

T. Mundt¹, F. Heinemann^{1,2}, T. Stark³, C. Schwahn¹, R. Biffar¹

Verlustanalyse von Mini-Implantaten zur Fixierung totaler Prothesen

Failure analysis of mini-implants used for complete dentures stabilization



T. Mundt

Einleitung: Ziel der Studie war es, mögliche Einflussfaktoren für Verluste von Mini-Implantaten mit Durchmesser von 1,8 bis 2,4 mm zur Stabilisierung totaler Prothesen zu analysieren.

Methode: Insgesamt 79 Frauen und 54 Männer (Altersdurchschnitt $71,2 \pm 9,8$ Jahre) wurden in 9 Zahnarztpraxen untersucht und anamnestisch befragt. Es erfolgte eine retrospektive Karteikartenanalyse. Kaplan-Meier-Kurven beschreiben das kumulative Implantatüberleben. Gruppenvergleiche erfolgen mit Log-Rank Tests. Potenzielle Risikofaktoren werden mittels Cox Regressionsanalysen multivariat überprüft ($P < 0,05$).

Ergebnisse: Von 336 Mini-Implantaten in 54 Oberkiefer gab es 15 Verluste und von 402 Mini-Implantaten in 95 Unterkiefer 11 Verluste wegen fehlender oder verloren gegangener Osseointegration. Im Unterkiefer frakturierten 2 Mini-Implantate während der Insertion und zwei weitere nach 4 bzw. 32 Monaten. Das kumulative 4-Jahres-Implantatüberleben betrug im anterioren Oberkiefer 95,4 %, im posterioren Oberkiefer 91,8 %, im anterioren Unterkiefer 97,0 % und im posterioren Unterkiefer 91,1 %. Ohne Berücksichtigung der Implantatfrakturen im Unterkiefer betrug das kumulative Implantatüberleben im anterioren Unterkiefer 97,6 % und im posterioren Unterkiefer 95,1 % mit signifikanten Unterschieden zwischen anteriorer und posteriorer Region ($P = 0,039$) jedoch nicht zwischen Ober- und Unterkiefer ($P = 0,188$). Die Überlebensrate der 10 mm langen Implantate war mit 90,7 % geringer als die der längeren Implantate mit > 95 % ($P = 0,044$). Die untersuchten Faktoren Geschlecht, Alter und Rauchgewohnheiten waren nicht signifikant. In Cox Regressionsmodellen zeigten nach Adjustierung weder Region noch Implantatlänge eine signifikante Hazard Ratio.

Schlussfolgerung: Die 4-Jahres-Überlebensraten der Mini-Implantate zur Prothesenstabilisierung sind in beiden Kiefern akzeptabel mit einem Trend zu mehr Verlusten im Seitenzahn-bereich und von kürzeren Implantaten. (Dtsch Zahnärztl Z 2014; 69: 262–270)

Schlüsselwörter: Mini-Implantat; Überleben; Risikofaktor; totale Prothese; Zahnlosigkeit

Introduction: The aim of this study was to analyse possible factors for the loss of mini-implants with diameters between 1.8 and 2.4 mm used in the stabilization of complete dentures.

Methods: A total of 79 women and 54 men (mean age of 71.2 ± 9.8 years) were examined and interviewed in 9 dental practices. The patient records were evaluated retrospectively. The cumulative implant survival rate were depicted with Kaplan-Meier curves and the potential risk factors were evaluated using Cox regression analyses ($P < 0.05$).

Results: Out of 336 mini-implants in 54 maxillae 15 were lost and out of 402 mini-implants in 95 mandibles 11 were lost due to the lack of or loss of osseointegration. Furthermore, 2 mini-implants fractured during insertion and two more were fractured after 4 and 32 months. The 4-year implant survival rate was 95.4 % in the anterior maxilla, 91.8 % in the posterior maxilla, 97.0 % in the anterior mandible and 91.1 % in the posterior mandible. Without including the fractured mandibular implants, the 4-year survival rate was 97.6 % in the anterior mandible and 95.1 % in the posterior mandible. Significant differences were found between anterior and posterior placement areas ($P = 0.039$) but not between the jaws ($P = 0.188$). The survival rate of mini-implants with a length of 10 mm was lower than the survival rate of longer implants (90.7 % versus > 95 %, $P = 0.044$). The factors sex, age, and smoking habits were not significant. In the Cox regression analysis, neither the placement area nor the implant length showed a significant Hazard ratio after adjustment.

Conclusion: The 4-year survival rates of mini-implants used in the stabilization of complete dentures were acceptable in both jaws. The failures tended to be more frequent in the posterior area and for shorter implants.

Keywords: mini-implant; survival; risk factor; complete denture; edentulism

¹ Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnheilkunde und medizinische Werkstoffkunde, Universitätsmedizin Greifswald, Rotgerberstr. 8, 17475 Greifswald

² Zahnärztliche Praxis, Im Hainsfeld 29, 51597 Morsbach

³ Zahnärztliche Praxis, Lupinenweg 2, 18437 Stralsund

Peer-reviewed article: eingereicht: 14.03.2014, revidierte Fassung akzeptiert: 28.04.2014

DOI 10.3238/dzz.2014.0262-0270

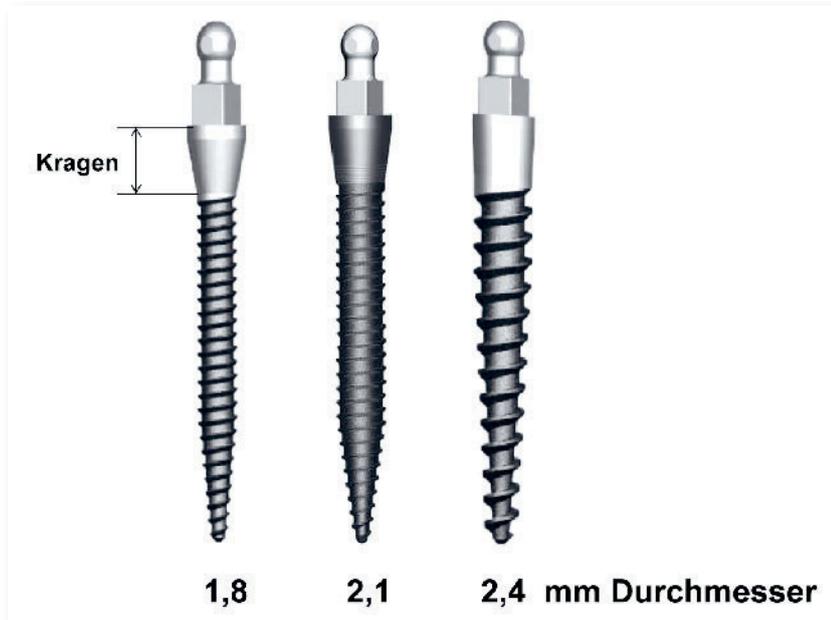


Abbildung 1 Gewindedesigns der Mini Dental Implants (mit Kragen bei dicker Mukosa, bei dünner Mukosa ohne Kragen).

Figure 1 Thread designs of mini dental implants (at thick mucosa with collared neck, at thin mucosa without collar).

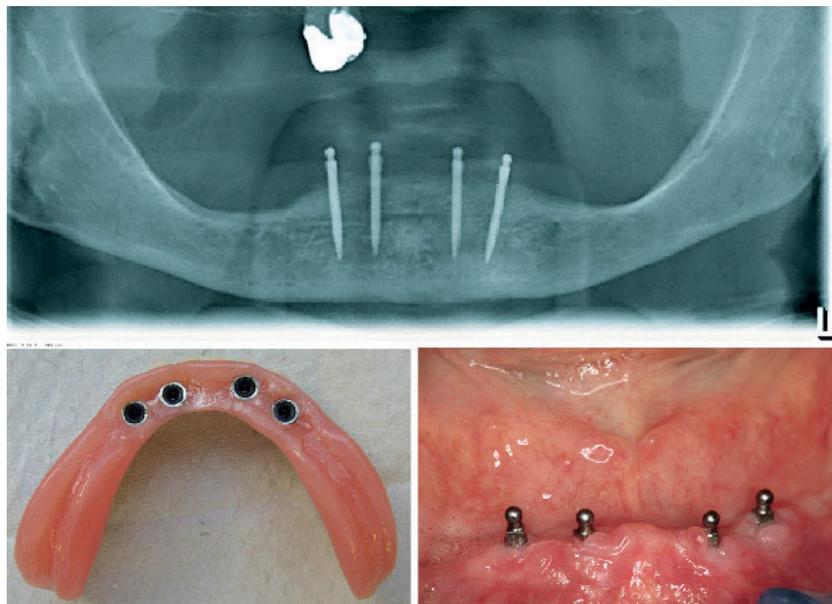


Abbildung 2 Beispiel einer Unterkieferversorgung mit Mini Dental Implants ohne Kragen (Durchmesser 1,8 mm, Länge 13 mm).

Figure 2 Example of collarless mini dental implants in the mandible (diameter of 1.8 mm, length of 13 mm).

1 Einführung

Bei Unzufriedenheit mit totalem Zahnersatz ist eine Befestigung an dentalen Implantaten inzwischen das Mittel der Wahl mit hohen 5-Jahres-Überlebensraten der

Implantate (in der Regel > 90 %) im Oberkiefer [20] und Unterkiefer [1]. Ältere Patienten lehnen jedoch oftmals dentale Implantationen aus Angst vor dem Eingriff, den Risiken, der Behandlungsdauer und wegen der hohen primären Kosten ab [4].

In den letzten Jahren werden vermehrt Mini-Implantate mit einem Durchmesser < 2,8 mm zur dauerhaften Stabilisierung von Zahnersatz verwendet [7]. Aufgrund ihres geringen Durchmessers sind Mini-Implantate von wenigen Ausnahmen abgesehen [15] einteilig [2, 3, 5, 7, 9, 12, 13, 18, 19]. Somit ist eine belastungsfreie Einheilung nicht zu realisieren und ihr Einsatz ist bei schlechter Knochenqualität, unzureichender Restknochenhöhe (< 10 mm) und in Verbindung mit augmentativen Maßnahmen nicht indiziert [12, 19]. Als preiswerte Alternative zu Standard-Implantaten bieten sie jedoch eine Reihe von Vorteilen. Auf Augmentationen kann bei schmalen Alveolarkämmen oftmals verzichtet werden [5, 7]. Dadurch sinken der operative Aufwand, die damit verbundenen Kosten und das Risiko des Eingriffs. Minimalinvasive Implantationen (transmukosal bzw. „flapless“, kleiner Mukoperiostlappen bzw. „mini-flap“) sind wegen des geringen Durchmessers einfacher als mit Standard-Implantaten durchzuführen [5, 9, 12]. Dies wird besonders interessant bei älteren, ängstlichen und multimorbiden Patienten, da die Belastung durch die Implantation und postoperativ gesenkt werden kann. Ähnlich wie bei Sofortversorgungen von Implantaten mit regulärem Durchmesser wird die Behandlungsdauer gesenkt [5, 13]. Aufgrund der geringen Dimensionierung aller Teile ist die nachträgliche Einarbeitung der Implantatmatrize in eine vorhandene Total- oder Teilprothese zur Retention auf den Implantatkugelhäuptern relativ einfach zu realisieren [5, 7]. Wegen des geringen Durchmessers und der Sofortversorgung werden für die Fixierung der totalen Prothesen mindestens 4 Implantate für den Unterkiefer und mindestens 6 Implantate für den Oberkiefer gefordert [7]. Jedoch sind diese Zahlen bisher nicht durch klinische Untersuchungen untermauert [16].

Noch immer werden Mini-Implantate in der Fachwelt nicht nur wegen der Frakturgefahr skeptisch betrachtet. Erstens wird manchmal suggeriert, dass Mini-Implantate auch von unerfahrenen Operateuren problemlos (und flapless) inseriert werden können. Studien zeigen jedoch, dass wie bei jedem System eine entsprechende Lernkurve existiert, um Mini-Implantate erfolgreich anzuwenden [2, 18]. Zweitens, inzwischen gibt es zwar einige klinische Studien zu Mini-Im-

Praxis	Studienteilnehmer	Oberkiefer	Unterkiefer
A	32	17	20
B	11	7	7
C	11	8	4
D	3	1	3
E	14	7	9
F	8	0	8
G	25	10	19
H	15	1	14
I	14	3	11
Summe	133	54	95

Tabelle 1 Anzahl der Studienteilnehmer, Studienoberkiefer und -unterkiefer pro Praxis.

Table 1 Number of study participants, maxillae and mandibles per dental practice.

plantaten für die Stabilisierung von totalem Zahnersatz im Unterkiefer mit Implantat-Überlebensraten zwischen 91 und 98 % [2, 3, 5, 9, 13, 15, 17, 19], darunter jedoch nur wenige Untersuchungen mit mehr als 3 Jahren Beobachtungszeit [2, 15, 19]. Drittens scheinen sich Misserfolge mit Mini-Implantaten im Oberkiefer zu häufen. Nach Sofortbelastung von Mini-Implantaten zur Fixierung totaler Oberkieferprothesen lagen die Überlebensraten der Implantate zwischen 85,2 % [19] und 78,4 % [6] und sogar nur 53,8 %, wenn die Prothesenbasis im Gaumenbereich sofort reduziert wurde [6]. Viertens ist wegen der Einteiligkeit der Implantate das prothetische Verankerungskonzept endgültig, und der Wechsel eventuell abgenutzter Patrizienkugeln ist unmöglich.

Erste Ergebnisse einer retrospektiven Nachuntersuchung von Mini-Implantaten zur Prothesenfixierung ergaben hingegen, dass die 4-Jahres-Überlebensraten im Oberkiefer (94,3 %) und Unterkiefer (95,7 %) sich nicht signifikant unterscheiden (Log-Rank Test: $P = 0,581$) [16] und den Überlebensraten von spätbelasteten Standarddurchmesser Implantaten zur Retention von Deckprothesen weitestgehend entsprachen [1, 20]. Keine der Prothesen musste im Beobachtungszeitraumzeitraum erneuert werden. Der Aufwand bei der prothetischen Nachsorge

war nicht sehr hoch und beschränkte sich hauptsächlich auf Unterfütterungen, Austausch der Matrizeneinsätze und Bruchreparaturen. Etwa 95 % der Studienteilnehmer gaben an, dass sich ihre Lebensqualität durch die Fixierung der Prothesen an den Mini-Implantaten verbessert hat. Eine weiterführende Analyse dieser multizentrischen Studie hat das Ziel, mögliche Einflussfaktoren für Verluste von Mini-Implantaten wegen fehlender oder verloren gegangener Osseointegration zu evaluieren.

2 Material und Methode

2.1 Studienteilnehmer und Implantate

Für die Nachuntersuchung wurden alle Patienten in 9 deutsche Zahnarztpraxen eingeladen, denen zwischen Januar 2006 und Dezember 2010 zur Stabilisierung ihrer totalen Ober- oder Unterkieferprothesen Mini-Implantate (Mini Dental Implants, MDI, 3M Deutschland GmbH, Seefeld, Deutschland) inseriert wurden. Die einteiligen MDIs mit intraossären Längen zwischen 10 und 18 mm bestehen aus einer Titan-Aluminium-Vanadium-Legierung mit aufgerauter Oberfläche im Bereich der Schraubenwindungen (Abb. 1). Die Patrizienkugel ist über einen

dünnen Hals mit der Vierkantbasis für die Insertion verbunden. Die Matrize besteht aus einem Gehäuse (Housing), das in einem Unterschnitt einen austauschbaren Silikonring (O-Ring) enthält, der unterhalb des Kugeläquators auf der Vierkantbasis seine Endlage erreicht. Dadurch wird die Prothese vor allem in horizontaler Richtung und gegen abziehende Kräfte stabilisiert.

Die Studie erhielt ein positives Votum der lokalen Ethikkommission der Universität Greifswald und zusätzlich ein Zweitvotum in den jeweiligen Bundesländern, in denen dies erforderlich war. Alle Studienteilnehmer gaben nach einer Aufklärung über das Studienvorhaben ihr schriftliches Einverständnis für ihre Teilnahme. Die Studie entspricht den Vorgaben der Deklaration von Helsinki zu Studien mit Menschen.

Die Insertion der Implantate erfolgte in ähnlicher Weise wie es schon von anderen Autoren beschrieben wurde [5, 6] und entsprach nach Aussagen der Operateure den Empfehlungen, wie sie vom Hersteller protokollarisch aufgelistet werden. Unter anderem werden dort die Tiefe der Pilotbohrung, der Einsatz verschiedener Durchmesser und der Belastungsmodus entsprechend der Knochenqualität sowie die Anzahl der Implantate pro Indikation vorgegeben. Die Implantate wurden entweder transmukosal („flapless“) inseriert oder es wurde ein kleiner Mukoperiostlappen („Mini-Flap“) zur besseren Übersicht bei sehr schmalen Alveolarknochen gebildet. Das Implantatbett wird mit einem 1,1 mm dicken Einweg-Pilotbohrer in Abhängigkeit von der Knochenqualität von einem bis zu zwei Dritteln der Schraubenlänge aufbereitet. Die selbstschneidenden MDIs mit Durchmessern von 1,8/2,1 mm (hauptsächlich für den Unterkiefer, da Schraubendesign eher für kortikalen Knochen, Abb. 1 und 2) und 2,4 mm (hauptsächlich für den Oberkiefer, da Schraubendesign eher für spongiosen Knochen, Abb. 1) werden im letzten Schritt mit einer Drehmomentratsche inseriert. Nur Kiefer, in denen alle MDI ein Eindrehmoment von > 35 Ncm aufwiesen, wurden sofort belastet. Die Prothesen wurden über den Implantaten gezielt ausgefräst, bis die aufgesteckten Housings keinen Kontakt mehr zur Prothesenbasis haben. Dies setzt eine entsprechende Dimensionierung in Breite und Höhe der Prothese vo-

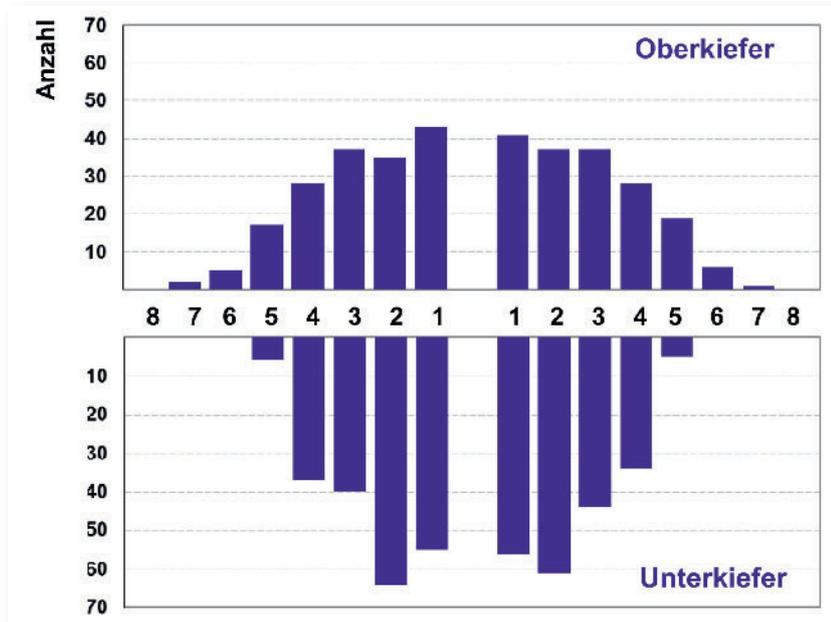


Abbildung 3 Verteilung der Mini-Implantate auf die Zahnpositionen.
Figure 3 Distribution of mini dental implants according to the placement area.

raus, die manchmal vor dem chirurgischen Eingriff erst durch Unterfütterungen oder Neuanfertigungen geschaffen werden musste. Die Housings wurden mit einem selbsthärtenden Kunststoff (Secure Hard Pick-up, 3M ESPE, Seefeld, Deutschland) entweder direkt intraoral oder indirekt über eine Abformung und Modell mit einem konventionellen Acrylat-Kunststoff in die Prothese einpolymerisiert. Falls das Eindrehmoment eines MDIs im Kiefer 35 Ncm nicht erreichte, wurde die gesamte Prothese weichbleibend unterfüttert, wobei das Unterfütterungsmaterial (Secure Soft Re-line, 3M ESPE, Seefeld, Deutschland) die Kugeln der Implantate umfasste. Die Matrizen wurden dann erst nach 3 bis 4 Monaten direkt oder indirekt über Abformung und Modell einpolymerisiert. Nach der Versorgung wurden die Patienten instruiert, in den ersten 3 bis 4 Wochen harte Nahrung möglichst zu vermeiden. Die postoperative Nachsorge erfolgte nach Bedarf und umfasste Nahtentfernungen, Okklusionskorrekturen oder Behandlung von Druckstellen. Darüber hinaus wurden jährliche Nachkontrollen vereinbart. Falls gewünscht, wurde die Basis der Oberkiefer-Prothesen nach einem einheitlichen Protokoll erst nach einer 3- bis 4-monatigen Einheilphase der Implantate im Gaumenbereich reduziert.

2.2 Datenerhebung

Untersuchung, Anamneseerhebung und retrospektive Karteikartenanalyse wurden von einem unabhängigen Zahnarzt durchgeführt, der an der Behandlung der Studienteilnehmer nicht beteiligt war.

Während der klinischen Untersuchung wurden die Position von Implantaten und die prothetische Versorgung im Studienkiefer und die Position von Zähnen, Implantaten und die prothetische Versorgung im Gegenkiefer aufgenommen und mit dem postoperativen Orthopantomogramm bzw. den Angaben aus der Karteikarte verglichen. Darüber hinaus wurden klinische Anzeichen für Implantatmisserfolge wie Lockerungen, Schmerzen, putride Entzündungen oder Parästhesien im Insertionsgebiet dokumentiert.

In der Anamnese wurden die Allgemeinerkrankungen und die Rauchgewohnheiten (aktuelles und ehemaliges Rauchen ja/nein, wann Rauchen begonnen bzw. beendet) erfragt.

Bei der Karteikartenanalyse wurden die Implantatdaten (Region, Länge, Durchmesser) und alle Behandlungen 3 Monate vor der Implantation und danach bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erfasst. Für die vorliegende Auswertung wurden alle Ereignisse bezüglich der Implantate (Verluste, Frakturen,

Reimplantationen) berücksichtigt. Die Knochenqualität oder das Eindrehmoment wurden zwar bei der Insertion und für die prothetische Belastung vom Operateur berücksichtigt, jedoch in keiner Praxis systematisch dokumentiert.

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm STATA/MP Software, Version 12.1 (Stata Corporation, College Station, TX, USA). Neben der Deskription beschreiben Kaplan-Meier-Kurven das kumulative Implantatüberleben. Verloren gegangene und sofort ersetzte Implantate wurden als Verlust gewertet. Die Überlebensdauer der MDI wurde vom Insertionsdatum bis zum Datum der letzten Nachuntersuchung oder bis zum jeweiligen Ereignis berechnet. Da Implantatfrakturen wahrscheinlich eine rein biomechanische Ursache wegen des geringen Durchmessers haben, wurden sie in der Analyse der potenziellen Risikofaktoren für Implantatverluste wegen fehlender oder verloren gegangener Osseointegration (Alter, Geschlecht, Kiefer, Region, Implantatlänge, Rauchgewohnheiten) nicht berücksichtigt. Vergleiche der Überlebensraten zwischen den Gruppen (Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Implantation: ≤ 70 Jahre versus > 70 Jahre, Geschlecht, Ober- versus Unterkiefer, anteriore Front- und Eckzahnregion versus posteriore Prämolaren- und Molarenregion, Implantatlänge, Nichtraucher versus ehemalige versus gegenwärtige Raucher) wurden mit dem Log-Rank Test ermittelt. Mittels Cox Regressionsanalysen wurde stufenweise überprüft, inwieweit andere Faktoren die Beziehung zwischen der Exposition und dem Zeitpunkt Implantatverlust beeinflussen. Statistische Signifikanz bestand bei einem P-Wert $< 0,05$.

3 Ergebnisse

Abzüglich der neutralen Ausfälle (19 Patienten waren unbekannt verzogen, 2 verstorben, 5 schwer erkrankt) lehnten 21 (13,6%) von 154 Patienten ab, an der Studie teilzunehmen. Die Verteilung der Studienteilnehmer (79 Frauen und 54 Männer mit einem Altersdurchschnitt von $71,2 \pm 9,8$ Jahren, darunter 16 gegenwärtige und 59 ehemalige Raucher) mit insgesamt 336 Oberkiefer- und 402 Unter-

	Implantatanzahl	Implantatverluste	Implantatfrakturen
	n	n (%)	n (%)
Geschlecht			
Männer	299	10 (3,3)	3 (1,0)
Frauen	439	16 (3,6)	1 (0,2)
Alter (Jahre)			
≤ 70	449	19 (4,2)	1 (0,2)
> 70	289	7 (2,4)	3 (1,0)
Kiefer und Region			
Oberkiefer anterior	230	8 (3,5)	0 (0)
Oberkiefer posterior	106	7 (6,6)	0 (0)
Unterkiefer anterior	320	7 (2,2)	2 (0,6)
Unterkiefer posterior	82	4 (4,9)	2 (2,4)
Rauchgewohnheiten			
0 Niemals geraucht	312	10 (3,2)	2 (0,6)
1 Aktuelle Raucher	105	5 (4,8)	0 (0)
2 Ehemalige Raucher	321	11 (3,4)	2 (0,6)
Implantatlänge			
10 mm	103	8 (7,8)	1 (1,0)
13 mm	442	10 (2,3)	2 (0,4)
15 mm	177	8 (4,5)	1 (0,6)
18 mm	16	0 (0)	0 (0)

Tabelle 2 Absolute Anzahl der Implantate, Implantatverluste und -frakturen nach Geschlecht, Alter, Kieferregion, Rauchgewohnheiten und Implantatlänge.

Table 2 Absolute number of implants, implant losses and fractures by sex, age, jaw area, smoking habits, and implant length.

kiefer-Implantaten auf die Praxen differenzierte (Tab. 1). Von den 133 Teilnehmern wurden bei 16 die MDIs in beiden Kiefern, bei 38 ausschließlich im Oberkiefer und bei 79 ausschließlich im Unterkiefer inseriert. Die mittlere Beobachtungszeit der Implantate lag bei $28,1 \pm 12,9$ Monaten. Die Verteilung der Implantate auf die

Zahnregionen ist der Abbildung 3 zu entnehmen. Die überwiegende Mehrzahl der Implantate besetzte im Unterkiefer die interforaminale Region zwischen 34 und 44 und im Oberkiefer die Region zwischen 15 und 25. Die Anzahl der Implantate pro Oberkiefer schwankte zwischen 4 ($n = 2$), 5 ($n = 7$), 6 ($n = 30$), 7 ($n = 5$), 8 ($n = 5$) und

10 ($n = 1$). In den Studienunterkiefern wurden entweder 3 ($n = 1$), 4 ($n = 76$), 5 ($n = 13$) oder 6 ($n = 5$) Implantate inseriert. Im Oberkiefer wurden hauptsächlich MDIs mit einem Durchmesser von 2,4 mm (96 %) inseriert und im Unterkiefer kamen vor allem MDIs mit Durchmessern von 1,8 mm (82 %) und von 2,1 mm (16 %) zur Anwendung. Da das Eindrehmoment von mindestens einem MDI pro Kiefer 35 Ncm nicht erreichte, wurden 11 Unterkieferprothesen (12 %) und 28 Oberkieferprothesen (52 %) unmittelbar nach der Implantation zunächst weichbleibend unterfüttert und 3–4 Monate später mit den Housings belastet.

Bei 54 Studienoberkiefern waren die Unterkiefer mit 24 teleskop-, geschiebe- oder klammerngestützten Teilprothesen (44,5 %), 16 MDI-gestützten Prothesen (29,6 %), 9 festsitzenden Versorgungen (16,7 %), 3 auf Standard-Implantaten abgestützten Prothesen (5,6 %) und 2 totalen Prothesen (3,7 %) versorgt. Die Gegenkieferversorgungen der 95 Studienunterkiefer waren 61 totale Prothesen (64,2 %), 16 MDI-gestützte Prothesen (16,8 %), 16 Teilprothesen (16,8 %), eine auf Standard-Implantaten abgestützte Prothese (1,1 %) und eine festsitzende Versorgung (1,1 %).

Im ersten Jahr gingen 7 MDI im Oberkiefer und 10 MDI im Unterkiefer, im zweiten Jahr weitere 7 MDI im Oberkiefer und danach jeweils ein Oberkiefer- und ein Unterkiefer-MDI wegen fehlender oder verloren gegangener Osseointegration verloren. Darüber hinaus frakturierten im Unterkiefer 2 MDIs mit einem Durchmesser von jeweils 1,8 mm während der Insertion und zwei weitere MDIs (1,8 und 2,1 mm) nach 4 bzw. nach 32 Monaten. Klinische Parameter für Implantatmisserfolge wie Schmerzen oder Entzündungen mit Pusaustritt an den Implantaten, Parästhesien als Zeichen für nervale Läsionen wurden bei keinem Implantat gefunden. Alle verbliebenen Implantate waren klinisch fest und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung durch Prothesen belastet. Die absoluten Häufigkeiten der Verluste und Frakturen nach Geschlecht, Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Insertion, Kieferregion, Rauchgewohnheiten und Implantatlängen sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Kaplan-Meier-Schätzung der 4-Jahres-Überlebensrate inklusive Frakturen ergab für die Implantate im anterioren Oberkiefer 95,4 %, im posterioren Ober-

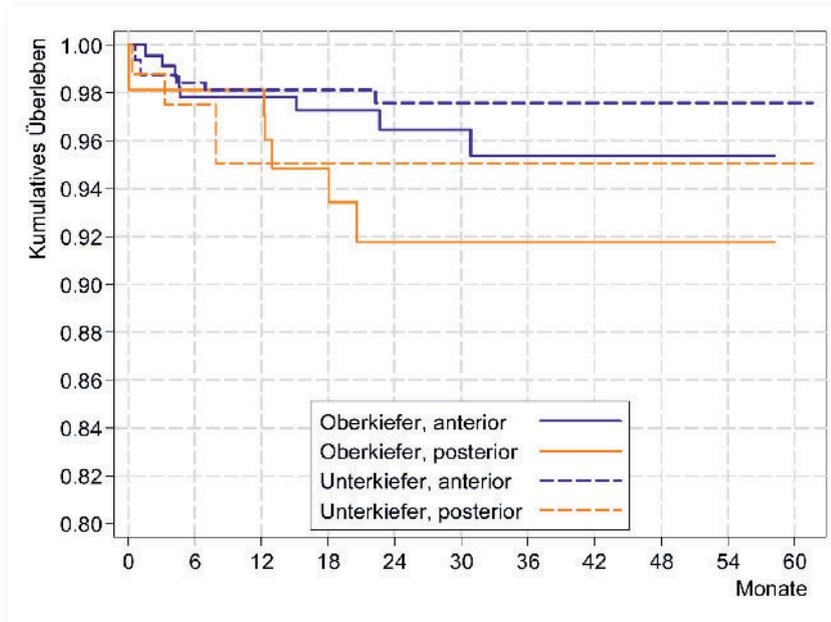


Abbildung 4 Überlebenswahrscheinlichkeit (ohne Frakturen) der Mini-Implantate nach Kieferregion.

Figure 4 Survival probability (without fractures) of mini-implants by jaw area.

kiefer 91,8 %, im anterioren Unterkiefer 97,0 % und im posterioren Unterkiefer 91,1 %. Ohne Berücksichtigung der Implantatfrakturen im Unterkiefer betrug das kumulative Implantatüberleben im anterioren Unterkiefer 97,6 % und im posterioren Unterkiefer 95,1 % (Abb. 4). Der Unterschied zwischen anterioren und posterioren Implantaten war statistisch signifikant (Log-Rank Test: $P = 0,039$) jedoch nicht zwischen Ober- und Unterkiefer ($P = 0,188$). Es gab keine signifikanten Unterschiede in den 4-Jahres-Überlebensraten der Implantate zwischen Männern und Frauen (96,0 % vs. 95,8 %, $P = 0,860$), zwischen den bis zu 70-jährigen und über 70-jährigen Teilnehmern (94,9 % vs. 97,6 %, $P = 0,224$) und zwischen Nichtrauchern, ehemaligen Rauchern und gegenwärtigen Rauchern (96,4 % vs. 95,8 % vs. 94,0 %, $P = 0,697$). Die Überlebensrate der 10 mm langen Implantate war mit 90,7 % signifikant geringer als die der 13 mm (96,9 %), 15 mm (94,9 %) und 18 mm (100 %) langen Implantate (Log-Rank Test: $P = 0,044$) (Abb. 5).

Aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen (26 Implantatverluste ohne Frakturen) wurden neben der jeweiligen prädefinierten Exposition (Region, Implantatlänge) nur 4 weitere Variablen in das Cox Regressionsmodell aufgenommen [21] und danach stufenweise adjus-

tiert (Tab. 3). Weder Region noch Implantatlänge zeigten im multivariaten Modell mit Berücksichtigung multipler Verluste pro Patient eine signifikante Hazard Ratio als Schätzer für das Verlustrisiko.

Die Verteilung der Implantatverluste (ohne Frakturen) auf die Praxen war sehr unterschiedlich. Drei Praxen hatten keine Verluste, in den anderen 6 Praxen schwankte die Verlustrate zwischen 1,5 und 9,7 %. In einem zusätzlichen univariaten exakten Test nach Fisher waren die Unterschiede zwischen den Praxen signifikant ($P = 0,037$).

4 Diskussion

Von den potenziellen Risiken für MDI-Verluste waren in univariaten Vergleichen noch die Region (mehr posteriore als anteriore Implantatverluste), die Implantatlänge (höhere Verlustrate der 10 mm Implantate) und der Praxisstandort signifikant. In multivariaten Tests war keiner der in Cox Regressionsmodellen untersuchten Faktoren (Region, Implantatlänge) signifikant.

Die Anzahl der Ereignisse ist für eine robuste statistische Analyse grenzwertig. Eine weitere Limitation dieser retrospektiven Auswertung ist die hohe Drop out-Rate von etwas mehr als einem Viertel der

180 eingeladenen Patienten. Viele der Non-Responder waren jedoch unbekannt verzogen, verstorben oder erkrankt ($n = 26$) und weniger als die Hälfte der Non-Responder lehnten eine Teilnahme an der Nachuntersuchung ab ($n = 19$). Des Weiteren gibt es mehr Kriterien z.B. die Knochenverlustrate, die den Erfolg eines dentalen Implantates bestimmen. Longitudinale Röntgenaufnahmen waren von mehreren Studienteilnehmern nicht verfügbar, sodass das alleinige aber gleichzeitig eindeutige Kriterium „Implantat in situ“ als Grundlage dieser Auswertung diente. Andererseits waren alle zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verbliebenen Implantate ohne Einschränkungen in Funktion.

Entgegen den bisherigen Angaben aus der Literatur waren die Unterschiede in der Verlustrate zwischen Ober- und Unterkieferimplantaten nicht signifikant. In anderen Untersuchungen waren die MDI-Verlustraten im zahnlosen Unterkiefer von 2 bis 9 % [2, 5, 9, 13, 17, 19] vergleichbar mit unserem Ergebnis. In der bisher einzigen prospektiven Studie mit Mini-Implantaten im zahnlosen Oberkiefer waren die Verluste mit 21,6 % (ohne Reduktion der Prothesenbasis) und 46,2 % (Reduktion der Prothese im Gaumenbereich) nach nur 2 Jahren inakzeptabel hoch [6]. In einer retrospektiven Praxisauswertung von mehr als 5.640 MDI war die Verlustrate nach durchschnittlich 3,5 Jahren im zahnlosen Oberkiefer mit 14,8 % höher als im zahnlosen Unterkiefer mit 9,1 % [19]. Die in der vorliegenden Studie geringere Verlustrate im Oberkiefer könnte zwei Gründe haben. Erstens, in den beiden anderen Studien wurden alle Oberkiefer-Implantate mit den Housings sofort belastet während in den Praxen dieser Auswertung die Matrizen nur dann sofort nach der Implantatinsertion eingearbeitet wurden, wenn das Eindrehmoment aller Implantate mehr als 35 Ncm betrug. Über die Hälfte der Oberkiefer-Prothesen wurden deshalb zunächst nur weichbleibend unterfüttert und erst 3–4 Monate später, also nach erfolgter Osseointegration der Implantate, erfolgte die Einarbeitung der Housings. Zweitens, die palatinale Prothesenbasis wurde – wenn überhaupt – erst nach erfolgreicher Osseointegration reduziert. Bei *Elsyad et al.* [6] war die Hälfte der Prothesen von Anfang an palatinal ohne Gaumenbedeckung, woraus wahrscheinlich die

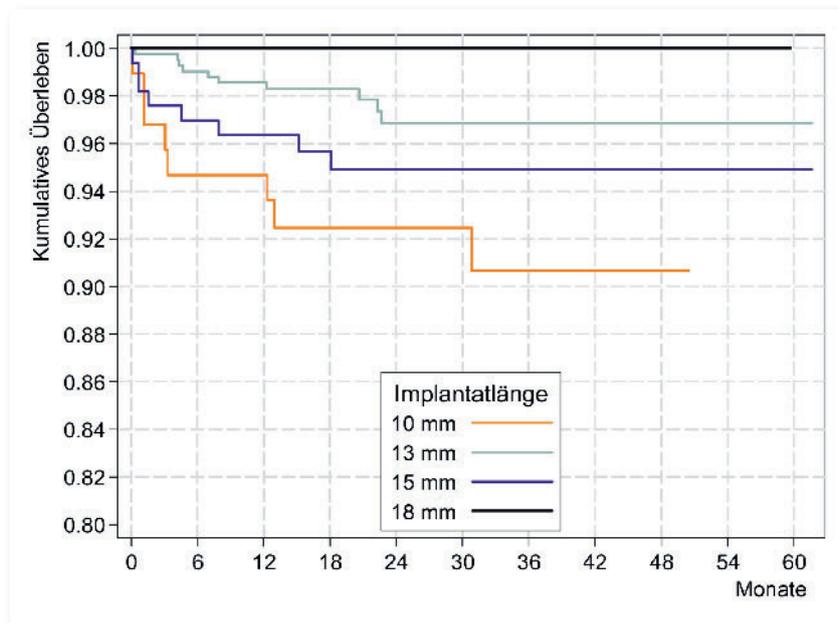


Abbildung 5 Überlebenswahrscheinlichkeit (ohne Frakturen) der Mini- Implantate nach Implantatlänge.

Figure 5 Survival probability (without fractures) of mini-implants by implant length.

sehr hohe Verlustrate nach nur 2 Jahren in dieser Gruppe resultiert.

Die tendenziell höhere Verlustrate im posterioren Bereich beider Kiefer hängt wahrscheinlich mit der höheren Belastung der distalen Implantate und der schlechteren Knochenqualität [8] im Vergleich zum Front-Eckzahnbereich zusammen. Die Knochenqualität oder das Eindrehmoment der Implantate konnte jedoch aufgrund des retrospektiven Studiendesigns in der Auswertung nicht berücksichtigt werden. Im Gegensatz dazu gingen in der Praxisstudie von *Shatkin* und *Petrotto* [19] mehr MDI im Oberkiefer-Frontzahn- als im -Seitenzahnbereich verloren. In ihrer Auswertung bezüglich der Region wurde jedoch nicht zwischen festsitzend und herausnehmbar versorgten MDI unterschieden. Generell zeigten die festsitzend versorgten und häufig verblockten MDI in beiden Kiefern eine höhere Überlebensrate als die herausnehmbar versorgten MDI.

Ein weiterer Hinweis dafür, dass die primäre Verblockung gegenüber unverblockten Mini-Implantaten prognostisch besser sein könnte, liefert der randomisierte Vergleich von *Joffe* et al. [13]. Nach der herausnehmbaren Sofortversorgung von jeweils 2 MDI im Unterkiefer betrug die 2-Jahres-Überlebensrate mit einer Stegversorgung 97,8 % und mit Kugel-

kern 90,4 %. Eine Stegversorgung ist jedoch vom Hersteller der MDI nicht vorgesehen und würde die primären Kosten und den Aufwand für eine nachträgliche Einarbeitung in die vorhandene Prothese beträchtlich erhöhen. Die geringere Überlebensrate der MDI mit Kugelankern könnte jedoch auch mit der Anzahl von nur 2 pro Unterkiefer zusammenhängen. In anderen Studien [5, 9, 17] wurden in der Regel 4 MDI im zahnlosen Unterkiefer entsprechend den Empfehlungen des Herstellers verwendet.

Die Bedeutung der Länge von Standarddurchmesser-Implantaten für ihr Überleben wird immer noch kontrovers diskutiert [10]. In einigen älteren Studien war die Misserfolgsraten von spätbelasteten Implantaten, die kürzer als 10 mm waren, höher als bei längeren Implantaten. In einem aktuellen systematischen Review war die höhere Verlustrate für spätbelastete kurze Implantate nicht mehr nachzuweisen, wenn die intraossäre Oberfläche aufgeraut ist [10]. In Berichten über Mini-Implantate mit Sofortversorgungen in zahnlosen Kiefern wurden in prospektiven Studien häufig Implantate verwendet, die mindestens 12 mm lang waren [5, 9, 13, 17] oder aber die unterschiedlichen Längen wurden nicht näher analysiert [2, 3, 18, 19]. Der Trend zu mehr Verlusten von 10 mm langen MDI

in der vorliegenden Analyse deckt sich jedoch mit einer retrospektiven Auswertung aus einer anderen Zahnarztpraxis [12]. Ursache für Misserfolge mit kürzeren MDIs könnte die biomechanische Überbelastung der Grenzfläche zwischen Implantat und Knochen in der Einheilphase sein [12], wie es in FEM-Studien für Mini-Implantate gezeigt werden konnte [11].

Wie in anderen Untersuchungen [4, 5, 13, 19] trat der Großteil der MDI-Verluste im Unterkiefer im ersten Jahr und im Oberkiefer in den ersten beiden Jahren auf. Wahrscheinlich waren einige Implantate von Anfang an nicht oder nur unzureichend osseointegriert. Andererseits kann aus diesen Daten geschlossen werden, dass nach den ersten beiden Jahren Überleben das Risiko eines weiteren MDI Verlustes wahrscheinlich sinkt. Langzeitstudien fehlen jedoch, die diese Vermutung bestätigen.

Der Zusammenhang zwischen Implantatverlusten und Rauchen wurde wiederholt gezeigt [14]. Die höhere Verlustrate bei Rauchern wird durch die lokale und systemische Wirkung des Rauchens auf die Wundheilung, Durchblutung und Knochenregeneration zurückgeführt [22]. In der vorliegenden Studie fehlte dieser Effekt im Gegensatz zu einer anderen retrospektiven Auswertung von Patienten mit MDI [18]. Dies könnte auch auf den geringen Anteil der aktuellen Raucher unter den hauptsächlich älteren zahnlosen Patienten zurückzuführen sein. Viele der Studienteilnehmer haben im höheren Alter das Rauchen aufgegeben.

Die Anzahl der Implantatverluste differierte zwischen den Praxen signifikant von 0 bis fast 10 %. In einem anderen multizentrischen Vergleich lagen die MDI-Verlustraten nach bis zu 8 Jahren in 4 Zentren zwischen 6 und 11 % und betrug in einem fünften Zentrum 31 % [2]. Ein anderes Insertionsprotokoll war wahrscheinlich der Grund für die sehr hohe Verlustrate im fünften Zentrum. Im Gegensatz zur Vorgabe wurde dort der Knochen jedes Mal bis auf die volle Implantatlänge aufbereitet. Differierende Insertions- oder Versorgungsprotokolle konnten in dieser Studie zwar nicht identifiziert werden, wären jedoch trotz der expliziten Herstellerempfehlungen denkbar. Die behandelnden Zahnärzte konnten aufgrund des retrospektiven Studiendesigns nicht kalibriert werden. Auch kleine Unterschiede bei der Umsetzung können erfahrungsgemäß größere Aus-

Faktor	HR (95% CI)	P-Wert	Adjustiert nach
Posteriore Region (Referenz: anterior)	2,22 (0,86 – 5,74)	0,098	---
	2,09 (0,81 – 5,44)	0,130	Kiefer
	2,09 (0,81 – 5,43)	0,129	Kiefer und Geschlecht
	2,07 (0,81 – 5,32)	0,129	Kiefer, Geschlecht, Alter
	1,82 (0,66 – 4,96)	0,244	Kiefer, Geschlecht, Alter, Implantatlänge
Implantatlänge 10 mm (Referenz: > 10mm)	2,69 (1,03 – 7,01)	0,043	---
	2,46 (0,89 – 6,80)	0,082	Kiefer
	2,60 (0,92 – 7,32)	0,070	Kiefer und Geschlecht
	2,52 (0,85 – 7,41)	0,094	Kiefer, Geschlecht, Alter
	2,16 (0,69 – 6,80)	0,188	Kiefer, Geschlecht, Alter, Region

HR: Hazard Ratio, CI: Confidenzintervall, P-Wert: Signifikanzniveau

Tabelle 3 Ergebnisse der Cox Regressionsanalyse mit stufenweiser Adjustierung zur Abschätzung der potenziellen Risikofaktoren für Implantatverluste (ohne Frakturen).

Table 3 Results of the Cox regression analysis after stepwise adjustment for the estimation of potential risk factors of implant losses (without fractures). (Abb. 1–5, Tab. 1–3: T. Mundt)

wirkungen haben. Schon die Mindestanzahl der primär inserierten Implantate entsprach zwar weitestgehend, aber nicht immer, den Vorgaben des Herstellers. Die Tiefe der Pilotbohrung ist abhängig von der Knochenqualität, die rein subjektiv eingeschätzt wird. Bei zu tiefer Aufbereitung ist die primäre Stabilität eingeschränkt, bei unzureichender Präparation wird entweder der Knochen überlastet oder aber das Implantat frakturiert. In einigen Praxen wurden fast alle Implantate transgingival inseriert, in anderen Praxen wurde besonders bei sehr schmalen Kieferkammern ein Mukoperiostlappen vor der Pilotbohrung präpariert, um eine bessere Übersicht zu haben. Die Einarbeitung der Housings erfolgte oftmals direkt, einige Zahnärzte bevorzugten jedoch auch den indirekten Weg über Abformung und Modell im Labor. Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile bezüglich der Passung z.B. bei der Ausrichtung der Matrizen oder der Berücksichtigung der Schleimhautresilienz. An dieser retrospektiven Auswertung waren 9 Praxen beteiligt, die unterschiedlich lange Erfahrungen mit dem MDI-System hatten, sodass heterogene Lernkurven in Betracht gezogen werden müssen [2, 18]. MDI ist kein System für Einsteiger in die

Implantologie. Entsprechende Schulungen bei erfahrenen Anwendern sind deshalb sehr zu empfehlen.

5 Schlussfolgerungen

Bei Beachtung der Studienlimitationen kann geschlossen werden, dass unter Einhaltung des Insertionsprotokolls akzeptable Überlebensraten von ca. 95 % nach 4 Jahren von MDI zur Stabilisierung von totalen Ober- und Unterkieferprothesen erzielt werden können. Der Trend zu mehr Verlusten im Seitenzahnbereich im Vergleich zum Front-Eckzahnbereich und die höhere Verlustrate von 10 mm gegenüber längeren MDI wurden im multivariaten Modell nicht bestätigt. Die beobachteten Implantatverluste verteilten sich unterschiedlich auf die 9 Praxen. Prospektive Studien mit längeren Beobachtungszeiten sind notwendig, um weitere Einflussfaktoren für Verluste von MDI zu evaluieren.

Danksagung

Die Studie wurde von 3M Deutschland GmbH (Seefeld, Deutschland) finanziell unterstützt. Wir danken folgenden Kolle-

ginnen und Kollegen, die uns ihre Praxis und ihre Patienten für die Datenerhebung zur Verfügung stellten: Dr. M. Burdzik, Düsseldorf; Dr. A. Buschmann, Lübeck; Dr. J. Gal, Ubstadt; M. Juhl, MSc, Ludwigsfelde; Dr. Z. Keilinger, Schwäbisch Gmünd; Dr. U. Krausch, Frankfurt a. M.; Dr. H. Lerner, Baden Baden; Dr. W. Tamminga, Beckum; Dr. W. Walzer, Berlin.

Interessenskonflikt: Die Daten wurden im Rahmen eines vom Hersteller der Implantate 3M Deutschland GmbH (Seefeld, Deutschland) finanzierten Studie gewonnen. Die Firma hatte keinen Einfluss auf das Studiendesign, die Datenerhebung und -auswertung oder die Manuskripterstellung. Alle Autoren außer C. Schwahn verwenden das Implantatsystem MDI bei ihrer klinischen Tätigkeit.

Korrespondenzadresse

PD Dr. Torsten Mundt
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik,
Alterszahnheilkunde und
medizinische Werkstoffkunde
Universitätsmedizin Greifswald
Rotgerberstr. 8, 17475 Greifswald
mundt@uni-greifswald.de

Literatur

1. Andreiotelli M, Att W, Strub JR: Prosthodontic complications with implant overdentures: a systematic literature review. *Int J Prosthodont* 2010;23:195–203
2. Bulard RA, Vance JB: Multi-clinic evaluation using mini-dental implants for long-term denture stabilization: a preliminary biometric evaluation. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26:892–897
3. Cho SC, Froum S, Tai CH, Cho YS, Elian N, Tarnow DP: Immediate loading of narrow-diameter implants with overdentures in severely atrophic mandibles. *Pract Proced Aesthet Dent* 2007;19:167–174
4. Ellis JS, Levine A, Bedos C et al.: Refusal of implant supported mandibular overdentures by elderly patients. *Gerodontology* 2011;28:62–68
5. Elsyad MA, Gebreel AA, Fouad MM, Elshoukoui AH: The clinical and radiographic outcome of immediately loaded mini implants supporting a mandibular overdenture. A 3-year prospective study. *J Oral Rehabil* 2011;38:827–834
6. Elsyad MA, Ghoneem NE, El-Sharkawy H: Marginal bone loss around unsplinted mini-implants supporting maxillary overdentures: a preliminary comparative study between partial and full palatal coverage. *Quintessence Int* 2013;44:45–52
7. Flanagan D, Mascolo A: The mini dental implant in fixed and removable prosthetics: a review. *J Oral Implantol* 2011;37:123–132
8. Fuh LJ, Huang HL, Chen CS et al.: Variations in bone density at dental implant sites in different regions of the jawbone. *J Oral Rehabil* 2010;37:346–351
9. Griffiths TM, Collins CP, Collins PC: Mini dental implants: an adjunct for retention, stability, and comfort for the edentulous patient. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:e81–e84
10. Hasan I, Bourauel C, Mundt T, Heinemann F: Biomechanics and load resistance of short dental implants: a review of the literature. *ISRN Dent*. 2013 May 8;2013:424592. doi: 10.1155/2013/424592. Print 2013
11. Hasan I, Bourauel C, Mundt T, Stark H, Heinemann F: Biomechanics and load resistance of small-diameter and mini dental implants: a review of literature. *Biomed Tech* 2014;59:1–5
12. Huemer P, Huemer B, Gollmitzer I: Mini-Implantate – Möglichkeiten und Grenzen im zahnlosen Unterkiefer. *Quintessenz* 2013;64:315–325
13. Jofré J, Conrady Y, Carrasco C: Survival of splinted mini-implants after contamination with stainless steel. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:351–356
14. Lindhe J, Meyle J: Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2008;35 (Suppl.8):282–285
15. Morneburg TR, Pröschel PA: Success rates of microimplants in edentulous patients with residual ridge resorption. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:270–276
16. Mundt T, Schwahn C, Stark T, Biffar R: Clinical response of edentulous people treated with mini dental implants in nine dental practices. *Gerodontology* 2013, Jul 17. doi: 10.1111/ger.12066. [Epub ahead of print]
17. Scepanovic M, Calvo-Guirado JL, Markovic A et al.: A 1-year prospective cohort study on mandibular overdentures retained by mini dental implants. *Eur J Oral Implantol* 2012;5:367–379
18. Shatkin TE, Shatkin S, Oppenheimer BD, Oppenheimer AJ: Mini dental implants for long-term fixed and removable prosthetics: a retrospective analysis of 2514 implants placed over a five-year period. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:92–99
19. Shatkin TE, Petrotto CA: Mini dental implants: a retrospective analysis of 5640 implants placed over a 12-year period. *Compend Contin Educ Dent* 2012;33:2–9
20. Slot W, Raghoobar GM, Vissink A, Huddleston Slater JJ, Meijer HJJ: A systematic review of implant-supported maxillary overdentures after a mean observation period of at least 1 year. *Clin Periodontol* 2010;37:98–110
21. Vittinghoff E, McCulloch CE: Relaxing the rule of ten events per variable in logistic and Cox regression. *Am J Epidemiol* 2007;165:710–718
22. Wallace RH: The relationship between cigarette smoking and dental implant failure. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 2000;8:103–106