

Eine Analyse unterschiedlicher autogener Knochentransplantate zur Kieferaugmentation

Autoren _ Dr. med. Dr. med. dent. Marcus Gerressen, Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dieter Riediger, Dr. med. Dr. med. dent. Alireza Ghassemi, Aachen

Abb. 1a-c _Entnahme eines monokortikospongiösen Transplantats aus dem linken anterioren Beckenkamm eines 72-jährigen Patienten.

Abb. 1a _Markierung der Crista iliaca sowie der Hautinzision im Verlauf der Spannungslinien.

Abb. 1b _Beckenschaukel nach Osteotomie des Blocktransplantates.

Abb. 1c _monokortikospongiöser Beckenkammblock nach Entnahme.



Ziel

Eine Vielzahl pathologischer Veränderungen im Kiefer-Gesichtsbereich ist mit einem Knochenverlust vergesellschaftet, der je nach Ausprägung eine Knochentransplantation erforderlich macht. Der hochatrophe zahnlose Alveolarkamm, Kieferzysten und kongenitale Knochendefekte wie Kieferspalten sowie Knochendefekte nach Tumorresektion oder Trauma stellen dabei wesentliche Indikationen für einen Knochenaufbau dar (Foitzik & Vietor 1996). Insbesondere die Techniken zur Augmentation des zahnlosen posterioren Oberkiefers wie der Sinuslift, die das Ziel verfolgen, ein geeignetes Knochenlager für eine spätere Implantation zu generieren, werden seit vielen Jahren intensiv bearbeitet und modifiziert (Boyne & James 1980, Tatum 1986). In diesem Zusammenhang wurden auch zahllose Transplantatmaterialien entwickelt und eingesetzt, wobei der autogene Knochen trotz der Neu- und Weiterentwicklungen auf dem Sektor der Knochenersatzmaterialien immer noch als Goldstandard gilt (Mendicino et al. 1996, Jakse et al. 2001, Tiwana et al. 2006), da er signifikante Vorteile mit Blick auf seine osteoinduktiven und -konduktiven sowie immunologischen Eigenschaften bietet (Serra E Silva et al. 2006).

Bei der Gewinnung autogener Knochentransplantate gehört die Crista iliaca zweifelsohne zu den extraoralen Spenderarealen, auf die weltweit am häufigsten zurückgegriffen wird (Tiwana et al. 2006). Sie ist damit das Spenderareal, das sich am besten bewährt hat und an dem sich folglich alle anderen

messen lassen müssen. Neben dem Beckenkamm erfreut sich die proximale Tibia dank ihres guten Angebots an spongiösem Knochen und der vergleichsweise einfachen und vor allem auch wenig traumatischen Transplantathebung gerade auch im Kiefer-Gesichtsbereich wachsender Beliebtheit (Catone et al. 1992, Jakse et al. 2001, Aboul-Hosn et al. 2006). Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass sich das Angebot kortikalen Knochens auf das Zugangsfenster am Tibiakopf beschränkt.

Im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelten wir die erzielbaren Transplantatvolumina und die Knochendichten von Beckenkamm- und Tibiatransplantaten und untersuchten weiterhin Knochendichte und -qualität von unterschiedlich aufbereiteten Beckenkammtransplantaten nach Einheilung in den Sinusboden.

Material und Methode

Den ersten Teil unserer Untersuchung führten wir an 15 humanen adulten Frischpräparaten (neun männlichen und sechs weiblichen) im Alter von 51 bis 94 Jahren (Mittel 76,8 Jahre) durch, bei denen jeweils ein monokortikospongiöser Knochenblock aus dem anterioren Beckenkamm und ein rein spongiöses Transplantat aus der homolateralen Tibia unter definierten Bedingungen entnommen wurden. Um das Entnahmetrauma am Beckenkamm auf ein für den dahinter stehenden imaginären Patienten auf ein akzeptables Maß zu reduzieren, war die Länge der Hautinzision auf 6 cm begrenzt und der osteotomierte Knochenblock durfte eine Länge von einem Drittel bis zu einem Viertel der Gesamtlänge der Crista iliaca nicht überschreiten. Aus den eröffneten Markräumen wurde außerdem die maximal mögliche Menge an Spongiosa entnommen (Abb. 1a-c). Aus der proximalen Tibia wurde in der von Jakse et al. (2001) angegebenen Weise nach einer 3,5 cm langen von kraniomedial nach kaudolateral verlaufenden Hautinzision über einen medial am Pes anserinus gestielten Knochendeckel ein rein spongiöses Transplantat gewonnen (Abb. 2a-d). Im Folgenden wurden die auf diese Weise gewonnenen Transplantate behutsam zerkleinert und in einen mit 50 ml Wasser gefüllten 250-ml-Standzylinder gegeben, sodass sich ihr je-



weiliges Volumen unmittelbar berechnen ließ (Gesamtvolumen minus 50 ml). Zur Bestimmung der Transplantatknochendichten wurden histologische Schnitte in der Trenn-Dünnschliff-Technik nach Donath (Donath & Breuner 1982) hergestellt und in typischer Weise nach Giemsa gefärbt. Die eigentliche Dichtebestimmung erfolgte dann histomorphometrisch mithilfe einer computergestützten Leica Workstation (Abb. 3).

In den klinischen Teil der Studie wurden zwölf – darunter sieben weibliche und fünf männliche – Patienten im Alter von 38 bis 72 Jahren (Mittel: 54,9 Jahre) eingeschlossen, die alle an einer extremen Alveolafortsatzatrophie der posterioren Maxilla mit einer durchschnittlichen Restkieferkammhöhe von 2,3 mm litten. Bei allen Patienten wurde ein bilateraler Sinuslift mit autogenem Beckenknochen durchgeführt, wobei die jeweils rechte Seite mit einem rein spongiösen Transplantat (reine Spongiosa Seite = RS-Seite) und die jeweils linke Seite mit einem Gemisch aus 50 Prozent spongiösem und 50 Prozent kortikalem Knochen (kortikospongiöse Seite = KS-Seite) augmentiert wurde. Im Rahmen der Implantation nach einer Einheilzeit von durchschnitt-

Abb. 2a-d Spongiosaentnahme aus der linken proximalen Tibia über einen medial lokalisierten Knochendeckel bei einem 42-jährigen Patienten. **Abb. 2a** Markierung der anatomischen Landmarken (Gelenkspalt, Tuberositas tibiae) und der Hautinzision im Verlauf des Pes anserinus. **Abb. 2b** Einblick in den Markraum der proximalen Tibia nach Osteotomie und Zurückschlagen des Knochendeckels. **Abb. 2c** entnommene Spongiosa. **Abb. 2d** OP-Situs nach Refixierung des Knochendeckels mit resorbierbarem Nahtmaterial.

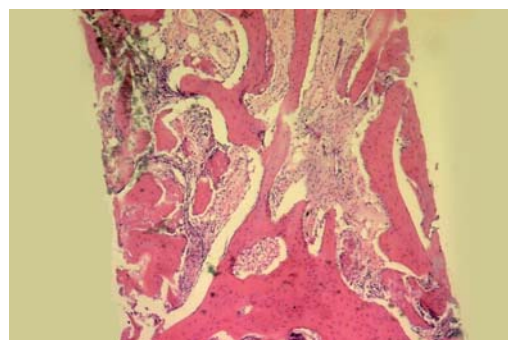
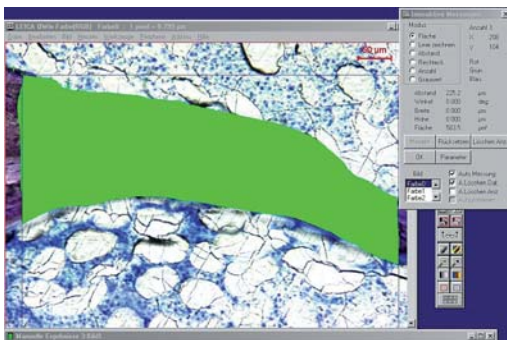
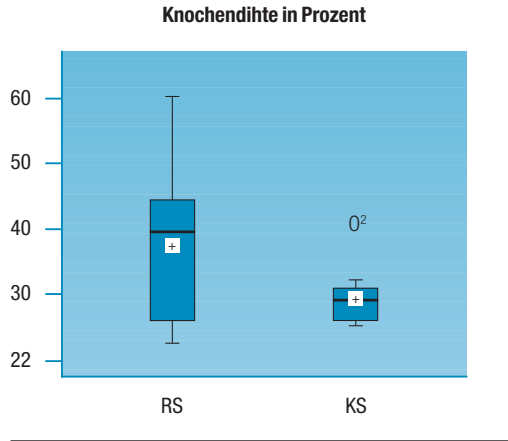


Abb. 3 Arbeitsfenster der Leica QWin-Software mit automatischer Berechnung des grün eingefärbten Knochenareals bei einem Beckenkammtransplantat. **Abb. 4** Längsschnitt durch einen Knochenzylinder in HE Färbung bei 4facher Objektivvergrößerung.

Abb. 5 Boxplotdarstellung der Knochendichten für das rein spongiöse (RS) und das kortikospongiöse (KS) Beckenkammtransplantat.



lich 5,2 Monaten wurden mit Hilfe von Trepanbohrern zylinderförmige Biopsien aus dem transplantierten Sinusboden entnommen (Abb. 4) und nach entsprechender Fixation in 3,5%iger Formalinlösung zu histologischen Schnitten weiterverarbeitet. Dabei wurden jeweils Präparate in Hematoxilin-Eosin(HE)-Färbung und Trichromfärbung nach Ladewig angefertigt, die dann als Grundlage für eine semiquantitative Evaluation der Knochenqualität dienten. Zu diesem Zweck wurde anhand definierter Kriterien (Schultze-Mosgau et al. 2001) für jedes Sinusbodentransplantat ein Punktwert, der sogenannte Qualitätsindex, berechnet (Tab. I). Weiterhin wurde die jeweilige Knochendichte mithilfe der oben beschriebenen Leica Workstation histomorphometrisch ermittelt.

Tab. 1 Bewertungskriterien und Punktesystem zur semiquantitativen Bewertung der Knochenqualität (Qualitätsindex).

Tabelle 1		
Histologische Kriterien	Ausprägung	Punktwert*
Entzündungszeichen	nichts	0
	wenig	-1
	mäßig	-2
	viel	-3
Zellgehalt und Reifungsgrad des Knochen	nichts	0
	wenig	1
	mäßig	2
	viel	3
Zeichen des Knochenumbaus und der Osteoidbildung	nichts	0
	wenig	1
	mäßig	2
	viel	3
Zelluläre Elemente im trabekulären Raum	nichts	0
	wenig	1
	mäßig	2
	viel	3

* Bei nicht eindeutigen Befunden werden halbe Punkte vergeben.

Die erhaltenen Messwerte wurden mit dem T-Test für verbundene und unverbundene Stichproben zum Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ auf statistische Signifikanz hin überprüft. Zur Überprüfung der Alterabhängigkeit wurde eine Pearson's Korrelationsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse

Insgesamt stellen sowohl der anteriore Beckenkamm als auch die proximale Tibia eine ausreichend große Menge an autogenem Knochen bereit; die entsprechenden Transplantatknochendichten erzielen zumindest akzeptable Werte (Tab. II). Das mittlere Transplantatvolumen fällt mit 10,6 ml für die proximale Tibia marginal höher aus als für die Crista iliaca mit 9,2 ml, wobei der Unterschied keineswegs statistisch signifikant ist und das Konfidenzintervall tendenziell für eine Volumengleichheit beider Transplantate spricht. Dieses Resultat ist weder abhängig von Geschlecht noch vom Alter des Patienten. Was die histomorphometrisch ermittelte Knochendichte angeht, ergibt sich für den Beckenkamm mit durchschnittlich 22,3 % ein signifikant höherer Wert als für das Tibiatransplantat mit 16,7 % (Tab. II). Dieser Knochendichteunterschied ist signifikant altersabhängig ($r = -0,556$), während eine Geschlechtsabhängigkeit nicht vorhanden ist ($p = 0,09$).

Im klinischen Teil der Studie lieferten beide beim Sinuslift eingesetzten Beckenkammtransplantataufbereitungen, das rein spongiöse (RS) und das kortikospongiöse (KS) Transplantat, gleichermaßen qualitativ akzeptablen bis hochwertigen Knochen, der in allen Fällen für die Aufnahme enossaler Implantate geeignet war (Tab. III). Ein signifikanter Unterschied der Qualitätsindizes zeigte sich nicht. Außerdem konnte ein Effekt von Alter ($p = 0,3004$), Transplantateinheit ($p = 0,7895$) sowie Geschlecht ($p = 0,6598$) auf die individuellen Knochenqualitätslevel statistisch ausgeschlossen werden. Ähnlich gute Ergebnisse ergaben sich für die Knochendichte, deren Mittel auf der RS- Seite jedoch signifikant höher ausfiel als auf der KS-Seite (Tab. III, Abb. 5). Auch hier zeigten sich keine signifikanten Einflüsse von Alter ($p = 0,3141$), Einheit ($p = 0,4118$) und Geschlecht ($p = 0,4984$) auf das Ergebnis.

Diskussion und Schlussfolgerung

In der Literatur findet man zwar unzählige Studien zum Beckenkamm und zur proximalen Tibia als Spenderareal für autogene Knochentransplantate (Kraut & Judy 1993, Caminiti et al. 1999, Lee 2003, Aboul-Hosn et al. 2006, Tiwana et al. 2006); allerdings werden beide Transplantate zumeist getrennt voneinander betrachtet, ohne dass eine unmittelbar vergleichende Untersuchung vorgestellt wird. In unserer Untersuchung kam es uns neben einem intraindivi-

Tabelle 2					
	Spenderareal	Mittelwert	Standard-abweichung	T-Test	
				P-Wert	95% Konfidenzintervall
Transplantat-volumen	Beckenkamm	9,15 ml	2,7	0,095	[3,18; 0,289]
	Tibia	10,6 ml	3,1		
Knochendichte	Beckenkamm	22,3 %	12,5	0,042	[0,23; 10,92]
	Tibia	16,7 %	5,7		

Tab. 2 Statistischer Vergleich der Transplantatkennwerte für Beckenkamm und proximale Tibia.

duellen Vergleich auch darauf an, die erzielbaren Knochenmengen unter realistischen Bedingungen zu ermitteln. Das bedeutet gerade für den Beckenkamm, dass eine ausgedehnte und damit für den Patienten zu stark traumatisierende Präparation, die eine rasche und komplikationslose Mobilisation erschweren würde, vermieden werden sollte. Mit der von uns gewählten OP-Technik sollte die Komplikationsrate deutlich niedriger sein als in der Literatur beschrieben (Younger & Chapman 1989).

Beim Blick auf die Knochenmengen fällt auf, dass die an den Frischpräparaten ermittelten Werte von durchschnittlich 9,15 ml für den Beckenkamm und

10,6 ml für die Tibia eindeutig geringer ausfallen als in den Literaturangaben. Diese schwanken zwischen 20 und 40 ml für Tibia- und zwischen 7 und 40 ml für Beckenkammtransplantate (Kraut & Judy 1993, Foitzik & Vietor 1996, Aboul-Hosn et al. 2006, Tiwana et al. 2006). Ein möglicher Grund dafür könnte das relativ hohe Durchschnittsalter unseres Kollektivs (76,8 Jahre) sein, wobei sich im untersuchten Altersintervall weder für den Beckenkamm noch für die Tibia eine Alterabhängigkeit statistisch nachweisen ließ. Darüber hinaus könnte die von uns gewählte Volumenbestimmungsmethode, bei der Hohlräume zwischen den einzelnen Knochenstücken das Ergeb-

Tab. 3 Statistischer Vergleich beider Beckenkammtransplantataufbereitungen.

Tabelle 3					
	Transplantat- typ	Mittelwert	Standard- abweichung	T-Test	
				P-Wert	95% Konfidenzintervall
Knochendichte	RS	37,9 %	12,2	0,022	[1,49; 15,55]
	KS	29,3 %	4,0		
Knochen- qualität	RS	4,17 P	1,3	0,388	[-1,15; 0,48]
	KS	4,50 P	1,1		

nis nicht in dem Maße beeinflussen wie bei der Verwendung einer Spritze, für die vorhandenen Diskrepanzen mitverantwortlich sein. Nichtsdestotrotz stellen beide Spenderareale genügend Knochen bereit, um zumindest einen einseitigen Sinuslift durchführen zu können (Lee 2003). Dabei dürften Beckenkammtransplantate dank der signifikant höheren Knochendichte bei vergleichbarem Volumen ein besseres osteogenetisches Potenzial besitzen, da sie eine größere Menge osteoinduktiven und – konduktiven Materials zur Verfügung stellen. Dieser Knochendichteunterschied wird jedoch mit zunehmendem Alter geringer, so dass gerade bei älteren Patienten beide Transplantattypen zu vergleichbar guten Ergebnissen führen sollten.

Die im klinischen Teil bei der Sinusbodenelevation eingesetzten rein spongiösen (RS) und kortikospongiösen (KS) Beckenkammtransplantate schufen beide ein vergleichbar gutes, für eine Implantataufnahme geeignetes Knochenlager, das auf der RS-Seite eine signifikant höhere Knochendichte aufwies. Somit führte das RS-Transplantat zu einem engeren Netzwerk mineralisierten Knochens und induzierte folglich eine bessere Knochenneubildung. Die erzielten Knochendichten entsprechen für beide Transplantataufbereitungen den Literaturdaten (Zerbo et al. 2004, Szabo et al. 2005).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass für Indikationen, die keinen kortikalen Knochen erfordern, Transplantate aus der proximalen Tibia eine probate Alternative zum Beckenspan darstellen. Dies gilt in besonderem Maße für ältere Patienten unabhängig vom Geschlecht. Das Beckenkammtransplantat zeichnet jedoch ein signifikant höheres osteogenetisches Potenzial aus. Rein spongiöse Beckenkammtransplantate stellen beim Sinuslift unter den autogenen Knochentransplantaten den Goldstandard dar.

Literaturverzeichnis

1. Aboul-Hosn S, Monner A, Juarez I, Arranz C, Diaz-Carandell A, Mari A, Piulachs P: Tibial bone harvesting technique for filling maxillary bone gaps in implantology. Rev Stomatol Chir Maxillofac 107: 93 (2006).
2. Boyne PJ, James RA: Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. J Oral Surg 38: 613 (1980).
3. Catone GA, Reimer BL, McNeir D, Ray R: Tibial autogenous cancellous bone as an alternative donor site in maxillofacial surgery: a preliminary report. J Oral Maxillofac Surg 50: 1258 (1992).
4. Donath K, Breuner G: A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Säge-Schliff (sawing grinding) technique. J Oral Pathol 11: 318 (1982).
5. Foitzik CH, Vietor K: Knochenentnahme am Tibiakopf zur Defektauffüllung oder autologen Transplantation. Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir 20: 110 (1996).
6. Jakse N, Seibert FJ, Lorenzoni M, Eskici A, Pertl C: A modified technique of harvesting tibial cancellous bone and its use for sinus grafting. Clin Oral Implants Res 12: 488 (2001).
7. Kraut RA, Judy KW: (1993) Composite bone graft augmentation for maxillary implant reconstruction: a clinical report. Impl Dent 2: 257 (1993).
8. Lee CY: An in-office technique for harvesting tibial bone: outcomes in 8 patients. J Oral Implantol 29: 181 (2003).
9. Mendicino RW, Leonheart E, Shromoff P: Techniques for harvesting autogenous bone graft of the lower extremity. J Foot Ankle Surg 35: 428 (1996).
10. Szabo G, Huys L, Coulthard P, Maiorana C, Garagiola U, Barabas J, Nemeth Z, Hrabak K, Suba Z: A prospective multicenter randomized clinical trial of autogenous bone versus beta-tricalcium phosphate graft alone for bilateral sinus elevation: histologic and histomorphometric evaluation. Int J Oral Maxillofac Impl 20: 371 (2005).
11. Tatum H Jr.: Maxillary and sinus implant reconstructions. Dent Clin North Am 30: 207 (1986).
12. Tiwana PS, Kushner GM, Haug RH: Maxillary sinus augmentation. Dent Clin North Am 50: 409 (2006).
13. Serra E Silva FM, de Albergaria-Barbosa JR, Mazzonetto R: Clinical evaluation of association of bovine organic osseous matrix and bovine bone morphogenetic protein versus autogenous bone graft in sinus floor augmentation. J Oral Maxillofac Surg 64: 931 (2006).
14. Younger EM, Chapman MW: Morbidity at bone graft donor sites. Journal Orthop Tr 3: 192 (1989).
15. Zerbo IR, Zijdeveld SA, de Boer A, Bronckers ALJJ, de Lange G, ten Bruggenkate CM, Burger EH: Histomorphometry of human sinus floor augmentation using a porous, -tricalcium phosphate: a prospective study. Clin Oral Implants Res 15: 724 (2004).

_Kontakt
face



Dr. Dr. Marcus Gerresen

Oberarzt der Klinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) Pauwelsstraße 30 52074 Aachen
 Tel.: 02 41/8 03 54 38
 Fax: 02 41/8 08 24 30
 E-Mail: mgerresen@ukaachen.de