

**T.C.  
GENELKURMAY BAŞKANLIĞI  
GÜLHANE ASKERİ TIP AKADEMİSİ  
ASKERİ TIP FAKÜLTESİ  
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI**

**KRANIÖPLASTİ AMELİYATLARINDA KULLANILAN 3-BOYUTLU KİŞİYE  
ÖZEL TİTANYUM İMPLANT İLE TİTANYUMUN; POLİETİLEN, METİL  
METAKRİLAT İMPLANT VE OTOLOG KEMİK GREFTLERİYLE  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Yunus KAÇAR  
Hv.Tbp. Yzb.**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA  
2016**

T.C.  
GENELKURMAY BAŞKANLIĞI  
GÜLHANE ASKERİ TIP AKADEMİSİ  
ASKERİ TIP FAKÜLTESİ  
BEYİN VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI

**KRANIOPLASTİ AMELİYATLARINDA KULLANILAN 3-BOYUTLU KİŞİYE  
ÖZEL TİTANYUM İMPLANT İLE TİTANYUMUN; POLİETİLEN, METİL  
METAKRİLAT İMPLANT VE OTOLOG KEMİK GREFTLERİYLE  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Yunus KAÇAR**  
**Hv.Tbp. Yzb.**

Gulhane Askeri Tıp Akademisi  
Askeri Tıp Fakóltesi'nin  
Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı Programı  
için öngördüĐü  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**  
olarak hazırlanmıştır.

**TEZ DANISMANI**  
**Özkan TEHLİ**  
**Doç. Tbp. Alb.**

ANKARA  
2016

GATA Askeri Tıp Fakóltesi Dekanlığı'na

“KRANIOPLASTİ AMELİYATLARINDA KULLANILAN 3-BOYUTLU KİŞİYE ÖZEL TİTANYUM İMPLANT İLE TİTANYUMUN; POLİETİLEN, METİLMETAKRİLAT İMPLANT VE OTOLOG KEMİK GREFTLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI” konulu bu çalışma jürimiz tarafından Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı'nda Tıpta Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı: Doç. Tbp. Alb. Özkan TEHLİ

Üye: Prof. Tbp. Alb. Kd. Mehmet K. DANEYEMEZ

Üye: Prof. Dr. Deniz BELEN (Ankara Numune Eğitim Araştırma Hastanesi)

Üye: Prof. Hv. Tbp. Kd. Alb. A. Murat KUTLAY

Yd.Üye: Prof. Tbp. Alb. Yusuf İZCİ

Yd.Üye: Prof. Tbp. Alb. Bülent DÜZ

ONAY:

Hv.Tbp.Yzb. Yunus KAÇAR 13.07.2016 tarihinde savunduğı bu tez Akademi Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Hayati BİLGİÇ  
Prof. Tbp. Tümamiral  
Gülhane Askeri Tıp Fakóltesi Dekanı

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı Başkanlığı'nda Titanyum kranioplasti yapılmış hastalardan elde edilen sonuçların, diğer kranioplasti materyalleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Nöroşirürji kliniğinde uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve becerilerimin gelişmesine katkıları olan Anabilim Dalı Başkanım Sayın Prof. Dr. Mehmet DANEYEMEZ'e, uzmanlık eğitimi süresince tecrübe ve yardımları ile bana her zaman destek olan Prof. Dr. A.Murat KUTLAY, Prof. Dr. Yusuf İZCİ, Doç. Dr. İlker SOLMAZ, Yrd. Doç. Dr. N. Çağlar TEMİZ, Yrd. Doç. Dr. Serdar KAYA, Uzman Dr. Cahit KURAL 'a teşekkür ederim.

Uzmanlık tezimin planlanmasında ve tüm aşamalarında desteğini gördüğüm, kendisinden çok şeyler öğrendiğim, asistanlık hayatım boyunca hemen her konuda desteğini üzerimden esirgemeyen ve yanımda en samimi duygularıyla bulunan tez danışmanım Doç. Dr. Özkan TEHLİ'ye en derin minnet ve şükranlarımı sunarım.

Uzmanlık tezimin verilerinin istatistiksel analizinde destek ve danışmanlık sağlayan Doç. Tbp. Bnb. Türker TÜRKER'e teşekkür ederim.

Uygulamanın başarılı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan, teze katılan tüm hastalara teşekkür ederim.

Asistanlığım süresince her zaman desteklerini ve dostluklarını gördüğüm tüm doktor kardeşlerime ve ağabeylerime, kliniğimizin değerleri hemşirelerine ve personeline çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan sevgilerini her zaman kalbimde hissettiğim kıymetli aileme, bu yoğun çalışma temposu içerisinde bana her zaman destek olan, bir aile olabilmenin her türlü mutluluğunu ve konforunu yaşatan hayat arkadaşım Havise YALVAÇ KAÇAR'a ve oğlum Emin Kayra KAÇAR'a en derin sevgilerimi sunarım.

Dr. Yunus KAÇAR  
Ankara, 2016

## ÖZET

### **KRANIOPLASTİ AMELİYATLARINDA KULLANILAN 3-BOYUTLU KİŞİYE ÖZEL TİTANYUM İMPLANT İLE TİTANYUMUN; POLİETİLEN, METİL METAKRİLAT İMPLANT VE OTOLOG KEMİK GREFTLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Kranioplasti, kranial defekt veya deformitelerin, kranium yüzeyinin kompleks yapısına uygun materyaller ile kişiye özel kozmetik ve işlevsel aslına uygun olarak onarılmasıdır. Kranioplasti ameliyatlarında metil metakrilat, polietilen, titanyum, otolog kemik grefti gibi pek çok farklı malzeme kullanılmaktadır. Üç boyutlu kişiye özel implantlar ise son yıllarda daha ön plana çıkmıştır. Kliniğimizce kullanılan ve Medikal Tasarım ve Üretim Merkezi (METÜM) mühendisleri tarafından 3 boyutlu yazıcıyla kişiye özel üretilen Ti-6Al-4V alaşımlı titanyum implant non-magnetiktir ve ısı yalıtımı (skalpten ve havadan alınan ısıyı beyne iletmemesi) diğer malzemelere göre daha iyidir. Isı ile genişmez ve iyonize olmaz. Koroziv özellikte olmadığı için yumuşak dokuda veya ciltte sekonder reaksiyona neden olmaz. Titanyum ve titanyum alaşımları kemiğin elastikiyet modülüne (10-30 GPa) en yakın metalik biyo-malzemelerdendir. Titanyumun stabil olması, biyolojik olarak parçalanmaması, kafatasının gösterdiği mekanik travmalara dayanıklılığının en az kafatası kemikleri kadar dayanıklı ve koruyucu olması nedeniyle diğer implantlardan daha ön planda bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı kliniğimizde son yıllarda kullanıma giren üç boyutlu titanyum implantları daha önce kullanılan diğer materyallerle karşılaştırmak ve sonuçlarımızı paylaşmaktır.

Araştırmamızda retrospektif olarak 2011-2016 tarihleri arasında kliniğimizde; METÜM tarafından üç boyutlu yazıcıyla üretilen kişiye özel titanyum implantların kafatasının onarılmasındaki etkinliği ve titanyum dışı implantlar ile karşılaştırılması ele alınmıştır.

Kliniğimizde 2011-2016 tarihleri arasında 78 hastaya (12-80 yaş aralığında ortalama yaş:  $34\pm 16$ , 64 erkek, 14 kadın) kranioplasti yapılmıştır. 36 hasta; kişiye özel titanyum implant ile 42 hasta ise polietilen, metil metakrilat implant ve otolog greft kullanılarak opere edilmiştir. Polietilen implant kullanılan

hasta sayısı 29, metil metakrilat implant kullanılan hasta sayısı 7, otolog kemik greft kullanılarak kranioplasti yapılan hasta sayısı ise 6'dır.

Kraniektomi sonrasında kranioplasti zamanlaması değerlendirildiğinde; ilk 1 senede titanyum implant ile kranioplasti yapılan hastaların 15'inde hiçbir komplikasyon gelişmemiştir. Erken kranioplastinin hastalarda nörolojik ve psikolojik olarak iyiye gidişi arttırdığı gözlemlenmiştir.

Titanyum implantlı hastalar ile titanyum dışı malzemelerle kranioplasti yapılan hastaların defekt alanı büyüklükleri karşılaştırıldığında, titanyumlu hastaların ortalama kafatası kemik defekt alanı daha yüksek bulunmuştur. Bu da istatistiksel olarak anlamlıdır (**P=0,001**). İmplantın herhangi bir komplikasyonu sonrası reoperasyonu ve revizyonu da titanyum kranioplasti olgularında titanyum dışı implantlara göre daha azdır. Bu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (**P=0,002**). Hastanede kalma süreleri her iki grupta değerlendirilmiş ve titanyum kranioplasti uygulananlarda bu sürenin daha az olduğu görülmüştür. Bu da verilerimizde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (**P=0,041**). Titanyum kranioplastili hastaların kemik defekt alanı oranının daha fazla olmasına rağmen komplikasyon görülme oranı ve hastanede kalma süreleri diğer malzemelerle kranioplasti yapılan hastalara göre daha azdır. Polietilen kullanılan hastalarda daha fazla enfeksiyon oranı (%24,1) görülmüştür. Titanyum ise en az enfeksiyon oranına (%2,7) sahiptir.

Sonuç olarak; üç boyutlu kişiye özel üretilen titanyum implantlar ile yapılan kranioplasti ameliyatları gerek enfeksiyon oranı gerekse de komplikasyon oranı yönünden diğer malzemelerden üstündür. Gelecekte bu tarz implantların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ile daha iyi klinik sonuçlar alınacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler** : Kranioplasti, Titanyum, Polietilen, Metil metakrilat, Otolog greft

**Yazar Adı** : Hv.Tbp. Yzb. Yunus KAÇAR

**Danışman** : Doç. Tbp. Alb. Özkan TEHLİ

## SUMMARY

### **RECONSTRUCTION SKULL DEFECTS WITH CUSTOM-MADE THREE DIMENSIONAL TITANIUM IMPLANTS AND COMPARISON OF TITANIUM CRANIOPLASTY WITH POLYETHYLENE, METHYLMETHACRYLATE IMPLANTS AND AUTOLOGOUS BONE GRAFTS**

Cranioplasty means repairing cranial defects or deformities with the materials which fits complex cranium surface structures and these materials are custom-made for patients individually due to be a true copy of cosmetic and functional anatomy of cranium. Many different materials such as methyl methacrylate, polyethylene, titanium, autologous bone graft are used in cranioplasty surgery. The three-dimensional custom made implants came to the fore in recent years. Custom-made, Ti-6Al-4V alloyed titanium implants which were used by our department and designed by MEDMC engineers with three dimensional printer, are non-magnetic, heat insulated (Implants do not conduct heat from scalp or air to brain) and do not expand by heat and ionised. They do not cause secondary reactions on soft tissue or skin because implants are not corrosive. Titanium and titanium alloys are the closest materials to bone elastic modulus (10-30 GPa). Titanium is stable, does not decompose biologically, and resistant to mechanical traumas as well as skull bones, therefore it is superior to the other materials which is used for cranioplasty. The purpose of this study is to compare three-dimensional titanium implants which came into use in recent years in our clinic with other materials previously used to and share our results.

In our retrospective study, we studied comparison of effectiveness of reconstructing skull defects between three-dimensional custom-made titanium implants produced by Medical Design and Manufacturing Center (MEDMC) to non-titanium implants from 2011 to 2016 in Department of Neurosurgery at Gulhane Military Medical Academy.

78 patients with skull defect were treated (64 males and 14 females, between 12-80 years old, mean age:  $34 \pm 16$  years). Thirty-six patients underwent cranioplasty using 3-dimensional custom made titanium implant. Forty-two patients underwent cranioplasty with polyethylene, methyl-

methacrylate implants and autologous bone grafts. The number of patients, which were treated with polyethylene implants are 29, methyl-methacrylate implants are 7, autologous bone grafts are 6.

There was no complication in 15 patients who underwent titanium cranioplasty in one year period after craniectomy. Therefore assesment of cranioplasty timing is appropriate. It is observed that patients with early cranioplasty get better both neurologically and psychologically.

When we compared the size of defect area in patients who were operated with titanium implants and non- titanium material, the mean size of skull bone defects was bigger at patients with titanium cranioplasty. It is statistically significant. (**P=0.01**). So larger defect can cause complication after cranioplasty surgery which needs reoperation and revision of the implant. Reconstruction with titanium cranioplasty has lower rate of reoperation which is statistically significant (**P=0.002**). Hospital stay of patients with titanium cranioplasty was shorter so it is statistically significant (**P=0.041**). In despite of patient with titanium cranioplasty has larger skull defect, have less complication and short hospital stay than the patient who had cranioplasty with other materials. More infection rate (24.1%) was observed in patients who had cranioplasty with polyethylene. Cranioplasty with titanium has lowest infection rate rather than other materials (2.7%).

As a conclusion, cranioplasty operations with three-dimensional custom made titanium implants are superior to other materials in terms of the rate of complications and rate of infection. It is thought that there will be better clinical results in the future with the development and dissemination of such implants.



# İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET .....	ii
SUMMARY.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ .....	1
GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Kullanılan İmplant Materyalleri .....	8
2.1.1. Metil-metakrilat (Lucite, Vitacrylic, Plexiglas, Crystallite, Cranioplast ve Perspex) .....	8
2.1.2. Hidroksiapatit.....	9
2.1.3. Polietilen.....	9
2.1.4. Seramik.....	10
2.1.5. Koral.....	10
2.1.6. Paslanmaz Çelik.....	11
2.1.7. Otolog Greftler.....	11
2.1.8. Titanyum.....	11
2.2. Kranioplasti Materyali Seçilirken Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar.....	17
2.3. Kafa İskeleti Anatomisi .....	18
2.3.1. Frontal Kemik .....	19
2.3.2. Paryetal Kemik .....	21
2.3.3. Temporal Kemik .....	22
2.3.4. Oksipital Kemik.....	24
2.4. Kraniektomi Sonrası Görülen Semptomlar .....	25
2.5. Kranioplasti Endikasyonları .....	26
2.6. Kranioplasti Kontrendikasyonları .....	27

2.7. Kranioplasti Komplikasyonları .....	27
GEREÇ VE YÖNTEM .....	29
3.1. 3-Boyutlu Kişiyeye Özel Titanyum ile Kranioplasti .....	30
3.1.1. Hazırlık .....	30
3.1.2. Tasarım .....	31
3.1.3. Üretim.....	34
3.1.4. Ameliyat.....	43
3.2. Diğer Materyaller Kullanılarak Kranioplasti.....	51
3.2.1. Metil Metakrilat .....	53
3.2.2. Ototreft .....	54
BULGULAR.....	55
TARTIŞMA.....	71
SONUÇLAR.....	77
KAYNAKLAR .....	81

## KISALTMALAR

- GATA** : Gülhane Askeri Tıp Akademisi  
**METÜM** : Medikal Tasarım ve Üretim Merkezi  
**MEDMC** : Medical Design and Manufacturing Center  
**Ti-6Al-4V** : Titanyum-Aliminyum- Vanadyum alaşımı  
**Co-Cr** : Kobalt –Krom alaşımı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
1.1. Trepanasyon yapılmış kafatası.....	2
1.2. Sir William Macewen (1848-1924) .....	2
1.3. Wagner'in osteoplastik tekniği .....	3
1.4. Müller-König "S" insizyonu ile ikiz felp kullanımı .....	3
1.5. Hacker tarafından komşu kemik dış tabulası alınarak defektin kapatılması .....	5
1.6. A. Kosta ile kranioplasti B. Kosta grefti sonrası washboard (Dalga Siperi) şeklinde görünüm .....	5
1.7. Alâ'im-i Cerrâhîn'den bir bölüm (Süleymaniye Yazma Eserler Kütüphanesi) .....	7
1.8. Gözenekli polietilen implant.....	10
1.9. Titanyumun Periyodik tablodaki yeri .....	11
1.10. Kalvaryumun kesitsel görünümü (Sobotta Anatomi Atlası).....	18
1.11. Kalvaryumun görünümü (Netter Anatomi Atlası) .....	18
1.12. Frontal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası).....	20
1.13. Paryetal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası).....	21
1.14. Temporal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası).....	23
1.15. Oksipital Kemik (Sobotta Anatomi Atlası) .....	25
2.1. Hasta sayılarının implantlara göre dağılımı .....	29
2.2. Mimics ile 3 boyutlu hale getirilen kafatası ve Üç boyutlu tasarım yazılımı 3- Matic ile implant ve defektin görünümü .....	32
2.3. İki farklı hastada 3-matic üzerinde tümör ve kılavuz (guide) görünümü .....	33
2.4. Plastik model makinesi .....	34
2.5. Akrlonitril bütadien stiren (ABS) kimyasal formülü .....	34
2.6. Plastik modelde defekt görünümü, defekte komşu çevre yapılar ve titanyum implantın defekti tam kapatması.....	36
2.8. Sağ paryetal kemik tümörü olan hasta, üretilen plastik model, kılavuz (guide) ve titanyum implant .....	37
2.9. Metal modelleme, 3 Boyutlu yazıcısı .....	38

2.10. Üç boyutlu yazıcı ile üretilen kişiye özel titanyum impant .....	39
2.11. Titanyum implantın duraya bakan yüzü parlak dış yüzü mat ve implant üzerindeki deliklerin şekilleri.....	39
2.12. Temporal kası atrofiye uğramış hastanın implantının temporal bölgesinin kısmi şişirilmesi.....	40
2.13. Kuşlama makinesi .....	41
2.14. Sertlik Ölçme makinesi .....	41
2.15. Sol frontal kemiği erode etmiş ve dışarı doğru bombe yapmasına neden olmuş araknoid kistli hastanın kranial tomografisi, plastik modeli, kılavuz (guide) ve titanyum implantı .....	42
2.16. Ameliyat öncesi vida boyutlarının bilgisayar ile hesaplanması .....	43
2.17. Sağ frontotemporoparyetal kemik defekti olan hastanın ameliyat öncesi görüntüsü ve ameliyatta titanyum implantın yerleştirilmesi.....	43
2.18. Sağ frontotemporoparyetal kemik defekti olan hastanın ameliyat öncesi ve sonrası görünümü.....	44
2.19. Sağ frontal kemik defekti olan hastanın ameliyat sonrası 1. Ay ve 3. Ay kontrolleri ile plastik modeli ve mimics programında görünümü .....	45
2.20. Temporal kasın ve duranın implanta suture edilerek asılması.....	46
2.21. Sağ frontal kraniyektomi defektinin onarılması aşamaları .....	47
2.23. Sağ paryetal kemik tümörü (osteoma) olan hastanın, ameliyat öncesi planlaması ve tümör eksizyonu ile aynı seansta kranioplasti görüntüleri .....	49
2.22. Kranioplasti için başvuran hastanın implantın üretimine kadar aşamaları.....	50
2.23. Sol frontotemporoparyetal geniş kemik defektinin polietilen ile rekonstrüksiyonu .....	52
2.24. Sol frontotemporoparyetal kemik defektinin metil metakrilat implant ile rekonstrüksiyonu .....	54
3.1. Yaşın gruplara göre dağılımı .....	56
3.2. Kranioplasti zamanlamasının kranioplastide kullanılan materyale göre dağılımı.....	63
3.3. Kullanılan materyallere göre revizyon durumunun dağılımı .....	67
3.4. Kullanılan materyaller göre revizyon nedenlerinin dağılımı .....	68

<b>3.5.</b>	Kranioplasti defekt alanlarının kullanılan materyallere göre dağılımı.....	69
<b>3.6.</b>	Kullanılan kranioplasti materyallerine göre hastaların hastanede kalma sürelerinin dağılımı.....	70

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
1.1. Kranioplastide kullanılan materyallerin tarihçesi .....	7
1.2. Biyomedikal uygulamalarda kullanılan titanyum alaşımları .....	14
1.3. Ti6Al4V Kimyasal kompozisyonu .....	15
1.4. Ti6Al4V' nin Isıl İşlem Sonrası Mekanik Özellikleri.....	15
1.5. Titanyum ve diğer maddelerin kemiğe göre elastiklik modülü karşılaştırılması .....	16
1.6. Ti-6Al-4V'nin titanyum ve krom-kobalt ile karşılaştırılması.....	16
3.1. Kranioplasti ameliyatı yapılmış hastaların sayısı, cinsiyeti ve kranioplasti materyaline göre dağılımı .....	55
3.2. Kranioplasti yapılmış hastaların yaş gruplarının, sayı ve kranioplasti materyaline göre dağılımı .....	57
3.3. Kranioplasti yapılan hastaların etyolojilerinin hasta sayıları ve kullanılan materyallere göre dağılımı .....	59
3.4. Kranioplastili hastaların yaş, cinsiyet, lokalizasyon, defekt alanı, zamanlama ve kullanılan materyallere göre dağılımı .....	61
3.5. Kranioplasti ameliyatlarının kullanılan materyale, lokalizasyona, kranioplasti zamanlamasına, defekt alanına, revizyon durumu ve revizyon nedenine göre dağılımı .....	66

# GİRİŞ

Kranioplasti; kranial defekt veya deformitelerin kişiye özel kozmetik ve işlevsel aslına uygun olarak onarılması olarak tanımlanabilir (1). Kranioplasti sadece kafadaki defekti doldurmak veya onarmak şeklinde basit bir anlamda kullanılmamalıdır. Defekt onarımı ile hastanın kendine güvenini arttırmak ve böylece performansını arttırmak amaçlanmalıdır. Aynı zamanda beyin dokusunun korunması ana amaç olmalıdır. Kranioplasti sonrası epilepsi görülme sıklığının azaldığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir (2). Kranium yüzeyinin kompleks yapısına uygun materyali, hastaya özel olarak rekonstrükte etmek oldukça zor bir işlemdir. Günümüz nöroşirürji pratiğinde belirli konseptler uygulanmasına rağmen materyal ve teknik konusunda halen belirli bir protokol sağlanmış değildir. Beyin cerrahları arasında, oluşmuş kranial defektinin onarımında hastanın kendi kemik flebinin kullanımı ile farklı bir materyal kullanması ve bunların zamanlaması ile endikasyonu en fazla tartışılan konu olmuştur (3).

Bu tez çalışmasında amaç; kliniğimizde yapılan kranioplasti ameliyatlarını değerlendirerek, GATA bünyesinde Medikal Tasarım ve Üretim Merkezi (METÜM) tarafından 3 boyutlu yazıcı ile kişiye özel üretilen titanyum implantın; metil metakrilat, polietilen implant ve otolog greft ile karşılaştırmaktır.

## **Tarihçe:**

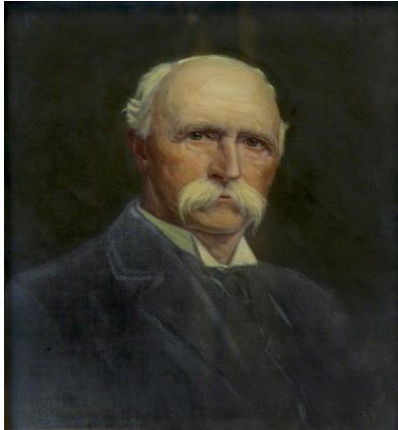
Kranioplastinin tarihçesi kafatası delme anlamında kullanılan trepanasyon ile başlamaktadır (Şekil 1.1). Peru'nun Paracas ve Parahamac bölgelerinde M.Ö 3000 yıllarına dayanan mezarlardan alınan kalıntılarda trepanasyon uygulamaları ile karşılaşılmıştır. Kranioplasti uygulamasında ilk defa İnkâ uygarlığında rastlanmış, delinmiş kafatasları su kabakları, gümüş ya da altın ile kapatılmış olarak bulunmuştur (4).





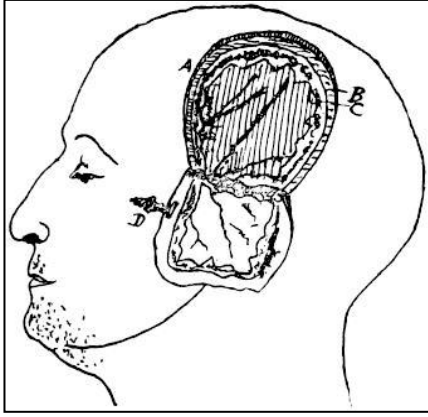
**Şekil 1.1.** Trepanasyon yapılmış kafatası (www.gercekbilim.com)

16. Yüzyılda Fallopius'un altın tabakalarını kranioplastide kullanımı ilk belgelenmiş kranioplasti uygulaması olarak tarihte yerini almıştır (5). Kranioplastide kemik kullanımı ilk kez 1668'de köpek kafatasını kranioplasti uygulamasında kullanan Amsterdamlı Job Janszoon van Meekeren, tarafından uygulanmıştır (6). Macewen, kemik greftlemede modern yaklaşımın babası olarak kabul edilir. Macewen klinik çalışmalarında kranial defektlerde başarılı bir şekilde re-implantasyon prosedürlerini bildirmiştir (Şekil 1.2) (7).



**Şekil 1.2.** Sir William Macewen (1848-1924) (www.rcpsg.ac.uk)

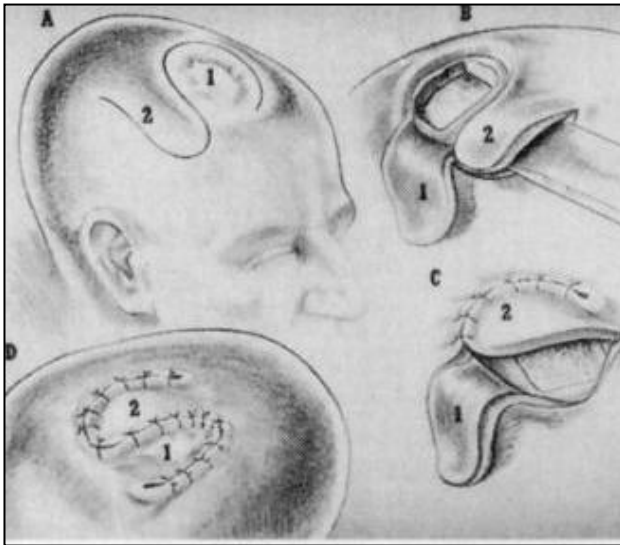
Burrell'de, Macewen ile aynı zamanda defektli kafataslarına tıpa şeklinde kemik grefti kullanarak kranioplasti yapmıştır (8). Kozmetik kranioplasti uygulamasını ilk kez Wagner 1889 yılında bildirmiştir. Kemiği kas altında bırakarak kozmetik kaygıyı engellemek istemiştir (Şekil 1.3) (9).



**Şekil 1.3.** Wagner'in osteoplastik tekniği (Beck C: Cranioplastic operations. JAMA 23: 893-899,1894)

Seydell (1889) kranioplasti uygulamasında sol paryetal kemik defekti olan bir hastada tibiaya şekil vererek kranioplasti yaptığını bildirmiştir. Kemik periostu duraya bakacak şekilde kranioplasti yapılmış ve komplikasyonsuz olarak sonuçlanmış (10).

Müller (1890) kranial defekt üzerine flep kaydırarak komşu dokuları; cilt, cilaltı, periostu defekt üzerine sererek geç kranioplasti uygulamasını ilk uygulayan isim olmuştur (11). König (1890) ikiz flep kullanarak Müller tekniğini geliştirmiştir (Şekil 1.4).



**Şekil 1.4.** Müller-König "S" insizyonu ile ikiz flep kullanımı (Woolf JI, Walker AE: Cranioplasty: Collective review. Int Abs Surg 81: 1-23,1945)

İlk kez Frankel tarafından 1890 yılında kranioplastide kullanılan Selüloid dünya genelinde kullanılmaya başlanmıştır. Pringle ve Large geniş vaka serilerinde selüloidin doku reaksiyonuna neden olduğu eksüdatif koleksiyon yaptığını göstermiştir. Bu nedenle yerini metil metakrilata bırakmıştır.

Booth and Curtis (1893) kranioplastide aliminyum tabaka kullanmış, hasta kullanılan aliminyum nedeniyle enfekte olmuş daha sonra tabakayı çıkarmak zorunda kalınmış ve hasta muhtemelen intraserebral abse nedeniyle kaybedilmiştir (16).

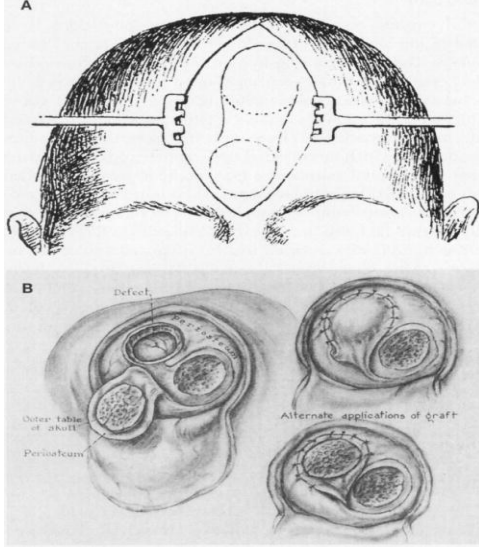
Gerster (1895), kranioplastide altını kullanmış ve 2,5 yıllık hasta takibinde hastada doku reaksiyonu gelişmemiştir (17). Ardından Estor (1916) 100 hastada altın kullanmış 2 hasta enfeksiyon nedeniyle revizyona gitmiş ve 2 hasta kaybedilmiştir. Ancak altın yüksek maliyet ve saf metal yumuşaklığı nedeniyle cerrahlar tarafından tercih edilmemiştir.

Gümüş, Sebileau (1903) tarafından kullanılmış ancak dokuda oksitlenmiş ve skalpte boyanmaya ve doku reaksiyonuna neden olmuştur. Minör travmalara bile koruyuculuğu olmadığı için 1. Dünya Savaşından sonra kullanılmamıştır.

Marchand (1901) boynuzların doku uyumluluğunun iyi tolere edildiğini bildirmiş, Rehn (1912) öküz boynuzu, Henschen (1916) buffalo boynuzu ve Mauclaire (1916) fildişi kullanarak kranioplasti yapmışlardır. Ancak otogreftlerin sonuçlarının daha iyi olması ksenogreft uygulamalarını geride bırakmıştır.

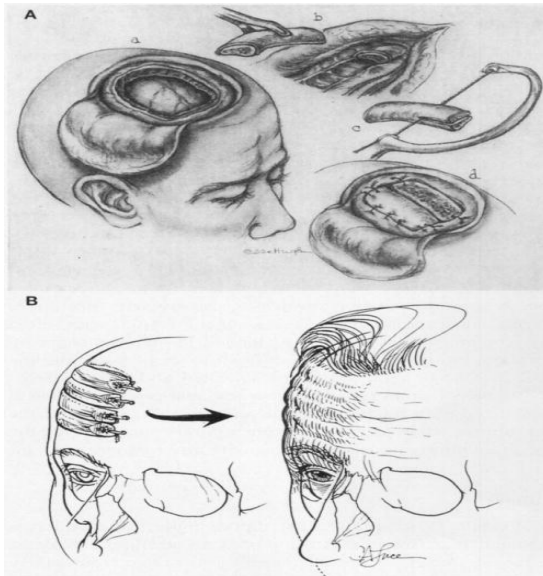
Mauclaire (1908) ve Rouvillois (1908) kurşunu kranioplasti olgularında kullanmışlar, ancak hastada kurşun intoksikasyonu gelişmesi üzerine kurşun tabakayı çıkarmışlardır (18).

Hacker 1903'de, Müller-König tekniğine benzer flep ile tek skalp flebi kaldırarak, periostlu dış tabula kaydırıp yandaki kemik defektine kranioplasti uygulamıştır (Şekil1.5).



**Şekil 1.5.** Hacker tarafından komşu kemik dış tabulası alınarak defektin kapatılması (Woolf JI, Walker AE: Cranioplasty: Collective review. Int Abs Surg 81: 1-23,1945)

Dobrotworski kranioplastide ilk kez 1911 yılında otolog kosta kullanan isim olmuştur (12) (Şekil1.6).



**Şekil 1.6.** A. Kosta ile kranioplasti B. Kosta grefti sonrası washboard (Dalga Siperi) şeklinde görünüm

(Delashaw JB, Persing JA: Cranial defects and their repair, in Youmans JR (ed): Neurological Surgery: A Comprehensive Reference Guide to the Diagnosis and Management of Neurosurgical Problems. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1990, p 2297 (26a))

Röpke 1912 yılında her iki tarafında periost yüzü olan skapulayı greft olarak kranioplastide kullanmak istemiştir (13). Skapulanın greft olarak kullanım zorluğu nedeniyle cerrahlar bu tekniği kullanmamışlardır.

Morestin (1915) kadavra kartilajı kullanarak allogreft ile kranioplasti yapan ilk isimdir. Gosset'de 32 olguda bunu uygulamıştır (14).

Sicard ve Dambrin (1917-1919) kadavra kafatasları ile kranioplasti yapmış ve makalelerinde serilerini yayınlamışlardır (15).

Cornioly (1929) platinumu kranioplastide kullanmış ve platinumla doku reaksiyonu geliştiğini bildirmiştir (19).

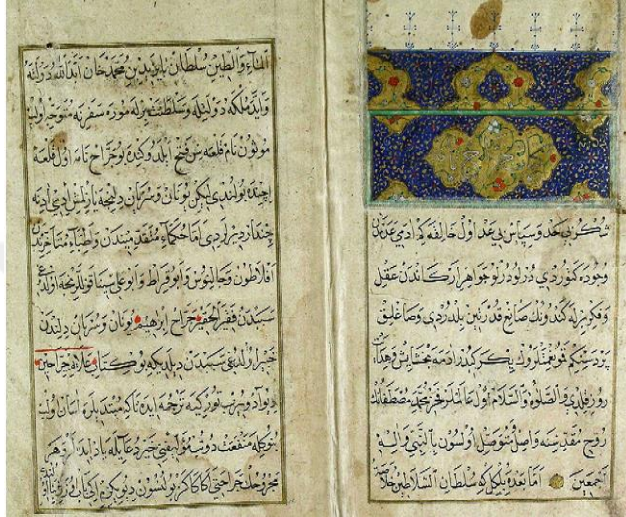
Kobalt, molibden, krom alaşımı olan ve korozyona dayanıklı vityumu kranioplastide ilk kez Geib (1941) kullanılmış, ancak intraoperatif şekil verilmesi güçlüğünden dolayı kullanılamamıştır (20).

Kobalt, molibden, nikel ve krom alaşımlarından oluşan şekil verilebilir Tikonyumu ise 2. Dünya Savaşında kranioplastide yaygın kullanılmıştır.

Tantalumu kranioplastide ilk kez Fulcher (1943) kullanmıştır (21). Doku reaksiyonuna neden olmaması, absorbe olmaması, korozyona uğramaması ve şekil verilebilirliği nedeniyle avantaj sağlamasına rağmen, radyopak olması, ısı yalıtımının düşük olması, pahalı olması ve hastalarda baş ağrısı yakınmalarının olması kullanımını kısıtlamış ve yerini akriliğe bırakmıştır.

**Osmanlı'da Kranioplasti:** İstanbul Süleymaniye Kütüphanesindeki dökümanlara bakıldığında askeri doktor olan İbrahim bin Abdullah'ın yazdığı cerrahi kitabının bir bölümünde (Alâim-i Cerrâhîn) kranyum defektlerinin ksenogreftlerle onarıldığını anlatmaktadır (31). Yıldırım Bayezid'in Mora seferi (1498-1502) sırasında Moton Kalesi fethi esnasında Çindar adında Yunanca ve Süryanice yazılmış tıp kitabı bulunmuş, Eflâton, Calinos, Bukrat ve Ebû Ali Sina'nın (Platon, Galen, Hipokrat ve İbn Sina) görüşlerine yer verildiği bu kitap çevrilerek ve kendi tecrübeleri ile Hacı Paşa, Akşemseddin, Beşir Çelebi, Hekim Şirvânî ve Şerefeddin Sabuncuoğlu'ndanda alıntılar yapıp kitaba "Alâ'im-i Cerrâhîn" adı verilmiş. Bu kitapta beyin, kranial sinir, periferik sinir diseksiyonları, omurga kırıkları, kafatası kırıkları ve kafatası çökme kırıkları, boyun çıkığı, omurga çıkığı, ok yaralanmalarını anlatmaktadır. Kafatası kırıklarında kemik defekti oluşmuşsa bunu, oğlak veya karabaş (kangal)

köpeği kafatası ile defekte uygun keserek yaraya aşılama ve sıkıca sarıp hergün kemiği kanlayıp ve yaraya pansuman yapılması ve en az üç takip gerekliliğini anlatmıştır (İbrahim bin Abdullah. (Alâim-i Cerrâhîn İstanbul: Süleymaniye Kütüphanesi, Hekimoğlu Ali Paşa, number: 568, 911 AH/1505) (Şekil 1.7).



**Şekil 1.7.** Alâim-i Cerrâhîn'den bir bölüm (Süleymaniye Yazma Eserler Kütüphanesi)

**Tablo 1.1.** Kranioplastide kullanılan materyallerin tarihçesi

TARİHÇE	
FALLOPIUS (16. yy)	ALTIN TABAKA
MEEKEREN (1670)	KÖPEK KAFATASI
MACEWEN (1885)	REİMLANTASYON
BURELL (1888)	KEMİK TIPASI
WAGNER (1889)	KOZMETİK KRANIOPLASTİ
SEYDELL (1889)	TİBİA
MULLER (1890)	GEÇ KRANIOPLASTİ
HACKER (1903)	SKALP FLEBİ
DOBROTWOSKİ (1911)	OTOLOG KOSTA
RÖPKE (1912)	SKAPULA
MORESTİN (1915)	KADAVRA KARTİLAJI
KREİDER (1920)	OTOLOG KEMİK FELBİNİN BATINDA SAKLANMASI
SCARD VE DAMBRİN (1917)	KADAVRA KAFATASI
ZANDER (1940)	METİL-METAKRİLAT
SİMPSON (1965)	TİTANYUM

## GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kullanılan İmplant Materyalleri

#### 2.1.1. Metil-metakrilat (Lucite, Vitacrylic, Plexiglas, Crystallite, Cranioplast ve Perspex)

Metil metakrilat monomer, suda tam çözülmeyen, yanıcı özelliği olan, rengi olmayan sıvı bir maddedir. Akrilik polimerler ve diğer monomerlerle polimerize edilerek yüksek kalitede reçine elde edilebilir. Metil metakrilatın;

1. Donma Noktası, °C	-48
2. Kaynama Noktası, °C	101
3. Parlama Noktası, °C	10
4. Su Çözünürlüğü, Gram/Litre	15
5. Yoğunluk (Kg/Litre)	0,936

Metil metakrilat ilk kez Kleinschmit tarafından 1940 yılında tavşanlarda denenmiş, duraya yapıştığı, ancak araknoidde ve beyinde reaksiyon oluşturmadığı görülmüştür. Zander tarafından Aralık 1940'da insanda denenmiştir (22). Spence'nin 1954'de çalışmalarını yayınlaması sonrası kullanımı artmıştır (23). Metil metakrilatın radyolusent ve kırılkan olması, tabakanın kırılması durumunda röntgende ayırt edilememesi önceleri endişe verici olarak kabul edilmiştir. Ancak sonradan karışıma baryum eklenerek röntgende görünür hale getirilmiştir.

Metil metakrilat operasyon esnasında benzoil peroksit veya diizobütil azonitril ile karıştırılır ve reaksiyon başlatılır. Hazırlanıp defekte uygun şekillendirilebilmektedir. Bu esnada yaydığı ısı nedeniyle beynin zarar görmesini engellemek için dura bol su ile irrije edilmelidir. Şekil verildikten sonra yine su içinde bekletilerek soğutulması sağlanmalıdır. Akrilik (Polimetil metakrilat), yüksek saydamlıkta termoplastik bir polimer olup metil metakrilat monomer'in polimerizasyonu ile elde edilir. Polimetil-metakrilat günümüzde kranioplastide en yaygın kullanılan materyallerdendir. Günümüz teknolojisi ile bilgisayarlı tomografi kullanımı ve yazılımları ile önceden hastanın defektine

uygun hazırlanan metil metakrilat ameliyat öncesi steril edilip kullanılabilir.

Akrilik reçine 2. Dünya Savaşında sıkça kullanılmıştır. Akrilik reçine ertelenmiş kranioplastide her büyüklükteki defekt onarımı için kullanılabilir meteryaller arasındadır. Akrilik ucuz, diş hekimliğinde de kullanılan kolay şekil verilebilen, doku uyumluluğu olan, ısı yalıtımı olan, radyolüsent, metallere göre daha hafif ve güçlü yapısı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Galicich ve Hovind (1967) akriliğin içerisine paslanmaz çelik meş (yama) gömerek kırılma potansiyelini azaltmıştır. Malis (1989) akriliğe koroziv ve manyetik olmayan, paslanmaz çeliğe göre daha hafif, şekillendirilebilir ve daha güçlü olan titanyum meş (yama) kullanılmasını savunmuştur (24).

### **2.1.2. Hidroksiapatit**

Kalsiyum fosfatın heksagonal yapısı ile oluşan hidroksiapatit, günümüzde kranioplastide kullanılan materyaller arasındadır. Yabancı madde reaksiyonunun minimal düzeyde olması, kemik ile entegre olup füzyon oluşturması, osteoblastik aktivitesi ile avantaj sağlarken kırılma ve gerilime dayanıksız olması dezavantaj sağlamaktadır. Titanyum meş (yama) ile kullanılması sağlamlığını arttırmaktadır.

### **2.1.3. Polietilen**

Polietilen ilk olarak 1936 yılında uçak elektrik kablolarının yalıtımı için üretilmiştir. Hayvan deneylerinde durada minimal reaksiyon yaptığı görülmüş ve 1949 yılında Bush tarafından insanda kullanılmıştır (25). Yumuşak yapısı nedeniyle kolay şekil verilebilmekte ancak sadece küçük defektlerde kullanılabilir. Günümüzde Medpore™, Biopore™ isimleriyle defekte uygun, gözenekli (poröz), blok şeklinde veya hazır sert implantlar şeklinde ameliyat sırasında şekillendirilebilen yapılarda maksillofasial ve kranioplasti ameliyatlarında kullanılabilen biyouyumluluğu olan yüksek yoğunluklu lineer polietilenden üretilen greftlerdir. Gözenekli yapısıyla kullanılan polietilen implant, birbirine gözeneklerin yaklaşık 100-150 µm çapında olduğu bir çerçeve ile tutunan mikroküreciklerden oluşur, yüksek yoğunluğu olan biyolojik



olarak uyumlu bir malzemedir (Şekil 1.8)(26). Onun gözenekli karakterde olması implantın yapısını güçlendirir, bunun yanısıra enfeksiyon riskini azaltır, hızlı bir fibrovasküler büyüme ve yumuşak doku uyumluluğu sağlar ve kemiğin implantla muhtemel birleşmesine izin verir (27). Radyolüsent olması, metil metakrilatta olduğu gibi ısı yaymaması, metil metakrilatın hazırlanış süresinde olduğu gibi bekleme süresi olmaması avantaj sağlamaktadır.



**Şekil 1.8.** Gözenekli polietilen implant

#### **2.1.4. Seramik**

Doku uyumu akrilik kadar iyi olan seramik; stabil, sert ve kırılğan yapısı nedeniyle ameliyat öncesi hastanın defektine uygun hazırlanmalıdır. Kranioplastide kullanımı son yıllarda başlamıştır. İçersine konulan itriyum sayesinde radyoopaktır (28).

#### **2.1.5. Koral**

Kalsiyumun karbonatın hekzogenal yapısı ile oluşur. Kemik yapısı ile benzerlik göstermesi ve kemiğe füzyon oluşturması hidroksiapatit gibidir. Osteoblastik aktivitesi konulan greftin %60'ı kadardır.(29) Kırılğan yapısı kullanımda dezavantaj oluşturur. Koral küçük defektlerin onarımında günümüzde kullanılmaktadır.

### 2.1.6. Paslanmaz Çelik

İkinci Dünya Savaşının bitimine yakın 1945 yılında Boldrey tarafından çelik meşler (yamalar) küçük defektlerin onarımında kullanılmıştır (30). Isı yalıtımın kötü olması, çeliğin esnek ve bükülgen olması nedeniyle kendini küçük defektlerde sınırlandırmıştır. Yapımının daha ucuz olması tantaluma göre avantaj sağlamıştır.

### 2.1.7. Otolog Greftler

Westerman 1916 yılında kraniotomi sonrası kemik flebini kaynatarak defekte yerleştirmeyi önermiş (32). Ray ve Parson 1947 yılında bu yöntemle enfeksiyon oranlarının yüksek olduğunu savunmuşlardır (33). Otoklavda steril edilmesi önerilmiş, ancak ısı etkisi ile kemik dokusu rezorbsiyona uğramıştır. Günümüzde yaygın kullanımı olmayan kraniotomi sonrası kemiğin batın ön duvarında saklanması 1920 yılında ilk kez Kreider tanımlamıştır (34). Ancak ikinci bir operasyona ihtiyaç duyulması, beslenmesi yeterli olmayan kemik flebinin rezorbsiyonu ve hacim kaybetmesi ile ikinci bir skar dokusu bu prosedürün dezavantajları olmuştur. Kemik dokusunun soğukta canlı kalacağı fikriyle 1947 yılında Bush kemik fleplerini koruyacağı fikrini öne sürmüştür.

### 2.1.8. Titanyum

(Sembolü: *Ti*, Atom Numarası: 22, Atom Ağırlığı: 47.867, Eleman serisi: Geçiş metali, Maddenin Hali: Katı, Görünümü: Gümüş gri) (Şekil 1.9).

**PERİYODİK TABLO**

1 H																	2 He														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn														
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun																						
																		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
																		90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Şekil 1.9. Titanyumun Periyodik tablodaki yeri

Adını Yunan tanrısı Titanlar'dan alır. Titanyum 1796 yılında Reverend William Gregor tarafından keşfedilmiş (35). Nilson ve Petterson, saf olmayan titanyumu 1887 yılında hazırlamış, ancak %99 saflıktaki metali 1919 yılında Hunter, çelik pota içinde  $TiCl_4$  ve sodyum ile birlikte pişirerek elde etmiştir. 1934 yılında Alman bilim adamı W.J.Kroll tarafından titanyumu işleme yöntemini (Kroll yöntemi) geliştirdikten sonra 1946 yılından itibaren sanayide kroll yöntemiyle (Kroll, titanyum cevheri (rutil veya ilmenit) akışkan yataklı fırında  $1000^\circ C$  sıcaklıkta kömür ve klor gazıyla karıştırılarak titanyum tetraklorür üretilir. Üretilen  $TiCl_4$  paslanmaz çelik potada  $800-850^\circ C$  sıcaklıkları arasında magnezyumla redüklenerek titanyum elde edilir) kullanılabilmiştir. 1965 yılında Simpson kranioplastide titanyumu kullanan ilk isim olmuştur (36). Doğada daima diğer elementler ile bağlı bir şekilde bulunan titanyum elementi, yeryüzünde en çok bulunan 9. elementtir (ağırlıkça %0,63) ve en bol bulunan 7. metaldir. Titanyum ve alaşımlarının, radyolüsent olması, diğer materyallere göre ucuz olması, mükemmel biyolojik uyumları ve korozyon dirençleri, düşük elastiklik değerleri ve yüksek direnç gibi özellikleri sayesinde kranioplastide günümüzde heyecan uyandıran maddeler arasında ilk sırada yer almaktadır. Titanyumun kullanım alanları oldukça geniştir; uçak sanayi, uzay araçları, petrol, kimya endüstrileri ve denizcilik uygulamaları ile biyomalzemelerde tercih edilmektedir.

Titanyum;

- Düşük yoğunluk ( $4,5 \text{ g/cm}^3$ )
- Yüksek ergime sıcaklığı ( $1668^\circ C$ )
- Düşük elastik modül (Diğer metal biyomalzemelerle karşılaştırıldığında) ( $107 \text{ GPa}$ )
- Yüksek dayanım:  $1400 \text{ MPa}$  (oda sıcaklığında),
- Kırılma tokluğu
- Çatlak yayılımına karşı direnç
- Yüksek korozyon dayanımına sahiptir.

Titanyum içeren ve ekonomik açıdan değer taşıyan başlıca mineraller: Rutil, anataz (her ikisi de titanyumoksit  $TiO_2$ ) ve ilmenit (demirli titanyumoksit  $FeTiO_3$ ). Titanyum minarellerinin bulunduğu üç ana bölge vardır: Akarsuların

ya da denizin yığıdığı altınlı alüvyon yatakları. Buralarda özellikle rutil ve ilmenite rastlanır (ilmenitli kumlar). İlmenitli kumlardaki  $TiO_2$  yoğunluğuyla simgelenen titanyum miktarı, Güney Afrika'da %48, Avustralya'da %54, Kerala'da (Hindistan) %58-60, Florida ve New Jersey'de (ABD) %61-64 oranındadır. Ekonomik olarak yararlanmaya elverişli filizlerin çoğu, Kuzey Amerika ile İskandinavya'daki bazı prekabryum dönemi kayalarında ("kalkanlar") bulunur. Brezilya'da anataz türünde geniş titanyum rezervleri vardır. Salitre, Tapirai ve Minas Gerais, Brezilya'nın başlıca karbonattit yataklarıdır. ABD, Avustralya ve Kanada en önemli titanyum üreticileridir.

Titanyum reaktif bir metaldir ve saf olarak elde edilmesi zordur. Saf titanyum, 1936 yılında Dr. Wilhelm Kroll tarafından açıklanan "Kroll prosesi" yöntemiyle titanyum cevherinin karbon ve chlorine bulunan ortamda ısıtılmasına tabi tutulmasıyla elde edilmektedir. Bu işlemle elde edilen titanyum klorür ( $TiCl_4$ ), titanyum öncülünü elde etmek için erimiş sodyumla indirgenir. Yumuşak haldeki titanyum öncülü, takiben basınç altında veya argon atmosferinde eritilip birleştirilerek titanyum ingotlar elde edilir. Titanyum, düşük sıcaklıklarda sıkı paketli altıgen yapılı  $\alpha$  fazında bulunan ve  $885^\circ C$ 'nin üstünde body-centered cubic (BCC) yapısına ( $\beta$  fazına) dönüşen allotropik bir elementtir. Bu yapısal geçiş, titanyumun  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ya yakın,  $\alpha/\beta$  ve  $\beta$  olmak üzere dört farklı faz kombinasyonunu ortaya çıkarmıştır.

**Tablo 1.2.** Biyomedikal uygulamalarda kullanılan titanyum alaşımları

<b>Biyomedikal uygulamalarda kullanılan titanyum alaşımları</b>	
Pure titanium (ASTM F67):	Grade 1, 2, 3 and 4
<b>Ti-6Al-4V ELI (Wrought: ASTM F136 and forged: ASTM F620)</b>	$\alpha+\beta$ tip
Ti-6Al-4V (Casting: F1108)	$\alpha+\beta$ tip
Ti-6Al-7Nb (ASTM F1295)	$\alpha+\beta$ tip (Switzerland)*
Ti-5Al-2.5Fe (ISO: DIS 5832-10)	$\beta$ ağırlıklı $\alpha+\beta$ tip (Germany)*
Ti-5Al-3Mo-4Zr	$\alpha+\beta$ tip (Japan)*
Ti-15Sn-4Nb-2Ta-0.2Pd	$\alpha+\beta$ tip (Japan)*
Ti-15Zr-4Nb-2Ta-0.	2Pd $\alpha+\beta$ tip (Japan)*
Ti-13Nb-13Zr	$\beta$ ağırlıklı tip (USA), düşük modülus*
Ti-12Mo-6Zr-2Fe	$\beta$ tip (USA), düşük modülus*
Ti-15Mo	$\beta$ tip (USA), düşük modülus*
Ti-16Nb-10Hf	$\beta$ tip (USA), düşük modülus*
Ti-15Mo-5Zr-3Al	$\beta$ tip (Japan), düşük modülus*
Ti-15Mo-3Nb	$\beta$ tip (USA), düşük modülus*
Ti-35.3Nb-5.1Ta-7.1Zr	$\beta$ tip (USA), düşük modülus*
Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr	$\beta$ tip (Japan), düşük modülus*

Titanyum, birçok metal ile alaşımlanabilmektedir. Bu şekilde, direncin artırılması, akma direncinin yükseltilmesi ve dökülebilirlik gibi özelliklerin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (37). Titanyumun alüminyum ve vanadyum ile alaşımlanması, mekanik özellikleri yükseltmektedir. Ti-6Al-4V alaşımı üstün mekanik özelliklerinden dolayı çeşitli ortopedik ve osteosentez sistemlerinin parçalarından olan medikal implantlarında kullanılır (Tablo 1.2). Ti-6Al-4V,  $\alpha$ - ve  $\beta$ -fazlarının karışımıdır (Tablo 1.3).  $\alpha$ -fazi göreceli olarak daha yumuşak ve fleksibl iken  $\beta$ -fazi daha sert ve güçlüdür.  $\alpha$ - ve  $\beta$ -fazlarının oranlarının değiştirilmesiyle mekanik özellikler de büyük ölçüde değiştirilebilmektedir. Pasif oksit film tabakası (öncelikle  $TiO_2$ ) titanyum ve alaşımlarının yüzeyini korur. Bu kararlı ve yapışık pasif oksit film tabakası titanyum alaşımlarını aşınma korozyonuna, taneler arası korozyona ve çatlak korozyonuna karşıda koruduğu için titanyum alaşımlarının mükemmel biyouyumluluğa sahip olmasını sağlar (38). Ticari yönden saf titanyum (pure-Titanium)(CpTi), beyaz,

parlak, düşük yoğunluklu, yüksek dirençli ve korozyon direnci mükemmel bir materyaldir. Yumuşaktır ve diğer birçok metal için önemli bir alaşımlama elementidir. CpTi'nin gerilim özellikleri, büyük oranda oksijen içeriğine bağlıdır. Oksijen içeriğinin artması, esnekliği azaltmasına karşın gerilim streslerini ve sertliği artırmaktadır.

**Tablo 1.3.** Ti6Al4V Kimyasal kompozisyonu

BİLEŞEN	% DEĞERİ
Ti	Balans
Al	5,5 - 6,5
V	3,5 - 4,5
Fe	0 - 0,25
C	0 - 0,08
O	0 - 0,13
N	0 - 0,05
H	0 - 0,012

**Tablo 1.4.** Ti6Al4V' nin Isıl İşlem Sonrası Mekanik Özellikleri

Akma Noktası ( $\sigma_{0.2}$ )	900 – 1200 MPa
Çekme Dayanımı	1100 – 1300 Mpa
Uzama	5 – 10 %
Elastikiyet Modülü	$\approx 110$ GPa
Isı iletkenliği	7 W/mK
Isıl genleşme katsayısı	$9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

Birçok geometride implantın atalet momenti belli olmasına rağmen, implantın sertliğinin kemiğin sertlik değerine benzeyebilmesi için, implant malzemesinin elastikiyet modülü değerinin düşük olması gereklidir. Titanyum ve titanyum alaşımları paslanmaz çelik ve CoCr alaşımlarının elastikiyet modülü değerinin yaklaşık %50'si oranına sahiptirler. Titanyum ve titanyum alaşımları kemiğin elastikiyet modülüne (10-30 GPa) en yakın metalik biyomalzemelerdendir. Titanyum alaşımları içinde ise  $\beta$  titanyum alaşımları,

daha düşük elastisite değerlerine sahip olması ve Nb, Ta, Zr gibi non-toksik elementlerden oluşmasından ötürü biyolojik açıdan daha başarılı kabul edilmektedir (Tablo 1.4)(37).

**Tablo 1.5.** Titanyum ve diğer maddelerin kemiğe göre elastiklik modülü karşılaştırılması

<b>Materyal</b>	<b>Elastiklik modülü (GPa)</b>
Alümina-seramik	380,4
Co-Cr	218,7
Paslanmaz çelik	193,1
Ti-6Al-4V	113,8
CpTi (grade1-4)	103,4
Kemik	16,5

Kranioplastide ve diğer protez uygulamalarında elastisitesi kemiğe en yakın element titanyum olduğu için Co-Cr ve diğer materyallerden daha çok tercih edilmektedir (Tablo 1.5).

**Tablo 1.6.** Ti-6Al-4V'nin titanyum ve krom-kobalt ile karşılaştırılması

<b>Özellik</b>	<b>Co-Cr</b>	<b>Titanyum</b>	<b>Ti-6Al-4V</b>
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	8,9	4,5	4,5
Döküm sıcaklığı (°C)	1500	1700	1700
Tensile strength (MPa)	850	520	1000
Elastiklik modülü (GPa)	190-230	110	85-115
Sertlik (VHN)	360-430	200	30-35
Esneklik(%)	2-8	20	14

## 2.2. Kranioplasti Materyali Seçilirken Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

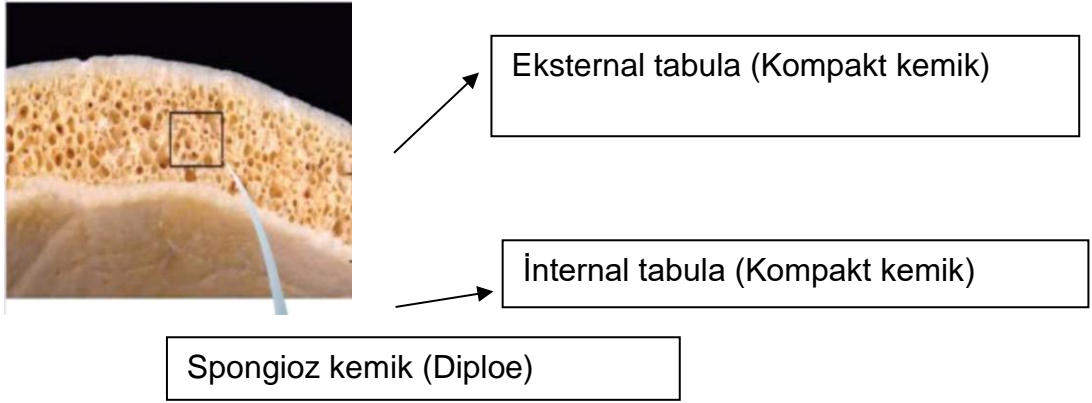
İdeal kranioplasti implantında şu özellikler olmalıdır;

- Kraniektomi defektine tam uyması, simetrik olması, defekti tamamen kapatması ve estetik görünümü sağlaması, kozmetik açıdan hastayı tatmin etmesi
- Enfeksiyona dirençli olması
- Radyolusent olması
- Şekil verilebilir olması
- Non-magnetik olması
- Isı yalıtımını iyi olması (skalpten ve havadan alınan ısıyı beyne iletmemesi), ısı ile genleşmemesi, iyonize olmaması,
- Koroziv özellikte olmaması, stabil olması, biyolojik olarak parçalanmaması
- Kafatasının gösterdiği mekanik travmalara dayanıklılığının en az kafatası kemikleri kadar olması ve koruyucu özelliği olması
- Pahalı olmaması, kolay ulaşılabilir olması
- Kullanımı kolay olması ve sterilitede problem yaşatmaması
- Hasta seçimi; hiperalerjik ve atopik bünyesi olanlar, yara yeri enfekte olanlar, kranioplasti sonrası kemiği korunmuş olanlar (defekti tam kapatacak şekilde), çocukluk çağındaki hastalar, geniş dura defekti olup dura defekti tamir edilemeyenlerde, dekompresif cerrahi yapılmış ödemli hastalarda endikasyon oluşana dek beklenmelidir.



### 2.3. Kafa İskeleti Anatomisi

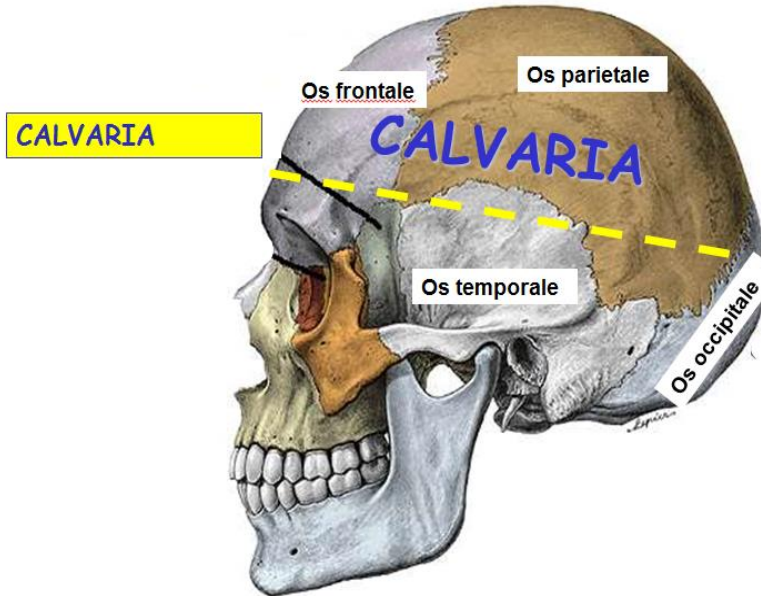
Kranium 22 kemikten oluşur.



Şekil 1.10. Kalvaryumun kesitsel görünümü (Sobotta Anatomi Atlası)

Kafatası kemikleri eksternal ve internal tabulaların olduğu kompakt kemik ve bunları ayıran spongioz kemik - diploe mesafesinden oluşur. İnternal tabula eksternal tabulaya göre daha ince ve kırılıgandır.

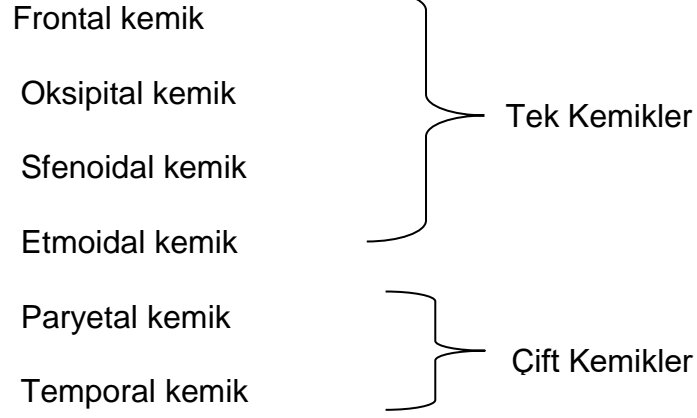
Kalvaria (Kafa kubbesi) neokraniumun üst bölümüne verilen isimdir. Önde frontal, arkada oksipital,yanlarda paryetal ve temporal kemik bölümleri tarafından oluşturulur. Bunlar kendi içerisinde kompleks yapılardır.



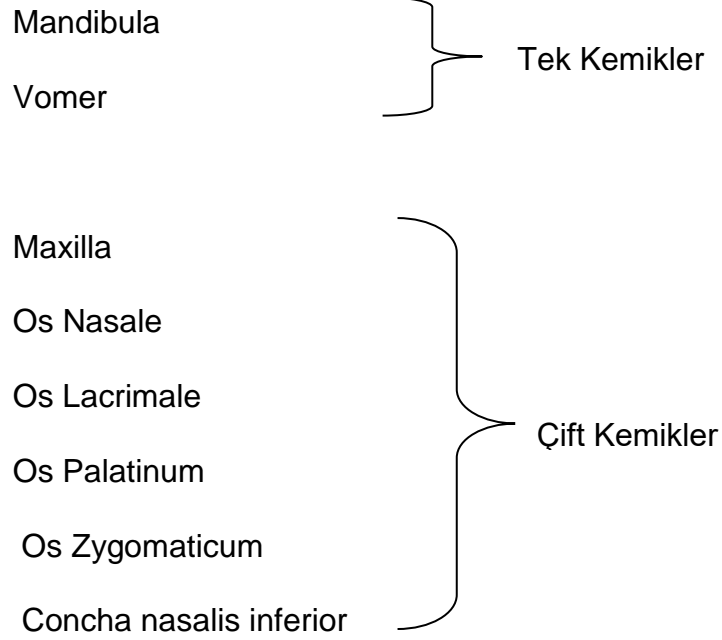
Şekil 1.11. Kalvaryumun görünümü (Netter Anatomi Atlası)

Kafatası kemikleri nörokranium ve viserokranium olarak ikiye ayrılır:

Nörokranium:



Viserokranium:

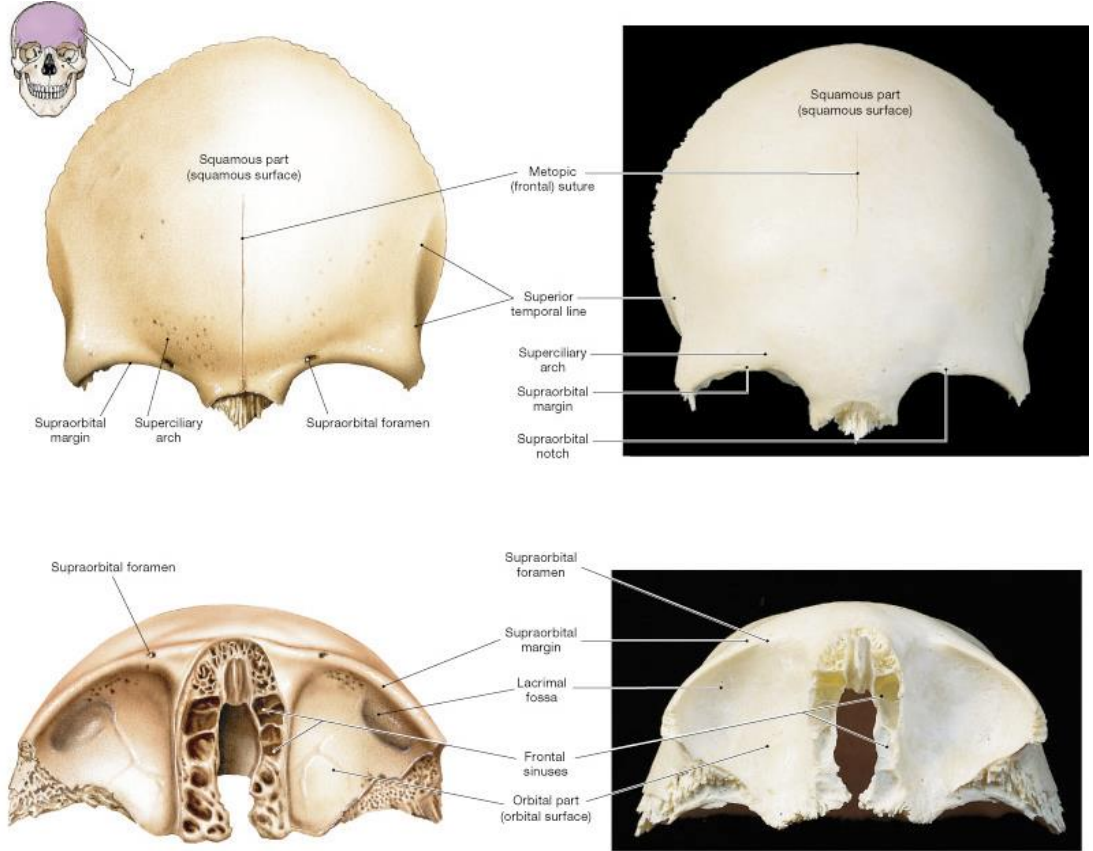


### 2.3.1. Frontal Kemik

Fossa cranii anteriorun ve orbita çatısının büyük bölümünü yapar. Zigomatik, nazal, maksilla, lakrimal, etmoid, paryetal ve sfenoid kemiklerle eklem yapar.

Önemli anatomik yapıları:

1. İncisura supraorbitalis (foramen supraorbitale): N.supraorbitalis ve damarları geçer.
2. Arcus supraciliaris,
3. Glabella,
4. Crista frontalis;falx cerebri tutunur.
5. Fossa glandula lacrimalis,
6. Sutura frontalis persistens (sutura metopica); genellikle altı yaş sonrası kaybolur.
7. Sulcus sinüs saggitalis süperior



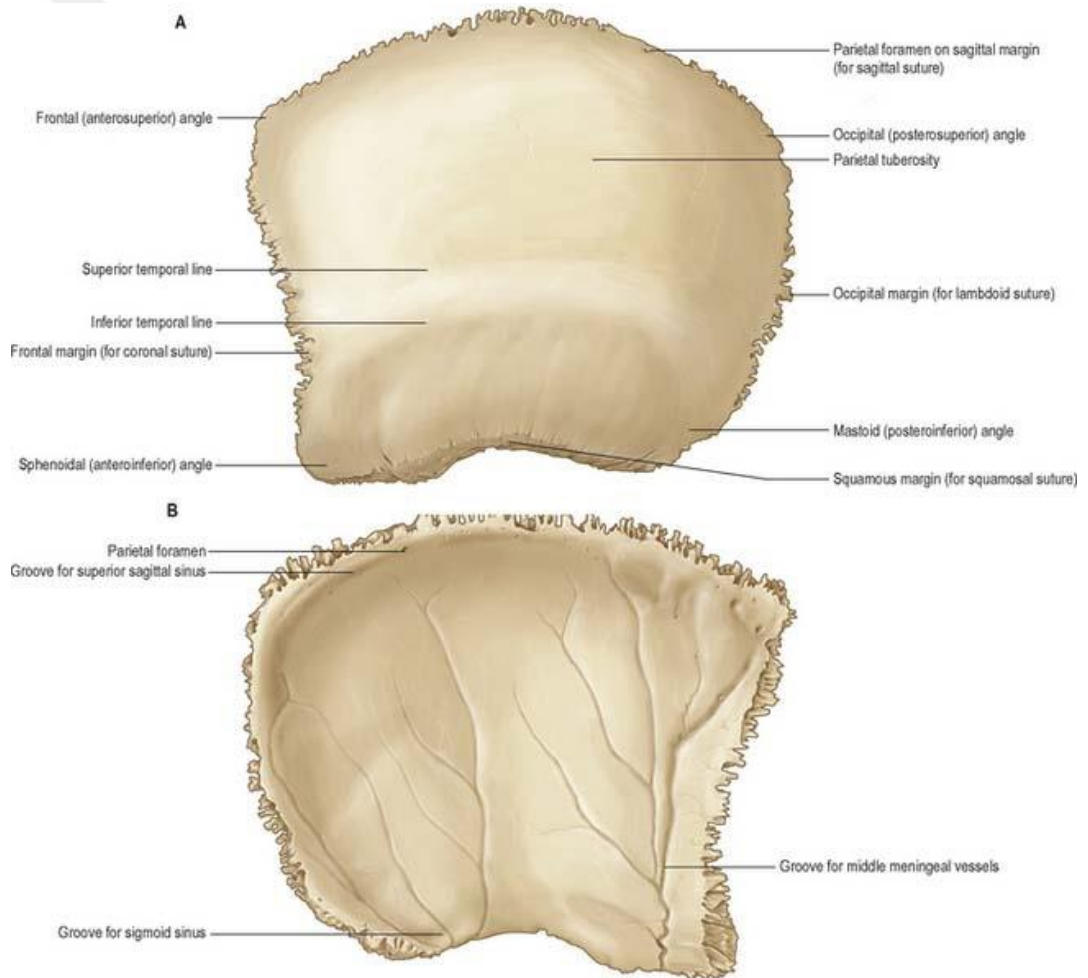
Şekil 1.12. Frontal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası)

### 2.3.2. Paryetal Kemik

Oksipital, frontal, temporal, sfenoid ve karşı taraf paryetal kemik ile eklem yapar. Yenidoğanda tüm fontanelerin sınırına katılan tek kemiktir.

Önemli anatomik yapıları:

1. Sulcus arteria meningeae media: a.meningea media geçer. Bu dalların yaralanması epidural hemorajilere neden olabilir.
2. Foramen paryetale: v.emisseria parietalis ve sinüs saggitalis süperior ile skalp venlerini bağlar.
3. Sulcus sinüs saggitalis süperior
4. Sulcus sinüs sigmoidei
5. Süperior ve inferior temporal line



Şekil 1.13. Paryetal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası)

### 2.3.3. Temporal Kemik

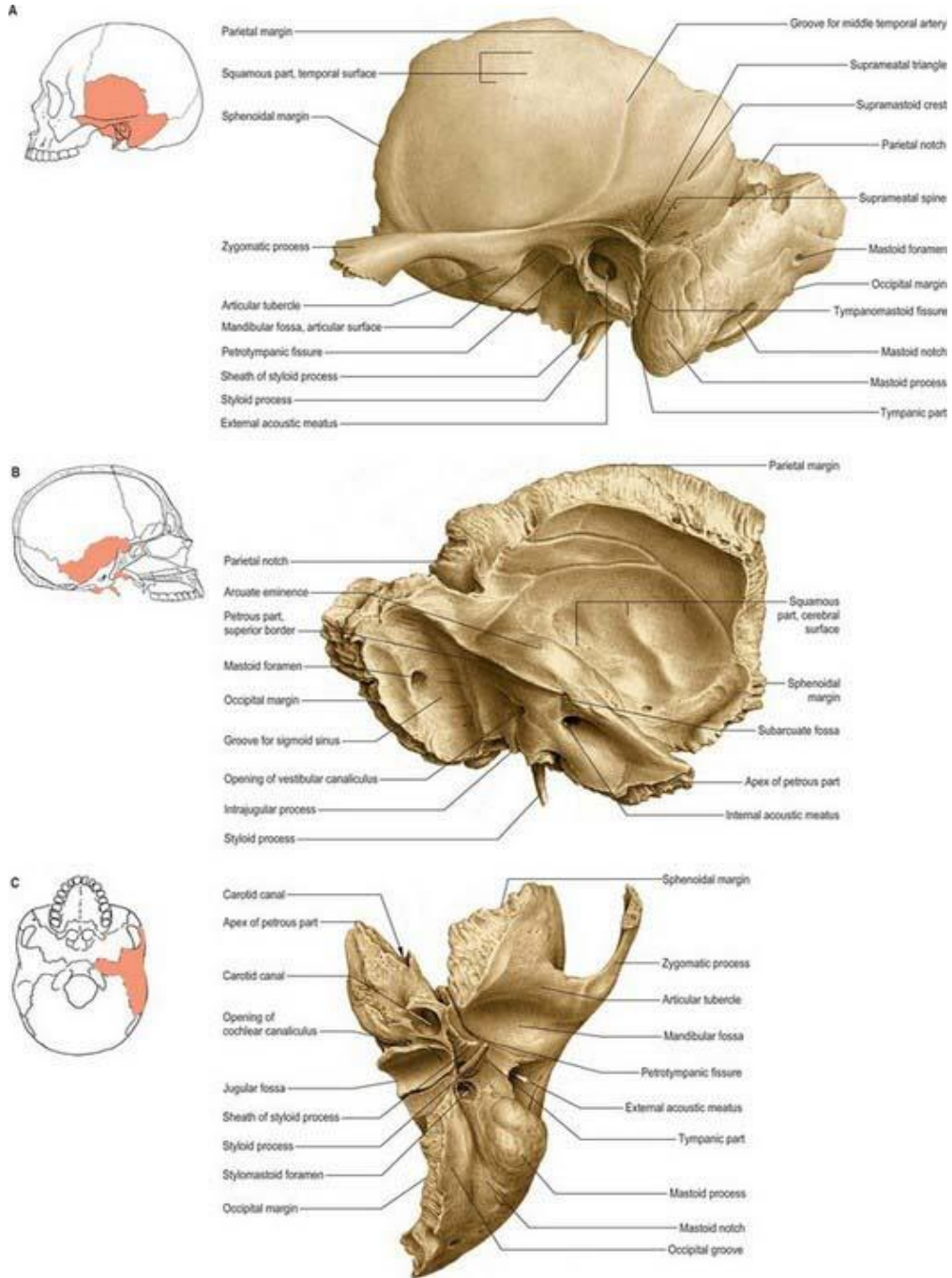
Oksipital, sfenoid, paryetal, mandibula ve zigomatik kemikle eklem yapar.

Önemli anatomik yapıları:

1. Meatus acusticus externus: Foveola suprameatica (Macewen üçgeni)'ni sınırlar. Antrum mastoideuma cerrahi yaklaşımlar buradan yapılır.
2. Fossa mandibularis
3. Fissura petrotimpanica (Glaserian yarığı): Chorda tympani orta kulak boşluğunu buradan geçerek terkeder.
4. Processus mastoideus
5. Canalis caroticus: içinden a.carotis interna geçer.
6. Impressio trigeminalis (Meckel kavitesi-oluğu): Gang. Trigeminalis'e aittir.
7. Eminentia arcuata
8. Tegmen tympani
9. Sulcus nervi petrosi majoris: içinden n. petrosi majör geçer.
10. Sulcus nervi petrosi minoris: içinden n. petrosi minör geçer.
11. Canalis musculotubarius
12. Fossa jugularis. V. Jugularis interna'nın başlangıcındaki genişlemenin oturduğu çukurdur.
13. Sulcus sinüs petrosi superioris: sinüs petrosi superiorun oluşudur.
14. Sulcus sinüs petrosi inferioris: sinüs petrosi inferiorun oluşudur
15. Sulcus sinüs sigmoidei: sinüs sigmoideinin oluşudur.
16. Meatus acusticus internus: İçinden n.facialis, n.intermedius, n. vestibulocochlearis ve a.v. labyrinthi geçer.
17. Canalis nervi fasialis (Fallopian kanalı): içinde n.facialis ve ganglionu (gang. geniculi) bulunur.
18. Foramen stylomastoideum
19. Processus styloideus
20. Foramen jugulare: temporal ile oksipital kemik arasında kalan boşluktan sinüs petrosi inferior, a. pharyngea ascendens

menindeal dalı, n. glossopharyngeus, n. vagus, n. accessorius, a. occipitalis'in meningeal dalı ve sinüs sigmoideus-v. jugularis interna geçer.

21. Foramen lacerum: a pharygea ascendes'in meningeal dalı ve v. emissaria geçer. Vidian siniri bu deliğin çatısında geçer.



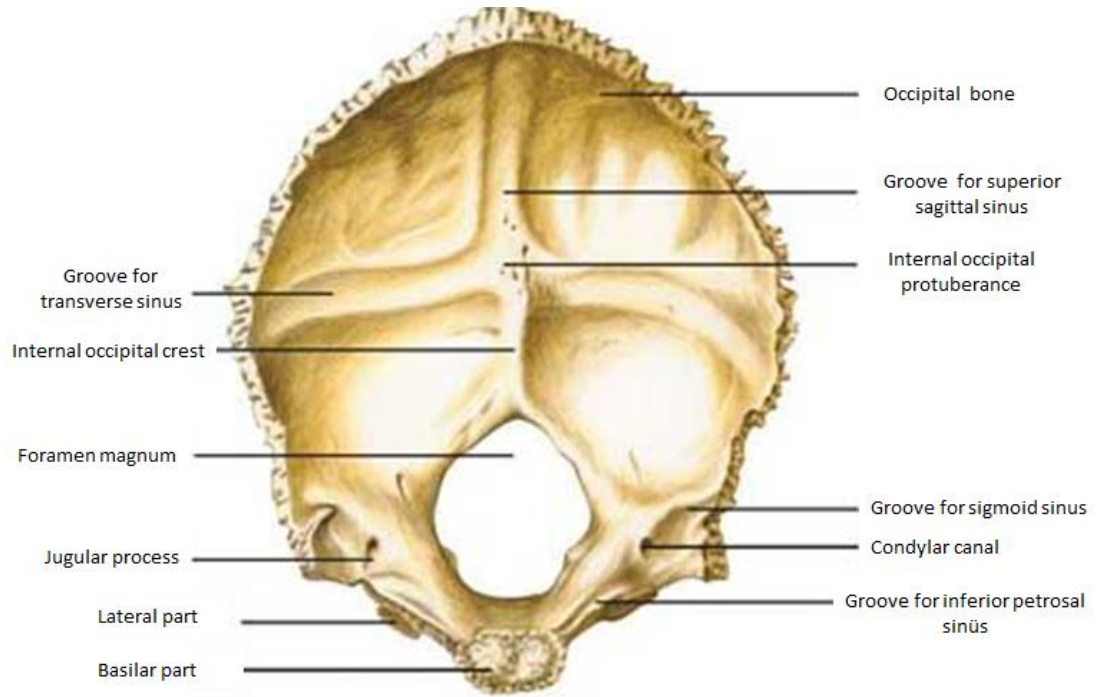
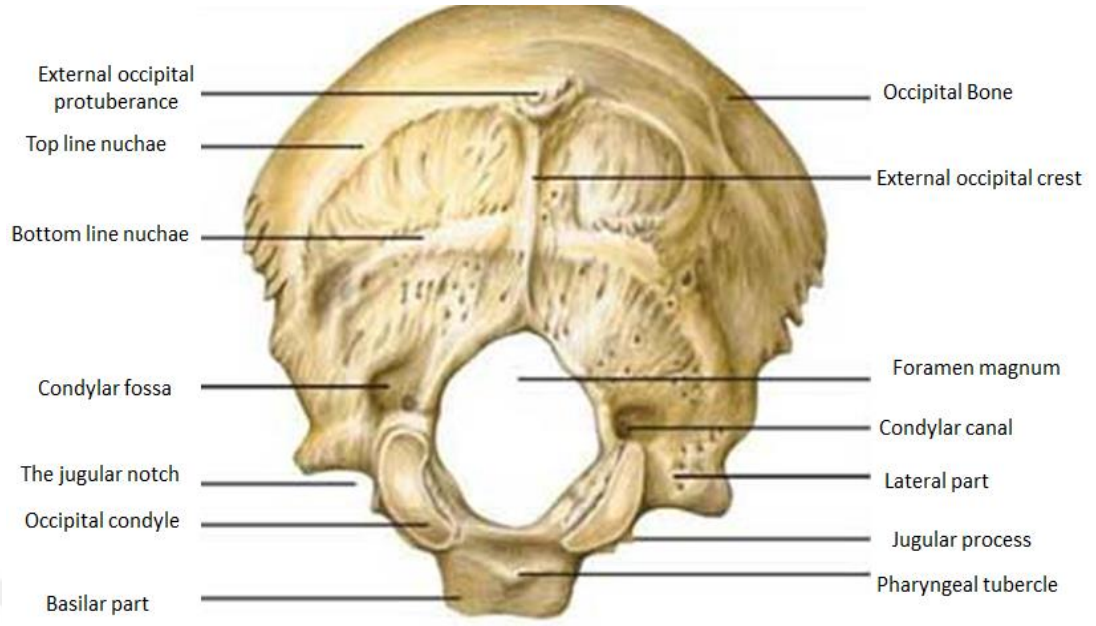
Şekil 1.14. Temporal Kemik (Sobotta Anatomi Atlası)

### 2.3.4. Oksipital Kemik

Kranyum tabanının ve arkasının büyük bölümünü oluşturur. Paryetal, sfenoid, temporal kemik ve atlas (C1 vertebra) ile eklem yapar.

Önemli anatomik yapıları:

1. Foramen magnum: Canalis vertebralis ile fossa cranii posterioru bağlar. Medulla oblongata ile medulla spinalis arası sınır kabul edilir. Bu delikten medulla spinalis, a.vertebralis ve dalları, c1-3 spinal sinirlarin meningeal dalları, n.accessorius'un spinal parçası geçer.
2. Protuberentia occipitalis externa ve Crista occipitalis externa: lig. nuchae tutunur.
3. Protuberentia occipitalis interna: falx cerebri tutunur.
4. Crista occipitalis interna: falx cerebelli tutunur.
5. Eminentia cruciformis
6. Sulcus sinüs saggitalis süperioris: sinüs saggitalis süperioris oluşudur.
7. Sulcus petrosi inferioris: sinüs petrosi inferiorun oluşudur
8. Sulcus sinüs sigmoidei: sinüs sigmoideinin oluşudur.
9. Sulcus sinüs occipitalis: sinüs occipitalisin oluşudur.
10. Sulcus sinüs transversi: sinüs transversi oluşudur.
11. Clivus (Blumenbach yamacı): Buraya medulla oblongata (bulbus) ile pons oturur.
12. Canalis nervi hypoglossi: n. hypoglossus ve a.pharygea ascendens'in meningeal dalı geçer.
13. Canalis condylaris: sinüs sigmoideusla suboksipital venöz pleksusu birleştiren v. Emissaria condylaris geçer.



**Şekil 1.15.** Oksipital Kemik (Sobotta Anatomi Atlası)

#### 2.4. Kraniektomi Sonrası Görülen Semptomlar

Defektin büyüklüğü kraniektominin primer endikasyonu ile ilişkilidir. Primer nedene bağlı oluşan nörolojik defisit dışında geniş kraniektomi yapılmış olgularda baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı hissi, huzursuzluk gibi bazı



yakınmalar gözlenebilir. Bunlar defektin büyüklüğü, intrakraniyal yapıların atmosferik basınca açık olması ve bunun sonucunda anatomik ve fizyolojik değişikliklerin olmasına, beyin-omurilik sıvısının (BOS) dolanımında bozuklukların ve serebral vasküler yetmezliğin gelişmesine bağlanmaktadır. Defekt onarımı sonrası bu belirtiler genellikle ortadan kalkar (39).

## 2.5. Kranioplasti Endikasyonları

1. Travma sonrası ortaya çıkan kafa içi basınç artışı olan durumlarda; kranyum defektleri, geniş fraktürler, çökme kırıkları, subdural hematom, epidural hematom, intraserebral hematom, beyin ödemi, anevrizmal subaraknoid kanama, iskemik-hemorajik serebrovasküler olaylar (SVO) sonrası yapılan kraniektomiler (40, 41).
2. Tümör rezeksiyonu sonrası oluşan defektler:
  - a) Fibröz displazi,
  - b) Eozinofilik granülom,
  - c) Basit kemik kisti,
  - d) Hemangiomalar,
  - e) Menenjiomalar, kemiği destrükte eden intrakraniyal tümörler
  - f) Epidermoid tümörler,
  - g) Osteomalar,
  - h) Metastazlar
3. Enfeksiyonlar: (42)
  - a) Osteomyelit
  - b) Yara yeri enfeksiyonları
4. Üç yaş öncesi olan kafatası fraktürlerinin çocuk büyümesiyle defektin büyümesi
5. Doğumsal anomaliler
6. Radyonekroz
7. Elektrik çarpmaları
8. Yanıklar

9. Beyin ödemi sonrası yapılan eksternal dekompresyon (kraniektomi) tedavisi
10. Kafatası ateşli silah yaralanması, çökme kırıkları veya parçalı kırıkları sonrası yapılan kraniektomiler
11. Sinking skin flap sendromu: Her iki ventrikülün küçük kranial defekte doğru migrasyonu, aynı taraf orta hat şifti ile geniş kranial defekt altındaki santral sulkusun ters tarafa doğru şifti (Acil Kranioplasti endikasyonudur) (43)
12. Trepanasyon (Trepined) sendromu: Baş ağrısı, baş dönmesi, titreşim ve ses intoleransı, irritabilite, yorgunluk, anksiyete, motivasyon ve konsantrasyon bozukluğu kranioplasti endikasyonları arasındadır.

## **2.6. Kranioplasti Kontrendikasyonları**

1. Hidrosefali
2. Enfeksiyon
3. Yara yerinin hazır olmaması, skalpte beslenmenin yetersiz olması
4. Kafa içi basınç artışının olması, beynin ödemli olması veya defektten protrüde olarak şişmesi, orta hatta kayma olması, ventriküllerin basınca bağlı oblitere olması ve sulkusların sillinmesi,
5. Dura defektinin olması, beyin-omurilik sıvısı kaçağı ve bunun tamir edilememesi
6. Çocuk hastalar (rölatif kontrendikasyon)

## **2.7. Kranioplasti Komplikasyonları**

1. Enfeksiyon: Beyinde veya materyal çevresindeki dokuda oluşabilir. Postoperatif erken ve geç dönemde görülebilir. En önemli etken ameliyathane sterilitesi ve postoperatif yara yeri bakımındır. Morbiditesi ve mortalitesi yüksektir. Hastanede kalış süresini ve maliyeti artırır.
2. Kafa derisinde nekroz ve buna bağlı yara yeri sorunları

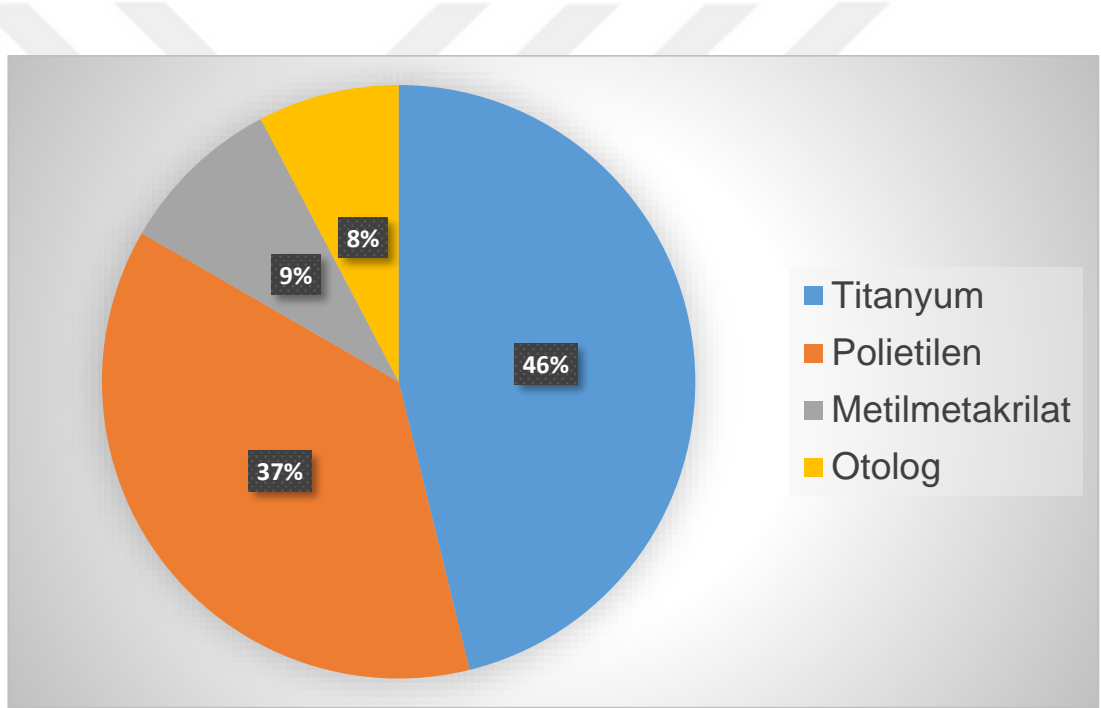
3. Kranioplasti materyaline bağlı komplikasyonlar; kimyasal veya alerjik reaksiyonlar, ısı yalıtımının iyi olmaması, iyi tespit edilmemesi sonrası beyine bası olması, dayanıklı olmaması sonrası materyalin kırılması, manyetik özellikleri sonrası oluşabilecek komplikasyonlar, implantın şeklinin değişmesi, otolog greftin rezorbe olması, greftin hareketli olması, koroziv etkiyle beyinde ve ciltte reaksiyonlara sebep olması
4. Postoperatif serebral ödem; minimal doz steroide yanıt verir.
5. Yeni oluşabilecek defisitler (baş ağrıları, nöbetler, materyalin basısına bağlı motor ve duyuşsal kayıplar)



## GEREÇ VE YÖNTEM

Tez çalışmamıza; kliniğimizde veya farklı bir merkezlerde çeşitli nedenlerle kraniyektomi yapılmış, kranial defekt oluşmuş ve bu sebeple Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniğinde yatarak tedavi görmüş, kranioplasti yapılmış toplam 78 hasta dahil edildi.

Hastaların 36 tanesi 2012-2016 yılları arasında titanyum kullanılarak kranioplasti yapılanlar ve 42 tanesi ise 2011-2016 yılları arasında polietilen greft, metil metakrilat greft ve otolog kemik kullanılarak kranioplasti yapılanlar idi (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** Hasta sayılarının implantlara göre dağılımı

Yetmiş sekiz hastadan detaylı anamnez alınıp, fiziki ve nörolojik muayeneleri yapıldı. Muayenelerde özellikle hastaların cilt flebinin durumu, hastanın etyolojiye bağlı nörolojik tablosu, defektin veya tümörün lokalizasyonu, defektin büyüklüğü, kraniyektomi defektinin oluşma zamanı ile kranioplasti zamanlaması göz önünde bulunduruldu.

Bu bölümü: 1) 3-boyutlu kişiye özel titanyum ile kranioplasti  
2) Diğer implant materyalleri (polietilen greft, metil metakrilat greft ve otolog kemik) kullanılarak kranioplasti yapılanlar şeklinde ikiye ayıracağım.

### **3.1. 3-Boyutlu Kişiyeye Özel Titanyum ile Kranioplasti**

Titanyum kullanılarak kranioplasti yapılan hastaların ameliyat sürecindeki hazırlıkları temel olarak 4 aşamadan oluşmaktadır.

1. Hastanın anestezi onayı açısından tetkiklerinin yapılması; ince kesit beyin tomografisi değerlendirmesi,
2. Hastaların tomografilerinin Medikal Tasarım ve Üretim Merkezi (METÜM) mühendisleri tarafından değerlendirilmesi, özel programlar kullanılarak 3 boyutlu hale getirilmesi,
3. Plastik kranyum modelinin tasarlanarak üretilmesi, doktor onayı alındıktan sonra titanyum kranioplasti kitinin kemik defekti kapatacak şekilde ve boyutta üretilmesi,
4. Ameliyatla kraniektomi defektinin üretilmiş titanyum implant ile kapatılması.

#### **3.1.1. Hazırlık**

Daha önce kliniğimizde veya başka bir merkezde herhangi bir endikasyonla kraniektomi yapılmış tüm hastalar kraniektomi sonrası yara iyileşmesi ve çevre dokuların bütünlüğünün ve beslenmesinin sağlanması için bir süre beklenir. Bu süreçte ince kesit kraniyal kontrastlı ve kontrastsız bilgisayarlı tomografi (BT)'leri çalışılarak kemik ve yumuşak dokuları kontrol edilir. Enfektif süreci olanlar veya kraniektomi sonrası yara iyileşmesi olmayanlara ek tedaviler verilerek kranioplasti için yara yeri hazır hale getirilir.

Primer kemik tümörü, kemiğe invaze beyin tümörü olan olgularda da ince kesit kontrastlı beyin BT'leri çekilerek tümörün yerleşimi, invazyonu, çevre doku ile ilişkisi ve beslenmesi kontrol edilir.

Hastaların genel anestezi altında planlanan ameliyata uygun olup olmadığı, yaşı, genel durumu, risk grubu, yapılan kan tetkikleri ile

elektrokardiyogram ve mevcut hastalıklarına yönelik tetkiklerle planlanır. Anestezi onayı alındıktan sonra hastaya cerrahi planlaması yapılır.

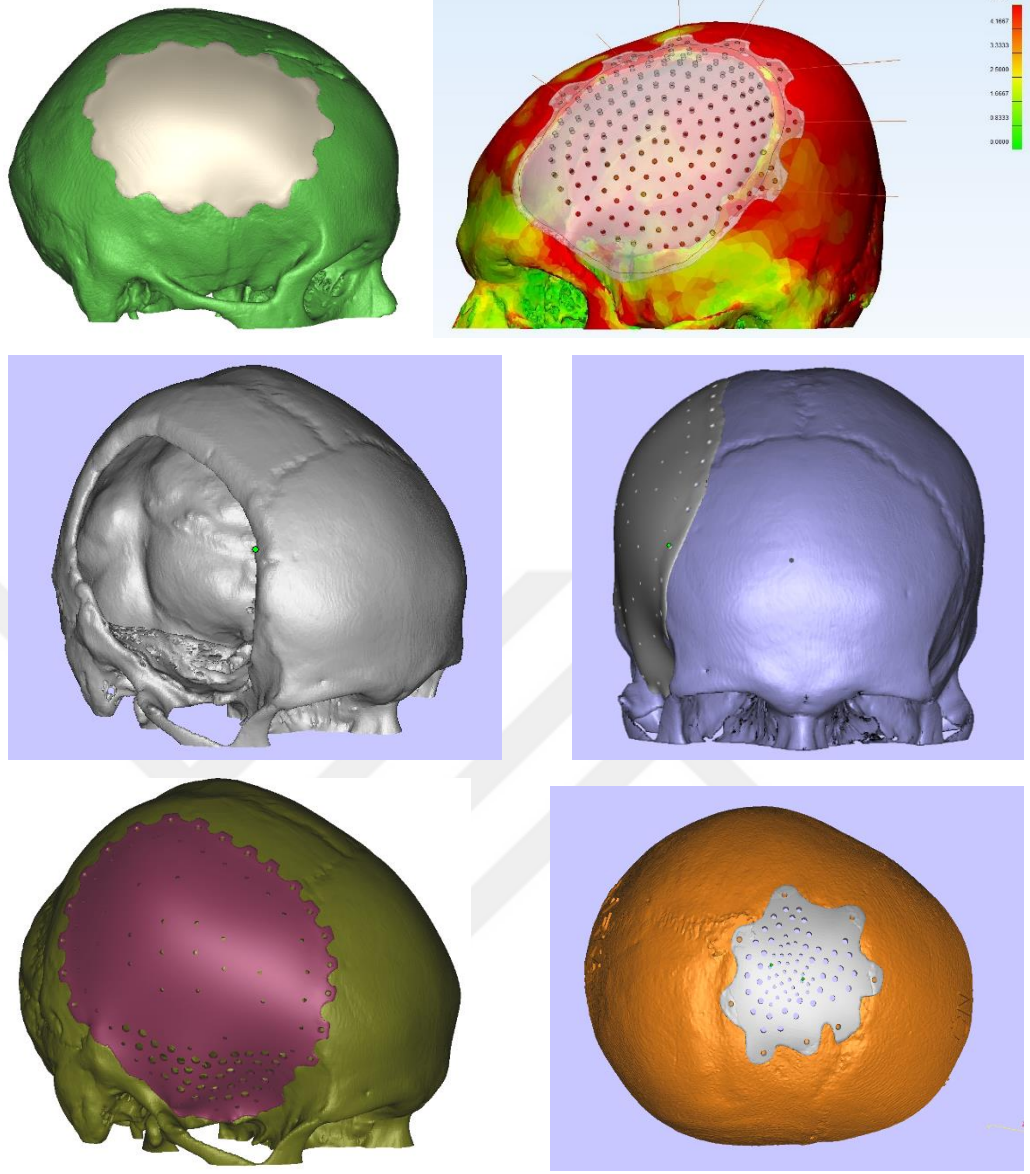
### **3.1.2. Tasarım**

Hasta görüntüleri GATA bünyesindeki Medikal Tasarım ve Üretim Merkezine (METÜM) gönderilerek doktor kontrolünde tasarım aşamasına geçilir.

METÜM 2011 yılında TSK Elele Vakfı'nın desteği ile GATA bünyesinde kuruldu. Burada sadece titanyum kranioplasti kiti değil, dental protezler, maksillofasial cerrahi protezleri, adli tıp çalışmaları, cerrahi öncesi planlama modelleri ve eğitim amaçlı modellerde üretilebilmektedir.

Kranioplasti için uygun koşulları sağlayan hastaların ince kesit BT'leri; GATA Medikal Tasarım ve Üretim Merkezince değerlendirilerek, uzman kadro aracılığıyla 3 Boyutlu Medikal Görüntüleme Yazılımı (Mimics) kullanılarak, 2 boyutlu görüntü verileri ayrıştırılıp 3 boyutlu model haline getirilir.

Mühendisler tarafından 3 boyutlu model, 3(üç) Boyutlu Tasarım Yazılımı (3- Matic) ile implantın son halini alacağı kraniektomi defektinin kafa kaidesine simetrik ve kemik sınırlarının korunduğu şekilde tasarlanır (Şekil 2.2).



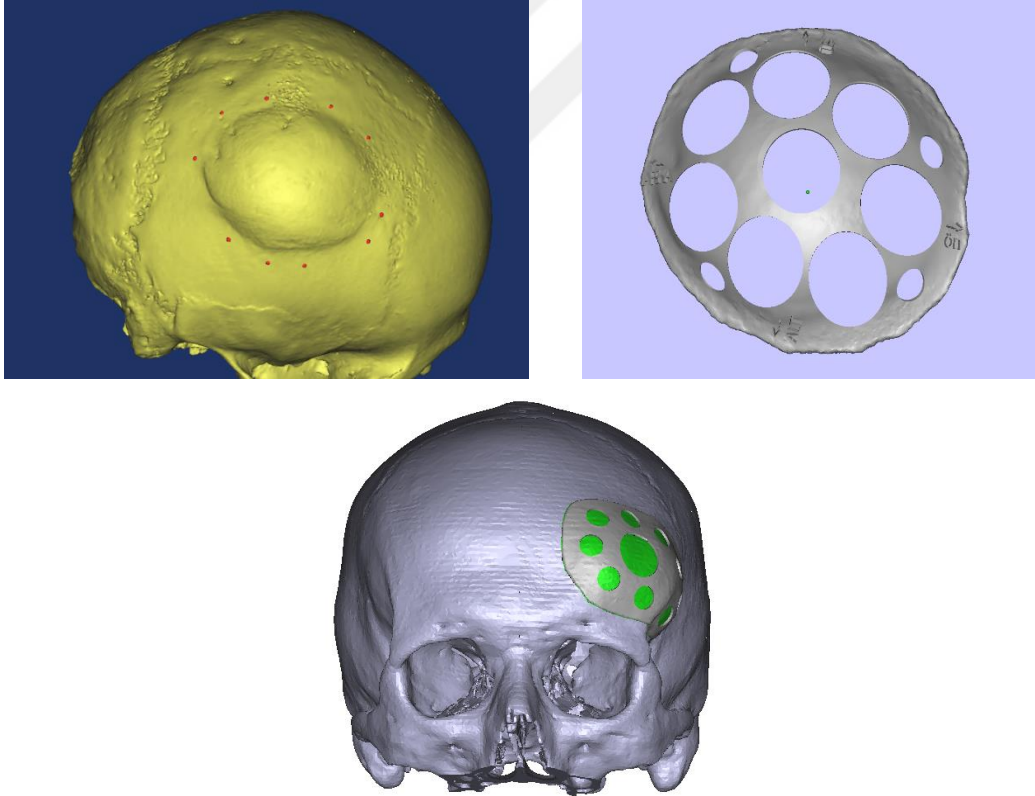
**Şekil 2.2.** Mimics ile 3 boyutlu hale getirilen kafatası ve Üç boyutlu tasarım yazılımı 3- Matic ile implant ve defektin görünümü

Cerrahın kontrolünde tasarıma onay verilirse plastik model üretimine geçilir.

Tümörlü hastalarda tümörün lokalizasyonu, kemiğe invazyonu, ön tanısının koymak için ince kesit BT'leri çalışılır. Bu tomografiler ardından METÜM tarafından değerlendirilerek uzman kadro aracılığıyla 3 Boyutlu Medikal Görüntüleme Yazılımı (Mimics) kullanılarak 2 boyutlu görüntü verileri ayrıştırılıp 3 boyutlu model haline getirilir.

Mühendisler, 3 (üç) Boyutlu Tasarım Yazılımı (3- Matic) ile kemiğe invaze tümörün sınırları cerrah ile birlikte çizerler.

Bilgisayar ekranında 3-Matic kullanarak tümör eksizyonu sonrası defektin sınırları ve implantın son halini alacağı titanyum implantının defektin kafa kaidesine simetrik ve kemik sınırlarının korunduğu şekilde tasarlanması yapılır. Tümör sınırlarını belirlemek ve tasarlanan implantın defekte uygun olmasını sağlayacak kılavuz (guide) içinde planlama ve tasarım yapılır (Şekil 2.3). Ameliyat esnasında kullanılabilecek kılavuz (guide) planlanması sonrası program üzerinden doktor onayı alındıktan sonra tümörün eksizyonunu kolaylaştıracak kılavuz (guide) ile oluşacak defekti birebir kapatacak kozmetik kaygıların olmayacağı şekilde hazırlanan model plastik modelleme makinesi ile üretilir.

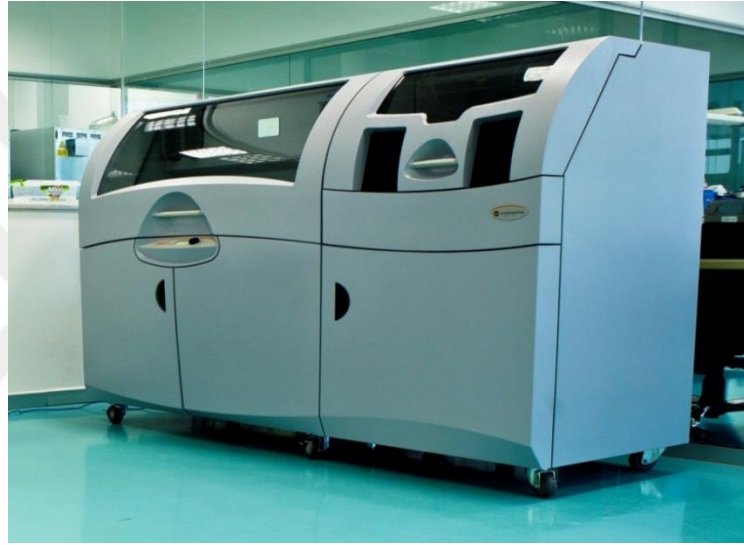


**Şekil 2.3.** İki farklı hastada 3-matic üzerinde tümör ve kılavuz (guide) görünümü



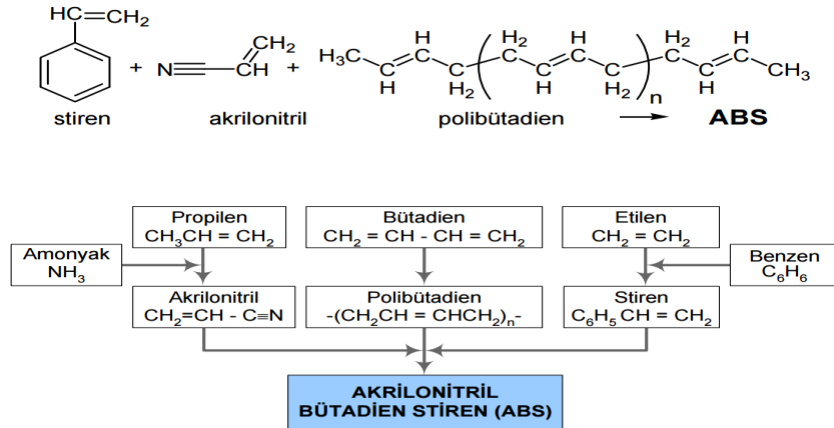
### 3.1.3. Üretim

Bilgisayar üzerinden doktor onayı alındıktan sonra birebir defekti kapatacak kozmetik kaygıların olmayacağı şekilde hazırlanan model plastik modelleme makinesi (Şekil 2.4) (Plastik 3 boyutlu yazıcı) ile katı prototipleri oluşturulur. Plastik 3 boyutlu yazıcı, 3 boyutlu geometri verisini ihtiyaca göre renklendirilerek katman katman teknolojisi kullanılmak sureti ile plastik prototip üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Plastik model Akrilonitril bütadien stiren (ABS) maddesi kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 2.4. Plastik model makinesi

### Akrilonitril bütadien stiren (ABS):



Şekil 2.5. Akrilonitril bütadien stiren (ABS) kimyasal formülü

İkinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilmiş bir termoplastiktir. Yoğunluğu 1,04 gr /cm<sup>3</sup> 'dür. Mekanik özelliği çok iyidir. Sertlik, darbe dayanımı ve uzama değerleri de değişimlerine paralel olarak artar veya azalır. İyi bir yüzey kalitesine sahiptir. Aşınmaya karşı direnci fazladır. İyi bir elektrik izolasyon maddesidir. Su ve rutubetten etkilenmez. Nem alma özelliğinden dolayı kullanmadan önce 2 saat kadar 80-90°C'de kurutulur.

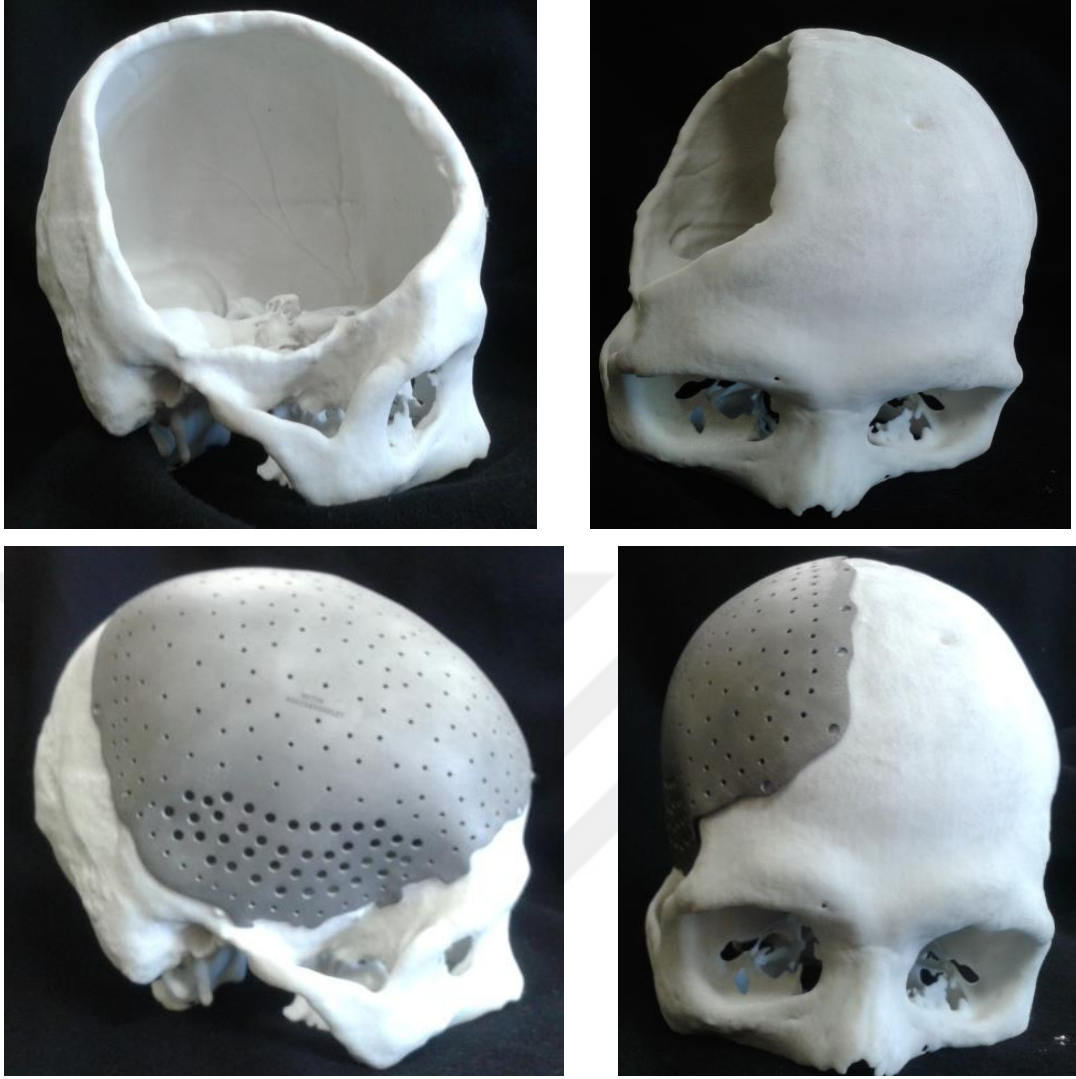
Uygulamalar:

1. Tüketim Ürünleri: Oyuncaktan, ev gereçlerine, bilgisayarlara ve diğer elektronik malzemelere kadar uzanan geniş bir kullanım alanına sahiptir.
2. Sağlık Hizmetleri: Kolay sterilize edilebilmesi ve kolaylıkla sökülüp takılabilmesi gibi özellikleri nedeniyle tıpta kullanımı yaygın bir malzemedir.
3. Otomotiv: Paneller, tekerlek kapakları ve araç iç düzenlemelerinde kullanılır.
4. Paketleme: Geçirgenliği zayıf olduğundan yiyecek paketlemede fazla kullanılamaz; ancak bozulmayan maddelerin saklandığı konteynerlerin iç kaplamalarında kullanılabilir.
5. Konstrüksiyon: En yaygın kullanım alanı atık borulardır (44).

Plastik model, üretilen parçanın simetriği, defektin yapısı, anatomik belirteçleri (markerları) ve ameliyat öncesi planlanma için gereklidir (Şekil 2.6). Eğer mini vidalar kullanılacaksa vidaların geçeceği kemiğin sağlamlığı, kalınlığı ve milimetrik uzunluğu hesaplanır.

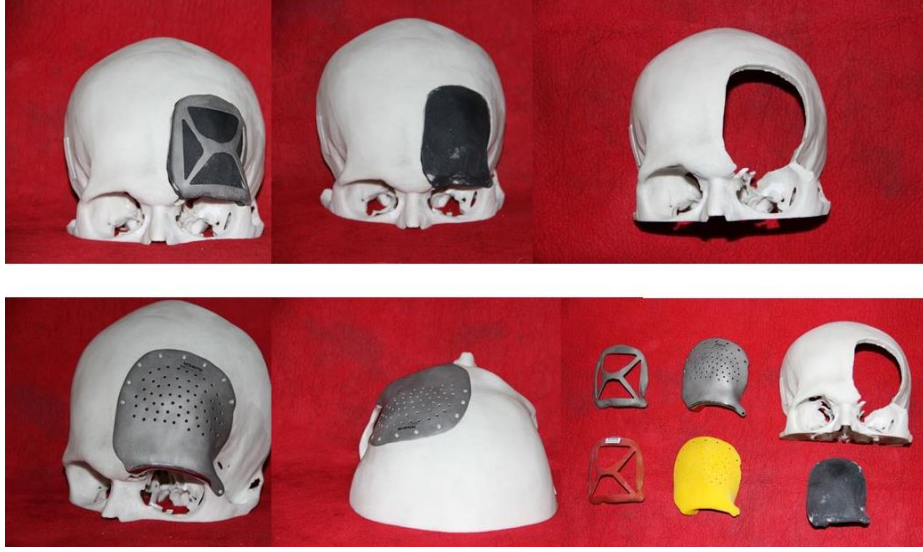
Böylece ameliyat öncesinde;

1. Hastanın kemiklerinin durumu,
2. Defektin 3 boyutlu görüntüsü,
3. Vida pozisyonları ve boyları,
4. Anatomik belirteçler (markerlar) görülerek insizyonun planlanması,
5. Defekt onarımı haricinde alınacak önlemler cerrah tarafından planlanmış olur.



**Şekil 2.6.** Plastik modelde defekt görünümü, defekte komşu çevre yapılar ve titanyum implantın defekti tam kapatması

Kılavuz (Guide) tümörün planlanan sınırlarda eksizyonunu sağlar. Sağlam kemik doku korunmuş olur. Böylece oluşacak defekti kapatacak implantın prototipi ameliyat öncesinde planlanır ve aynı seansda hem tümör eksizyonu hem de implant ile defekt onarımı yapılabilecektir (Şekil 2.7-2.8).



**Şekil 2.7.** Plastik model üzerinde sol frontal fibröz displazi olgusu, üretilen tümör için plastik kılavuz (guide) ve defekt için plastik implant



**Şekil 2.8.** Sağ paryetal kemik tümörü olan hasta, üretilen plastik model, kılavuz (guide) ve titanyum implant

Plastik model üzerinde yapılacak ameliyatın şekli ve implantın son hali planlandıktan sonra titanyum üretim aşamasına geçilir.

Metal modelleme makinesi (Şekil 2.9) Titanyum alaşımı kullanılarak üzerinde çalışılan tasarıma uygun parçayı üretir.

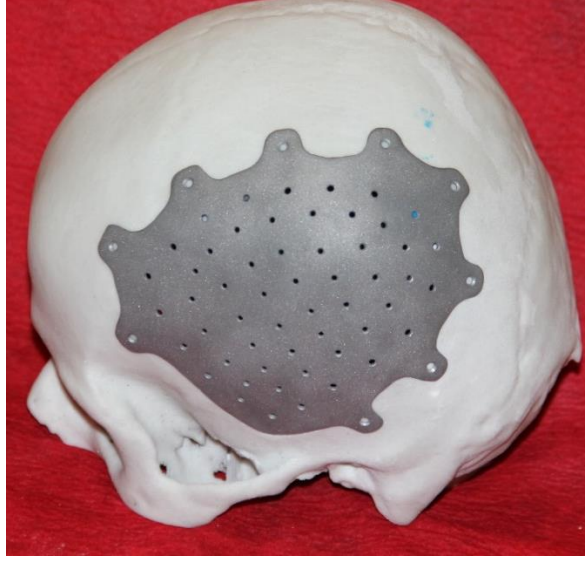
Metal Modelleme Makinesi: Üç Boyutlu geometri verisi kullanılarak fiber lazer teknolojisinden yararlanıp metal prototip üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu makinede 3 tip metal ile çalışılmaktadır.

1. CL 20ES paslanmaz çelik
2. Titanyum alaşımı Ti6Al4V,
3. Krom Kobalt alaşımı (CoCrW – Remanium star)



**Şekil 2.9.** Metal modelleme, 3 Boyutlu yazıcısı

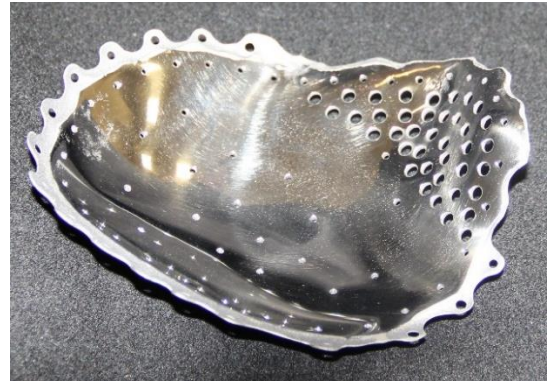
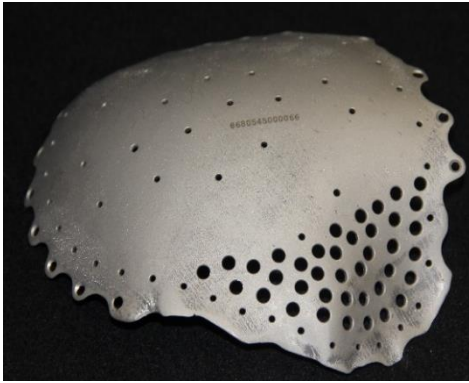
Biz kliniğimizde düşük yoğunluğu, yüksek ergime sıcaklığı, düşük elastikiyet modülü (diğer metal biyomalzemelerle karşılaştırıldığında), yüksek dayanımı, kırılma tokluğu, çatlak yayılımına karşı dirençli olması ve yüksek korozyon dayanımına sahip olması nedeniyle kranioplasti ameliyatlarında biyo-uyumluluğu fazla olan titanyum alaşımını (Ti6Al4V) tercih ediyoruz.



**Şekil 2.10.** Üç boyutlu yazıcı ile üretilen kişiye özel titanyum impant

Titanyum implant, kranial defeki tam kapatacak, hastanın kafasının simetriğini bozmayacak, kozmetik kaygıları giderecek şekilde üretilir. İmplant üzerinde vidaların oturması ve implantın yer değiştirmesini engellemek için kulakçıklar yapılır (Şekil 2.10). Kemiğe bakan yüzeyler hafif eğimli yapılıdır. Bu eğim ve kulakçıklar implantın dışarıdan gelecek darbelere karşı basıncı tüm kemiğe eşit oranda vermesini sağlar.

Ayrıca implantın üzerine duranın asılması, oluşabilecek epidural kolleksiyonların drenajını sağlayacak delikler yapılır. Bu deliklere defektin bulunduğu yere göre sadece dura değil, beslenmesini bozmayacak şekilde kas da suture edilerek kafa simetriği korunur.



**Şekil 2.11.** Titanyum implantın duraya bakan yüzü parlak dış yüzü mat ve implant üzerindeki deliklerin şekilleri

Alın bölgesine veya kafatası kemiğinin ince olduğu kısımlara vida takılamayacağından kulakçık planlanmaz. Böylece hem kozmetik kaygıların önüne geçilmiş olunur hem de ince kemiğin kırılması veya oluşabilecek kanamanın (intraserebral, subdural veya epidural) engellenmiş olur.

Özellikle kraniektomi ile kranioplasti ameliyatı arası uzun süre geçmiş olgularda ve ameliyata sekonder temporal kası atrofiye uğramış hastalarda titanyum kranioplasti kitine o bölgeye uygun kısmı bilgisayarlı tomografi eşliğinde hesaplanarak, birebir karşı taraf ile simetriği korunarak şekil verilir (Şekil 2.12).



**Şekil 2.12.** Temporal kası atrofiye uğramış hastanın implantının temporal bölgesinin kısmi şişirilmesi

Titanyum implant metal modelleme makinesinde üretildikten sonra fırına atılır ve ısı işlemi görür. İmplantın normalizasyon işlemi budur.

Metal model çıktıktan sonra tesviye yapılıyor. Zımparalama-parlatma ve kumlama işlemine geçilir. Zımparalama ve kumlama ile implantın beyine bakan kısmı parlatılır kemik yüzeylerine oturan kısmı ve vida kulakçıkları pürüzlü hale getirilir. Zımparalama ile parlatılırken, kumlama ile pürüzlü hale getirilir (Şekil

2.13). Böylece parlak ve pürüzsüz kısım duraya zarar vermez, pürüzlü kısımda kemiğe tam oturmayı sağlamış olur (Şekil 2.11).



**Şekil 2.13.** Kuşlama makinesi

Ardından ultrasonik temizleyici ile titanyum kranioplasti kiti üzerindeki mikropartiküller ultrasonik titreşimlerin verildiği su içerisinde temizlenir.

Temizliği müteakiben titanyum parçanın sertliği ölçülür (Şekil 2.14). Sertliğin kemiğe yakın olması gereklidir.



**Şekil 2.14** Sertlik Ölçme makinesi

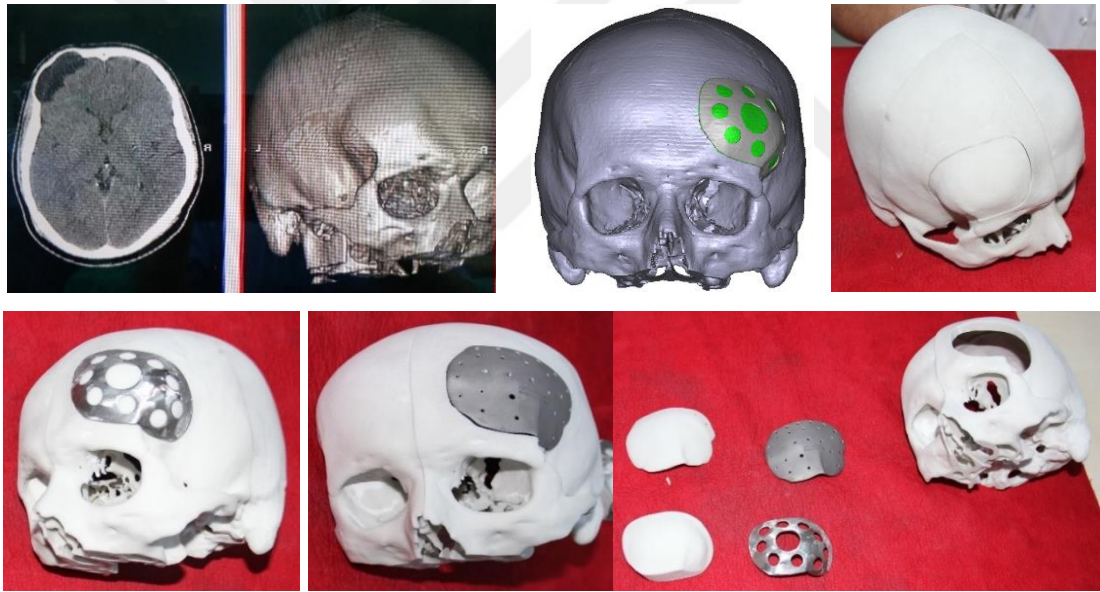


Yüzey pürüzlüğü ölçümü yapılarak gerekli zımparalama veya kumlama aşaması test edilir.

Titanyum implantın tasarlanmış geometrik doğrulama ölçümleri yapılır. Titanyum kulakçık kalınlığı 0,6-1 mm arası değişkenlik gösterir. Titanyum implant 1,5-2 mm arası kalınlıkta yapılır.

Ardından lazer işaretleme yapılarak implantın üzerine barkod numarası yazılır.

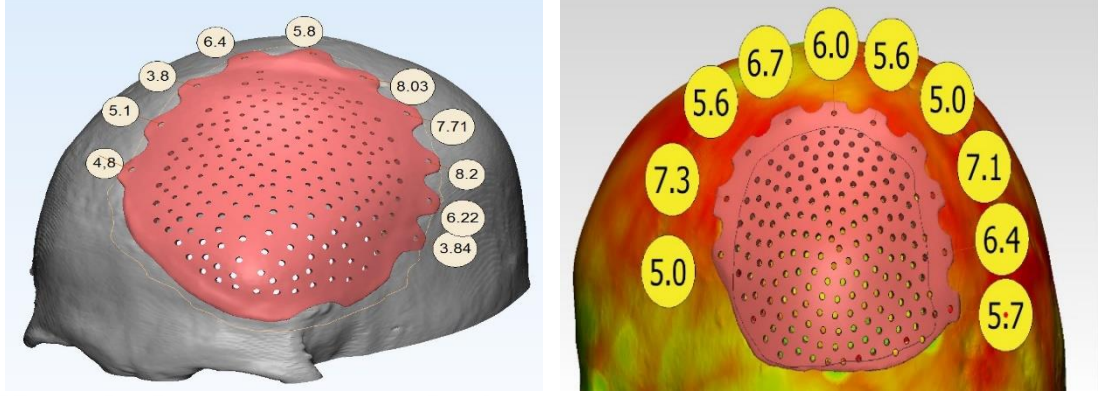
Kemik tümörü olan hastalarda tümörün eksizyonunu kolaylaştıracak, oluşacak defektin implant tarafından birebir kapatılmasını sağlayacak kılavuz (guide) metal modelleme makinesi tarafından tasarlandığı şekilde üretilir (Şekil 2.15). Kılavuz (guide) üretilirken maliyetinin düşük olması sebebiyle krom-kobalt alaşımı (CoCrW–Remanium star) kullanılır.



**Şekil 2.15.** Sol frontal kemiği erode etmiş ve dışarı doğru bombe yapmasına neden olmuş araknoid kistli hastanın kranial tomografisi, plastik modeli, kılavuz (guide) ve titanyum implantı

Hazırlanan implant vida boyutlarının yazıldığı tasarım şablonu, plastik model ve plastik implant ile birlikte alınır (Şekil 2.16). Eğer kemik tümörü olan hasta ise tümöre uygun kılavuz (guide) ile birlikte alınır. Ardından titanyum

kranioplasti implantı ve kılavuz (guide) cerrahi sabun ile yıkandıktan sonra sterilizasyon için gönderilir. Steril edildikten sonra ameliyat aşamasına geçilir.



**Şekil 2.16.** Ameliyat öncesi vida boyutlarının bilgisayar ile hesaplanması

#### 3.1.4. Ameliyat

Cerrah tarafından plastik model ve implant alındıktan sonra cerrahi planlama yapılır. Hastanın skalp beslenmesini bozmayacak şekilde flebin kaldırılması için insizyon yeri planlanması veya eski insizyon yeri görülerek implantın yerleştirilmesi için yeterli insizyonun planlanması yapılır.

Hastanın yara yeri bir gün öncesinden traş edilerek cerrahi sabunla yıkanır. Genel anestezi altında yapılacak cerrahi için anestezi onayı alınmış hastanın yatırıldığı gün tekrar kanları çalışılır.



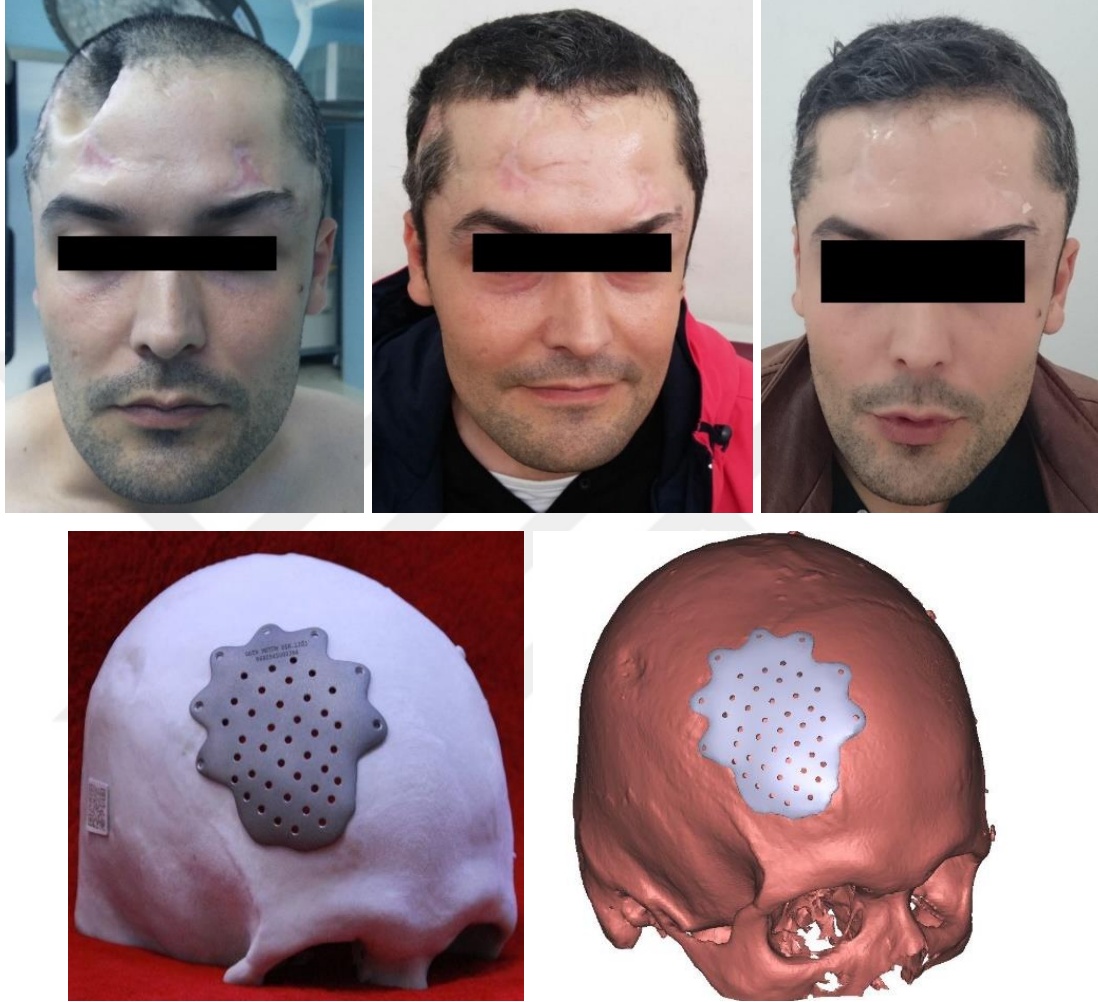
**Şekil 2.17.** Sağ frontotemporoparyetal kemik defekti olan hastanın ameliyat öncesi görüntüsü ve ameliyatta titanyum implantın yerleştirilmesi



**Şekil 2.18.** Sağ frontotemporoparyetal kemik defekti olan hastanın ameliyat öncesi ve sonrası görünümü

Ameliyatta hastaya enfeksiyonu önlemek açısından yarım saat öncesinden tek doz antibiyotik (sefuroksim aksetil) intravenöz yapılır. Hasta defekte uygun pozisyonla masaya yatırılır. Genel anestezi altında planlanan insizyon yeri açılır. Dikkat edilmesi gereken nokta; daha önceden opere edilmiş kraniektomili hastaların cilt kalınlığının özellikle insizyon yerinden itibaren azalmış olmasıdır. Granülasyon dokusunun duraya yapışmış olması kranioplasti için geçen sürenin artmasıyla doğru orantılıdır. Dikkatlice granülasyon dokusu diseke edilmelidir. İmplant steril kabında defekt sınırları ortaya konana kadar bekletilmelidir. Ardından kliniğimizce vankomisinli serum fizyolojik ile implant yıkanır. Kemik defektinin sınırları ortaya konduktan sonra implant yerleştirilebilir. Beyin, defekte göre çok fazla çökmüşse durayı implanta asmak gerekir. Hazırlanan deliklerden dura asılır. Böylece lojda oluşabilecek epidural kolleksiyonların önüne geçilmiş olunur. Ameliyat öncesi verilen

tasarım planlamasına uygun kulakçıklar defekte yerleştirilir ve vida boylarına uygun şekilde tutturulur. Mutlaka drenaj konmalı, oluşabilecek kolleksiyonların drenajı sağlanmalıdır.



**Şekil 2.19.** Sağ frontal kemik defekti olan hastanın ameliyat sonrası 1. Ay ve 3. Ay kontrolleri ile plastik modeli ve mimics programında görünümü

Temporal bölge kranioplastilerinde temporal kasın ciltaltı dokudan ve dura üzerinden diseksiyonu şarttır. Bunu yaparken a.temporalis süperficialise dikkat edilmelidir. Temporal kas implant üzerindeki deliklere sütüre edilir. Böylece temporal normal anatomik yapı sağlanmış olur (Şekil 2.20).

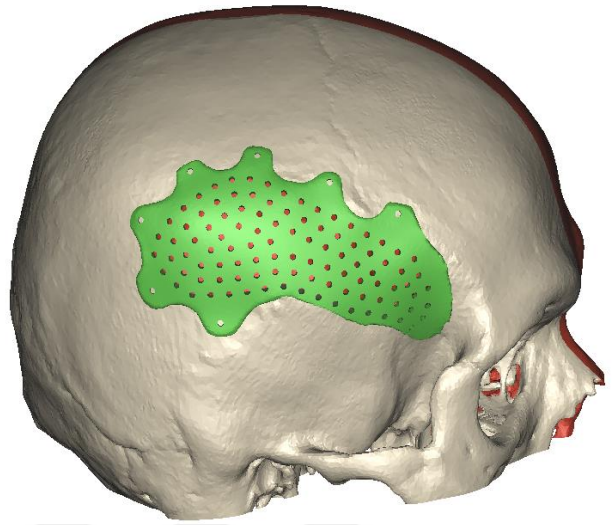


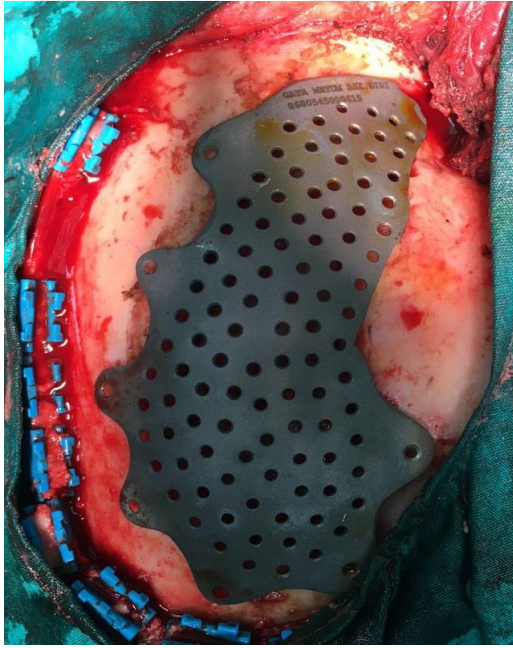
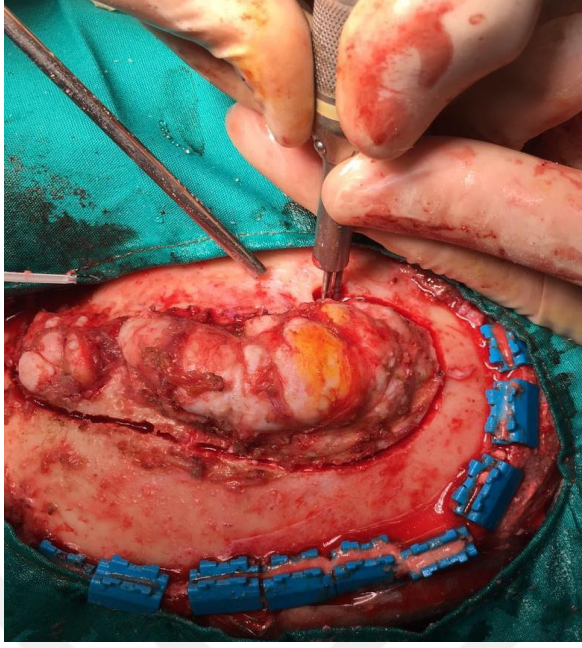
**Şekil 2.20.** Temporal kasın ve duranın implanta sütüre edilerek asılması

Tümörlü hastalarda tümör üzeri insizyonu planlandıktan sonra cilt flebi kaldırılır. METÜM tarafından hazırlanmış kılavuz (guide) yardımıyla tümör eksizyonu ve oluşacak defekt için gerekli yerler işaretlenir. Kılavuz (guide)'un gösterdiği şekilde tümör eksize edilir. Ardından dura implanta asılır. İmplant yerleştirilir ve tasarımda belirtildiği gibi vidalar yerlerine oturtulur.



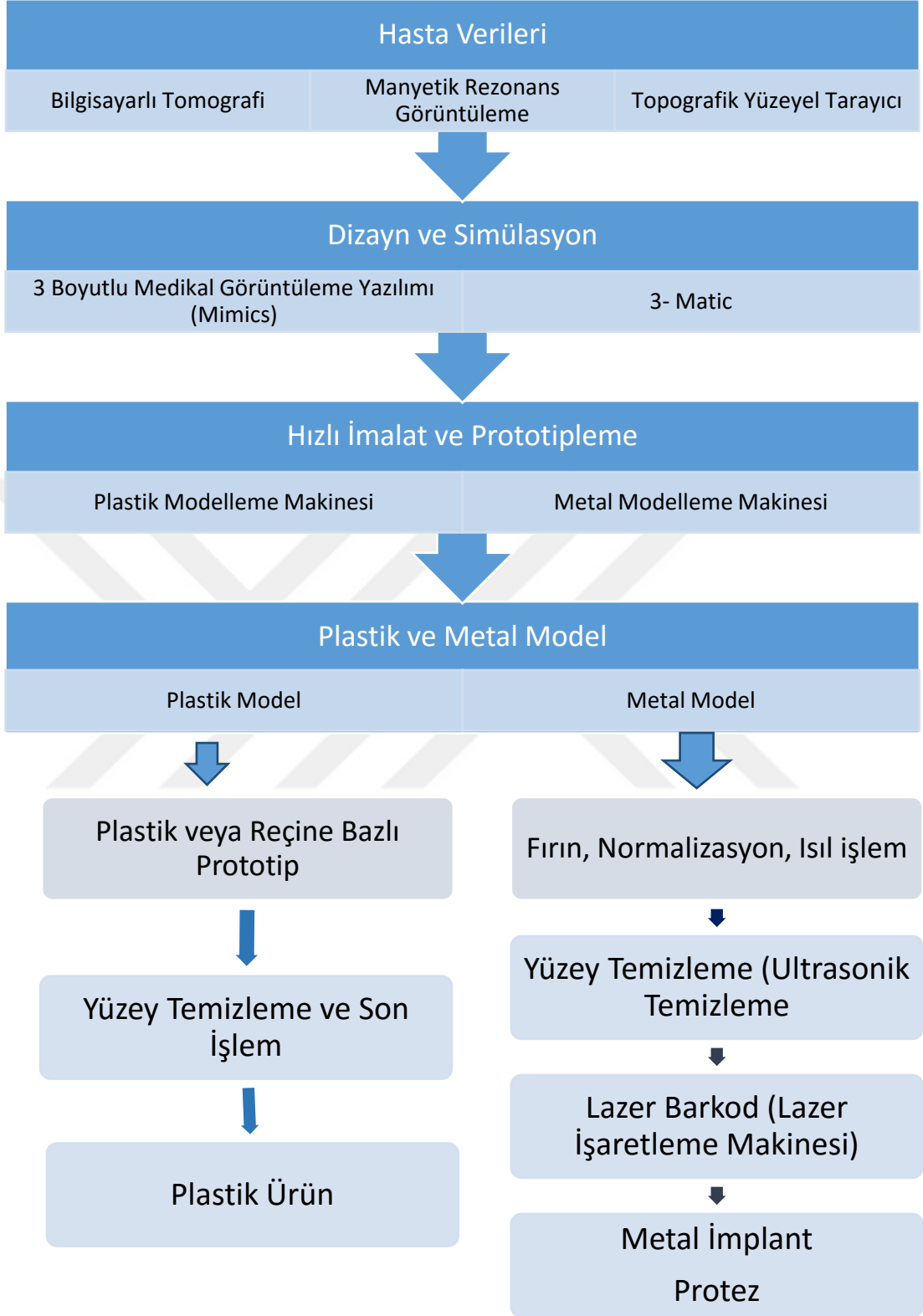
**Şekil 2.21.** Sağ frontal kraniektomi defektinin onarılması aşamaları





**Şekil 2.23.** Sağ paryetal kemik tümörü (osteoma) olan hastanın, ameliyat öncesi planlaması ve tümör eksizyonu ile aynı seansta kranioplasti görüntüleri





**Şekil 2.22.** Kranioplasti için başvuran hastanın implantın üretimine kadar aşamaları

### 3.2. Diğer Materyaller Kullanılarak Kranioplasti

Titanyum haricinde kliniğimizde kranioplasti yapılmış 42 hastada metil metakrilat, polietilen, otolog kemik grefti kullanılmıştır.

Hastaların ameliyata hazırlık aşaması titanyum ile aynı şekilde yapılmıştır. Daha önce herhangi bir endikasyonla ameliyat olmuş hastalarda kraniektomi sonrası yara iyileşmesi ve çevre dokuların bütünlüğünün ve beslenmesinin sağlanması için bir süre beklenir. Bu süreçte hastaların ince kesit kraniyal kontrastlı ve kontrastsız bilgisayarlı tomografi (BT)'leri çekilerek kemik ve yumuşak dokuları kontrol edilir. Enfektif süreci olanlar veya kraniektomi sonrası yara iyileşmesi olmayanlara ek tedaviler verilerek kranioplasti için yara yeri hazır hale getirilir.

Primer kemik tümörü, kemiği invaze etmiş beyin tümörü olan olgularda da ince kesit kontrastlı beyin BT'leri çekilerek tümörün yerleşimi, invazyonu, çevre doku ile ilişkisi ve beslenmesi kontrol edilir.

Hastaların genel anestezi altında planlanan ameliyata uygun olup olmadığı, yaşı, genel durumu, risk grubu, yapılan kan tetkikleri ile elektrokardiyogram ve mevcut hastalıklarına yönelik tetkiklerle planlanır. Anestezi onayı alındıktan sonra hastaya cerrahi planlaması yapılır.

**Polietilen:** 42 hastanın 29 tanesinde Polietilen (MEDPOR™, BİOPORE™) kullanılarak kranioplasti yapılmıştır. Bunlar Fleksible block, Biopore block, Cranial Grid, Pterional İmplant, Cranial Dome, Cranial Hemisfer şeklinde çeşitlere ayrılmıştır.

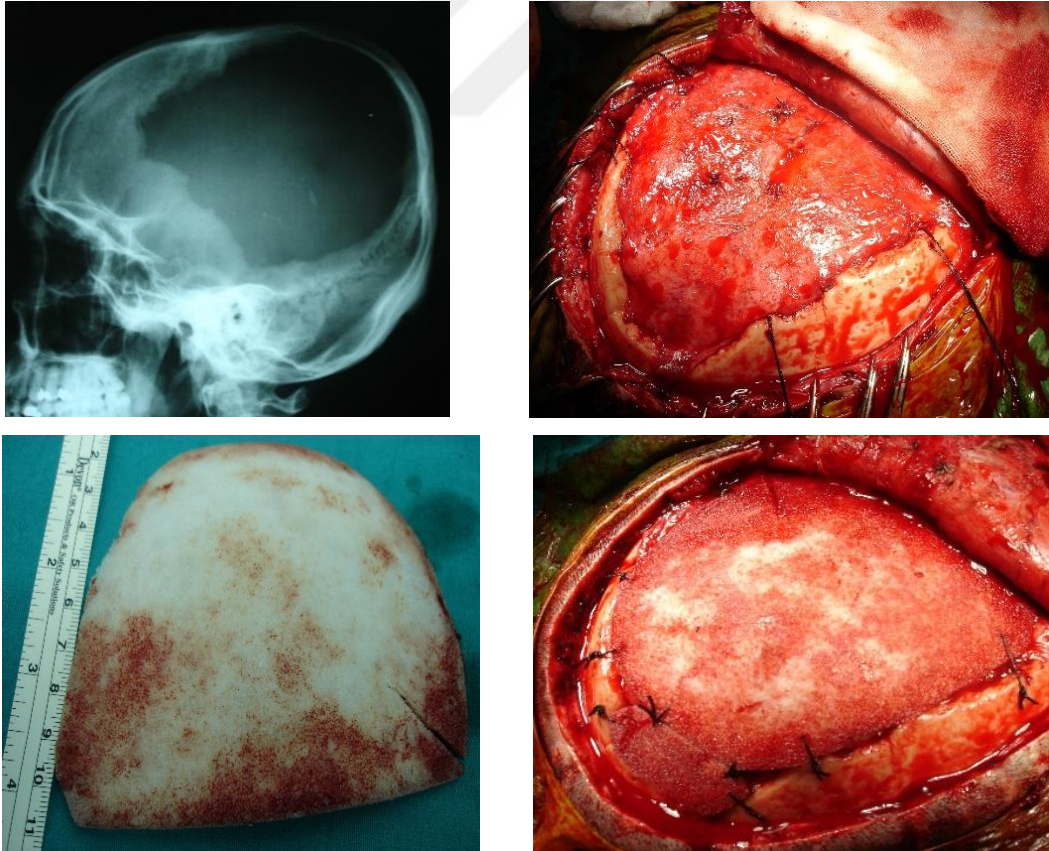
Gözenekli (porlu) polietilen implantları cerrahlara; yeniden şekil verilebilme ve implantın büyütülmesi için olanak sağlar. Çok yönlü gözenekli yapısı sayesinde hastanın dokuları ile çabuk fibrovasküler entegrasyon sağlar. Kemiğin implantla muhtemel birleşmesini sağlar.

Daha önce kraniektomi yapılmış hastalara yapılan tetkikler sonrası hesaplanan defektin büyüklüğüne yakın ve yerine uygun implant seçimi ve kullanılması önemlidir. Ancak ameliyat sırasında da grefte defekte uygun bir şekil verilebilmelidir.

İmplant defekt sahası hazırlanana kadar steril koruyucu paketinde kalmalı, çevreyle ilişkisi olmamalıdır.

Daha önceden kraniektomi yapılmış hastalarda ameliyat sırasında polietilen blokları kemik kesici, makas veya bistüri ile kesilerek şekillendirilebilir. Ardından gerekli eğim ve şekillendirme istenirse 180°F'dan yüksek ısıda olan steril salin içinde birkaç dakika yumuşaması için bırakılır. Şekil verilebilir kıvama ulaştığında defekte uygun şekil verilir ve soğuması için soğuk salin içersine bırakılır. Burada önemli olan hazırlanma aşamasında farklı steril eldiven giyilmesi ve implant sıcakken dura veya beyinle temas etmemesidir. Ardından implant uygun fiksasyon teknikleri ile stabilize edilir (Şekil 2.23).

Primer kemik tümörü olan veya farklı endikasyonla kraniektomi yapılan ve kendi kemiğinin kullanılmayacağı hastalarda ameliyat esnasında bir önceki hazırlama işlemi defekte uygun yapılır ve implantın uygun fiksasyon teknikleri ile stabilizasyonu sağlanır. Mini kranial plak-vidalarla veya sütüre edilerek sabitleme kliniğimizde en çok tercih edilen yöntemlerdir.



**Şekil 2.23.** Sol frontotemporoparyetal geniş kemik defektinin polietilen ile rekonstrüksiyonu

### 3.2.1. Metil Metakrilat

42 hastanın 7 tanesi kliniğimizde opere edilerek metil metakrilatla kranioplasti yapıldı. Bu hastaların 3 tanesi ateşli silah yaralanması sonrası kraniektomi yapılmış hastaydı. Bir hasta primer kemik tümörü (osteom) olgusuydu. Bir hasta primer beyin tümörü sonrası kemik invazyonu, 2 hasta travmaya sekonder kraniektomi yapılmış olguydu.

Metil metakrilat sitotoksik etkili monomerdir ve yağ içerikli dokuda iyi çözünür. Sıvı monomer form olan metil metakrilat ve tepkimeyi hızlandıran katalizatörü benzoil peroksit karıştırılarak polimerizasyonla ekzotermik reaksiyonla solid polimer formu olan polimetil metakrilat elde edilir (45).

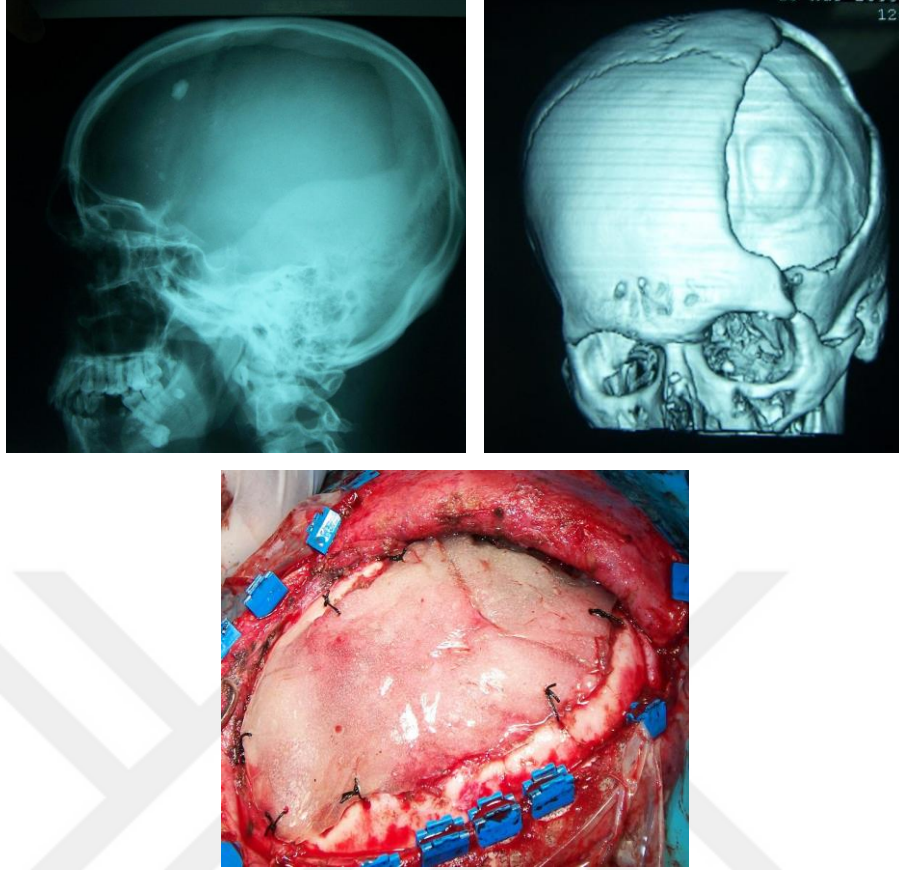
Metil metakrilat eğer kraniektomi yapıldıktan hemen sonra ameliyat esnasında hazırlanacaksa çıkarılan kemik kalıp alınarak hazırlanabilir. Böylece birebir defekte uygun implant yapılmış olur.

Hastaların daha önceden kraniektomisi mevcutsa bunlara ameliyat esnasında metil metakrilat tozu ve sıvı karışımı karıştırıldıktan sonra defekte uygun kalıp verilerek yapılır. Isınmaya başladığında sertleştiği anlaşılır.

Metil metakrilat hazırlanışı esnasında yaydığı ısının beyin'e ve çevre dokulara zarar vermesini önlemek için soğuk salin içersinde bekletilebilir veya irriye edilebilir.

Kemik kenarlarına plak ve vidalarla tutturulabileceği gibi absorbe olmayan sütürlerle de tutturulabilir.

Dikkat edilmesi gereken şey implant hazırlanırken farklı bir steril eldiven giyilmesi, implantın yaydığı ısıdan beyin ve çevre dokuları korumak ve yeterli soğukluğa erişmeden beyine teması engellemek için beyin üzerine gelfoam, pamuk, büyük pediler vb. konulmalıdır.



**Şekil 2.24.** Sol frontotemporoparyetal kemik defektinin metil metakrilat implant ile rekonstrüksiyonu

### 3.2.2. Otogreft

42 hastadan 6 tanesi daha önceden kraniektomi yapılmış ve çıkarılmış kemikleri ön karın duvarına veya uylukta fascia üzerine yerleştirilmişti. Ameliyat sonrası kemiğin çıkarılarak steril edip saklanması, skalp altında insizyon yerine yakın yerleştirilmesi ve derin dondurucuda kemiği saklamak diğer yöntemlerdir. Ancak bu yöntemlerde en büyük problem kemiğin rezorbsiyonudur. Rezorbe olan kemik küçülür ve defekti tam kapatamaz.

Hastalar ameliyata alınarak öncelikle defekt sahası hazırlandı, ardından kemik gömüldüğü yerden steril bir şekilde çıkarılarak steril salin solüsyonunda yıkandı. Kliniğimizde steril salin içersine vankomisin eklenerek kemiği bir süre salin içersinde bekletiyoruz. Ardından temizlenmiş kemik defekte yerleştirildi. Bazı hastalarda defektin yerleşim yerine göre kranial mini plak vida veya absorbe olmayan sütürlerle stabilizasyonu sağlandı.

## BULGULAR

Bu bölümde titanyum kranioplasti yapılmış kraniektomi defekti olan ve kemik tümörlü hastalar ile diğer yöntemlerle kranioplasti ameliyatı yapılmış hastalardan elde edilen verileri ve istatistiksel önemlilikleri incelenmiştir.

Elde edilen verilerde; SPSS 23,0 programı, Ki-kare testi, Fisher's Exact test ve Mann-Whitney testi kullanılmıştır.  $P < 0,05$  verilerin istatistiksel analizinde anlamlı kabul edildi.

Toplamda farklı etyolojik nedenlerle kemik defekti oluşmuş 78 hastaya kranioplasti ameliyatı yapıldı. Otuz altı hasta (%46,2) titanyum kranioplasti materyali kullanılarak opere edildi. Kırk iki hasta (%53,8) ise diğer kranioplasti materyalleriyle opere edildi.

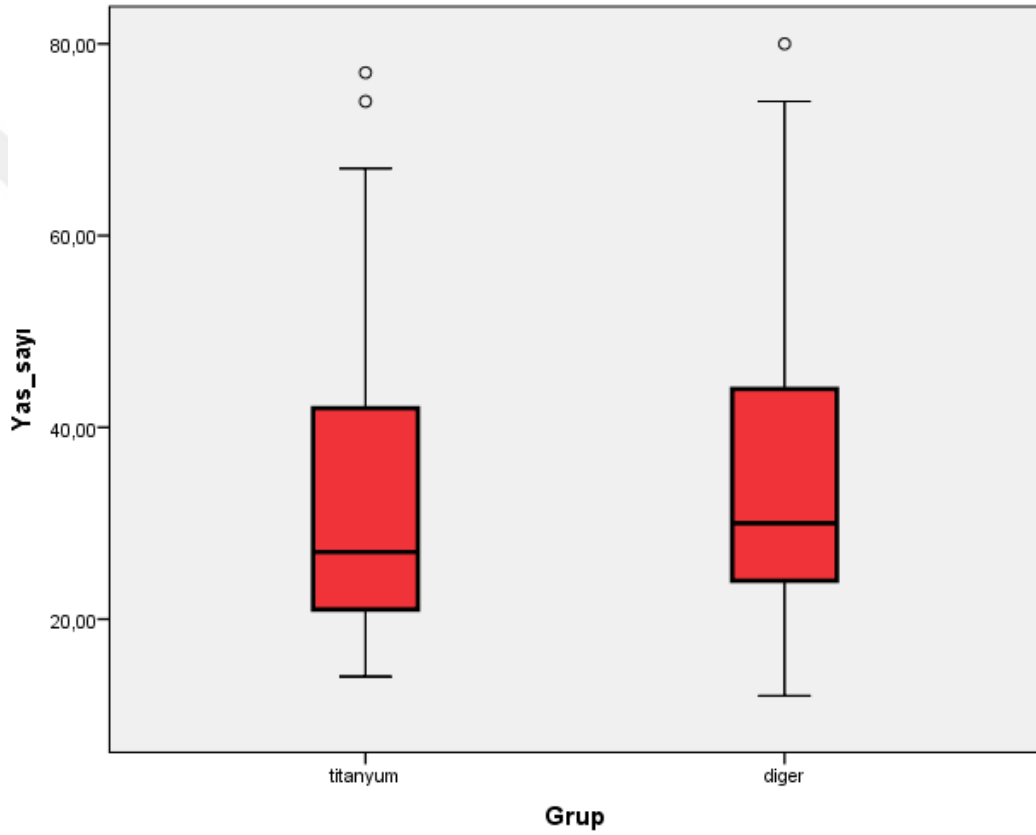
Yetmiş sekiz hastanın 64'ü (%82,1) erkek, 14'ü (%17,9) kadındı. Ki-kare testine göre P değeri 0,387 olarak bulundu. Cinsiyet, hasta grupları ve hasta sayısı ile ilgili veriler tablo 3.1 'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Kranioplasti ameliyatı yapılmış hastaların sayısı, cinsiyeti ve kranioplasti materyaline göre dağılımı

			Grup		Toplam	P değeri
			Titanyum	Diğer		
Cinsiyet	Erkek	n	31	33	64	0,387
		%	86,1	78,6	82,1	
	Kadın	n	5	9	14	
		%	13,9	21,4	17,9	
Toplam	n	36	42	78		
	%	46,2	53,8	100		

Titanyum kullanılarak opere edilen 36 hastanın 31 tanesi (%86,1) erkek, 5 tanesi (%13,9) kadındı. Metil-metakrilat, gözenekli polietilen, otolog greft ile kranioplasti yapılmış 42 hastanın 33 tanesi (%82,1) erkek, 14 tanesi (%17,9) kadındı (Tablo 3.1).

Kranioplasti yapılmış 78 hasta 12 ile 80 yaş aralığındaydı. Titanyum kullanılan hastaların minimum–maksimum yaş değerleri 14-77 yaş, diğer materyallerle kranioplasti ameliyatı yapılmış hastalarda minimum-maksimum 12-80 yaşlardı. Tüm hastalarda ortalama yaş  $34\pm 16$  olarak tespit edildi. Titanyum kullanılan hastalarda  $33\pm 17$  olarak, diğer materyallerle opere edilen hastalarda  $35\pm 16$  olarak tespit edildi. Yaş değerleri Mann-Whitney testi kullanılarak P değeri 0,399 olarak elde edildi (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Yaşın gruplara göre dağılımı

**Tablo 3.2.** Kranioplasti yapılmış hastaların yaş gruplarının, sayısı ve kranioplasti materyaline göre dağılımı

		n	%	P değeri
Titanyum kranioplasti	10-20 yaş	5	13,9	0,969
	21-30 yaş	15	41,7	
	31-40 yaş	6	16,7	
	41-50 yaş	5	13,9	
	51 üstü yaş	5	13,9	
	Toplam	36	100,0	
Diğer kranioplasti	10-20 yaş	4	9,5	
	21-30 yaş	18	42,9	
	31-40 yaş	8	19,0	
	41-50 yaş	5	11,9	
	51 üstü yaş	7	16,7	
	Toplam	42	100,0	

Tablo 3.2'de gösterildiği gibi titanyum kullanılan hastalarda 10-20 yaş aralığında 5 hasta (%13,9), 21-30 yaş aralığında 15 hasta (%41,7), 31-40 yaş aralığında 6 hasta (%16,7), 41-50 yaş aralığında 5 hasta (%13,9), 51 yaş üzerinde 5 hasta (%13,9) vardı.

Titanyum kullanılmadan kranioplasti yapılmış hastalarda 10-20 yaş aralığında 4 hasta (%9,5), 21-30 yaş aralığında 18 hasta (%42,9), 31-40 yaş aralığında 8 hasta (%19), 41-50 yaş aralığında 5 hasta (%11,9), 51 yaş üzerinde 7 hasta (%16,7) vardı (Tablo 3.2).

Yaş gruplarının, hasta grupları ve hasta sayısı ile ilgili verileri tablo 3.2'de verilmiştir. Bu verilerin Ki-kare testine göre P değeri 0,969 olarak bulundu.

Her iki grupta kranioplasti yapılan hastaların etyolojileri aşağıdaki gibi sınıflandırıldı.



1. grup:

- a) Primer kemik tümörleri (Fibröz displazi, basit kemik kisti, eozinofilik granülom, osteom vb...)
- b) Kemiği invaze etmiş beyin tümörleri (özellikle menenjiomalar)
- c) Beyin tümörleri sonrası dekompresif kraniyektomi (Kafa içi basınç artması ve beyin ödemi sonrası)
- d) Abse veya enfeksiyon sonrası kraniyektomi

2. grup:

- a) Travmaya bağlı çökme fraktürü,
- b) Travma nedeniyle intraserebral, epidural, subdural hematoma sonrası kraniyektomi

3. grup:

- a) Kranial ateşli silah yaralanmaları sonrası kraniyektomi

4. grup:

- a) Travma ilişkisiz intraserebral hematomlar (hipertansif kanamalar, agresif antiagregan kullanımı, anevrizma cerrahisi veya rüptürü vb...)
- b) İskemik veya hemorajik SVO cerrahileri

**Tablo 3.3.** Kranioplasti yapılan hastaların etyolojilerinin hasta sayıları ve kullanılan materyallere göre dağılımı

			Titanyum	Diğer	Toplam
Etyoloji	1.grup*	n	11	19	30
		%	30,6	45,2	38,5
	2.grup**	n	17	14	31
		%	47,2	33,3	39,7
	3.grup***	n	5	8	13
		%	13,9	19	16,7
	4.grup****	n	3	1	4
		%	8,3	2,4	5,1
Toplam	n	36	42	78	
	%	100	100	100	

\*: Primer kemik tümörleri, beyin tümör ameliyatı sonrası dekompresyon, kemiği invaze etmiş beyin tümörleri veya abse ameliyatları

\*\* : Travma sonrası çökme veya epidural, subdural, subaraknoid, intraserebral hematoma ameliyatları

\*\*\*: Kranial ateşli silah yaralanmaları ameliyatları

\*\*\*\*: Travma ilişkisiz intraserebral hematomlar veya İskemik SVO ameliyatları

Kranioplasti yapılmış 78 hastanın 30 tanesi (%38,5) 1.grup; primer kemik tümörü, beyin tümörü ve kemiği invaze etmiş beyin tümörlerinin cerrahisi sonrası kraniektomi yapılmış hastalardı. Titanyum kranioplasti yapılmış tüm hastaların 11'inin (%30,6) ve diğer materyaller kullanılarak kranioplasti yapılmış hastaların 19'unun (% 45,2) etyolojilerinde 1. grup hastalıklar vardı (Tablo 3.3).

Otuz bir hasta (%39,7) 2. grup; travmaya bağlı çökme fraktürü, travma nedeniyle intraserebral, epidural, subdural hematoma sonrası kraniektomi yapılmış hastalardı. Titanyum kranioplasti yapılmış hastaların 17'sinin (%47,2) ve diğer materyaller kullanılarak kranioplasti yapılmış hastaların 14'ünün (% 33,3) etyolojilerinde 2. grup hastalıklar vardı (Tablo 3.3).

Toplamda 13 hastaya (%16,7) kranial ateşli silah yaralanması sonrası kranioplasti yapılmış. Titanyum kranioplasti yapılan 5 hastanın (%13,9) etyolojinde kranial ateşli silah yaralanması vardı. Diğer materyaller kullanılarak opere edilmiş 8 hastanın (%19) etyolojisinde kranial ateşli silah yaralanması vardı (Tablo 3.3).

İskemik veya hemorajik SVO sonrası dekompresyon amacıyla veya spontan intraserebral hematoma cerrahisi ile 4 hastaya kranioplasti yapılmış. Dört hastanın 1 tanesinde kranioplasti diğer materyallerle, 3 tanesinde ise titanyum ile yapılmıştır (Tablo 3.3).

Kranioplasti yapılmış 78 hastanın 7 tanesi (%9) fibröz displazi hastasıydı. Fibröz displazili hastaların 5 tanesi (%71,4) titanyum ile, 2 tanesi (%28,6) ise diğer materyallerle opere edildi. Fibröz displazili hastaların Fisher's Exact testi P değeri 0,299 olarak bulundu.

Titanyum kranioplasti materyali ile opere edilen 36 hastanın kalvaryumdaki lokalizasyonlarını değerlendirdiğimizde 10 (%27,8) hastanın sadece frontal, 1 (%2,8) hastanın sadece temporal, 5 (%13,9) hastanın sadece parietal bölgede lokalize olduğu görüldü. Frontotemporal bölgede 3 (%8,3), temporoparietal bölgede 4 (%11,1), frontoparietal bölgede 5 (%13,9) ve frontotemporoparietal bölge lokalizasyonunda 7 (%19,4) hastanın opere edilerek kranioplasti yapıldığı görüldü. Bu verilerin Ki-kare testi P değeri 0,767 olarak bulundu (Tablo 3.4).

Diğer materyallerle kranioplasti yapılan 42 hastanın kalvaryumdaki lokalizasyonlarını değerlendirdiğimizde ise 12 (%28,6) hastanın sadece frontal, 1 (%2,4) hastanın sadece temporal, 9 (%21,4) hastanın sadece parietal bölgede lokalize olduğu görüldü. Frontotemporal bölgede 1 (%2,4), temporoparietal bölgede 4 (%9,5), frontoparietal bölgede 6 (%14,3) ve frontotemporoparietal bölge lokalizasyonunda 5 (%11,9) hastanın opere edilerek kranioplasti yapıldığı görüldü. Bu verilerin Ki-kare testi P değeri 0,767 olarak bulundu (Tablo 3.4).

**Tablo 3.4.** Kranioplastili hastaların yaş, cinsiyet, lokalizasyon, defekt alanı, zamanlama ve kullanılan materyallere göre dağılımı

		Titanyum		Diğer Materyaller		P değeri
		n	%	n	%	
Cinsiyet	Erkek	31	86,1	33	78,6	0,387
	Kadın	5	13,9	9	21,4	
Yaş	10-20 yaş	5	13,9	4	9,5	0,969
	21-30 yaş	15	41,7	18	42,9	
	31-40 yaş	6	16,7	8	19	
	41-50 yaş	5	13,9	5	11,9	
	≥51 yaş	5	13,9	7	16,7	
Lokalizasyon	Frontal	10	27,8	12	28,6	0,767
	Paryetal	5	13,9	9	21,4	
	Temporal	1	2,8	1	2,4	
	Oksipital	1	2,8	4	9,5	
	Frontotemporoparyetal	7	19,4	5	11,9	
	Frontotemporal	3	8,3	1	2,4	
	Temporoparyetal	4	11,1	4	9,5	
	Frontoparyetal	5	13,9	6	14,3	
Defekt alanı (cm <sup>2</sup> )	≤30	9	25	29	69,0	0,001
	31-60	12	33,3	6	14,3	
	61-90	8	22,2	3	7,1	
	91-120	6	16,7	1	2,4	
	≥121	1	2,8	3	7,1	
Zamanlama (ay)	Peroperatif	6	16,7	18	42,9	0,158
	≤6	6	16,7	5	11,9	
	7-12	9	25,0	6	14,3	
	13-24	7	19,4	5	11,9	
	≥24	8	22,2	8	19,0	

Kranioplasti ameliyatı için en çok tartışılan konu olan kranioplasti zamanlamasıdır. Zamanlamayı değerlendirirken Ki-kare testi kullanıldı. P değeri 0,158 olarak bulundu. Zamanlamayı 5 grup halinde değerlendirdik. İlk grup; daha önce kraniektomi yapılmamış, kraniektomi sonrası ameliyat esnasında kranioplasti yapılanlar, ikinci grup ilk 6 ay, üçüncü grup 6 ay sonrası 1 yıla kadar, dördüncü grup 1 yıl sonrası 2 yıla kadar ve son olarak beşinci grup 2 yıl sonrası kranioplasti yapılmış hastalardı.

Kliniğimizde yapılan 36 titanyum kranioplasti ameliyatının 6'sı (%16,7) opere edildiği anda kranioplastisi yapılmıştır. Bu hastaların 4 tanesi fibröz displazi olgusudur. Ameliyata girildiğinde tümör lokalizasyonu için hem kılavuz (guide) hem de kranioplasti kiti hazırlanmıştır. Bu hem hastanın bekleme süresini kısaltmış hem de doğru lokalizasyonda tümör eksize edilerek rezidü

şansı bırakılmamıştır. Kılavuz (guide) ile eksize edilen tümörün defekti direkt titanyum kranioplasti materyali ile kapatılmıştır. Bir hasta kemiği ekspansе etmiş araknoid kistli, 1 hasta da sağ paryetal kemikte ekspansе tümöral lezyonu. Bu hastalarda da kılavuz (guide) kullanılarak kranioplasti yapılmıştır. (Tablo 5)

İlk 6 ayda titanyum kranioplasti kiti hazırlanarak opere edilen 6 adet hasta vardı. Bu titanyum vakalarının %13,9'u kadardı. Bu hastaların 1 tanesi kraniektomi yapıldıktan 1 ay sonra opere edilen titanyum kranioplasti olgusuydu. Bu hasta kliniğimizin METÜM ile koordineli çalıştığı ilk olguydu. Kılavuz (guide) ile tümör eksizyonu yapıldıktan sonra titanyum kranioplasti kiti hazırlığına gidildiği için 1 ay bekleme süresi verilmişti. Diğer 5 hastanın 4 tanesi 6. ayda bir olgu 5. ayda opere edildi (Tablo 3.4).

Altıncı aydan sonra ilk bir yıl içerisinde opere edilen titanyum kranioplasti hasta sayısı 9 adetti. Otuz altı titanyum hastasının yaklaşık olarak %25 kadarı 7-12 ay arasında opere edildi (Tablo 3.4).

Bir yıl sonrası ilk iki yıl içinde titanyum kranioplasti kiti ile opere edilen 7 hasta tüm titanyum kranioplasti olgularının %19,4 olarak bulundu (Tablo 3.4).

İki yıl sonrasında kranioplasti için kliniğimize başvurmuş hastalardan titanyum kranioplasti uyguladığımız hasta sayısı 8 adet idi (%22,2) (Tablo 3.4).

Kranioplasti zamanlaması ay olarak değerlendirildiğinde titanyum kullanılan olgularda ameliyatta kranioplasti kiti hazırlanan kraniektomisi yapılmamış hastalar bulunurken 264 ay sonra, yani yaklaşık olarak kraniektomi sonrası 22 yıl sonra, başvurmuş 1 adet hastada bulunmaktadır. P değeri Mann Witney testi kullanılarak 0,083 olarak bulundu (Şekil 3.2).

Otolog veya diğer materyallerle kranioplasti ameliyatı yapılmış 42 hastanın 18 tanesine (%42,9) opere edildiği anda kranioplastisi yapılmıştır. Bu hastaların 8 tanesi primer kemik tümörü olgusudur. Patoloji sonucu 2 hasta fibröz displazi, 2 hasta basit kemik kisti, 2 hasta eozinofilik granülom, 1 hasta osteoma, 1 hasta interosseoz hemanjiom olgusudur. Ameliyata girildiğinde tümör lokalizasyonu ameliyat öncesi yapılan tetkiklerde belirlenmiş ve cerrah tarafından tümör çıkarılmıştır. Metil metakrilat veya polietilen yardımıyla defekte uygun kranioplasti kiti hazırlanmıştır Bu hastalarda da kılavuz (guide)

olmadığı için tümör sınırları preoperatif ve intraoperatif olarak cerrah tarafından belirlenmiştir (Tablo 3.4).

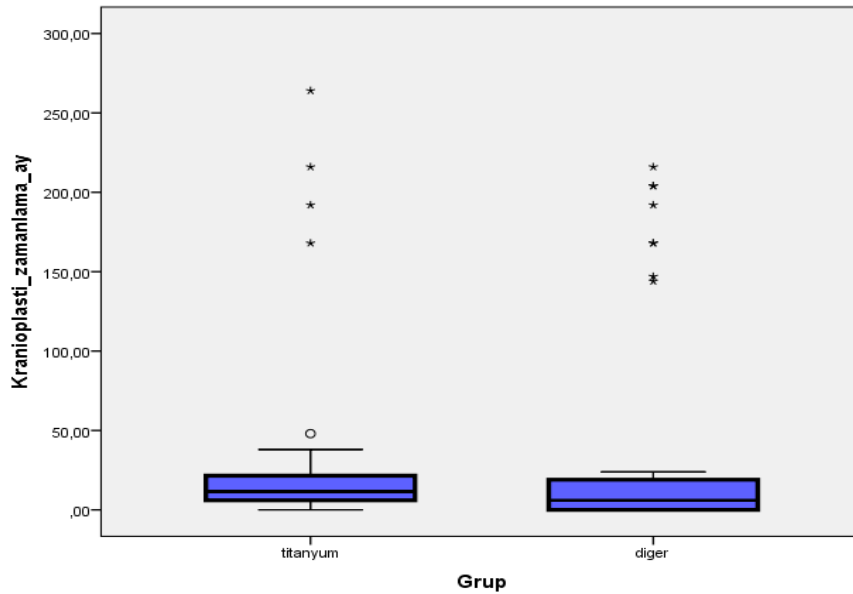
İlk 6 ayda diğer materyallerle kranioplasti yapılmış 5 adet hasta vardı. Bu 42 hastanın %11,9'unu oluşturmaktaydı. Bu hastaların 1 tanesi kraniektomi yapıldıktan 1 ay sonra opere edilmiştir. Diğer 4 hastanın 3 tanesi 6. ayda bir olgu 5. ayda opere edildi (Tablo 3.4).

Altıncı aydan sonra ilk bir yıl içerisinde diğer materyallerle opere edilen hasta sayısı 7 adet idi. Bu da titanyum dışı kranioplastili toplam 42 hastanın yaklaşık olarak %14,3 kadarı 7-12 ay arasında opere edildi (Tablo 3.4).

Bir yıl sonrası ilk iki yıl içinde diğer materyaller kullanılarak 5 hastaya (%11,9) kranioplasti yapıldı (Tablo 3.4).

İki yıl sonrasında kranioplasti için kliniğimize başvurmuş hastalardan diğer kranioplasti kitleri kullandığımız toplam hasta sayısı 8 adetti (%19,0) (Tablo 3.4).

Kranioplasti zamanlaması değerlendirildiğinde otolog veya diğer kranioplasti materyalleri kullanılan olgularda ameliyatta iken hazırlanan hastalar bulunurken, 216 ay sonra yani yaklaşık olarak kraniektomi sonrası 18 yıl sonra başvurmuş 1 adet hastada bulunmaktadır. P değeri Mann Witney testine göre 0,083 olarak bulundu (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Kranioplasti zamanlamasının kranioplastide kullanılan materyale göre dağılımı

Defekt alanları incelenirken hastalar beş gruba ayrıldı, ayrıca defekt alanlarının rakamsal olarak santimetrekare cinsinden değerleri alındı. İlk 30 santimetrekarelik defekti olan hastalar 1.grup olarak alındı. Otuz santimetrekareden büyük 60 santimetrekareye kadar defekti olan hastalar 2. grup olarak alındı. Altmış santimetrekareden büyük 90 santimetrekareye kadar defekti olan hastalar 3. grup olarak alındı. Doksan santimetrekareden büyük 120 santimetrekareye kadar defekti olan hastalar 4. grup olarak alındı. Yüz yirmi santimetrekareden büyük defekti olan hastalar 5. grup olarak alındı. Defekt alanı incelenirken Ki-kare testi kullanıldı ve P değeri 0,001 istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Titanyum kranioplasti yapılmış 36 hastadan 9 tanesi (%25) 30 cm<sup>2</sup> ve 30 cm<sup>2</sup> 'den küçüktü (Tablo 3.4). Bu hastaların 1 tanesi fibröz displazili, 1 tanesi primer kemik tümörü, 1 tanesi kranial ateşli silah yaralanması, 4 tanesi travma sonrası kraniektomi yapılmış hastaydı. Bir tanesi beyin tümörüne sekonder, 1 tanesi abse sonrası kraniektomi yapılmış hastaydı.

Kranioplasti materyali olarak titanyum kullanılan hastaların 12 tanesi (%33,3) 31 ile 60 cm<sup>2</sup> arasındaydı. Bu hastaların 4 tanesi fibröz displazi tanısı konmuş hastaydı. Bir tanesi kranial ateşli silah yaralanması, diğerleri travma sekonder kraniektomi yapılmış hastalardı (Tablo 3.4).

Titanyum kranioplasti yapılan 8 hasta (%22,2) 61 ile 90 cm<sup>2</sup> arasında defekti vardı. Bunlardan 1 tanesi kemiği invaze etmiş non hodgkin lenfoma tanısı almış, diğerleri travmaya sekonder kraniektomi yapılmış hastalardı (Tablo 3.4).

Titanyum kranioplasti olgularından 6 hastanın (%16,7) defekti 91 ile 120 cm<sup>2</sup> arasındaydı. Bu hastalardan 1 tanesi kranial ateşli silah yaralanması sonrası, 1 tanesi kemik tümörüne bağlı, 2 tanesi travmayla ve 2 tanesinde SVO sonrası dekompresif kraniektomi yapılmış olgulardı (Tablo 3.4).

Titanyum kullanılan hastaların 1 tanesinde (%2,8) 121 cm<sup>2</sup> 'den büyük kemik defekti mevcuttu. Toplam defekt alanı 150 cm<sup>2</sup> idi. Kranial ateşli silah yaralanmasına sekonder kraniektomi yapılmış hastaydı (Tablo 3.4).

Titanyum haricinde kliniğimizde otolog, polietilen veya metil metakrilat kullanılarak kranioplasti yapılmış 42 hastanın 29 tanesi (%69) 30 cm<sup>2</sup> ve daha

az büyüklükte defekti mevcuttu (Tablo 3.4). İki tanesi otolog greft, geri kalanı polietilen ve metil metakrilat ile onarılmış idi.

Polietilen, metil metakrilat veya otolog greft ile kranioplasti yapılmış hastaların defekt alanları 31-60 cm<sup>2</sup> arasında olan 6 hasta vardı. (%14,3) 3 hasta (%7,1) 61-90 cm<sup>2</sup> arasındaydı. 91-120 cm<sup>2</sup> arasında olan 1 hasta (%2,4), 121 cm<sup>2</sup> üstünde ise 3 hasta (%7,1) mevcuttu (Tablo 3.4). Otuz cm<sup>2</sup> üzerinde defekti olan tüm hastalardan 4 tanesi otolog greft ile onarılmıştı. Dokuz hastada metil metakrilat veya polietilen kullanılmıştır.

42 hasta metil metakrilat, polietilen ve otolog greft ile opere edilerek defekt onarımı yapıldı. Bu hastaların 6 tanesi (%14,2) otolog greft kullanılarak opere edildi. Otolog flep kullanılan 6 hastanın 2 tanesi kitle nedeniyle opere edilmiş, patolojileri menengioma olarak raporlanmıştı. Bu hastalar otolog flep kullanılan hastalardan 1 tanesi epidural abse ve 1 tanesi yara yeri akıntısı nedeniyle revizyona giderek ilk bir yıl içinde yeniden opere edildi ve otolog greft çıkarıldı.

Diğer implant materyali kullanılan 42 hastanın 7 tanesi (%16,6) metil metakrilatla opere edildi. Bu hastaların 1 tanesi greftin hareketli olması ve dislokasyon nedeniyle, 1 tanesi şekil bozukluğu nedeniyle yeniden opere edildi ve greft çıkarıldı.

Kırk iki hastanın 29 tanesi (%69) polietilen ile opere edildi. Sekiz hastada revizyona gidildi. Bu hastaların 7 tanesi yara yeri akıntısı, cilt defekt oluşumu ve enfeksiyon tablosu nedeniyle opere edilerek greftler çıkarıldı. Bir tanesi greft altında hematoma birikmesi sonrası greft drenaj amaçlı çıkarıldı.

Diğer implant materyali kullanılarak yapılan kranioplastilerde enfeksiyon oranı %19 olarak saptandı. En fazla enfeksiyon oranı polietilen grupta görüldü. Yirmi dokuz hastanın 7 (%24,1) tanesinde enfeksiyon görüldü ve revizyona gidildi.

Titanyum kranioplasti yapılan 36 hastanın sadece 1 tanesinde (%2,8) enfeksiyon görüldü.

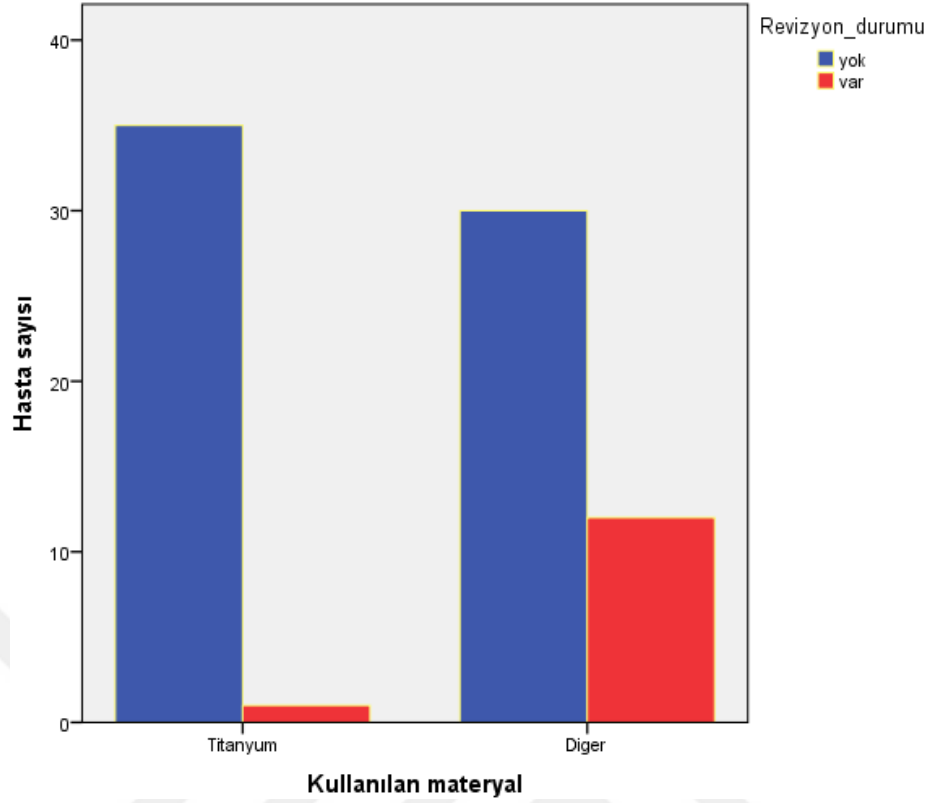


**Tablo 3.5.** Kranioplasti ameliyatlarının kullanılan materyale, lokalizasyona, kranioplasti zamanlamasına, defekt alanına, revizyon durumu ve revizyon nedenine göre dağılımı

		Titanyum		Diğer		P değeri
		n	%	n	%	
Lokalizasyon	Frontal	25	69,4	24	57,1	0,262
	Temporal	15	41,7	11	26,2	0,148
	Paryetal	21	58,3	24	57,1	0,916
	Oksipital	1	2,8	4	9,5	0,366
Kranioplasti zamanlaması	Peroperatif	6	16,7	18	42,9	0,158
	≤6	6	16,7	5	11,9	
	7-12	9	25,0	6	14,3	
	13-24	7	19,4	5	11,9	
	≥24	8	22,2	8	19,0	
Defekt alanı (cm <sup>2</sup> )	≤30	9	25	29	69,0	<b>0,001</b>
	31-60	12	33,3	6	14,3	
	61-90	8	22,2	3	7,1	
	91-120	6	16,7	1	2,4	
	≥121	1	2,8	3	7,1	
Revizyon durumu	Var	1	2,8	12	28,6	<b>0,002</b>
	Yok	35	97,2	30	71,4	
Revizyon nedeni	Yara yeri akıntısı veya cilt defekti	1	2,8	8	19	<b>0,024</b>
	Kit dislokasyonu	-	-	2	4,8	
	Flep altı hematoma, abse	-	-	2	4,8	
	Revizyon Yok	35	97,2	30	83,3	

Kranioplasti ameliyatlarında bir diğer önemli konu olan yerleştirilen titanyum, otolog greft, metil metakilat, gözenekli polietilen kitlerinin hastaya ve cildine zararlı olmaması, defekti tam kapatması ve revizyona gitmemesidir. Yara yeri akıntıları, oluşacak cilt defektleri, bunlara bağlı veya farklı bir sebepten oluşan enfeksiyon tablosu, ayrıca konulan materyalin dislokasyonu hastanın morbiditesini ve hastanede kalış süresini arttırmaktadır. Hem maliyet artmakta hemde hastanenin iş yükünü arttırmaktadır.

Revizyon durumu araştırılırken Ki-kare testi kullanılarak P değeri 0,002 bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



**Şekil 3.3.** Kullanılan materyallere göre revizyon durumunun dağılımı

Kranioplasti yapılmış 78 hastadan 13 tanesinde (%16,7) revizyon mevcut olup bunlar kitin çıkarılması veya kitin düzeltilmesi şeklinde sonuçlanmıştır. Bu revizyonun 1 tanesi titanyum kullanılan hasta iken 12 tanesi diğer materyallerle opere edilen hastalarda revize edilmiştir (Şekil 3.3).

Revizyon nedeni araştırılırken Ki-kare testi kullanılarak P değeri 0,024 bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur

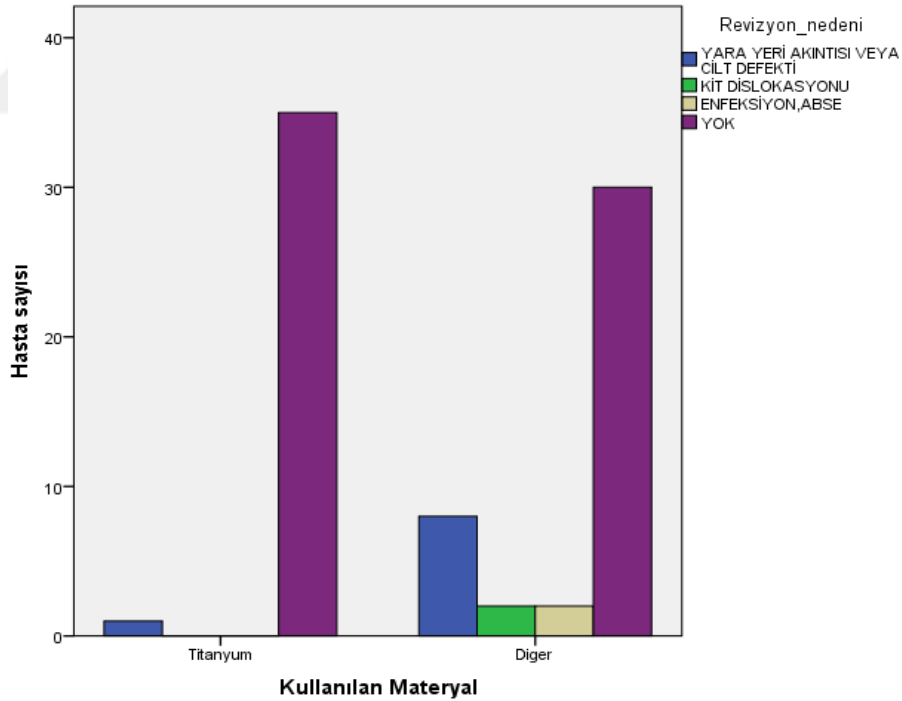
Bizim çalışmamızda 36 titanyum kranioplasti kiti ile opere edilmiş hastalardan sadece 1 tanesi (%2,8) titanyum kitin takılmasını müteakiben 7 ay sonra yara yeri akıntısı ile başvurdu (Tablo 3.5). Altmış yedi yaşında erkek olan hastaya kit takılmadan 14 ay önce iskemik SVO nedeniyle dekompresif cerrahi yapılmış. Hastanın akıntısı antibiyoterapi kullanımına rağmen geçmedi, antibiyoterapi öncesi kan tablosunda sedimentasyon ve CRP yüksekliği mevcuttu. Ancak antibiyoterapi sonrası kan tablosu normale indi. Akıntısı kesilen hastada 1 cm<sup>2</sup>'lik cilt defekti oluştu. Skalp derisinin incelmış

olması, hastanın ko-morbid diğer hastalıklarının bulunması nedeniyle titanyum kranioplasti kiti çıkarıldı. Hastanın toplamda hastanede kalış süresi 11 gündü.

Diğer kranioplasti materyalleri kullanılan 42 hastanın 8 tanesinde (%19) yara yeri akıntısı veya cilt defekti oluşmuş (Tablo 6). Bu 8 hastanın 1 tanesi otolog greft konulmuş menengioma nedeniyle opere edilmiş 80 yaşında bayan bir hastaydı. Diğer 7 hasta polietilen konulan hastalardı. Yara yeri akıntılarının başlaması en erken 2 ay ile 132 ay (11 yıl sonra) arasındaydı. Hastaların hastanede kalış süreleri 45 güne kadar uzamıştı.

Diğer kranioplasti kitleri ile opere edilmiş hastaların 2 tanesi (%4,8) kit dislokasyonu nedeniyle revizyona gitmiştir (Tablo 3.5). Bu 2 vakada da greft olarak metil metakrilat kullanılmıştır.

Enfeksiyon veya greft altı abse nedeniyle 2 hasta (%4,8) yeniden opere edilmiştir (Tablo 3.5). Bu iki hastanın 1 tanesi otolog kemik gefti diğeri otolog kemik flebi ile opere edilmişti.



**Şekil 3.4.** Kullanılan materyaller göre revizyon nedenlerinin dağılımı

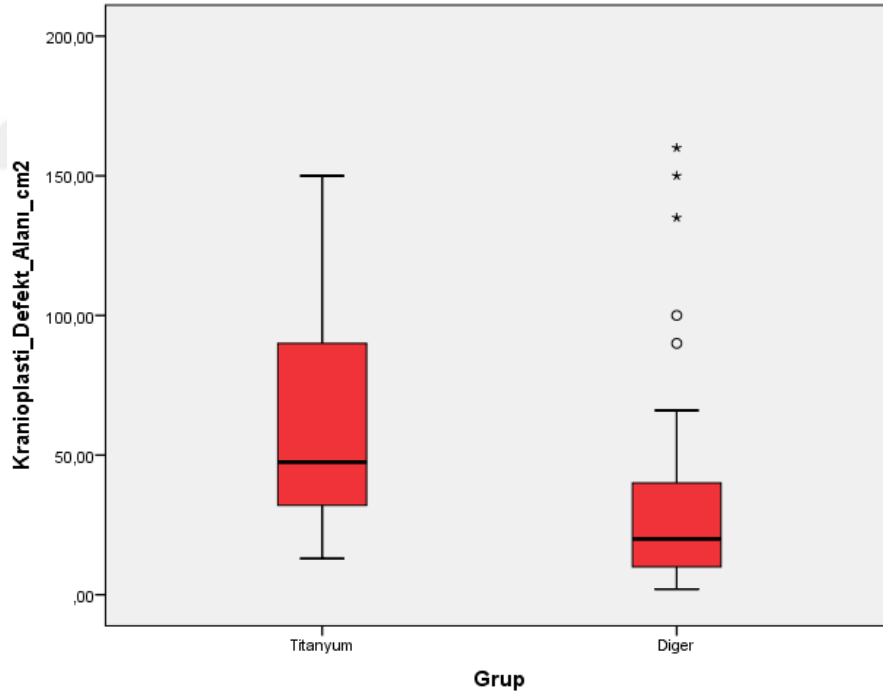
Lokalizasyon olarak kalvarium'u oluşturan frontal temporal oksipital ve paryetal kemiklerinin tutulumu tek tek değerlendirildi. Yetmiş sekiz hastanın 49

tanesinde (%62,8) frontal bölge etkilenmişti. Bunların 25 tanesi (%69,4) titanyum kranioplasti yapılanlarda, 24 tanesi (%57,1) diğer materyallerle kranioplasti ameliyatı yapılmış hastaydı. Ki-kare testi kullanılarak P değeri 0,262 olarak hesaplandı (Tablo 3.5).

Paryetal bölge tutulumu olan 45 hastanın (%57,7) mevcuttu. 21 hastanın (%58,3) defekti titanyumla, 24 hastanın (%57,1) defekti diğer materyallerle onarıldı. P değeri 0,916 olarak bulundu (Tablo 3.5).

Temporal bölge tutulumu olan 26 hasta (%33,3) mevcuttu. Bu hastaların 11 tanesi (%41,7) diğer materyallerle opere edilen, 15 tanesi (%26,2) titanyum kullanılan hastalardı. P değeri 0,148 olarak hesaplandı (Tablo 3.5).

Oksipital kemik tutulum olan 5 hastanın 1 tanesi titanyum ile diğer 4 tanesi otolog kemik ile opere edildi. P değeri hesaplanırken Fisher's Exact test kullanılarak P değeri 0,366 olarak bulundu (Tablo 3.5).



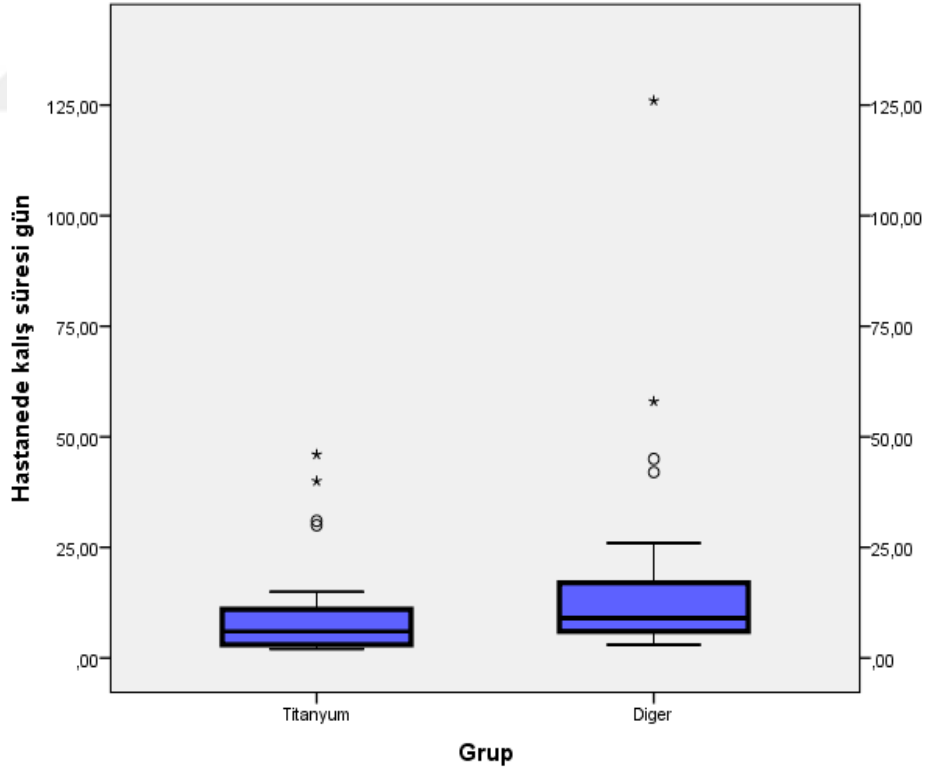
**Şekil 3.5.** Kranioplasti defekt alanlarının kullanılan materyallere göre dağılımı

Kraniektomi defekt alanlarını incelerken santimetrekare cinsinden hesaplandı. Titanyumla kranioplasti yapılmış hastaların minimum defekt alanı 13 cm<sup>2</sup>, maksimum defekt alanı 150 cm<sup>2</sup> olarak bulundu. Diğer materyallerle

kranioplasti yapılmış hastalarda ise minimum defekt alanı 2 cm<sup>2</sup>, maksimum değer 160 cm<sup>2</sup> olarak bulundu. Defekt alanları incelenirken Mann-Whitney testi kullanıldı ve P değeri 0,001 olarak istatistiksel anlamlı bulundu (Şekil 3.5).

Hastaların hastanede kalma sürelerini incelediğimizde ko-morbid hastalıkları olanlar olsa da genel olarak titanyum kullanılan 36 hastanın hastanede kalma süresi minimum 2 günken, maksimum 46 gün olmuştur. Ameliyat ve ameliyat sonrası takip süreleri kısa olmasına rağmen hastaların uzun süre hastanede kalmaları, ilk 4 hastada greft hazırlanma sürecinin uzaması nedeniyle olmuştur. Diğer materyallerle opere edilen olgularda hastanede kalma süreleri minimum 3 günken, maksimum 126 gün olarak bulunmuştur. Ko-morbid hastalıkların olması ve revizyonun titanyuma göre fazla olması nedeniyle hastanede kalma süreleri uzun bulunmuştur (Şekil 3.6).

Hastanede kalma süreleride Mann-Whitney testiyle incelenmiş ve P değeri 0,041 bulunmuş, farklılık istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



**Şekil 3.6.** Kullanılan kranioplasti materyallerine göre hastaların hastanede kalma sürelerinin dağılımı

## TARTIŞMA

Kranioplasti implantı seçerken implantın; kraniektomi defektine tam uyması, kozmetik açıdan hastayı tatmin etmesi gereklidir. Ayrıca enfeksiyona dirençli olması, radyolusent olması, şekil verilebilir olması, non-magnetik olması, ısı yalıtımının iyi olması (skalpten ve havadan alınan ısıyı beyne iletmemesi), ısı ile genişmemesi, iyonize olmaması, koroziv özellikte olmaması, stabil olması, biyolojik olarak parçalanmaması, kafatasının gösterdiği mekanik travmalara dayanıklılığının en az kafatası kemikleri kadar dayanıklı ve koruyucu olması, pahalı olmaması, kullanımı kolay olması ve sterilitede problem yaşatmaması gereklidir. Bu sebeplerden dolayı hastaya uygun implant seçimi son derece önemlidir.

Gelişen teknolojiye ve tüm sterilite kurallarına uyulmasına rağmen postoperatif enfeksiyon kranioplasti ameliyatları sonrasında en sık karşılaşılan komplikasyonların başında gelmektedir. Anderson ve arkadaşlarının 2015 yılında 167 hastada yaptığı derlemede kranioplasti ameliyatları sonrası %16,7 oranında komplikasyon görüldüğünü ve tüm materyallerde kranioplasti sonrası enfeksiyon görülme oranını %9,3 olarak bildirmiştir (46).

Literatüre baktığımızda değişik kranioplasti materyalleri ile yapılan ameliyatlardan sonrasi görülen enfeksiyon oranları birçok merkez tarafında bildirilmiştir.

Eun-Kyung Park ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları üç boyutlu yazıcı ile kişiye özel üretilen 21 titanyum kranioplasti olgusunu 24 ay kadar takip etmiş. Hiçbir hastada yara yeri problemi olmamış ve alınan postoperatif tomografilerinde kafatası simetrisinin korunduğu ve sabitlemenin yeterli olduğu görülmüş (47).

Kliniğimizde 36 hastaya METÜM tarafından 3 boyutlu yazıcı ile kişiye özel üretilen titanyum implantlar kullanılarak kranioplasti yapıldı. Tüm hastaların alınan kontrol postoperatif tomografilerinde simetrisinin korunduğu ve implantın defekti tam olarak kapattığı saptandı. Ameliyat sonrası takiplerinde Eun-Kyung Park ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadan farklı olarak 1 hastada enfeksiyon görüldü.

Ergin ve arkadaşları 1996 yılında yaptıkları 96 kranioplasti olgusunda otolog, homolog kemik ve akrilik kullanımı ve komplikasyonları açısından araştırmış. Otolog flebin en uygun kranioplasti materyali olduğunu ifade etmişlerdir. Toplamda 12 vakada enfeksiyon geliştiğini bunların 3 tanesinin akrilik, 6 tanesinin homolog kemik kullanılan, 3 tanesinin otolog kemik kullanılan hasta olduğunu ifade etmiştir (39).

Coulter ve arkadaşları 2014 yılındaki çalışmalarında titanyum kranioplastide enfeksiyon oranını %2,6-18,4 olarak belirtmiştir (53). Schoekler ve arkadaşları polieter eter keton (PEEK) kranioplasti sonrası enfeksiyon insidansı %8,3-22 olarak ifade etmiştir (54).

Franco ve Corrado'nun dekompresif kraniektomi sonrası PEEK ile titanyum kranioplasti olgularını karşılaştırmış. Kranioplasti sonrası genel literatür enfeksiyon oranını %10 olarak belirtmiştir. Archavlis ve arkadaşları kemik flebi ile kranioplastide enfeksiyon oranını %4,5-25,9 aralığında belirtmiştir (52).

Kliniğimizde Franco ve Archavlisin çalışmalarına benzer bir oran görülmüştür. Kliniğimizde kranioplasti yapılan 72 hastanın 9 tanesinde (%11,5) yara yeri enfeksiyonu görülmüştür. Otolog greft ile kranioplasti yapılan 6 hastanın 1 tanesinde (%16,6) yara yeri akıntısı ve cilt defekti görülmüş, 1 tanesinde (%16,6) epidural abse oluşmuştur. Polietilen kullanılarak yapılan 29 kranioplasti olgusunda 7 hastada (%24,1) enfeksiyon gelişmiştir. Bir hastada (%3,4) erken postoperatif dönemde epidural hematoma birikmesi sonrası revizyon yapılmıştır.

Klinger ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları çalışmada metil metakrilat kullanılarak yapılan kranioplasti sonrası enfeksiyon oranını %5,8-18,4 olarak bulmuştur (48).

Kliniğimizde Klinger ve arkadaşlarının aksine metil metakrilat ile kranioplasti yapılan 7 hastanın hiçbirisinde enfeksiyon görülmemiştir.

Ameliyat esnasında kemik sınırları ortaya kalsa bile implantın stabilizasyonu plak ve vidalarla yapılacaksa vidaların beyine penetrasyonu veya dura zedelenmesi sonrası intraserebral hematoma, epidural ve subdural hematoma görülebilmektedir.

Daniel ve arkadaşlarının 2013'de yaptıkları 282 hastalık çalışmada otolog ve akrilik kranioplastilerdeki komplikasyonlar araştırılmıştır. Dokuz hastada epidural hematoma görüldüğü belirtilmiştir (48).

Kliniğimizde titanyum implantın hazırlığında implant etrafında kemiğe stabilize edilecek vidaların boyutlarında kişinin kemik kalınlığı ile hesaplanmaktadır. Böylece Daniel ve arkadaşlarının aksine hiçbir titanyum kranioplastili hastada epidural, subdural veya intraserebral hematoma benzeri komplikasyon görülmemiştir. Polietilen kullanılarak kranioplasti yapılan hastaların 1 tanesinde epidural hematoma görülmüştür.

Birmingham üniversite hastaneleri tarafından 2014 yılında yapılmış çalışmada 27 pediyatrik hastada titanyum kranioplasti yapılmış. 11 hasta travma, 5 hasta kalvaryal re-modelling, 4 hasta tümör rezeksiyonu ve 3 hasta konjenital defektliymiş. İntraoperatif komplikasyon olmazken 1 hastada postoperatif dönemde enfeksiyon görülmüş. Titanyum implant takılanlar 4 yıl süreyle takip edilmiş ve hiçbir hastada revizyon yapılmamış. Titanyumun hızlı, etkili ve ucuz olması ile tercih sebebi olduğunu ifade etmişlerdir (49).

Kliniğimizde de yaptığımız çalışmamızda titanyum kranioplastide 36 hastanın sadece 1 tanesinde (%2,7) revizyon gerekmiştir. Diğer implantlara göre revizyon oranı en az olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p=0,002$ ). Ayrıca 3 boyutlu yazıcı ile üretilen hastaya özel titanyum implantlar ameliyat öncesi planlandığı için ameliyat süresini kısaltmış, kozmetik kaygıları tamamen gidermiştir.

Dorothee ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmada iskemik beyin hasarı ve travmatik beyin hasarı sonrası dekompresif hemikraniyektomi ve duraplasti yapılmış 136 hastanın kranioplasti sonrası komplikasyonları ve hasta kliniği ile ilişkisini çalışmışlar. Kırk bir hastada kemik flebinin re-implantasyonunda erken veya geç komplikasyonlar ortaya çıkmış. Kemik flebin rezorbe olmuş olması ve yara yeri akıntıları ortaya çıkmış. Erken kranioplasti yapılan hastalar, geç kranioplasti yapılanlara göre daha fonksiyonel iyileşme katettiklerini istatistiksel olarak anlamlı bulduklarını ifade etmiştir (50).



Yara yeri enfeksiyonu, cilt defekti, implanta karşı kimyasal reaksiyon, implantın defekti tam doldurmaması, flebin çökmesi, implantın kırılması veya şeklinin değişmesi, otolog greftin rezorbe olması, greftin hareketli olması, koroziv etkiyle beyinde ve ciltte reaksiyonlara sebep olması, hidrosefali, defekt altında hematoma veya abse oluşumu, sepsis ve hatta ölümlerle sonuçlanacak komplikasyonlar görülebilmektedir.

Anastasia ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptıkları sistemik literatür derlemesinde erken veya geç kranioplasti ile zamanlamayı ve hastanede kalış süreleri ile maliyetiyle ilgili çalışma yapmışlar. On klinik seri çalışmada kriter kabul edilmiş. Dekompresif kraniektomi sonrası yapılan kranioplasti için gözlenen komplikasyon oranı ihmal edilemediği ifade etmiştir. Erken kranioplastide geç kranioplastiye göre daha fazla komplikasyon görüldüğü ifade etmiştir. Erken kranioplastinin BOS dinamiklerini arttırdığı, bölgesel serebral perfüzyonu ve metabolizmasını arttırdığını, kafa derisinin kraniektomi sahasına doğru çökmesiyle oluşabilecek komplikasyonları azalttığı böylece hastanede kalış süresinin kısaldığını ve tüm bakım maliyetlerinin azaldığını ifade etmiştir (51).

Kliniğimizde Anastasia ve arkadaşlarının aksine titanyum ile kranioplasti yapılan hastaların erken veya geç kranioplasti zamanlamasına bakılmaksızın diğer implantlara göre hastanede kalış sürelerinin kısa olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p=0,041$ ).

Bifrontal kranioplastide, monolateral kranioplastiye göre enfeksiyon oranı artmış olarak belirtilmiştir. Bu frontal sinüs açılmasına veya insizyonun uzamasına bağlanmıştır. Erken veya geç kranioplastide komplikasyonlar açısından farklı görüşlerin olduğunu ancak ortak görüşün enfeksiyon tablosunun yok olması veya beyin ödeminin çözülmesi sonrası biran önce kranioplasti yapmanın hastaya fayda sağlayacağını belirtmiştir. Hastanın beyinin atfosmerik basınç farklılıklarından korunmasını, BOS dolaşım dinamiğinin sağlanmasını ve hastanın kozmetik kaygısını yenmesini ve yeniden güvenli hissetmesini sağlayacaktır (55).

Kranioplasti zamanlaması beyin cerrahları arasında en fazla tartışılan konular arasındadır. Erken veya geç dönem kranioplastinin avantajları veya dezavantajları olabilir.

Hao Xu ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları sistemik derlemede erken ve geç kranioplastide komplikasyonları incelemiş, erken kranioplastinin ameliyat zamanını kısalttığını, ancak komplikasyon riskini özellikle hidrosefali riskini arttırdığını ifade etmiştir (56).

Kliniğimizde titanyum implant ile erken dönem kranioplasti (ilk 6 ay) yapılan hasta sayısı 12'dir. Altı hastaya ameliyat sırasında kraniektomiden hemen sonra implant takılmıştır. İlk 1 senede 15 hastaya titanyum implant takılmıştır. Hao Xu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzer hiçbir hastada komplikasyon gelişmemiştir.

L.R. Williams'ın 2014 yılında yayınladığı 151 kişiye özel titanyum kranioplastili hastaların erken ve geç komplikasyonlarını bildirmiştir. Erken komplikasyonlar arasında hematoma 4 hastada, kranioplasti implantının çıkarılması 1 hastada, ameliyat sahasının enfeksiyonu 1 hastada, seroma 1 hastada, ölüm 1 hastada, sepsis 1 hastada ve 1 hastada da implantın uymaması ile sonuçlanmış. Geç komplikasyonlar arasında 22 hastada seroma oluşumu, 1 hastada hematoma ve 6 hastada enfeksiyon oluşmuş. Kişiyeye özel tasarlanan titanyumun defekte tam uyum sağladığını, hasta memnuniyetini arttırdığını ifade etmiş. Uzun dönemde titanyum kranioplasti uygulanan hastalarda %4 komplikasyon gelişmiş ve bu da diğer tüm kranioplasti implant ve greftlerden daha fazla avantajlı olduğunu gösterdiğini ifade etmiştir (57).

Kliniğimizde de L.R. Williams'ın belirttiği gibi titanyum kranioplasti uyguladığımız hastalarda diğer implantlara oranla daha az komplikasyon görülmüş, hastanede kalış süreleri, bakım masrafları, revizyon oranı açısından diğer implantlardan daha avantajlı olduğu görülmüştür. İmplantın maliyeti değerlendirildiğinde seçilecek kranioplasti implantının maliyeti aslında artsa da hastanede kalış süresinin uzaması, ameliyat süresinin uzaması, yapılan ameliyat sayısı (reoperasyonlar) ve hastanede bakım hizmetlerinin uzaması hastaya mali açıdan daha fazla yük oluşturmaktadır.

Zhi Yang ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları 24 hastalık çalışmalarında hazır PEEK implantlar ile titanyum mesh (akrilik-titanyum veya yalnız titanyum mesh) kranioplastilerinin karşılaştırmasını yapmıştır. Dört titanyum meshli (Ti-only) hastada ve 3 titanyum-akrilik (Ti-AC) implantta yara yeri problemleri ve implantın kırılması görüldüğünü ifade etmiştir. Erken dönem bulgularının PEEK implantın Ti-only veya Ti-AC den daha avantajı olduğunu ifade etmiştir (58).

Günümüz teknolojisinde 3 boyutlu yazıcıların kullanımının artması kişiye özel (custom-made) implantların üretilmesine olanak sağlar. İmplantın ameliyat öncesi hazır olması, kranioplasti ameliyat süresini kısaltır. Kliniğimizde kullanılan titanyum implantların komplikasyon oranının az olması titanyumun kliniğimizce tercih nedenidir. Kranioplasti zamanlaması; hastanın nörolojik, metabolik ve ruhsal açıdan değerlendirmelerinin yapılarak, yara yeri ile defekt açısından uygun zamanın beklemesi ile doğru zamanda, doğru implantla planlanabilir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmaya dahil edilen hasta sayısı 78'dir. Kranioplasti yapılan hastaların 64 tanesi erkek, 14 tanesi kadındır. Kranioplasti yapılan hastaların minimum-maksimum yaş değerleri 12-80'dir. Tüm hastalarda ortalama yaş  $34\pm 16$ 'dır.

Titanyum kullanılarak kranioplasti yapılmış olan hastaların sayısı 36'dır. Titanyum kranioplasti yapılanlardan 31 tanesi erkek, 5 tanesi kadın hastadır.

Polietilen, metil metakrilat, otolog greft kullanılarak kranioplasti yapılan hasta sayısı 42'dir. Polietilen implant kullanılan hasta sayısı 29'dur. Metil metakrilat implant kullanılan hasta sayısı 7, otolog greft kullanılarak kranioplasti yapılan hasta sayısı 6'dır. Titanyum dışı kranioplasti yapılmış bu grup hastaların 9 tanesi kadın, 33 tanesi erkektir.

Titanyum kullanılan hastalarda ortalama yaş  $33\pm 17$ 'dir.

Titanyum dışı kranioplasti yapılmış hastalarda ortalama yaş  $35\pm 16$ 'dir.

Her iki kranioplasti grubunda da en fazla kranioplasti yapılan yaş aralığı 21-30'dur.

Titanyum kranioplasti olgularında defekt alanı olarak en fazla hasta sayısı 31-60 cm<sup>2</sup> aralığında en büyük defekt 150 cm<sup>2</sup> 'idi.

Titanyum dışı materyallerle kranioplasti yapılmış hastalarda en fazla hasta sayısı 30 cm<sup>2</sup> aralığında ve en büyük defekt alanı 160 cm<sup>2</sup> idi.

Kranioplasti zamanlaması değerlendirildiğinde titanyum implant ile erken dönem kranioplasti (ilk 6 ay) yapılan hasta sayısı 12'dir. Altı hastaya ameliyat sırasında kraniektomiden hemen sonra implant takılmıştır. İlk 1 senede 15 hastaya titanyum implant takılmıştır. Hiçbir hastada komplikasyon gelişmemiştir.

Toplamda 36 hastaya titanyum implant takılmış, cilt defekti ve yara yeri enfeksiyonu nedeniyle 1 hastanın implantı çıkarılmıştır. Bu hastaya kraniektomi sonrası 14. ayında titanyum takılmış 4. ayda komplikasyon görülmüştür. Bu hastanın defekt alanı 110 cm<sup>2</sup>'dir. İskemik SVO nedeniyle dekompresif kraniektomi yapılmış hastanın yaşı 67'dir. Bu hasta antidiyabetik, antihipertansif ve iskemik SVO sonrası antiagregan kullanıyordu. Bu hastanın

yara sürüntü kültüründe Staphylococcus aureus (MSSA) üremiştir. Buna yönelik antibiyoterapi almış (Kotrimaksazol duyarlı raporlanmış), antibiyoterapiden de fayda görmüştür. Ancak cilt defektinin olması, hastanın 3 aylık izleminde defektin büyümesi (2 cm<sup>2</sup>) sonrası hastanın implantı çıkarılmıştır.

Diğer implant materyalleri kullanılan toplam 42 hastanın 12'sinde komplikasyon gelişmiştir. Bu komplikasyonlardan 8 tanesi yara yeri enfeksiyonu ve cilt defekti, 2 tanesi kit dislokasyonu, 2 tanesi implant altında abse ve hematoma birikmesidir. Yara yeri enfeksiyonu ve cilt defekti ile başvuran hastaların 7 tanesi polietilen, 1 tanesi otolog kemik grefti ile kranioplasti ameliyatı yapılmış hastalardı. İmplant dislokasyonu görülen hastaların ikisinde metil metakrilat ile kranioplasti yapılmış hastaydı. Komplikasyon gelişen hastaların defekt alanları minimum maksimum değeri 11-100 cm<sup>2</sup> arasındadır.

Hastalarda defektin lokalizasyonu her iki grupta da en fazla frontal ve paryetal yerleşimliydi.

Titanyum kranioplasti yapılan olgularda ortalama defekt alanı 60,4±33,2 cm<sup>2</sup> dir.

Titanyum dışı implant kullanılan kranioplastili olgularda ortalama defekt alanı 34±39,2 cm<sup>2</sup> dir.

Titanyum implantlı hastalar ile titanyum dışı kranioplasti yapılan hastaların defekt alanı büyüklükleri karşılaştırıldığında titanyumlu hastaların kafatası defekt alanlarının ortalaması daha yüksek bulunmuştur. Bu da istatistiksel olarak anlamlıdır.

İmplantın herhangi bir komplikasyonu sonrası re-operasyonu ve revizyonu da titanyum kranioplasti olgularında titanyum dışı implantlara göre daha azdır. Bu da istatistiksel olarak anlamlıdır.

Re-operasyon ve revizyon nedenine bakıldığında yara yeri enfeksiyonu ve cilt defekti, kit dislokasyonu, implant altında abse ve hematoma birikmesi titanyum dışı implant ile kranioplasti olgularında görülmüştür. Titanyumda doku uyumluluğunun fazla olması, vida boylarının ameliyat öncesi hesaplanması

nedeniyle daha az görülmüş ve verilerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Hastanede kalma süreleri her iki grupta değerlendirilmiş ve titanyum kranioplasti uygulananlarda sürenin daha az olduğu görülmüştür. Bu da verilerimizde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Titanyum kranioplastili hastaların defekt alanı oranının daha fazla olmasına rağmen komplikasyon görülme oranı ve hastanede kalma süreleri daha azdır. Bunun sebebi ameliyat öncesi planlama yapılması, defekti tam kapatma implant ile kozmetik kaygıların giderilmesi, komplikasyonların görülmemesidir. Re-operasyon olmadığı için hastanın stres durumu en aza indirgenmiş, hastalar mutlu ayrılmış ve maliyet düşürülmüştür.

Günümüz teknolojisi ile ideal implantı seçerken kitin kraniektomi defektine tam uyması, simetrik olması, defekti tamamen kapatması ve estetik görünümü sağlaması, kozmetik açıdan hastayı tatmin etmesi gerekliliği titanyum kranioplasti olgularında tam olarak sağlanmıştır.

Enfeksiyondan korunmak için steriliteye özen gösterilmeli, ameliyathane şartlarında defekt alanı gördükten sonra implant steril poşetinden açılmalı, eğer şekillendirme ameliyathane şartlarında yapılacaksa ikinci bir eldiven giyilmeli, yumuşak doku ve beyinden uzak çalışılmalıdır. Kullanılacak implantın sekonder enfeksiyona dirençli olması gereklidir. Kliniğimizde polietilen kullanılan hastalarda daha fazla enfeksiyon görülmüştür. Titanyum ise en az enfeksiyon oranına sahiptir.

Hastanın defektine uygun ameliyat öncesi planlama ile hastaya özel titanyum kranioplasti kiti üretildiği için ameliyat süresi diğer tüm implantlara göre belirgin azalmıştır. METÜM tarafından üretilen implantın stabilizasyonu için gerekli vida boyları ameliyat öncesi hesaplandığı için hiçbir hastada vida malpozisyonu, beyne ve duraya penetrasyon veya implant altı hematoma oluşmamıştır.

Kliniğimizde kullanılan ve METÜM mühendisleri tarafından 3 boyutlu yazıcıyla kişiye özel üretilen Ti-6Al-4V alaşımlı titanyum implant non-magnetiktir ve ısı yalıtımını iyidir, (skalpten ve havadan alınan ısıyı beyne iletmemesi), ısı ile genişmez ve iyonize olmaz. Pasif oksit film tabakası

(öncelikle TiO<sub>2</sub>) titanyum ve alaşımlarının yüzeyini korur. Bu kararlı ve yapışık pasif oksit film tabakası titanyum alaşımlarını aşınma korozyonuna, taneler arası korozyona ve çatlak korozyonuna karşıda koruduğu için titanyum alaşımlarının mükemmel biyouyumluluğa sahip olmasını sağlar. Koroziv özellikte olmadığı için yumuşak dokuda veya ciltte sekonder reaksiyona neden olmaz. Titanyum ve titanyum alaşımları kemiğin elastikiyet modülüne (10-30 GPa) en yakın metalik biyo-malzemelerdendir. Titanyumun stabil olması, biyolojik olarak parçalanmaması, kafatasının gösterdiği mekanik travmalara dayanıklılığının en az kafatası kemikleri kadar olması ve koruyucu olması nedeniyle diğer implantlardan daha ön planda bulunmaktadır.

Tümörlü olgularda üretilen kılavuz (guide) yardımıyla tümörün kemik üzerindeki izdüşümü çizilerek ameliyat esnasında hem tümör total olarak eksize edilebilir hem de kılavuz (guide)'a uygun implant birebir oluşan defekti kapatabilir.

Ameliyat öncesi üretilen plastik modellerle ameliyat planlaması yapılır böylece anatomik yapılar tam anlamıyla korunmuş olur.

Titanyumun bir dezavantajı radyolusent olmamasıdır. Ancak günümüz bilgisayarlı tomografi ve MRG cihazlarında çekim sonrası artefaktlar silinebilmektedir.

Titanyumun bir diğer dezavantajı olarak sayılabilecek şey diğer implantlardan biraz daha pahalı olmasıdır. Ancak hastaların re-operasyonları, ameliyat esnasında kaybedilen zaman, hastanın re-operasyonlar sırasında girdiği stres, hastanede kalış süresinin uzaması, sekonder enfeksiyonlar, kullanılan ilaç maliyetleri ve hasta bakım ücretleri ile kıyaslandığında riske girilmeyecek kadar az komplikasyona sahip olduğundan en ucuz maliyete sahiptir.

## KAYNAKLAR

- 1) Sekerci Z., Çolpan E: Kranioplastiler, Temel Nöroşirurji kitabı 1, 22: 246-257, 2010
- 2) Aydın S ve ark.: Cranioplasty: Review of material and techniques Journal of Neuroscience in Rural Practice, sf 162-167, Vol 2, 2011
- 3) Repairing Holes in the Head: A History of Cranioplasty Sanan, Abhay MD; Haines, Stephen J. MD
- 4) Asenjo A: Neurosurgical Techniques. Springfield, Charles C Thomas, 1963
- 5) Reeves dl; Kranioplasty.Springfield.Charles C Thomas,1950
- 6) Meekeren J: Observationes Medico-Chirurgicae.,amsterdam,Ex Officina Henrici&Vidnae Theodori Boom.,1682
- 7) Macewen W: Illustrative cases of cerebral surgery. Lancet 1: 881-883, 934-936, 1885
- 8) Burrell HL: The reimplantation of a trephine button of bone. Boston Med Surg J 118:313-314, 1888
- 9) Wagner W: Die temporäre Resektion des Schädeldaches an Stelle der Trepanation. Zentralbl Chir 47: 833-839, 1889
- 10) Seydel: Kleinere Mittheilungen. Zentralbl Chir 16: 209-211, 1889
- 11) Müller W: Zur Frage der temporären Schädelresektion an Stelle der Trepanation. Zentralbl Chir 4: 65-66, 1890
- 12) Dobrotworski WJ: Die Rippen als Material zur Knochenautoplastik. Zentralbl Chir 32: 1081-1083, 1911
- 13) Röpke W: Zur Frage der Deckung von Schädeldefekten. Zentralbl Chir 35: 1192-1194, 1912
- 14) Morestin H: Les transplantations cartilagineuses dans la chirurgie réparatrice. Soc Chir Bull Mem 41: 1994-2046, 1915



- 15) Sicard D: Résultats éloignés des cranioplasties par homoplaque osseuse crânienne. Rev Neurol 25: 517-518, 1919
- 16) Booth JA, Curtis BF: Report of a case of tumor of the left frontal lobe of the cerebrum: Operation-Recovery. Ann Surg 17: 128-139, 1893
- 17) Gerster AG: Heteroplasty for defect of skull. Trans Am Surg Assoc 13: 485-486, 1895
- 18) Mauclair P: Breche crânienne restaurée par la prothèse métallique. Soc Chir Bull Mem 34: 232, 1908
- 19) Cornioly C: A propos de cranioplastie. Rev Med Suisse Romande 49: 677-693, 1929
- 20) Geib FW: Vitallium skull plates. JAMA 117:8-12, 1941
- 21) Fulcher OH: Tantalum as a metallic implant to repair cranial defects. JAMA 121:931-933, 1943
- 22) Woolf JI, Walker AE: Cranioplasty: Collective review. Int Abs Surg 81: 1-23, 1945
- 23) Spence WT: Form-fitting plastic cranioplasty. J Neurosurg 11: 219-225, 1954
- 24) Malis LI: Titanium mesh and acrylic cranioplasty. Neurosurgery 25: 351-355, 1989
- 25) Busch E, Bing J, Hansen EH: Gelatine and polyethylene film as dura substitutes and polyethylene plates as bone substitute in skull defects. Acta Chir Scand 97: 410-416, 1949
- 26) Liu JK, ON Gottfried ve ark: Porous polyethylene implant for cranioplasty and skull base reconstruction. Neurosurg Focus 16: Clinical Pearl 1, 2004
- 27) Klawitter JJ, Bagwell JG, Weinstein AM, ve ark: An evaluation of bone growth into porous high density polyethylene. J Biomed Mater Res 10: 311-323, 1976

- 28) Kobayashi S, Hideaki H, Okudera H, Takemae T, Sugita K: Usefulness of ceramic implants in neurosurgery, *Neurosurgery* 21: 751-755, 1987
- 29) Roux FX, Brasnu D, Loty B, George B, Guillemin G: Madreporic coral: A new bone graft substitute for cranial surgery. *J Neurosurg* 69: 510-513, 1988
- 30) Boldrey E: Stainless steel wire-mesh in the repair of small cranial defects. *Ann Surg* 121:821-825, 1945
- 31) Yıldırım N: Alâim-i Cerrâhîn üzerine bazı yeni bilgiler. I. Uluslararası Türk-İslam bilim ve teknoloji tarihi kongresi, İTÜ 14-18 Eylül 1981, cilt 2, İstanbul, 1981: 169-181
- 32) Westermann CWJ: Zur Methodik der Deckung von Schädeldefekten. *Zentralbl Chir* 43: 113-115, 1916
- 33) Ray BS, Parsons H: The replacement of free bone plates in routine craniotomies. *J Neurosurg* 4: 299-308, 1947
- 34) Kreider GN: Repair of cranial defect by new method. *JAMA* 74: 1024, 1920
- 35) Wang RR, Fenton A. Titanium for prosthodontic applications: a review of the literature. *Quintessence Int* 1996; 27: 401-408
- 36) Simpson D: Titanium in cranioplasty. *J Neurosurg* 22: 292-293, 1965
- 37) Mark JJ, Waqar A. Surface Engineered Surgical Tools and Medical Devices. New York: Springer,2007: 533-576
- 38) Lautenschlager EP, Monaghan P. Titanium and titanium alloys as dental materials. *Int Dent J* 1993;43: 245-253
- 39) Ergin N, Kadiođlu HH: Kraniyal Defektlerinin Onarımında Akrilik, Otolog ve Homolog Kemik Greftlerin Kullanımı, *Türk Nöroşir Derg* 6: 24 - 27, 1996
- 40) Bullock MR, Chestnut RM, Clifton G, Ghajar RP, Young HF, Marion DW, Narayan RK: Management and prognosis of severe traumatic brain

injury. Part I: Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. J Neurotrauma 17: 449-453, 2000

- 41) Cooper D, Rosenfeld J, Murray L, Arabi YM, Davies AR, D'Urso P, Kossmann T, Ponsford J, Seppelt I, Reilly P, Wolfe R: Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury. N Engl, J Med 364:1493-1502, 2011.
- 42) Matsuno A, Tanaka H, Iwamuro H, Takanashi S, Miyawaki S, Nakashima M, Nakaguchi H, Nagashima T: Analyses of the factors influencing bone graft infection after delayed cranioplasty. Acta Neurochir (Wien) 48: 535-540, 2006
- 43) Badie B. Preston j.K., Harting, G.K. Use of Titanium mesh for reconstruction of large anterior cranial base defects, J. Neurosurg. 93:711-714,2000
- 44) Beşergil B: Termoplastikler/ Mühendislik plastikleri syf:6. Celal Bayar Üniversitesi  
([http://www.bayar.edu.tr/besergil/7\\_muhendislik\\_plastikleri.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/7_muhendislik_plastikleri.pdf))
- 45) Piskis S, Goldstein J: Potential neurotoxic effects of polymethylmethacrylate during cranioplasty. J Clin Neurosci: 22 139–143,2015
- 46) Tsang AC, Hui VK ve ark.: Complication of post-craniectomy cranioplasty: Risk Factors analysis and implications for treatment planning. J Clin Neurosci 22, 834-837, 2015
- 47) Park EK, Lim JY ve ark.: Cranioplasty Enhanced by Three Dimensional Printing: Custom-Made Three Dimensional-Printed Titanium Implants for Skull Defects, The Journal of Craniofacial Surgery, 2016
- 48) Klinger DR, Madden C ve ark.: Autologous and Acrylic Cranioplasty: A Review of 10 Years and 258 Cases, World Neurosurg 82 [3/4]: e525-e530, 2014

- 49) Venugopal A ve ark.: Titanium in pediatric cranioplasty-Birmingham experience, *British journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 52,e49,17th abstract,2014
- 50) Wachter D, Reineke K ve ark: Cranioplasty after decompressive hemicraniectomy: Underestimated surgery-associated complications?, *Clin Neurol Neurosurg* 115, 1293 –1297,2013
- 51) Tasiou A, Vagkopoulos K, ve ark: Cranioplasty optimal timing in cases of decompressive craniectomy after severe head injury: a systematic literature review, *Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management*:1, 107–111, 2014
- 52) Archavlis E, Carvi Y, Nieves M: The impact of timing of cranioplasty in patients with large cranial defects after decompressive hemicraniectomy. *Acta Neurochir (Wien)* 154: 1055-1062, 2012
- 53) Coulter IC, Pesic-Smith JD, Cato-Addison WB, Khan SA, Thompson D, Jenkins AJ, Strachan RD, Mukerji N: Routine but risky: a multi-centre analysis of the outcomes of cranioplasty in the Northeast of England. *Acta Neurochir (Wien)* 156: 1361-1368, 2014
- 54) Schoekler B, Trummer M: Prediction parameters of bone flap resorption following cranioplasty with autologous bone. *Clin Neurol Neurosurg* 120: 64-67, 2014.
- 55) Servadei F, Laccarino C: The Therapeutic Cranioplasty Still Needs an Ideal Material and Surgical Timing, *World Neurosurg* 83 [2]: 133-135, 2015
- 56) Xu H ve ark: Early cranioplasty vs. late cranioplasty for the treatment of cranial defect: A systematic review. *Clin Neurol Neurosurg* 136, 33–40, 2015
- 57) Williams LR, Fan KF, Bentley RP: Custom-made titanium cranioplasty: early and late complications of 151 cranioplasties and review of the literature. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015; 44: 599–608

- 58) Ng ZY, Ang WJJ ve ark: Computer-Designed Polyetheretherketone Implants Versus Titanium Mesh ( $\pm$ Acrylic Cement) in Alloplastic Cranioplasty: A Retrospective Single-Surgeon, Single-Center Study, The Journal of Craniofacial Surgery: 25/2, e185-e189,2014

