

M. Bücheler¹ · S. Weihe² · H. Eufinger² · M. Wehmöller² · F. Bootz¹

¹ Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde – Plastische Operationen –, Universität Leipzig

² Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Ruhr-Universität Bochum, Knappschafts Krankenhaus

Rekonstruktion des Os frontale mit individuellen Titanimplantaten nach chirurgischer Therapie der Stirnbeinosteomyelitis

Zusammenfassung

Nach chirurgischer Therapie der Stirnbeinosteomyelitis ermöglichen individuell hergestellte Titanimplantate die Wiederherstellung einer mechanisch stabilen Hirnprotektion und einer ästhetisch befriedigenden Stirnkontur.

Nach dem Primäreingriff erfolgt die Datenakquisition mittels Spiralcomputertomographie (Spiral-CT) und Weiterleitung an ein Computer Aided Design-System (CAD-System). Die Implantatkonstruktion erfolgt auf der Basis von Freiformflächen, wobei sich die Implantatgeometrie aus den knöchernen Defektgrenzen ableitet. Die Fertigungsdaten werden anschließend an eine computergesteuerte Fräsmaschine übermittelt und das Implantat aus einem Block Reintitan gefertigt.

Die standardisierte Fertigung mittels CAD/CAM unter Verwendung von CT-Daten gewährleistet eine exakte Passform der Implantate. Hierdurch wird zusätzlich eine Verkürzung der Operationszeiten erreicht.

Im Nachbeobachtungszeitraum von 5 bis 42 Monaten wurde kein Implantatverlust oder ein Rezidiv der Stirnbeinosteomyelitis beobachtet.

Schlüsselwörter

Stirnbeinosteomyelitis ·
Computer Aided Design ·
Computer Aided Manufacturing ·
Titanimplantate

Die Osteomyelitis des Os frontale entsteht in den meisten Fällen als Komplikation einer Sinusitis frontalis. Fokal kann sich die Entzündung zu einem subperiostalen Abszess mit eventueller sinukutaner Fistel entwickeln. Die ausgeprägten Spongiosaräume der Kalotte und die gleichzeitig ablaufende Thrombophlebitis der klappenlosen Diplovenen erleichtern die Ausdehnung der sinugenen Entzündungsprozesse. Das typische Erregerspektrum umfasst Staphylokokken, Streptokokken, Haemophilus influenzae und Anaerobier wie Pseudomonas aeruginosa und Bacteroides fragilis [15].

Auch Traumata, v. a. Frakturen der Stirnhöhlen, können die Entstehung von Osteomyelitiden im Bereich des Stirnbeins zur Folge haben [1], ebenso wie die Infektion eines zur Defektdeckung eingebrachten Implantats aus Knochen oder anderen Materialien [3, 4, 10]. Seltene Ursachen für dieses Krankheitsbild sind hämatogen weitergeleitete Infektionen aus anderen osteomyelitisch veränderten Skelettknochen oder im Rahmen ablaufender Scharlach- und Masernerkrankungen [16, 25].

Das Leitsymptom bei akutem Krankheitsverlauf ist neben den frontalen Kopfschmerzen und dem Klopfschmerz über der betroffenen Stirnhöhle die teigige gerötete und sehr druckdolente Schwellung verbunden mit einem reduzierten Allgemeinzustand, hohem Fieber und eventueller Somnolenz

bei endokranieller Ausbreitung. Der chronische Verlauf der Stirnbeinosteomyelitis kann sich über Jahre mit rezidivierenden akuten Krankheitsschüben erstrecken. Oft kommt es zu narbig-entzündlichen Umbauprozessen der Stirnhöhlenvorderwand mit persistierenden Weichteilödemen (s. Abb. 1). Die Erosion der Stirnhöhlenvorderwand mit Bildung eines subperiostalen Abszesses führt zum klinischen Befund einer Stirnschwellung, die in der angloamerikanischen Literatur häufig als „Pott's puffy tumor“ (Erstbeschreibung 1760) bezeichnet wird [22].

In den 80er Jahren wurde die triphasische Knochenszintigraphie zur Diagnosesicherung und Ausdehnungsbestimmung der Osteomyelitis favorisiert und wird z. T. auch heute noch empfohlen, um durch wiederholte Untersuchungen den Erfolg einer antibiotischen Therapie einzuschätzen [9, 24]. Heute gilt die Computertomographie der Nasennebenhöhlen und des Hirnschädels in axialer und koronarer Schnittführung (s. Abb. 2a und b) möglichst in einer Schichtdicke von 2–4 mm als bildgebendes Verfahren der Wahl [26, 30], v. a. um eventuelle endokranielle Komplikationen nachzuweisen und das Ausmaß knöcherner Arrosionen zu bestimmen.

Dr. Markus Bücheler
Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde –
Plastische Operationen –, Universität Leipzig,
Liebigstraße 18a, 04103 Leipzig

M. Bücheler · S. Weihe · H. Eufinger
M. Wehmöller · F. Bootz

Reconstruction with individual titanium implants after surgery for osteomyelitis of the frontal bone

Abstract

Individually prefabricated titanium implants enable the reconstruction of the frontal bone after surgical therapy of osteomyelitis without compromising mechanical stability or aesthetic results.

Primarily the infected bone tissue is removed. Helical computed tomographic systems are used for the acquisition of patient data. After being transmitted to a computer aided design system (CAD-system) this data is used for construction of the implant geometry using freeform-surfaces. The outer surface contour is derived from the contours of the bone defect. The completed computer-based implant design is finally transformed into control data to run the milling machine which produces the implant from a block of titanium.

Modern industrial CAD/CAM-technology allows standardized prefabrication using data from CT-scans. The precision of all implants was predictable and duration of the reconstructive procedure could be reduced.

During postoperative follow-up (5–24 months) no loss of implant or recurrence of the osteomyelitis could be observed.

Keywords

Osteomyelitis of the frontal bone ·
Computer Aided Design ·
Computer Aided Manufacturing ·
Titanium implants

Originalien



Abb. 1 ▲ Präoperativer Befund von Patient 1: Ausgedehnte narbige Einziehungen und Fistelbildung der Stirnweichteile infolge der chronischen Osteomyelitis

Therapeutisch steht die sofortige chirurgische Sanierung der betroffenen Nebenhöhlen und die Resektion der entzündlich veränderten Knochenareale im Vordergrund. Die umgehende Entscheidung zur Operation ist auch dadurch gerechtfertigt, dass Stirnhöhleninfektionen zu den häufigsten Ursachen für epi- und subdurale Abszesse gehören und die Mortalität dieser endokraniellen Komplikationen zwischen 10 und 30% liegt [18].

Der operative Zugang zur Stirnhöhle von außen gewährleistet die übersichtlichste Darstellung des Operationsgebiets und ermöglicht zusätzlich zur Sanierung des osteomyelitisch veränderten Knochens die mikroskopisch kontrollierte Entfernung der Schleimhaut und anschließende Obliteration. Gleichzeitig ist eine optimale Beurteilung und Versorgung von Stirnhöhlenhinterwand und Dura möglich [5, 27]. Ergänzend zum operativen Therapieansatz ist bereits bei dem Verdacht auf eine Osteomyelitis im Stirnbeinbereich mit einer intravenösen antibiotischen Therapie zu beginnen, um die Entzündung lokal möglichst zu begrenzen. Aminopenicilline in Kombination mit β -Laktamaseinhibitoren bzw. Isoxazolylpenicillin und Cephalosporine der 2. Generation mit Pseudomonaswirkung gelten als Präparate der Wahl. Alternativ kann auch der

Einsatz von Metronidazol und Clindamycin in Betracht kommen [9].

Da nach der operativen Infektsanierung z. T. ein ausgedehnter Defekt im Bereich des Stirnbeins und der angrenzenden Knochenregionen besteht, muss eine stabile und ästhetische Defektdeckung vorgenommen werden.

Patienten und Methoden

Von 1994 bis 1998 behandelte unsere interdisziplinäre Arbeitsgruppe 11 Patienten mit überwiegend chronisch verlaufenden Stirnbeinosteomyelitiden unterschiedlicher Genese (HNO-Klinik der Universität Leipzig (1), Neurochirurgie der Universität Magdeburg (1), MKG-Chirurgie des Katharinenhospitals Stuttgart (1), MKG-Chirurgie der Universität Utrecht (1), Neurochirurgie der Ruhr-Universität Bochum (3), MKG-Chirurgie der Ruhr-Universität Bochum (4)). Die Krankheitsdauer lag zwischen 3 Monaten und 34 Jahren. In 6 Fällen handelt es sich um die erste Knochenersatzmaßnahme nach traumatisch induzierter Osteomyelitis oder Durchwanderungssinusitis. In 5 Fällen lag eine Infektion eines zuvor eingebrachten Knochendeckels, zweimal in Kombination mit Polymethylmethacrylat (PMMA), vor. Zwischen Krankheitsbeginn und der Defektversorgung mittels Titanimplantat lagen sehr unterschiedliche Zeiträume. Bei Patient 1 lag die erste Manifestation einer Pansinusitis bereits 34 Jahre zurück, während Patient 9 bereits 3 Monate nach Entfernung eines infizierten Knochendeckels das Titanimplantat erhielt. Häufige Infektionskomplikationen hatten bei fast allen Patienten zuvor mehrfache Revisionseingriffe erforderlich gemacht (s. Tabelle 1). Sämtliche Befunde wurden während des Behandlungsverlaufs fotodokumentiert. Das schriftliche Einverständnis des im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Patienten mit der Veröffentlichung der Befunde liegt den Autoren vor.

Chirurgische Therapie

Das operative Vorgehen erfolgte primär bei allen Patienten in ähnlicher Weise: Nach einem bitemporalen Bügelschnitt nach Unterberger wurde der Galeaperiostlappen bis an die kranialen Orbitaränder und die Nasenwurzel präpariert. Nach Anlage von Trepanationsbohrun-

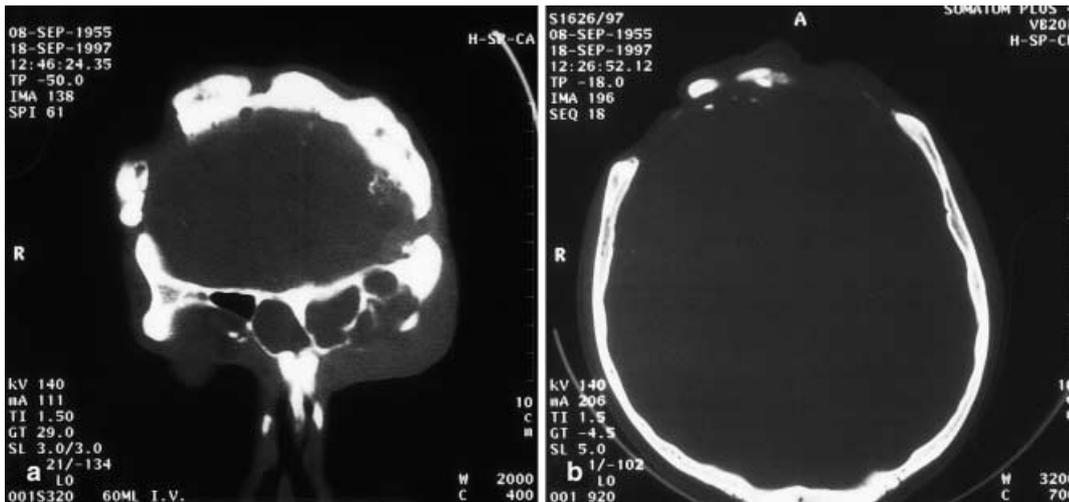


Abb. 2a, b ◀ Präoperatives koronares und axiales CT von Patient 1

Tabelle 1
Patientendaten

Lfd. Nr.	Alter [Jahre], Geschlecht	Defektgröße [cm]	Ursache der Stirnbeinosteomyelitis	Krankheitsdauer	Komplikationen	Voroperationen
1	42, m. (s. Abb. 1)	12×14	Rezidivierende Pansinusitis, IgG-Mangel	34 Jahre	Meningitis (1964, 1974, 1981, 1984, 1991), Liquorfistel (1985), Stirnabszesse (1990–1997)	Pansinusoperation links (1974), Stirnhöhlenoperation nach Ritter- Jansen mit Mediandrainage (1984), Stirnhöhlen-, Keilbeinhöhlen- und Kieferhöhlenrevision (1984), extra- nasaler Liquorfistelverschluss (1985), wiederholte Entlastung von Stirnabszessen (1990–1997)
2	14, m.	5×13	Durchwanderungssinusitis mit Sinusthrombose	Nicht bekannt		
3	56, m.	12×10	Infizierter Knochendeckel nach Hypophysenoperation und nachfolgender Bestrahlung	9 Monate	Infektion des Knochen- deckels (1995)	Erstoperation 1985, Entnahme des infizierten Knochendeckels (1995)
4	14, m.	6×9	Penetrierende kutane Knocheninfektion	15 Monate		
5	54, m.	8×8	Infizierter Knochendeckel nach Astrozytomoperation	8 Jahre		Erstoperation 1987, Entfernung des infizierten Knochendeckels (1987)
6	51, m.	4×5	Spätinfektion nach operativ versorgter Stirnhöhlenfraktur	8 Monate	Osteomyelitis 1996	Erstoperation 1989
7	34, f.	11×8	Zustand nach osteoplastischer transfrontaler Versorgung eines Hypophysentumors, Spätverlust des Knochendeckels	Nicht bekannt	Patient an onkologischer Grunderkrankung verstorben	
8	40, f.	6×12	Infiziertes Palacosimplantat nach Menigeomoperation	11 Monate	Infektion des Knochen- deckels (1991), Infektion des Palacos- implantats (1997)	Erstoperation 1990, Entfernung des Knochendeckels (1991), Einbringen eines Palacosimplantats (1997)
9	29, m.	8×14	Frontales Trauma mit aufsteigender Infektion	3 Monate	Infektion des Knochen- deckels (1998)	Entfernung des Knochendeckels (1998)
10	20, f.	3×12	Primäre Knocheninfektion nach Trauma	21 Monate		
11	27, m.	10×23	Primäre Knocheninfektion nach Trauma	16 Monate		

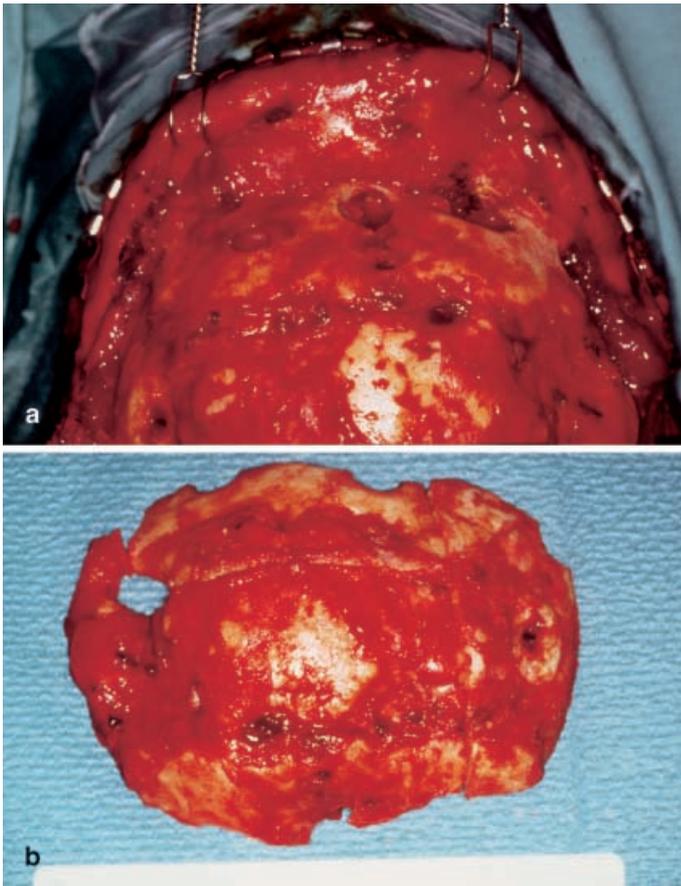


Abb. 3a, b ▲ Intraoperativer Situs und knöchernes Resektat. Nach Präparation des Galeaperiostlappens stellen sich die multiplen knöchernen Defekte im Bereich des Stirnbeins dar

gen zirkulär um den zu resezierenden Anteil des Os frontale konnte die anschließende Kraniotomie mit vollständiger Resektion des entzündlich veränderten Knochens vorgenommen werden (s. Abb. 3a und b). Aufgrund der ausgedehnten Vernarbung der Dura mit dem Knochen musste diese bei einigen Patienten mitreseziert werden. Nach vollständiger Abtragung der Stirnhöhlenvorder- und -hinterwände mit Entfernung der Schleimhaut wurden die Ausführungsgänge der Stirnhöhlen in 2 Fällen mit Knochenwachs verschlossen. Paraffingranulome traten während des postoperativen Beobachtungszeitraums nicht auf.

Zur Abdeckung des frontalen Dura-defekts oder zum Verschluss der Nasennebenhöhlen nach kranial verwendeten wir in 2 Fällen (Patienten 1 und 9) mikrovasculär reanastomosierte Latissimus-dorsi-Transplantate. Bei Patient 11 war ein Latissimus-dorsi-Lappen geplant. Das vermutete Volumendefizit im Defektbereich bestand jedoch nach Frei-

präparation und regelrechter Expansion des Gehirns intraoperativ nicht mehr, sodass auf den Lappen verzichtet werden konnte.

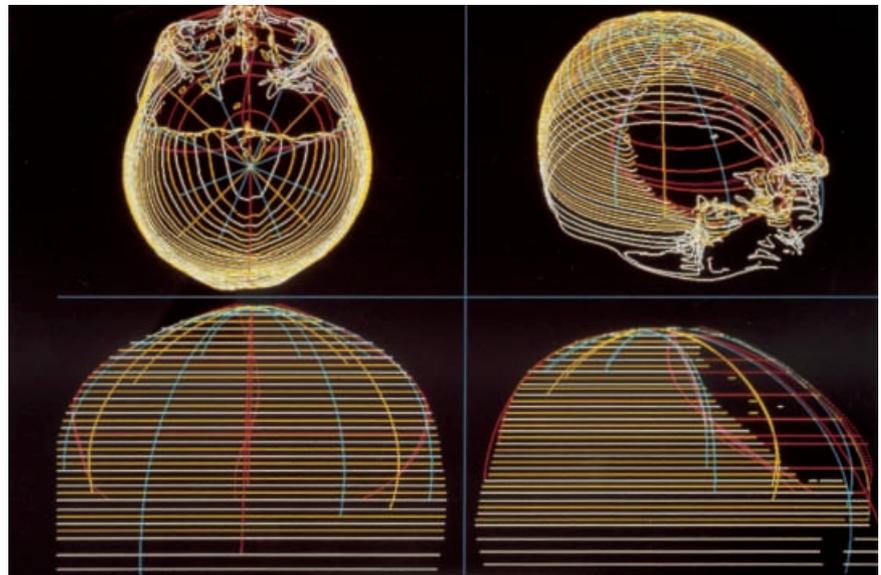


Abb. 4 ▲ 3D-Konturmodell des Resektionsdefekts basierend auf den 2D-Schichtdaten des Spiral-CT

Bei allen Patienten wurden die Titanimplantate in einer sekundären Operation nach Ausheilung der Infektionen eingebracht. In der Zeit zwischen den Eingriffen konnten die Planung und Fertigung der Implantate erfolgen.

CAD/CAM-Verfahren

Die Datenakquisition erfolgte bei allen Patienten mittels Spiral-CT mit standardisierten Aufnahmeparametern und lieferte detaillierte Informationen über die knöchernen Defektträger (s. Abb. 4). Bei korrekter Lagerung und Fixierung des Patienten waren aufgrund der kurzen Aufnahmezeiten (<30 s) Bewegungsartefakte nahezu ausgeschlossen.

Nach Datentransfer in das CAD-System (STRIM 100, Fa. Matra Datavision, Paris, France; Workstation R 5000 Silicon Graphics, Fa. Mountain View, CA, USA) wurde das jeweilige Implantat auf der Basis von Freiformflächen konstruiert (s. Abb. 5, 6). Dabei leitete sich die Implantatgeometrie aus den knöchernen Defektgrenzen bzw. aus den benachbarten knöchernen Strukturen ab. Die Implantatdicke betrug bei allen Implantaten gleichmäßig 1,5 mm. Durch Überlappen der Knochendefektträger in einzelnen Abschnitten bei konischer Gestaltung des Implantatrandes wurde die Stabilität des Implantats gewährleistet und eine Dislokation nach zentral verhindert. Diese überlappenden Implantatabschnitte dienten gleichzeitig der Aufnahme von Bohrungen zur intra-

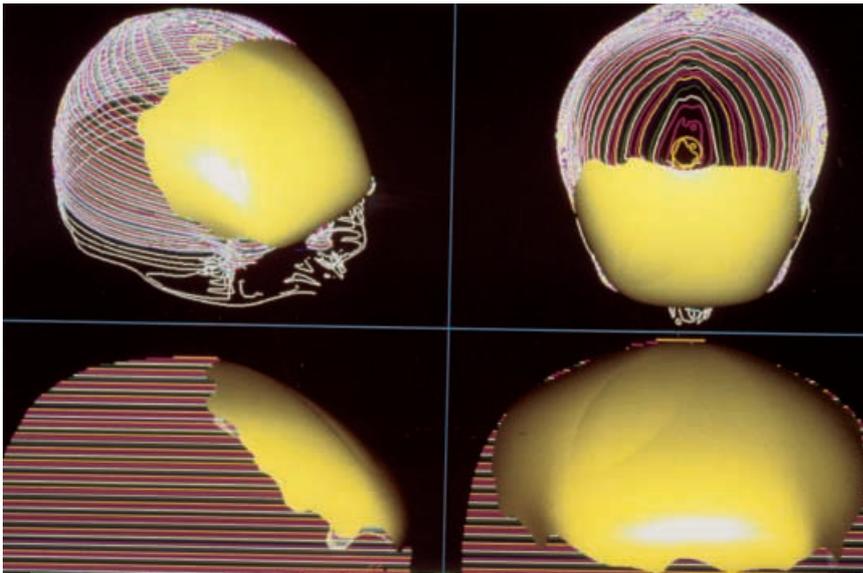


Abb. 5 ▲ Virtuelle Implantatkonstruktion: Die Implantataußenfläche wurde so generiert, dass ein krümmungstetiger Übergang in alle Richtungen zur bestehenden angrenzenden Knochenoberfläche vorlag. Die Innenfläche des Implantats wurde durch Punkttähnlichkeitsabbildung der Außenfläche im Abstand von 1,5 mm nach innen erzeugt

operativen Fixierung mittels Mikroschrauben. Ggf. wurden weitere Kontaktflächen mit dem Knochen im Sinne von Fixierungselementen konstruiert. Über die Fläche des gesamten Implantats waren gleichmäßig Bohrungen mit einem Durchmesser von 3 mm und in einem Abstand von 10 mm verteilt. Diese dienten der Drainage und ggf. der Aufnahme von Durahochnähten zwecks besserer weichgewebiger Einheilung (s. Abb. 7).

Die Fertigungsdaten wurden anschließend an eine computergesteuerte Fräsmaschine (n-bh 90, Fa. Hüller-Hille, Ludwigsburg, Germany) übermittelt und das Implantat aus einem Block Reintitan gefertigt. Um eine allseitige Geometriebearbeitung der dünnwandigen Implantate zu ermöglichen, kam ein Einspannverfahren mittels Flüssigmetall zur Anwendung [6, 7, 8, 28, 29].

Rekonstruktion

Die sekundäre Operation zur Defektversorgung mittels präoperativ gefertigtem individuellem Titanimplantat beschränkt sich in der Regel auf das Freipräparieren des Defekts unter Verwendung des primären chirurgischen Zugangs, das Einsetzen und Fixieren des Implantats mittels Mikroschrauben und den abschließenden Wundverschluss. Eine exakte Darstellung der Knochenränder mit Abpräparieren des Periosts

ist maßgeblich für eine gute und sichere Positionierung des Implantats (s. Abb. 7).

Ergebnisse

In allen 11 Fällen wurde der operative Zugangsweg erneut über den Bügelschnitt gewählt. Die Operationsdauer betrug minimal 30 min (Patient 5) und maximal 100 min (Patient 8) aufgrund schwieriger anatomischer Verhältnisse nach multiplen Voroperationen (Menin-

geomoperation, Verlust von eigenem Knochendeckel sowie Verlust eines PMMA-Implantats).

Die Größe der Implantate lag zwischen 20 und 230 cm². Alle Implantate ließen sich präzise positionieren und mittels Mikroschrauben in den dafür vorgesehenen Bohrungen im Randbereich des Implantats sicher fixieren. Intraoperative Korrekturen an dem Implantat waren in keinem der Fälle notwendig, lediglich bei Patient 1 erforderte ein kleiner Knochengrat im Bereich des periorbitalen Wulstes ein Einkürzen dieses Grats. Um den Gefäßstiel des mikrochirurgisch reanastomosierten Latissimus-dorsi-Lappens nicht zu gefährden, wurde das Implantat bei Patient 9 im kaudalen Anteil bewusst ausgespart. Postoperativ erforderte ein Hämatom bei Patient 11 eine einmalige Punktion.

Die Nachuntersuchung aller 11 Patienten erfolgte ebenso wie die aller anderen Patienten nach Erhalt eines Titanimplantats im Rahmen einer Dissertation, wobei die Patienten einen Fragebogen zur Lebensqualität erhielten [11]. Der Nachbeobachtungszeitraum für die 11 Patienten mit Stirnbeinosteomyelitis betrug zwischen 5 und 42 Monaten.

Mit einer Ausnahme (Patient 10) bescheinigten alle Patienten einen postoperativen Gewinn an körperlicher und psychischer Sicherheit. Bis auf Patient 2 waren alle Patienten mit dem

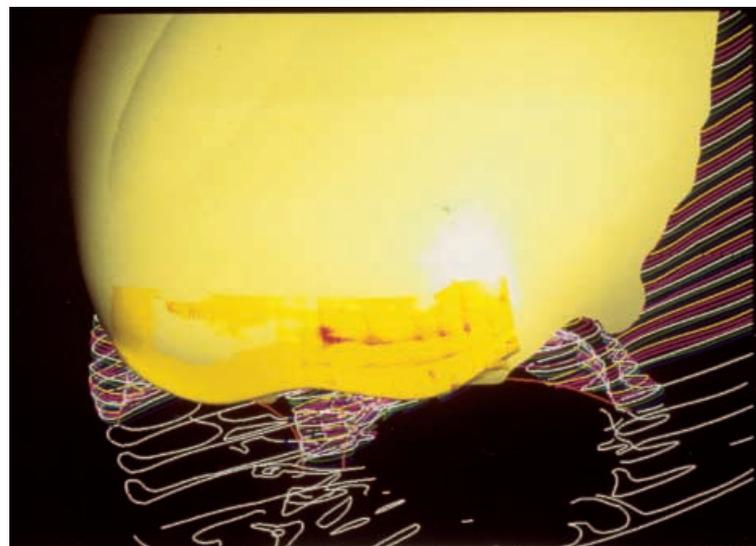


Abb. 6 ▲ Die CAD/CAM-konformen Geometriedaten erlauben zusätzliche Manipulationen, wie z. B. die Freihandkonturierung der Supraorbitalränder (freihandkonturierte Fläche in dunklerem Gelb dargestellt)

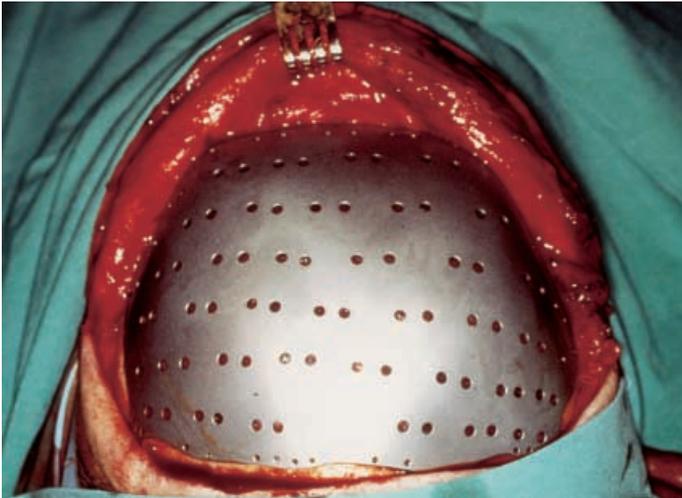


Abb. 7 ▲ Intraoperativer Situs bei Implantation. Die paarweisen Lochungen von 3 mm Durchmesser in 10 mm Abstand dienen der Aufnahme von Durahochnähten und der Drainage des Wundsekrets

kosmetischen Ergebnis der Operation zufrieden [11]. Im Rahmen der radiologischen Verlaufskontrollen (Nativröntgen und z. T. MRT) (s. Abb. 8a und b) zeigte sich bei allen Patienten eine symmetrische und harmonische Rekonstruktion der Schädelkalotte mit exaktem Übergang zwischen Knochen und Implantat.

Patient 7 ist mittlerweile an den Folgen seiner onkologischen Grunderkrankung ohne unmittelbaren Zusammenhang mit der Implantateinbringung verstorben.

Diskussion

Für den Verschluss von knöchernen Schädeldefekten sind vielfältige Materialien und Methoden beschrieben worden [19]. Die Anforderungen an den idealen Knochenersatz sind jedoch so umfassend (s. Tabelle 2), dass bisher keines der verwendeten Materialien alle diese Bedingungen erfüllen kann. Dennoch haben sich einige der folgenden Verfahren im klinischen Alltag bewährt:

Als autogene Materialien kommen heute v. a. Knochentransplantate aus defektfernen Kalottenregionen in Betracht. Die Verwendung vollschichtiger Transplantate [13] oder von Knochenstücken aus der Tabula externa [23] ist bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts

bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben worden und hat bis heute ihren Stellenwert für die Rekonstruktion knöcherner Schädeldefekte. Für die Wiederherstellung der Stirnregion verwendeten Kozák u. Voska in 17 Fällen Transplantate aus autogenem Schädelknochen [14]. Bei einer Nachbeobachtungszeit zwischen 5 Monaten und 5 Jahren konnte in keinem Fall eine Resorption des Transplantats beobachtet werden. Schick et al. berichteten über eine ästhetisch ansprechende Rekonstruktion der

Stirnregion mit Tabula externa nach Resektion einer fibrösen Dysplasie des Os frontale. Hier war zunächst der Wiederaufbau der Stirn mit einem allogenen Material (Glasionomerzement) versucht worden, das aufgrund rezidivierender Serombildung und anschließender Fistelung wieder entfernt werden musste [20]. In einem ähnlich gelagerten Fall wählten Psillakis et al. das gleiche Vorgehen [17]. Beide Arbeitsgruppen verwiesen auf die hohe Sicherheit autogener Schädelknochentransplantate in der durch die engen topografischen Beziehungen zu den Nasennebenhöhlen infektionsgefährdeten Stirnregion.

Als Komplikationen bei Entnahme von Knochentransplantaten sind Sero- me, Hämatome, Wundheilungsstörungen, Duraverletzungen, subarachnoidale Blutung und die Eröffnung des Sinus sagittalis sowie intrazerebrale Blutungen möglich.

Die Geometrie und Größe der knöchernen Defekte begrenzt die Einsatzmöglichkeiten vieler dieser Rekonstruktionsverfahren. Zudem sind bei der Rekonstruktion mit Rippen oder Beckenkamm Zweiteingriffe erforderlich, die den Patienten zusätzlich belasten. Es kann in dem Spenderareal zu Funktionseinschränkungen, Deformitäten und Infektionen kommen, sodass heute autogene Knochentransplantate bevorzugt werden sollten, die dem zu ersetzenden

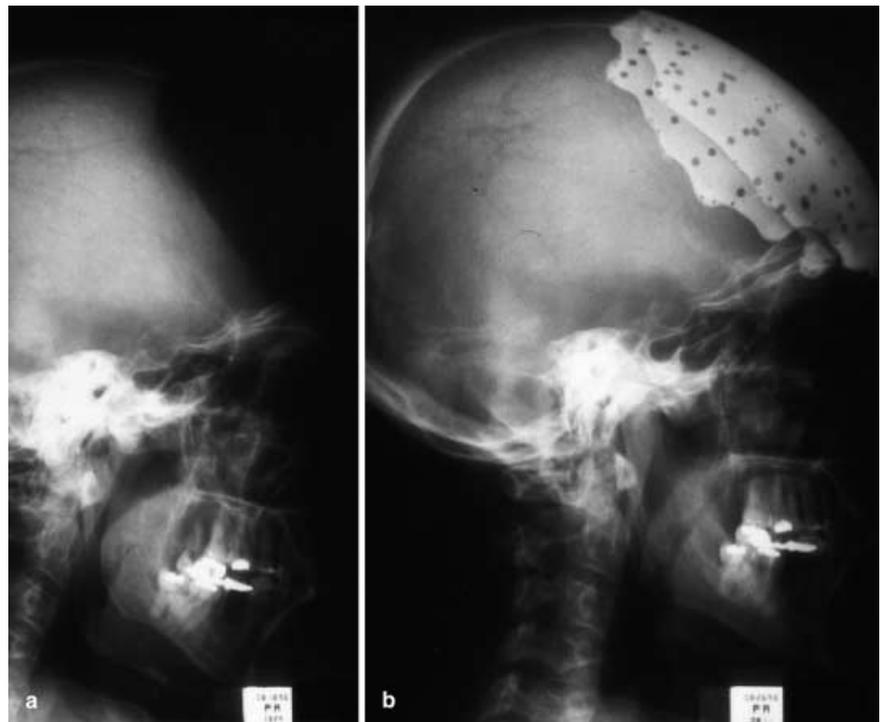


Abb. 8a, b ► Seitliche Schädelkontrollaufnahme prä- und postoperativ

Tabelle 2

Eigenschaften eines idealen Ersatzmaterials für knöcherne Schädeldefekte (mod. nach [19])

Eigenschaften	CAD/CAM-Titanimplantate
Mechanisch stabil	ja
Geringes Gewicht	ja
Intraoperativ formbar	nein
Nicht wärmeleitend	bedingt
Sterilisierbar	ja
Einfach fixierbar	ja
Inert	ja
Röntgentransparent	nein
Nicht magnetisch	ja
Ästhetisch befriedigend	ja
Leicht verfügbar	bedingt
Preisgünstig	ja

Knochen möglichst ähnlich sind und nur einen operativen Zugang benötigen [21, 31].

Als weiteres Knochenersatzmaterial wird vielfach PMMA (Palacos®) verwendet, das sich durch eine Reihe von guten Eigenschaften wie ausreichende Härte, Hitzeresistenz und Radioluzenz auszeichnet. Der Erfolg dieses Materials liegt sicherlich auch in seiner einfachen Anwendbarkeit, obwohl nach der Anfertigung dieses Implantats auch ausgedehnte Korrekturen oder sogar Neuanfertigungen erforderlich wurden [12]. Problematisch ist jedoch die Infektionsgefahr mit nachfolgender Abstoßung des Implantats, da in den Porositäten des Materials Mikroorganismen gedeihen können. Ein infiziertes Implantat muss daher in jedem Fall entfernt werden [2, 3]. In der Literatur wird eine Vielzahl weiterer Werkstoffe für Kranioplastiken beschrieben. Als Beispiele seien Hydroxylapatit, Polyethylen und Glasionomere genannt [2], deren klinischer Stellenwert für den Knochenersatz im Bereich des Os frontale heute vergleichsweise gering einzustufen ist.

Die Wiederherstellung einer mechanisch stabilen Hirnprotektion mit einer ästhetisch befriedigenden Stirnkontur sind die vorrangigen Ziele nach einer vollständigen oder teilweisen Resektion des Os frontale. Beide Ziele können mit der vorgeschriebenen Methode unserer Arbeitsgruppe problemlos erreicht werden. Titan erfüllt als Implantatwerk-

stoff nahezu alle geforderten Bedingungen (s. Tabelle 2) und ist infolgedessen der z. Z. am häufigsten verwendete Werkstoff in allen Bereichen der Implantatchirurgie.

Durch das Herstellungsverfahren mittels CAD/CAM auf der Basis der erhobenen CT-Daten wird eine optimale und exakte Passform erreicht, was ein ästhetisch gutes und konstantes Ergebnis garantiert (s. Abb. 9). Hinzu kommt, dass Infektionskomplikationen nach Einbringung von Titanimplantaten extrem selten sind und Revisionseingriffe somit reduziert werden können. Das operative Vorgehen bei der Einbringung der vorgefertigten Implantate ist einfach und zeitsparend, woraus eine erheblich geringere Belastung für den Patienten resultiert.

Fazit für die Praxis

Bei einer Stirnbeinosteomyelitis ist eine radikale Resektion des osteomyelitisch veränderten Knochens therapeutisch zwingend erforderlich, um weitere Komplikationen zu verhindern und eine Ausheilung zu ermöglichen. Das Verfahren zur präoperativen Herstellung individueller Titanimplantate mittels CAD/CAM ermöglicht eine problemlose und zeitsparende Rekonstruktion mit hohem funktionellem und ästhetischem Gewinn für die Patienten. Der Kostenaufwand beträgt pro Patient ca. 5000–10000 DM und wurde nach entsprechenden Einzelfallentscheidungen durch die jeweiligen Krankenkassen übernommen.

Danksagungen. Wir danken folgenden Kliniken für die Kooperation sowie für die Überlassung der notwendigen Patientenunterlagen:

Klinik für Neurochirurgie (Prof. Dr. R. Firsching), Universität Magdeburg
 Klinik für Neurochirurgie (Prof. Dr. A. Harders), Ruhr-Universität Bochum
 Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Dr. Dr. A. R. Wittkampf), Universität Utrecht, Niederlande
 Klinik für Kiefer- und Gesichtschirurgie, Plastische Operationen (Prof. Dr. Dr. D. Weingart), Katharinenhospital Stuttgart



Abb. 9 ▲ Patient 1 sechs Monate postoperativ: Deutliche Harmonisierung der Stirnkontur und Rückgang der narbigen Einziehungen. Die Fistelöffnungen wurden bereits bei der Resektion des osteomyelitisch veränderten Knochens verschlossen

Literatur

1. Avasthi G, Parti A, Gupta SN, Goel R (1991) Frontal bone osteomyelitis causing recurrent meningitis. J Assoc Physicians India 39: 409–410
2. Berghaus A (1992) Alloplastische Implantate in der Kopf- und Halschirurgie. Eur Arch Otorhinolaryngol Suppl 1: 53–95
3. Beumer J, Firtell DN, Curtis TA (1979) Current concepts in cranioplasty. J Prosthet Dent 42: 67–77
4. Deyerle WM, Crossland S, Sullivan HG (1979) Methylmethacrylate: uses and complications. AORN J 29: 696–711
5. Draf W (1982) Die chirurgische Behandlung entzündlicher Erkrankungen der Nasennebenhöhlen. Indikationen, Operationsverfahren, Gefahren, Fehler und Komplikationen, Revisionschirurgie. Arch Otorhinolaryngol 235: 133–305, 367–377
6. Eufinger H, Wehmöller M, Harders A, Heusser L (1995) Prefabricated prostheses for the reconstruction of skull defects. Int J Oral Maxillofac 24: 104–110
7. Eufinger H, Machtens E (1997) Rekonstruktion bei kraniofazialen Kontur- und Kontinuitätsdefekten mit präoperativ gefertigten individuellen Implantaten. Mund Kiefer Gesicht Chir 1: 129–132 (Suppl 1)

8. Eufinger H, Wehmöller M (1998) Individual prefabricated titanium implants in reconstructive craniofacial surgery – clinical and technical aspects of the first 22 cases. *Plast Reconstr Surg* 102: 300–308
9. Federspil P (Hrsg) (2000) Antibiotikatherapie der Infektionen an Kopf und Hals. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie. *HNO* 48: 91–103
10. Joffe JM, Aghacbeigi B, Davies EH, Harris M (1993) A retrospective study of 66 titanium cranioplasties. *Br J Oral Maxillofac Surg* 31: 144–148
11. Kamyszek T (2000) Die Rekonstruktion kraniofazialer Knochendefekte mit individuell vorgefertigten Titanimplantaten – Nachuntersuchung und Auswertung von 76 Patienten mit 78 Titanimplantaten der Jahre 1994–1998. Dissertation, Medizinische Fakultät der Ruhr-Universität Bochum. ISBN 3–89825–090–3
12. Kasemo B (1983) Biocompatibility of titanium implants: surface science aspects. *J Prosthet Dent* 49: 832
13. König F (1890) Der knöcherne Ersatz großer Schädeldefekte. *Zbl Chir* 17: 497–501
14. Kozák J, Voska P (1993) Reconstruction of the frontal region with skull bone grafts. *Acta Chir Plast* 35: 36–43
15. Montgomery WW, Cheney ML, Jacobs EE (1989) Osteomyelitis of the frontal bone. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 98: 848–853
16. Middleton WG, Briant TD, Fenton RS (1985) Frontal sinusitis. A 10 years experience. *J Otolaryngol* 14: 197–200
17. Psillakis JM, Nocchi VLB, Zanini SA (1979) Repair of large defect of frontal bone with free graft of outer table of parietal bones. *Plast Reconstr Surg* 64: 827–830
18. Remmler D, Bowles R (1980) Intracranial complications of frontal sinusitis. *Laryngoscope* 90: 1814–1824
19. Sanan AS, Haines SJ (1997) Repairing holes in the head: A history of cranioplasty. *Neurosurgery* 40: 588–603
20. Schick B, Hendus J, Abd El Rahman EL Tahan, Draf W (1998) Rekonstruktion der Stirnregion mit Tabula externa des Schädels. *Laryngorhinootologie* 77: 474–479
21. Smith JD, Abramson M (1974) Membranous vs. endochondral bone autografts. *Arch Otolaryngol* 99: 203–205
22. Stankiewicz JA, Newell DJ, Park AH (1993) Complications of inflammatory diseases of the sinuses. *Otolaryngol Clin North Am* 26: 639–655
23. Söhr O (1907) Zur Technik der Schädelplastik. *Beitr Klin Chir* 55: 465–483
24. Strauss M, Kaufmann RA, Baum S (1985) Osteomyelitis of the head and neck: sequential radionuclide scanning in diagnosis and therapy. *Laryngoscope* 95: 81–84
25. Thomas JN, Nel JR (1977) Acute spreading osteomyelitis of the skull complicating frontal sinusitis. *J Laryngol Otol* 91: 55–62
26. Weber R, Draf W, Keerl R, Constantinidis J (1995) Aspekte zur Stirnhöhlenchirurgie. Teil II: Die externe Stirnhöhlenoperation – der osteoplastische Zugang. *HNO* 43: 358–363
27. Weber R, Draf W, Keerl R, Constantinidis J (1995) Aspekte zur Stirnhöhlenchirurgie. Teil III: Indikationen und Ergebnisse der osteoplastischen Stirnhöhlenoperation. *HNO* 43: 414–420
28. Wehmöller M (1995) Rechnergestützte Analyse von computertomographischen Bilddaten, Konstruktion und Fertigung von individuellen Implantaten. (Ingenieurwissenschaftlicher Forschungsbericht zum DFG-Projekt Ma 1552/2–1, Bochum)
29. Wehmöller M, Eufinger H, Kruse D, Maßberg W (1995) CAD by processing of computed tomography data and CAM of individually designed prostheses. *Int J Oral Maxillofac* 24: 90–97
30. Zinreich SJ (1994) Imaging of inflammatory sinus disease. *Otolaryngol Clin North Am* 26: 535–547
31. Zins JE, Whitaker LA (1983) Membranous vs. endochondral bone: Implications for craniofacial reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 72: 778–785

Innovationspreis für Audiologie und Neurootologie der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen und Neurootologen

Der Innovationspreis für Audiologie und Neurootologie der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen und Neurootologen (ADANO) wird an Forscher verliehen, die durch ihre Arbeiten zum Verständnis der Pathogenese, zur Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten oder zur Entwicklung von Therapieverfahren von Erkrankungen des Hör- und Gleichgewichtsystems beigetragen haben. Voraussetzung für die Bewerbung um den Preis ist die Publikation der entsprechenden Arbeit in einem internationalen Journal mit peer-review Verfahren. Die Arbeiten müssen zum Druck angenommen sein. Der Preis ist mit Euro 1750,- dotiert. Der Preis wird anlässlich der Jahrestagung der ADANO 2003 verliehen. Bewerbungsunterlagen beinhalten Publikation und Abstrakt in 6-facher Ausführung. Einreichen der Bewerbungsunterlagen bis zum 01.06.2002 an den Präsidenten der ADANO:

Prof. Dr. M. Westhofen
 Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und
 plastische Kopf- und Halschirurgie
 Klinikum der RWTH Aachen
 Pauwelsstr. 30
 52074 Aachen
 Email mwesthofen@ukaachen.de