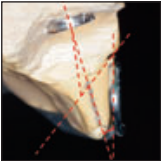


Einfluss der Implantatposition auf die klinische Kronenlänge und die periimplantären Weichgewebe an implantatgetragenen Einzelkronen in Position der oberen zentralen Schneidezähne



Min Peng, MDS¹/Wei Fei, DDS, PhD²
Mandana Hosseini, PhD³/Klaus Gotfredsen, DDS, PhD⁴

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Implantatposition auf die klinische Kronenlänge und das marginale Weichgewebe an implantatgetragenen Einzelkronen in der Position der oberen zentralen Schneidezähne untersucht. Dabei wurde auch der Papilla Index Score (PIS) ermittelt. An der Studie nahmen 25 Patienten teil. Anhand standardisierter, klinischer Fotografien und periapikaler Röntgenaufnahmen wurden bei Studienbeginn dreidimensional die Parameter bestimmt. Als Kontrollen dienten die kontralateralen zentralen Schneidezähne. Die Implantatposition, die Kronenabmessungen und die Papillenhöhe wurden mit dem t-Test für gepaarte Stichproben und der Pearson-Korrelation statistisch ausgewertet. Die Validierung der PIS wurde mit der Cohen- κ - und Spearman-Korrelation durchgeführt. Die implantatgetragene Krone war statistisch signifikant länger als die Krone des kontralateralen Zahns. Außerdem bestand eine signifikante Korrelation zwischen der orofazialen Position des Implantats und dem Unterschied in der Kronenlänge. Die distale Papille war an den implantatgetragenen Kronen signifikant flacher als die mesiale Papille, während sich die beiden entsprechenden Papillen am kontralateralen Zahn nicht deutlich unterschieden. Es bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem PIS und der Papillenhöhe. Bei einem bukkal aus der Mukosa austretenden Implantat ist die Krone länger als am kontralateralen Zahn. Eine geringe Bukkalneigung des Implantats lässt sich durch entsprechend angefertigte Abutments ausgleichen und führt nicht unbedingt zu einer längeren Krone. Die distale Implantatpapille war deutlich abgeflacht, während die mesiale Papille ähnlich hoch wie am natürlichen Zahn war. Die PIS lieferte ein valides Maß für die Papillenhöhe. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:731–739.)

¹ Diensthabender Zahnarzt, Department of Stomatology, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu, Sichuan, China.

² Professor und Leiter, Department of Stomatology, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu, Sichuan, China.

³ PhD-Student, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Copenhagen, Kopenhagen, Dänemark.

⁴ Professor und Leiter, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Copenhagen, Kopenhagen, Dänemark.

Korrespondenz an: Min Peng, Department of Stomatology, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu, 610072, Sichuan, China. E-Mail: oivy@163.com

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Dentale Implantate und implantatgetragene Restaurationen sind in der rekonstruktiven Zahnheilkunde gut etablierte Behandlungsoptionen¹. Die hohe Überlebensrate des implantatgetragenen Einzelzahnersatzes wurde in zahlreichen Studien belegt^{2–5}. Biologische und technische Ergebnisvariablen sind jedoch nicht die einzigen Parameter, mit denen sich die Effizienz der Implantatbehandlung beurteilen lässt. Auch das ästhetische Ergebnis sollte Beachtung finden⁶. Gemäß dem Konsensuspapier der European Federation of Periodontology sollte die intraorale Beurteilung der ästhetischen Parameter am besten bezogen auf den entsprechenden kontralateralen Zahn erfolgen⁷.

Die Implantatposition sowie die Qualität und Menge der umgebenden Gewebe gelten als sehr wichtig für ein biologisch und ästhetisch akzeptables und stabiles Ergebnis im ästhetischen Bereich^{8–10}. Nach Buser und Wismeijer¹¹ sollte das Implantat in korrekter dreidimensionaler Position gesetzt werden, d. h. 1 bis 2 mm vom idealen Emergenzpunkt der künftigen Restauration, mit einem mesiodistalen Abstand von mindestens 1,5 mm zu den Nachbarzähnen und in apikokoronarer Richtung 2 mm apikal zum Weichgeweberand, sodass sich die mikrorauhe Implantatoberfläche vollständig im Knochen befindet. Diese Aussagen basieren jedoch auf klinischen Erfahrungen.

Die Beziehung zwischen der Implantatposition und dem ästhetischen Ergebnis wurde bisher nur in sehr wenigen Studien untersucht.

Die relativen Abmessungen der Zähne gehören zu den wichtigsten objektiven Kriterien der fazialen Ästhetik. Die Kronenlänge sowie das Verhältnis zwischen Kronenbreite und Kronenlänge beeinflussen die Wahrnehmung der Symmetrie und der Proportion, die zur dentofazialen Harmonie beitragen¹². Wenn also ein zentraler Schneidezahn ersetzt werden muss, sind die Kronenlänge und das Weichgewebsvolumen wichtig für ein harmonisches Aussehen. Auch die Länge der zentralen Schneidezähne ist ein wichtiger Faktor für das Lächeln^{13,14}.

Einige Wissenschaftler haben den Zusammenhang zwischen der Position des unteren zentralen Schneidezahns und der klinischen Kronenlänge untersucht¹⁵. Es gibt aber bisher noch keine Untersuchungen zu der Beziehung zwischen der Position des Implantats und seiner klinischen Kronenlänge/seinem marginalen Weichgewebe für den Bereich des oberen zentralen Schneidezahns. Es wurden mehrere Indizes, von denen einige validiert sind, eingeführt, um das ästhetische Ergebnis der periimplantären Weichgewebe zu beschreiben^{16–18}. Der Papilla Index Score (PIS) wird am häufigsten zur Bewertung der periimplantären Weichgewebe eingesetzt. Er beschränkt sich auf die Evaluation der Papille an implantatgetragenen Restaurationen, wurde aber überraschenderweise noch nicht validiert¹⁹, obwohl er bereits in mehreren Studien erfolgreich angewandt wurde.

Daher wurden in dieser retrospektiven Beobachtungsstudie (1) der Einfluss der Implantation auf die klinische Kronenlänge und die marginalen periimplantären Weichgewebe an oberen zentralen Schneidezähnen evaluiert und (2) der PIS validiert.

Material und Methode

Patientenauswahl und Studienverfahren

Aus den Patienten, die zwischen 2004 und 2009 wegen eines Traumas oder der Extraktion eines der oberen zentralen Schneidezähne mit implantatgetragenen Einzelkronen (ISSC) behandelt wurden, wurden 25 (12 Frauen, 13 Männer) mit einem mittleren Alter von 38 Jahren (Bereich: 22 bis 73 Jahre) ausgewählt. Die Patienten waren für die Studie geeignet, wenn bei ihnen nur der rechte bzw. der linke obere zentrale Schneidezahn durch ein Implantat ersetzt werden musste, der kontralaterale obere zentrale Schneidezahn (Kontrolle) intakt war und nach einer mittleren Beobachtungszeit (\pm Standardabweichung [SA]) von 10,8 (\pm 2,7) Monaten optimale klinische Fotografien sowie periapikale Röntgenaufnahmen angefertigt wurden. Bei den Patienten wurden 21 Astra-Tech-Implantate (Astra Tech) und vier Replace-Implantate (Nobel Biocare) inseriert. Die Implantate wurden nach den Standardprotokollen für diese beiden Systeme gesetzt und verzögert belastet. Es wurden keine zweizeitigen Knochen- oder Weichgewebsaugmentationen durchgeführt, aber 14 Patienten brauchten bei der Implantation eine gesteuerte Knochenregeneration. Alle Implantate waren mit zementierten Vollkeramik- oder Metallkeramikronen restauriert.

Die Modelle wurden mit einer Digitalkamera (Canon EOS 450D, Canon) und einem Makroobjektiv (100-mm-Makroobjektiv, 1:2.8 USM, \varnothing 58 mm, Ultrasonic, Canon) unter Verwendung eines Fototischs mit fixierter Kameraposition fotografiert (Abb. 1 und 2). Die klinischen Fotografien der Patienten wurden mit derselben Digitalkamera aufgenommen, wobei die beiden zentralen Schneidezähne in der Mitte der Fotografie und die

Bukkalfächen parallel zum Objektiv lagen (Abb. 3). Die Röntgenaufnahmen der Implantate wurden mit einem Langkonus in Paralleltechnik mit konventionellem Film (Insight Kodak, Eastman Kodak) und unter Verwendung von Eggens-Filmhaltern angefertigt (Abb. 4).

Die 25 Röntgenaufnahmen wurden digitalisiert und gemeinsam mit den Fotografien der Modelle und der Patienten in das Digora-Optime-System übertragen, mit dem sie vermessen wurden. Die Röntgenaufnahmen wurden anhand der Abmessungen der Implantate und die Fotografien anhand der Abmessungen des kontralateralen Zahns am Modell kalibriert.

Alle Messungen wurden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten an einer Zufallsprobe wiederholt, um Intrauntersucherfehler auszuschließen, und zur statistischen Auswertung wurden die Mittelwerte verwendet.

Messungen am Modell

OCCD

Der orofaziale Abstand zwischen dem Bukkalrand der Implantatschulter und der Verbindungslinie zwischen den fazialen Emergenzpunkten der beiden Nachbarzähne (Abb. 1).

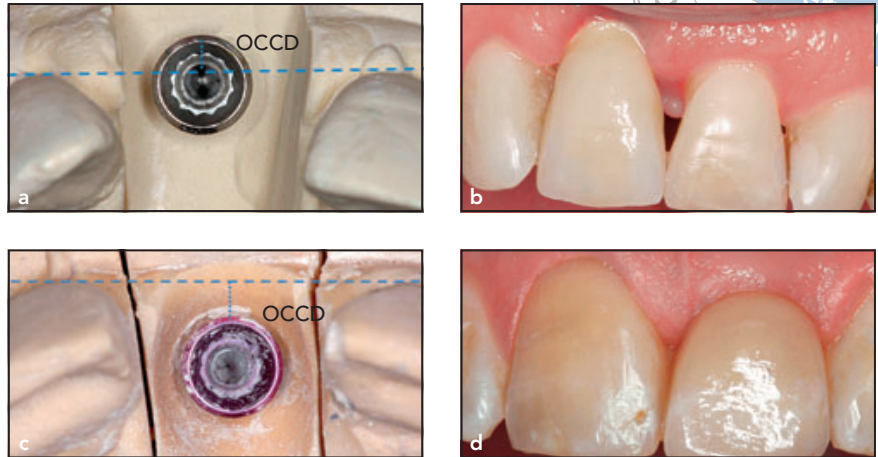
IA

Sagittale Abwinkelung zwischen dem Implantat und einer künstlichen Ebene, in der die fazialen Emergenzpunkte der beiden Nachbarzähne liegen (Abb. 2).

VSTD

Der vertikale Abstand zwischen dem Implantatgewinde und einer Verbindungslinie des Gingivasaums der

Abb. 1 Messung des orofazialen Abstands (OCCD) zwischen dem Bukkalrand der Implantatschulter und einer Verbindungslinie zwischen den fazialen Emergenzpunkten der Nachbarzähne am Modell. (a und b) Zu weit bukkal gesetztes Implantat in der Position eines oberen zentralen Schneidezahns mit verlängerter klinischer Krone. (c und d) Zu weit palatinal gesetztes Implantat in der Position eines oberen zentralen Schneidezahns mit verkürzter klinischer Krone.



beiden Nachbarzähne, der direkt am Modell gemessen wurde (Abb. 2).

Fotografische Messwerte

CCL

Die klinische Kronenlänge der implantatgetragenen Krone (CCL_i) und des kontralateralen Zahns (CCL_c), gemessen vom apikalsten Punkt des bukkalen Weichgewebes bis zur Inzisalkante (Abb. 3).

ΔCCL

$\Delta CCL = CCL_i - CCL_c$: Die Differenz der klinischen Kronenlänge zwischen der implantatgetragenen Krone und dem kontralateralen zentralen Schneidezahn.

PF

Die Papillenhöhe ist als der Abstand zwischen der Papillenspitze und einer Verbindungslinie der zervikalen Weichgewebekurvatur an den beiden Nachbarkronen (Referenzniveau, REF) definiert. Insgesamt wurden drei

Papillen gemessen: am Implantat die mesiale (PF_{im}) und die distale Papille (PF_{id}) sowie am kontralateralen Zahn die distale Papille (PF_{cd}) (Abb. 3).

SC

Abstand zwischen dem approximalen Kontaktpunkt zweier benachbarter Zahnkronen und der Verbindungslinie der zervikalen Weichgewebekurvatur an den beiden Nachbarzähnen; es wurden drei Papillen vermessen (Abb. 3).

PF%

$PF\% = PF/SC \times 100\%$: Ausfüllung des Interdentalraums durch die Papille in Prozent.

PIS

Der PIS¹⁹ wurde wie folgt dokumentiert: 0 = keine Papille. 1 = Die Papillenhöhe liegt unter der Hälfte der Höhe des Interdentalraums. 2 = Die Papille reicht mindestens bis zur Hälfte der Höhe des Interdentalraums. 3 = Die Papille füllt den gesamten Interdentalraum aus. 4 = hyperplastische

Papille. Gemessen wurden die mesiale und die distale Papille am Implantat sowie die distale Papille des kontralateralen Zahns. Die PIS-Werte wurden von zwei unabhängigen Untersuchern bestimmt.

Radiologische Messwerte

HITD-R

Der horizontale Abstand zwischen Zahn und Implantat an der Implantatschulter (Referenzniveau, REF), mesial ($HITD-R_m$) und distal ($HITD-R_d$) (Abb. 4).

PCL

Der Abstand zwischen der Implantatschulter und dem koronalsten Punkt des approximalen Alveolarkamms, mesial (PCL_m) und distal (PCL_d) gemessen (Abb. 4).

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS Version 17.0 (SPSS, IBM).

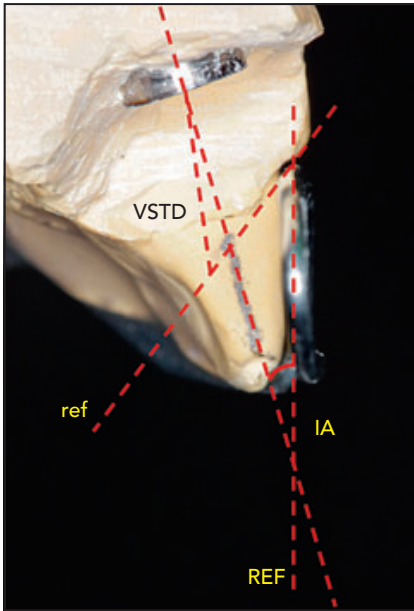


Abb. 2 Am Model wird die sagittale Anwinkelung (IA) zwischen dem oberen zentralen Schneidezahn und einer künstlichen Referenzebene (REF), in der die fazialen Emergenzpunkte der beiden Nachbarzähne liegen, gemessen. VSTD = Abstand zwischen der Implantatschulter und einer Verbindungslinie der zervikalen Kurvatur der marginalen Weichgewebe der beiden Nachbarzähne (ref).

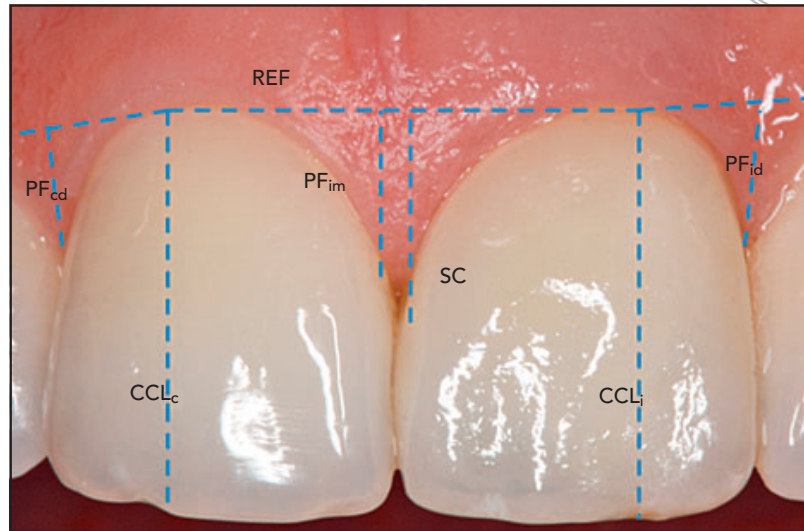


Abb. 3 Messung der klinischen Kronenlänge (CCL) der implantatgetragenen Krone (CCL_i) und des natürlichen Zahns (CCL_c), der Papillenhöhe (PF) mesial (PF_{im}) und distal am Implantat (PF_{id}) sowie distal am kontralateralen Zahn (PF_{cd}) und des Abstands zwischen dem Gingivasaum (REF) und dem Kontaktpunkt (SC) auf der klinischen Fotografie eines Implantats in der Position des oberen linken zentralen Schneidezahns.

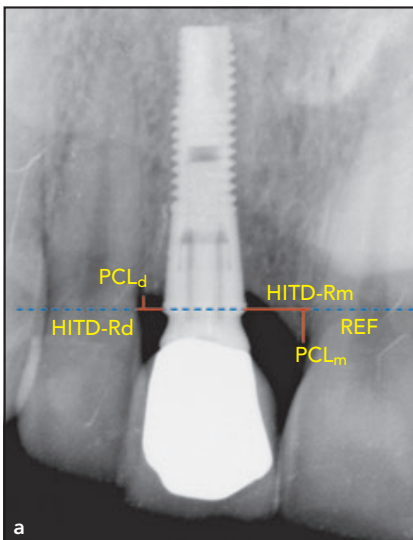


Abb. 4 (a) Messungen von HITD-R: horizontaler Abstand zwischen Implantat und Zahn auf dem Referenzniveau (REF), mesial (HITD-R_m) und distal (HITD-R_d) sowie dem PCL (Abstand zwischen dem koronalsten Punkt des Knochenkamms und der Implantatschulter mesial [PCL_m] und distal [PCL_d]). (b) Am Implantat ist die mesiale Papille höher als die distale, was zum PCL-Niveau in Abb. 4a passt.



Tabelle 1 In der Studie dokumentierte Parameter

Parameter	Abkürzung	Mittelwert ± SA (Bereich)
Klinische Kronenlänge (mm)	Implant (CCL _i)	10,8 ± 1,1 (9,1–12,7)
	Kontralateraler Zahn (CCL _c)	10,4 ± 0,8 (9,1–12,0)
Unterschied der Kronenlänge (mm)	$\Delta CCL = CC_L - CC_L$	0,3 ± 0,7 (–0,8–2,2)
Vertikaler Abstand zwischen Gingivasaum und Gewinde (mm)	VSTD	2,9 ± 0,8 (1,3–4,7)
Orofazialer Abstand (mm)	OCCD	–0,2 ± 1,0 (–2,0–2,0)
Abstand von Zahn und Implantat (mm)	Mesial (HITD-R _m)	3,1 ± 1,1 (1,0–5,3)
	Distal (HITD-R _d)	2,0 ± 0,7 (0,7–3,4)
Implantatangulation (deg)	IA	16,6 ± 8,6 (0,0–34,5)
Abstand zwischen Papillenspitze und Gingivasaum (mm)	Mesial (PF _{im})	4,2 ± 0,7 (2,8–5,4)
	Distal (PF _{id})	3,1 ± 0,8 (1,8–5,2)
	Distal (PF _{cd})	4,1 ± 0,7 (3,1–5,9)
Abstand zwischen dem koronalen Rand des Implantats und dem approximalen Knochenkamm am Zahn (mm)	Mesial (PCL _m)	2,2 ± 1,4 (–1,2–4,4)
	Distal (PCL _d)	1,2 ± 1,5 (–1,8–4,0)
Abstand zwischen Kontaktpunkt und Gingivasaum (mm)	SC	5,1 ± 1,0 (2,9–8,0)
Durch die Papille ausgefüllter Interdentalraum (%)	PF% = PF/SC * 100%	75,1 ± 12,7 (37,0–97,0)

SA = Standardabweichung.

Der Kolmogorow-Smirnov-Test ergab eine Normalverteilung der Daten. Mit einer deskriptiven Auswertung wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Parameter berechnet. Mit dem t-Test für gepaarte Stichproben wurden die Mittelwerte der quantitativen Messungen an den Fotografien verglichen und mit der Pearson-Korrelation wurde der Zusammenhang zwischen den Lagereparametern des Implantats und den Unterschieden der Kronenlänge und der Papillenhöhe ermittelt. Die Übereinstimmung der Messwerte der beiden Untersucher wurde mit Cohen-κ-Werten überprüft. Mit der Spearman-Korrelation wurde die Übereinstimmung von PIS und PF% getestet. Bei allen Analysen galt ein P-Wert < 0,05 als statistisch signifikant.

Ergebnisse

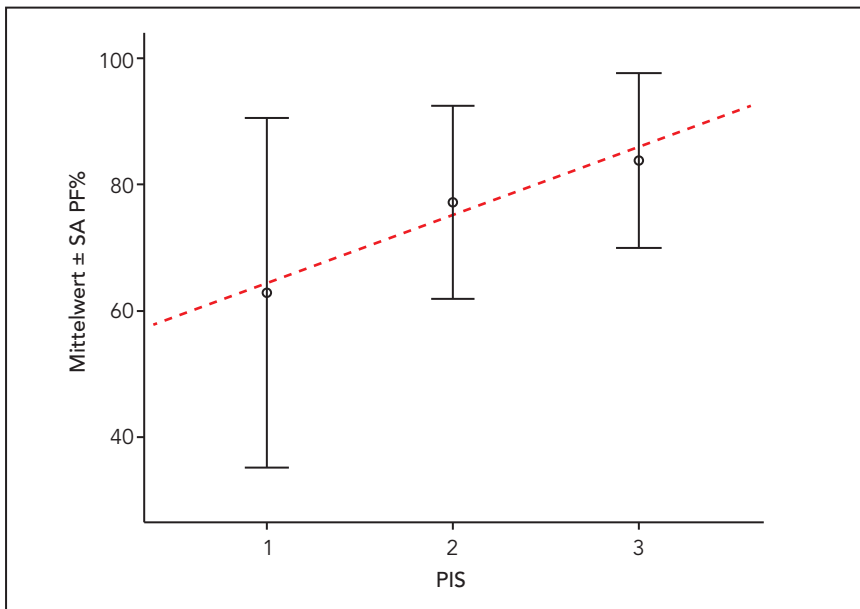
Die implantatgetragenen Kronen wurden auf den klinischen Fotografien vermessen. Dabei ergab sich, dass 16 der 25 Kronen länger und neun kürzer waren als die kontralateralen natürlichen Zahnkronen. Die klinische Kronenlänge (ΔCCL) der implantatgetragenen Kronen unterschied sich von der natürlichen Krone des jeweiligen kontralateralen zentralen Schneidezahns. Dabei war sie von 0,8 mm kürzer bis 2,2 mm länger als die natürliche Krone des Schneidezahns. Die implantatgetragenen Kronen waren durchschnittlich 0,3 ± 0,7 mm länger als die natürlichen Kronen (Tabelle 1). Die klinische Länge der implantatgetragenen Kronen (CCL_i) lag klinisch signifikant über der der kontralateralen Zähne (CCL_c) (P = 0,028) (Tabelle 2).

Der vertikale Abstand zwischen dem Implantatgewinde und dem Weichgewebesaum (VSTD) betrug 1,3 bis 4,7 mm mit einem Mittelwert von 2,9 ± 0,8 mm. Die orofaziale Position der Implantate (OCCD) reichte von 2 mm palatinal bis 2 mm bukkal mit einem Mittelwert von 0,2 ± 1 mm bukkal. Der mesiale (HITD-R_m, 3,1 ± 1,1 mm) und der distale Abstand zwischen Zahn und Implantat unterschieden sich statistisch signifikant (HITD-R_d, 2,0 ± 0,7 mm). Außerdem wurden alle Implantate in dieser Studie mit einem Winkel (IA) von 0 bis 34,5 Grad gesetzt (Mittelwert 16,6 ± 8,6 Grad, Tabelle 1).

Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen der orofazialen Position des Implantats (OCCD) und der CCL_i (r = 0,613, P = 0,001) sowie dem Unterschied der klinischen Kronenlängen.

Tabelle 2 Statistische Auswertung der Ergebnisse

1. Parameter	Korrelation				Unterschied				
	OCCD	OCCD	PF	PF%	CCL _i	HITD-R _m	PF _{im}	PF _{cd}	PCL _m
2. Parameter	CCL _i	ΔCCL	PCL	PIS	CCL _c	HITD-R _d	PF _{id}	PF _{id}	PCL _d
Koeffizient	0,613	0,607	0,574	0,644					
P	0,001	0,001	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000	0,001

**Abb. 5** Darstellung der positiven Korrelation von PIS und PF% anhand der Mittelwerte und SA.

ge (ΔCCL) ($r = 0,607$, $P = 0,001$). Somit stieg ΔCCL an, je weiter bukkal das Implantat positioniert war (Abb. 1). Kein signifikanter Zusammenhang wurde hingegen für die sagittale Implantat-angulation und ΔCCL ermittelt. Auch die vertikale Position des Implantats – gemessen als VSTD-Abstand – beeinflusste weder die CCL_i noch ΔCCL signifikant (Abb. 2).

Der Abstand zwischen der Papillenspitze und dem Mukosasaum (PF), also die Papillenhöhe¹⁹, war an der mesialen Papille implantatgetragener Kronen deutlich größer (PF_{im} : $4,2 \pm 0,7$ mm) als an der distalen Papil-

le (PF_{id} : $3,1 \pm 0,8$ mm), während sich die mesiale (PF_{im}) und distale Papille (PF_{cd}) des kontralateralen Zahns kaum unterschieden ($4,1 \pm 0,7$ mm). Die mesiale Papille war somit bei 23 der 25 untersuchten implantatgetragenen Kronen höher als die distale Papille. Auch die distale Papille war am kontralateralen Zahn (PF_{cd}) signifikant höher als die distale Papille am Implantat (PF_{id}) (Abb. 3 und 4, Tabelle 2).

An den implantatgetragenen Kronen fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Knochenniveau (PCL, mesial und distal) und der Papille (mesial und distal) ($r = 0,574$,

$P = 0,000$). Außerdem lag das mesiale Knochenniveau (PCL_m : $2,2 \pm 1,4$ mm) an den implantatgetragenen Kronen signifikant über dem distalen peri-implantären Knochenniveau (PCL_d : $1,2 \pm 1,5$ mm) (Abb. 4).

Zur Validierung des PIS wurden 65 Messwerte der prozentualen Ausfüllung des Interdentalraums (PF%) mit den PIS-Werten korreliert und die anderen 10 Messungen wegen unklarer Messpunkte ausgeschlossen. Dabei fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem PIS und der entsprechenden PF% mit $r_s = 0,644$ und $P = 0,000$ (Abb. 5).

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde belegt, dass die orofaziale Position eines Implantats als Ersatz für einen oberen zentralen Schneidezahn die klinische Kronenlänge der Restauration beeinflusst, geringfügige Abweichungen in der Sagittalebene hingegen nicht. Außerdem ist der PIS ein valider Index, um die Papillenhöhe zu bewerten.

Die klinische Kronenlänge der kontralateralen oberen Schneidezähne lag in dieser Studie im Bereich der mittleren Länge, die von Gillen und Schwartz²¹ für vollständig durchgebrochene obere zentrale Schneidezähne beim Erwachsenen angegeben wurde. Verglichen mit der von Volchansky und Cleaton-Jones²² angegebenen klinischen Kronenlänge waren die Zähne in der vorliegenden Studie länger. Allerdings betrug das mittlere Alter der Patienten 38 Jahre, während die Patienten in dem Review von Volchansky und Cleaton-Jones jünger waren²². In der hier vorgestellten Studie waren die Kronen der Implantate klinisch länger als die Kronen der kontralateralen Zähne. Dies passt zu den Ergebnissen der Studie von Jemt et al.²³. Sie ermittelten während der Beobachtungszeit eine Zunahme der sichtbaren Länge implantatgetragener Kronen um 0,4 bis 0,6 mm sowie bei 15 % der Kronen eine Längenzunahme um > 1 mm aufgrund einer Rezession²³.

Die klinische Kronenlänge ist definiert als der Abstand vom apikalsten Punkt des Gingivasaums zur Inzisalkante und wird bei natürlichen Zähnen durch verschiedene Faktoren, wie das Alter, die aktive und passive Eruption sowie die Zahnposition, beeinflusst²⁴. Da sich die Inzisalkante der implantatgetragenen Krone auf derselben Höhe wie die Inzisalkante des benachbarten zentralen Schneidezahns befindet, veränderte sich die Kronenlänge nur im Zusammenhang

mit einer Gingivarezession. Mehrere Autoren beschrieben zu verschiedenen Zeitpunkten eine leichte faciale Gingivarezession von 0,04 bis 0,8 mm an Implantaten im oberen Frontzahnbereich²⁵⁻²⁷.

In einer Studie wurde bereits untersucht¹⁵, welche Inzidenz Gingivarezessionen haben und welches ihre prädisponierenden Faktoren sind, z. B. die Mundhygiene sowie die Qualität und Menge der keratinisierten Gingiva. Dabei wurde festgestellt, dass eine zu starke Proklination der unteren zentralen Schneidezähne zu pathologischen Gingivarezessionen beiträgt, weil nach labial vorstehende Zähne aufgrund der Kieferrelation nur eine dünne oder gar keine labiale Knochenplatte und keine ausreichende oder gar keine keratinisierte Gingiva zeigen¹⁵. Dies könnte auch erklären, warum in der vorliegenden Studie ein positiver Zusammenhang zwischen der facialen Position des Implantats (OCCD) und dem Unterschied der Kronenlänge ermittelt wurde. Ist das Implantat stark bukkal geneigt, kann es bukkal aus der Mukosa austreten. Damit entsteht indirekt eine längere klinische Krone, obwohl sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Proklination oder Angulation des Implantats und der Mukosarezession an der klinischen Krone fand. Daher wurde empfohlen, dass Implantate möglichst nicht stark anguliert gesetzt und Achsabweichungen des Implantats mit angulierten Abutments ausgeglichen werden sollten²⁸. In der vorliegenden Studie lag die Angulation des Implantats immer < 35 Grad und konnte durch individuell angefertigte angulierte Abutments ausgeglichen werden.

Auch die vertikale Position des Implantats beeinflusst das ästhetische Ergebnis¹¹. Wenn ein Implantat zu tief eingedreht wird, nimmt der stützende Knochen ab und damit die klinische Kronenlänge zu. Wird das Implantat nicht tief genug gesetzt,

kann dies ebenfalls zu einer kürzeren Krone führen, da derartige Implantate nur schwer mit individuell angefertigten Abutments korrigiert werden können. In der vorliegenden Studie beeinflusste die vertikale Implantatposition die klinische Kronenlänge nicht signifikant, vermutlich, weil die enossale Länge des Implantats im akzeptablen Bereich lag.

In der hier vorgestellten Studie war der Abstand zwischen Zahn und Implantat mesial signifikant größer als distal, was sich durch die Anatomie erklären lässt: Ein vorhandenes Foramen incisivum verlagert das Implantat nach distal.

Chu und Tarnow²⁰ ermittelten an gesunden oberen Frontzähnen keinen Unterschied zwischen der mesialen und der distalen Papillenhöhe. In der vorliegenden Studie war die distale Papillenhöhe am Implantat statistisch signifikant geringer als die der mesialen Papille am Implantat und die distale Papille am kontralateralen Zahn. Die Höhe der mesialen Papille am Implantat und der distalen Papille des kontralateralen Zahns unterschieden sich statistisch nicht signifikant. Somit war die distale Papille am Implantat nicht so hoch und die mesiale Papille ähnlich hoch wie die Papillen an dem Zahn. Dies kann mit der Knochenabstützung erklärt werden, da die Knochenwände im oberen Frontzahnbereich am Foramen incisivum oft den mesialen periimplantären Knochen und damit die mesiale Papille abstützen. Außerdem wurde in mehreren Studien gezeigt, dass die Papillenhöhe an Einzelzahnimplantaten besonders stark von der Alveolarkammhöhe am Nachbarzahn abhängt^{8,25,29}.

Jemt¹⁹ ermittelte bei nur 10 % der untersuchten Implantate eine „perfekte Papille“ beim Einsetzen der Krone. In der vorliegenden Studie jedoch waren 30 % der Papillen „perfekt“ und es wurde kein PIS = 0 erhoben. Das hängt vermutlich mit

den besseren Operationsprotokollen zusammen. Da in der Studie von Jemt¹⁹ eine spontane Adaption der Weichgewebe beobachtet wurde, konnte auf zusätzliche Transplantate zur Sicherung des ästhetischen Ergebnisses verzichtet werden.

Zur Evaluation des ästhetischen Ergebnisses wurden verschiedene Systeme entwickelt, die meist auch die Papillenhöhe berücksichtigen^{16–18}. Ein System verwendet sogar direkt den PIS⁶. In der vorliegenden Studie war der PIS ein valider Index.

Da die hier vorgestellte Studie retrospektiv an zwei Implantatsystemen durchgeführt wurde, unterliegt sie gewissen Einschränkungen, obwohl die meisten abhängigen Variablen dieser Studie kein prospektives Design erfordern. Außerdem war die Probengröße zwar relativ klein, aber die Einschlusskriterien waren sehr strikt. Da nur obere zentrale Schneidezähne in die Studie aufgenommen wurden, lassen sich die Ergebnisse möglicherweise nicht auf andere Zähne übertragen. Die interne Validität war jedoch hoch, und es ist bekannt, dass das ästhetische Ergebnis einer Zahnbehandlung am stärksten von den oberen zentralen Schneidezähnen beeinflusst wird.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie führte die bukkale Position von Implantaten dazu, dass die klinische Länge der implantatgetragenen Krone zunahm. Eine geringfügige Angulation des Implantats ließ sich mit einem entsprechend angefertigten Abutment kompensieren, sodass die bukkale Position des Implantats nicht zwangsläufig zu einer längeren Krone führte.

Die distale Papille am Implantat war kürzer als die mesiale Papille am Implantat und die distale Papille am kontralateralen Zahn, während sich die Höhe der mesialen Papille am

Implantat und der distalen Papille am kontralateralen Zahn kaum unterschieden. Der Papilla Index Score hat sich als valider Index der Papillenhöhe erwiesen.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Pjetursson BE, Lang NP. Prosthetic treatment planning on the basis of scientific evidence. *J Oral Rehabil* 2008;35(suppl 1): 72–79.
2. Brägger U, Karoussis I, Persson R. Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants: A 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:326–334.
3. Gotfredsen K. A 10-year prospective study of single tooth implants placed in the anterior maxilla. *Clin Implants Dent Relat Res* 2012;14:80–87.
4. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res* 2007;18(suppl 3):97–113.
5. Chang M, Wennström JL, Odman P. Implant supported single-tooth replacements compared to contralateral natural teeth. Crown and soft tissue dimensions. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:185–194.
6. Mandana H. A feasible, aesthetic quality evaluation of implant-supported single crowns: An analysis of validity and reliability. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23:453–458.
7. Proceedings of the 8th European workshop on periodontology. *J Clin Periodontol* 2012;39(suppl 12):1–244.
8. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol* 2000;71:546–549.
9. Chen ST, Darby IB, Reynolds EC. A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: Clinical outcomes and esthetic results. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:552–562.
10. Evans CD, Chen ST. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:73–80.
11. Buser D, Wismeijer D. *ITI Treatment Guide, vol 1. Implant Therapy in the Esthetic Zone for Single-Tooth Replacements*. Berlin: Quintessenz, 2006.
12. Magne P, Gallucci GO, Belser UC. Anatomic crown width/length ratios of unworn and worn maxillary teeth in white subjects. *J Prosthet Dent* 2003;89: 453–461.
13. Dong JK, Rashid RG, Rosenstiel SF. Smile arcs of caucasian and Korean youth. *Int J Prosthodont* 2009;22:290–292.
14. Morley J, Eubank J. Macroesthetic elements of smile design. *J Am Dent Assoc* 2001;132:39–45.
15. Djeu G, Hayes C, Zawaideh S. Correlation between mandibular central incisor proclination and gingival recession during fixed appliance therapy. *Angle Orthod* 2002;72:238–245.
16. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: The pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:639–644.
17. Meijer HJ, Stellingsma K. A new index for rating aesthetics of implant-supported single crowns and adjacent soft tissues: The Implant Crown Aesthetic Index. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:645–649.
18. Dueled E, Gotfredsen K. Professional and patient-based evaluation of oral rehabilitation in patients with tooth agenesis. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:729–736.
19. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17: 327–333.
20. Chu SJ, Tarnow DP. Papilla proportions in the maxillary anterior dentition. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009; 29:385–393.
21. Gillen RF, Schwartz RS. An analysis of selected normative tooth proportions. *Int J Prosthodont* 1994;7:410–417.

22. Volchansky A, Cleaton-Jones P. The position of the gingival margin as expressed by clinical crown height in children aged 6–16 years. *J Dent* 1976;4:116–122.
23. Jemt T, Ahlberg G, Henriksson K. Changes of anterior clinical crown height in patients provided with single-implant restorations after more than 15 years of follow-up. *Int J Prosthodont* 2006; 19:455–461.
24. Gargiulo AW. Surgical correction of mucogingiva deformities. *Int Dent J* 1965; 34:139–142.
25. Grunder U. Stability of the mucosal topography around single-tooth implants and adjacent teeth: 1-year results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:11–17.
26. De Rouck T, Collys K, Cosyn J. Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: A 1-year case cohort study on hard and soft tissue response. *J Clin Periodontol* 2008;35:649–657.
27. Palattella P, Torsello F, Cordaro L. Two-year prospective clinical comparison of immediate replacement vs immediate restoration of single tooth in the esthetic zone. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19:1148–1153.
28. Pellizzer EP, Falcon-Antenucci RM, de Carvalho PS. Influence of implant angulation with different crowns on stress distribution. *J Craniofac Surg* 2011; 22:434–437.
29. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region. *J Periodontol* 2001;72:1364–1371.