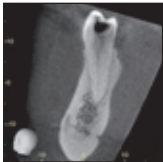


Knochenangebot im unteren Seitenzahnbereich: Eine retrospektive radiologische Studie mithilfe digitaler Volumentomografie. 1. Teil – Analyse der bezahlten Bereiche



Vedrana Braut, DDS, Dr. med. dent. *

Michael M. Bornstein, PD, Dr. med. dent. **

Roland Lauber, DDS, Dr. med. dent. *** / Daniel Buser, Prof. Dr. med. dent. ****

In dieser retrospektiven radiologischen Studie wurden die Dimensionen des Alveolarkamms im unteren Seitenzahnbereich mithilfe der digitalen Volumentomografie (DVT) untersucht. Insgesamt 56 DVT-Scans erfüllten die Einschlusskriterien. Die Probengröße umfasste 122 Querschnitte von unteren Seitenzähnen (Prämolaren und Molaren). Die Dicke der bukkalen und lingualen Knochenwand wurde an zwei Stellen gemessen: 4 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze (Messpunkt 1 [MP1]) und in der Wurzelmitte (Messpunkt 2 [MP2]). Die Breite des Alveolarkamms wurde auf der Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils (Alveolarknochenbreite 1 [BW1]) sowie an der Obergrenze des Mandibularkanals (Alveolarknochenbreite 2 [BW2]) gemessen. Außerdem wurde der vertikale Abstand zwischen diesen beiden Punkten ermittelt und gegebenenfalls ein vorhandener linguale Unterschnitt erfasst. Sowohl an MP1 als auch an MP2 nahm die bukkale Wanddicke kontinuierlich vom ersten Prämolaren bis zum zweiten Molaren zu. Die BW1 war an den Prämolaren deutlich dünner als an den Molaren. Die Höhe des Alveolarkamms war an allen untersuchten Zähnen gleich. Wenn nach einer Zahnextraktion ein Implantat gesetzt werden soll, können mithilfe der DVT die Dimensionen des Alveolarkamms bestimmt werden. Die dabei gewonnenen Informationen zu Knochenvolumen und -morphologie sind hilfreich für die Entscheidung über die weitere Behandlung. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2012;32:167–176.)

* IHI-Scholar, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Bern, Schweiz; Assistenzprofessorin, Department of Prosthodontics, School of Dental Medicine, Medical Faculty, University of Rijeka, Rijeka, Kroatien.

** Privatdozent, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Bern, Schweiz.

*** Externer Oberarzt, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Bern, Schweiz.

**** Professor und Direktor, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Bern, Schweiz.

Korrespondenz an: Prof. Dr. Daniel Buser, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Freiburgstraße 7, CH-3010 Bern, Schweiz. Fax: +41 31 632 98 84; E-Mail: daniel.buser@zmk.unibe.ch

Die Implantation nach einer Extraktion ist inzwischen ein vielfach eingesetztes Verfahren. Dabei kann eine Sofort^{1,2} oder Frühimplantation^{3,4} erfolgen, womit die Attraktivität der Implantatbehandlung erhöht wird. Nach der Extraktion verändert sich der Alveolarknochen stark, unter anderem nehmen seine Breite sowie die Höhe der bukkalen Knochenwand ab^{5–9}. Für eine erfolgreiche und langfristige Osseointegration in Extraktionsalveolen ist daher oft eine Knochenaugmentation erforderlich. Die Alveolarkammdimensionen vor der Extraktion sind für das Ausmaß der Knochenresorption nach der Extraktion prognostisch signifikant und wichtig für die Wahl der geeigneten Behandlung. Allerdings bietet die Literatur aktuell keine ausreichenden Informationen über die Abmessungen des Alveolarkamms in den verschiedenen bezahlten Unterkieferbereichen. Mittlerweile ist die digitale Volumentomografie (DVT) das Querschnittsverfahren der Wahl, da sie inzwischen recht preiswert ist und mit einer geringeren Strahlenexposition einhergeht als die konventionelle Computertomografie¹⁰. Außerdem ist die DVT bei linearen Messungen bis in den Submillimeterbereich präzise¹¹.

Ziel dieser retrospektiven radiologischen Studie war die Analyse der

Tabelle 1	Verteilung der untersuchten Zähne								
	Zahnnummer*								
	47	46	45	44	34	35	36	37	Insgesamt
n (untersucht)	13	12	22	27	22	11	8	7	122

*FDI-System.

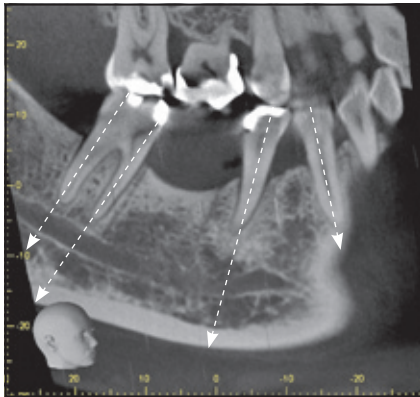


Abb. 1 Schnittebene in der Mitte der jeweiligen Wurzel parallel zur Längsachse.

Knochendimensionen im unteren Seitenzahnbereich. Dazu wurden DVT-Aufnahmen von Patienten, die zur Implantation überwiesen worden waren, verwendet.

Material und Methode

In diese Studie wurden alle DVT-Aufnahmen (3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph, Morita) unabhängig vom Field of View (FOV; 4 x 4 cm, 6 x 6 cm bzw. 8 x 8 cm) von Patienten eingeschlossen, die wegen einer Implantation im unteren Seitenzahnbereich zwischen Januar und Dezember 2009 an die Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie an der Universität Bern, Schweiz, überwiesen wurden. Zur Vermeidung von Artefakten z. B. durch Metallrestaurationen, die zu Streaking oder Beam Hardening führen, wurden restaurierte Zähne nicht im Zentrum des FOV posi-

tioniert und die Okklusionsebene immer horizontal ausgerichtet^{12,13}. Wenn eine Auswertung wegen der Artefakte unmöglich war, wurden die entsprechenden Bereiche ausgeschlossen. Wurzelbehandelte Zähne wurden ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen, da die Wurzelpathologie Auswirkungen auf die Abmessungen des Alveolarkamms haben kann¹⁴. Alle anderen Zähne wurden unabhängig von etwaigen Pathologien ausgewertet. Insgesamt erfüllten 56 DVT-Bilder die Einschlusskriterien. Die Probengröße umfasste 122 untere Seitenzähne (Tabelle 1).

Röntgenbildanalyse

Die DVT-Aufnahmen erfolgten mit einer Voxel-Größe von 0,08 mm. Die Bilder wurden auf einem Eizo-Flexscan-Monitor mit einer Auflösung von

1280 x 1024 Pixel (Eizo Nanao) an Schnitten mit einer Dicke von 1 mm (FOV 4 x 4 cm oder 6 x 6 cm) und 1,28 mm (FOV 8 x 8 cm) ausgewertet. Die Schnitte liefen jeweils parallel zur Längsachse durch die Wurzelmitte, mit deren Hilfe anschließend die vertikale Ausrichtung des Schnitts bestimmt wurde (Abb. 1). Wegen ihrer unterschiedlichen Ausrichtung wurden die mesialen und distalen Molarwurzeln getrennt ausgewertet. Zur Durchführung der Messungen wurden die rekonstruierten Koronalaufnahmen, die die gesamte Wurzel und die Schmelz-Zement-Grenze (SZG) des untersuchten Zahns darstellten, mit der größtmöglichen Vergrößerung dargestellt. Die Bildauswertung erfolgte mit einem digitalen Bildabtaster und einem entsprechenden Programm (i-Dixel, Morita).

Die Dicke der bukkalen und linguale Knochenwand wurde in den Koronalaufnahmen an zwei Stellen

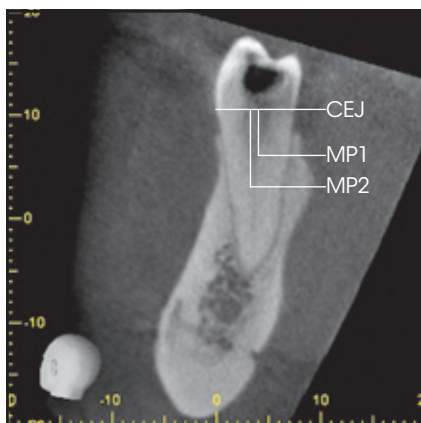


Abb. 2 (links) Messung der bukkalen/lingualen Knochenwanddicke. CEJ = vermutete Lage der Schmelz-Zement-Grenze (SZG), MP1 = 4 mm apikal der SZG, MP2 = Hälfte der Wurzellänge.

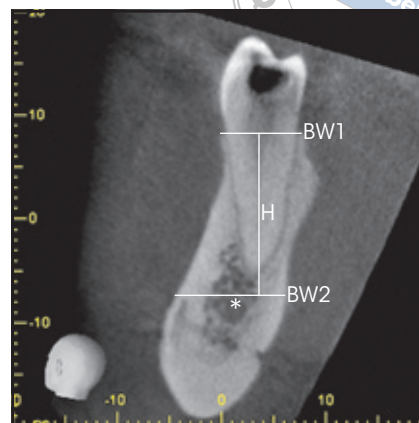


Abb. 3 (rechts) Messung der Alveolarkammbreite. BW1 = Breite des Alveolarkamms auf Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils, BW2 = Breite des Alveolarkamms an der Obergrenze des Mandibularkanals, H = Alveolarkammhöhe, absoluter vertikaler Abstand zwischen BW1 und BW2; Stern = Mandibularkanal.

jedes Zahns im rechten Winkel zur Längsachse der Wurzel gemessen (Abb. 2): 4 mm apikal der SZG (1. Messpunkt [MP1]) und in der Wurzelmitte (2. Messpunkt [MP2]). Die Breite des Alveolarkamms wurde auf Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils (Alveolarknochenbreite 1 [BW1]) sowie an der oberen Grenze des Mandibularkanals (Alveolarknochenbreite 2 [BW2]) gemessen (Abb. 3). Sofern der untersuchte Zahn unmittelbar über dem Foramen mentale lag, wurde die Obergrenze des Foramens als Obergrenze des Kanals herangezogen. Der vertikale Abstand (Höhe [H]; Abb. 3) zwischen BW1 und BW2 wurde gemessen. Zusätzlich wurde ermittelt, ob über dem Mandibularkanal ein lingualer Unterschnitt vorlag, da dies die Implantation in die Extraktionsalveole beeinflusst.

Alle Messungen erfolgten durch denselben Untersucher. Das Vor-

handensein eines lingualen Unterschnitts über dem Mandibularkanal wurde durch einen weiteren Untersucher bestätigt, um eine möglichst objektive Messung zu gewährleisten. In allen Fällen konnten sich die beiden Untersucher auf einen Konsens verständigen.

Statistische Auswertung

Die deskriptive statistische Auswertung wurde mit einer Inferentialstatistik abgeschlossen. Zum Nachweis signifikanter Unterschiede zwischen den Datensätzen der linken und rechten Unterkieferseite erfolgten Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests (an Paaren der linken und rechten Zähne in derselben Position bei demselben Patienten) unter Verwendung der exakten P-Werte. Da keine signifikanten Unterschiede ermittelt

werden konnten, wurden die Messwerte der bukkalen/lingualen Knochenwanddicke an MP1 und MP2 aller Zähne zur deskriptiven Analyse in folgende Kategorien eingeteilt: fehlende Knochenwand (Dicke = 0 mm), Knochenwanddicke < 1 mm und Knochenwanddicke ≥ 1 mm. Zur weiteren statistischen Auswertung wurden die Zähne in folgende Gruppen eingeteilt: erster Prämolare (PM1), zweiter Prämolare (PM2), mesiale Wurzel des ersten Molars (M1m), distale Wurzel des ersten Molars (M1d), mesiale Wurzel des zweiten Molars (M2m) und distale Wurzel des zweiten Molars (M2d). Anschließend erfolgten ein Kruskal-Wallis-Test und eine nicht parametrische Varianzanalyse (ANOVA) unter Verwendung eines Verfahrens von Brunner und Langer¹⁵, um den Einfluss von Alter, Geschlecht und Zahnposition zu ermitteln. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest und der Kruskal-Wal-



lis-Test wurden mithilfe des Internet-basierten R-Software-Pakets (R 2.7.1; <http://www.r-project.org>) und die ANOVA mit einem lizenzierten Softwarepaket (SAS 9.1, SAS Institut) vorgenommen.

($P < 0,0001$) für die bukkale, jedoch nicht die linguale Knochendicke. Auch das Geschlecht wirkte sich signifikant auf die linguale Wanddicke aus ($P = 0,0074$). Bei Männern wurden höhere Werte gemessen als bei Frauen (Abb. 4d).

Ergebnis

Untersucht wurden 56 Probanden (22 Männer, 34 Frauen) mit einem mittleren Alter von 54,5 Jahren (Bereich 17 bis 82 Jahre). Tabelle 1 gibt die Verteilung der untersuchten Zähne wieder.

Knochenwanddicke

Die bukkale Knochenwanddicke nahm an MP1 kontinuierlich von PM1 zu M2d zu (Abb. 4a, Tabelle 2). Laut der Häufigkeitsanalyse fehlte die bukkale Knochenwand bei den meisten untersuchten Zähnen (53,5 %) oder war dünn (29 %). Einzige Ausnahme waren die zweiten Molaren (≥ 1 mm, 44,4 bis 45 %; Tabelle 3). Im Gegensatz dazu war die linguale Knochenwand bei den meisten untersuchten Zähnen dick (69,5 %), insbesondere an den Molaren (80,0 bis 87,5 %). Die bukkale und linguale Wanddicke an MP1 unterschied sich statistisch signifikant zwischen den Prämolaren und den Molaren ($P < 0,0001$; Abb. 4a und b). Die bukkale Wanddicke an MP2 nahm von PM1 zu M2d kontinuierlich zu (Abb. 4c). Die bukkale Knochenwand war bei mehr als der Hälfte der Prämolaren dünn (< 1 mm, 50,0 bis 53,1 %), an den Molaren hingegen überwiegend dick (≥ 1 mm, 66,7 bis 88,2 %). Bei 96,1 % aller Zähne fand sich eine dicke linguale Wand (≥ 1 mm; Tab. 4). Die Zahnposition (Prämolaren und Molaren) war eine statistisch signifikante Variable

Alveolarkammbreite

Auf der Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils betrug die Breite des Alveolarkamms an den ersten Prämolaren 8,03 mm und an den zweiten Prämolaren 7,63 mm (BW1; Tabelle 5). An den Molaren bewegten sich die Mittelwerte zwischen 9,84 mm und 10,44 mm. Die entsprechenden Messungen an der Obergrenze des Mandibularkanals (BW2) betragen für die Prämolaren 9,99 bis 10,33 mm und für die Molaren 9,61 bis 10,15 mm. Die Zahnposition war eine statistisch signifikante Variable der BW1 ($P < 0,0001$, Abb. 4e). Für die BW2 bestand keine statistisch signifikante Abhängigkeit von der Zahnposition ($P = 0,0966$ bis $0,9692$). Bei 38,9 % der untersuchten Zähne fand sich ein linguale Unterschnitt über dem Mandibularkanal (meistens an den Molaren, $n = 29$).

Alveolarkammhöhe

Die Alveolarkammhöhe war an allen untersuchten Zähnen relativ konstant. An den Prämolaren und Molaren betrug der Mittelwert 13,49 bis 14,82 mm (Tabelle 5). Im Zusammenhang mit der Zahnposition bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Das Geschlecht war jedoch ein statistisch signifikanter Parameter der Knochenhöhe ($P = 0,00064$), wobei männliche Patienten höhere Werte aufwiesen als weibliche.

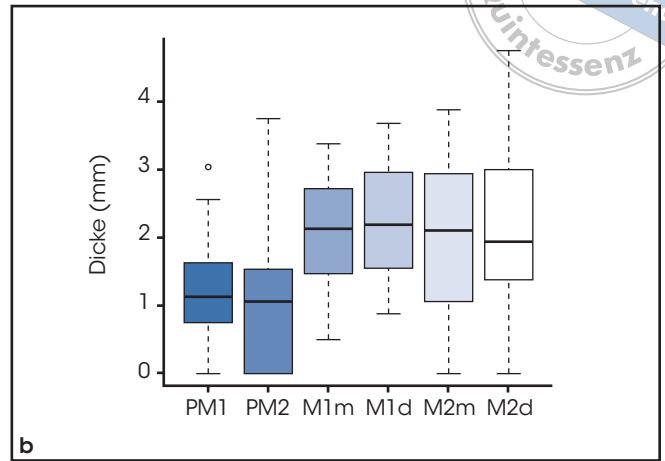
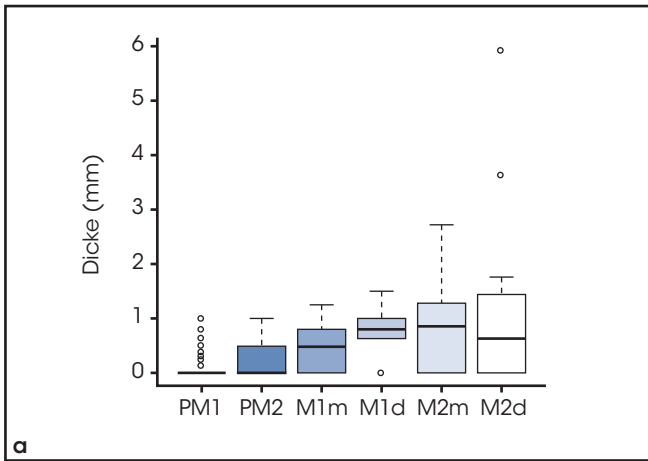


Abb. 4a und b Boxplots der Verteilung von (a) der bukkalen und (b) der lingualen Wanddicke an MP1. ° = Ausreißer.

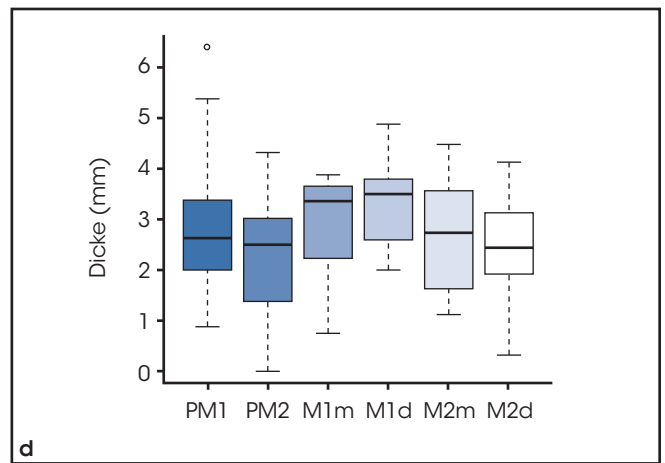
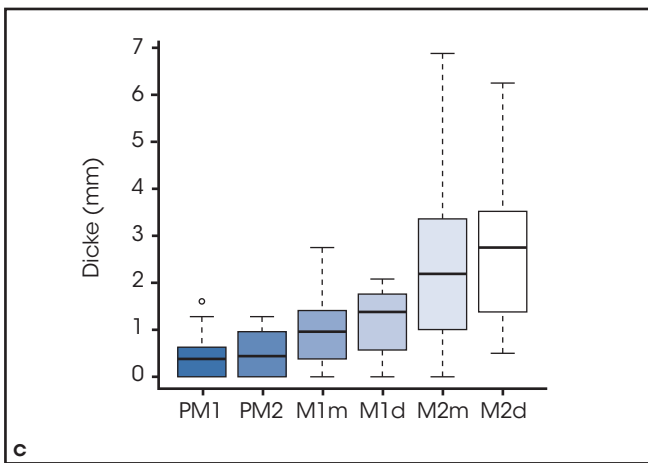


Abb. 4c und d Boxplots der Verteilung von (c) der bukkalen und (d) der lingualen Wanddicke an MP2. ° = Ausreißer.

Abb. 4e Boxplots der Verteilung der Alveolarkambbreite auf Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils (BW1). ° = Ausreißer.

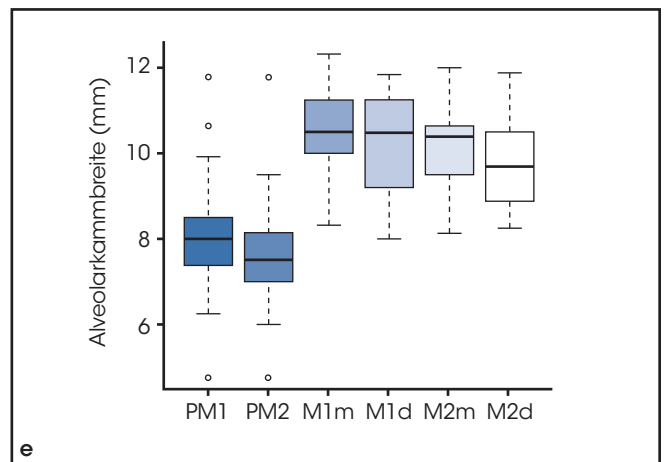


Tabelle 2		Dicke der bukkalen und lingualen Knochenwand (mm) an den unteren Seitenzähnen					
		Minimum	25 % Quartil	Median	75 % Quartil	Maximum	Mittelwert*
MP1							
PM1	Bukkal	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,13 ^{a-d}
	Lingual	0,00	0,75	1,13	1,63	3,04	1,23 ^{e-h}
PM2	Bukkal	0,00	0,00	0,00	0,49	1,00	0,23 ^{a-d}
	Lingual	0,00	0,00	1,06	1,49	3,75	1,02 ^{e-h}
M1m	Bukkal	0,00	0,00	0,48	0,80	1,25	0,47 ^a
	Lingual	0,50	1,47	2,13	2,72	3,38	2,08 ^e
M1d	Bukkal	0,00	0,63	0,80	1,00	1,50	0,73 ^b
	Lingual	0,88	1,58	2,19	2,92	3,68	2,23 ^f
M2m	Bukkal	0,00	0,00	0,86	1,28	2,72	0,90 ^c
	Lingual	0,00	1,09	2,11	2,91	3,88	1,97 ^g
M2d	Bukkal	0,00	0,00	0,63	1,39	5,92	1,07 ^d
	Lingual	0,00	1,44	1,94	3,00	4,75	2,15 ^h
MP2							
PM1	Bukkal	0,00	0,00	0,38	0,63	1,60	0,40 ^{a-d}
	Lingual	0,88	2,00	2,63	3,38	6,40	2,81
PM2	Bukkal	0,00	0,00	0,44	0,96	1,28	0,51 ^{a-d}
	Lingual	0,00	1,38	2,50	3,01	4,32	2,32
M1m	Bukkal	0,00	0,38	0,96	1,41	2,75	1,06 ^a
	Lingual	0,75	3,23	3,36	3,66	3,88	2,91
M1d	Bukkal	0,00	0,57	1,38	1,76	2,08	1,21 ^b
	Lingual	2,00	2,60	3,50	3,80	4,88	3,22
M2m	Bukkal	0,00	1,07	2,19	3,36	6,88	2,38 ^c
	Lingual	1,12	1,63	2,74	3,53	4,48	2,63
M2d	Bukkal	0,50	1,38	2,75	3,52	6,25	2,70 ^d
	Lingual	0,32	1,96	2,44	3,11	4,13	2,42

MP1 = Messpunkt 4 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze, MP2 = Messpunkt in Wurzelmitte, PM1 = erster Prämolare, PM2 = zweiter Prämolare, M1m = mesiale Wurzel des ersten Molaren, M1d = distale Wurzel des ersten Molaren, M2m = mesiale Wurzel des zweiten Molaren, M2d = distale Wurzel des zweiten Molaren.

* Statistisch signifikante Unterschiede sind mit denselben Buchstaben gekennzeichnet (α -Niveau = 0,05).

Diskussion

Dass die Bestimmung der Alveolar-kammdimensionen vor der Zahnextraktion für eine Implantation wichtig ist, wurde bereits in einer vorigen Studie dieser Autoren belegt¹⁶. Die

Knochenabmessungen im unteren Seitenzahnbereich wurden bisher jedoch nicht mit der vorgestellten Methode bestimmt. Ähnliche Untersuchungen wandten entweder eine andere Methodik an oder konzentrierten sich auf andere Parameter¹⁷⁻²¹.

Da der Hartgewebeerlust nach einer Zahnextraktion am Alveolar-kamm koronal am ausgeprägtesten ist¹⁴, ist die Knochenwanddicke an MP1 ein wichtiger diagnostischer Vorhersagewert als die Knochenwanddicke an MP2¹⁶. Die vorlie-

Tabelle 3 Häufigkeitsverteilung der untersuchten Zähne je nach Dicke der bukkalen und lingualen Knochenwand an MP1

	Fehlende Knochenwand		< 1 mm		≥ 1 mm	
	Bukkal	Lingual	Bukkal	Lingual	Bukkal	Lingual
PM1	77,6%	10,2%	18,4%	30,6%	4,1%	59,2%
PM2	62,5%	31,3%	34,4%	15,6%	3,1%	53,1%
M1m	36,8%	0,0%	52,6%	15,8%	10,5%	84,2%
M1d	23,5%	0,0%	47,1%	12,5%	29,4%	87,5%
M2m	35,0%	15,0%	20,0%	5,0%	45,0%	80,0%
M2d	38,9%	5,6%	16,7%	11,1%	44,4%	83,3%
Gesamt	53,5%	12,3%	29,0%	18,2%	17,4%	69,5%

Tabelle 4 Häufigkeitsverteilung der untersuchten Zähne je nach Dicke der bukkalen und lingualen Knochenwand an MP2

	Fehlende Knochenwand		< 1 mm		≥ 1 mm	
	Bukkal	Lingual	Bukkal	Lingual	Bukkal	Lingual
PM1	38,8%	0,0%	53,1%	2,0%	8,2%	98,0%
PM2	31,3%	6,3%	50,0%	2,0%	18,8%	93,8%
M1m	10,5%	0,0%	42,1%	5,3%	47,4%	94,7%
M1d	13,3%	0,0%	20,0%	0,0%	66,7%	100,0%
M2m	15,0%	0,0%	10,0%	0,0%	75,0%	100,0%
M2d	0,0%	0,0%	11,8%	11,1%	88,2%	88,9%
Gesamt	23,7%	1,3%	37,5%	2,6%	38,8%	96,1%

gende Untersuchung zeigt deutlich, dass die bukkale Knochenwand insbesondere an den Prämolaren meistens fehlt oder nur dünn ist (Tabelle 3). Die Auswertung ergab an beiden Messpunkten einen Trend für eine Zunahme der Dicke von den

anterioren (PM1) zu den posterioren Zahnpositionen (M2d; Abb. 4a und c). Dies war aufgrund der stärkeren Lingualneigung des Alveolarfortsatzes in der distalen Unterkieferbereich zu erwarten. Im Gegensatz zum bukkalen Knochenanteil wiesen die

meisten untersuchten Zähne eine dicke linguale Wand auf. Dies galt insbesondere für die Molaren (etwa 80 % an MP1 und 90 % an MP2) (Tabelle 3).

Araújo und Lindhe⁵ untersuchten die Dicke der lingualen und bukkalen

Tabelle 5 Breite und Höhe des Alveolarkamms (mm) an den unteren Seitenzähnen

	Minimum	25 % Quartil	Median	75 % Quartil	Maximum	Mittelwert*
BW1						
PM1	4,75	7,38	8,00	8,50	11,75	8,03 ^{a-d}
PM2	4,75	7,00	7,51	8,14	11,75	7,63 ^{a-d}
M1m	8,32	10,00	10,50	11,24	12,32	10,44 ^a
M1d	8,00	9,24	10,48	11,12	11,84	10,24 ^b
M2m	8,13	9,50	10,39	10,60	12,00	10,17 ^b
M2d	8,25	8,97	9,69	10,47	11,88	9,84 ^d
BW2						
PM1	4,50	8,32	9,76	11,43	15,52	9,99
PM2	6,63	8,96	10,38	11,16	15,20	10,33
M1m	5,50	9,49	10,13	10,88	12,48	9,96
M1d	5,50	9,33	10,00	10,07	12,48	9,87
M2m	6,75	8,57	10,38	11,76	13,12	10,15
M2d	6,75	8,07	9,26	11,28	12,38	9,61
H						
PM1	2,38	12,25	14,39	17,21	22,56	14,59
PM2	8,50	11,07	14,13	16,96	22,40	14,36
M1m	9,92	11,22	14,74	16,70	24,00	14,82
M1d	7,88	13,13	14,40	15,76	21,60	14,79
M2m	10,13	11,60	13,75	15,11	17,38	13,52
M2d	10,50	11,30	13,18	15,88	17,88	13,49

BW1 = Breite des Alveolarkamms auf Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils; BW2 = Breite des Alveolarkamms an der oberen Grenze des Mandibularkanals, H = Höhe des Alveolarknochens, absolute vertikale Distanz zwischen BW1 und BW2.

* Statistisch signifikante Unterschiede sind mit denselben Buchstaben gekennzeichnet (α -Niveau = 0,05).

len Knochenwand in einer Tierstudie und ermittelten eine Woche nach der Zahnextraktion eine Wanddicke von $0,6 \pm 0,1$ mm (bukkal) bzw. $1,4 \pm 0,2$ mm (lingual).

Auf der Höhe des koronalsten bukkalen Knochenanteils war die mittlere Breite des Alveolarkamms (BW1) an den Prämolaren um 2 bis 3 mm geringer als an den Molaren. Diese

Ergebnisse entsprechen denen einer vor Kurzem von Katranji et al.¹⁸ an menschlichen Leichen durchgeführten Studie. Die entsprechenden Messwerte an der Obergrenze des Mandibularkanals (BW2) waren bei allen Zähnen gleich, ohne statistisch signifikante Auswirkungen der Zahnposition (Tabelle 5). Die Ergebnisse von Swasty et al.¹⁹ sind ähnlich. Sie

fanden im oberen Drittel der Mandibula posterior den höchsten Wert (14 mm); nach anterior nahmen die Werte ab. Die Breite des unteren Mandibuladrittels war im gesamten Seitenzahnbereich relativ konstant (10 mm).

Bei 38,93 % der untersuchten Zähne fand sich ein linguale Unterschnitt über dem Mandibularkanal. Eine ähnliche Prävalenz (36 bis 39 %) wurde vor Kurzem von Watanabe et al.²¹ veröffentlicht. Obwohl die Implantatachse im Unterkiefer vorzugsweise auf den palatinalen Höcker des gegenüberliegenden Zahns ausgerichtet sein sollte, erhöht ein linguale Unterschnitt das Risiko für eine linguale Perforation und operative Komplikationen. Um diesen anatomischen Orientierungspunkt zu umgehen, kann die Implantatachse abweichend ausgerichtet werden. Zum Ausgleich wird anschließend ein abgewinkeltes Abutment verwendet²².

Die Alveolarkammhöhe war bei allen untersuchten Zähnen relativ konstant (etwa 14 mm), ähnlich wie es in der Studie von Kamburo'lu et al.²⁰ festgestellt wurde. Das Geschlecht war ein statistisch signifikanter Parameter für die Knochenhöhe ($P = 0,00064$). Außerdem berichteten Watanabe et al.²¹, dass der Alveolarkamm bei Männern höher ist als bei Frauen.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung mit einer langfristigen Stabilität der osseointegrierten Implantate ist grundsätzlich eine sorgfältige präoperative Analyse der lokalen Risikofaktoren. Die Ermittlung der Alveolarkammabmessungen mithilfe der DVT ist für die Vorhersage der Alveolarkammresorption nach der Extraktion wertvoll und hilft entscheidend bei der Behandlungsplanung.

Literatur

1. Evans CD, Chen ST. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:73–80.
2. Chen ST, Darby IB, Reynolds EC, Clement JG. Immediate implant placement postextraction without flap elevation. *J Periodontol* 2009;80:163–172.
3. Buser D, Bornstein MM, Weber HP, Grütter L, Schmid B, Belser UC. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: A cross-sectional, retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *J Periodontol* 2008;79:1773–1781.
4. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: Biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:441–451.
5. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212–218.
6. Cardaropoli G, Araújo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J. Healing of extraction sockets and surgically produced—augmented and non-augmented—defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:435–440.
7. Araújo MG, Wennström JL, Lindhe J. Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:606–614.
8. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:22–29.
9. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: A clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313–323.
10. Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:268–273.
11. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, et al. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:512–518.
12. Schulze RK, Berndt D, d'Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:100–107.
13. Luckow M, Deyhle H, Beckmann F, Daggassan-Berndt D, Müller B. Tilting the jaw to improve the image quality or to reduce the dose in cone-beam computed tomography [epub ahead of print]. *Eur J Radiol* 27 Oct 2010.
14. Araújo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:545–549.
15. Brunner E, Langer F. Nonparametric analysis of ordered categorical data in designs with longitudinal observations and small sample sizes. *Biometric J* 2000;42:663–675.
16. Braut V, Bornstein MM, Belser U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—A radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:125–131.
17. Quirynen M, Mraiwa N, Van Steenberghe D, Jacobs R. Morphology and dimensions of the mandibular jaw bone in the interforaminal region in patients requiring implants in the distal areas. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:280–285.
18. Katranji A, Misch K, Wang HL. Cortical bone thickness in dentate and edentulous human cadavers. *J Periodontol* 2007;78:874–878.



19. Swasty D, Lee JS, Huang JC, et al. Anthropometric analysis of the human mandibular cortical bone as assessed by cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:491–500.
20. Kamburog˘lu K, Kiliç C, Ozen T, Yüksel SP. Measurements of mandibular canal region obtained by cone-beam computed tomography: A cadaveric study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e34–e42.
21. Watanabe H, Mohammad Abdul M, Kurabayashi T, Aoki H. Mandible size and morphology determined with CT on a premise of dental implant operation. *Surg Radiol Anat* 2010;32:343–349.
22. Chan HL, Benavides E, Yeh CY, Fu JH, Rudek IE, Wang HL. Risk assessment of lingual plate perforation in posterior mandibular region: A virtual implant placement study using cone beam computed tomography. *J Periodontol* 2011; 82:129–135.