

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. dent. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

***Heilungsverlauf der Entnahmestelle von freien Schleimhaut- und
Bindegewebestransplantaten im Gaumen. Eine histologische und
histometrische Studie am Affen.***

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Volker Baumeister

aus Würzburg

Würzburg, November 2003

Referent: Prof. Dr. med. dent. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. J. Bill

Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Oktober 2004

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern
in Liebe und Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung und Problemstellung	1
1.1	<i>Epoche der ästhetischen Zahnmedizin</i>	1
1.2	<i>Überblick über verschiedene Techniken zur Rezessionsdeckung in der plastischen Parodontalchirurgie</i>	2
1.3	<i>Freies Schleimhauttransplantat.....</i>	3
1.3.1	Historie.....	3
1.3.2	Indikationen.....	4
1.3.3	Vorgehen	8
1.3.3.1	Vorgehen zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva	8
1.3.3.2	Vorgehen zur Rezessionsdeckung	10
1.3.4	Wundheilung	12
1.3.4.1	Empfängerstelle	12
1.3.4.2	Entnahmestelle	14
1.4	<i>Freies Bindegewebestransplantat.....</i>	17
1.4.1	Historie.....	17
1.4.2	Indikationen.....	18
1.4.3	Vorgehen	19
1.4.3.1	Präparation des Transplantatlagers.....	19
1.4.3.2	Transplantatentnahme.....	21
1.4.3.3	Befestigung des Transplantats	28
1.4.4	Wundheilung	30
1.4.4.1	Empfängerstelle	30
1.4.4.2	Entnahmestelle	33
1.5	<i>Problemstellung</i>	37
2	Material und Methode	38
2.1	<i>Versuchstiere und Tierhaltung</i>	38
2.2	<i>Chirurgisches Vorgehen.....</i>	38
2.3	<i>Resektatentnahme</i>	39
2.4	<i>Histologische Aufbereitung</i>	39
2.5	<i>Histologische Untersuchung</i>	40
2.6	<i>Histometrische Analyse.....</i>	40
2.7	<i>Statistik</i>	42

3	Ergebnisse.....	43
3.1	<i>Histologische Beobachtungen.....</i>	43
3.1.1	Testpräparate.....	43
3.1.1.1	2 Wochen postoperativ.....	43
3.1.1.2	1 Monat postoperativ.....	46
3.1.1.3	3 Monate postoperativ.....	49
3.1.1.4	6 Monate postoperativ.....	51
3.1.2	Kontrollpräparate.....	53
3.2	<i>Histometrische Analyse.....</i>	55
3.2.1	Defekttiefe.....	55
3.2.2	Dicke des Granulationsgewebes.....	56
3.2.3	Epitheldicke.....	57
3.2.4	Dicke des Bindegewebes.....	58
3.2.5	Gesamtdicke des Weichgewebes.....	59
3.2.6	Lage des Knochenniveaus und Dicke des osteoiden Knochens.....	61
4	Diskussion.....	63
5	Zusammenfassung.....	72
6	Literaturverzeichnis.....	74

Danksagung

Lebenslauf

1 Einleitung und Problemstellung

1.1 Epoche der ästhetischen Zahnmedizin

„Schöne Zähne“ sind in aller Munde, das „strahlend weiße Lächeln“ ist fester Bestandteil der heutigen gesellschaftlichen Vorstellung von Schönheit und Ästhetik geworden. Das gestiegene Bewusstsein für „schöne Zähne“ spiegelt sich in der zunehmenden Nachfrage nach zahnfarbenen Restaurationen wider. Doch mit Kompositfüllungen, Veneers, vollkeramischen Restaurationen und Implantaten alleine ist den Anforderungen an moderne zahnmedizinische Ästhetik nicht gerecht zu werden. Die gingivale Ästhetik spielt mindestens eine ebenso große Rolle wie die dentale Ästhetik. Wenn im sichtbaren Bereich Zahnhäse frei liegen, Restaurationsränder sichtbar sind, Brückenglieder überdimensioniert wirken oder in den Interdentalräumen „schwarze Löcher“ statt zartrosa schimmernder Gingiva dominieren, entspricht dies nicht den ästhetischen Ansprüchen, die Patienten und Behandler an aufwendige Restaurationen haben. Makellostes Zahnfleisch ist für ein „schönes Lächeln“ ebenso entscheidend wie weiße Zähne. Deshalb nimmt neben der „weißen“ Ästhetik heute die „rote“ Ästhetik einen immer größeren Stellenwert ein.

Aber nicht nur aus ästhetischer, sondern auch aus funktioneller Sicht ist eine gesunde Gingiva mit einem breiten Band keratinisierter Gingiva, die bis knapp über die Schmelz-Zement-Grenze reicht, von großer Bedeutung. Gingivale Rezessionen stellen häufig ein Problem bei der häuslichen Mundhygiene dar. Können die Bereiche, wo das Zahnfleisch bereits zurückgegangen ist, nicht sauber gehalten werden, kommt es häufig zum Fortschreiten der Rezessionen. Freiliegende Zahnhäse entwickeln darüber hinaus nicht selten Hypersensibilitäten, die vielen Patienten Beschwerden bereiten. Häufig kommt es auch zur Entstehung von Wurzelkaries, welche die Prognose des betroffenen Zahnes verschlechtert.

Für die Prognose implantologischer und prothetischer Arbeiten wird dem Vorhandensein von befestigter Gingiva im Bereich der Restauration ebenfalls eine wichtige Stellung eingeräumt. Da keratinisierte Gingiva gegenüber mechanischer Beanspruchung widerstandsfähiger und fester ist (Schroeder

1992), beeinflusst ihre Anwesenheit die Hygienefähigkeit von Implantaten und prothetischen Restaurationen positiv und ermöglicht so dem Patienten eine optimale Mundhygiene (Lang & Loe 1972).

Die Rekonstruktion von Defekten des Alveolarfortsatzes beschränkte sich lange Zeit auf das rein prothetische Abdecken der atrophierten Bereiche mittels Zahnersatz. Die Probleme, die daraufhin auftraten, waren vielfältig. Neben unbefriedigenden ästhetischen Verhältnissen durch überdimensionierte Brückenglieder kam es zur Impaktion von Speiseresten und zu Schwierigkeiten bei der Sprachlautbildung. Durch Augmentation von Kieferkammdefekten mit Weichgewebstransplantaten im Vorfeld der prothetischen Versorgung können derartige Probleme heute bewältigt werden (Langer & Calagna 1982, Seibert 1983). Auch zur Erzielung ästhetisch ansprechender Ergebnisse in der Implantologie spielt das periimplantäre Weichgewebsmanagement eine wichtige Rolle.

1.2 Überblick über verschiedene Techniken zur Rezessionsdeckung in der plastischen Parodontalchirurgie

Um diese Ansprüche zu realisieren, gibt es therapeutisch mehrere chirurgische Ansätze mit jeweils unterschiedlichen Indikationen. In der Literatur werden zur Rezessionsdeckung folgende Techniken beschrieben: Koronal verschobener Lappen (Norberg 1926, Allen & Miller Jr. 1989), apikal verschobener Lappen (Nabers 1954), lateral verschobener Lappen (Grupe & Warren 1956), doppelter lateral verschobener Papillenlappen (Cohen & Ross 1968), doppelter lateraler Brückenlappen (Marggraf 1985), halbmondförmig koronal verschobener Lappen (Tarnow 1986), freies Schleimhauttransplantat (Björn 1963, Sullivan & Atkins 1968a, Sullivan & Atkins 1968b), freies Bindegewebestransplantat (Raetzke 1985, Langer & Langer 1985), koronal verschobener Lappen nach Gingivaextension (Sumner 1969, Bernimoulin et al. 1975) sowie die gesteuerte Geweberegeneration (Pontoriero et al. 1987).

Im Rahmen dieser Studie wird auf das freie Schleimhauttransplantat und das freie Bindegewebestransplantat näher eingegangen.

1.3 Freies Schleimhauttransplantat

1.3.1 Historie

Björn (1963) berichtete erstmals von parodontalchirurgischen Experimenten mit freien Gingivatransplantaten zur Deckung von Rezessionen. Damit legte er den Grundstein für die Anwendung freier Schleimhauttransplantate in der Parodontaltherapie. Cowan (1965) reduzierte das Problem des Rezidivs nach Vestibulumextension durch Kombination der Vestibulumextension mit einem freien Schleimhauttransplantat. Auch Nabers (1966a) berichtete von einem Fall, bei dem er ein freies Schleimhauttransplantat zur Vestibulumextension einsetzte. Später beschrieb er chirurgische Techniken zur Gewinnung keratinisierter Gingiva und zur Deckung freiliegender Wurzeln mit Hilfe eines freien Schleimhauttransplantats (1966b). Haggerty (1966) nutzte das freie Schleimhauttransplantat zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva im Vorfeld von Kronenpräparationen. Gargiulo & Arrocha (1967) stellten einen Zusammenhang zwischen klinischen Beobachtungen und histologischen Erkenntnissen bei der Heilung der Empfängerstelle freier Schleimhauttransplantate her. Oliver et al. (1968) untersuchten die Einheilung freier Schleimhauttransplantate unter besonderer Berücksichtigung der Revaskularisation der Transplantate. Ebenso veröffentlichten Sullivan & Atkins (1968a) und Gordon et al. (1968) klinische und histologische Untersuchungen zur Einheilung freier Schleimhauttransplantate an der Empfängerstelle und formulierten erstmals wissenschaftlich begründete Richtlinien zur Indikationsstellung, zur chirurgischen Technik und zur Nachsorge freier Schleimhauttransplantate. In einer weiteren Veröffentlichung gingen Sullivan & Atkins (1968b) auf die Besonderheiten beim Einsatz freier Schleimhauttransplantate zur Behandlung gingivaler Rezessionen ein. Diese Erkenntnisse sind bis heute weitgehend gültiger Wissensstand.

1.3.2 Indikationen

Eine klassische Indikation für das freie Schleimhauttransplantat ist die **Gingivaextension**, d.h. die Verbreiterung der Zone keratinisierter und befestigter Gingiva. Notwendig ist dies, wenn das Band keratinisierter Gingiva nur sehr schmal ist oder ganz fehlt. Lang & Loe (1972) forderten eine Gingivahöhe von mindestens 2 mm (entsprechend einem befestigten Gingivaanteil von 1 mm), um gesunde gingivale Verhältnisse zu erhalten. Besonders wichtig ist ein ausreichendes Band keratinisierter Gingiva, wenn prothetische Maßnahmen geplant sind (subgingivale Kronenränder, mechanische Belastungen durch Auflagestellen von Brücken, durch Sättel oder Retentionselemente herausnehmbarer Prothesen) (Stetler & Bissada 1987). Auch wenn die Mundhygiene aufgrund der anatomischen Gegebenheiten eingeschränkt ist und deshalb vorhandene Rezessionen einen progredienten Verlauf zeigen, kann ein freies Schleimhauttransplantat indiziert sein, um eine sichere Plaquekontrolle zu erleichtern. Um nach einer Implantation einen sicheren primären Wundverschluss zu erreichen, um eine Exposition des Implantats zu vermeiden und um die spätere Hygienefähigkeit von Implantaten zu sichern, ist die Gingivaextension mit einem freien Schleimhauttransplantat ebenso eine schnelle Möglichkeit, das Schleimhautangebot zu vergrößern und keratinisierte Gingiva zu schaffen. Eine weitere Indikation zur Gingivaextension ist die Prävention von Gingivarezessionen im Rahmen kieferorthopädischer Behandlung. Bei der kieferorthopädischen Labialbewegung von Frontzähnen wie auch bei der Bukkalbewegung von Seitenzähnen können Gingivarezessionen auftreten, wenn es dabei zu Dehiszenzen des Alveolarknochens kommt. Entscheidend dafür, ob sich eine Gingivarezession entwickelt, ist die Dicke der keratinisierten Gingiva über den kieferorthopädisch zu bewegenden Zähnen. Bei Zähnen, die kieferorthopädisch nach labial oder bukkal bewegt werden sollen und eine dünne oder fehlende keratinisierte Gingiva haben, ist deshalb eine Gingivaextension zur Prävention von Gingivarezessionen indiziert (Wennström et al. 1987).

Das freie Schleimhauttransplantat findet auch bei der **Vestibulumextension** Anwendung. Bei einem stark eingeschränkten Vestibulum kann die Versorgung mit einer herausnehmbaren Prothese erschwert sein. In diesen Fällen ist eine Vestibulumextension mit einem freien Schleimhauttransplantat indiziert. Die Verwendung eines freien Schleimhauttransplantats hat gegenüber anderen Verfahren zur Vestibulumextension den Vorteil, dass gleichzeitig die keratinisierte Gingiva extendiert wird, was das Prothesenlager belastbarer macht. Durch den zunehmenden Einsatz von Implantaten hat die Vestibulumextension heute an Bedeutung verloren.

Eine **Rezessionsdeckung** kann ebenfalls mit einem freien Schleimhauttransplantat erfolgen. Hauptindikationen für eine Wurzeldeckung sind ästhetische Ansprüche, frei liegende Restaurationsränder, Hypersensibilität, schwer zu reinigende Rezessionen, Wurzelkaries und zervikale Abrasionen. Wichtig für die Indikationsstellung zur chirurgischen Deckung ist die Klassifikation der parodontalen Rezession. Heute findet die von Miller (1985a) beschriebene Klassifikation die weiteste Anwendung. Hierbei werden parodontale Rezessionen entsprechend ihrer korono-apikalen Ausdehnung in Bezug auf die Mukogingivallinie, die Zahnstellung und die Höhe des interdentalen Alveolarknochenkamms in vier Schweregrade eingeteilt (Abb. 1). Diese Klassifikation eignet sich zur Einschätzung der mit den verschiedenen operativen Verfahren erzielbaren Wurzeldeckung und ist deshalb für die klinische Diagnostik von Wert.

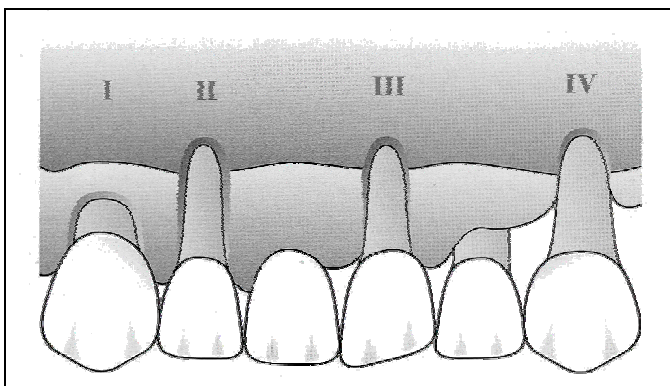


Abb. 1 Klassifikation parodontaler Rezessionen nach Miller (1985a)

- Grad I: Die Rezession reicht nicht bis zur Mukogingivallinie. Es liegt kein interdentaler Alveolarknochen- und Gingivaverlust vor.
- Grad II: Die Rezession reicht bis an die Mukogingivallinie heran oder überschreitet sie. Es liegt kein interdentaler Alveolarknochen- und Gingivaverlust vor.
- Grad III: Die Rezession reicht bis an die Mukogingivallinie heran oder überschreitet sie. Es liegen eine leichte Zahnfehlstellung und/oder leichter interdentaler Alveolarknochen- und Gingivaverlust vor.
- Grad IV: Die Rezession reicht bis an die Mukogingivallinie heran oder überschreitet sie. Es liegen eine Zahnfehlstellung und/oder schwerer interdentaler Alveolarknochen- und Gingivaverlust vor.

Bei Rezessionen I. Grades sind die unter 1.2 beschriebenen Verschiebelappentechniken im allgemeinen erfolgsversprechend. Aus diesem Grund werden die technisch aufwendigeren Transplantationstechniken bei Rezessionen I. Grades selten angewendet. Da apikal parodontaler Rezessionen der Grade II und III keine keratinisierte Gingiva vorliegt, sind die Verschiebelappen in diesen Fällen zur Wurzeldeckung ungeeignet. Für die Deckung von Rezessionen II. und III. Grades kann deshalb das freie Schleimhauttransplantat oder das freie Bindegewebsstransplantat zum Einsatz kommen. Mit einem freien Transplantat ist es möglich, mehrere (benachbarte) Rezessionen gleichzeitig zu decken. Limitierender Faktor ist das Angebot an Spendergewebe (Langer & Langer 1985, 1993). Da die parodontale Rezession vom Grad IV einer marginalen Parodontitis mit Gingivarezession gleicht, ist eine konventionelle Parodontistherapie indiziert. Eine chirurgische Wurzeldeckung ist mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden im allgemeinen nicht erfolgreich und sollte deshalb auch nicht versucht werden.

Da die beiden häufigsten Ursachen für Rezessionen die Traumatisierung der Gingiva durch eine falsche Zahnputztechnik und die durch Plaque hervorgerufene Entzündung des Parodonts sind (Löe et al. 1992), ist es präoperativ von großer Bedeutung, den Patienten zu einer Putztechnik mit effektiver Plaqueentfernung ohne Traumatisierung der Gingiva anzuleiten. Nur

so kann der Entstehung weiterer Rezessionen vorgebeugt und der Erfolg einer mukogingivalen Korrektur gesichert werden.

Die Farbe des freien Schleimhauttransplantats ist heller als die der umgebenden Gingiva. Deshalb ist bei ästhetischer Indikation zur Wurzeldeckung oder Gingivaextension das freie Schleimhauttransplantat nur eingeschränkt geeignet. Hier sollte, sofern möglich, eine andere Methode angewendet werden, z. B. das freie Bindegewebsstransplantat (siehe 1.4) (Brasher et al. 1975, Raetzke 1985, Sonick 1992, Langer & Langer 1993, Holthuis 1994).

1.3.3 Vorgehen

1.3.3.1 Vorgehen zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva

(Ausführungen in Anlehnung an Sullivan & Atkins 1968a)

Als erstes erfolgt die **Präparation des Transplantatlagers** mit dem Ziel, eine feste bindegewebige Unterlage zur Aufnahme des Transplantats zu schaffen. Hierzu werden eine horizontale Inzision entlang der Mukogingivallinie und mesial und distal davon zwei nach apikal leicht divergierende Vertikalinzisionen angelegt. Durch scharfe Dissektion werden die Mukosa und inserierende Muskelfasern vom Periost gelöst. Um Knochenresorptionen und Wundheilungsverzögerungen zu vermeiden, sollte das Periost dabei unbedingt geschont werden (Bissada & Sears 1978, Caffesse et al. 1979). Der so präparierte Mukosalappen wird nach apikal verlagert und am Periost vernäht. Die Oberfläche des präparierten Transplantatlagers sollte gleichmäßig und glatt sein, um Blutansammlungen in „toten Räumen“ zwischen dem Transplantat und der Empfängerstelle zu verhindern. Nach der Präparation wird als Schablone für das Transplantat eine sterile Folie auf die Ausmaße des Transplantatlagers zugeschnitten. Abschließend wird die Empfängerstelle mit einem mit steriler Kochsalzlösung angefeuchtetem Gazetupfer abgedeckt, um die Blutung zu stillen.

Für die **Entnahme des freien Schleimhauttransplantats** eignet sich insbesondere der harte Gaumen, da hier ausreichend keratinisierte Gingiva zur Verfügung steht. In seltenen Fällen können sowohl mit keratinisierter Mukosa belegte zahnlose Kieferkämme als auch der Tuber maxillae als Spenderregionen dienen. Die Entnahme sollte im lateralen Drittel des Gaumens möglichst mesial der ersten Molaren erfolgen, um eine Verletzung der Arteria palatina zu vermeiden. Vom Gingivarand sollte ein Abstand von 2 mm eingehalten werden. Die Rugae palatinae sollten aus ästhetischen Gründen ausgespart werden (Breault et al. 1999). Die Abmessungen des Transplantatlagers werden mittels der Schablone auf die Spenderregion übertragen. Nach Umschneidung des Transplantats wird das Skalpell in die paramarginale Inzision möglichst parallel zur Epithelfläche eingeführt und nach

apikal hin ein etwa 1 - 1,5 mm dicker Mukosaspaltlappen präpariert (Abb. 2). Dünnere Transplantate enthalten oft zu wenig Bindegewebe und neigen zu starker Schrumpfung, dickere Transplantate verzögern die Wundheilung unnötig und vernarben bei der Heilung (Soehren et al. 1973). Das Anbringen einer Naht an einer Ecke des Transplantats erleichtert das Handling und verbessert die Orientierung beim weiteren Vorgehen.

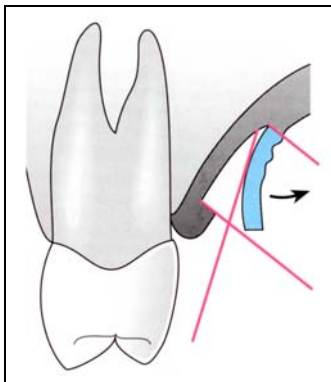


Abb. 2 Entnahme eines freien Schleimhauttransplantats aus dem harten Gaumen (Flemmig & Ehmke 1997)

Eine atraumatische Entnahme des Transplantats mit möglichst glatter Unterseite ist für seine spätere Einheilung an der Empfängerstelle sehr wichtig. Die Submukosa des anterioren Gaumens ist reich an Fettgewebe. Wird dieses Fettgewebe mit transplantiert, stellt es eine Barriere für die Ernährung des Transplantates dar und sollte deshalb vor der Transplantation entfernt werden. Gleiches gilt für die im posterioren Bereich gelegenen kleinen Speicheldrüsen. Die Entnahmestelle kann durch eine Verbandsplatte geschützt werden, um eine sichere Blutstillung zu erreichen und um dem Patienten maximalen Komfort während der Wundheilung zu ermöglichen. Kramer & Pollack (1982) verwenden zur Versorgung der Entnahmestelle ein mikrofibrilläres kollagenes Hämostatikum (Avitene) in Verbindung mit einem Parodontalverband, da sich die hämostatischen Eigenschaften von Avitene klinisch als hilfreich erwiesen. Sonick (1992) schneidet eine Jodoformgaze entsprechend der Entnahmestelle zurecht, bestreicht sie mit Cyanoacrylat und appliziert die Gaze so direkt auf die Wunde. Darüber wird ein Parodontalverband gelegt, der dort ungefähr eine Woche verbleibt.

Transplantatbefestigung: Unmittelbar nach der Entnahme wird das Transplantat mit der Bindegewebsseite nach unten in das Empfängerbett gelegt und mit Knopf- und Umschlingungsnähten am Periost befestigt. Im Moment der Transplantation ist eine adäquate Blutstillung der Empfängerstelle von entscheidender Bedeutung. Auch beim Nähen ist darauf zu achten, das Transplantat und seine Blutgefäße nicht unnötig zu traumatisieren. Es sollte deshalb monofiles Nahtmaterial der Stärke 5-0 mit atraumatischer Nadel verwendet und nicht mehr Nähte gesetzt werden, als zur sicheren Fixation des Transplantats nötig sind. Eine sichere Immobilisation des Transplantats muss aber gewährleistet sein, da jegliche Bewegung die Wundheilung beeinträchtigt. Um eine möglichst innige Anlagerung zu erzielen, wird das Transplantat dann für etwa fünf Minuten mit einem trockenen Gazetupfer auf sein Bett gepresst. Hierdurch werden eventuelle Blutungen gestoppt und verhindert, dass sich unter dem Transplantat ein größeres Blutkoagulum bildet, das die Ernährung des Transplantats beeinträchtigen würde. Gleichzeitig wird das Transplantat durch die Umsetzung des Plasmas in Fibrin zusätzlich auf der Unterlage fixiert. Abschließend wird die Empfängerwunde zum Schutz vor mechanischen Irritationen mit einem Parodontalverband abgedeckt.

1.3.3.2 Vorgehen zur Rezessionsdeckung

(Ausführungen in Anlehnung an Sullivan & Atkins 1968b)

Bei der Rezessionsdeckung mit einem freien Schleimhauttransplantat ist der Tatsache besondere Aufmerksamkeit zu widmen, dass die Revaskularisation des Transplantats vollständig von seinem Empfängerbett, das zum Teil von einer nicht vaskularisierten Unterlage (Wurzeloberfläche) gebildet wird, abhängt. Da das Transplantat in diesem Bereich nur von den Seiten her ernährt werden kann, ist für das Überleben eines freien Schleimhauttransplantats auf der Wurzeloberfläche die Ausbildung einer funktionierenden kollateralen Zirkulation aus den vaskularisierten Anteilen des Transplantatlagers notwendig. Deshalb sind gegenüber dem oben beschriebenen Vorgehen, das auch hier seine Gültigkeit hat, einige Modifikationen zu beachten:

Vor dem chirurgischen Prozedere wird die Wurzeloberfläche sorgfältig gereinigt und geglättet, zur besseren Versorgung des Transplantats kann die Wurzeloberfläche in ihrer Konvexität abgeflacht werden. Auch eine Konditionierung mit Zitronensäure ist möglich (Miller 1982 & 1985b).

Zur Präparation des Transplantatlagers wird koronal der Schmelz-Zement-Grenze eine horizontale, senkrecht auf den Alveolarfortsatz ausgerichtete Inzision durchgeführt, die nach lateral bis in die Interdentalpapillen verläuft. Es sollte besonders darauf geachtet werden, die Ränder des Empfängerbetts möglichst weit von der Begrenzung der Rezession weg zu legen, um rings um den Defekt ein 3 - 4 mm breites bindegewebiges Wundbett zu schaffen, von dem aus sich eine Blutversorgung von den Rändern her entwickeln kann. Das Parodontium der Nachbarzähne sollte davon aber ausgeschlossen werden. Mesial und distal des Transplantatlagers werden nach apikal divergierende Vertikalinzisionen angelegt und dann ein Mukosalappen präpariert, der apikal der Rezession am Periost vernäht oder einfach mit einer horizontalen Inzision an der Basis exzidiert wird (Abb. 3). Für das weitere Vorgehen gelten die beim Vorgehen zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva beschriebenen Prinzipien.

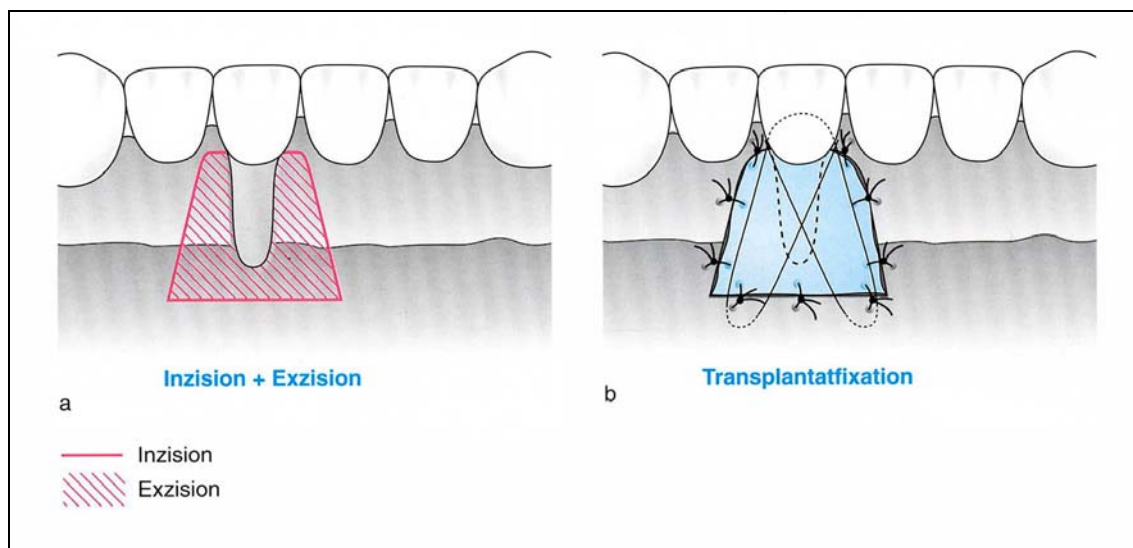


Abb. 3 Freies Schleimhauttransplantat zur Wurzeldeckung bei parodontalen Rezessionen der Grade II und III (Flemmig & Ehmke 1997)

1.3.4 Wundheilung

1.3.4.1 Empfängerstelle

(Ausführungen in Anlehnung an Sullivan & Atkins 1968a,b und Oliver et al. 1968)

Das freie Schleimhauttransplantat ist in seiner Ernährung vollständig vom Transplantatlager abhängig.

Initiale Phase (0. - 3. Tag): Das Transplantat selbst ist direkt nach der Transplantation blutleer und blass. Zwischen dem Transplantat und dem Empfängerbett befindet sich zunächst eine dünne Fibrinschicht. Die Vitalerhaltung des Transplantates erfolgt durch avaskuläre plasmatische Zirkulation, Transsudat aus dem Transplantatlager gelangt über Kapillarkräfte in das Transplantat. Diese Ernährung scheint aber nicht für das ganze Transplantat auszureichen. Das Epithel degeneriert oberflächlich und wird abgestoßen. Daher ist ein enger Kontakt des Transplantates mit dem Wundbett nach der Operation sehr wichtig. Starke Blutungen unter dem Transplantat mit anschließender Bildung ausgedehnter Blutkoagel beeinträchtigen die plasmatische Zirkulation, verzögern die Revaskularisation und können zur völligen Nekrose des Transplantats führen. Während der ersten Tage sieht das Transplantat ödematös und ischämisch grau aus. Es ist von einem Fibrinbelag überzogen.

Revaskularisationsphase (4. - 11. Tag): Fibroblasten wandern in den Spalt zwischen Transplantat und Empfängerstelle ein und stellen eine dichte fibröse Verbindung zwischen Transplantat und Periost her, die wiederum nach und nach durch Bindegewebe ersetzt wird. Kapillaren proliferieren von den Rändern her in das Transplantat, es kommt zur Ausbildung von Anastomosen zwischen den Gefäßen des Transplantats und seiner Unterlage und damit zum Wiederaufbau der Blutzirkulation und zur Zunahme des Stoffwechsels im Transplantat. Es entsteht vorübergehend ein sehr dichtes Netz von Blutgefäßen im Transplantat. Das Transplantat bekommt eine zunehmend rötliche bis rosa Farbe. Neue Epithelzellen entwickeln sich und wachsen vom umgebenden Gewebe auf die vitale Transplantatoberfläche. Basale Epithelzellen, die in den Epithelzapfen überlebt haben, tragen ebenfalls zur Reepithelialisierung bei. Bis

zum 11. Tag ist die ganze Transplantatoberfläche mit einem dünnen Epithel bedeckt. Isoliert können auch Entzündungszellen und Granulationsgewebe vorkommen, die im weiteren Wundheilungsverlauf aber wieder verschwinden.

Für das Überleben eines freien Schleimhauttransplantats auf der Wurzeloberfläche ist die Ausbildung einer funktionierenden kollateralen Zirkulation aus den vaskularisierten Anteilen des Transplantatlagers notwendig. Sullivan & Atkins (1968b) bezeichneten diesen Vorgang als „*bridging*“. Dem Transplantat über der avaskulären Wurzeloberfläche werden weder Plasmadiffusion noch Revaskularisation zuteil. Es empfängt seine Ernährung nur von den seitlichen Bindegewebsanteilen. Deshalb bestimmt die Größe des avaskulären Bereiches den Anteil des Gewebes, der über der Wurzeloberfläche erhalten werden kann.

Maturationphase (11. Tag bis 42. Tag und danach): Die Kollagenfasern des Bindegewebes zwischen Transplantat und -bett werden dichter und zunehmend orientiert. Das Bindegewebe des Transplantats entspricht nach 2 - 3 Wochen bereits dem der Umgebung. Mit der zunehmenden Differenzierung der Gewebe kommt es zu einer Reduktion der Anzahl der Blutgefäße im Transplantat auf ein normales Niveau. Ein subepithelialer Gefäßplexus bildet sich aus und feine kapillare Schleifen reichen bis in die Bindegewebspapillen. Nach ungefähr 3 Wochen ist die Differenzierung der Blutgefäße weitgehend abgeschlossen. Das Epithel gewinnt an Dicke und die epithelialen Reteleisten entstehen wieder. Eine Keratinisierung kann erst nach 28 Tagen beobachtet werden. In Bereichen, wo es zur Bildung von Blutkoageln und Granulationsgewebe kam, ist der Verlauf der Wundheilung verzögert, das Granulationsgewebe reift langsamer. Im Laufe der Gewebereifung kommt es zur Narbenbildung im Randbereich des Transplantats und durch die damit verbundene Kontraktion der Narbe zur Schrumpfung des Transplantats. Bei einem dicken Transplantat auf einer festen Unterlage ist dieser Schrumpfungseffekt am geringsten. Wegen der helleren Farbe der Gaumenschleimhaut wird sich das Transplantat immer von seiner Umgebung abzeichnen.

Das Transplantat scheint signifikante pathologische Veränderungen in den darunter liegenden Geweben zu verhindern. Am Periost kommt es zwar

anfangs zu einem leichten Ödem, aber eine Degeneration oder Nekrose ist nicht zu beobachten. Auch im Bereich des Knochens gibt es keinen Hinweis auf Aktivität von Osteoklasten (Oliver et al. 1968, Caffesse et al. 1979).

Wenn bei der Präparation der Empfängerstelle das Periost entfernt und der Knochen freigelegt wird, wird die initiale Wundheilung während der ersten 2 Wochen verzögert. Die anfängliche Adaption des Transplantat auf seinem Empfängerbett ist schlechter, die plasmatische Ernährung und die Einsprossung von Kapillaren ist dadurch eingeschränkt. Es kommt nicht nur zu stärkeren Degenerationserscheinungen des Transplantats, sondern auch zu Knochenresorptionen und zu lokalen oberflächlichen Nekrosen des Knochens. Der Knochen erfährt ein Remodelling, so dass keine bleibenden Schäden am Knochen entstehen (Caffesse et al. 1979).

1.3.4.2 Entnahmestelle

Intraorale Schleimhautspenderregionen heilen sekundär über offene Granulation und reepithelialisieren auch bei vollschichtiger Entnahme bis auf den Knochen von alleine, unabhängig davon, ob unterstützende Maßnahmen (wie z.B. ein Parodontalverband) ergriffen wurden. Dabei kommt es von den Rändern und der Basis der Wunde zur Entwicklung neuen Gewebes. Spenderregionen, von denen dünnere Transplantate entnommen wurden, heilen schneller als solche dickerer Transplantate (Sullivan & Atkins 1968a).

Es wird allgemein angenommen, dass die 4 Phasen der sekundären Wundheilung durchlaufen werden, die aus der klassischen Wundheilungslehre bekannt sind.

Exudative Phase (0. Tag): Als unmittelbare Folge der Wundsetzung tritt aus den geschädigten Gefäßen Blut und Plasma aus. Gewebehormone führen zur Vasokonstriktion. Die Blutgerinnungskaskade wird aktiviert, das gebildete Fibrin legt sich schützend über die Wundfläche und ermöglicht die Migration kollagenbildender Fibroblasten.

Resorptive Phase (1. - 3. Tag): Granulozyten und Makrophagen beginnen mit dem Abbau nekrotischer Wundprodukte. Allgemeine Entzündungszeichen sind anzutreffen.

Proliferationsphase (3. - 10. Tag): Sie ist gekennzeichnet durch die Differenzierung von Histiozyten zu Fibroblasten und durch die Proliferation der Kapillaren. Die Wunde füllt sich mit Granulationsgewebe und wird von den Wundrändern aus epithelialisiert. Gleichzeitig kommt es durch die aus Fibroblasten entstandenen Myofibroblasten zur Wundkontraktion.

Regenerationsphase (ab 7. Tag): Das Granulationsgewebe wird umgewandelt. Bindegewebe füllt die Wunde zunehmend aus und wird von Epithel bedeckt. Die Gewebe reifen und differenzieren. Auch wenn die Wundheilung ein komplexer, mehrphasiger Vorgang ist, so ist im allgemeinen faserreiches, zell- und gefäßarmes Narbengewebe das Produkt der Heilung.

Nach Untersuchungen von Oliver et al. (1968) kam es an der Entnahmestelle zwischen dem 5. und 11. Tag zur Nekrose und Degeneration des verbliebenen Periosts und zur oberflächlichen Resorption des Knochens durch Osteoklasten. Kahnberg & Thilander (1982) wiesen unter anderem darauf hin, dass durch die Entnahme von Gaumenschleimhaut auch der Knochen von deutlichen Entzündungszeichen gekennzeichnet ist und durch seine Exposition Schaden nimmt, aber gleichzeitig die Heilung der Exzisionswunde von der Vitalität des freigelegten Knochengewebes abhängt. Pedlar (1985) berichtete ebenfalls von deutlichen Irritationen des Knochens und von einem Zeitraum von 8 Wochen bis zur vollständigen Reepithelialisation eines Gaumenschleimhautdefekts von 12 x 10 mm Größe. Kramer & Pollack (1982) verglichen klinisch und histologisch die Wundheilung an der Entnahmestelle mit und ohne Anwendung eines mikrofibrillären kollagenen Hämostatikums (Avitene). Sie konnten keine signifikanten Unterschiede im Aussehen der Wundoberfläche oder der postoperativen Heilungen (Schmerzen, Schwellung usw.) mit oder ohne Gebrauch des Hämostatikums beobachten. Auch histologisch zeigte sich kein wesentlicher Einfluss auf die Wundheilung. Bis die Wundheilung nach Entnahme eines freien Schleimhauttransplantats klinisch betrachtet abgeschlossen war, vergingen nach ihren Erkenntnissen 5 Wochen. Bei komplikationsloser Heilung gaben Adcock & Spence (1984) für die Entnahmestelle von freien Schleimhauttransplantaten einen Zeitraum von 4 Wochen an, bis der Defekt klinisch betrachtet verheilt war.

Bei der Betrachtung dieser Erkenntnisse und der Tatsache, dass es sich bei dem Defekt im Gaumen nach Transplantatentnahme um eine relativ große offene Wundfläche handelt, liegt die Annahme nahe, dass die Zeiträume der klassischen Wundheilung nicht auf die Wundheilung der Gaumenschleimhaut nach Transplantatentnahme übertragbar sind. Die Wundheilung von Gaumenschleimhautdefekten nach Transplantatentnahme erfordert mehr Zeit.

1.4 Freies Bindegewebstransplantat

1.4.1 Historie

Lange Zeit ging man davon aus, dass funktionelle Stimuli über die Entwicklung keratinisierter Gingiva entscheiden. Man glaubte deshalb, zur Verbreiterung der Zone keratinisierter Gingiva mittels Transplantaten sei es entscheidend, die Epithelschicht zu transplantieren. Bei der Betrachtung der Wundheilungsvorgänge, die nach Transplantation freier Schleimhauttransplantate an der Empfängerstelle ablaufen, kam man allerdings zunehmend zu der Annahme, dass das mittransplantierte Bindegewebe eine wichtige Rolle bei der Determination des sich entwickelnden Epithels spielt (Gordon et al. 1968). Karring et al. (1971) bewiesen in einer Studie das, was als immer wahrscheinlicher angenommen wurde: Die Differenzierung des Epithels über dem Transplantat wird nicht durch das transplantierte Epithel selbst oder durch funktionelle Adaption bestimmt, sondern allein durch das transplantierte Bindegewebe. Karring et al. (1975) untermauerten die 1971 gewonnenen Erkenntnisse durch eine weitere Untersuchung. Sie forderten aufgrund dieser revolutionierenden Erkenntnisse ein Umdenken in der plastischen Parodontalchirurgie und räumten den Transplantatetechniken zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva gegenüber anderen Techniken eine wichtige Stellung ein. Plagmann et al. (1974) kamen in einer als Gegenprobe konzipierten Studie auch zu dem Ergebnis, dass das Bindegewebe die Epithelentwicklung determinieren muss. Sie transplantierten bei Schweinen freie Bindegewebstransplantate aus der Wangenschleimhaut in den Gaumen und konnten im Gaumen auch nach 6 Monaten keine Bildung eines keratinisierten Gaumenepithels über den Transplantaten beobachten.

Edel (1974) beschrieb erstmals den erfolgreichen Einsatz des freien Bindegewebstransplantats zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva am Menschen und begründete damit eine neue Technik in der plastischen Parodontalchirurgie. Langer & Calagna (1980) beschrieben ein Verfahren zur Augmentation von ästhetisch störenden Einziehungen im Bereich des zahnlosen Kieferkamms mit Hilfe von freien Bindegewebstransplantaten.

Raetzke (1985) stellte die „envelope“ - Technik zur Deckung von Gingivarezessionen durch ein freies Bindegewebsstransplantat vor. Langer & Langer (1985) beschrieben ebenfalls eine Technik zur Wurzeldeckung mit einem freien Bindegewebsstransplantat. Hürzeler & Weng (1999) schilderten eine Technik zur Entnahme von freien Bindegewebsstransplantaten aus dem Gaumen mit geringem chirurgischen Aufwand bei maximaler Schonung der Gewebe.

1.4.2 Indikationen

Die Indikationen für ein freies Bindegewebsstransplantat sind mit denen für ein freies Schleimhauttransplantat weitgehend vergleichbar. Das freie Bindegewebsstransplantat bietet darüber hinaus noch weitere Anwendungsmöglichkeiten.

Die **Verbreiterung der keratinisierten Gingiva** war die erste Indikation, die für das freie Bindegewebsstransplantat beschrieben wurde (Edel 1974). In welchen Situationen eine Gingivaextension indiziert ist, wurde in Kapitel 1.3.2 erläutert. Ergänzend ist zu erwähnen, dass mit dem freien Bindegewebsstransplantat bessere ästhetische Ergebnisse erzielt werden können als mit dem freien Schleimhauttransplantat, weil es sich von seiner Umgebung farblich nicht absetzt (Brasher et al. 1975, Raetzke 1985, Sonick 1992, Langer & Langer 1993, Holthuis 1994). Besonders bei Gingivaaugmentation vor kieferorthopädischer Behandlung sollte aufgrund dieser Tatsache einer Technik mit einem freien Bindegewebsstransplantat der Vorzug geben werden.

Eine häufige Indikation für ein freies Bindegewebsstransplantat ist die **Deckung von Rezessionen**. Hauptindikationen zur Rezessionsdeckung sind, wie bereits erwähnt, ästhetische Ansprüche, frei liegende Restaurationsränder, Hypersensibilität, schwer zu reinigende Rezessionen, Wurzelkaries und zervikale Abrasionen. Eine Klassifizierung der Rezessionen, die es zur Indikationsstellung bedarf, wird in Kapitel 1.3.2 beschrieben. Für eine Deckung mit einem freien Bindegewebsstransplantat kommen Rezessionen der Grade II und III der Miller-Klassifikation in Frage. Besonders bei tiefen und breiten

Rezessionen ist die Deckung mit einem freien Bindegewebs-Transplantat erfolgsversprechender als mit einem freien Schleimhauttransplantat (Langer & Langer 1993, Holthuis 1994). Auch an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass eine Rezessionsdeckung mit einem freien Bindegewebs-Transplantat ästhetisch befriedigender ist als mit einem freien Schleimhauttransplantat (Brasher et al. 1975, Raetzke 1985, Sonick 1992, Langer & Langer 1993, Holthuis 1994).

Im Zuge wachsender Ansprüche an die Ästhetik prothetischer und implantatprothetischer Restaurationen wird das freie Bindegewebs-Transplantat immer häufiger zur **Weichteilkonturierung, Augmentation von Kieferkammdefekten** und zum **periimplantären Weichgewebsmanagement** eingesetzt. Indikation und Ausmaß solcher Korrekturen richtet sich nach den individuellen Ansprüchen des Patienten an die Ästhetik und nach den individuellen anatomischen Voraussetzungen, die der Patient mitbringt.

1.4.3 Vorgehen

1.4.3.1 Präparation des Transplantatlagers

Einige Prinzipien, die bei der Präparation des Lagers für ein freies Schleimhauttransplantat gültig sind, sollen auch bei der Präparation des Transplantatlagers für ein freies Bindegewebs-Transplantat umgesetzt werden. Ein gleichmäßiges Transplantatlager und eine sichere und feste Adaptation des Transplantats sind auch für die komplikationslose Einheilung eines Bindegewebs-Transplantats wichtig.

Für die **Verbreiterung der keratinisierten Gingiva** beschrieb Edel (1974) ein Verfahren zur Präparation des Empfängerbetts, das sich eng an die von Sullivan und Atkins (1968a) erarbeiteten Prinzipien zur erfolgreichen Transplantation keratinisierter Schleimhaut anlehnt: Zuerst werden eine horizontale Inzision entlang der Mukogingivallinie und mesial und distal davon zwei nach apikal leicht divergierende Vertikalinzisionen in der Alveolarmukosa angelegt. Durch scharfe Dissektion werden die Mukosa und inserierende Muskelfasern vom Periost gelöst. Der so präparierte Mukosalappen wird nach

apikal verlagert, aber nicht vernäht. Es soll ein genügend großes, gleichmäßiges und festes periostales Bett über dem Knochen entstehen. Zur Blutstillung wird ein mit steriler Kochsalzlösung angefeuchteter Gazetupfer auf die Empfängerstelle gedrückt.

Zur **Rezessionsdeckung** wurden zwei grundlegende Techniken beschrieben:

Bei der „*envelope*“ - Technik von Raetzke (1985) wird als erstes durch Exzision des margo gingivae das Sulkusepithel entfernt und die Wurzel kürettiert und geglättet. Durch den ehemaligen Sulkus hindurch wird nun zirkulär um die Rezession durch unterminierende teilschichtige Präparation eine 3 - 5 mm tiefe Tasche („*envelope*“) angelegt, die das Transplantat später aufnehmen soll.

Bei der Technik von Langer & Langer (1985, 1993) wird als erstes an der Empfängerstelle ein Spaltlappen gebildet. Dazu werden zwei divergierende vertikale Inzisionen angelegt, die in mesio-distaler Richtung mindestens eine halbe Zahnbreite weiter auseinander liegen sollen als der Bereich der gingivalen Rezession. Auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze wird eine horizontale Inzision vorgenommen, die die beiden Vertikalinzisionen verbindet. Von koronal wird der Lappen durch eine sulkäre Inzision, bei der eventuell vorhandene Gingiva erhalten wird, über die mukogingivale Grenze hinaus abpräpariert. Dabei soll darauf geachtet werden, den Lappen apikal nicht zu perforieren, da dies die Blutversorgung des Lappens gefährden würde. Die Interdentalpapillen bleiben unberührt. Ergebnis dieser Spaltlappenpräparation sollte eine Empfängerstelle sein, auf der eine Schicht Bindegewebe über dem Knochen verblieben ist. Vorhandene zervikale Füllungen werden entfernt und die freiliegenden Wurzeloberflächen gründlich geglättet, Konvexitäten können reduziert werden. Eine Konditionierung der Wurzel bleibt der Entscheidung des Behandlers überlassen, bei endodontisch behandelten Zähnen wird sie empfohlen. Bei der Technik von Langer & Langer (1985, 1993) können mehrere benachbarte Rezessionen durch Präparation eines entsprechend breiten Lappens an der Empfängerstelle in einem Arbeitsgang gedeckt werden. Bei der „*envelope*“ Technik muss für jede Rezession eine eigene Empfängerstelle präpariert werden.

Die Maßnahmen zur bindegewebigen **Augmentation des Kieferkamms** und zur Korrektur gingivaler Rezessionen ähneln sich prinzipiell. Bei der von Langer & Calagna (1980, 1982) vorgestellten Methode wird bukkal des zu erhöhenden Alveolarkammbezirks zur Aufnahme des Transplantats ein Mukosalappen gebildet. Je nach Ausmaß der Augmentation wird auf dem zahnlosen Kieferkamm oder palatinal bzw. lingual davon eine horizontale Inzision mit zwei vertikalen Entlastungsschnitten angelegt. So entsteht eine Empfängerstelle, deren bedeckender Lappen und deren Unterlage jeweils Bindegewebe enthalten, um dem Transplantat eine optimale Blutversorgung zu gewährleisten.

1.4.3.2 Transplantatentnahme

Für die Entnahme eines freien Bindegewebstransplantats eignet sich insbesondere der harte Gaumen, da hier ausreichend Bindegewebe unter der keratinisierten Gingiva zur Verfügung steht. In seltenen Fällen können sowohl mit keratinisierter Mukosa belegte zahnlose Kieferkämme als auch der Tuber maxillae als Spenderregionen für Bindegewebe dienen. Im Tuberbereich können zur Kieferkammaugmentation besonders dicke Transplantate entnommen werden (Studer et al. 1997).

Studer et al. (1997) zeigten, dass die Eckzahn-Prämolaren-Region für die Entnahme auch größerer Transplantate geschlechtsunabhängig gute Voraussetzungen bietet und dass die palatinale Wurzel des ersten Molaren ein natürliches Hindernis bei der Transplantatgewinnung darstellt, weil das Gewebe dort sehr dünn ist. Gemäß Reiser et al. (1996) kann sich das neurovaskuläre Bündel des Gaumens in einer Entfernung von 7, 12 oder 17 mm von der palatinalen Schmelz-Zement-Grenze des korrespondierenden Zahnes befinden, abhängig davon, ob das Gaumengewölbe als flach, mittel oder hoch klassifiziert ist. Der terminale Ast der Arteria palatina major reicht bis zum Foramen incisivum, dadurch ist die Entfernung der Arterie zu den Schmelz-Zement-Grenzen der Frontzähne verringert. Reiser et al. empfehlen deshalb, die anteriore Ausdehnung der Spenderfläche bis zum distalen Linienwinkel des Eckzahnes zu beschränken und nach medial ausreichend Abstand vom

neurovaskulären Bündel zu halten, um chirurgische Komplikationen zu vermeiden.

Demzufolge stellt die Prämolarenregion ein geeignetes Spendergebiet dar. Aus einem hohen Gaumen kann mehr Gewebe entnommen werden als aus einem flachen.

Mehrere Vorgehensweisen zur Gewinnung freier Bindegewebstransplantate wurden beschrieben. Sie unterscheiden sich in der Anzahl der Inzisionen, im Lappendesign, im Zugang zum Transplantat selbst und darin, ob das Transplantat einen Streifen Epithel enthält oder nicht.

Edel (1974) beschrieb zur Transplantatentnahme aus dem Gaumen zwei verschiedene Techniken mit dem Ziel einer primären Defektdeckung. Bei der ersten Methode wird im Gaumengewölbe ein trapezförmiger Spaltlappen gebildet und aus dem darunter liegenden Bindegewebe ein Transplantat entnommen, das kein Epithel enthält. Es soll darauf geachtet werden, keine Speicheldrüsen in das Transplantat miteinzubeziehen. Der Lappen wird nach der Entnahme des Transplantats zurückgelegt, für zwei Minuten fest angepresst und vernäht. Es wird kein Verband angelegt (Abb. 4).

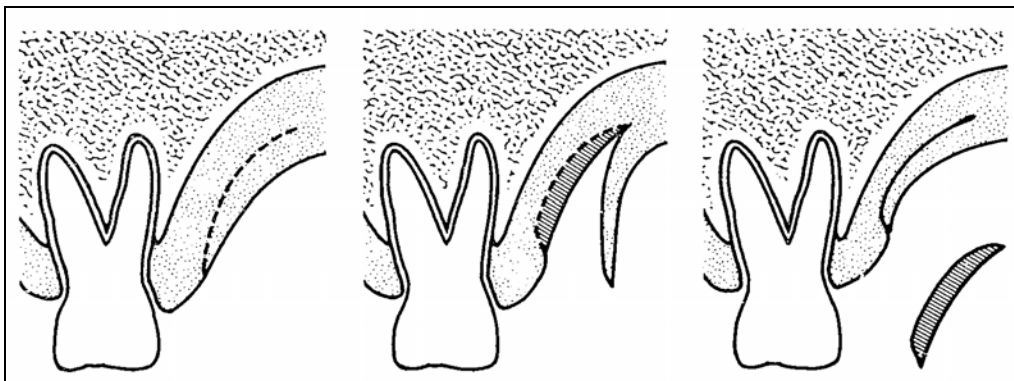


Abb. 4 Schematische Darstellung der Methode 1 nach Edel (1974)

Bei der zweiten Methode wird das Transplantat durch das Ausdünnen eines palatinalen Mukoperiostlappens gewonnen. Die erste Inzision erfolgt marginal bis auf den Alveolarknochenkamm. Am zurückgeschobenen Lappen wird durch eine zweite Inzision auf der Lappeninnenseite das Bindegewebstransplantat erhalten. Auch dieses Transplantat enthält keine Epithelanteile. Der

verbleibende Lappen wird wieder repositioniert, fest angepresst und vernäht. Wenn nötig, wird ein Verband angelegt (Abb. 5).

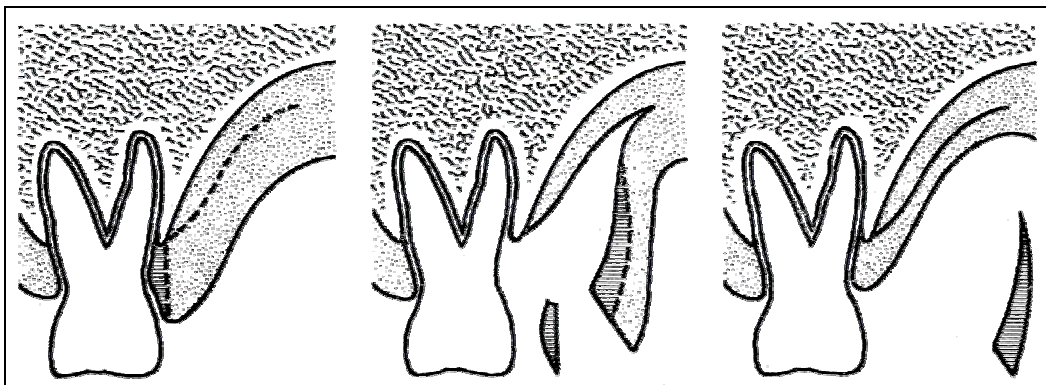


Abb. 5 Schematische Darstellung der Methode 2 nach Edel (1974)

Da es bei der Methode 1 postoperativ häufig zur Degeneration des reponierten Spaltlappens mit entsprechenden Wundheilungsstörungen kam, empfiehlt Edel die Anwendung der zweiten Methode. Diese ist jedoch technisch schwieriger.

Langer & Calagna (1980) verwendeten zur Entnahme eines freien Bindegewebestransplantats für eine Kieferkammaugmentation eine Technik, die der Methode 1 von Edel ähnlich ist. Im Abstand von 1 mm von der marginalen Gingiva wird im Gaumen ein trapezförmiger Mukosalappen gebildet und aus dem Bindegewebe zwischen diesem Mukosalappen und dem Knochen das benötigte Transplantat entnommen. Es enthält kein Epithel. Der Mukosalappen wird reponiert und vernäht. Eine primäre Deckung der Entnahmestelle wird angestrebt.

Bei der Technik nach Raetzke (1985) werden in der Prämolaren-/Molaren-Region des Gaumens paramarginal zwei 1 - 2 mm voneinander entfernte bogenförmige Inzisionen angelegt. Die Länge der Inzisionen soll ungefähr der doppelten Breite der zu deckenden Rezession entsprechen. Die Inzisionen reichen tief in die Gaumenschleimhaut und führen kurz über dem Knochen zusammen. Entlastungsinzisionen werden nicht benötigt. Ein keilförmiges Stück Bindegewebe mit einem schmalen Streifen Epithel wird entnommen. Das Epithel wird entfernt, nur im mittleren Bereich, wo das Transplantat über der zu deckenden Wurzel zu liegen kommt, kann es belassen werden (Abb. 6).

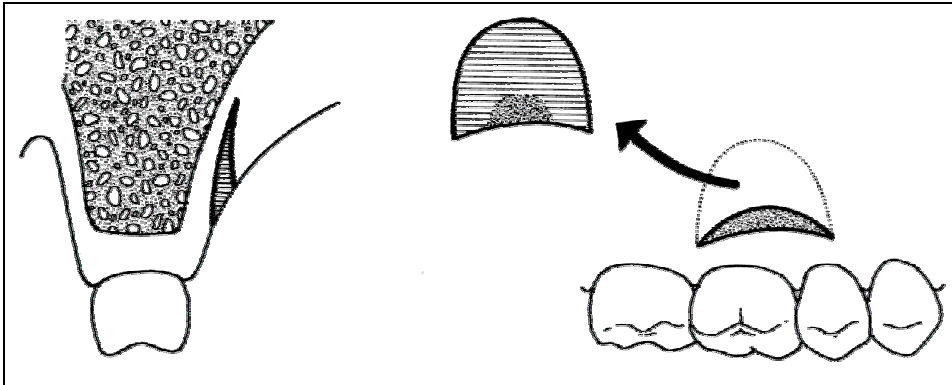


Abb. 6 Transplantatentnahme nach Raetzke (1985)

Die Wundränder der Entnahmestelle werden durch Nähte adaptiert. Ein weiterer Schutz der Wunde ist wegen des geringen Defektes an der Oberfläche nicht notwendig. Dieser kleine Defekt unterliegt der sekundären Wundheilung. Langer & Langer (1985, 1993) beginnen zur Entnahme des Bindegewebstransplantats aus dem Gaumen mit einer horizontalen Inzision in einer Entfernung von 5 - 6 mm vom Zahnfleischrand. Die Länge der Inzision ist durch die Gesamtbreite der zu deckenden Zähne vorgegeben. Die Inzision wird schräg nach apikal unterminierend bis auf den Knochen fortgeführt, wobei das Bindegewebe größtenteils auf dem Knochen zurück bleibt. Eine zu starke Unterminierung dieses Lappens sollte vermieden werden, da es sonst zur Lappennekrose kommen kann. Eine zweite Inzision wird parallel 2 mm koronal zur ersten Inzision angelegt. Um Rezessionen an den Palatinalflächen der Zähne zu vermeiden, soll von der marginalen Gingiva ein Abstand von 3 mm eingehalten werden. Diese Inzision wird vertieft und das Bindegewebe soweit nach apikal vom Knochen gelöst, bis man auf die Basis der ersten Inzision trifft. Auf beiden Seiten der horizontalen Inzisionen können vertikale Entlastungsschnitte angelegt werden, um die Transplantatentnahme und den späteren Wundverschluss zu erleichtern. Der 1 - 2 mm dicke Bindegewebskeil und das Epithel zwischen den beiden horizontalen Inzisionen werden entnommen (Abb. 7). Das Fettgewebe wird entfernt, das Epithel darf jedoch dort belassen werden, wo das Transplantat der zu deckenden Wurzel aufliegt, um einen glatten Übergang zum umgebenden Epithel zu erreichen. Im Gegensatz dazu wird bei der Verwendung zur Kieferkammaugmentation das

Transplantat komplett deepithelisiert, aber das Fettgewebe belassen (Langer & Calagna 1982). Sofort nach der Entnahme des Spendergewebes soll der palatinale Lappen zurück in Position gebracht und vernäht werden, um ein größeres Blutkoagel, welches zur Lappennekrose führen kann, zu verhindern. Zur Naht werden Matratzennähte, die gleichzeitig den nächstgelegenen Zahn umschlingen, verwendet. Eine primäre Wundheilung soll so erreichbar sein. Sollte sich ein Spaltraum zwischen den Wundrändern bilden, so wird er mit einem Kollagenpräparat gefüllt. Ein Verband ist optional.

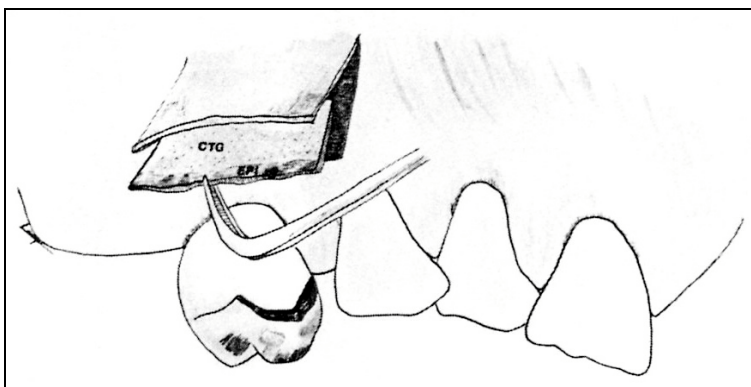


Abb. 7 Transplantatentnahme nach Langer & Langer (1985)
CTG = Bindegewebe, EPI = Epithel

Sonick (1992) modifizierte die Entnahme von Transplantaten zur Rezessionsdeckung nach Langer & Langer (1985, 1993) dahingehend, dass er kein Epithel in das Transplantat miteinbezieht. Das ermöglicht eine primäre Deckung der Entnahmestelle und ergibt an der Empfängerstelle ein besseres ästhetisches Ergebnis, weil kein Streifen hellrosafarbenes Gaumenepithel transplantiert wird. Mehrere Millimeter paramarginal wird eine horizontale Inzision angelegt, ihre Länge entspricht der des benötigten Transplantats. Zwei vertikale Inzisionen bis auf den Knochen schließen sich an, ein 2 mm dicker Mukosalappen wird präpariert. Eine zweite horizontale Inzision, die bis auf den Knochen reicht, wird durch die erste hindurch angelegt. Das Bindegewebe zwischen dem Knochen und dem Lappen wird entnommen. Der Mukosalappen wird zurückverlagert und vernäht.

Harris (1997) verglich zwei Techniken zur vereinfachten Gewinnung eines Bindegewebestransplantates vom Gaumen: die Methode ein freies

Bindegewebstransplantat mit einem Mukotommesser zu entnehmen und die Parallelinzisionsmethode. Die Entnahmestelle erstreckte sich bei beiden Methoden vom Eckzahn bis zum ersten Molaren.

Bei der Mukotommethode wird ein Mukotommesser, wie es zur Entnahme freier Schleimhauttransplantate verwendet werden kann, so mit umgedrehtem Schneideschlitten eingerichtet, dass die Schneide stoßend eingesetzt werden kann. Damit wird zuerst ein Mukosa-Flügelappen abgehoben, indem das Messer kontrolliert nach distal am Gaumen geführt wird. Ziel ist es dabei, den gingivalen Rand nicht einzubeziehen. Der Lappen bleibt distal gestielt. Dieser Lappen wird nach distal retrahiert, um Zugang zum darunter liegenden Bindegewebe zu erhalten. Nun wird das Messer regulär zusammengesteckt, um ein Schneiden in ziehender Bewegung zu erlauben. Vom distalen Ende des Mukosalappens beginnend wird damit ein Bindegewebslappen präpariert. Dazu wird das Messer nach mesial gezogen. Dieser zweite Lappen, bestehend aus Bindegewebe, wird mesial abgetrennt. Dieses Gewebestück ist das Bindegewebstransplantat. Alle Epithelreste werden entfernt und das Transplantat zurechtgeschnitten. Zur Wundversorgung wird der Mukosalappen am Gaumen mit Einzelnähten fixiert und eine palatinale Verbandsplatte eingesetzt.

Bei der Parallelinzisionsmethode werden mit einem speziellen Messer mit zwei parallelen Klingen im Abstand von 1,5 mm mit einem Schnitt zwei 10 - 12 mm tiefe, parallele Horizontalinzisionen angelegt. Ziel der Inzisionen ist es, die Distanz zwischen Gaumenoberfläche und Knochen zweizuteilen. Vertikale Inzisionen werden am mesialen und distalen Ende bis zur oberflächlichen horizontalen Inzision geführt, so dass der obere Lappen zurückgeschlagen und das Spendergewebe erreicht werden kann. Das Transplantat wird durch Inzisionen mesial, distal und medial abgetrennt. Der Epithelstreifen, dessen Breite dem Abstand der Skalpellklingen entspricht, wird entfernt und das Transplantat zurechtgeschnitten. Die palatinale Wunde wird mit einer fortlaufenden Naht geschlossen und eine Verbandsplatte eingesetzt.

Unabhängig von der Entnahmemethode spülen die Patienten postoperativ 4 - 8 Wochen mit Chlorhexidinglukonat.

Bei der Verwendung der verschieden entnommenen Transplantate zur Wurzeldeckung wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der mittleren Wurzeldeckung gefunden. Die parallele Inzisionsmethode produzierte weniger Unannehmlichkeiten für den Patienten, eine kleinere Wundfläche nach einer Woche postoperativ und eine gleichmäßigere Transplantatdicke, was klinisch einfacher zu handhaben war. Deshalb empfiehlt Harris zur Entnahme eines freien Bindegewebs-transplantats die parallele Inzisionsmethode.

Hürzeler & Weng (1999) kommen ohne vertikale Entlastungsinzisionen aus. Mit einer einzigen Inzision parallel zur marginalen Gingiva wird ein Zugang zum palatinalen Bindegewebe geschaffen, um ein Transplantat individueller Größe und Dicke zu präparieren und zu entnehmen. Als geeignetes Spendergebiet wird ein rechteckiger Bereich am Gaumen beschrieben, der anterior bis in die Eckzahngegend reicht und posterior durch die palatinale Wurzel des ersten Molaren begrenzt wird. Lateral soll vom Gingivalrand ein Abstand von 2 mm eingehalten werden. In medialer Richtung wird das Entnahmegebiet vom neurovaskulären Bündel begrenzt. Zur Anästhesie des Spendergebiets sollte die Leitungsanästhesie mit einem adrenalinhaltigen Lokalanästhetikum am Foramen palatinum majus und am Foramen incisivum angewendet werden. Um zu verhindern, dass der Vasokonstriktor mit dem Transplantat mittransplantiert wird, sollte das Anästhetikum nicht direkt in die Gaumenschleimhaut an der Entnahmestelle selbst infiltriert werden. Mit einem Skalpell wird 2 mm von der marginalen Gingiva entfernt eine Inzision bis auf den Knochen angelegt, deren Länge vom Verwendungszweck des Transplantats bestimmt wird. Der Winkel der Klinge zum Knochen beträgt dabei 90°. Dann wird das Skalpell ungefähr auf 135° anguliert, und durch die erste Inzision hindurch wird unterminierend nach medial präpariert. Die Klinge wird vorwärts bewegt und dabei immer flacher gehalten, bis eine annähernd parallele Position des Skalpells zum Knochen erreicht wird. Um eine Perforation des bedeckenden Gewebes zu vermeiden, sollte die Position der Klinge von außen kontrolliert werden. Die Präparation wird solange fortgesetzt, bis das unterminierte Areal die Größe des benötigten Transplantats erreicht hat. Es dürfen keine vertikalen Inzisionen gemacht werden. Ziel dieses Vorgehens ist es, einen Mukosalappen mit einer

gleichmäßigen Dicke von 1 - 1,5 mm zu erhalten. Durch Inzisionen bis auf den Knochen an der mesialen, distalen und medialen Seite wird das Bindegewebstransplantat vom umgebenden Gewebe separiert. Das Transplantat kann entnommen werden, indem es mit einem Raspatorium vom Knochen gelöst wird (Abb. 8).

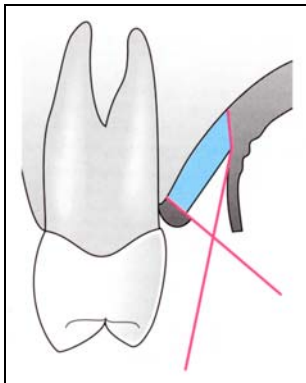


Abb. 8 Entnahme eines freien Bindegewebstransplantats aus dem harten Gaumen (Flemmig & Ehmke 1997)

Mit dieser Technik lassen sich Transplantatdicken zwischen 1,5 und 2,9 mm erreichen (Studer et al. 1997). Da nur eine Inzision an der Oberfläche gemacht und kein Epithel entnommen wurde, kann das verdrängte Gewebe leicht repositioniert und eine primäre Wundheilung erwartet werden. Die Naht erfolgt mit gekreuzten und parallelen horizontalen Umschlingungsnahten, um gleichzeitig die Lappenränder und das ganze unterminierte Spendergebiet zu fixieren. Eine Verbandsplatte ist nicht erforderlich. Eine Spülung mit Chlorhexidin 0,12% zweimal täglich wird empfohlen.

1.4.3.3 Befestigung des Transplantats

Edel (1974) legt das Transplantat auf die vorbereitete Empfängerstelle und verankert es mit atraumatischer Seide der Stärke 6-0. Dabei werden die von Sullivan und Atkins (1968a) erarbeiteten Prinzipien zur erfolgreichen Transplantation keratinisierter Schleimhaut angewendet. Es wird abschließend überprüft, dass der apikal verlagerte Lappen das Transplantat nicht stört. Ein Parodontalverband wird für eine Woche angebracht.

Bei der „*envelope*“ - Technik von Raetzke (1985) wird das Transplantat so in die zuvor präparierte Tasche eingebracht, dass es die komplette Rezession bedeckt. Mit einem Stück Gaze wird solange leichter Druck auf das Transplantat ausgeübt, bis die Blutung zum Stillstand gekommen ist und das Transplantat einen festen Sitz aufweist. Raetzke sichert das Transplantat dann mit Gewebekleber. Nähte werden nicht benötigt. Ein Parodontalverband wird für eine Woche angelegt.

Langer & Langer (1985) platzieren das Transplantat mit dem Epithel nach koronal über den freiliegenden Wurzeln und nähen es approximal am darunter liegenden Bindegewebe mit resorbierbarem Nahtmaterial der Stärke 4-0 fest. Der Mukosalappen der Empfängerstelle wird so nach koronal repositioniert, dass so viel wie möglich vom Transplantat bedeckt wird. Dabei soll aber nicht versucht werden, das Transplantat vollständig zu bedecken, wenn dies einen zu starken Zug auf das Vestibulum hervorrufen würde. Der Lappen wird in dieser Position mit Nähten fixiert und ein Parodontalverband angelegt.

Auch beim freien Bindegewebstransplantat hob Sonick (1992) die Notwendigkeit hervor, mit einer feuchten Gaze 5 min Druck auf das Transplantat auszuüben. Dies soll eine enge Adaptation des Transplantats zur Unterlage und zum bedeckenden Lappen gewährleisten und eine Hämatombildung zwischen dem Transplantat, dem Empfängerbett und/oder dem Lappen minimieren.

Langer & Calagna (1980, 1982) positionieren das Transplantat zur Kieferkammaugmentation in gewünschter Lage an der Empfängerstelle und vernähen das Transplantat mit resorbierbarem Nahtmaterial auf dem Bindegewebe, das den Knochen bedeckt. Der Mukosalappen wird über dem Transplantat reponiert und ebenfalls mit Nähten fixiert. Zur besseren Deckung kann der Lappen mobilisiert werden. Ein Verband ist optional.

1.4.4 Wundheilung

1.4.4.1 Empfängerstelle

Das freie Bindegewebstransplantat ist in seiner Ernährung vollständig vom Transplantatlager abhängig.

Edel (1974) beobachtete eine Woche nach der Verbreiterung der keratinisierten Gingiva mit einem freien Bindegewebstransplantat eine rot glänzende Oberfläche des Transplantats, die teilweise mit einem grauen Schorf bedeckt war. Zwei Wochen postoperativ war das Transplantat komplett epithelialisiert. Nach 4 Wochen wurde das Transplantat blasser, das Epithel war keratinisiert. Nach 6 Wochen zeigte sich das Transplantat normal und seiner Umgebung angepasst. Zwölf Wochen nach dem Eingriff war die Breite der gewonnenen keratinisierten Gingiva stabil, die Schrumpfung des Transplantats war beendet. Auch 6 Monate später zeigten sich stabile Verhältnisse und eine deutlich zu erkennende Grenze zwischen keratinisierter Gingiva und Alveolarmukosa an der neu geschaffenen Mukogingivallinie. Sechs bis acht Monate nach dem Eingriff gewonnene Biopsien zeigten histologisch regelgerecht entwickeltes Bindegewebe und keratinisiertes, normal strukturiertes Gingivaepithel mit gut entwickelten Reteleisten. Um das Transplantat herum war es zur Bildung von kollagenreichem Narbengewebe gekommen. Das Epithel über dem Narbengewebe entwickelte keine Reteleisten (Edel & Faccini 1977).

Donn (1978) untersuchte klinisch und histologisch die Wundheilung nach Transplantation von freiem Bindegewebe zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva. Sein Vorgehen an der Empfängerstelle war ähnlich dem von Edel (1974) (siehe 1.4.3.1). Das Transplantat wurde nicht mit dem präparierten Mukosalappen gedeckt, sondern der Granulation überlassen. Kein Patient berichtete von Komplikationen wie Schmerzen, Nachblutungen, Schwellung oder Beeinträchtigungen. Direkt nach der Transplantation hatte das Transplantat eine orange-gelbe Farbe und eine weiche Konsistenz. Im Lauf der ersten 4 Tage behielt es diese Farbe bei, das umgebende Gewebe entzündete sich. Histologisch war das Transplantat nach 4 Tagen mit einer Fibrinschicht bedeckt, oberflächlich kam es zur Nekrose. Akute und chronische

Entzündungszellen waren präsent. Am 7. Tag wirkte das Transplantat ödematös geschwollen, und die Entzündung bestand fort. Die Oberfläche war nekrotisch und mit Fibrin überzogen. Die epitheliale Basalzellschicht in den Randbereichen zeigte proliferative Aktivität. Nach 10 Tagen erschien das Transplantat noch leicht ödematös, aber glatt, als wäre es mit Epithel bedeckt gewesen. Die Ränder waren gerötet. Es war auf der Empfängerstelle unverschieblich befestigt. Die Basalzellschicht wanderte von den Rändern her auf die Transplantatoberfläche, und die Entzündungszellen darunter wurden weniger. Die tieferen Regionen des Transplantats über der Empfängerstelle schienen zu reifen. Vierzehn Tage postoperativ war das Transplantat rosa, von fester Konsistenz und sicher befestigt. Die Ränder waren noch leicht gerötet. Das Epithel war vollständig und zeigte eine Parakeratinisierung sowie flache Zapfen. Aktive Fibroblasten im Bindegewebe deuteten auf eine beginnende Organisation der Kollagenstruktur hin. Das Bindegewebe in den tieferen Schichten war weiter entwickelt als in den oberen. Am 20. Tag zeigte sich das Transplantat hellrosa, erhaben und nicht mehr entzündet. Die epithelialen Reteleisten gewannen an Tiefe, die Kollagenbündel des Bindegewebes reiften weiter. Es fanden sich noch aktive Fibroblasten. Nach 30 Tagen konnte eine zunehmende Dichte des Bindegewebes beobachtet werden. Das Epithel war dicker und seine Zapfen länger geworden. Entzündungszellen waren verschwunden. Neunzig Tage nach der Transplantation grenzte sich das Transplantat deutlich von der Alveolarmukosa ab. Es war hellrosa und fest mit seiner Unterlage verbunden. Das Epithel zeigte einen hohen Organisationsgrad mit ausgeprägten Reteleisten und orthokeratinisierter Oberfläche. Das Bindegewebe zeigte eine dichte und strukturierte Kollagenformation. Das Transplantat war ausgereift. Eineinhalb und vier Jahre später erschien das Transplantat leicht geschrumpft, Form und Farbe waren der umgebenden Gingiva ähnlich. Histologisch stellte sich ein normales, hoch organisiertes Gewebe dar.

Der Vorteil von Techniken, die das Transplantat an der Empfängerstelle subepithelial einbringen, liegt in der doppelten Blutversorgung, die durch das darunter liegende Bindegewebbett und den darüber liegenden Mukosalappen

gewährleistet wird. Vor allem bei Maßnahmen zur Rezessionsdeckung spielt dies eine entscheidende Rolle.

Raetzke (1985) machte bei Anwendung der „*envelope*“ - Technik folgende Beobachtungen bei der Wundheilung: Direkt dem Einbringen war das Transplantat blass und deutlich abgrenzbar. Am 5. Tag war es von einer gräulichen Schicht bedeckt. Einige rote Punkte auf der Transplantatoberfläche deuteten auf eine frühe Kapillareinsprossung hin. Nach 7 Tagen hatte das Transplantat ein leicht ödematös geschwollenes Aussehen mit einer glänzend glasigen Oberfläche. Entlang der Ränder und über das Transplantat verstreut sah man rötliche Bereiche. Bei leichtem Druck auf das Transplantat wurde es blass. Nahm man den Druck wieder weg, kam die rote Farbe wieder zurück. Dies spricht eindeutig dafür, dass eine initiale Revaskularisation stattgefunden hatte. Am 11. postoperativen Tag war die Epithelialisierung fast über das ganze Transplantat fortgeschritten. Einige rot glänzende Bereiche waren noch vorhanden. Nach 2 Wochen war das Transplantat komplett epithelialisiert. Es wirkte ein wenig aufgetrieben und war röter als seine Umgebung. Am 17. Tag war die Wundheilung weit fortgeschritten. Das Transplantat passte sich dem Nachbargewebe harmonisch an.

Werden die Hälfte bis zwei Drittel des Transplantats vom Lappen bedeckt, so ist dies genug, um das ganze Transplantat zu ernähren (Langer & Langer 1985).

Guiha et al. (2001) untersuchten am Beagle-Hund die Wundheilung und Revaskularisation von subepithelial eingebrachten Bindegewebstransplantaten zur Rezessionsdeckung. Sieben Tage nach der Operation fehlte dem Epithel des Lappens die Zapfenformation. Zwischen dem Transplantat und seinem umgebenden Gewebe fanden sich Fibringerinnsel, die in einem faserartigen Netzwerk Entzündungs- und Blutzellen enthielten. Die Blutgefäße der angrenzenden Gewebe waren dilatiert. Vor allem im Parodont und im Knochen konnten stark durchblutete Kapillaren beobachtet werden. Die Gefäße des Periosts, des Lappens und des Parodonts begannen in das Transplantat hinein zu wachsen. Wenn der Lappen das Transplantat komplett bedeckte, war das ganze Transplantat bereits nach 7 Tagen revaskularisiert. In den Fällen, wo der Lappen sich zurückgezogen hatte und nicht mehr das ganze Transplantat

bedeckt war, fanden sich im koronalen Anteil keine Gefäße an der Oberfläche. In die wurzelzugewandte Transplantatseite sprossen Gefäße aus dem Parodont ein. Der parodontale Gefäßplexus und der bedeckende Mukosalappen spielen bei der Revaskularisation von freien Bindegewebestransplantaten über freiliegenden Wurzeln eine bedeutende Rolle. Nach 14 Tagen charakterisierte dicht organisiertes und gut durchblutetes Granulationsgewebe die Zone zwischen dem Transplantat und dem Lappen und zwischen dem Transplantat und dem Periost. Viele Fasern und Zellen sprachen für eine feste Verbindung zwischen Transplantat und Nachbarschaft. Wo sich ein Hämatom gebildet hatte, waren Fasern und Zellen seltener, und die Einsprossung von Kapillaren wurde behindert. Die Integration des Transplantats war verzögert. An anderen Stellen konnte der Übergang zum Transplantat schon nicht mehr unterschieden werden. Ein Saumepithel hatte sich noch nicht gebildet. Die Durchblutung verringerte sich in diesem Stadium wieder, und die Kapillaren waren nicht mehr so stark dilatiert. Das Transplantat war komplett vaskularisiert. Achtundzwanzig Tage postoperativ hatte sich das Sulkus- und das Saumepithel gebildet. Die Reteleisten des Lappenepithels waren kurz und stumpf. Der Übergang vom Transplantat zu den Nachbargeweben war nicht mehr erkennbar. Das Bindegewebe war aus gut organisierten Bündeln dicker Kollagenfasern zusammengesetzt. Die verschiedenen Gefäßplexus waren wieder entwickelt, auch die Mikrovaskularisation von Lappen und Transplantat war fast wieder normal. Nach 60 Tagen hatte das Epithel in allen Regionen eine normale Gestalt mit entsprechender Form und Dicke. Das Bindegewebe war sehr gut organisiert und wies dichte ausgereifte Kollagenfaserbündel auf. Auch die Gefäßstruktur war ausgereift.

1.4.4.2 Entnahmestelle

Entscheidend, ob es nach der Entnahme eines freien Bindegewebestransplantats zur primären oder zur sekundären Wundheilung kommt, ist die Entnahmetechnik. Techniken, bei denen Epithel mit entnommen wird, hinterlassen einen Teil der Entnahmestelle unbedeckt und ziehen automatisch im Bereich der Epithelentnahme eine sekundäre Wundheilung

nach sich, weil sich Mukosalappen am Gaumen zur Deckung des entstandenen Epitheldefekts nicht ausreichend mobilisieren lassen. In diesem Bereich wird der Patient zwangsläufig Beschwerden haben.

Eine primäre Wundheilung ist nur bei glattrandigen Wunden mit lückenlos aneinander liegenden Wundrändern möglich. Grundsätzlich werden bei der primären Wundheilung die selben Phasen durchlaufen wie bei der sekundären (siehe 1.3.4.2), da aber der zu schließende Defekt nur minimal ist, ist der Ablauf viel schneller (ungefähr 7 Tage).

Edel (1974) berichtete von einer ereignislosen Wundheilung bei Verwendung der Entnahmetechnik 2 (siehe 1.4.3.2). Bei Verwendung der Methode 1 (siehe 1.4.3.2) kam es jedoch zu unterschiedlich ausgeprägter Degeneration der bedeckenden Mukosalappen begleitet von deutlichen Schmerzen für die Patienten über 7 - 12 Tage.

Donn (1978) erreichte bei Wundheilungsuntersuchungen zum freien Bindegewebestransplantat an der Entnahmestelle eine primäre Wundheilung durch primäre Deckung des Defekts (Entnahmetechnik entsprechend Methode 2 nach Edel, siehe 1.4.3.2). Er berichtete von einer frühen Heilung mit geringen Beschwerden für den Patienten, auch ohne Parodontalverband. Nach einem Monat erschien die Entnahmestelle klinisch verheilt, und die ursprüngliche Schleimhautdicke war wieder erreicht. Eine erneute Transplantatentnahme an dieser Stelle war möglich.

Raetzke (1985) berichtete bei seiner Entnahmetechnik (siehe 1.4.3.2) von ereignisloser Wundheilung. Die kleine Wunde war nach einer Woche geschlossen und der Komfort des Patienten gewährleistet. Obwohl Raetzke einen Streifen Epithel mitentnahm, ging er von einer primären Wundheilung aus.

Jahnke et al. (1993) entnahmen Bindegewebestransplantate über einen Falltürlappen, ähnlich der Entnahmetechnik 1 nach Edel (siehe 1.4.3.2), und versorgten die Entnahmestelle mit einer Verbandsplatte, ohne den Lappen zu vernähen. Die Patienten klagten bis zu 18 Tage über Beschwerden an der Entnahmestelle. Bei 6 von 10 Patienten kam es 7 - 10 Tage postoperativ zur teilweisen oder kompletten Nekrose des Lappens.

Beim Vergleich zweier Entnahmetechniken (siehe 1.4.3.2) kam Harris (1997) zu dem Erkenntnis, dass bei der Mukotommethode, die eine primäre Defektdeckung ermöglichen sollte, der Mukosalappen, der die Entnahmestelle bedeckte, während der ersten Tage stark schrumpfte. Teile nekrotisierten. So unterlag ein Großteil des Wundbereichs der sekundären Wundheilung (siehe 1.3.4.2). Die Patienten klagten in diesem Fall über Wundschmerzen an der Entnahmestelle. Da bei der Parallelinzisionsmethode Epithel mitentnommen wurde, wurde im Bereich der Epithelentnahme kein primärer Wundverschluss und keine primäre Wundheilung erreicht. Auch wenn es nach Harris teilweise zu einer sekundären Wundheilung kam, war die Entnahmestelle unabhängig davon, ob die Mukotom- oder die Parallelinzisionsmethode verwendet worden war, nach 4 Wochen komplett epithelialisiert und die Patienten waren beschwerdefrei.

Hürzeler & Weng (1999) erreichten mit ihrer Ein-Schnitt-Entnahmetechnik eine primäre Wundheilung. Sie setzten keinen Epitheldefekt und gewährleisteten mit einer einzigen Inzision an der Oberfläche eine gute Blutversorgung des Lappens, so dass sie bereits nach einer Woche klinisch sehr gut verheilte Entnahmestellen beobachten konnten.

Lorenzana & Allen (2000) beschrieben eine Entnahmetechnik, die der von Hürzeler & Weng (1999) entspricht. Sie betonten, dass bei der Ein-Schnitt-Technik durch den primären Wundverschluss die Heilung gegenüber den anderen Entnahmetechniken deutlich beschleunigt, die Gefahr postoperativer Komplikationen gesenkt und der Komfort des Patienten verbessert wurde.

Del Pizzo et al. (2002) verglichen die Wundheilung am Gaumen nach Entnahme von Transplantaten mittels drei verschiedener operativer Verfahren: freies Schleimhauttransplantat, freies Bindegewebsstransplantat über einen Falltürlappenzugang und freies Bindegewebsstransplantat mit der Ein-Schnitt-Technik. Sie stellten fest, dass bei Anwendung der Ein-Schnitt-Entnahmetechnik die Reepithelialisation am schnellsten verlief (2 - 3 Wochen), weniger Nachblutungen auftraten, die Sensibilität an der Entnahmestelle schneller wieder zurückkehrte und die Patienten weniger über postoperative Schmerzen und Beeinträchtigungen beim Essen berichteten. Aber auch bei der

Ein-Schnitt-Technik kam es häufig zur teilweisen Nekrose des Lappens an der Entnahmestelle.

1.5 Problemstellung

Das freie Schleimhauttransplantat und das freie Bindegewebsstransplantat haben gemeinsam, dass es neben der Empfängerstelle, die das Transplantat aufnehmen soll, auch eine Entnahmestelle gibt. Zur Entnahme des Transplantates ist also gleichzeitig ein zweiter chirurgischer Eingriff, meist am harten Gaumen, notwendig. Die Wundheilung an der Empfängerstelle ist seit Einführung der Transplantattechniken ein viel untersuchtes Thema in der Literatur. Unzählige Studien dazu sind veröffentlicht worden. Das Schicksal der Transplantatentnahmestelle hingegen ist noch wenig untersucht, obwohl die Entnahmestelle dem Patienten sehr unangenehme und häufig langanhaltende, schmerzhaft Beschwerden verursacht. Nach Entnahme freier Schleimhauttransplantate unterliegt der entstandene Defekt der sekundären Wundheilung. Zur Entnahme freier Bindegewebsstransplantate werden einige Techniken beschrieben, die möglichst eine primäre Wundheilung an der Entnahmestelle ermöglichen sollen und den Patienten weit weniger belasten als die Entnahme freier Schleimhauttransplantate. Eine mögliche Komplikation nach der Entnahme eines freien Schleimhauttransplantats ist die Nekrose des belassenen Bindegewebes. Auch bei minimalinvasiver Entnahmetechnik eines freien Bindegewebsstransplantats kann es zur Nekrose des Mukosalappens kommen (vgl. Edel 1974; siehe 1.4.4.2). In beiden Fällen wäre dann also freiliegender Knochen Ausgang der Wundheilung. Pedlar (1985) beschreibt in einer Veröffentlichung die an einem Selbstversuch gewonnenen Erkenntnisse zu postoperativen Empfindungen und zum Wundheilungsverlauf nach Exzision eines Mukoperiostlappens mit Denudation des Knochens aus dem Gaumen. Die massiven Beschwerden und Schmerzen, die ihn über zwei Monate hinweg beeinträchtigten, geben Anlass, die Wundheilung an der Entnahmestelle näher zu untersuchen.

Ziel dieser Studie ist es deshalb, den Heilungsverlauf der Entnahmestelle im harten Gaumen nach Entnahme von freien Schleimhauttransplantaten und freien Bindegewebsstransplantaten unter Denudation des Knochens histologisch und histometrisch näher zu beschreiben.

2 Material und Methode

Diese Untersuchung wurde vom Animal Welfare Committee des Health Science Center der University of Texas-Houston genehmigt und gemäß den Guidelines for Care and Use of Laboratory Animals der National Institutes of Health durchgeführt.

2.1 Versuchstiere und Tierhaltung

Verwendet wurden 12 männliche ausgewachsene Langschwanzmakaken (*Macaca fascicularis*) mit einem Gewicht von 6 - 7 kg. Die Tiere wurden einzeln in Drahtkäfigen im Dental Branch Vivarium des Health Science Centers an der University of Texas at Houston gehalten. Sie bekamen täglich handelsübliches Futter (Purina Monkey Chow D-25, Ralston-Purina Co., St. Louis/MO, USA) und frische Früchte. Wasser stand nach Belieben zur Verfügung.

2.2 Chirurgisches Vorgehen

Für die Operationen wurden die Tiere mit Ketaminhydrochlorid (100 mg/ml, 10 mg/kg Körpergewicht, intramuskuläre Injektion) sediert und anschließend intubiert. Die Narkose wurde mit Isoflurangas aufrechterhalten. Zusätzlich wurde im Operationsgebiet lokal 2%iges Xylocain mit Adrenalin 1:50000 infiltriert, um die Blutung zu reduzieren.

Im harten Gaumen wurde einseitig zwischen dem Eckzahn und dem zweiten Molaren ein rechteckiges freies Schleimhauttransplantat nach konventioneller Technik entnommen (ungefähr 30 x 10 mm groß und 1 - 1,5 mm tief). Zunächst wurde das geplante Transplantat umschnitten. Die Inzisionen wurden auf ca. 1,5 mm vertieft und die Ecken überschnitten. Dann wurde das Skalpell möglichst parallel zur Epithelfläche in die paramarginale Inzision eingeführt, ein Mukosalappen abpräpariert und das Transplantat entnommen.

Anschließend wurde jeweils an der selben Stelle aus dem zurückgelassenen Bindegewebe auch noch ein freies Bindegewebstransplantat gewonnen. Hierzu wurden die bereits bestehenden Inzisionen bis zum Knochen vertieft, das

Bindegewebe mit einem Raspatorium vom Knochen abgelöst und das Transplantat entnommen, so dass an der Entnahmestelle denudierter Knochen zurückblieb.

Die freien Schleimhauttransplantate und freien Bindegewebestransplantate wurden am jeweils selben Tier im Rahmen weiterer Studien, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, verwendet.

Während der ersten zwei Wochen *post operationem* wurden alle Wundflächen jeden zweiten Tag mit Chlorhexidin gespült. Nach diesen zwei Wochen wurde für den Rest der Studie ein Mundhygieneprogramm eingeführt. Jeden zweiten Tag wurden die Zähne geputzt und Chlorhexidin wurde appliziert. Es wurde nur weiches Futter gegeben.

Nach 2 Wochen, 1 Monat, 3 Monaten und 6 Monaten wurden jeweils drei Tiere getötet.

2.3 Resektatentnahme

Die Tiere wurden unter Allgemeinanästhesie durch Ausbluten getötet. Die Anästhesie erfolgte wie zuvor beschrieben. Nach Kanülierung der Arteriae carotides communes wurden die Arteriae femorales mit einem Skalpell durchtrennt. Sofort wurde manuell physiologische Kochsalzlösung langsam durch die Kanülen in die Karotiden injiziert. Die Blutgefäße des Kopfes wurden mit ca. 150 ml Kochsalzlösung pro Seite gespült und mit 10%igem Formalin, das ebenfalls durch die Karotiden perfundiert wurde, fixiert.

Nach der Fixation wurden aus den Maxillae kleinere Blöcke entnommen, die die zu untersuchenden Strukturen enthielten. Zusätzlich wurde bei drei Tieren von der kontralateralen Gaumenseite ein nichtoperiertes Kontrollresektat entnommen.

2.4 Histologische Aufbereitung

Die entnommenen Blöcke wurden mit Ameisensäure dekalzifiziert und in Paraffin eingebettet. Mit dem Mikrotom wurden 7 µm dicke Schnitte aus der Defektmitte in sagittaler Ebene angefertigt, jeweils 12 konsekutive Schnitte

nach bukkal und 12 nach palatinal. Die Präparate wurden auf Objektträger aufgezogen und mit Hämatoxylin und Eosin (HE) gefärbt.

2.5 Histologische Untersuchung

Da einige Präparate Artefakte aufwiesen (Knicke, Überlagerungen) und bei direkt aufeinander folgenden Schnitten keine histologisch signifikanten Unterschiede zu erkennen waren, wurden die Schnittserien in Gruppen zu drei Schnitten unterteilt und der jeweils beste dieser drei Schnitte zur weiteren Auswertung ausgewählt. So wurden pro Untersuchungsstelle acht Schnitte zur weiteren Analyse verwendet, vier in bukkaler und vier in palatinaler Richtung. Die Operationspräparate der jeweiligen Untersuchungszeitpunkte wurden mit Bezug auf den Wundheilungsverlauf nach folgenden Kriterien histologisch beschrieben:

- Subjektiver Wundheilungsfortschritt
- Entzündungszustand
- Zustand/Reaktion des Knochens
- Zustand/Reaktion des Bindegewebes
- Zustand/Reaktion des Epithels
- Sonstige auffällige Besonderheiten

Die Kontrollpräparate wurden im Hinblick auf Zustand des Epithels, des Bindegewebes und des Knochens beschrieben. Auch sonstige auffällige Besonderheiten wurden dokumentiert.

Dazu wurde ein Lichtmikroskop (Metalloplan, Leitz, Wetzlar, Deutschland) verwendet, das mit verschiedenen Objektiven (2,5x, 4x, 10x, 16x, 25x) ausgerüstet war.

2.6 Histometrische Analyse

Die bei der histologischen Begutachtung (siehe 2.5) ausgewählten Schnitte wurden auch histometrisch analysiert. Die verschiedenen Parameter, die bei den Operationspräparaten vermessen wurden, soll Abb. 9 veranschaulichen:

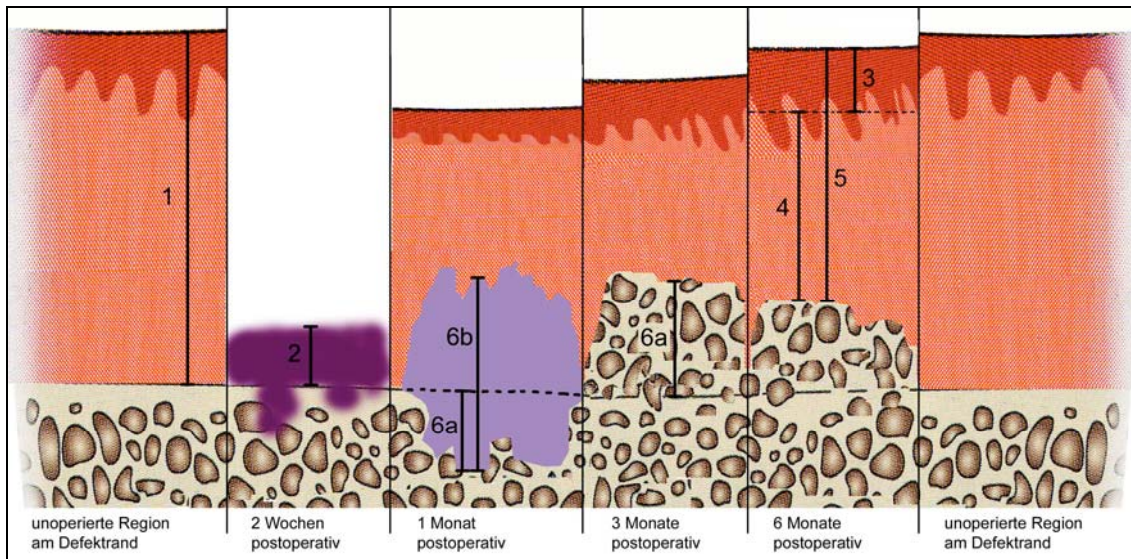


Abb. 9 Definition der gemessenen Parameter anhand einer schematischen Darstellung zum Wundheilungsverlauf. Genaue Erklärung im Text.

- Defekttiefe, vom knöchernen Gaumen bis zur epithelialen Begrenzung (1).
- Dicke des Granulationsgewebes über dem knöchernen Gaumen (2).
- Epitheldicke, von einer Linie, die entsprechend der Verzahnung des Epithels mit dem darüber liegenden Bindegewebe gemittelt wurde, bis zur Epitheloberfläche (3).
- Dicke des Bindegewebes, vom knöchernen Gaumen bis zu oben beschriebener Linie (4).
- Gesamtdicke des neugebildeten Weichgewebes, vom knöchernen Gaumen bis zur Epitheloberfläche (5).
- Resorption/Hyperplasie des Knochens auf der defektzugewandten Seite, vom rekonstruierten ehemaligen Knochniveau bis zur aktuellen Lage des stabil entwickelten Knochens (6a).
- Bei aktiver Knochenproliferation zusätzlich die Dicke des osteoiden, noch nicht mineralisierten Knochens, von der Begrenzung des stabil entwickelten Knochens bis zur Grenze des osteoiden Knochens zum Bindegewebe (6b).

Die Defekttiefe wurde durch Messung der Weichgewebsdicke an der dem Defekt direkt benachbarten unoperierten Region ermittelt. Die anderen Parameter wurden jeweils in der Mitte des Defektes vermessen.

Bei den Kontrollpräparaten wurden die Dicke des Epithels und des Bindegewebes und die Gesamtdicke der Weichgewebe in analoger Weise analysiert.

Die Vermessung erfolgte am Computer (Pentium III, 650 MHz, 256 MB RAM) mit dem Programm Image Tool (UTHSCSA Image Tool for Windows, Version 2.02, The University of Texas Health Science Center in San Antonio). Hierzu wurden die Schnitte bei 2,5facher Vergrößerung mit Hilfe einer am Lichtmikroskop angebrachten und mit dem Computer verbundenen Kamera (Panasonic Colour CCTV Camera, Modell WV-CL 500, Matsushita Communication Industrial Co. Ltd, Japan) eingescannt.

2.7 Statistik

Die acht histologischen Schnitte von jedem Präparat wurden für jeden Parameter zu einem Mittelwert für jedes Präparat, d.h. für jeden Affen, zusammengefasst. Die Werte der drei Affen in jeder Zeitgruppe wurden gemittelt, so dass ein Mittelwert \pm Standardabweichung für jede der vier Zeitgruppen berechnet werden konnte. Aufgrund der geringen Anzahl ($n=3$) pro Zeitgruppe wurde nur eine deskriptive Statistik angefertigt ohne vergleichende Tests.

3 Ergebnisse

3.1 Histologische Beobachtungen

3.1.1 Testpräparate

3.1.1.1 2 Wochen postoperativ

Zwei Wochen nach der Transplantatentnahme zeigten die Testpräparate in der Übersichtsvergrößerung eindeutig begrenzte Entnahmestellen. Die ursprüngliche Schleimhautdicke war noch nicht wieder erreicht. Im Defektbereich war viel Detritus und Fibrin zu erkennen. Entzündungszellen infiltrierten die angrenzenden Gewebe. Über dem Knochen stellte eine dünne Schicht Granulationsgewebe den Beginn der Proliferationsphase der Wundheilung dar. Die Gestalt der Wundränder ließ auf eine vorangegangene Kontraktion schließen. Von den Wundrändern her begann eine auf die Knochenoberfläche gerichtete Neubildung des Epithels (siehe Abb. 10).

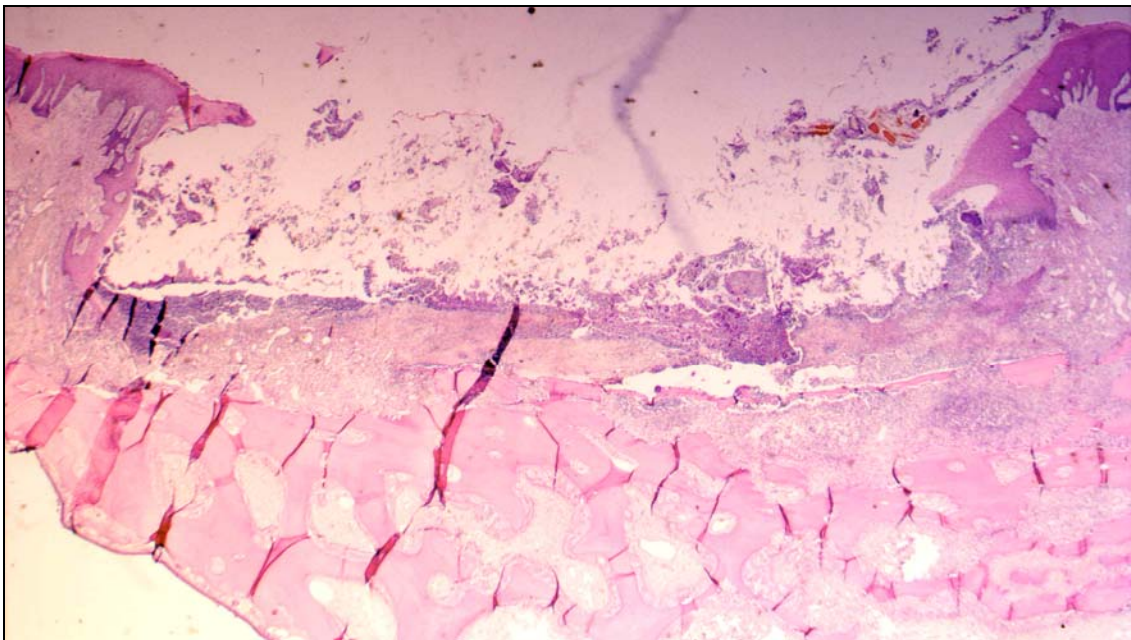


Abb. 10 Übersichtsaufnahme 2 Wochen postoperativ (Affe 67-44; Vergr. 3,2x; HE)

Bei Betrachtung der Grenzfläche Defekt/Knochen unter zunehmender Vergrößerung fiel in den spongiosen Räumen eine starke Infiltration mit

Entzündungszellen (v.a. polymorphkernige neutrophile Granulozyten) und eine ausgeprägte Aktivität von Osteoklasten und Osteoblasten auf. Die Oberfläche des Knochens, die ursprünglich die Grenze zwischen Knochen und Gaumenschleimhaut darstellte, wurde an vielen Stellen von den Markräumen her durch Osteoklasten resorbiert. Dadurch kam es zur Eröffnung der darunter gelegenen Markräume (Abb. 11).

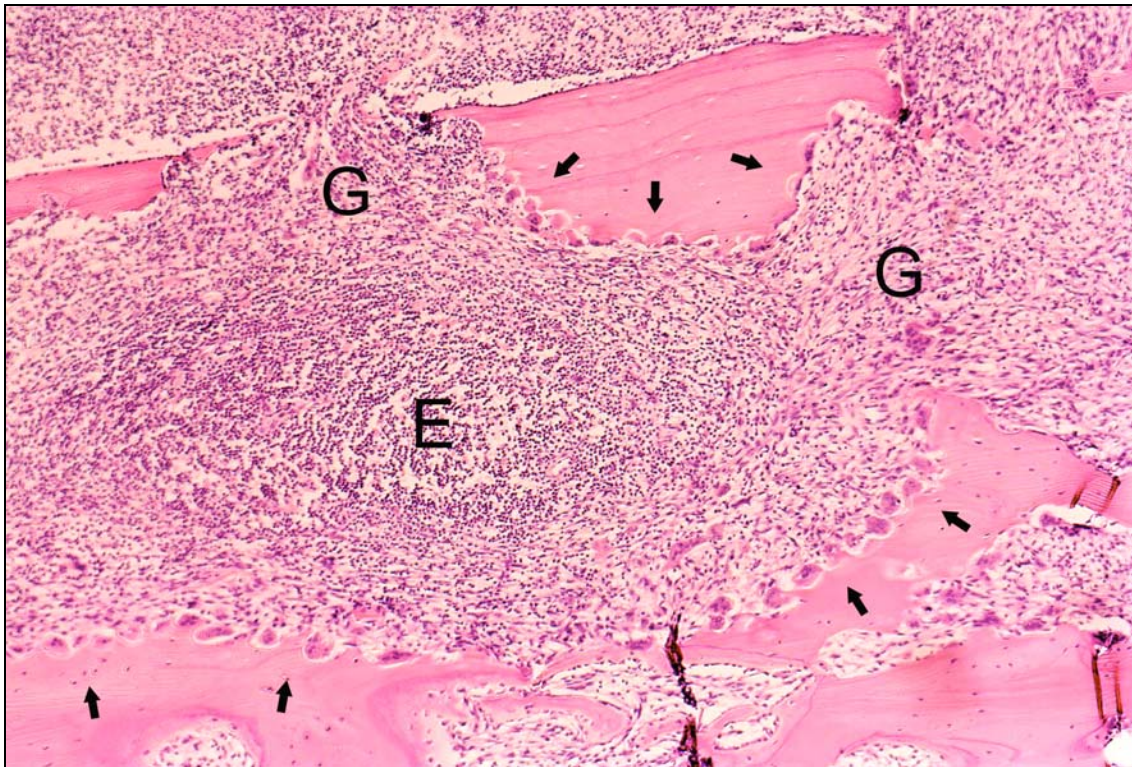


Abb. 11 Detailaufnahme 2 Wochen postoperativ (Affe 67-44; Vergr. 20x; HE). Man sieht die Resorption des Knochens (Pfeile) durch Osteoklasten, die in ausgeprägten Howship-Lakunen liegen. Im eröffneten Markraum sind Entzündungszellen (E) und die Proliferation von Granulationsgewebe (G) durch die Öffnungen im Knochen heraus Richtung Defekt zu erkennen.

Während so die oberflächlichen, dem Defekt zugewandten Knochenstrukturen resorbiert wurden, war tiefer im Knochen gleichzeitig eine Proliferation des Knochens an den defektabgewandten Wänden der Markräume zu beobachten. Der Knochen schien sich dem oberflächlichen Entzündungsprozess gegenüber abzumauern. Aus den eröffneten Markräumen des Knochens und von den Wundrändern her proliferierten Fibroblasten und Kapillaren in den Defekt hinein und füllten ihn mit stark vaskularisiertem Granulationsgewebe auf (Abb. 11 und Abb. 12).

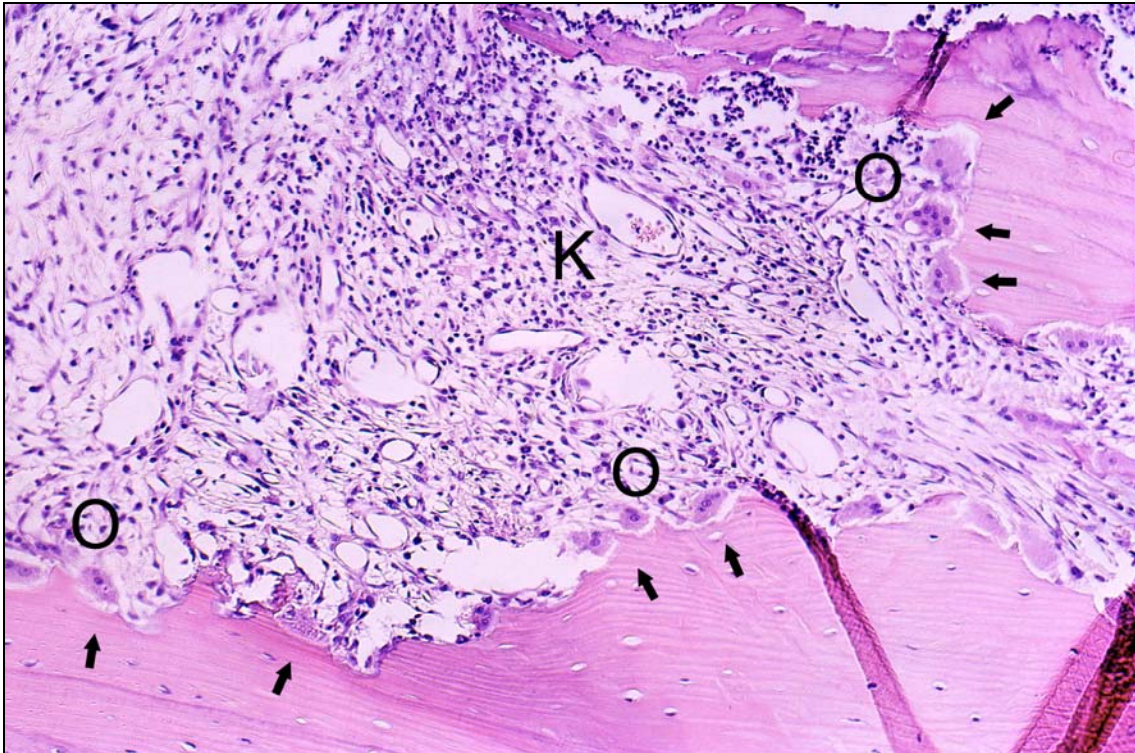


Abb. 12 Detailaufnahme 2 Wochen postoperativ (Affe 67-44; Vergr. 40x; HE). Man sieht die Resorption des Knochens durch Osteoklasten (O), die in ausgeprägten Howship-Lakunen (Pfeile) liegen. Im so eröffneten Markraum ist die Proliferation von Fibroblasten und Kapillaren (K) zu erkennen.

Der Wundheilungsfortschritt war zum Zeitpunkt 2 Wochen von Affe zu Affe unterschiedlich. Während bei einem Versuchstier noch Knochen frei lag und sich Granulationsgewebe nur dort schon gebildet hatte, wo der Knochen durch Resorption bereits eröffnet war, war bei einem anderen Tier in einigen Schnitten der Defekt schon komplett mit Granulationsgewebe bedeckt, fast durchgehend epithelialisiert, und das Granulationsgewebe begann schon sich zu Bindegewebe zu organisieren.

3.1.1.2 1 Monat postoperativ

Einen Monat nach der Transplantatentnahme waren die Entnahmestellen in der Übersichtsvergrößerung klar zu erkennen. Die ursprüngliche Schleimhautdicke war bei den meisten Präparaten wieder erreicht. Über dem Knochen konnte zwischen einer Epithel- und einer Bindegewebsschicht unterschieden werden. Drüsen- oder Fettzellen hatten sich bisher nicht wieder gebildet. Im defektzugewandten Bereich des Knochens fiel eine schwammartige Struktur auf, die auf eine Knochenneubildung schließen ließ. Das Epithel, das sich von den Wundrändern her regenerierte, war größtenteils wieder geschlossen und meist parakeratinisiert. Die Reteleisten des Epithels waren unregelmäßig, streckenweise kurz und streckenweise überlang. Teilweise fehlten sie ganz. Bei einigen Schnitten war in der Mitte des Defekts noch stark vaskularisiertes Granulationsgewebe ohne Epithelbedeckung vorzufinden. Entzündungszellen wurden in Bereichen, wo das Epithel noch nicht vollständig war, und im Bindegewebe als vereinzelte Zellinseln gefunden. Im Knochen waren die Entzündungszellen verschwunden (Abb. 13).

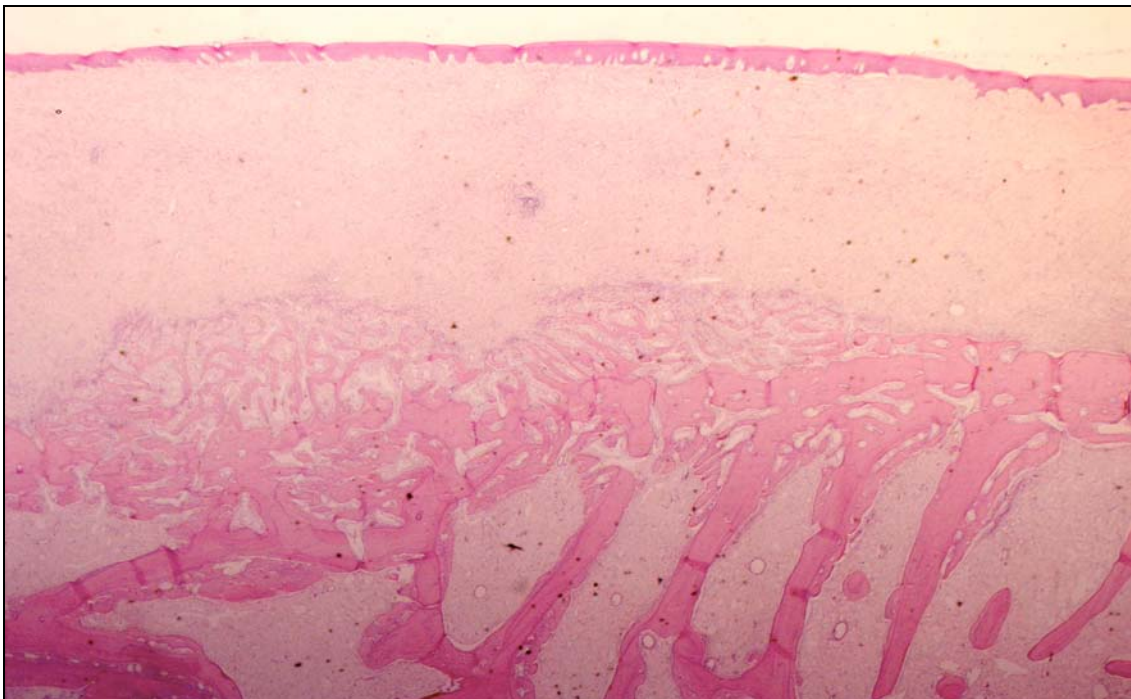


Abb. 13 Übersichtsaufnahme 1 Monat postoperativ (Affe 67-497; Vergr. 3,2x; HE)

Bei stärkerer Vergrößerung zeigte sich in den Bereichen des Knochens, die zu Beginn der Wundheilung resorbiert worden waren, eine massive Proliferation des Knochens, die das ursprüngliche Knocheniveau überschritt. Dieser Vorgang stellte sich als wachsendes Trabekelwerk von osteoiden, noch nicht mineralisierten Knochenbalken und stark durchbluteten, mit Osteoblasten ausgekleideten Bindegewebsstraßen dar, das sich über dem ursprünglichen Knochen auftürmte. Zum Bindegewebe hin war dieses Netzwerk von einem Saum Osteoblasten überzogen. Im Inneren der Knochentrabekel wurden die Osteoblasten zunehmend eingemauert (Abb. 14).

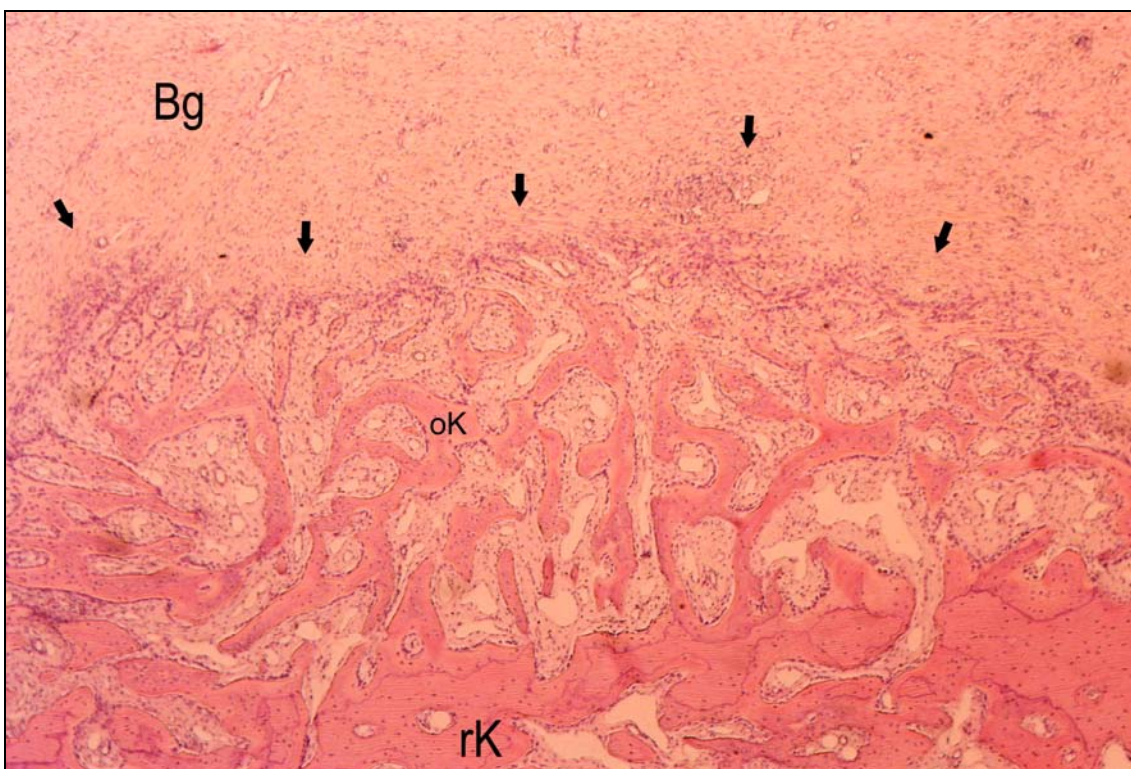


Abb. 14 Detailaufnahme 1 Monat postoperativ (Affe 67-497; Vergr. 20x; HE). Über dem ursprünglichen, reifen Knochen (rK) sieht man eine Knochenproliferation in Richtung Bindegewebe (Bg). Das Trabekelwerk aus osteoiden, noch nicht mineralisierten Knochenbalken (oK) wird vom Osteoblasten-Saum (Pfeile) gebildet. Zwischen den Osteoidbälkchen finden sich zahlreiche Anschnitte kleiner Gefäße.

Im Bindegewebe dominierte dichtes, teils parallel zu Knochen und Epithel orientiertes, teils netzartig strukturiertes Kollagen, das mit vielen aktiven Fibroblasten durchsetzt war. Bei einem Präparat waren zunehmend pyknotische und inaktive Fibroblasten zu finden. Das Bindegewebe zeigte eine steigende Differenzierung. Eine Lamina propria und eine Submukosa waren

jedoch noch nicht unterscheidbar. Dort, wo noch Granulationsgewebe zu finden war, war das Gewebe noch stark vaskularisiert. Die Vaskularisation des Bindegewebes wurde wieder geringer. Unterhalb des Epithels begann sich ein subepithelialer Gefäßplexus zu bilden, dessen Kapillarschlingen in den Papillarkörper einstrahlten. Aus den Bereichen des Knochens, wo Proliferation und Umbau stattfand, sprossen viele kleine Gefäße aus dem Knochen in das Bindegewebe ein.

Die Unterschiede im Wundheilungsfortschritt zwischen den einzelnen Affen waren zum 1-monatigen Untersuchungszeitpunkt nur gering.

3.1.1.3 3 Monate postoperativ

Drei Monate nach der Transplantatentnahme waren die Entnahmestellen in der Übersichtsvergrößerung klar zu erkennen. Die ursprüngliche Schleimhautdicke war bei allen Präparaten wieder erreicht. Drüsen- oder Fettzellen hatten sich bisher nicht wieder gebildet. Entzündungszellen waren überall verschwunden. Das Epithel war geschlossen und meist orthokeratinisiert. Rugae hatten sich bisher nicht wieder entwickelt. Die Reteleisten des Epithels waren unregelmäßig, streckenweise kurz, streckenweise überlang und teilweise fehlten sie ganz. Im Bindegewebe ließen sich allmählich zwei Schichten erkennen: Direkt unter dem Epithel eine Lamina propria mit dicht gepacktem Kollagen, darunter eine Submukosa, die in ihrer Struktur aufgelockerter war und Anschnitte größerer Blutgefäße enthielt. Der Knochen zeigte im Bereich der Entnahmestelle eine Hyperplasie, die über das ursprüngliche Knochenniveau hinaus reichte. Die Knochenoberfläche war zerklüftet (Abb. 15).

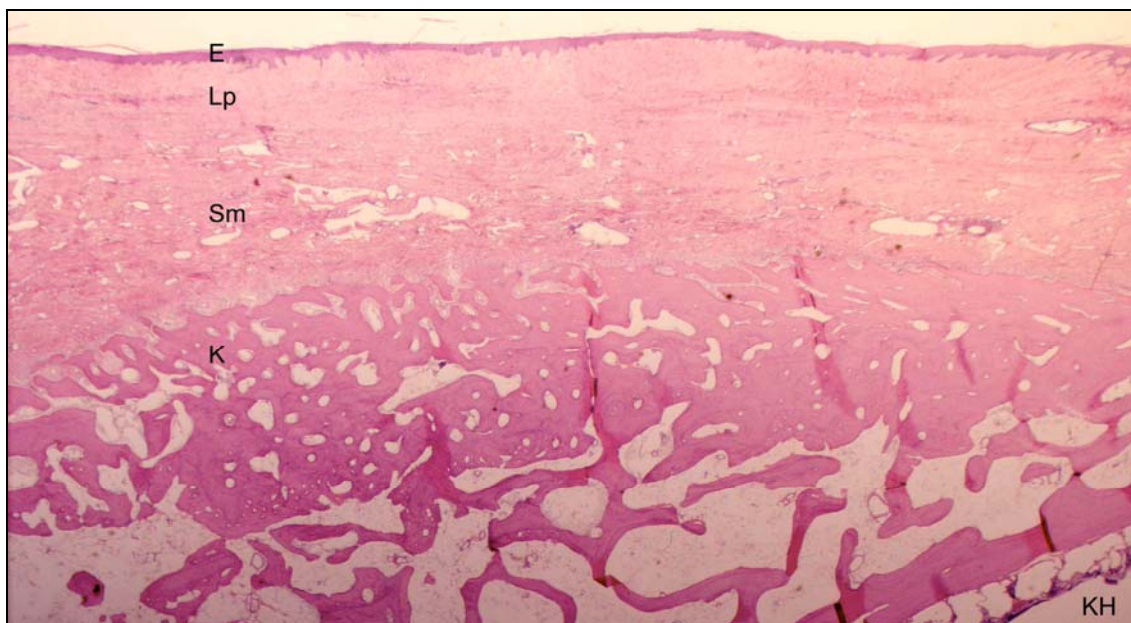


Abb. 15 Übersichtsaufnahme 3 Monate postoperativ (Affe 107-1110; Vergr. 3,2x; HE). Epithel (E), Lamina propria (Lp), Submukosa (Sm), Knochen (K) mit deutlicher Hyperplasie. Rechts unten ist die Kieferhöhle (KH) angeschnitten.

Bei Betrachtung unter stärkerer Vergrößerung waren die Kollagenfasern der Lamina propria und der Submukosa zueinander senkrecht und gleichzeitig parallel zum Knochen orientiert. Die Fibroblasten zwischen den Kollagenfasern

wurden weniger und ihr Aussehen zunehmend pyknotisch. In der Lamina propria bildete sich ein subepithelialer Gefäßplexus, dessen Kapillarschlingen in den Papillarkörper einstrahlten. In der Submukosa entwickelte sich ebenfalls ein Gefäßplexus. In den hyperplastischen Bereichen des Knochens traten viele kleine Gefäße durch verwundene Kanäle aus dem Knochen in die Submukosa ein und anastomosierten mit dem submukösen Gefäßplexus. Der hyperplastische Knochen zeigte kaum noch proliferative Aktivität. Die Osteoblasten wurden in dem reifenden Knochen eingemauert und zunehmend inaktiv. Die Hyperplasie begann sich zu stabilisieren (Abb. 16).

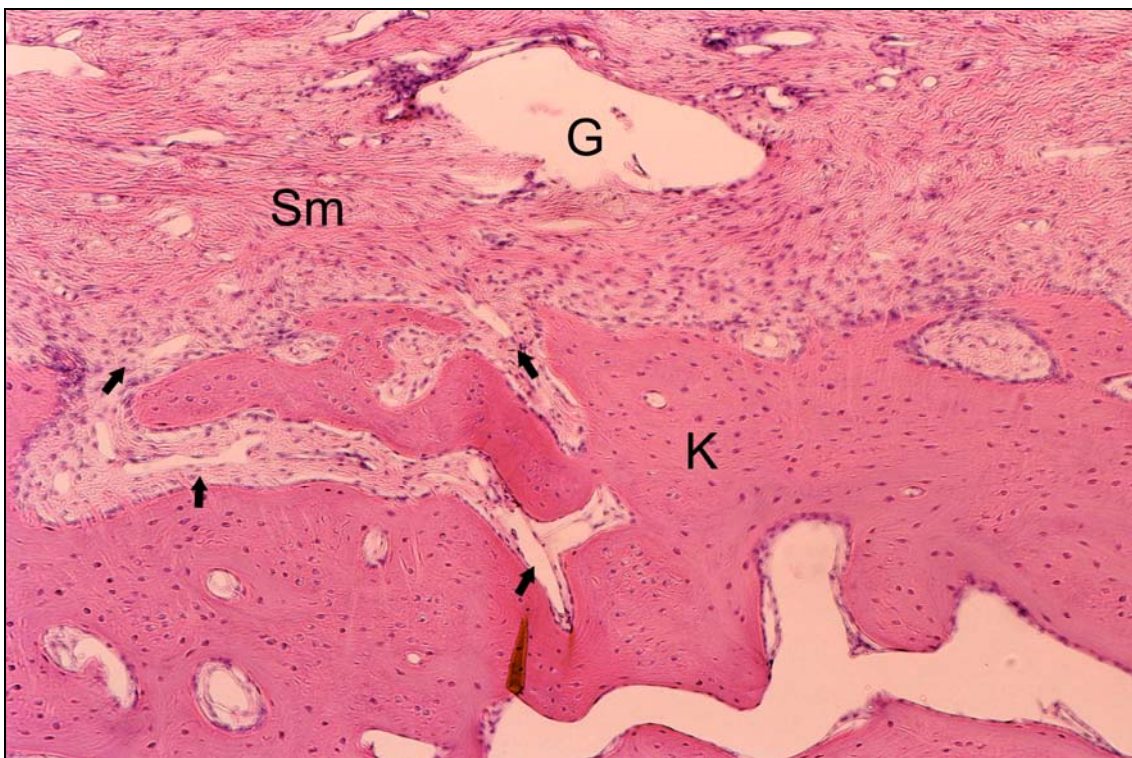


Abb. 16 Detailaufnahme 3 Monate postoperativ (Affe 107-1110; Vergr. 20x; HE). In der Submukosa (Sm) ist ein Gefäß (G) des submukösen Gefäßplexus angeschnitten. Im Knochen (K) sieht man eingemauerte Osteoblasten und die Anschnitte kleiner Gefäße, die durch den Knochen ziehen. Durch Kanäle im Knochen treten zwei kleine Gefäße in die Submukosa aus (Pfeile).

Unterschiede im Wundheilungsfortschritt zwischen den einzelnen Affen waren zum 3-monatigen Untersuchungszeitpunkt kaum noch feststellbar.

3.1.1.4 6 Monate postoperativ

Sechs Monate nach der Transplantatentnahme waren die Entnahmestellen in der Übersichtsvergrößerung noch zu differenzieren. Die ursprüngliche Schleimhautdicke war bei allen Präparaten erreicht. Drüsen- oder Fettzellen hatten sich bisher nicht wieder gebildet. Entzündungszellen waren überall verschwunden. Das Epithel war geschlossen, gleichmäßig dick und orthokeratinisiert. Die Reteleisten des Epithels waren zwar schon gleichmäßiger und weiter entwickelt als zum 3-monatigen Untersuchungszeitpunkt, im Vergleich zu den nicht operierten Kontrollen waren sie aber noch unregelmäßig, streckenweise kurz, streckenweise überlang und fehlten teilweise ganz. Im Bindegewebe manifestierte sich die Schichtung in Lamina propria und Submukosa. In der Lamina propria, der ersten Schicht unter dem Epithel, dominierte straffes, dicht gepacktes und parallel zum Knochen orientiertes Kollagen. Die tiefer gelegene Submukosa war in ihrer Struktur aufgelockerter und enthielt Anschnitte größerer Blutgefäße. Die Kollagenfasern der Submukosa zeigten eine netzartige Anordnung. Das Aussehen der Fibroblasten zwischen den Kollagenfasern beider Schichten war pyknotisch und glich eher dem von Fibrozyten. Ihre Anzahl war gegenüber den früheren Untersuchungszeitpunkten stark verringert. Die Mikroarchitektur der Vaskularisation war wieder normal. Ein subepithelialer Gefäßplexus, dessen Kapillarschlingen in den Papillarkörper einstrahlten, und ein submuköser Gefäßplexus, der mit Gefäßen aus dem Knochen kommunizierte, hatten sich wieder ausgebildet. Der Knochen zeigte im Bereich der Entnahmestelle eine stabile Hyperplasie, die über das ursprüngliche Knochenniveau hinaus reichte. Die Knochenoberfläche war glatt und geschlossen. Unter dieser dichten oberflächlichen Knochenschicht entwickelten sich wieder Markräume. Durch den Knochen durchtretende Gefäße wurden weniger, dafür dicker im Durchmesser. Die ehemals aktiven Osteoblasten waren alle als Osteozyten im Knochen eingemauert (Abb. 17).

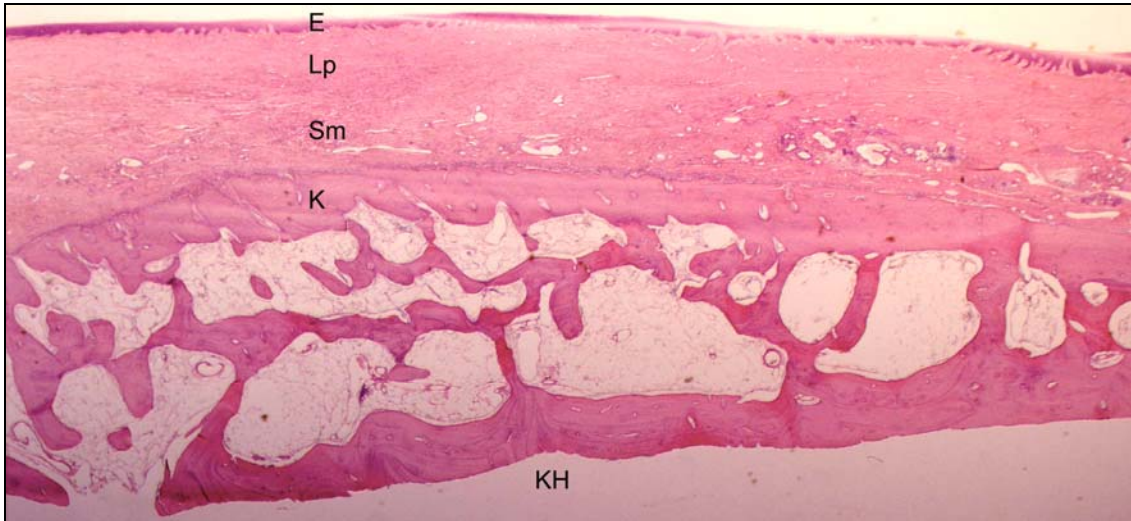


Abb. 17 Übersichtsaufnahme 6 Monate postoperativ (Affe 107-676; Vergr. 3,2x; HE). Epithel (E), Lamina propria (Lp), Submukosa (Sm), Knochen (K) mit Hyperplasie. Unten ist die Kieferhöhle (KH) angeschnitten.

Der Wundheilungsfortschritt zwischen den einzelnen Affen zeigte zum 6-monatigen Untersuchungszeitpunkt kaum Unterschiede. Als einziger Unterschied fielen bei einem Affen regelmäßige Erhebungen des Epithels auf, die auf die beginnende Wiederausbildung von Rugae schließen ließen (Abb. 18).



Abb. 18 Übersichtsaufnahme 6 Monate postoperativ (Affe 107-1089; Vergr. 3,2x; HE). Epithel (E) mit regelmäßigen Erhebungen (Pfeile), Lamina propria (Lp), Submukosa (Sm), Knochen (K) mit Hyperplasie. Unten ist die Kieferhöhle (KH) angeschnitten.

Nach 6 Monaten erfüllte das neu gebildete Gewebe die Kriterien von hochdifferenziertem Narbengewebe. Eine *restitutio ad integrum* fand nicht statt.

3.1.2 Kontrollpräparate

Die Kontrollpräparate zeigten ein gleichmäßiges, orthokeratinisiertes Epithel mit Rugae. Die Reteleisten des Epithels waren regelmäßig. Eine Differenzierung des Bindegewebes in Lamina propria und Submukosa war deutlich zu erkennen. In der Lamina propria dominierte straffes, dicht gepacktes und parallel zum Knochen orientiertes Kollagen. Im Bereich des Papillarkörpers hatte die Lamina propria eine aufgelockertere Struktur mit netzartig orientiertem Kollagen und zahlreichen Fibroblasten. Kleine Gefäße des subepithelialen Gefäßplexus, dessen Kapillarschlingen in den Papillarkörper einstrahlten, durchzogen diesen Bereich. In der Submukosa waren Fettgewebe und kleine Speicheldrüsen in ein lockeres Netzwerk aus Kollagenfasern eingebettet. Anschnitte von Speichelausführungsgängen, Nerven und Gefäßen des submukösen Gefäßplexus und des palatinalen Gefäß-Nerven-Bündels waren anzutreffen (Abb. 19).

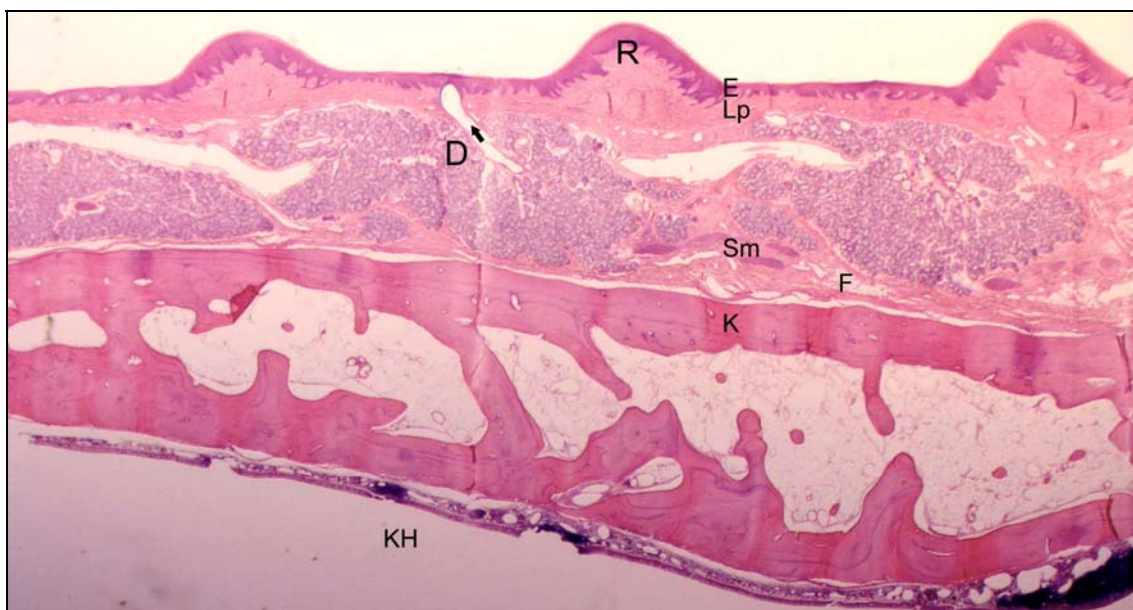


Abb. 19 Übersichtsaufnahme Kontrolle (Affe 107-1089; Vergr. 3,2x; HE). Epithel (E) Rugae (R), Lamina propria (Lp), Submukosa (Sm), Knochen (K). In der Submukosa sind Fettgewebe (F) und Drüsengewebe (D) mit einem Speichelausführungsgang (Pfeil) eingelagert. Unten ist die Kieferhöhle (KH) angeschnitten.

Der Knochen grenzte mit einer glatten, geschlossenen Kompaktaschicht an die Schleimhaut. Darunter erstreckten sich ausgedehnte Markräume. Blutgefäße

traten in regelmäßigen Abständen aus dem Knochen in die Submukosa ein. Durch lange, mäandrische Kanäle im Knochen waren Anastomosen zwischen Gefäßen der Schleimhaut des Sinus maxillaris und der Gaumenschleimhaut zu beobachten. Aktive Osteoblasten und Osteoklasten wurden nicht beobachtet. Zwischen den einzelnen Kontrollpräparaten variierte das Vorkommen und die Verteilung von Fett- und Drüsengewebe und das Verhältnis von Weichgewebs- und Knochendicke teils erheblich.

3.2 Histometrische Analyse

3.2.1 Defekttiefe

Die Defekttiefen betragen durchschnittlich knapp 2 mm. Sie spiegeln die ursprüngliche Dicke des Weichgewebes vor dem Eingriff wider. Sie bewegten sich zwischen minimal 1,21 mm und maximal 2,68 mm. Diese Dickenschwankungen entsprachen den individuellen anatomischen Unterschieden der einzelnen Versuchstiere (Tabelle 1).

Tabelle 1 Defekttiefe

Zeitraum	Affe	Mittlere Defekttiefe (in mm)	Mittelwert \pm Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	2,68	1,92 \pm 0,74
	107-656	1,21	
	107-674	1,88	
1 Monat	57-108	1,46	1,65 \pm 0,56
	57-132	1,22	
	67-497	2,28	
3 Monate	107-675	1,80	1,99 \pm 0,19
	107-1110	1,98	
	107-1111	2,18	
6 Monate	107-676	1,92	1,97 \pm 0,05
	107-684	2,03	
	107-1089	1,95	
Kontrolle	-	-	-

3.2.2 Dicke des Granulationsgewebes

Granulationsgewebe war zum Untersuchungszeitpunkt 2 Wochen messbar. Seine mittlere Dicke betrug 0,30 mm. Bei den Präparaten 1, 3 und 6 Monate postoperativ konnte kein Granulationsgewebe mehr gemessen werden (Tabelle 2).

Tabelle 2 Dicke des Granulationsgewebes

Zeitraum	Affe	Mittlere Dicke des Granulationsgewebes (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,60	0,30 ± 0,29
	107-656	0,02	
	107-674	0,28	
1 Monat	57-108	0,00	0,00 ± 0,00
	57-132	0,00	
	67-497	0,00	
3 Monate	107-675	0,00	0,00 ± 0,00
	107-1110	0,00	
	107-1111	0,00	
6 Monate	107-676	0,00	0,00 ± 0,00
	107-684	0,00	
	107-1089	0,00	
Kontrolle	-	-	-

3.2.3 Epitheldicke

Zwei Wochen nach der Transplantatentnahme konnte bei einem Affen eine dünne Epithelschicht von 0,05 mm gemessen werden, bei den anderen beiden hatte sich zu diesem Zeitpunkt noch kein Epithel gebildet. Im weiteren Wundheilungsverlauf stieg die mittlere Epitheldicke 1 Monat postoperativ auf 0,27 mm an, ging nach 3 Monaten auf Werte um 0,13 mm zurück und stabilisierte sich nach 6 Monaten auf diesem Niveau. Bei den Kontrollpräparaten wurde ebenfalls eine mittlere Epitheldicke um 0,13 mm gemessen (Tabelle 3).

Tabelle 3 Epitheldicke

Zeitraum	Affe	Mittlere Epitheldicke (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,00	0,02 ± 0,03
	107-656	0,05	
	107-674	0,00	
1 Monat	57-108	0,49	0,27 ± 0,19
	57-132	0,17	
	67-497	0,15	
3 Monate	107-675	0,14	0,13 ± 0,02
	107-1110	0,14	
	107-1111	0,10	
6 Monate	107-676	0,15	0,14 ± 0,01
	107-684	0,13	
	107-1089	0,14	
Kontrolle	67-497	0,15	0,13 ± 0,02
	107-1110	0,12	
	107-1089	0,13	

3.2.4 Dicke des Bindegewebes

Zu Beginn der Wundheilung (2 Wochen) wurde bei einem Affen eine dünne Bindegewebsschicht von 0,50 mm gemessen werden. Bei den anderen beiden hatte sich zu diesem Zeitpunkt noch kein Bindegewebe gebildet. Im weiteren Wundheilungsverlauf stieg die mittlere Dicke des Bindegewebes 1 Monat postoperativ auf 1,79 mm an, sank nach 3 Monaten auf Werte um 1,68 mm und nach 6 Monaten auf Werte um 1,42 mm ab. Bei den Kontrollpräparaten wurde eine mittlere Dicke des Bindegewebes um 1,53 mm gemessen (Tabelle 4).

Tabelle 4 Dicke des Bindegewebes

Zeitraum	Affe	Mittlere Dicke des Bindegewebes (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,00	0,17 ± 0,29
	107-656	0,50	
	107-674	0,00	
1 Monat	57-108	1,87	1,79 ± 0,59
	57-132	1,16	
	67-497	2,33	
3 Monate	107-675	1,53	1,68 ± 0,14
	107-1110	1,81	
	107-1111	1,69	
6 Monate	107-676	1,26	1,42 ± 0,30
	107-684	1,77	
	107-1089	1,23	
Kontrolle	67-497	1,75	1,53 ± 0,34
	107-1110	1,14	
	107-1089	1,70	

3.2.5 Gesamtdicke des Weichgewebes

Die mittlere Gesamtdicke der Weichgewebe betrug nach 2 Wochen 0,49 mm. Sie wuchs nach 1 Monat auf 2,06 mm an und ging nach 3 Monaten auf 1,80 mm und nach 6 Monaten auf 1,56 mm zurück. Bei den Kontrollpräparaten wurde eine mittlere Gesamtdicke des Weichgewebes von 1,66 mm gemessen (Tabelle 5).

Tabelle 5 Gesamtdicke des Weichgewebes

Zeitraum	Affe	Mittlere Gesamtdicke des Weichgewebes (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,60	0,49 ± 0,18
	107-656	0,57	
	107-674	0,28	
1 Monat	57-108	2,36	2,06 ± 0,64
	57-132	1,32	
	67-497	2,48	
3 Monate	107-675	1,67	1,80 ± 0,14
	107-1110	1,95	
	107-1111	1,79	
6 Monate	107-676	1,40	1,56 ± 0,30
	107-684	1,90	
	107-1089	1,37	
Kontrolle	67-497	1,90	1,66 ± 0,35
	107-1110	1,26	
	107-1089	1,83	

Die Entwicklung der Weichgewebe bei der Wundheilung zeigte folgende Tendenz: Nach einer anfänglichen Anlaufphase (Untersuchungszeitpunkt 2 Wochen) begannen die Gewebe sich zu regenerieren und neigten zu überschießendem Wachstum (Untersuchungszeitpunkt 1 Monat). Im weiteren Verlauf schrumpften die Gewebe (Untersuchungszeitpunkt 3 Monate) und erreichten nach 6 Monaten eine Weichgewebsdicke, die knapp unter der der Kontrollpräparate zurückblieb. Diese Entwicklung soll Abb. 20 veranschaulichen.

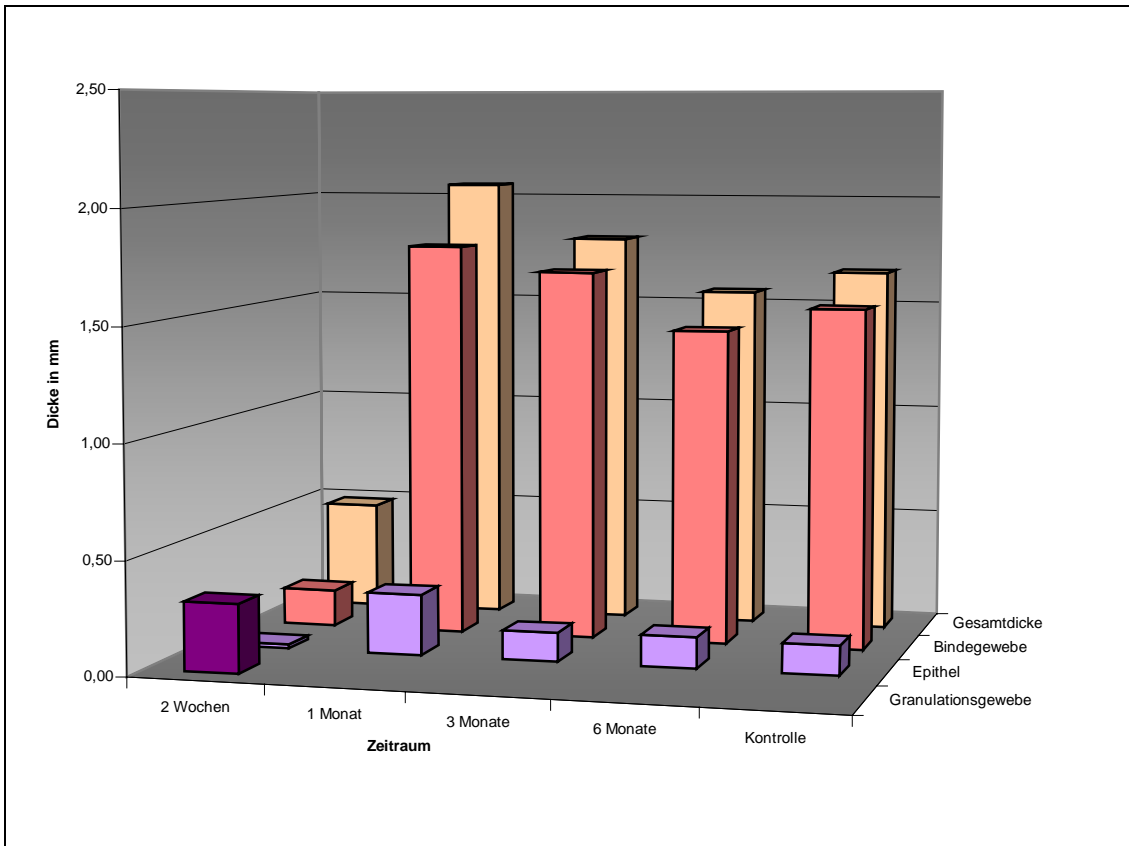


Abb. 20 Übersicht über die Entwicklung der Weichgewebe während der Wundheilung

3.2.6 Lage des Knochenniveaus und Dicke des osteoiden Knochens

Zwei Wochen nach der Transplantatentnahme stellte sich das Knochenniveau histometrisch unverändert dar. Nach 1 Monat wurde eine mittlere Resorption des stabilen Knochens um -0,53 mm gemessen. Drei Monate postoperativ zeigte der reife Knochen eine mittlere Hyperplasie von 0,63 mm über dem präoperativen Knochenniveau. Nach 6 Monaten ging diese Hyperplasie wieder zurück und betrug noch 0,48 mm (Tabelle 6).

Tabelle 6 Lage des Knochenniveaus

Zeitraum	Affe	Mittleres Knochenniveau (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,00	0,00 ± 0,00
	107-656	0,00	
	107-674	0,00	
1 Monat	57-108	-0,64	-0,53 ± 0,10
	57-132	-0,48	
	67-497	-0,48	
3 Monate	107-675	0,58	0,63 ± 0,05
	107-1110	0,66	
	107-1111	0,67	
6 Monate	107-676	0,79	0,48 ± 0,42
	107-684	0,00	
	107-1089	0,65	
Kontrolle	-	-	-

Parallel zur Niveauentwicklung des stabilen Knochens konnte zum Untersuchungszeitpunkt 1 Monat die Bildung von osteoidem, noch nicht mineralisiertem Knochen über dem stabilen Knochen beobachtet werden. Die mittlere Dicke dieses osteoiden Knochens betrug 0,81 mm. Zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt konnte kein osteoider Knochen gemessen werden (Tabelle 7).

Tabelle 7 Dicke des osteoiden Knochens

Zeitraum	Affe	Mittlere Dicke des Osteoids (in mm)	Mittelwert ± Standardabweichung (in mm)
2 Wochen	67-44	0,00	0,00 ± 0,00
	107-656	0,00	
	107-674	0,00	
1 Monat	57-108	0,61	0,81 ± 0,35
	57-132	0,60	
	67-497	1,21	
3 Monate	107-675	0,00	0,00 ± 0,00
	107-1110	0,00	
	107-1111	0,00	
6 Monate	107-676	0,00	0,00 ± 0,00
	107-684	0,00	
	107-1089	0,00	
Kontrolle	-	-	-

Den zeitlichen Ablauf der Entwicklung der Hartgewebe während der Wundheilung und die Abfolge von Resorption und Proliferation des Knochens soll Abb. 21 veranschaulichen.

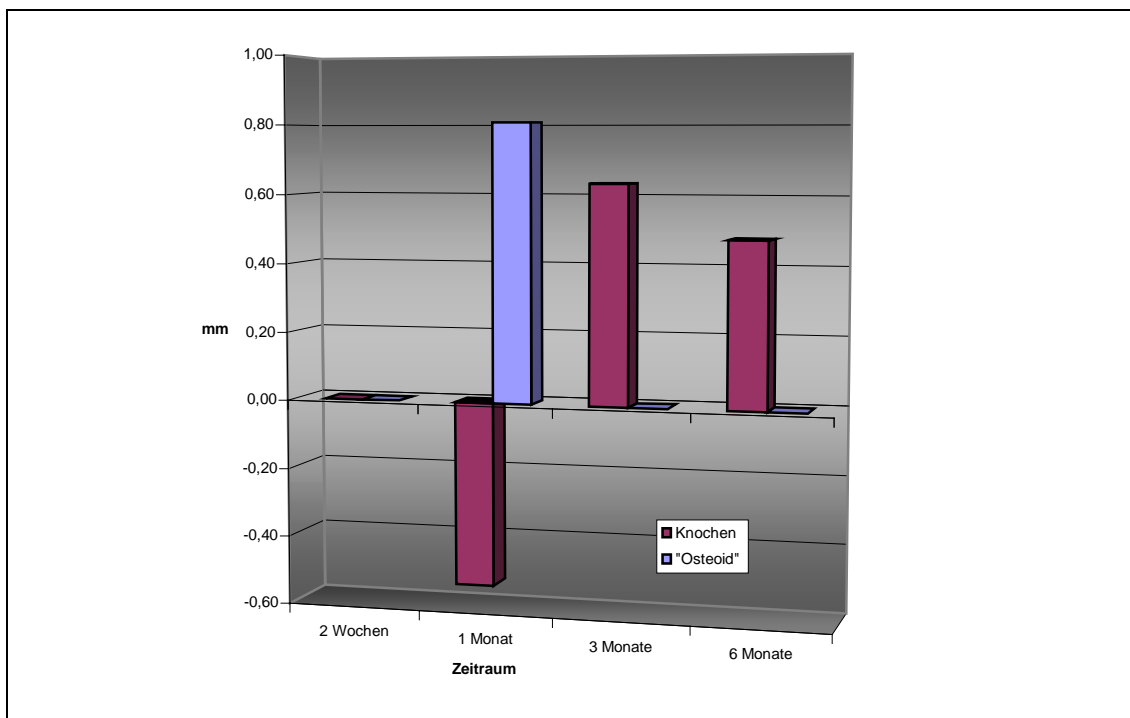


Abb. 21 Übersicht über die Entwicklung der Hartgewebe während der Wundheilung

4 Diskussion

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten freier Schleimhaut- und Bindegewebstransplantate in der Parodontologie, Perioprothetik und Implantologie erweitern heute deutlich das Behandlungsspektrum in der ästhetisch geprägten Zahnmedizin. Die Einheilung der Transplantate an der Empfängerstelle ist inzwischen gut untersucht. Dem Wundheilungsverlauf der Entnahmestelle hingegen wurde bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Ziel dieser Studie war es, den Heilungsverlauf der Entnahmestelle im harten Gaumen nach Entnahme von freien Schleimhauttransplantaten und freien Bindegewebstransplantaten unter Denudation des Knochens histologisch und histometrisch näher zu beschreiben.

Für Wundheilungsstudien ist ein Tiermodell unumgänglich. Abgesehen davon dass es aus ethischen Gründen undenkbar ist, den Menschen als Versuchsobjekt zu verwenden, ist es nur im Tierversuch möglich, mit standardisierten Versuchsabläufen zu arbeiten, unoperierte Kontrollpräparate zu erhalten und eine kontrollierte quantitative histologische Analyse durchzuführen. Vergleichbare und aussagekräftige Ergebnisse sind deshalb durch einen Tierversuch zuverlässig zu erlangen (Caton et al. 1994).

Die Untersuchungen wurden an ausgewachsenen Langschwanzmakaken (*Macaca fascicularis*) durchgeführt. Diese Primatenart ist dem Menschen phylogenetisch sehr ähnlich. Im Vergleich zu allen anderen nicht-menschlichen Primaten sind die histologischen und immunologischen Eigenschaften, die orale Physiologie und Anatomie und die parodontale Wundheilung der Langschwanzmakaken dem Menschen am nächsten. Die gesunde Gingiva eines Affen und eines Menschen ist klinisch und histologisch nicht zu unterscheiden. Deshalb ist die Verwendung der Langschwanzmakaken in der Parodontalchirurgie ein etabliertes und weit verbreitetes Tiermodell (Weinberg & Bral 1999, Caton et al. 1994).

Durch Entnahme eines freien Schleimhauttransplantats und eines freien Bindegewebstransplantats an der selben Stelle entsprach die Operationstechnik der klassischen Exzision eines Mukoperiostlappens von 10 x 30 mm Größe. Es blieb freiliegender Knochen zurück. Dieses Vorgehen

entspricht nicht den üblichen Techniken zur Entnahme freier Schleimhauttransplantate (siehe 1.3.3.1). Auf dem Knochen bleibt normalerweise eine Bindegewebsschicht zurück. Eine mögliche Komplikation bei üblicher Entnahmetechnik stellt die Nekrose des verbliebenen Bindegewebes dar. Ausgangspunkt der Wundheilung wäre dann freiliegender Knochen. Seibert (1983) beschrieb eine Technik zur Kieferkammaugmentation mit vollschichtigen freien Schleimhauttransplantaten, bei der die Wundheilung der Entnahmestelle wie in dieser Studie vom denudierten Knochen ausgeht. Zur Entnahme freier Bindegewebstransplantate kommen ebenfalls gewebeschonendere Techniken zum Einsatz (siehe 1.4.3.2). Bereits Edel (1974) und Donn (1978) erkannten, dass eine primäre Deckung des Defekts an der Entnahmestelle die beste Wundheilung ermöglicht und den Patientenkomfort am wenigsten beeinträchtigt. Bei der Technik nach Hürzeler & Weng (1999) wird nur eine einzige oberflächliche Inzision angelegt und kein Epithel entnommen, um eine primäre Wundheilung zu erreichen. Ein solches minimalinvasives Vorgehen stellt sicherlich die beste Voraussetzung für eine komplikationslose primäre Wundheilung dar. Die Nekrose des verbliebenen Mukosalappens stellt jedoch auch hier eine mögliche Komplikation dar, die zur Denudation des Knochens führt und dem Patienten über Wochen starke Beschwerden verursacht (vgl. Edel 1974; Langer & Langer 1985; Pedlar 1985; Raetzke 1985; Jahnke et al. 1993; Harris 1997; Del Pizzo et al. 2002).

Die Entwicklung von Granulationsgewebe, Epithel und Bindegewebe und die Veränderungen des Knochens wurden 2 Wochen, 1 Monat, 3 Monate und 6 Monate postoperativ histometrisch gemessen. Über den Entzündungszustand, die Differenzierung der Gewebe und den Wundheilungsfortschritt wurde berichtet. Dazu wurden nach 2 Wochen, 1 Monat, 3 Monaten und 6 Monaten jeweils drei Tiere getötet.

Die statistische Aussagekraft ist bei $n=3$ zwar eingeschränkt und eine zeitlich enger abgestufte Untersuchung der Wundheilung wäre wünschenswert, aber Affen sind in der Anschaffung und Haltung teuer. Auch der Umgang mit diesen wilden und potenziell infektiösen Tieren ist schwierig. Aus ethischer Sicht ist es ebenfalls erstrebenswert, die Zahl der Versuchstiere gering zu halten. Deshalb

musste ein Kompromiss zwischen einer möglichst hohen Aussagekraft der Studie und den damit verbundenen Kosten und Schwierigkeiten eingegangen werden.

Der Heilungsprozess der Gaumenschleimhaut folgte den bekannten Phasen der Wundheilung: Entzündung, Bildung von Granulationsgewebe, Reepithelialisierung, Differenzierung und Remodellation des Narbengewebes. Dass der Wundheilungsprozess der Gaumenschleimhaut erwartungsgemäß nach allgemeinen Wundheilungsprinzipien abläuft, zeigte auch Cornelissen et al. (1999) an Ratten.

Zwei Wochen nach Denudation des Knochens konnten im Defektbereich Detritus- und Fibrinansammlungen über einer dünnen Schicht Granulationsgewebe, das sich über dem Knochen gebildet hatte, beobachtet werden. Der Knochen war mit Entzündungszellen infiltriert. Osteoklasten resorbierten die Knochenoberfläche im Defektbereich. Aus den eröffneten Markräumen proliferierten Fibroblasten und Kapillaren in den Defekt. Von den Defekträndern her begann die Bildung neuen Epithels.

Einen Monat postoperativ war das Epithel größtenteils geschlossen. Die Reteleisten waren irregulär. Die Schleimhautdicke war fast wieder erreicht. Das Bindegewebe begann sich zu differenzieren. Eine Lamina propria und eine Submukosa konnten noch nicht unterschieden werden. Drüsen- und Fettzellen wurden nicht gefunden. Der Knochen zeigte eine deutliche Proliferation in den Defekt hinein.

Drei Monate nach dem Eingriff entsprach die Dicke der Schleimhaut wieder ungefähr dem Ausgangszustand. Die Reteleisten des Epithels waren noch unregelmäßig. Im Bindegewebe war eine beginnende Schichtung in Lamina propria und Submukosa mit zunehmender Orientierung der Kollagenfasern zu erkennen. Der Knochen zeigte eine Hyperplasie.

Nach 6 Monaten Heilung begannen die Reteleisten des Epithels auszureifen. Die Schichtung des Bindegewebes in Lamina propria und Submukosa wurde deutlicher. Drüsen- und Fettzellen hatten sich bis dahin nicht wieder ausgebildet. Die Knochenhyperplasie persistierte. Bei einem Affen deutete die Morphologie des Epithels auf die Wiederausbildung von Rugae hin.

Die Angaben zum benötigten Heilungszeitraum nach Transplantatentnahme am Gaumen sind in der Literatur uneinheitlich. Möchte man diese histologischen Beobachtungen nach Entnahme eines Mukoperiostlappens am Affen mit den klinischen Beobachtungen einiger Autoren (Adcock & Spence 1984; Donn 1978; Edel 1974; Kramer & Pollack 1982; Pedlar 1985; Raetzke 1985; Seibert 1983; Hürzeler & Weng 1999; Lorenzana & Allen 2000; Del Pizzo et al. 2002) nach Entnahme von freien Schleimhauttransplantaten und Bindegewebsstransplantaten am Menschen vergleichen, bedarf es zunächst der Klärung wesentlicher Unterschiede. Am Menschen wurden andere, teils schonendere Operationstechniken verwendet. Nur bei Seibert (1983) und bei Pedlar (1985) wurde Knochen bewusst exponiert. Ein Vergleich von Beobachtungen am Affen und am Menschen ist nicht uneingeschränkt möglich. Der Vergleich von histologischen und klinischen Beobachtungen ist schwierig und nur möglich, wenn man den histologischen Ergebnissen ein klinisches Korrelat zuordnet. Die klinische Beobachtung ist außerdem stark vom subjektiven Eindruck des Behandlers abhängig. Denkbar wäre eine Korrelation der Aussage „klinisch verheilt“ mit der histologischen Beobachtung „Epithel geschlossen und ursprüngliche Schleimhautdicke fast wieder erreicht“. Diese Beobachtung entspricht ungefähr unseren Ergebnissen nach einem Monat. Jene Autoren sprechen nach einem Zeitraum von einer Woche bis einem Monat komplikationsloser Heilung von „klinisch verheilt“. Man kann also mit Einschränkungen sagen, dass die von uns am Affen beobachtete und die am Menschen beschriebene Wundheilung innerhalb der gleichen zeitlichen Größenordnung abläuft.

Hürzeler & Weng (1999), Lorenzana & Allen (2000) und Del Pizzo et al. (2002) verwendeten zur Entnahme freier Bindegewebsstransplantate eine minimalinvasive Technik mit nur einer oberflächlichen Inzision. Bis die Entnahmestellen klinisch verheilt waren, geben die Autoren Zeiträume zwischen ein und zwei Wochen an (bei Wundheilungskomplikationen bis zu 3 Wochen). Die Wundheilung verläuft nach Transplantatentnahme mit der Ein-Schnitt-Technik offensichtlich schneller als nach Anwendung herkömmlicher Entnahmetechniken. Dies liegt daran, dass durch die minimalinvasive

Vorgehensweise an der Entnahmestelle weniger Traumata gesetzt werden und eine vorhersagbare primäre Deckung des Defekts erreicht werden kann.

Edel (1974), Pedlar (1985) und Seibert (1983) beobachteten, dass die Wundheilung nach Denudation des Knochens klinisch bis zu 4 Wochen länger dauerte, als wenn Gewebe auf dem Knochen belassen wurde. Dies unterstützt die Vermutung, dass die Exposition von Knochen zu deutlichen Wundheilungsverzögerungen führt. Grund hierfür scheint neben der Tatsache, dass ein größerer Defekt regeneriert werden muss, vor allem die entzündliche Reaktion im Knochen zu sein. Pedlar machte in seinem Fallbericht eine Ostitis und nicht eine Entzündung der Mukosa für die langanhaltenden, starken Schmerzen und die Wundheilungsverzögerung verantwortlich. Die Entzündungsreaktion war in seinem Fall so ausgeprägt, dass nach 5 Wochen ein Knochensequester abgestoßen wurde und eine Reepithelialisierung erst nach 8 Wochen zu beobachten war. Ausgeprägte Entzündungsreaktionen, verbunden mit deutlichem Umbau der Architektur des Knochens, konnten auch in dieser Studie zum Untersuchungszeitpunkt 2 Wochen und 1 Monat beobachtet werden (siehe Abb. 11 und Abb. 13).

Wirklich vergleichbare Studien, die die Wundheilung nach Transplantatentnahme am Gaumen histologisch charakterisieren, gibt es aber nicht. Einige Parallelen existieren mit anderen Wundheilungsstudien an verschiedenen Tieren. Oliver et al. (1968) beschreibt im Rahmen einer Studie zur Einheilung freier Schleimhauttransplantate am Affen, dass Wundbereiche an der Entnahmestelle, bei denen Periost frei lag, während der ersten 11 Tage von Nekrose und Degeneration des verbliebenen Periosts sowie von osteoklastischer Aktivität im angrenzenden Knochen beherrscht wurden. Dies entspricht unserer Beobachtung nach 2 Wochen.

Kahnberg & Thilander (1982) erkannten bei einer Studie an Ratten, dass durch die Entnahme von Gaumenschleimhaut auch der exponierte Knochen von deutlichen Entzündungs- und Resorptionszeichen gekennzeichnet war. Sequesterbildungen wurden ebenfalls beobachtet. Gleichzeitig betonten Kahnberg & Thilander, dass die Heilung der Exzisionswunde von der Vitalität des freigelegten Knochengewebes abhängt. Nach 3 Wochen schienen die

Entnahmestellen klinisch verheilt, histologisch fehlte aber noch eine Differenzierung der Gewebe. Da die Untersuchung an Ratten stattfand und Material und Methode entsprechend anders gewählt wurden, sind die zeitlichen Erkenntnisse von Kahnberg & Thilander nur schwer mit denen dieser Studie zu vergleichen. Die Wundheilungsbeobachtungen unterstützen aber ebenfalls die Vermutung, dass die Exposition von Knochen zu deutlichen Wundheilungsverzögerungen führt.

Leenstra et al. (1999) verglichen die Wundheilung beim Beagle-Welpen nach Deckung von Gaumenspalten mit zwei verschiedenen Techniken: Bei der einen lag postoperativ Knochen frei, bei der anderen nicht. Die Ergebnisse dieser Studie lassen zwar keine direkten Vergleiche mit unseren Ergebnissen zu, aber die Erkenntnis, dass es auch hier nach Denudation des Knochens zu Resorptionen am Knochen kam und die Wundheilung langsamer verlief, unterstreicht obige Vermutung.

Ein wesentlicher Grund für die Resorption des Knochens während der entzündlichen Phase der Wundheilung muss in der fehlenden immunologischen Abwehrleistung des freiliegenden Knochens gesehen werden. Wäre der Knochen von einer Schicht gut durchbluteten Bindegewebes bedeckt, würde diese ihn mit immunkompetenten Zellen und Plasmaproteinen versorgen. Da das bei freiliegendem Knochen aber nicht gegeben ist, muss der zellulären und vaskulären Abwehr zunächst ein Weg zu den Mikroorganismen gebahnt werden. Deshalb wurde Knochen resorbiert und stark vaskularisiertes Granulationsgewebe proliferierte in den Defekt hinein, um Bedingungen zu schaffen, die Mikroorganismen abwehren können und so neues Wachstum erlauben (siehe Abb. 11 und Abb. 12). An der Blutversorgung des während der Wundheilung gebildeten Gewebes waren auch Gefäße beteiligt, die aus dem Knochen austraten und mit dem subepithelialen Gefäßplexus anastomosierten (siehe Abb. 14 und Abb. 16).

Im weiteren Wundheilungsverlauf zeigte sich dort, wo Knochen resorbiert wurde, eine starke Knochenproliferation (siehe Abb. 13), die zu einer späteren Knochenhyperplasie führte (siehe Abb. 15, Abb. 17 und Abb. 21). Die vereinzelte Ausbildung von Exostosen nach einem chirurgischen Trauma an

Periost und/oder Knochen ist als mögliche benigne Begleiterscheinung bei der Wundheilung bekannt. In der mukogingivalen Chirurgie ist bisher nur von Exostosen an der Empfängerstelle nach Transplantation von freien Schleimhauttransplantaten berichtet worden (Pack et al. 1991, Czuszak et al. 1996, Otero-Cagide et al. 1996). Eine gesicherte Erklärung, warum es zur Ausbildung von Exostosen kommt, gibt es bisher nicht. Über den Entstehungsmechanismus von Exostosen finden sich in der Literatur lediglich Spekulationen (Goldman & Smukler 1978; Hegtvedt et al. 1990). Auffallend ist jedoch, dass in dieser Studie die Knochenhyperplasie nicht vereinzelt, sondern generell als Folgeerscheinung des chirurgischen Traumas an der Entnahmestelle auftrat. Trotzdem gibt es über Knochenhyperplasien am Gaumen nach Entnahme freier Schleimhaut- oder Bindegewebsstransplantate bisher keine Veröffentlichungen. Parallelen zu den Ergebnissen dieser Studie sind bei den Untersuchungen von Leenstra et al. (1999; siehe oben) zu erkennen. Beim Vergleich der Wundheilung nach Deckung von Gaumenspalten mit und ohne Knochendenudation beobachteten sie bei den Beagle-Welpen, wo es zu Knochendenudation kam, ein ausgeprägtes Remodelling der knöchernen Strukturen. Einer initialen Knochenresorption folgte eine Knochenproliferation, die zu Hyperplasien führte. Die Tatsache, dass es nach großflächiger Knochendenudation zu ausgeprägten Umbauvorgängen im Knochen kommt, um eine Wundheilung überhaupt zu ermöglichen, ist, wie oben bereits erwähnt, leicht nachzuvollziehen und logisch. Weshalb es aber zu einer Knochenneubildung kommt, die das ursprüngliche Niveau überschreitet, und ob diese Hyperplasie nach einem längeren Zeitraum als 6 Monaten eine Remodellation zurück zum ursprünglichen Niveau erfährt, bleibt ungeklärt und bedarf weiterer Untersuchungen.

Klinische Relevanz erlangt die Persistenz der Knochenhyperplasie, wenn nach ausreichender Regenerationszeit an gleicher Stelle eine weitere Transplantatentnahme erfolgen soll. Eine Knochenhyperplasie schmälert das Angebot an Spendergewebe (Reiser et al. 1996) und birgt die Gefahr einer Knochendenudation durch die Transplantatentnahme (Brasher et al. 1975). Vor einer erneuten Transplantatentnahme *alio loco* sollte deshalb geprüft werden,

ob der Knochen eine langfristig bestehende Hyperplasie infolge der Wundheilung nach der ersten Transplantatentnahme aufweist.

Bei Betrachtung des Wundheilungszustandes nach 6 Monaten ist zu erkennen, dass die Reifung der Gewebe schon weit fortgeschritten ist, aber noch nicht den unoperierten Kontrollen entspricht (vgl. Abb. 17 und Abb. 19). Die Entwicklung der Gesamtdicke des Weichgewebes über dem Knochen von einem leicht über das Kontrollniveau hinausgehenden Wert nach 1 Monat zu einem Wert knapp darunter nach 6 Monaten deutet auf eine narbige Ausheilung hin (siehe Abb. 20). Dass sich Fett- und Drüsengewebe später als 6 Monate postoperativ wieder bilden, ist deshalb unwahrscheinlich, jedoch nicht auszuschließen. Nach 6 Monaten erfüllte das neu gebildete Gewebe die Kriterien von hochdifferenziertem Narbengewebe. Eine *restitutio ad integrum* fand nicht statt. Auch Cornelissen et al. (1999) beschrieben in einer Wundheilungsstudie nach Knochendenudation am Gaumen junger Ratten eine deutliche Narbenbildung. Nach 2 Monaten war eine Schichtung des Bindegewebes in Lamina propria und Submukosa noch nicht erkennbar, Bindegewebe und Kollagen der Narbe unterschieden sich vom Normalgewebe. Zwei Monate postoperativ war die Reifung des Narbengewebes noch nicht abgeschlossen, Rugae hatten sich zu diesem Zeitpunkt nicht wieder entwickelt. Da die Untersuchung an noch heranwachsenden Ratten stattfand und Material und Methode entsprechend anders gewählt wurden, sind die zeitlichen Erkenntnisse von Cornelissen et al. nur schwer mit denen dieser Studie zu vergleichen. Feststellen lässt sich aber, dass der Heilungsprozess langwierig und eine deutliche Narbenbildung wahrscheinlich ist.

Eine eindeutige Wiederausbildung von Rugae konnte nach 6 Monaten nicht beobachtet werden. Bei 2 der 3 untersuchten Tiere zeigten sich keine Anzeichen auf eine Regeneration von Rugae. Dies steht im Einklang mit den Beobachtungen von Pedlar (1985). Er konnte nach 4 Monaten keine erneute Bildung der Rugae im Bereich der Entnahmestelle erkennen und sieht dies als Hinweis auf eine narbige Ausheilung des Defekts, bei der die früheren Besonderheiten des Gewebes nicht erneut ausgebildet werden.

Bei einem der von uns untersuchten Affen gibt es nach 6 Monaten Hinweise auf eine Wiederausbildung der Rugae (siehe Abb. 18). In der Literatur wurde das Wiederauftreten von Rugae bisher nur im Bereich der Empfängerstelle von freien Schleimhauttransplantaten beobachtet und damit erklärt, dass das Bindegewebe die Eigenschaften des sich darüber entwickelnden Epithels bestimmt (Breault et al. 1999). Für das Wiederauftreten von Rugae in dieser Studie muss ebenfalls das darunter liegende Bindegewebe verantwortlich gemacht werden, da es, wie bereits erwähnt, die Eigenschaften des sich darüber entwickelnden Epithels determiniert (Karring et al. 1974). Bei der Bildung von neuem Bindegewebe an der Entnahmestelle müssen das benachbarte Bindegewebe und/oder eventuell auf der Knochenoberfläche verbliebene Bindegewebsreste die Differenzierung des neuen Gewebes stark beeinflusst haben, so dass es zur Wiederausbildung von Rugae kommen konnte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Denudation des Knochens bei der Entnahme freier Schleimhauttransplantate oder Bindegewebestransplantate am Gaumen zu deutlichen Irritationen im Bereich des Knochens führt und eine verzögerte Wundheilung mit entsprechender Beeinträchtigung des Patienten zur Folge hat. Mit einer *restitutio ad integrum* sollte in diesem Bereich nicht gerechnet werden. Um das Risiko einer Denudation von Knochen möglichst gering zu halten, sollte deshalb minimalinvasiven Operationstechniken, die einen primären Wundverschluss erlauben, der Vorzug gegeben werden.

5 Zusammenfassung

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten freier Schleimhaut- und Bindegewebstransplantate in der Parodontologie, Perioprothetik und Implantologie erweitern heute deutlich das Behandlungsspektrum in der ästhetisch geprägten Zahnmedizin. Die Einheilung der Transplantate an der Empfängerstelle ist inzwischen gut untersucht. Dem Wundheilungsverlauf der Entnahmestelle hingegen wurde bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Ziel dieser Studie war es, den Heilungsverlauf der Entnahmestelle im harten Gaumen nach Entnahme von freien Schleimhauttransplantaten und freien Bindegewebstransplantaten unter Denudation des Knochens histologisch und histometrisch näher zu beschreiben.

Die geschichtliche Entwicklung in der Anwendung freier Schleimhaut- und Bindegewebstransplantate, verschiedene Indikationen und Techniken zur Transplantatentnahme und Transplantation werden vorgestellt und die bisherigen Kenntnisse zur Wundheilung dargelegt.

Die Untersuchungen wurden an ausgewachsenen Langschwanzmakaken (*Macaca fascicularis*) durchgeführt, eine Primatenart, die dem Menschen phylogenetisch sehr ähnlich ist. In der Prämolarenregion im harten Gaumen wurde ein freies Schleimhauttransplantat und ein Bindegewebstransplantat an der selben Stelle entnommen. Es blieb freiliegender Knochen zurück, wie nach klassischer Exzision eines Mukoperiostlappens von 10 x 30 mm Größe. Gewöhnlich kommt es bei der Entnahme solcher Transplantate nicht zur flächigen Denudation von Knochen, doch stellt dies eine mögliche Komplikation während der Wundheilung dar. Die Entwicklung von Granulationsgewebe, Epithel und Bindegewebe und die Veränderungen des Knochens wurden 2 Wochen, 1 Monat, 3 Monate und 6 Monate postoperativ histologisch beschrieben und histometrisch vermessen. Über den Entzündungszustand, die Differenzierung der Gewebe und den Wundheilungsfortschritt wurde berichtet. Dazu wurden nach 2 Wochen, 1 Monat, 3 Monaten und 6 Monaten jeweils drei Tiere getötet und histologisch aufbereitet.

Nach 2 Wochen dominierte die Proliferation von Granulationsgewebe, verbunden mit einer entzündlichen Resorption des verbliebenen Knochens.

Einen Monat postoperativ war der Defekt größtenteils geschlossen. Das Epithel und das Bindegewebe waren irregulär strukturiert und begannen zu reifen. Der Knochen zeigte eine deutliche Proliferation in den Defekt hinein.

Drei Monate nach dem Eingriff entsprach die Dicke der Schleimhaut wieder ungefähr dem Ausgangszustand. Das Epithel war noch unregelmäßig. Im Bindegewebe war eine beginnende Schichtung in Lamina propria und Submukosa mit zunehmender Orientierung der Kollagenfasern zu erkennen. Der Knochen zeigte eine Hyperplasie.

Nach 6 Monaten Heilung war die Differenzierung der Narbengewebe weit fortgeschritten. Drüsen- und Fettzellen hatten sich bis dahin nicht wieder ausgebildet. Die Knochenhyperplasie persistierte. Bei einem Affen deutete die Morphologie des Epithels auf die Wiederausbildung von Rugae hin. Eine *restitutio ad integrum* fand nicht statt.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Exposition von Knochen bei der Entnahme freier Schleimhaut- und Bindegewebestransplantate zu deutlichen Wundheilungsverzögerungen und Veränderungen am Knochen führt. Der Knochen zeigte nach einer anfänglichen Resorption eine über mindestens 6 Monate persistierende Hyperplasie. Die Wundheilung der Weichgewebe resultierte in der Ausbildung von hochdifferenziertem Narbengewebe.

Um das Risiko einer Denudation von Knochen möglichst gering zu halten, sollte deshalb minimalinvasiven Operationstechniken, die einen primären Wundverschluss erlauben, der Vorzug gegeben werden.

6 Literaturverzeichnis

- 1) Adcock, J. E., Spence, D. (1984): Unusual wound healing following removal of donor tissue for soft tissue graft. *J Periodontol* 55 (10): 589-591.
- 2) Allen, E. P., Miller, P. D. Jr. (1989): Coronal positioning of existing gingiva. Short term results in the treatment of shallow marginal tissue recession. *J Periodontol* 60 (6): 316-319.
- 3) Bernimoulin, J. P., Lüscher, B., Mühlemann, H. R. (1975): Coronally repositioned periodontal flap. Clinical evaluation after one year. *J Clin Periodontol* 2 (1): 1-13.
- 4) Bissada, N. F., Sears, S. B. (1978): Quantitative assessment of free gingival graft with and without periosteum and osseous perforation. *J Periodontol* 49 (1): 15-20.
- 5) Björn, H. (1963): Free transplantation of gingiva propria. *Sveriges Tandläkarförbunds Tidning* 22: 684.
- 6) Brasher, W. J., Rees, T. D., Boyce, W. A. (1975): Complications of free grafts of masticatory mucosa. *J Periodontol* 46 (3): 133-138.
- 7) Breault, L. G., Fowler, E. B., Billman, M. A. (1999): Retained free gingival graft rugae: a 9-year case report. *J Periodontol* 70 (4): 438-440.
- 8) Caffesse, R. G., Burgett, F. G., Nasjleti, C. E., Castelli, W. A. (1979): Healing of free gingival grafts with and without periosteum. Part I. Histologic evaluation. *J Periodontol* 50 (11): 586-594.
- 9) Caton, J., Mota, L., Gandini, L., Laskaris, B. (1994): Non-human primate models for testing the efficacy and safety of periodontal regeneration procedures. *J Periodontol* 65 (12): 1143-1150.
- 10) Cohen, D., Ross, S. (1968): The double papillae repositioned flap in periodontal therapy. *J Periodontol* 39 (2): 65-70.
- 11) Cornelissen, A. M., Maltha, J. C., Von den Hoff, H. W., Kuijpers-Jagtman, A. M. (1999): Palatal mucoperiosteal wound healing in the rat. *Eur J Oral Sci* 107 (5): 344-351.
- 12) Cowan, A. (1965): Sulcus deepening incorporating mucosal graft. *J Periodontol* 36 (3): 188-192.
- 13) Czuszak, C. A., Tolson, G. E. 4th, Kudryk, V. L., Hanson, B. S., Billman, M. A. (1996): Development of an exostosis following a free gingival graft: case report. *J Periodontol* 67 (3): 250-253.
- 14) Del Pizzo, M., Modica, F., Bethaz, N., Priotto, P., Romagnoli, R. (2002): The connective tissue graft: a comparative clinical evaluation of wound healing at the palatal donor site. A preliminary study. *J Clin Periodontol* 29 (9): 848-854.
- 15) Donn, B. J. Jr. (1978): The free connective tissue autograft: a clinical and histologic wound healing study in humans. *J Periodontol* 49 (5): 253-260.

- 16) Edel, A. (1974): Clinical evaluation of free connective tissue grafts used to increase the width of keratinised gingiva. *J Clin Periodontol* 1 (4): 185-196.
- 17) Edel, A., Faccini, J. M. (1977): Histologic changes following the grafting of connective tissue into human gingiva. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 43 (2): 190-195.
- 18) Flemmig, T. F., Ehmke, B.: Plastische und mukogingivale Chirurgie. In: Heidemann, D.: *Praxis der Zahnheilkunde Bd. 4 Parodontologie*. Urban und Schwarzenberg, München (1997): 227-250.
- 19) Gargiulo, A., Arrocha, R. (1967): Histo-clinical evaluation of free gingival grafts. *Periodontics* 5 (6): 285-291.
- 20) Goldman, H. M., Smukler, H. (1978): Controlled surgical stimulation of periosteum. *J Periodontol* 49 (10): 518-522.
- 21) Gordon, H. P., Sullivan, H. C., Atkins, J. H. (1968): Free autogenous gingival grafts. II. Supplemental findings – Histology of the graft site. *Periodontics* 6 (3): 130-133.
- 22) Grupe, H. E., Warren, R. F. (1956): Repair of gingival defects by a sliding flap Operation. *J Periodontol* 27 (2): 92-95.
- 23) Guiha, R., El Khodeiry, S., Mota, L., Caffesse, R. (2001): Histological evaluation of healing and revascularization of the subepithelial connective tissue graft. *J Periodontol* 72 (4): 470-478.
- 24) Haggerty, P. C. (1966): The use of a free gingival graft to create a healthy environment for full crown preparation. *Periodontics* 4 (6): 329-331.
- 25) Harris, R. J. (1997): A comparison of two techniques for obtaining a connective tissue graft from the palate. *Int J Periodontics Restorative Dent* 17 (3): 260-271.
- 26) Hegtvedt, A. K., Terry, B. C., Burkes, E. J., Patty, S. R. (1990): Skin graft vestibuloplasty exostosis. A report of two cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 69 (2): 149-152.
- 27) Holthuis, A. F. (1994): The subepithelial connective tissue graft for root coverage in periodontal therapy - rationale and technique. *J Can Dent Assoc* 60 (10): 885-890.
- 28) Hürzeler, M. B., Weng, D. (1999): A single-incision technique to harvest subepithelial connective tissue grafts from the palate. *Int J Periodontics Restorative Dent* 19 (3): 279-287.
- 29) Jahnke, P. V., Sandifer, J. B., Gher, M. E., Gray, J. L., Richardson, A. C. (1993): Thick free gingival and connective tissue autografts for root coverage. *J Periodontol* 64 (4): 315-322.
- 30) Kahnberg, K. E., Thilander, H. (1982): Healing of experimental excisional wounds in the rat palate. (I) Histological study of the interphase in wound healing after sharp dissection. *Int J Oral Surg* 11 (1): 44-51.
- 31) Karring, T., Lang, N. P., Loe, H. (1975): The role of gingival connective tissue in determining epithelial differentiation. *J Periodontal Res* 10 (1): 1-11.

- 32)Karring, T., Ostergaard, E., Løe, H. (1971): Conservation of tissue specificity after heterotopic transplantation of gingiva and alveolar mucosa. *J Periodontal Res* 6 (4): 282-293.
- 33)Kramer, G. M., Pollack, R. (1982): Clinical application and histologic evaluation of microfibrillar collagen hemostat (Avitene) in periodontal surgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2 (1): 8-16.
- 34)Lang, N. P., Løe, H. (1972): The relationship between the width of keratinized gingiva and gingival health. *J Periodontol* 43 (10): 623-627.
- 35)Langer, B., Calagna, L. (1980): The subepithelial connective tissue graft. *J Prosthet Dent* 44 (4): 363-367.
- 36)Langer, B., Calagna, L. J. (1982): The subepithelial connective tissue graft. A new approach to the enhancement of anterior cosmetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2 (2): 22-33.
- 37)Langer, L., Langer, B. (1985): Subepithelial connective tissue graft technique for root coverage. *J Periodontol* 56 (12): 715-720.
- 38)Langer, L., Langer, B. (1993): The subepithelial connective tissue graft for treatment of gingival recession. *Dent Clin North Am* 37 (2): 243-264.
- 39)Leenstra, T. S., Kuijpers-Jagtman, A. M., Maltha, J. C. (1999): The healing process of palatal tissues after operations with and without denudation of bone: an experimental study in dogs. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 33 (2): 169-176.
- 40)Løe, H., Ånerud, Å., Boysen, H. (1992): The natural history of periodontal disease in man: prevalence, severity, extent of gingival recession. *J Periodontol* 63 (6): 489-495.
- 41)Lorenzana, E. R., Allen, E. P. (2000): The single-incision palatal harvest technique: a strategy for esthetics and patient comfort. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20 (3): 297-305.
- 42)Marggraf, E. (1985): A direct technique with a double lateral bridging flap for coverage of denuded root surface and gingiva extension. Clinical evaluation after 2 years. *J Clin Periodontol* 12 (1): 69-76.
- 43)Miller, P. D. Jr. (1982): Root coverage using a free soft tissue autograft following citric acid application. Part 1: Technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2 (1): 65-70.
- 44)Miller, P. D. Jr. (1985a): A classification of marginal tissue recessions. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1985; 5 (2): 8-13.
- 45)Miller, P. D. Jr. (1985b): Root coverage using the free soft tissue autograft following citric acid application. III. A successful and predictable procedure in areas of deep-wide recession. *Int J Periodontics Restorative Dent* 5 (2): 14-37.
- 46)Nabers, C. L. (1954): Repositioning the attached gingiva. *J Periodontol* 25 (1): 38-39.

- 47) Nabers, J. M. (1966a): Extension of the vestibular fornix utilizing a gingival graft - case history. *Periodontics* 4 (2): 77-79.
- 48) Nabers, J. M. (1966b): Free gingival grafts. *Periodontics* 4 (5): 243-245.
- 49) Norberg, O. (1926): Är en utläkning utan vävnadsförlust otänkbar vid kirurgisk behandling av s.k. alvolaryporrea? *Svensk Tandläkar Tidskrift* 19: 171.
- 50) Oliver, R. C., Löe, H., Karring, T. (1968): Microscopic evaluation of the healing and revascularisation of free gingival grafts. *J Periodont Res* 3 (2): 84-95.
- 51) Otero-Cagide, F. J., Singer, D. L., Hoover, J. N. (1996): Exostosis associated with autogenous gingival grafts: a report of 9 cases. *J Periodontol* 67 (6): 611-616.
- 52) Pack, A. R., Gaudie, W. M., Jennings, A. M. (1991): Bony exostosis as a sequela to free gingival grafting: two case reports. *J Periodontol* 62 (4): 269-271.
- 53) Pedlar, J. (1985): Healing following full thickness excision of human palatal mucosa. *Br J Plast Surg* 38 (3): 347-351.
- 54) Plagmann, H. C., Lange, D. E., Bernimoulin, J. P., Howe, H. (1974): Experimentelle Studie über die Epithelneubildung bei heterotopischen Bindegewebestransplantaten. *Dtsch Zahnärztl Z* 29 (5): 497-503.
- 55) Pontoriero, R., Nyman, S., Lindhe, J., Rosenberg, E., Sanavi, F. (1987): Guided tissue regeneration in the treatment of furcation defects in man. *J Clin Periodontol* 14 (10): 618-620.
- 56) Raetzke, P. B. (1985): Covering localized areas of root exposure employing the "envelope" technique. *J Periodontol* 56 (7): 397-402.
- 57) Reiser, G. M., Bruno, J. F., Mahan, P. E., Larkin, L. H. (1996): The subepithelial connective tissue graft palatal donor site: anatomic considerations for surgeons. *Int J Periodontics Restorative Dent* 16 (2): 130-137.
- 58) Schroeder, H. E.: Mundschleimhaut. In: Schroeder, H. E.: *Orale Strukturbiologie*. Thieme, Stuttgart (1992): 349-390.
- 59) Seibert, J. S. (1983): Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent* 4 (5): 437-453.
- 60) Soehren, S. E., Allen, A. L., Cutright, D. E., Seibert, J. S. (1973): Clinical and histologic studies of donor tissues utilized for free grafts of masticatory mucosa. *J Periodontol* 44 (12): 727-741.
- 61) Sonick, M. (1992): Root coverage: a comparison of techniques: the free gingival graft versus the subepithelial connective tissue graft. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 4 (8): 39-48.

- 62) Stetler, K. J., Bissada, N. B. (1987): Significance of the width of keratinized gingiva on the periodontal status of teeth with submarginal restorations. *J Periodontol* 58 (10): 696-700.
- 63) Studer, S. P., Allen, E. P., Rees, T. C., Kouba, A. (1997): The thickness of masticatory mucosa in the human hard palate and tuberosity as potential donor sites for ridge augmentation procedures. *J Periodontol* 68 (2): 145-151.
- 64) Sullivan, H. C., Atkins, J. H. (1968a): Free autogenous gingival grafts. I. Principles of successful grafting. *Periodontics* 6 (3): 121-129.
- 65) Sullivan, H. C., Atkins, J. H. (1968b): Free autogenous gingival grafts. III. Utilization of grafts in the treatment of gingival recession. *Periodontics* 6 (4): 152-160.
- 66) Sumner, C. F. (1969): Surgical repair of recession on the maxillary cuspid: Incisally repositioning the gingival tissues. *J Periodontol* 40 (2): 119-121.
- 67) Tarnow, D. P. (1986): Semilunar coronally repositioned flap. *J Clin Periodontol* 13 (3): 182-185.
- 68) Weinberg, M. A., Bral, M. (1999): Laboratory animal models in periodontology. *J Clin Periodontol* 26 (6): 335-340.
- 69) Wennström, J. L., Lindhe, J., Sinclair, F., Thilander, B. (1987): Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Periodontol* 14 (3): 121-129.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. dent. Dipl.-Ing. E.-J. Richter danke ich für die Überlassung des interessanten Dissertationsthemas und die Übernahme des Referats.

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. J. Bill danke ich für die freundliche Übernahme des Koreferats.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. dent. D. Weng für seine unkomplizierte, konstruktive und stets freundliche Betreuung meiner Arbeit und seine Hilfsbereitschaft. Die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Weng war motivierend und hat viel Freude gemacht.

Meiner Freundin, Frau Eva Ludwig, danke ich für ihre liebevolle Art, mit der sie die Höhen und Tiefen dieser Arbeit mit mir durchlebte.

Bei meinen Eltern bedanke ich mich ganz herzlich für die ermutigende Unterstützung während der gesamten Arbeit.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Volker Alexander Freddy Baumeister
Geburtstag: 23. Oktober 1976
Geburtsort: Würzburg
Staatsangehörigkeit: deutsch
Eltern: Dipl.-Kfm. Karl Baumeister, vereidigter Buchprüfer,
Steuerberater
Gisela Baumeister, Bilanzbuchhalterin
Geschwister: Marius Baumeister, Student
Familienstand: ledig

Schulbildung

1983 - 1987: Carl-Orff Grundschule in Würzburg-Lengfeld
1987 - 1996: Riemenschneider Gymnasium Würzburg
28. Juni 1996: Allgemeine Hochschulreife

Hochschulausbildung

WS 1996/97: Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Bayerischen
Julius Maximilians Universität Würzburg
Oktober 1997: Naturwissenschaftliche Vorprüfung
April 1999: Zahnärztliche Vorprüfung
Dezember 2001: Zahnärztliche Prüfung
10. Dezember 2001: Approbation als Zahnarzt

seit Juni 2002: Assistenz Zahnarzt bei Dres. Frank/Besigheim

Würzburg, im November 2003



(Volker Baumeister)