innenseite gut mit steriler Kochsalzlösung gespült. (f) Die Oberfläche wird nach zweimaliger Applikation der Tetrazyklin-Paste gut mit steriler Kochsalzlösung abgespült. Dann wird eine neue Abdeckschraube eingebracht. (g) Alloplastisches Material (DynaBlast, Keystone Dental) wird appliziert. (h) Das Knochenersatzmaterial wird mit einer resorbierbaren Kollagenmembran bedeckt (OraMem, Salvin Dental). (i) Der Mukoperiostlappen wird entlastet und mit Vicryl-Nahtmaterial vernäht. (j) Der entfernte Wurzelrest.

KOMPLIKATION 15

Blutung



Prävention

Krankengeschichte

Wird eine Implantation geplant, sollte der erste Schritt immer eine gewissenhafte Studie der Krankengeschichte des Patienten sein. Das Resultat dieses wichtigen Schrittes sind fast immer medizinische Komplikationen oder Kontraindikationen für eine Operation. Eine sorgfältige Anamnese ist die beste Prävention von Blutungsproblemen. Folgende Standardfragen müssen dem Patienten gestellt werden:

- Hatten Sie in der Vergangenheit Probleme mit Blutungen?
- Sind familiär bedingte Blutungsprobleme bekannt?
- Leiden Sie an Bluthochdruck, und wenn ja, nehmen Sie Medikamente dagegen ein?
- Leiden Sie an einer Lebererkrankung?
- Trinken Sie Alkohol oder nehmen Sie Medikamente ein, welche die Blutgerinnung beeinflussen, wie z.B. Aspirin, Antikoagulantien, Breitspektrumantibiotika oder Medikamente gegen Krebs?

Beantwortet der Patient eine der oben genannten Fragen mit „Ja“, sollten weiterführende Schritte unternommen werden:

- Befragung des Hausarztes des Patienten.
- Anweisung des Patienten, 1 bis 2 Tage präoperativ keinen Alkohol zu trinken und/oder keine Medikamente einzunehmen, die mit der Koagulation interferieren könnten. Diese

Management

Der Operateur muss sich einer möglichen Blutung aus dem Weichgewebe, dem Knochen und den Arterien bewusst sein und sich darauf vorbereiten.

Weichgewebeblutung

Das häufigste Zeichen einer Blutung in das Weichgewebe ist eine *Kontusion* oder ein Bluterguss. Ein Bluterguss ist das Ergebnis einer intra- oder postoperativen Blutung in die Weichgeweberäume, besonders in den subkutanen Raum, der dem Operationsbereich benachbart liegt. Die Wahrscheinlichkeit und Schwere einer Blutung wird beeinflusst durch den Gesundheitszustand des Patienten, die Größe des Lappens und die Anatomie des Gebietes. Hämatome werden entsprechend ihrem Durchmesser eingeteilt in: *Petechien* (< 2 mm), *Purpura* (2 bis 10 mm) und *Ekchymosen* (> 10 mm).³⁸

Blutergüsse können auf den Bereich der Verletzung beschränkt sein oder sich bis zum Unterrand der Mandibula ausdehnen. Die Schwerkraft führt zu einer Ausbreitung entlang der Faszien unter der Haut zu anderen Orten, wie z. B. zur Brust (Abb. 2-34). Solche Ekchymosen werden postope-

rativ oft bei über 50 Jahre alten Patienten beobachtet, wenn die Weichgewebelappen umfangreicher sind. Der Patient sollte darüber informiert werden, dass es bei dieser Folgeerscheinung keinen Grund zur Besorgnis gibt und in 2 bis 3 Wochen eine Auflösung zu erwarten ist. Obwohl Blutergüsse keine Therapie erfordern, kann die Anwendung von feuchter Wärme ihre Auflösung beschleunigen.

- Bestimmung der *Prothrombinzeit*. Die Prothrombinzeit wird in Sekunden angegeben: Kontrollzeit (normal 12 Sekunden) und Testzeit des Patienten. Um eine einigermaßen gute Hämostase zu haben, sollte das Verhältnis der Patienten-Prothrombinzeit zur Kontroll-Prothrombinzeit bei 1,5 oder weniger liegen. Das bedeutet, wenn die Kontrollzeit 12 Sekunden beträgt, sollte die Prothrombinzeit des Patienten nicht mehr als 18 Sekunden sein. Ist sie länger, wird vor der Durchführung eines chirurgischen Eingriffs die Rücksprache mit dem Hausarzt empfohlen.

Röntgenaufnahmen

Die sorgfältige Betrachtung von geeigneten Röntgenbildern ist ein anderer wichtiger Faktor bei der Prävention von Blutungskomplikationen. Die Röntgenbilder müssen das komplette Operationsgebiet darstellen, einschließlich der Wurzelspitzen der zu extrahierenden Zähne und aller relevanten anatomischen Strukturen, wie z. B. des N. alveolaris inferior, der Foramina mentalia und der Kieferhöhlen. Einzelzahnfilme und Panoramaaufnahmen sind zur Erstuntersuchung geeignet, jedoch wird die Anfertigung eines CTs präoperativ empfohlen.

Die folgenden chirurgischen Techniken minimieren das Risiko einer Blutung aus dem Weichgewebe:

Die folgenden chirurgischen Techniken minimieren das Risiko einer Blutung aus dem Weichgewebe:

- gute Sicht und ein adäquater Zugang zum Operationsgebiet mit ausreichender Beleuchtung und Absaugung
- Vermeidung vertikaler Entlastungsinzisionen, wenn möglich zugunsten eines „Envelope-Lappens“
- saubere Inzisionen
- Quetschen oder Zerreißen von Weichgewebe vermeiden
- Glättung scharfer Knochenkanten
- Entfernung von Granulationsgewebe
- Erkennung und Behandlung von kleinen, blutenden Weichgewebearterien
- Setzen einer suffizienten Naht.

Zur Behandlung einer Weichgewebeblutung sind folgende Techniken effektiv:

- 30 Minuten lang auf einen Tupfer beißen
- Verwendung eines Elektrokauters
- Aufwendung von Druck direkt auf die blutenden Gefäße. Führt dies nicht zum Erfolg, wird das Gefäß mit einer Klemme gefasst und mit einer Ligatur aus einer resorbierbaren Naht, getränkt in hämostatischer Flüssigkeit, wie z.B. Hemodent (Premier), ViscoStat (Ultradent) oder Astringedent (Ultradent), umschlungen.



Abb. 2-34 Ausbreitung einer Ekchymose bis zum Brustbereich nach exzessiver Implantation und Knochenaugmentation.

Blutung aus dem Knochen

Blutung aus einer Extraktionsalveole

Eine Blutung aus einer Extraktionsalveole kann durch Applikation eines der folgenden Medizinprodukte gestoppt werden:

- Gelfoam, resorbierbare Gelatineschwammartikel (Pfizer)
- Surgicel, oxidierte, regenerierte Cellulose (Ethicon)
- bovines Thrombin topisch
- Avitene, mikrofibrilläres Kollagen (Daval)
- HeliPlug, vernetztes Kollagen (Integra LifeSciences).

Blutung aus einer Knochenarterie

Ist die Blutungsquelle eine Arterie im Knochen oder ein Havers-Kanal, gibt es drei Behandlungsmöglichkeiten:

1. Der umgebende Knochen kann mit einem Kugelstopfer oder einem Raspatorium an den Blutungsursprung kondensiert werden.
2. Über dem Havers-Kanal kann Knochenwachs appliziert werden.
3. Anwendung eines Elektrokauters.

Blutung während der Präparation der Osteotomie

Eine Blutung während der Präparation der Osteotomie kann durch die Verletzung einer Knochenarterie verursacht werden. Normalerweise stoppt die Blutung, wenn das Implantat inseriert wird. Ist die Ursache eine Verletzung des N. alveolaris inferior, sollte die Implantation unterbrochen und eine Jodoform-Tamponade in die Alveole gelegt werden; darüber kann durch einen Tupfer Druck aufgebaut werden. Steht die Blutung, kann das Gewebe über der Jodoform-Tamponade vernäht werden; die Lappen üben Druck aus. Der Patient sollte dann auf einen Tupfer beißen, um zusätzlich Druck aufzubauen. Die Jodoform-Tamponade kann nach 5 bis 7 Tagen entfernt werden.



Arterielle Blutung

Die größeren Arterien mit einem hohen Verletzungsrisiko während einer Implantation sind die A. palatina major, die A. incisiva/nasopalatina (s. Komplikation 21), die A. facialis, die A. lingualis, die A. sublingualis und die A. submentalis. Kenntnis über deren Anatomie hilft, intraoperativ Verletzungen zu vermeiden.

Arterielle Blutung im Oberkiefer

A. palatina major

Die A. maxillaris tritt ungefähr 16,6 mm über dem Nasenboden durch die Fissura pterygomaxillaris in die Fossa pterygopalatina ein. Die A. alveolaris superior posterior, die A. infraorbitalis und die A. palatins descendens zweigen von der Pars pterygopalatina der A. maxillaris ab. Die A. infraorbitalis gibt nach Durchtritt durch das Foramen infraorbitale die Aa. alveolares superior anterior ab.

Die A. palatina descendens verläuft ein kurzes Stück in der Fossa pterygopalatina, bevor sie in den Canalis palatinus major eintritt, wo sie sich ungefähr 10 mm in inferiorer, anteriorer und leicht medialer Richtung fortsetzt. Im Canalis palatinus major zweigen die Vasa palatina minora ab, um den weichen Gaumen und die Tonsillen zu versorgen. Die A. palatina descendens tritt auf Höhe der zweiten und dritten Molaren durch das Foramen palatinum majus aus und zieht über den harten Gaumen zum Foramen incisivum, durch das sie in die Nasenhöhle eintritt. Die A. sphenopalatina, der Endast der A. maxillaris, verläuft durch das Foramen sphenopalatinum, um als Rami nasales posterior superior laterales die laterale Nasenwand zu versorgen. Nach Überquerung des Nasenhöhlendaches anastomosieren ihre Septumäste auf dem Septum mit den Ästen der A. palatina major (Abb. 2-35).

Wird in der Nähe der A. palatina major inzidiert und ein Lappen präpariert, sollte das Ende des Raspatoriums kon-

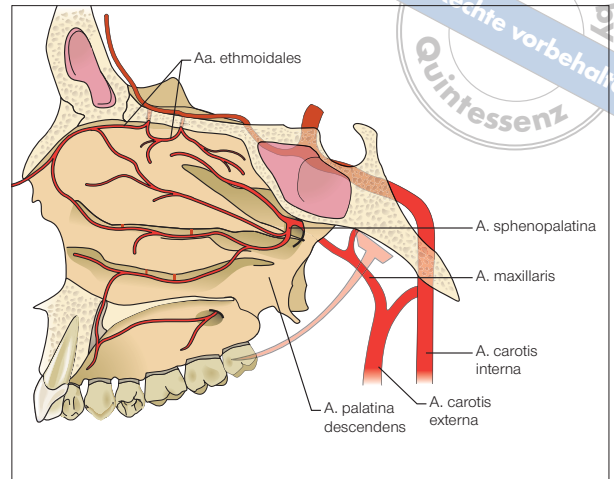


Abb. 2-35 Die A. sphenopalatina anastomosiert mit der A. palatina major und den Aa. ethmoidales.

tinuierlich auf Knochenkontakt bleiben, um eine Verletzung dieser Arterie zu vermeiden. Eine Studie von Reiser et al.³⁹ zeigte, dass bei Patienten mit einer hohen Gaumenwölbung das neurovaskuläre Bündel 17 mm vom Gingivarand entfernt lokalisiert ist, bei mittlerer Wölbung 12 mm und bei einem flachen Gaumen 7 mm.

A. nasopalatina

Die Blutung aus der A. nasopalatina wird im Teil über die Dislokation von Implantaten in den Canalis incisivus besprochen (s. Komplikation 21).

Arterielle Blutung im Unterkiefer

Besondere Vorsicht ist erforderlich, wenn Implantate im Unterkiefer gesetzt werden, da der Mundboden sehr stark vaskularisiert ist. Eine Perforation der lingualen Kortikalis während der Bohrung kann eine Blutung verursachen, die sofort nach der Gefäßverletzung einsetzt oder erst einige Zeit später. Linguale, sublinguale, submandibuläre sowie submentale Hämatome können sich progressiv ausbreiten und die Zunge und den Mundboden verdrängen und die Atemwege verlegen.

Die Obstruktion der Atemwege ist eine seltene, aber lebensbedrohliche Komplikation in der Implantatchirurgie. Detailliertes Wissen über die Anatomie der Arterien in dieser Region ist für den Operateur absolut notwendig.

Anteriore Region des Unterkiefers

Die anatomischen Strukturen des anterioren Mundbodens erhalten ihre Blutversorgung aus der A. sublingualis, einem Ast der A. lingualis und aus der A. submentalis, einem Ast der A. facialis (Abb. 2-36).

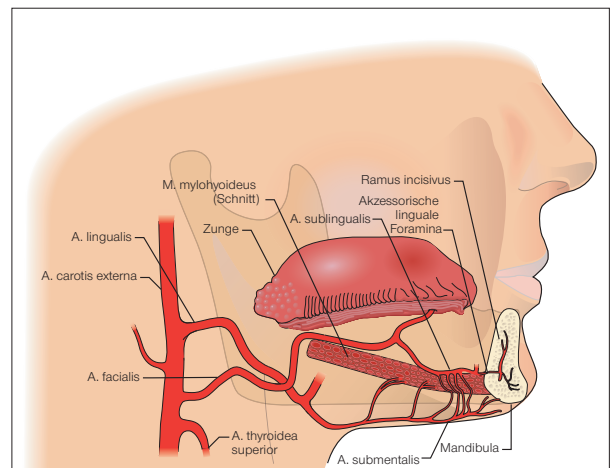


Abb. 2-36 Die Blutversorgung des anterioren Mundbodens. Zu beachten sind die Verbindungen (Anastomosen) zwischen der A. submentalis und der A. sublingualis durch den M. mylohyoideus.

A. lingualis Die A. lingualis ist einer der 8 Äste der A. carotis externa und zweigt auf Höhe des Hyoids ab. Sie versorgt den Zungenkörper und die Zungenspitze über die Rami dorsales linguae und über ihren Endast, die A. profunda linguae. Die A. lingualis gibt auf Höhe der anterioren Grenze des M. hyoglossus die A. sublingualis ab (Abb. 2-37).

A. sublingualis Die A. sublingualis mit einem mittleren Durchmesser von 2 mm versorgt die sublingualen Speicheldrüsen, den M. mylohyoideus, geniopharyngeus und genioglossus, die Schleimhaut des Mundbodens und die linguale Gingiva. Die alveolären Äste der A. sublingualis stellen eine zusätzliche Blutversorgung der anterioren, lingualen Kortikalis im Bereich der Mittellinie des Unterkiefers. Diese Äste treten durch mehrere akzessorische linguale Foramina durch die Kortikalis. Der Ramus incisivus der A. alveolaris inferior stellt die primäre Blutversorgung der mandibulären Symphyse dar.

Rosano et al.³⁸ fanden nach Sektion heraus, dass 95% der Unterkiefer linguale Foramina aufweisen, die deutlich sichtbar einen Ast der A. sublingualis führen und wiesen in den meisten Fällen die Nähe dieser Foramina zur Mittellinie der lingualen Kortikalis des Unterkiefers nach. Ihre Position in Relation zu den Spinae mentales kann variieren und wird als interspinal, superspinal und subspinal beschrieben.⁴⁰ Liang et al.^{41,42} teilten die linguale Foramina in 2 Gruppen ein: superspinale Foramina, die einen Ast der A. lingualis enthalten und subspinale Foramina, die Äste aus der A. sublingualis und submentalis enthalten. Andere Studien beschreiben die Existenz von akzessorischen Foramina auf der lingualen Seite der Mandibula in der Prämolarenregion nahe dem Unterkieferrand⁴³ und in der Nähe des Alveolarkamms zwischen den seitlichen Schneidezähnen und den Eckzähnen.⁴⁴

Die zusätzliche Blutversorgung, die durch Äste der A. sublingualis über die linguale Foramina erfolgt, ist im zahnlosen Kiefer besonders wichtig. Arteriosklerotische Veränderungen der A. alveolaris inferior nach Zahnverlust führen dazu, dass die Blutzirkulation im Unterkiefer immer abhängiger wird von der externen Blutversorgung, die durch das Periost und die akzessorischen linguale Kanäle gesichert ist. Dies sollte beachtet werden, wenn eine großflächige Präparation des lingualen Mukoperiostlappens erfolgt.^{45,46}

Eine Implantation im Bereich der Mittellinie des Unterkiefers muss sorgfältig geplant werden, da eine Perforation der lingualen Kortikalis aufgrund der Nähe der Blutgefäße ein Blutungsrisiko darstellt. Die mit den linguale Foramina assoziierten Arterien sind ausreichend groß, um nach minimaler Perforation während der Implantation in diesem Bereich eine ernsthafte Blutung zu verursachen.⁴⁷

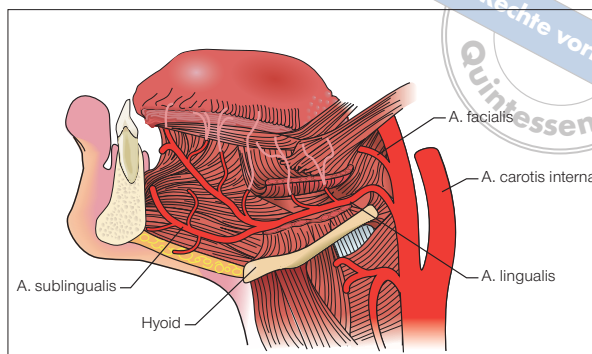


Abb. 2-37 Die A. lingualis und ihre Hauptäste. Zu beachten ist die Nähe der A. lingualis zum Hyoid.

A. facialis Die A. facialis zweigt von der A. carotis externa oberhalb der A. lingualis ab. Sie verläuft tief unter dem hinteren Bauch des M. digastricus und dem M. stylohyoideus und zieht in einer Rinne auf der Glandula submandibularis, welche sie versorgt, aufwärts zum Unterkieferrand, den sie vor dem M. masseter überkreuzt. Ihre Äste sind der Ramus tonsillaris und Aa. nasalis lateralis sowie die A. palatina ascendens, A. submandibularis, A. submentalis, A. labialis inferior und superior und A. angularis.

A. submentalis Bevor die A. facialis den Unterkieferrand kreuzt, gibt sie die A. submentalis ab, die zusammen mit dem N. mylohyoideus vor der unteren Grenze des M. mylohyoideus verläuft. Sie versorgt die submandibulären Lymphknoten, die Glandula submandibularis, den M. mylohyoideus und die Mm. digastrici.

Es ist wichtig zu wissen, dass die A. sublingualis und die A. submentalis über den jeweiligen Ramus mylohyoideus anastomosieren.⁴⁸ Die A. sublingualis ist über dem M. mylohyoideus und die A. submentalis ist unter dem M. mylohyoideus lokalisiert (s. Abb. 2-36). Daher ist es eine Herausforderung, den Ursprung der Blutung im Mundboden der A. lingualis oder der A. facialis zuzuordnen. Eine *endovaskuläre Angiographie* ist ein diagnostisches Hilfsmittel zur Identifizierung und Isolierung der Blutungsquelle.⁴⁹

(Hinweis: Der Buchstabe A nach Seitenzahlen verweist auf Abbildungen, der Buchstabe T auf Tabellen und der Buchstabe K auf Kästen.)

A

- Abdeckschraube
 - Exposition 72, 75, 75 A, 105, 105 A
 - Lockerung 107
- Abszess 36
- Abutment
 - bakterielle Besiedlung 122
 - gewinkeltes, bei Einzelzahnimplantation 21, 21 A
 - Keramik 75 A
 - Kugelanker- 3–4, 3 A–4 A
 - Locator 3–4, 3 A–4 A
 - Mikrospalt 62, 72, 108
- Acetaminophen 187
- Acetaminophen-Opioid-Kombinationen 188–190
- Actinomyces* 108, 193–194
- Al-Faraje Klassifikationssysteme
 - Einteilung des verfügbaren Knochens 53, 53 A
 - Kieferhöhlensepten 156–158, 157 T, 158 A
 - Knochenverlust während der Einheilung 110–113, 110 A–113 A
 - krestale Knochenmorphologie 63–71, 63 A–71 A
 - Weichgewebe-Biotyp 62–72, 62 A–72 A
- Al-Faraje-Technik für Kieferhöhlenaugmentation 54, 54 A
- Alveolarfortsatz, Anatomie 46, 46 A
- Alveolarkamm
 - girlandenförmiger 67–71, 67 A–71 A
 - Resorption 46, 46 A, 103 A
 - unregelmäßiger oder schmaler 30–31, 30 A–31 A
 - zahnloser, Fallbeispiel 150, 151 A
- Alveolarkammatrophie
 - anteriore 12, 14
 - fortgeschrittene, Fallbeispiele 32, 32 A, 57, 57 A
- Alveolarkammexpansion durch Kieferkammspaltung 103 A, 150, 151 A
- Alveolarkammplastik 30–31, 30 A–31 A
 - Fräse 31, 31 A, 33 A, 66 A
- Analgetika 184–190
 - Acetaminophen 187
 - Acetaminophen-Opioid-Kombinationen 188–190
 - nichtopioide 184–187, 186 T
 - opioide 187–190, 187 K, 189 T, 190 T
 - Schmerzmanagement 98, 184, 190
- Anästhesie, Definition 25
- Angulation
 - bukklinguale 20, 20 A
 - mesiodistale 21–23, 21 A–23 A
 - Röntgenaufnahme zur Kontrolle 24, 24 A
- Antibiotika
 - Dosierung 183
 - empirische Therapie 182
 - Halbwertszeit 175
 - Indikation für 175
 - Klassifikation 176
 - Nebenwirkungen 175
 - Prophylaxe 183
 - Serumspiegel 175
- Antibiotika-assoziierte Diarrhö 175
- Antibiotikadosen, präoperative 183 T
- Antibiotikatherapie, empirische 182
- Antikoagulantien 195–196, 195 K
 - Blutung bei Einnahme von 195
- Arteria
 - alveolaris superior posterior 153, 153 A
 - lingualis 45, 45 A
 - nasopalatina 44
 - palatina major 44
 - sphenopalatina 44, 44 A
 - sublingualis 45, 45 A
 - submentalis 44–45, 44 A
- Arterie, Anatomie 123, 123 A
- Arterielle Blutung 44–46, 153
- Arzneimittelallergien 178
- Aspergillom 138, 143 T
- Aspiration von Fremdkörpern 80, 80 A
- Ästhetik
 - kompromittierte 13, 13 A, 73, 73 A, 74, 74 A, 75, 75 A
 - Weichgewebe nach Sofortimplantation 76, 76 A
- Atemwege, Verlegung 46–47
- Axonotmesis 25

**B**

- Bakterien
 parodontalpathogene 108
 retrograde Periimplantitis 116–117
 Sinusitis 135
 Wirkung von Bisphosphonaten auf 193
- Behandlungsfehler, Vermeidung 127
- Bildgebung zur Diagnose einer Sinusitis 136
- Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrosen des Kiefers 193–194
- Bisphosphonate 193–194
- Blockaugmentation 12 A, 14, 15 A, 78 A, 208
- Blutung
 Antikoagulanzen und 195–197
 arterielle 44–46
 aus dem Knochen 43
 aus Extraktionsalveole 43
 bei Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut 162
 im Mundboden 46–48, 47 A, 208
 Management 42–48
 Prävention 42
 Thrombozytenaggregationshemmer und 196–197
 Verlegung der Atemwege als Folge von 46–47
 während einer Osteotomie 43–44, 153, 153 A
 während Schleimhautelevation 162
 Weichgewebe 42–43
- Bohrschablonen 79, 79 A, 96, 205
- Bohrstopper
 abnehmbare 52 A
 Vermeidung einer Nervverletzung 26, 26 A
 Vermeidung einer Perforation des Kieferhöhlenbodens 52, 52 A
- BRONJ s. Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrosen des Kiefers

C

- Canalis incisivus
 Augmentation 61, 61 A
 der Mandibula 28, 28 A
 der Maxilla, Anatomie, Morphologie, Perforation 60–61, 60 A–61 A
- Cephalosporine 176, 178, 182
- COX-2-Inhibitor 184, 186, 197
- COX-3-Inhibitor 187
- CYP2C9 186
- CYP2D6 186, 188
- CT-Aufnahmen
 Behandlungsprotokoll 203
 Prävention von Blutungen 42, 46, 48
 vor Alveolarkammplastik 30
 zur Diagnose einer Sinusitis 136
 zur Lokalisierung von Wurzelresten 40, 40 A
 zur präoperativen Beurteilung des verfügbaren Knochens 58 A, 78 A, 81
 zur Vermeidung von Verletzungen von Nachbarzähnen 35

D

- Diagnose 127
- Diarrhö, Antibiotika-assoziierte 175
- Drehzahl s. Torque
- Druck während der Einheilzeit 110
- Dysästhesie 25

E

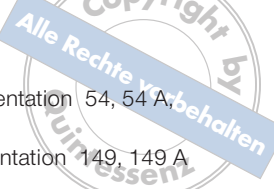
- Einverständniserklärung 127, 210–225
- Einzelzahnersatz 65, 65 A
- Einzelzahnimplantat
 festsitzende Restauration 2, 2 A
 mesiodistale Neigung 21, 21 A–22 A
 Position der Implantatplattform 31, 31 A, 65, 65 A
 vertikaler Platzbedarf 2, 2 A
- Ekchymosen 42, 42 A
- Elektrokauter 43, 48, 63, 153
- Emphysem 99
- Empirische Antibiotikatherapie 182–183
- Envelope-Lappen 17, 17 A, 42
- Exposition von Augmentat/Membran 166
- Excavator, löffelförmiger 107, 107 A
- Extraktionsalveole
 Blutung 43
 gekrümmte 33–34, 33 A–34 A
 Implantation in 69, 69 A–70 A
 Infektion 38, 39 A

F

- Fistel
 oroantrale 59, 168, 168 A
 oronasale 16
- Fluoroquinolone 181
- Foramen mentale 26–27, 26 A–27 A, 32, 32 A
- Fossa submandibularis 46, 46 A
- Fraktur
 Abutment/Restauration 20
 Implantat 20, 83–84, 83 A–84 A
 residuärer Alveolarkamm 162
 Unterkiefer 81–82, 82 A
- Fremdkörperaspiration 80, 80 A
- Frontzähne, Platzbedarf für Implantation 7

G

- GBR s. Gesteuerte Knochenregeneration
- Gel-Schicht 134
- gesteuerte Knochenregeneration
 atrophierter Kieferkamm und 14, 14 A
 Behandlungsprotokoll 205–206
 im Bereich des chirurgischen Zugangs 38, 39 A
 nach Entfernung von Wurzelresten 40–41, 41 A
 spannungsfreier Lappenverschluss bei 102
- Gewebestanze 107, 107 A
- Gingiva, Blutversorgung 119
- Gingivarezession
 durch inkorrekte Implantatposition 13, 13 A
 Folge von Hartgewebeverlust 73 A
 nach kieferorthopädischer Behandlung 73
- Glukokortikoide 191–192

**H**

Haftpflichtversicherung 127, 208
 Handratsche, Positionieren des Implantates mit 85, 89, 89 A
 Handstück
 gerades chirurgisches 30 A, 31, 31 A
 Hochgeschwindigkeits- 99, 99 A
 zur Implantation 85, 89, 89 A
 Heilungsphase, Exposition der Verschlusschraube 105, 105 A
 Horizontales Platzangebot
 Definition 5
 interimplantärer Platzbedarf 5, 5 A
 Management von Problemen 8–9, 8 A–9 A
 unzureichendes 5–9
 zwischen Implantat und natürlichem Zahn 6, 6 A–7 A
 zwischen zwei Zähnen 7–8, 7 A–8 A
 Hypästhesie 25
 Hyperästhesie 25

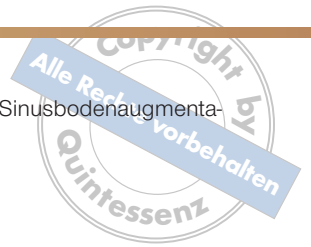
I

implantäre periapikale Läsion 38–41, 38 A–39 A, 116–117
 Implantat(e)
 Auswirkung von Bestrahlung auf 123–124
 breite, im schalen Kieferkamm 109, 109 A
 Dislokation in die Kieferhöhle 58–59, 58 A–59 A
 einteilige 69, 69 A, 70 A, 72
 Fraktur 83–84, 83 A–84 A
 Frontzahnbereich 9, 9 A, 12, 12 A, 13, 13 A
 in anteriorer Maxilla, Gefährdung des Canalis incisivus 60
 Inklination 23, 23 A
 Insertion mehrerer 23–24, 23 A–24 A
 instabile, nach Sinusbodenaugmentation 164
 kleiner Durchmesser 9, 84 A
 Lockerung bei zweizeitigem Vorgehen 114
 Mikropalt zwischen Abutment und 108
 Misserfolg aufgrund von Knochenüberhitzung 49–50
 Primärstabilität 114
 Risikofaktoren 114–115
 Scallopdesign 69, 69 A–70 A
 suprakrestale Position 76 A
 Überlebensrate bei lateraler Sinusbodenaugmentation 170
 zwei, zum Ersatz eines Molaren 8
 Implantatabstand, Berechnung 5
 Implantatangulation, fehlerhafte 20–23, 20 A–23 A
 Implantatbett-Präparation, Hitzeentwicklung 49–50
 Implantathals
 Fraktur 83, 83 A, 89
 Knochenverlust am 73
 Implantatinsertion
 lappenlose 27, 32 A, 77–79, 77 A–79 A
 mit simultaner Kieferhöhlengaugmentation 54–55, 54 A–55 A
 zu flache 75–76, 75 A–76 A
 zu tiefe 62–74
 Implantation
 Behandlungsprotokoll 202–208
 in girlandenförmigem Alveolarkamm 67–71, 67 A–71 A
 Kontraindikation 204–205

Risikofaktoren 204
 simultan zu krestaler Sinusbodenaugmentation 54, 54 A, 55 A
 simultan zu lateraler Sinusbodenaugmentation 149, 149 A
 transgingivale 77–78, 77 A, 96 A
 Verletzung von Nachbarzähnen, 35–36, 35 A–36 A
 zu flache 75–76
 zu tiefe 73–74, 73 A–74 A
 Implantationsgebiet
 GBR im 38, 39 A
 Kontamination im 38
 Wurzelreste im 40–41, 40 A–41 A
 Implantat-Knochen-Kontakt, Festigkeit 86, 86 A
 Implantatkrone, breite 5–6
 Implantatmisserfolg
 durch Knochenüberhitzung 49–50
 durch Osteoradionekrose 123–124
 durch Periimplantitis 108
 Implantatposition
 apikokoronar 73, 73 A
 bukkolingual 72
 ideal 62
 subgingival 74
 suprakrestal 75, 76 A
 Implantatprothetik, herausnehmbare 3
 Implantatstabilität
 Messung 86, 86 A
 optimaler Torque für 89
 Osseointegration und 114
 unzureichende 87–89, 87 A–89 A
 Vorhersagbarkeit 86
 Implantatüberlebensrate in augmentierter Kieferhöhle 170
 Infektion
 akute 37, 37 A
 bei lateraler Sinusbodenaugmentation 165–166, 168, 168 A
 chronische 38, 38 A
 durch Wurzelreste 40–41, 40 A–41 A
 im Implantationsgebiet 37–38, 37 A–39 A
 intra- und postoperative 175–183
 Knochenverlust und 108, 112–113, 112 A–113 A
 Nasennebenhöhlen, nach Sinusbodenaugmentation 169
 Infektionsrisiko bei Exposition der Verschlusschraube 105
 Ingestion von Fremdkörpern 80
 Insertionstorque s. Torque
 Instrumente, kleine, Fixierung mit Zahnseide 80, 80 A
 Interdentalpapille s. Papille
 Interimplantärer Platzbedarf 5
 interimsprothese, Druck durch 110
 intermaxilläre Distanz 10, 10 A
 Inzision
 midkrestale 17, 17 A, 100
 Y- 16, 16A
 Inzisionslinie, midkrestale, Wiedereröffnung 100

K

Kaukräfte 8, 8 A
 Keramikabutment 75 A
 Kerrison-Rongeur 154 A



- Kieferhöhle
 Anatomie und Entwicklung 132–134, 132–134 A
 Aspergillose 169
 bei Kindern 133
 Blutung bei Schleimhautelevation 162
 Dach 134
 Dislokation von Implantaten 58–59, 58 A–59 A
 Neoplasmen 142, 142 A
 Opazitäten 140–141, 141 A–141 A
 präoperative Erkrankungen 142–143, 143 T
 Septen 134, 155–158, 155 A–158 A, 157 T
 Überfüllung 162
 zystische Strukturen und Mukozelen 140–141, 140 A–141 A, 143 T
- Kieferhöhlenaugmentation
 Al-Faraje-Technik 54–55, 54 A–55 A
 Blutung bei Schleimhautelevation 162
 durch Extraktionsalveole 58, 58 A
 Implantatversagen nach 167
 Indikation für 58, 58 A
 Planung 52, 206–208
 über krestalen Zugang 54–55, 54 A–55 A, 54 K
 über laterales Fenster 53, 53 A, 59, s. auch laterale Sinus-
 bodenaugmentation
 verfügbarer Knochen in der posterioren Maxilla 53, 53 A, 58
 Vermeidung durch Inklination des Implantates 23, 23 A
 Kieferhöhlenboden, Perforation 52, 52 A, 133 A, 153, 154
 Kieferhöhlenerkrankungen 135–143, 135 T, 135 A–142 A, 143 T
- Kieferhöhlenschleimhaut
 Anatomie 134, 134 A
 Elevation 148, 154–162, 154 A–161 A, 207
 Perforation während der Elevation 154–160, 154 A–160 A
 Perforation während der Osteotomie 153
 Schleimretentionszyste 163
 unvollständige Elevation 161, 161 A
- Kieferkammspaltung 150, 151 A
- Kieferorthopädische Behandlung, Management von horizon-
 talen Platzproblemen 8
- Knochen
 Akkumulation von Bisphosphonaten 193
 Hitzeempfindlichkeit 49
 posteriore Maxilla, Klassifikation nach Al-Faraje 53, 53 A
 Überhitzung während des Bohrens 49–50, 49 A–50 A, 108
- Knochenkondensator 147, 147 A, 147 K
- Knochenmorphologie, Klassifikationssystem nach Al-Faraje 62–72, 62 A–72 A
- Knochennekrose 49, 85, 108
- Knochensepten s. Kieferhöhle, Septen
- Knochenstanze 106, 106 A
- Knochenverlust
 um Implantate 85, 108–113
 während der Einheilung, Klassifikation nach Al-Faraje 108, 110–113, 110 A–113 A
- Knochenwachstum über der Verschlusschraube 106, 106 A
- Kollagenmembran, Applikation bei Sinusbodenaugmenta-
 tion 148, 149 A
- Kompressionsnekrose 85, 89, 109
- Kortikosteroide 191, 191 T
- Kronenhöhe
 Definition 2
 eingeschränkte 75
 übermäßige 74
- Kunstfehler s. Behandlungsfehler
- L**
- Lappenlose Technik, postoperative Schmerzreduktion 96
- Lappennekrose 104, 104 A
- Lappenverschluss, spannungsfreier 102, 103 A
- Laterale Sinusbodenaugmentation
 Abwanderung des Implantates 169
 anatomische Gegebenheiten 132, 132 A
 Aspergillose nach 169
 Augmentat, Applikationstechnik 148–149, 149 A
 Augmentat, unzureichende Qualität/Quantität 167
 Behandlungsprotokoll 144–151, 144 A–151 A, 206–208
 Beschädigung von Nachbarzähnen 153
 Beschreibung 53
 Blutung während 152–153, 162
 Einbringen von Knochenersatzmaterial 148–149, 149 A
 Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut 161, 161 A, 162
 Exposition von Knochenersatz/Membran 166
 Fallbeispiel 149, 149 A, 150, 151 A
 Fraktur des Alveolarkamms 162
 Hämatom 152, 152 A
 Implantate, instabile 164
 Implantatüberlebensrate 170
 Infektion der Kieferhöhle 165
 Infektion des Augmentates 165
 intraoperative Komplikationen 152–164
 Inzisionstechnik 146, 146 A
 Inzisionsverschluss 150
 Knochenfenster 147, 147 K, 154
 Kongestion der Kieferhöhle 166
 Membranapplikation 148–149, 149 A
 Mukoperiostlappen 146, 146 A, 164
 Nachbarzähne, Beschädigung 153
 Osteotomie 144–151, 144 A–147 A, 149 A, 151 A, 153
 Ostiumblockade 164
 Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut 153, 154
 postoperative Instruktionen 150
 postoperative Komplikationen 164–170
 präoperative Komplikationen 143, 143 T
 präoperative Pilzinfektionen 138–139, 138 A–139 A, 143 T
 provisorische Prothese, Platzierung 150
 Schleimhautelevation 148, 154–161, 154 A–161 A, 162
 Schleimhautperforation 153–160, 154 A–160 A
 Schleimretentionszyste 163, 163 A
 simultane Alveolarkammexpansion 150, 151 A
 simultane Implantatinserion 149, 149 A, 151 A
 Sinusitis, präoperative 135–137, 135 A–136 A, 135 T, 143 T
 Sinusitis/chronische Infektionen, postoperative 168, 168 A



Wunddehiszenz 164
 zystische Strukturen 140–141, 140 A–141 A
 Lincosamide 180
 Lindemann-Fräse
 Korrektur des Implantatbettes 21, 22 A
 Korrektur einer gekrümmten Extraktionsalveole 33,
 33 A–34 A
 Linguale Kortikalis 45, 46, 48
 Lip-switch-Technik 125–126, 126 A
 Lokalanästhetika 183
 Loma-Linda-Beutel-Technik 159, 160 A

M

Makrolide 179–180
 Mandibula, Kieferkammresorption 46
 Maxilla
 arterielle Blutung 44
 posteriore, Knochenklassifikation nach Al-Faraje 53, 53 A
 zahnlose 57 A, 113 A, 150, 151 A
 Membran
 Exposition 166
 resorbierbare 148–149, 149 A, 159, 159 A–160 A, 207
 Metronidazol 181, 183 T
 Metzenbaum-Schere 102, 102 A, 125
 Mikropalt
 zwischen Abutment und Implantat 62, 72, 108
 zwischen Restauration und dem Abutment 122
 Mucorales 139
 Mukoperiostlappen 41 A, 99, 103, 104, 111, 112, 112 A,
 113 A, 117, 120–122, 120 A–122 A
 bei Kieferhöhlenaugmentation über krestalen Zugang 54,
 54 K
 bei lateraler Sinusbodenaugmentation 146, 146 A, 164
 bei stark atrophiertem Kiefer 27, 57 A
 Vermeidung von Blutung 45
 Mukozele 140–141, 143 T
 Mundboden
 Arterien 44 A
 Behandlungsablauf einer arteriellen Blutung 47–48, 47 A
 Blutung 44–48, 47 A, 208
 Prävention einer arteriellen Blutung 48
 Mundhöhlenflora, Veränderung durch Bisphosphonate 193
 Mundöffnung, eingeschränkte 10, 10 A

N

Nahtmaterial und -technik 100, 100 A, 101, 101 T
 Nase, Blutversorgung 56, 56 A
 Nasenboden, Perforation 56–57, 56 A–57 A
 Nasenendoskop 136, 136 A
 Nasennebenhöhlen, Anatomie 132, 132 A
 Nasenpolypen 136–137, 136 A
 Nervschädigung, postoperative Schmerzen 97, 97 A
 Nervus mandibularis, Hauptäste 26 A
 Nervverletzungen
 Canalis und N. incisivus mandibulae 28, 28 A
 Klassifikation 25
 Management 29, 208
 N. lingualis 28
 N. alveolaris inferior 26, 26 A

N. infraorbitalis 29
 N. mentalis 27, 27 A
 Symptome 25
 Vermeidung 25–29, 26 A–28 A
 Neurapraxie 25
 Neurotmesis 25
 NSAIDs 184–191, 186 T, 196–197

O

Oberkiefer s. Maxilla
 Opazitäten auf CT-Aufnahmen 136, 140–142, 140 A–142 A,
 143 T
 Opioid Analgetika 187–190, 187 K, 189 T, 190 T
 Osseointegration
 Abhängigkeit vom Knochentyp 114, 114 T
 Abhängigkeit von Implantateigenschaften 115
 Definition 62
 Einheilzeiten für optimale 114, 114 T
 im bestrahlten Knochen 124
 im schmalen Kieferkamm 109, 109 A
 Implantatstabilität 114
 Infektion, Auswirkung auf 115
 torque removal force 115
 Osteonekrose, Bisphosphonat-assoziierte 193–194
 Osteoradionekrose 123–124
 Osteotom 87 A
 Osteotomie
 Abbruch 51, 51 A
 Blutung während 43–44, 153
 Bohrtechnik 50, 50 A
 Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut 153
 Sinuselevation 54, 54 A
 Technik 146–147, 146 A–147 A, 207
 transgingivale Implantatinsertion 77 A
 Vergrößerung 87 A
 Ostium maxillare, Blockade 164

P

Papille, Interdentalraum 5, 63, 63 A, 74, 74 A, 74 T
 Papillenerhalt 73, 76
 Papillom, invertiertes 142
 Parallelisierungshilfen
 in Pilotbohrungen 35, 35 A
 zur Vermeidung von Implantatfehlstellungen 24, 24 A
 Parästhesie 25
 Parodontalerkrankungen, Bakterien 175
 Parodontitis, plaqueinduzierte 108
 Patienten
 Einverständniserklärungen 210–225
 immunsupprimierte 139
 medizinisch kompromittierte 195
 postoperative Instruktionen 150, 226–227
 Schmerzmanagement-Algorithmus 190–191
 Patientenberatung 127
 Penicilline 176 T, 177–178, 183 T
 Perforation
 Alveolenwand 33, 33 A, 45–46
 Kieferhöhlenboden 52–55, 52 A–55 A
 Kieferhöhlenschleimhaut 153, 154



Periapikale Implantatläsion 116–117
 Periimplantitis
 Knochenverlust verursacht durch 108
 parodontalpathogene Bakterien als Ursache für 108
 Rauchen als Risiko für 100
 retrograde 38, 41, 116–117
 Wurzelrest als Ursache für 40, 40 A
 Zementreste als Ursache für 118, 119, 121, 121 A
 Periostschlitzung 102, 102 A
 Petechien 42
 Pilotbohrung
 Röntgenaufnahme 35 A, 36, 52
 Vorgehen bei gekrümmter Alveole 34, 34 A
 Pilzinfektion, Kieferhöhle 138–139, 138 A–139 A, 143 T
 Pilzrhinosinusitis, allergische 138, 143 T
 Pilzsinusitis, invasive 139, 139 A, 143 T
 Platzbedarf
 interimplantärer 5
 zwischen Implantat und natürlichem Zahn 6
 zwischen zwei Zähnen 7–8
 Prothese(n)
 herausnehmbare, vertikaler Platzbedarf 3
 Kugelanker- 3, 3 A
 Locator-verankerte 3
 Stabilität im resorbierten Kieferkamm 125–126
 steggetragene 3, 3 A
 Prothetik, zementierte vs. verschraubte Versorgung 118,
 118 K, 122
 Prothrombinzeit 42
 Pseudozyste 140, 143 T
 Pulpa, Beschädigung 35–36
 Purpura 42

R

Radiatio 123–124
 Rauchen
 Einfluss auf Wundheilung 98, 100, 164, 211, 225, 227
 Implantatmisserfolg durch 114
 Resonanzfrequenzanalyse 86, 86 A
 Retrograde Periimplantitis 38, 40, 116–117
 Röntgenaufnahmen
 bei Verdacht einer Fremdkörperaspiration 80, 80 A
 Prävention einer Verletzung von Nachbarzähnen 35,
 35 A
 Prävention von Blutungen 42

S

Schleimhaut-Biotypen 72, 72 T
 Schmerzen
 Analgetika gegen s. Analgetika
 bei Zementüberschuss im Sulkus 120
 intra- und postoperative 184–192, 186 T, 187 K, 189 T,
 190 T
 postoperative, Beschreibung 96–98
 Schnittführung, Wiedereröffnung 100
 Schwellung, postoperative 98
 Seitenzähne, Platzbedarf für Implantation 8
 Sensibilitätsverlust 25, 208
 Septen s. Kieferhöhle, Septen

Sinusbodenaugmentation, laterale, s. laterale Sinusboden-
 augmentation
 Sinuschirurgie, funktionelle endoskopische 137
 Sinusitis
 akute 135, 135 T, 143 T, 165
 chronische 136–137, 136 A, 143 T, 168
 dentogener Ursprung 135, 135 T
 Pilzinfektion 138–139, 138 A–139 A, 143 T
 Sofortimplantat(e)
 Fallbeispiele 11, 11 A, 76, 76 A
 in Bereichen mit chronischen periapikalen Läsionen 38,
 38 A
 in gekrümmter Alveole 33, 33 A–34 A
 in girlandenförmigem Alveolarkamm 67, 67 A
 Perforation des Nasenbodens 56, 56 A
 unterschiedliche Gingivatypen und 72
 zur Erhaltung ästhetischer Weichgewebeverhältnisse 76,
 76 A
 Sol-Schicht 134
 Split-ridge-Technik 15 A, 103 A, 109, 125
 Steroide 191–192
 Stoffwechselerkrankungen des Knochens 142
 Strahlung, ionisierende 123–124
 Sulkustiefe 74

T

Tetrazykline 179, 183 T
 Thrombose 184, 195, 195 T, 196, 197
 Thrombozytenaggregationshemmer 196–197
 Torque, Augenblick der Kraft 8
 Torque, Insertion
 hohe und geringe Knochendichte 85
 Technik zur Kontrolle nach Al-Faraje 89, 89 A
 übermäßiger 85–86
 unzureichender 87–88
 Torus mandibularis 17
 Torus palatinus 16–17
 Toxizität, Bisphosphonate 193
 Trepanbohrer, Entfernung von frakturierten Implantaten 83–
 84, 83 A–84 A
 Tumor
 der Kieferhöhle 142, 143 T
 squamöses Zellkarzinom 142

U

Überweisung
 bei Atemnot 99
 nach Aspiration von Fremdkörpern 80
 nach Nervverletzungen 29, 208
 Vermeidung von Behandlungsfehlern 127
 Underwood-Septen 155, 155 A
 Unterkieferfraktur 81–82, 82 A

V

Verschlusschraube, Exposition 105
 Vertikale Distanz, unzureichend und übermäßig 4
 Vertikaler Platzbedarf
 festsitzende Restaurationen 2, 2 A
 herausnehmbare Restaurationen 3, 3 A



Vertikales Platzangebot

bei tiefer Implantatinsertion 74

Definition 2

Methoden zur Vergrößerung 4, 4 A

unzureichendes oder übermäßiges 2–4

Vestibulumplastik 125–126, 126 A

W

Weichgewebe

Ästhetik 68 A, 76

Biotypen 72, 72 T

Blutung in 42–43

dickes 2, 67, 67 A, 72, 72 T

dünnes 69, 72, 72 T

Einwachsen zwischen Implantatplattform und Abdeckschraube 107, 107 A

mitteldickes 68, 68 A

periimplantäres 119, 119 A

Prothesenrandbereich 125–126

Rezession 73, 73 A

überschüssiges, Entfernung 107, 107 A

Weichgewebeemphysem 99

Wunddehiszenz 104, 104 A, 164

Wundheilung

primäre 97, 101 T

Rauchen und 100, 164

sekundäre 97, 101 T

verzögerte 98, 100

Wurzelfraktur 67 A, 68 A

Wurzelreste im Implantationsbereich 40–41, 40 A–41 A

Y

Y-Inzision 16, 16A

Z

Zellkarzinom, squamöses 142

Zementierte Versorgung vs. verschraubte 118 K, 122

Zementreste im Sulkus 118–122, 118 K, 120 A, 121 A, 122 A

Zweizeitiges Vorgehen

Einwachsen von Weichgewebe 107, 107 A

Implantatlockerung 114

Knochenwachstum über Verschlusschraube 106, 106 A

Zementüberschuss, Fallbericht 120 A

Zyste

nichtsekretorische 140

postoperative Kieferhöhlen- 141

sezernierende 140

zystische Strukturen, Kieferhöhle 140–141, 143 T