

Langfristiges Überleben von Implantaten im augmentierten Sinus maxillaris: Ein systematisches Review



Massimo Del Fabbro, BSc, PhD¹
Stephen S. Wallace, DDS²
Tiziano Testori, MD, DDS³

Die Zuverlässigkeit des Sinuslifts ist inzwischen hinreichend belegt. Zu den Ergebnisvariablen gehörte dabei meist das Implantatüberleben nach mindestens einjähriger Belastung. Bei den Einschlusskriterien für dieses Review wurde die minimale Belastung auf drei Jahre ausgedehnt, um zu überprüfen, ob die bislang angegebenen kurzfristigen Überlebensraten auch über diesen Zeitraum Bestand haben. Nach einer Datenbank-Literatursuche wurden die gefundenen Artikel auf bestimmte Einschlusskriterien – allen voran eine mindestens dreijährige Beobachtungsphase – überprüft. Die Suche erbrachte 18 Artikel zu einer Augmentati-on mit lateralem Fenster (6500 Implantate bei 2149 Patienten) und sieben mit transalveolärem Zugang (1257 Implantate bei 704 Patienten). Das Implantatüberleben nach mindestens dreijähriger Belastung betrug insgesamt 93,7 % (laterales Fenster) und 97,2 % (transalveolärer Zugang). 80 % der Implantatmisserfolge ereigneten sich im ersten Jahr und 93,1 % innerhalb von drei Jahren. Das Risiko für einen Misserfolg nach drei Jahren lässt sich direkt berechnen, und zwar als Gesamtrisiko für einen Misserfolg nach drei Jahren (6,3 %) multipliziert mit der Inzidenz eines späten Misserfolgs (6,9 %), und entspricht 0,43 %. Dieses Review widerlegt die Theorie, wonach die Ergebnisse von Studien überzogen sind, die ein geringeres Evidenz-Level als prospektive randomisierte klinische Studien haben. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:719–729.)

¹ Wissenschaftler und Leiter, Section of Oral Physiology, Research Center for Oral Health, Department of Biomedical, Surgical and Dental Sciences, Università degli Studi di Milano, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Mailand, Italien.

² Außerordentlicher klinischer Professor, Columbia University, Department of Periodontics, New York, New York, USA.

³ Leiter, Section of Implant Dentistry and Oral Rehabilitation, Research Center for Oral Health, Department of Biomedical, Surgical and Dental Sciences, Università degli Studi di Milano, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Mailand, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Massimo Del Fabbro, Department of Biomedical, Surgical and Dental Sciences, Università degli Studi di Milano, IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi, Via Riccardo Galeazzi 4, 20161 Mailand, Italien. Fax: +39 02 50319960.
E-Mail: massimo.delfabbro@unimi.it

Die Sinusbodenaugmentation ist das zuverlässigste aller präimplantären operativen Verfahren zur Erhöhung des Knochenangebots in atrophierten Bereichen¹. In zahlreichen evidenzbasierten Reviews wurde belegt, dass die Sinusbodenaugmentation zu einer Implantatüberlebensrate von insgesamt deutlich über 90 % führt^{2–10}. Die meisten klinischen Studien, die in diesen klinischen Reviews berücksichtigt sind, hatten nur relativ kurze Beobachtungsphasen von einem bis drei Jahren. Da Implantationen jedoch als langfristige Lösung für teilbezahlte und unbezahlte Patienten gedacht sind, sollte der Erfolg ebenso wie bei anderen Implantationsverfahren über einen Zeitraum von mehr als einem Jahr analysiert werden.

Das primäre Ziel dieses systematischen Reviews war die Untersuchung von Implantatüberlebensraten in klinischen Studien mit einer Beobachtungszeit von mindestens drei Jahren. Außerdem wurde der Zusammenhang zwischen dem Implantatüberleben und dem Transplantatmaterial, der Implantatoberfläche, dem Zeitpunkt der Implantation (sofort oder nach der Transplantateinheilung), der Alveolarkammhöhe, der Verwendung einer biologischen Barrieremembran, dem Zeitpunkt des Implantatmisserfolgs, der Beobachtungsdauer, dem Veröffentlichungszeitpunkt und dem Evidenzgrad (Studiendesign) der Studien betrachtet.

Material und Methode

Suchverfahren

In folgenden Datenbanken wurde nach Artikeln gesucht, die bis Oktober 2010 veröffentlicht wurden: MEDLINE, EMBASE und Cochrane Central Register of Controlled Trials. Die Datenbanken wurden mit entsprechenden Schlüsselwörtern allein oder in Kombination auf Studien am Menschen durchsucht. Einschränkungen bezüglich der Sprache und des Studiendesigns gab es nicht.

Außerdem erfolgte eine händische Suche in den wichtigsten internationalen Zeitschriften zur dentalen Implantologie, Parodontologie und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie zwischen 1986 und Oktober 2010. In diesen Zeitschriften wurde auch nach den online als „im Druck befindlichen“ Artikeln gesucht. Zudem wurde in den Literaturangaben der wichtigsten Artikel und Reviews nach weiteren infrage kommenden Studien gesucht.

Auswahlkriterien

Die Überschriften und Zusammenfassungen der bei der Datenbank-Suche gefundenen Artikel wurden auf folgende Einschlusskriterien überprüft: Durchführung von mindestens 20 Sinusbodenelevationen, Insertion enossaler Implantate, keine multiplen Eingriffe (z. B. simultane Alveolarkammaugmentation), klar bezifferte oder aus den angegebenen Daten gut berechenbare Implantatüberlebensraten, ausführliche Angaben über mindestens zwei der untersuchten Variablen und eine Beobachtungszeit von mindestens 36 Monaten unter funktioneller Belastung oder eine mittlere Nachbeobachtungszeit von mindestens 60

Monaten. Wenn anhand der Überschrift und Zusammenfassung nicht entschieden werden konnte, ob die Studie den Auswahlkriterien entsprach, wurde der Volltext beschafft und untersucht.

Von allen in diesem Stadium herausgesuchten Artikeln wurde der Volltext beschafft und von zwei Untersuchern sorgfältig geprüft. Studien, die die vorgenannten Einschlusskriterien nicht erfüllten, wurden ebenso wie nicht klinische Studien (z. B. Reviews, technische Berichte) ausgeschlossen. Bei mehreren Veröffentlichungen über verschiedene Phasen derselben Studie wurden nur die aktuellsten Daten (längste Beobachtungsphase) berücksichtigt.

Datenerhebung

Die Eigenschaften der eingeschlossenen Studien wurden von zwei unabhängigen Untersuchern ermittelt und die Veröffentlichungen nach dem Studiendesign eingeteilt: randomisierte kontrollierte Studien (RCT), kontrollierte Studien, Fallserien und retrospektive Studien. Anschließend wurden die erhobenen Daten nach folgenden Parametern aufgeschlüsselt aufgelistet:

- Transplantatmaterial: 100 % autogener Knochen, autogener Knochen in Kombination mit Knochenersatzmaterial oder 100 % Knochenersatzmaterial. Die Gruppe mit 100 % autogenem Knochen wurde weiter nach der Transplantatform unterteilt: Blocktransplantat, partikuliertes Transplantat oder eine Kombination aus beiden. Die Entnahmestelle des autogenen Transplantats wurde in der Auswertung nicht berücksichtigt.
- Implantatoberfläche: maschinert oder strukturiert.
- Zeitpunkt der Implantation bezogen auf die Transplantation: simul-

tan oder verzögert.

Zusätzlich wurden Daten zur Verwendung einer biologischen Barriere-membran, der verbliebenen Alveolarkammhöhe und vor allem dem Zeitpunkt des Implantatmisserfolgs extrahiert. Die primäre Ergebnisvariable dieses Reviews war das Implantatüberleben nach 36 Monaten.

Datenauswertung

Die Daten für eine Augmentation mit lateralem bzw. transalveolärem Zugang wurden getrennt erfasst. Die Analyseeinheit war das Implantat. Die einzelnen Variablen wurden bezogen auf das Implantatüberleben nach 36 Monaten zwischen den Gruppen verglichen. Die Datenauswertung wurde mit konventionellen, nicht parametrischen Tests, wie dem Pearson-Chi-square-Test, durchgeführt. Auch die Odds Ratios (OR) und die 95%-Konfidenzintervalle (CI) wurden berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $P = 0,05$ eingestellt. Für jede Gruppe und Untergruppe wurden die Daten anhand des gewichteten Mittels und des 95%-CI zusammengefasst. Die Datenauswertung erfolgte mit einem statistischen Software-Paket (SPSS, IBM).

Ergebnisse

Die initiale Suche erbrachte insgesamt 1250 Artikel über Sinusbodenaugmentationen in Kombination mit dentalen Implantationen. Unter Berücksichtigung der Beobachtungszeiten waren davon 25 Studien (24 Artikel) geeignet, von denen sich 18 mit dem lateralen Fenster¹¹⁻²⁸ (Tabelle 1) und sieben mit dem transalveolären Zugang^{22,27,29-33} befassten (Tabelle 2). Zwei Artikel berücksichtigten beide Zugänge^{22,27} und ein anderer umfasste eine retrospektive

sowie eine prospektive kontrollierte Studie²⁸. Insgesamt wurden in das Review eine RCT (4 %), drei kontrollierte Studien (12 %), fünf Fallserien (20 %) und 15 retrospektive Studien (64 %) aufgenommen. Die Veröffentlichungsdaten zu den Augmentationen lagen zwischen 1997 und 2010 (14 Jahre, lateraler Zugang), bzw. zwischen 2008 und 2010 (transalveolärer Zugang). Die Anzahl der Implantationen nach der Augmentation betrug 6500 Implantate bei 2149 Patienten (lateraler Zugang) bzw. 1257 Implantate bei 704 Patienten (transalveolärer Zugang). Das Gesamtüberleben der Implantate betrug für den lateralen Zugang 93,71 % (Bereich: 75,57 bis 100,00 %; 95%-CI: 90,20 bis 97,22 %) und für den transalveolären Zugang 97,2 % (Bereich: 94,30 bis 100,00 %; 95%-CI: 95,47 bis 98,97 %). In allen Artikeln war das Implantatüberleben eine Ergebnisvariable; einige Studien gaben patientenbasierte Ergebnisvariablen an. Die mittlere Beobachtungszeit betrug 36 bis 125 Monate; vier Studien enthielten Daten zu Belastungszeiten über 10 Jahre^{25–27,33}.

Lateraler Zugang

Transplantatmaterial

In der Gruppe, bei der 100 % autogener Knochen transplantiert worden war, lag das Implantatüberleben insgesamt bei 85,32 % (95%-CI: 78,69 bis 91,95 %). In der Untergruppe mit Knochenblocktransplantaten war die Überlebensrate mit 79,46 % deutlich geringer als in der Untergruppe mit Knochenblock- und partikuliertem Transplantat (98,85 %; OR: 22,23; 95%-CI: 9,16 bis 35,3) ($P < 0,001$). Nur sehr wenige Patienten der berücksichtigten Studien erhielten nur ein partikuliertes Autograft und erreichten damit ein Implantatüberle-

ben von 89,53 % (Tabelle 3).

In der Gruppe mit einem Kompositransplantat aus Knochenersatzmaterialien und autogenem Knochen konnten nur zwei Artikel (autogener Knochen mit Hydroxylapatit [HA]) klassifiziert werden^{13,19}. In dieser Gruppe betrug das Implantatüberleben 87,70 % (95%-CI: 85,71 bis 89,69 %) (Tabelle 3).

In der Gruppe mit 100 % Knochenersatzmaterial wurden allein oder in Kombination folgende Materialien verwendet: anorganischer boviner Knochen (ABB), Beta-Tricalciumphosphat, porciner Knochen, resorbierbares HA, ABB + demineralisiertes gefriergetrocknetes Knochen-Allograft (DFDBA) sowie DFDBA + resorbierbares HA + nicht resorbierbares bovines HA. In dieser Gruppe betrug die Überlebensrate 96,25 % (95%-CI: 94,02 bis 98,49 %) (Tabelle 3).

Vier Artikel wurden ausgeschlossen, weil das Implantatüberleben nicht abhängig vom verwendeten Transplantatmaterial angegeben wurde^{12,20,21,23}.

Das Gesamtüberleben der Implantate in 100 % autogenem Knochen war signifikant niedriger als in 100 % Knochenersatzmaterial ($P < 0,001$; OR: 4,42; 95%-CI: 3,78 bis 5,06).

Implantatoberfläche

Bei den Implantaten mit maschinierter Oberfläche wurde bei 250 Patienten und 1005 Implantaten eine Überlebensrate von insgesamt 81,0 % (95%-CI: 72,81 bis 89,18 %) erreicht. Bei einer rauen Oberfläche bei 1855 Patienten und 5276 Implantaten lag die Überlebensrate bei insgesamt 96,57 % (95%-CI: 94,50 bis 98,64 %). Der Unterschied war statistisch signifikant ($P < 0,001$; OR: 6,61; 95%-CI: 5,88 bis 7,34) (Tabelle 4). Nicht berücksichtigt wurden bei dieser Auswertung der

Rauigkeitswert, die Art der Oberflächenbeschichtung und das zur Anrauhung der Implantatoberfläche angewandte Verfahren. Eine Studie (44 Patienten und 219 Implantate) musste aus der Analyse ausgeschlossen werden, weil die Art der Implantate und Oberflächen nicht angegeben war²⁰.

Bei maschinieren Implantaten wurde zur Augmentation autogener Knochen (65,1 %) verwendet, Knochenersatzmaterialien allein (0,6 %) oder gemischt mit Autografts (21,8 %). Bei angerauten Implantaten wurden häufiger Knochenersatzmaterialien benutzt.

Zeitpunkt der Implantation

Die Gesamtüberlebensrate betrug bei simultan gesetzten Implantaten 95,95 % (95%-CI: 91,22 bis 100,67 %) und bei später gesetzten Implantaten 93,34 % (95%-CI: 89,66 bis 97,02 %). Der Unterschied war statistisch signifikant ($P < 0,001$; OR: 1,69; 95%-CI: 1,45 bis 1,93) (Tabelle 5).

Vier Studien mit 641 Patienten und 2035 Implantaten waren nicht klassifizierbar, weil für diese Verfahren keine separaten Daten angegeben wurden^{16,17,20,27}.

Alveolarkammhöhe

In drei Studien fanden sich keine Angaben zur Höhe des Alveolarkamms zum Zeitpunkt der Operation^{11,16,17}. In den anderen Studien wurde ein Schwellenwert der Höhe von 5 mm angelegt. Nach einer Beobachtungszeit von mindestens 36 Monaten betrug das Implantatüberleben bei einer Alveolarkammhöhe < 5 mm insgesamt 95,21 % (2941 Implantate) und bei einer Alveolarkammhöhe > 5 mm insgesamt 95,23 % (3021 Implantate). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant.

Tabelle 1 Laterale Sinusbodenaugmentation

Artikel	Jahr	Studienart	Transplantatmaterial	Anz. Patienten	Anz. Kieferhöhlen	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)
Block und Kent ¹¹	1997	Re	ABG	33	53	173	88,40
Block et al. ¹²	1998	Re	ABG/ABG + BS	16	27	73	95,90
Kaptein et al. ¹³	1998	Re	ABG + BS	88	132	388	88,14
Buchmann et al. ¹⁴	1999	CT	ABG	50	75	167	100,00
Johansson et al. ¹⁵	1999	Re	ABG	39	39	131	75,57
Lekholm et al. ¹⁶	1999	Re	ABG	55	82	280	81,07
Becktor et al. ¹⁷	2002	Re	ABG	81	120	329	79,64
Valentini und Abensur ¹⁸	2003	Re	BS	59	78	187	94,65
Hallman und Zetterqvist ¹⁹	2004	CS	ABG + BS	20	30	108	86,11
Boyne et al. ²⁰	2005	RCT	ABG/BS	44	88	219	83,11
Peleg et al. ²¹	2006	CT	ABG/ABG + BS/ BS	731	731	2132	97,94
Juriscic et al. ²²	2008	Re	BS	28	28	40	100,00
Yamamichi et al. ²³	2008	Re CS	ABG/ABG + BS/ BS BS	188 69	188 69	466 159	96,35 92,50
Sbordone et al. ²⁴	2009	Re	ABG	28	39	70	95,71
Garlini et al. ²⁵	2010	Re	BS	26	27	47	100,00
Scarano et al. ²⁶	2010	Re	BS	113	153	264	94,70
Tetsch et al. ²⁷	2010	Re	ABG/BS	461	461	1207	97,10
Zijderveld et al. ²⁸	2009	CT	ABG/BS	20	24	60	98,33

Re = retrospektiv, CT = klinische Studie, CS = Fallserie, RCT = randomisierte klinische Studie, ABG = autogenes Knochentransplantat, BS = Knochenersatzmaterial, NR = nicht angegeben.

Zeitpunkt der Implantation	Alveolar-kammhöhe (mm)	Implantat-oberfläche	Beobachtungs-dauer	Mittelwert (Mon.)
Sofort	NR	Rau	36–132 Mon.	70,0
Sofort	5,1 ± 2,2	Rau	63–126 Mon.	75,0
Sofort/ verzögert	< 5 / > 5	Rau	≥ 70 Mon.	55,0
Sofort	< 5	Maschiniert/ rau	> 36– > 60 Mon.	60,0
Sofort	< 5	Maschiniert	NR	36,0
Sofort/ verzögert	NR	Maschiniert	NR	36,0
Sofort/ verzögert	NR	Maschiniert	22–105 Mon.	64,2
Sofort/ verzögert	< 5 / > 5	Maschiniert/ rau	2,3–9,4 J.	78,0
Verzögert	< 5	Maschiniert	NR	60,0
Verzögert	< 6	NS	NR	36,0
Sofort	1–7	Rau	24–108 Mon.	69,0
Sofort/ verzögert	4–9	Rau	NR	36,0
Sofort/ verzögert	≤ 4 / 5–8	Maschiniert/ rau	> 7 J.	84,0
Sofort/ verzögert	≤ 4 / 5–8	Maschiniert/ rau	> 36 Mon.	36,0
Verzögert	≤ 3 / > 3	Rau	NR/36 Mon.	36,0
Sofort	7,4 (5–9,5)	Rau	4–11 J.	72,0
Verzögert	2–3	Rau	5–10 J.	60,0
NR	5,2	Rau	1–15 J.	52,5
Verzögert	5,4–7	Rau	55–73 Mon.	60,0

Barrieremembran
In vier Studien wurde das Transplantat mit einer resorbierbaren Barrieremembran abgedeckt^{20,21,23,26}. In 10 Studien wurde keine Membran verwendet und in vier weiteren Studien wurden keine Angaben zum Einsatz einer Membran gemacht^{14,16,17,24}. Das Implantatüberleben betrug insgesamt 97,12 % (mit Membran) bzw. 93,29 % (ohne Membran). Dieser Unterschied war statistisch signifikant (P < 0,001; OR: 2,426; 95%-CI: 2,09 bis 2,75) (Tabelle 6).

Studiendesign
In den 13 retrospektiven Studien wurde das Implantatüberleben insgesamt mit 89,39 % (Bereich: 75,57 bis 100,00 %; 95%-CI: 84,83 bis 93,96 %) und in den sechs prospektiven Studien mit 96,42 % (Bereich: 83,11 bis 100,00 %; 95%-CI: 90,93 bis 101,91 %) beziffert. Dieser Unterschied war statistisch signifikant (P < 0,001; OR: 3,19; 95%-CI: 2,85 bis 3,53).

Auswertung der Implantatmisserfolge
Insgesamt gab es 409 Misserfolge, von denen für 389 der Zeitpunkt des Misserfolgs angegeben war. Ein Großteil der Misserfolge ereignete sich während der Heilungsphase und im ersten Belastungsjahr (Abb. 1). Insgesamt trugen sich 80,5 % aller Misserfolge in diesen beiden Phasen zu. 12,6 % der Misserfolge ereigneten sich im zweiten und dritten Belastungsjahr. Unter Berücksichtigung der Gesamtmisserfolgsrate betrug das Risiko für einen Implantatmisserfolg nach dreijähriger Belastung 0,43 %.

Tabelle 2 Transalveoläre Sinusbodenaugmentation

Artikel	Jahr	Studienart	Transplantatmaterial	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)
Fermegard und Astrand ²⁹	2009	Re	Keins	36	53	94,34
Calvo-Guirado et al. ³⁰	2010	CS	BS	30	60	96,67
Crespi et al. ³¹	2010	CS	BS	20	30	100
Nedir et al. ³²	2010	CS	Keins	17	25	100
Tetsch et al. ²⁷	2010	Re	Keins	522	983	97,25
Bruschi et al. ³³	2010	Re	Keins	46	66	95,45
Jurasic et al. ²²	2008	Re	Keins	33	40	100

RE = retrospektiv, CS = Fallserie, BS = Knochenersatzmaterial, NR = nicht angegeben.

Tabelle 3 Transplantatmaterialien

Material	Form	Anz. Artikel	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)	GMB (Mon.)	% maschiniert
100 % autogenes Knochentransplantat	Block	3	175	740	79,46		100,0
	Partikuliert	2	42	191	89,53		0,0
	Block + partikuliert	3	86	261	98,85		13,9
	Gesamt	8	303	1192	85,32	52,8	65,1
Kombiniert ABG + BS		2	108	496	87,70	56,1	21,8
100 % BS		7	759	1922	96,25	54,9	0,6

ABG = autogenes Knochentransplantat; BS = Knochenersatzmaterial, GMB = gewichtete mittlere Beobachtungsdauer.

Tabelle 4 Implantatoberfläche

Oberfläche	Anz. Artikel	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)	GMB (Mon.)
Maschiniert	7	250	1005	81,00	52,9
Ältere Studien	4	186	776	80,41	49,1
Neuere Studien	3	64	229	82,97	65,9
Rau	13	1855	5276	96,57	63,1
Ältere Studien	4	176	765	90,98	61,2
Neuere Studien	9	1679	4511	97,52	63,4

Älter = vor Referenz 18, GMB = gewichtete mittlere Beobachtungsdauer.

Zeitpunkt der Implantation	Alveolarkammhöhe (mm)	Implantatoberfläche	Beobachtungszeit	
			Bereich (Jahre)	Mittelwert (Mon.)
Sofort	6,3 ± 0,3	Rau	NR	36,0
Sofort	5–8	Rau	NR	36,0
Verzögert	8,2	Rau	NR	36,0
Sofort	5,4 ± 2,3	Rau	NR	60,0
Sofort	8,2	Rau	1–15	55,0
Verzögert	< 3	Rau	5–16	125,0
Sofort	4–9	Rau	NR	36,0

Zeitpunkt der Veröffentlichung
Der Artikel von Valentini und Abensur¹⁸ aus dem Jahr 2003 diente als erste „neue“ Veröffentlichung. Darauf bezogen betrug die Überlebensrate der Implantate in den Studien, die zwischen 1997 und 2002 veröffentlicht wurden, 85,66 % und in den seit 2003 veröffentlichten Studien 96,21 %. Dieser Unterschied war statistisch signifikant (P < 0,001; OR: 4,25; 95%-CI: 3,81 bis 4,69) (Tabelle 7).

Tabelle 5		Zeitpunkt der Implantation bezogen auf die Transplantation			
	Anz. Artikel	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)	GMB (Mon.)
Simultan	10	1049	3084	95,95	59,9
Verzögert	8	459	1381	93,34	59,9

GMB = gewichtete mittlere Beobachtungsdauer.

Tabelle 6		Verwendung einer Barrieremembran			
	Anz. Artikel	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantatüberlebensrate (%)	GMB (Mon.)
Membran	3	1101	3021	97,12	56,5
Keine Membran	10	790	2414	93,29	68,8

GMB = gewichtete mittlere Beobachtungsdauer.

Transalveolärer Zugang

Von den sieben berücksichtigten Studien lieferten zwei Ergebnisse nach einer Beobachtungszeit von > 10 Jahren^{27,33}. Insgesamt wurden vier retrospektive Studien^{22,27,29,33} und drei Fallserien^{30–32} in das Review aufgenommen. Das gewichtete Mittel der Beobachtungszeit betrug 56,01 Monate. Die meisten Implantate (1167 bei 654 Patienten) wurden ohne zusätzliches Transplantatmaterial gesetzt. Mit Transplantatmaterial wurden 90 Implantate bei 50 Patienten inseriert (Tabelle 2). Das Überleben betrug 97,78 % (mit Transplantat, gewichtete mittlere Beobachtungszeit: 36 Monate) bzw. 97,17 % (ohne Transplantat, gewichtete mittlere Beobachtungszeit: 57,55 Monate). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant (P = 0,78; OR: 0,81; 95%-CI: 0,21 bis 1,41). Die mittlere Alveolarkammhöhe lag in sechs Studien > 5 mm, während in der Studie von Bruschi et al.³³ nur Patienten mit einer Alveolarkammhöhe < 3 mm behandelt wurden.

Diskussion

Zwischen 2003 und 2010 wurden 10 systematische Reviews über die Ergebnisse von Implantationen nach

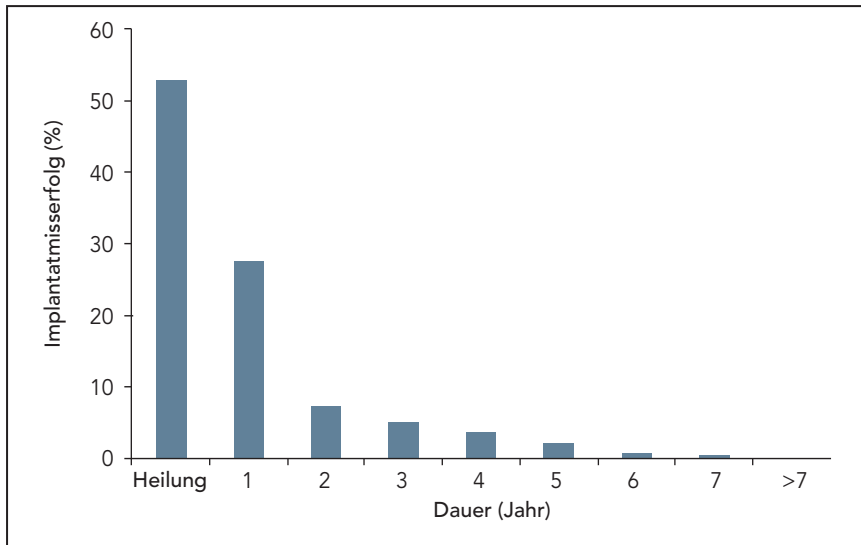


Abb. 1 Veränderung des Implantatmisserfolgs über die Zeit. Die Heilungsphase vor der prothetischen Belastung betrug 4 bis 12 Monate.

Tabelle 7 Haupteigenschaften von Studien abhängig vom Veröffentlichungsdatum

	Anz. Artikel	Prospektiv	Retrospektiv	100 % ABG	100 % BS	Anz. Patienten	Anz. Implantate	Implantat-überlebensrate (%)
Vor 2003	7	1	6	5	0	362	1541	85,66
Nach 2003	10	5	5	3	7	1787	4959	96,21

ABG = autogenes Knochentransplantat, BS = Knochenersatzmaterial.

einer Sinusbodenaugmentation veröffentlicht¹⁻¹⁰. Die meisten dieser Reviews verlangten als Einschlusskriterium eine Belastungszeit von mindestens einem Jahr, eine mittlere Belastungsdauer von über einem Jahr oder gelegentlich auch weniger als ein Jahr. Angaben über das Implantatüberleben nach einem Jahr flossen entweder in den Datenpool mit längerem mittlerem Überleben ein oder wurden anhand der ermittelten niedrigen Kurzzeitmisserfolgsraten extrapoliert⁵. Daher wurde das vorliegende systematische Review mit dem Einschlusskriterium einer Belastungszeit von mindestens drei Jahren durchgeführt. Um den Datensatz zu vergrößern, wurden auch Studien mit einer mittleren Belastungsdauer von mindestens 60 Monaten eingeschlossen,

obwohl die Belastungszeit bei einem kleinen Teil der untersuchten Fälle unter drei Jahren lag.

Das Ausmaß der Alveolarkamm-atrophie, die Art der Implantate, das gewählte Transplantatmaterial, die Erfolgs- und Überlebenskriterien, die Beobachtungsdauer, Studiendesign und -ziele, Ein- und Ausschlusskriterien, Datenangabe sowie statistische Auswertung unterschieden sich deutlich in den Artikeln, die für dieses Review analysiert wurden. Im vorliegenden Review war die Analyseeinheit das Implantatüberleben und nicht der Patient. Das Implantatüberleben wurde gewählt, weil nur wenige Artikel (mit ungleichen Kriterien) den Implantaterfolg beschrieben.

Eines der Hauptprobleme von Reviews dieser Art sind Störvariablen,

d. h. Situationen, in denen sich mehr als eine Variable auf das Ergebnis eines Verfahrens auswirkt. Dieses Problem lässt sich manchmal nur schwer überwinden, weil nicht genügend Daten vorhanden sind, sich die Operationsverfahren im Lauf der Zeit geändert haben, kaum prospektive Studien mit nur einer Variable vorhanden sind oder das Ausschließen von Studien mit nur einer Variable zu einer sehr kleinen Datenbasis führen würde. In früheren Reviews wurden derartige Störvariablen^{2,3,5}, die insbesondere den Zusammenhang zwischen maschinieren und autogenen Knochen-transplantaten betreffen, gefunden. In dem Review von Pjetursson et al.⁵ wird der Gesamt-misserfolg berechnet (geschätzter jährlicher Misserfolg: 3,48 %; geschätzte 3-Jahres-Überle-

bensrate: 90,1 %), und zwar getrennt für Implantate mit maschinierter (6,86 % bzw. 81,4 %) bzw. mit rauer Oberfläche (1,19 % bzw. 96,1 %). Die Konfusion entsteht durch die unverhältnismäßig große Zahl von Implantaten mit maschinierter Oberfläche, die in Bereiche mit Transplantaten aus 100 % autogenem Knochen gesetzt wurden. Wurden die Daten dieser Implantate ausgeschlossen, ähnelte sich die jährliche Misserfolgsrate für 100 % Knochenersatzmaterialien (1,13 %), Mischtransplantate (1,10 %) und 100 % autogene Transplantate (1,27 %). Daraus folgt, dass die maschinierete Implantatoberfläche für die höhere Misserfolgsrate verantwortlich war. Die Validität dieser Annahme wird im vorliegenden Review bestätigt.

In dem vorliegenden Review wurde auch das Veröffentlichungsdatum als mögliche Störvariable betrachtet, weshalb die Daten aufgeteilt wurden, je nachdem, ob die Studien vor oder ab dem zufällig gewählten Jahr 2003 veröffentlicht wurden. Die Studie von Valentini und Abensur¹⁸ wurde willkürlich zur letztgenannten Gruppe gezählt. Dies war die erste Langzeitstudie, in der Transplantate aus 100 % Knochenersatzmaterialien und Implantate mit rauer Oberfläche verwendet wurden. Der deutliche Unterschied des Implantatüberlebens zwischen den alten und neuen Studien, der aus Tabelle 7 ersichtlich wird (85,66 % bzw. 96,21 %), unterstreicht, wie stark die evidenzbasierte Entscheidungsfindung die Ergebnisse der Sinusbodenaugmentation verbessert hat. In keiner der früheren Studien wurden Transplantate aus 100 % Knochenersatzmaterial verwendet. In den früheren Studien waren nur Implantate mit maschinierter Oberfläche in Augmentationsbereiche mit autogenen Knochenblocktransplantaten gesetzt worden. Diese Assoziation schlägt sich in der geringsten Implantatüberlebensrate

nieder und bestätigt die Ergebnisse früherer systematischer Reviews^{2,5,6}.

Eine weitere Variable, die in diesem Review erstmals berücksichtigt wurde, ist die Auswirkung des Studiendesigns auf das ermittelte Implantatüberleben. Damit sollte die Hypothese überprüft werden, dass Studien mit niedrigerem Evidenzgrad (z. B. retrospektive Studien, Fallserien) zu übermäßig positiven Ergebnissen kommen. Prospektive randomisierte kontrollierte klinische Studien weisen zwar den höchsten Evidenzgrad auf, werden aber nur selten durchgeführt. Damit werden den Ärzten wertvolle Informationen vorenthalten, weil sie auf die Daten erst lange Zeit warten müssen. Die ermittelten Daten des vorliegenden Reviews belegen eher das Gegenteil dieser Hypothese, da die Implantatüberlebensrate in den 13 retrospektiven Studien mit 89,39 % angegeben wurde und in den sechs prospektiven Studien mit 96,42 %. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($P < 0,001$; OR: 3,19; 95%-CI: 2,85 bis 3,53). Eine Ursache dafür könnte sein, dass in gut angelegten prospektiven Studien oft eine ideale Behandlungssituation ausgewertet wird, da sie normalerweise mit einem standardisierten Protokoll, selektiven Einschlusskriterien, erfahrenen Operationsteams und kontrollierten Variablen durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu spiegeln retrospektive Studien oft eher den klinischen Alltag wider und weisen weitaus stärker abweichende Studienparameter auf.

Die Gesamtüberlebensrate von simultan gesetzten Implantaten war mit 95,95 % höher als die von verzögert gesetzten Implantaten mit 93,34 %. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($P < 0,001$; OR: 1,69; 95%-CI: 1,45 bis 1,93). Frühere Reviews ermittelten entweder statistisch nicht signifikante unterschiedliche 1-Jahres-Überlebensraten^{2,3,5-7} oder ein besseres Ergebnis nach der

simultanen Implantation¹⁰. In anderen Reviews wurden hierzu keine Angaben gemacht^{4,8,9}.

Frühere Reviews wurden kritisiert, weil sie das Ausmaß der Alveolarkamatrophie nicht als mögliche Variable einbezogen haben. Dies ist auch schwierig, weil nicht in allen Studien Angaben dazu gemacht werden. Die Ein- oder Ausschlusskriterien der Studien enthalten zwar oft Vorgaben zur Alveolarkammhöhe, die initiale Alveolarkammhöhe wird im Zusammenhang mit einem Implantatmisserfolg aber nicht dokumentiert. Unter allen untersuchten Studien wies die Arbeit von Peleg et al.²¹ die größte Patientenzahl auf und ermittelte das Langzeitüberleben nach einer simultanen Implantation für drei Höhenbereiche des Alveolarkamms. Es lag bei einer Alveolarkammhöhe von 1 bis 2 mm bei 95,9 %, von 3 bis 5 mm bei 98,5 % und von > 5 mm bei 98,4 %. Daraus ergibt sich ein Gesamtüberleben der Implantate von 97,9 %. Aus dieser Studie stammen 49,6 % der Fälle mit einer Alveolarkammhöhe < 5 mm des vorliegenden Reviews, die somit erheblich zur besseren Überlebensrate dieser Untergruppe beitragen. Im vorliegenden Review unterschied sich die Implantatüberlebensrate bei einer Alveolarkammhöhe ≥ 5 mm (95,23 %, 3021 Implantate) nicht signifikant von derjenigen bei einer Alveolarkammhöhe < 5 mm (95,21 %, 2941 Implantate).

Die Ergebnisse zur simultanen und verzögerten Implantation sollten unter Berücksichtigung der Alveolarkammhöhe betrachtet werden. Nicht immer¹⁹, aber meist wird die simultane Implantation bei einer Knochenhöhe von mindestens 4 bis 5 mm durchgeführt. Vermutlich versagte ein Teil der verzögert inserierten Implantate (nach Sinuslift mit einer initialen Knochenhöhe von 1 bis 3 mm) aufgrund schlechter Transplantationstechniken oder eines unzureichenden Heilungszeitraums zwischen der Transplantati-

on und der Implantation/Belastung. Die Studien von Avila et al.³⁴ und Soardi et al.³⁵ haben gezeigt, dass die Transplantatreifung insbesondere bei breiten Kieferhöhlen einige Zeit in Anspruch nimmt.

Die hier vorgestellten Daten ergeben sogar eine noch bessere Langzeitüberlebensrate (93,7 %) als in früheren Reviews ermittelt oder vermutet wurde. Würde man bei einer geschätzten jährlichen Misserfolgsrate davon ausgehen, dass in jedem Jahr eine konstante Anzahl von Implantaten versagt⁵, würde dies bedeuten, dass es bei jedem Implantat irgendwann zu einem Misserfolg kommt. Aufgrund der vorhandenen Langzeitdaten kann eine derartige geradlinige Fortsetzung der ermittelten 1-Jahres-Misserfolgsrate nicht unterstützt werden. Die in diesem Review berücksichtigten Studien geben an, dass sich von den Implantatmisserfolgen 80 % im ersten Jahr und 93,1 % innerhalb von drei Jahren ereigneten. Das Risiko für einen Implantatmisserfolg nach drei Jahren lässt sich nun direkt berechnen, und zwar als das Produkt aus dem Gesamtrisiko für einen Misserfolg nach drei Jahren (6,3 %) und der Inzidenz eines späten Versagens (6,9 %) und ist somit mit 0,43 % sehr niedrig.

Höchstwahrscheinlich sind für einen Misserfolg nach drei Jahren Faktoren verantwortlich, die nicht mit der Insertion der Implantate in aufgemeintete Kieferhöhlen zusammenhängen. Mögliche Ursachen wären eine Implantatfraktur im stark belasteten oberen Seitenzahnbereich oder eine Periimplantitis. Die Inzidenz der Periimplantitis war in den Studien von Lindhe und Meyle³⁶ (12 bis 40 % der Implantate) sowie Koldslund et al.³⁷ (11,3 bis 47,1 %) erschreckend hoch. Da es für diese entzündliche Erkrankung zudem keine als ideal etablierte Therapie gibt, ist sie ein wichtiger Risikofaktor für einen späten Implantatmisserfolg.

Schlussfolgerungen

In diesem Review wurde statt der 1-Jahres-Überlebensrate früherer Reviews eine Überlebensrate nach dreijähriger Belastung ermittelt. Trotzdem bleibt die Implantatüberlebensrate mit 93,7 % hoch. Dieses Review bestätigte die Ergebnisse aus früheren Reviews zu Implantatoberflächen, Transplantatmaterialien, die Verwendung von Barrieremembranen und dem Zeitpunkt der Implantation. Außerdem wurde der Effekt des Studiendesigns auf das Implantatüberleben untersucht und gezeigt, dass für die präzisere Angabe von Überlebensdaten Real-Time-Beobachtungen erforderlich sind.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(suppl):49–70.
2. Wallace SS, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:328–343.
3. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:565–577.
4. Graziani F, Donos N, Needleman I, Gabriele M, Tonetti M. Comparison of implant survival following sinus floor augmentation procedures with implants placed in pristine posterior maxillary bone: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:677–682.

5. Pjetursson BE, Tan WC, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *J Clin Periodontol* 2008;35(suppl):216–224.
6. Del Fabbro M, Rosano G, Taschieri S. Implant survival rates after maxillary sinus augmentation. *Eur J Oral Sci* 2008;116:497–506.
7. Nkenke E, Stelzle F. Clinical outcomes of sinus floor augmentation for implant placement using autogenous bone or bone substitutes: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(suppl 4):124–133.
8. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: Clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):218–236.
9. Esposito M, Grusovin MG, Rees J, et al. Interventions for replacing missing teeth: Augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;(3):CD008397.
10. Del Fabbro M, Bortolin M, Taschieri S, Rosano G, Testori T. Implant survival in maxillary sinus augmentation. An updated systematic review. *J Osteol Biomat* 2010;1:69–79 [erratum 2010;1:186].
11. Block MS, Kent JN. Sinus augmentation for dental implants: The use of autogenous bone. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:1281–1286.
12. Block MS, Kent JN, Kallukaran FU, Thunthy K, Weinberg R. Bone maintenance 5 to 10 years after sinus grafting. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:706–714.
13. Kaptein MLA, de Putter C, de Lange GL, Blijdorp PA. Survival of cylindrical implants in composite grafted maxillary sinuses. *J Oral Maxillofac Surg* 1998;56:1376–1380.
14. Buchmann R, Khoury F, Faust C, Lange DE. Peri-implant conditions in periodontally compromised patients following maxillary sinus augmentation. A long-term post-therapy trial. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:103–110.
15. Johansson B, Wannfors K, Ekenbäck J, Smedberg JI, Hirsch J. Implants and sinus-inlay bone grafts in a 1-stage procedure on severely atrophied maxillae: Surgical aspects of a 3-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:811–818.

16. Lekholm U, Wannfors K, Isaksson S, Adielsson B. Oral implants in combination with bone grafts. A 3-year retrospective multicenter study using the Brånemark implant system. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:181–187.
17. Becktor JP, Eckert SE, Isaksson S, Keller EE. The influence of mandibular dentition on implant failures in bone-grafted edentulous maxillae. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:69–77.
18. Valentini P, Abensur DJ. Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone: A clinical report of long-term results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:556–560.
19. Hallman M, Zetterqvist L. A 5-year prospective follow-up study of implant-supported fixed prostheses in patients subjected to maxillary sinus floor augmentation with an 80:20 mixture of bovine hydroxyapatite and autogenous bone. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:82–89.
20. Boyne PJ, Lilly LC, Marx RE, et al. De novo bone induction by recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) in maxillary sinus floor augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1693–1707.
21. Peleg M, Garg AK, Mazor Z. Predictability of simultaneous implant placement in the severely atrophic posterior maxilla: A 9-year longitudinal experience study of 2132 implants placed into 731 human sinus grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:94–102.
22. Jurisic M, Marxovic A, Radulovic M, Brkovic BMB, Sándor GK. Maxillary sinus floor augmentation: Comparing osteotome with lateral window immediate and delayed implant placements. An interim report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:820–827.
23. Yamamichi N, Itose T, Neiva R, Wang HL. Long-term evaluation of implant survival in augmented sinuses: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:163–169.
24. Sbordone L, Toti P, Menchini-Fabris G, Sbordone C, Guidetti F. Implant success in sinus-lifted maxillae and native bone: A 3-year clinical and computerized tomographic follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:316–324.
25. Garlini G, Redemagni M, Donini M, Maiorana C. Maxillary sinus elevation with an alloplastic material and implants: 11 years of clinical and radiologic follow-up. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:1152–1157.
26. Scarano A, Piattelli A, Assenza B, et al. Porcine bone used in sinus augmentation procedures: A 5-year retrospective clinical evaluation. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:1869–1873.
27. Tetsch J, Tetsch P, Lysek DA. Long-term results after lateral and osteotome technique sinus floor elevation: A retrospective analysis of 2190 implants over a time period of 15 years. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:497–503.
28. Zijdeveld SA, Schulten EAJM, Aartman IHA, ten Bruggenkate CM. Long-term changes in graft height after maxillary sinus floor elevation with different grafting materials: Radiographic evaluation with a minimum follow-up of 4.5 years. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:691–700.
29. Fermgård R, Åstrand P. Osteotome sinus floor elevation without bone grafts—A 3-year retrospective study with Astra Tech implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:198–205.
30. Calvo-Guirado JL, Gómez-Moreno G, López-Marí L, Ortiz-Ruiz AJ, Guardia-Muñoz J. Atraumatic maxillary sinus elevation using threaded bone dilators for immediate implants. A three-year clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010;15:e366–e370.
31. Crespi R, Capparè P, Gherlone E. Osteotome sinus floor elevation and simultaneous implant placement in grafted biomaterial sockets: 3 years of follow-up. *J Periodontol* 2010;81:344–349.
32. Nedir R, Nurdin N, Vazquez L, Szmukler-Moncler S, Bischof M, Bernard J-P. Osteotome sinus floor elevation technique without grafting: A 5-year prospective study. *J Clin Periodontol* 2010;37:1023–1028.
33. Bruschi GB, Crespi R, Capparè P, Gherlone E. Transcrestal sinus floor elevation: A retrospective study of 46 patients up to 16 years. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010 Oct 26 [epub ahead of print].
34. Avila G, Wang HL, Galindo-Moreno P, et al. The influence of the bucco-palatal distance on sinus augmentation outcomes. *J Periodontol* 2010;81:1041–1050.
35. Soardi CM, Spinato S, Zaffe D, Wang HL. Sinus floor augmentation with mineralized human bone allograft in sinuses of different size: An histologic and histomorphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:560–566.
36. Lindhe J, Meyle J. Peri-implant disease: Consensus report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2008;35(suppl):282–285.
37. Koldslund OC, Scheie AA, Aass AM. Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. *J Periodontol* 2010;81:231–238.