Band XXVIII

Experimentelle Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie Mikrochirurgische Eingriffe

Tagungspräsident: Wolfgang Hoppe

Mit Beiträgen von

E. Akuamoa-Boateng
M. Alexander
K.-H. Austermann
F. Barsekow
M. Barthels
R. Bässler
H. Beckers
M. Beyer
H. Bier
J. Bier
K. Bitter
H. Brückmann
R. Bublitz
H. Busse
H. H. Dahm
W. Dauber
J. Dieckmann
E. Dielert
K. Donath
R. Drommer
W. Eichhorn
A. Eskici
R. Ewers
V. Freitag
C. U. Fritzemeier
E. Gabriel
P. Gebhardt
G. Gehrke
S. A. Geiger
K. L. Gerlach
I. Glanville
F. Glaser
U. Gross
K. K. H. Gundlach
L. Gutjahr
St. Haase
G. Habel
J.-E. Hausamen
D. Heidemann
C. Heidsieck
Th. Heinl
E.-D. Helling
M. Herzog
W.-J. Höltje
W. Hoppe
H.-H. Horch
A. Hüls
D. Hültenschmidt
K. Jahnke
U. Joos
P. Kalitzki
W. Kissler
S. Kleinschuster
K.-D. Kniffki
G. Knöpfle
W. E. Kollmer
K. Kopf
J. Kreidler
W. Küpper
J. Th. Lambrecht
J. Lentrodt
W. Lenz
M. Makek
G. Mast
H. Matras
H.-J. Merker
H.-R. Metelmann
A. Minderjahn
C. Neckel
W. Nenning
G. H. Nentwig
F. W. Neukam
S. Nickel
H. Niederdellmann
F. Nüsslin
G. Ochs
R. Ortmann
J.-F. Osborn
H.-J. Pesch
G. Pfeifer
H. Porteder
K. U. Pösnecker
O. Pribilla
G. Randzio
R. H. Reich
P. Reichart
J.-F. Reuther
D. Riediger
P. Rudolph
H. F. Sailer
G. Schargus
Th. Schlösser
W. Schlote
R. Schmelzle
U. Schmidt
R. Schmitz
H.-J. Schön
U. Schröder
M. Schultz
N. Schwenzer
V. Schwipper
P. Stoll
H. Strassl
V. Strunz
P. Tetsch
A. Thron
Chr. Vogel
W. Vogel
W. Wagner
C. Walter
K. Wangerin
U. Westermann
H. Wolynski
H.-U. Wottge
K. Zetner

248 Abbildungen in 296 Einzeldarstellungen

Sonderdruck
Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags gestattet

Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York 1983

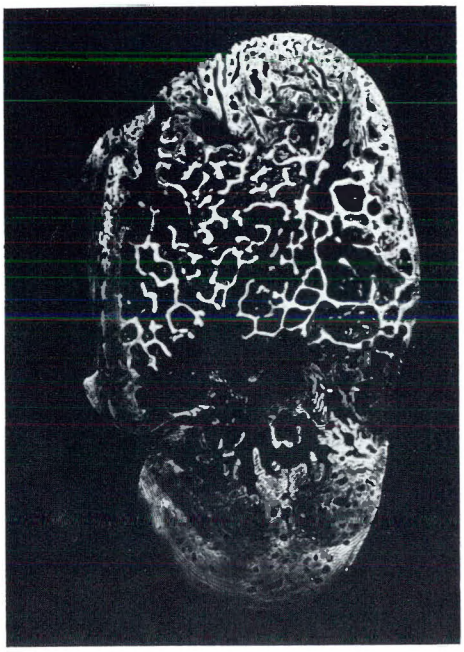


Abb. 4 Mikroradiogramm. Transplantatquerschnitt 24 Wochen post operationem; Schaf 35 (Vergr. 5mal)

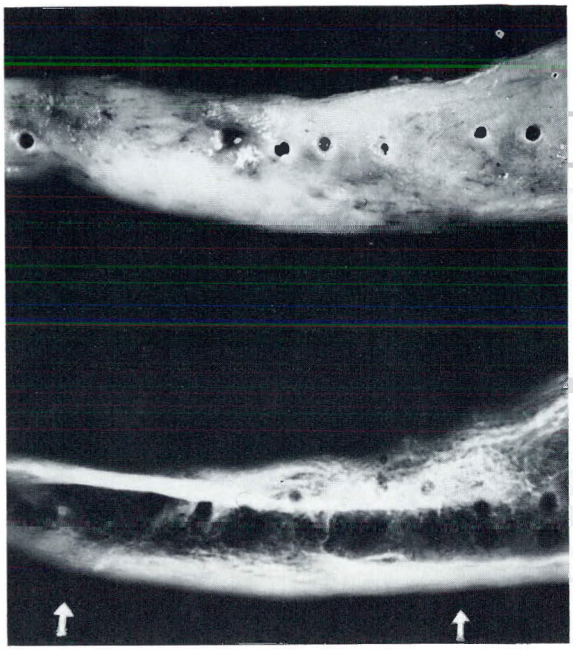


Abb. 5a u. b Zustand 52 Wochen nach Transplantation: a) linguale Ansicht, b) Röntgenaufnahme; Schaf 14, Osteotomie (↑): links mesial, rechts distal

Nach 52 Wochen fallen im histologischen Querschnitt durch die Transplantatmitte gegenüber der Vorserie nur wenige Veränderungen auf. Das Transplantat ist bis auf wenige residuale Kompaktaanteile abgebaut und substituiert sowie gestaltlich dem Kiefer angepaßt (Abb. 5).

Diskussion

Die Auswertung der Untersuchungsbefunde lassen zeitliche und räumliche Gesetzmäßigkeiten des Transplantatumbaus erkennen: Die Transplantatinkorporation erfolgt durch Resorption alten und Apposition neuen Knochens. Diesen Vorgang bezeichnete Barth 1894 als schleichende Substitution. Der Knochenumbau folgt der zentripetal fortschreitenden Revaskularisation des Transplantats. Infolgedessen wird zunächst die Spongiosa mit unmittelbarem Weichteilkontakt erfaßt durch Ablagerung von neuem Knochen auf das Trabekulargerüst, das anschließend abgebaut wird. Verzögert vollzieht sich dagegen der Abbau der nekrotischen Matrix der Kompakta, der in den engen Haversschen Kanälen zunächst erfolgen muß, ehe der Ersatz von neuen Knochenlamellen beginnen kann (Engström u. Orell 1943, Burwell 1966, Enneking u. Mitarb. 1975).

Die beschriebenen Knochenaktivitäten führen zu einer frühzeitig erkennbaren, funktionell angepaßten Umformung des Transplantats. Dies zeigt sich u. a. in der koaxialen Orientierung der Knochenbälkchen, durch niveauausgleichende Knochenauflagerungen zwischen Transplantat und Kiefer, in der Imitation des ursprünglichen Kieferquerschnittes und in der Wiederherstellung eines Unterkieferbasalbogens sowie der Kortikalis-Spongiosa-Relation.

Mit steigender Transplantatliegedauer nimmt der Umfang der Knochenneubildung stetig zu. Nach 24 Wochen tritt der Knochenumbau in eine Konsolidierungsphase ein, die im wesentlichen nach Ablauf 1 Jahres abgeschlossen ist.

Stabilitätsprüfungen von Transplantatkiefern, deren Osteosyntheseplatte nach ½ Jahr entfernt wurde, ergaben eine klinische Belastbarkeit, die annähernd intakten Kiefern entsprach (Habel 1981). Im Einklang damit fanden Enneking u. Mitarb. 1975 eine weitgehende Normalisierung der klinischen Stabilität nach Erreichen einer 60%igen Transplantattransformation. Die Funktionsstabilität des vorliegenden Systems, Kiefer-Beckentransplantat, ist folglich nach einem sechsmonatigen Umbau wiederhergestellt, so daß die Plattenentfernung geboten erscheint. Aufgrund der unterschiedlichen Heilungsbedingungen würde es sich für die Klinik jedoch anbieten, die frühzeitige Plattenentfernung von regelmäßigen Röntgenkontrollen abhängig zu machen.

Zusammenfassung

An 36 Schafen wurden zum Unterkieferersatz druckstabilisierte autologe Beckenspäne zur Einheilung gebracht. Transplantate mit einer Liegedauer von 6, 12, 24 und 52 Wochen wurden klinisch, radiologisch und fluoreszenzmikroskopisch bezüglich ihrer Transformation untersucht. Die aufgezeigten zeitlichen und räumlichen Gesetzmäßigkeiten der Transplantateinheilung deuten schon zu einem frühen Zeitpunkt auf eine funktionell angepaßte Umformung des Transplantatknochens hin. Dieser Umbau führt bei einem voluminösen kortikospongiösen Transplantat nach ½ Jahr zu einem in Form und Funktion weitgehend wiederhergestellten Unterkiefer, wodurch eine Plattenentfernung zu diesem Zeitpunkt begründet erscheint.

Literatur

Barth, A.: Zur Frage der Vitalität replantierter Knochenstücke. Berl. Klin. Wschr. 31 (1894) 340

Burwell, R. G.: Fate of bone grafts. In A. G. Apley: Recent Advances in Orthopaedics. Churchill, London 1969

Burwell, R. G.: Studies in the transplantation of bone. J. Bone Jt Surg. 48A (1966) 532

Engström, H., S. Orell: Über Regeneration rings um subcutane Knochenimplantate. Z. mikr.-anat. Forsch. 53 (1943) 283

Enneking, W. F., H. Burchardt, J. J. Puhl, G. Piotrowski: Physical and biological aspects of repair in dog cortical-bone transplants. J. Bone Jt Surg. 57A (1975) 151

Habel, G.: Die Bedeutung der Funktion bei der Einheilung von funktionsstabil fixierten autologen Beckenknochentransplantaten zum Unterkieferersatz. Habil., Münster (Westf.) 1981

Habel, G., B. A. Rahn, S. M. Perren: Zur spontanen Knochenneubildung im Defektbereich nach Beckenspanentnahme. Dtsch. Z. Mund-, Kiefer- u. Gesichts-Chir. 4 (1980) 139

Rahn, B. A.: Die polychrome Seuqenzmarkierung. Intravitale Zeitmarkierung zur tierexperimentellen Analyse der Knochen- und Dentinbildung. Habil., Davos 1976

Die experimentellen Arbeiten der vorliegenden Untersuchung wurden mit freundlicher Erlaubnis im Schweizerischen Forschungsinstitut für experimentelle Chirurgie, Davos und mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Hermann F. Sailer und M. Makek, Zürich

Gaumendefektrekonstruktion unter Verwendung gefriergetrockneten Knorpels und Knochens im Experiment

Einleitung

Ohne Zweifel stellt die Verwendung autogenetischen Knochens bei der Rekonstruktion von Gaumen- oder Alveolarfortsatzdefekten beim voroperierten Spaltpatienten oder nach Trauma und Tumorresektion ein probates und sicheres Vorgehen dar (Obwegeser 1967, 1973). Die Gewinnung des Rekonstruktionsmaterials belastet den Patienten jedoch mit einer zweiten Operation, der der Knochenentnahme. Die Suche nach einem geeigneten allo- oder xenogenetischen Ersatzmaterial ist daher noch nicht abgeschlossen.
Die vorliegenden Experimente sollten nun Hinweise darauf geben, ob sich lyophilisierter allo- und xenogenetischer Knorpel (Lyoknorpel) sowie allogenetischer lyophilisierter Rippenknochen (Lyoknochen) für die Implantation in Gaumendefekte, ähnlich denen bei Gaumenspaltträgern und solchen anderer Genese, eignen.

Problemstellung

Die Fragestellung bei diesen Experimenten, die einen unmittelbaren klinischen Bezug haben sollten, lautete im einzelnen:

1. Wird allo- und xenogenetischer Lyoknorpel, eingebracht in Gaumendefekte, gleich, weniger oder stärker resorbiert als nach Einlagerung zwischen Knochen und Periost, wie das zum Zwecke des Konturaufbaues klinisch und experimentell (Sailer 1976, 1979) durchgeführt wurde.
2. Verkalkt oder verknöchert allo- und xenogenetischer Lyoknorpel, zwischen zwei Periostlagern eingebracht, rascher als für Konturaufbauzwecke verpflanzter?
3. Ist im Fall einer Verknöcherung Lyoknorpel als Ersatz für autogenetischen Knochen zur Gaumendachrekonstruktion verwendbar?
4. Wie groß ist die Infektionsrate bei diesem rein oralen Vorgehen?
5. Wie verhält sich Lyoknorpel nach Transplantation in Gaumendefekte, wenn nur das palatinale Mukoperiost, nicht aber das nasale verschlossen wird?
6. Wie verhält sich lyophilisierter, allogenetischer Rippenknochen nach Transplantation in Gaumendefekte?
7. Kommt es zu einem Spontanverschluß nicht rekonstruierter Gaumendefekte durch Knochenneubildung?

Material und Methode

1. 11 weibliche Makaken (Macaca irus) wurden für die Implantation von lyophilisiertem Knorpel und Knochen verwendet. Das Gewicht der Tiere lag zwischen 3,18 kg und 4,22 kg. Die Tiere wurden mit Vetalar (5 mg/kg Körpergewicht) betäubt und oral intubiert. Die Narkose wurde mittels eines Lachgas-Sauerstoff-Gemisches im Verhältnis 1:2 bei Spontanatmung aufrechterhalten.
2. Operationstechnisch wurde folgendermaßen vorgegangen: Nach zirkulärer gaumenseitiger Gingivalrandinzision wurde das gesamte palatinale Mukoperiost abgeschoben unter Darstellung der Foramina palatina. Beidseits der Raphe palatina wurde auf Höhe der 1. Molaren je ein ovaler 1,5 × 0,5 cm großer Defekt in die Gaumenplatte vorsichtig so eingefräst, daß das nasale Periost intakt blieb (Abb. **1**). Bei einem Tier (Gosh) wurde das nasale Blatt bewußt perforiert und nicht mehr verschlossen, um einen einschichtigen Gaumenverschluß nachzuahmen. Insgesamt wurden 22 Gaumendefekte geschaffen, wobei jeweils eine Seite als Kontrolle diente und nicht mit einem Implantat verschlossen wurde. Nach Implantation der Knorpel- und Knochenstücke wurden die Gaumenweichteile

zurückgelegt und mit interdentalen Supramidfäden, die nach 10 Tagen entfernt wurden, fixiert. Postoperativ wurde den Tieren für 3 Tage je eine Ampulle eines Penizillinpräparates (Triplopen) intramuskulär verabreicht.
Um die Gaumendefekte auch nach evtl. knöcherner Ausheilung röntgenologisch sicher identifizieren zu können, wurde parallel zu ihnen ein 1,5 cm langer inerter Stahldraht (Remanit, Dentaurum, Durchmesser 0,5 mm) in einem Abstand von 5 mm eingelegt.

3. Das allo- und xenogenetische Knorpelgewebe wurde vor der Operation 2 Std. lang in 0,9%iger NaCl-Lösung rehydriert, der 2 Mio IE Penicillin G/l und 4 g Streptomycin/l zugesetzt waren; dieses Procedere entspricht dem in der Zürcher Kieferklinik für klinische Zwecke angewandten.
4. Bei den Tieren wurden die am Gaumen gesetzten Defekte mit folgenden Materialien rekonstruiert:
   a) bei 1 Tier mit allogenetischem Lyoknorpel;
   b) bei 2 Tieren mit allogenetischen, lyophilisierten Knorpel-Knochen-Implantaten (kostochondraler Übergang von Rippen) (Abb. **1**);
   c) bei 5 Tieren mit xenogenetischen lyophilisierten Knorpelblöcken;
   d) bei 3 Tieren mit allogenetischem Lyoknochen.
   Eine Übersicht über Implantatart und -form sowie Beobachtungszeitraum gibt Tab. **1**.
5. Das implantierte Material wurde nach 3–260 Tagen, teils mit, teils ohne knöcherne Auflage und umgebende Weichteile entfernt, fotografisch dokumentiert, vermessen und gewogen, soweit dies möglich war, und histologisch untersucht. Folgende Färbungen wurden vorgenommen: Hämotoxilin-Eosin, Alcianblau-PAS, Toluidinblau, van Gieson.



Abb. **1** Blick auf den denudierten Gaumen eines Makaken; es wurden 2 ovale Defekte beidseits der Sutura palatina eingefräst; der linke Defekt wurde in diesem Fall durch eine lyophilisierte kostochondrale Verbindung geschlossen; der Defekt rechts wurde nicht rekonstruiert und dient der Kontrolle

Ergebnisse

Sämtliche 11 in artifizielle Gaumendefekte transplantierten Implantate wurden wiedergefunden. In keinem Fall konnte nach diesem rein oralen Vorgehen ein Infekt festgestellt werden. Alle Implantate waren

Tabelle **1** Übersicht über die Implantate von lyophilisiertem Knorpel und Knochen in Gaumendefekte bei Macaca irus

Name	Allogenetischer Knorpel	Allogenetisches Knorpel-Knochen-Implantat	Xenogenetischer Knorpel	Allogenetischer Knochen	Beobachtungsdauer (Tage)
Zims	–	Block	–	–	260
Hize	–	Block	–	–	258
Hipe	Block	–	–	–	50
Vife	–	–	Block	–	245
Sics	–	–	Block	–	253
Fish	–	–	Block	–	42
Lile	–	–	Blockhälften	–	39
Gosh	–	–	Blockhälften	–	29
Tosh	–	–	–	Block	240
Dims	–	–	–	Block	23
Dosh	–	–	–	Block	23



Abb. 2 Xenogenetisches (menschliches) lyophilisiertes Knorpelimplantat 253 Tage postoperativ (links); das Transplantat ist knöchern mit den ehemaligen Defekträndern verbacken, der Knorpel selbst wegen Verkalkung/Verknöcherung mit dem Messer nur noch mit Mühe schneidbar. Der Kontrolldefekt rechts zeigt keinen spontanen knöchernen Verschluß; er ist vielmehr von einer dünnen Bindegewebsmembran bedeckt

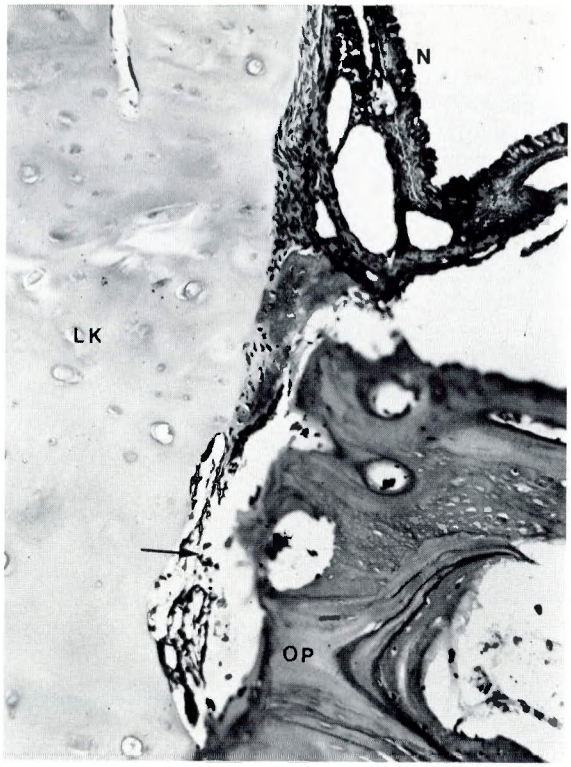


Abb. 3 Lyophilisiertes, xenogenetisches Knorpelstück (LK) 29 Tage postoperativ. Die Grenze zwischen dem Knorpelblock und dem Os palatum (OP) stellt die Zone der ersten Umbauerscheinungen (Pfeil) dar. Von hier aus kommt der Ossifikationsprozeß in Gang. In den Bereichen, wo das Transplantat von nasaler Schleimhaut (N) bedeckt ist, findet zu diesem Zeitpunkt keinerlei Umbauprozeß statt. Erst nach einigen Monaten kommt es hier zur Verkalkung mit folgender Ossifikation (Vergrößerung 100mal)

fest am Os palatinum bzw. mit den Defekträndern fixiert (Abb. **2**). Ein xenogenetisches Lyoknorpelimplantat war gering dislozíert, aber dennoch knöchern mit der Umgebung verbacken. Kein einziger Kontrolldefekt hatte sich bei bis zu 8 Monate langer Beobachtungsdauer spontan knöchern geschlossen, obwohl mit einer Ausnahme die Defekte sowohl nasal als auch oralwärts mit Periost bedeckt waren. Vielmehr waren sie mit einer dünnen, fast transparenten Bindegewebsmembran überbrückt (Abb. **2**). Bei einem Tier (Gosh), bei dem das nasale Blatt bewußt perforiert wurde, um eine Infektion zu erzeugen, war das xenogenetische Lyoknorpelimplantat reizlos eingeheilt.

Mikroskopisch zeigt sich ein nahtlos den jeweiligen Implantaten aufliegendes Bindegewebe, das nasalwärts von respiratorischem Epithel (Abb. **3**) und oralwärts von intaktem Mukoperiost bedeckt ist. Die palatinale Mukosa weist wie beim Menschen eine Orthokeratose (SCHROEDER 1976) auf. Schon in der frühen Implantationsphase findet man bei Lyoknorpelimplantaten Resorption dort, wo das Implantat dem Knochendefektrand anliegt (Abb. **3**). Hier kommt es in der Folge zur Knochenneubildung. Auf den jeweiligen Kontrollseiten finden sich gelegentlich Stellen diskreter Knochenneubildung, ausgehend vom Defektrand. Während die Knochenneubildung innerhalb der Kontrolldefekte praktisch nicht fortschreitet, läßt sich nach längerer Beobachtungszeit (240, 253, 258, 260, 245 Tage) bei den Lyoknorpelimplantaten simultan an einzelnen Stellen Resorption und gleichzeitige Knochenneubildung, an anderen Verkalkung und Verknöcherung der verkalkten Bezirke feststellen (Abb. **4**). Diese verkalkten Bezirke werden nicht resorbiert, sondern gehen direkt in lamellären Knochen über (Abb. **4**). Xenogenetischer Lyoknorpel zeigt eine raschere Resorption als allogenetischer und scheint rascher zu verknöchern als allogenetischer.

Die implantierten, allogenetischen lyophilisierten Rippenstücke zeigen bereits nach 23 Tagen eine komplette Resorption des Knochenmarks und stellenweise eine starke Knochenneubildung zirkulär auf der Innenseite der noch nicht resorbierten und teilweise revitalisierten Kortikalis. Auch in der Umgebung findet sich eine Knochenneubildung, die zu einer vollständigen knöchernen Rekonstruktion des Defektes nach 240 Tagen führt.

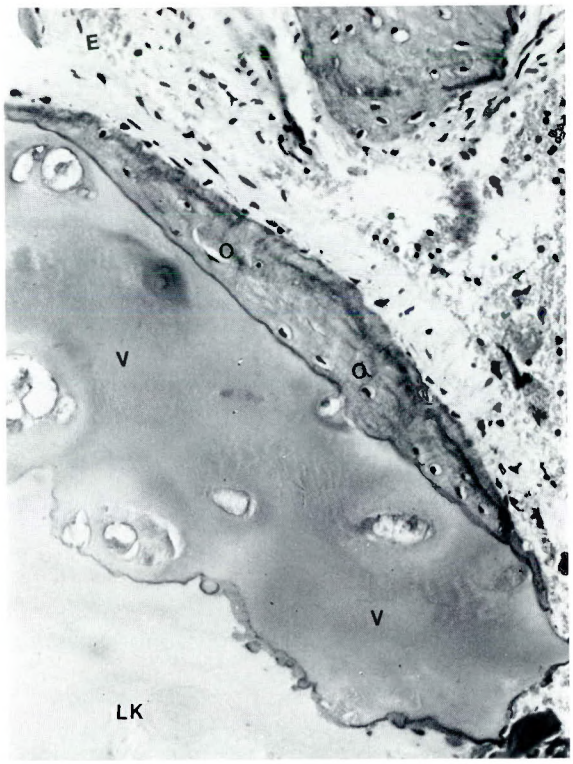


Abb. 4 Lyophilisiertes, allogenetisches Knorpeltransplantat 258 Tage nach Operation. Deutlich sichtbar ist die Ossifikationszone (O), die auf dem Boden der vorausgehenden Verkalkung (V) fortschreitet. Der lyophilisierte Knorpel (LK) unterliegt auf diese Weise einer schleichenden Substitution durch Knochen (Vergrößerung 200mal)

Diskussion

Die Verwendung lyophilisierter Gewebe zum Verschluß knöcherner Gaumendefekte ist kaum bekannt; lediglich STADNICKI u. Mitarb. (1965) sowie KRAJNIK u. Mitarb. (1978) haben sich damit befaßt. Sie heben die komplikationslose Inkorporation in Gaumendefekten bei Hunden hervor. Die Autoren führten experimentell nur einschichtige orale Gaumenverschlüsse durch; nasalwärts lag das perichondriumtragende Lyoknorpelimplantat frei. Nach 6tägiger Beobachtungszeit war Lyoknorpel auf der nasalen Seite von einer zellreichen Bindegewebsschicht (KRAJNIK u. Mitarb. 1978) bedeckt. Auch wir haben ohne nachteilige Auswirkungen das nasale Blatt bei einem Versuchstier durchstoßen. Das infektionsresistente Verhalten von Lyoknorpel (SAILER 1979) wird durch diese Versuche nochmals verdeutlicht.

Unsere an Affen erhobenen experimentellen Ergebnisse weisen sowohl allo- als auch xenogenetischen lyophilisierten Knorpel und Rippenknochen als hervorragend geeignet für die Gaumendefektrekonstruktion aus und bestätigen die guten Ergebnisse von STADNICKI u. Mitarb. (1965) und KRAJNIK u. Mitarb. (1978). Wir halten daher die Anwendbarkeit beim Menschen für gerechtfertigt. Klinische Erfahrungen beim Verschluß von Kiefer-Gaumen-Spalten sowie beim Defektverschluß des Gaumens nach Schußverletzungen haben unter Verwendung allogenetischen Lyoknorpels die experimentellen Befunde bestätigt. Daß xenogenetischer Lyoknorpel komplikationslos einheilt und eine rasche Verknöcherung zeigt, ist möglicherweise von großer klinischer Bedeutung, zumal die Gewinnung tierischen Knorpels, beispielsweise Kalbsknorpels, in großen Mengen möglich ist.

Zusammenfassung

Bei 11 Macaca-irus-Affen wurden in oraler Intubationsnarkose Gaumendefekte bds. der Raphe palatina gesetzt; 1 Defekt blieb aus Kontrollgründen jeweils unverschlossen; der korrespondierende wurde mit folgenden Materialien rekonstruiert:

1. mit xenogenetischem lyophilisiertem Knorpel (Lyoknorpel), der den Defekträndern genau anlag;
2. mit allogenetischem Lyoknorpel;
3. mit allogenetischem lyophilisiertem Knochen (Rippen).

Das nasale Mukoperiost auf der rekonstruierten Seite wurde bei 10 Tieren intakt gehalten, bei 1 Tier aber bewußt zerstört, um die Auswirkung einer Infektion zu beobachten. Das implantierte Material wurde nach 3–260 Tagen teils mit, teils ohne umgebende Knochen und Weichteile entfernt, fotografisch dokumentiert und histologisch ausgewertet (H. E., AB-PAS, Toluidinblau, Van Gieson). Sämtliche Implantate waren eingeheilt und mit Ausnahme dessen, das drei Tage p. o. entnommen worden war, mit dem Os palatinum fest verwachsen. Keiner der Kontrolldefekte war nach 260 Tagen knöchern überbrückt als Zeichen einer fehlenden Spontanregeneration. Demgegenüber fand sich auf der Implantatseite nach 240, 253, 258, 260, 245 Tagen Verkalkung und Verknöcherung, wobei verkalkte Areale stets unmittelbar in lamellären Knochen übergingen. Xenogenetischer Knorpel resorbierte rascher, wurde jedoch gleichzeitig auch rascher durch neu gebildetes Knochengewebe substituiert. Lyophilisierter allogenetischer Rippenknochen zeigt bereits nach 23 Tagen eine massive Resorption und starke Knochenneubildung; nach 240 Tagen findet sich ein weitgehender knöcherner Ersatz. Das nasalwärts freiliegende Implantat heilte komplikationslos ein und war von einer Bindegewebeschicht nasalseitig bedeckt. Sämtliche Befunde konnten durch histologische Serienschnitte belegt werden.

Die Ergebnisse rechtfertigen unserer Meinung nach in vielen klinischen Fällen die Vermeidung autogenetischer Gewebsentnahme und die Anwendung Lyoknorpels und -knochens in der rekonstruktiven Chirurgie des harten Gaumens. Klinische Fälle mit und ohne nasale Schleimhautabdeckung bestätigen die experimentellen Befunde.

Literatur

Krajnik, J., M. Gawronski, S. Knapik, B. Jachimowicz, J. Rakowski: Healing of bone defects in the nasal cavity following application of cartilaginous plate. Acta Chir. plast. (Praha) 20 (1978) 1

Obwegeser, H. L.: Die Rekonstruktion von Defekten nach Oberkieferresektion. Dtsch. zahnärztl. Z. 22 (1967) 1509

Obwegeser, H. L.: Late reconstruction of large maxillary defects after tumor resection. J. max.-fac. Surg. 1 (1973) 19

Sailer, H. F.: Experiences with the use of lyophilized bank cartilage for facial contour correction. J. max.-fac. Surg. 4 (1976) 149

Sailer, H. F.: Die Transplantation lypophilisierten allo- und xenogenetischen Knorpels in die Kiefer-Gesichtsregion. Eine morphologische und immunologische Studie an Affen. Habil., Zürich 1979

Schroeder, H. E.: Orale Strukturbiologie. Thieme, Stuttgart 1976

Stadnicki, J., J. Krajnik, A. Maliszewska: Reaction of bone, muscle and subcutaneous tissue to lyophilized cartilage grafts. Acta Chir. plast. (Praha) 10 (1965) 290

Hans-Henning Horch, Köln, und Willy Erich Kollmer, München

Untersuchungen zur Mineralablagerung im Knochen während der Heilungsphase mit ^{85}Sr nach konventioneller und Laserosteotomie

Einleitung

Über die Einsatzmöglichkeit des Lasers in der Knochenchirurgie lagen zunächst nur wenige Untersuchungen vor, die größtenteils mit leistungsstarken, für den chirurgischen Einsatz nicht geeigneten CO_2-Lasern vorgenommen wurden (Engelhardt u. Bimberg 1972, Moore 1973, Prestele u. Mitarb. 1975, Verschueren 1976). Erste detaillierte Experimente über Laserosteotomien bei winkelverändernden Operationen mit einem chirurgisch einsatzbereiten CO_2-Laser wurden dann von Horch u. Mitarb. (1977) durchgeführt. Es zeigte sich, daß nach technischen Verbesserungen am Gerät genaue winkelverändernde Osteotomien, wie sie z. B. in der orthopädischen Kiefer- und Gesichtschirurgie oder Orthopädie gefordert werden, berührungslos vorgenommen werden konnten (Horch 1978). Die gerätetechnische Optimierung bestand in der Entwicklung eines elektronisch gesteuerten Führungsmechanismus in Form eines Koordinatentischsystems, an dem der Strahlmanipulator mit seinem in allen Freiheitsgraden beweglichen Handstück befestigt war und einer am Laserhandstück angebrachten fein ausgezogenen Glasdüse, mit der ein Argongasstrahl in die unmittelbare Nähe des Laserfokus gebracht wurde. Es war dadurch möglich, die Schnittqualität wesentlich zu verbessern, indem neben dem deutlichen Kühleffekt des Argongasstrahls gleichzeitig auch seine Spülwirkung von Vorteil war, da die während des Schneidevorganges verflüssigten und schnell erstarrenden Knochenschmelzprodukte aus der Schnittfuge überwiegend beseitigt wurden (Horch 1978, McCord u. Horch 1978).

In histomorphologischen Untersuchungen zeigte sich allerdings, daß mit einer Verzögerung der Knochenheilung von etwa 3 Wochen nach Laserosteotomie gerechnet werden muß, wobei sich 12 Wochen nach der Operation das Heilungsstadium dem der konventionellen Osteotomie annäherte (Horch 1978, Horch u. Mitarb. 1978; Horch u. Keiditsch 1980). Diese Ergebnisse wurden inzwischen auch von anderen Autoren bestätigt (Small u. Mitarb. 1978; Gertzbein u. Mitarb. 1981). Auch über erste klinische Anwendungen der Laserosteotomie wurde bereits berichtet (Farine u. Mitarb. 1975, Pariente 1978, Pao-Chang u. Mitarb. 1981).

Die vorliegenden Untersuchungen wurden durchgeführt, da über die Mineralablagerung im Knochen während der Heilungsphase nach Laserosteotomie bisher keine Erkenntnisse vorliegen. Es ist bekannt, daß radioaktive Isotope knochensuchender Elemente, wie z. B. Strontium, bevorzugt in Knochenpartien mit vermehrter osteogenetischer Aktivität abgelagert werden. Es handelt sich dabei um eine unspezifische Reaktion des Skeletts, indem der Tracereinbau bevorzugt an Stellen des Knochenwachstums erfolgt (Urist u. McLean 1941, Bauer u. Wendeberg 1959, McLean u. Urist 1968, Thomasset u. Mitarb. 1976, u. a.). Ebenso ist aus zahlreichen Mitteilungen bekannt, daß die Anlagerung von Knochenmineral mit radioaktivem Strontium ebensogut wie mit radioaktivem Kalzium gemessen werden kann, obwohl die Aufnahme von Radiostrontium und Radiokalzium im Knochen unterschiedlich ist. Beide radioaktive Isotope sind im Bereich von Tracermengen weitgehend korreliert (Harrison u. Mitarb. 1972, Reeve u. Mitarb. 1976). In tierexperimentellen Untersuchungen konnte mit Hilfe von ^{85}Sr beim Frakturkallus das typische Überschießen der Aufbauvorgänge bei zunächst sehr geringer Resorption und der anschließende Umbau („remodelling") des gebildeten Minerals mit gleichzeitiger überwiegender Resorption beobachtet werden (Kollmer u. Märkl 1976).

Material und Methode

Als Versuchstiere standen insgesamt 12 Beagle-Hunde zur Verfügung, wobei es sich in der 1. Versuchsreihe um 6 weibliche Hunde im Alter von 1,25–2,0 Jahren und in der 2. Versuchsreihe um 6 männliche Hunde im Alter von 1 Jahr handelte. Bei beiden Versuchsreihen wurden jeweils die Medialflächen der linken Tibiae freipräpariert und im mittleren Anteil osteotomiert. Die Laserosteotomien wurden bei elektronisch gesteuerter Führung mit der Fokussierungslinse (F = 125 mm), einer maximalen Laserausgangsleistung P = 34 W und einer Schnittgeschwindigkeit von v = 0,4 mm sec^{-1} bei Argongasstrahlanwendung mit dem CO_2-Laser (Sharplan 791) vorgenommen. Für die konventionellen Osteotomien stand eine oszillierende Knochensäge mit Preßluftantrieb, stufenlos regulierbarer Drehzahl und Sägeblättern von 0,4 mm Dicke aus Spezialfederstahl zur Verfügung.

Nach vollständiger Durchtrennung der Tibiae wurden die genau adaptierten Knochenenden mit 6-Loch-Veterinär-AO-Platten stabil ruhiggestellt. Die Tiere waren nach Zufall in 4 Gruppen zu je 3 Tieren eingeteilt, wovon in der 1. Versuchsreihe je eine laser- und konventionell-osteotomierte Gruppe 3 Wochen post operationem und in der 2. Versuchsreihe entsprechende Gruppen 6 Wochen post operationem getötet wurden. Jeweils 48 Std. vorher erhielten sie 20 µg Ci ^{85}Sr (gammastrahlendes Isotop $E\gamma$ = 0,513 MeV; T ½ [Halbwertszeit] = 65 Tage; Umwandlung durch Elektroneneinfang in Rb^{85}; geringe Strahlenbelastung bei