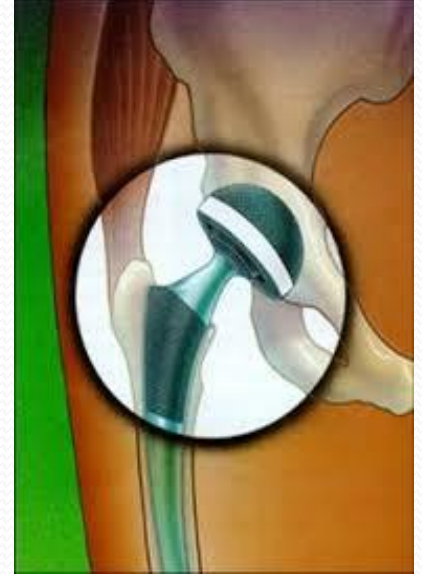




Biyomalzemeler ve implantlar

- Vücudun zarar gören veya işlevini yitiren doku veya organının işlevlerini kısmi veya tamamen yerine getirmek üzere tasarlanmış sentetik veya işlenmiş doğal maddelerin tümüne **biyomalzeme** denir.

- Biyomalzemelerin en önemli özelliği biyolojik ortamda özelliklerinin bozulmadan devamlılığının sürdürülebilmesidir



- Geçici veya daimi, dahili veya harici olarak, tedavi ve onarım gibi amaçlarla vücuda dahil edilen malzemeler **implant malzemeleri** olarak adlandırılır.
- **İdeal bir implantın** yumuşak dokular tarafından fiziksel olarak etkilenmemesi, yabancı cisim reaksiyonuna, enflamasyona, alerji ve hipersensitiviteye neden olmaması, kimyasal olarak inert olması, karsinojenik olmaması, yapısını ve devamlılığını koruyabilmesi, istenilen şekli alabilmesi, sterilize edilebilmesi ve yeterli mekanik özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- Biyomalzeme kullanımı,tarihin çok eski zamanlarına kadar uzanmaktadır.
- Mısır mumyalarında bulunan yapay göz, burun ve dişler bunun en güzel kanıtıdır.
- Bronz ve bakır kemik protezleri kullanılmıştır.
- İlk metal malzeme , “Vanadyum Çeliği” olup kemik kırıklarında plaka ve vida olarak kullanılmıştır.

- Son 30 yılda 40'ı aşkın metal, seramik ve polimer, vücudun 40'dan fazla değişik parçasının onarımı ve yenilenmesi için kullanıldı.



Çelik-Titanyum Alaşımı Fibula Kırık Tedavisi

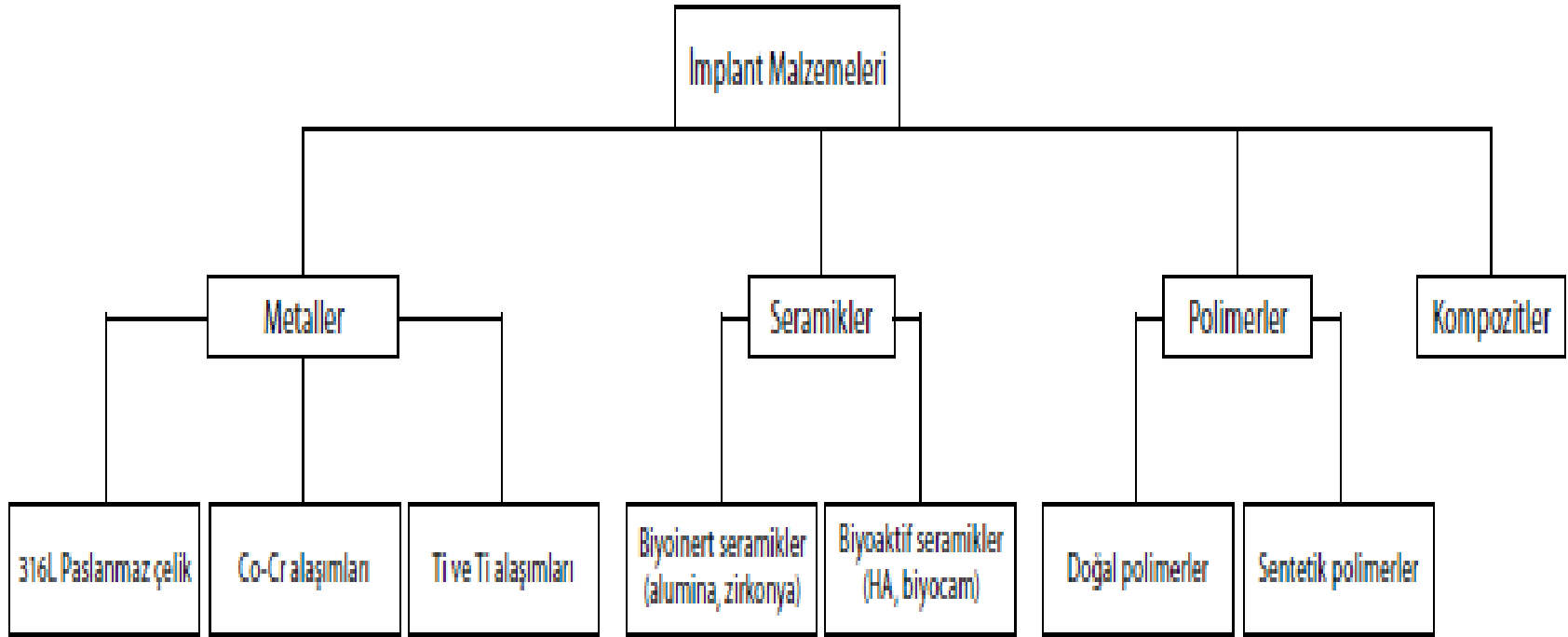


Biyouyumluluk: Kedisini çevreleyen dokuların normal değişimlerine engel olmayan ve dokuda istenmeyen tepkiler (iltihap,pıhtı vb.) oluşturmeyen malzemelerdir.Kısaca vücut ile uyuşabilirliktir.



UYGULAMA ALANI	MALZEME TÜRÜ
İskelet Sistemi Eklemler Kırık kemik uçlarını tespitte kullanılan ince metal levhalar Kemik dolgu maddesi Kemikte oluşan şekil bozukluklarının tedavisinde Yapay tendon ve bağlar Diş implantları	 Titanyum, Titanyum-Alüminyum-Vanadyum alaşımları Paslanmaz çelik, kobalt-krom alaşımları Poli (metil metakrilat) (PMMA) Hidroksiapatit Teflon, poli (etilen teraftalat) Titanyum, alümina, kalsiyum fosfat
Kalp-damar Sistemi Kan damarı protezleri Kalp kapakçıkları Kataterler	 Poli (etilen teraftalat), teflon, poliüretan Paslanmaz çelik, karbon Silikon kauçuk, teflon, poliüretan
Organlar Yapay kalp	 Poliüretan
Duyu Organları İç kulak kanalında Göz içi lensler Kontakt lensler Kornea bandajı	 Platin elektrotlar PMMA, silikon kauçuk, hidrojeller Silikon-akrilat, hidrojeller Kolajen, hidrojeller

Tablo 1. İmplant cihazlarda kullanılan doğal ve sentetik malzemeler.



Şekil 1. Implant malzemelerinin çeşitleri.

Metalik Biyomalzemeler

- Metalik biyomalzemeler kas-iskelet sistemimizin mekanik koşullarına en iyi uyum gösteren malzemelerin başında gelirler.
- Metalik biyomalzemeler belirli sınırlarda, ağır, uzun süreli, değişken ve ani yüklemelere karşı özelliklerini kaybetmeden dayanabilmeleri nedeniyle tercih edilmektedirler.

- Biyouyumluluklarının ve korozyon dirençlerinin düşük olması, yoğunluklarının yüksek olması, dokulara göre çok sert olmaları, dezavantajdır.
- Metalik biyomalzemeler için önemli noktalardan bir tanesi de, metalik biyomalzemelerin korozyona karşı dayanımlı olmaları gereğidir.



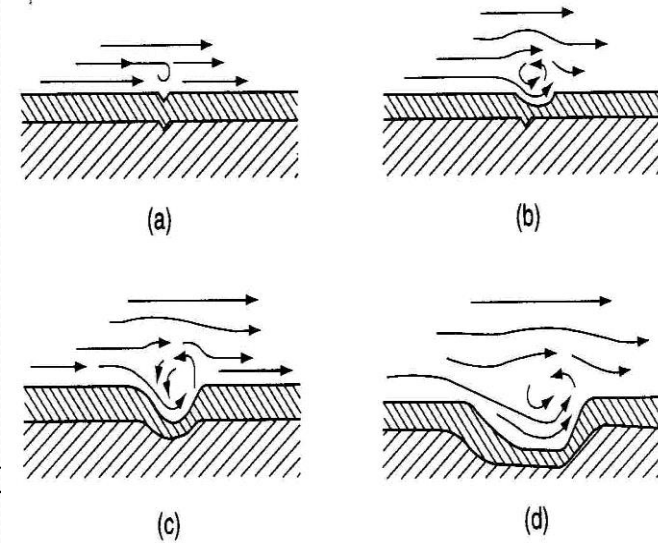
Metallerin korozyonu

Korozyon,
Metallerin çevreleri ile istenmeyen bir kimyasal reaksiyona girerek oksijen, hidroksit ve diğer baska bileşikler oluşturarak bozunması ve hasara uğramasıdır.

ZARARLARI:

korozyon ürünleri doku içerisine girebilir
zarar vermektedir.

İmplant yüzeyinde hasarlar oluşur. (implant gücünde azalma)



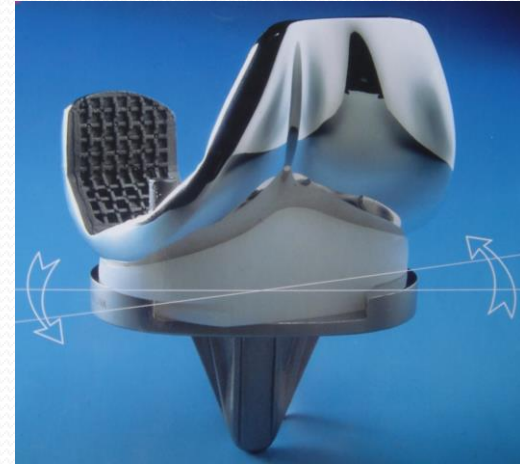
Paslanmaz Çelik

- Metal implantlar arasında ilk kullanıma giren paslanmaz çeliktir
316L “L” , karbon içeriği düşük
(EN YAYGINI)
- Geçici implantasyonda tercih edilir
- Korozyon, biyouyumluluk ve yorgunluk ömrü gibi açılardan diğer alaşımların gerisindedir.
- Plak ve vidalar, çukurlaşma yarık korozyonuna yüksek oranda maruz kalır



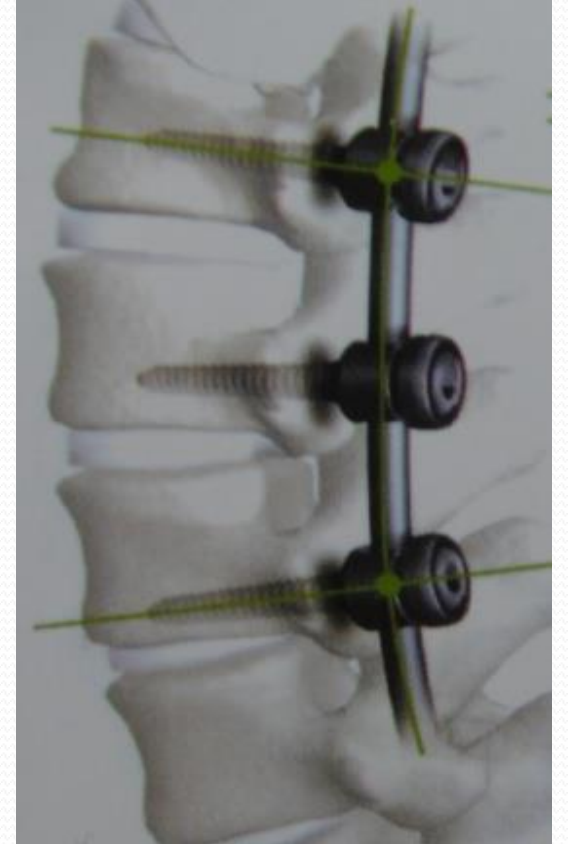
Kobalt-Krom Alařımlar

- Kobalt-krom alaşımları korozyona paslanmaz çelikten daha dirençlidir.
- Yorulma dayanımları ve elastik modülleri paslanmaz elik ve titanyumdan daha yüksektir.
- Sert olmaları işlenmelerini zorlaştırır.



Titanyum Alařımlar

- Korozyona dirençleri mükemmeldir
- Elastik modülleri diğerk metallerden daha düşüktür.(kemiğinkinin 5-7 katı)
- Titanyum alaşımları , dayanıklı ve hafif oluşları nedeniyle eklem protezleri yapımında kullanılırken, yüksek sürtünme katsayıları nedeniyle eklem yüzeyleri için ideal değildirler



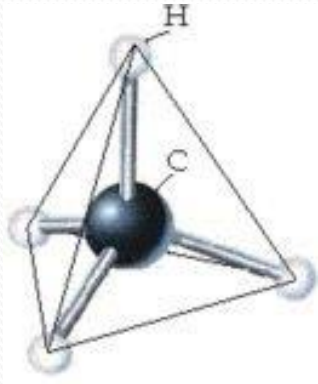
- Bu alasımların oda sıcaklığında, yüzeyinde kısa sürede yoğun bir oksit tabakası oluşmaktadır.
- Bu oksit tabakası yoğun elektron akışını ve iyonların geçişini önler.



Titanyumun avantajları:

- Uzun süreli implant kullanımında (deri içine yerleştirme) en iyi biyouyumluluk.
- Enjekte edilen maddelerle birlikte, kimyasal reaksiyona girme olasılığı en azdır.
- Yoğunluğu düşük olduğundan dolayı, hafif ağırlıktadır.
- Hipoalerjiktir (alerjik özelliği az).

Polimerler



- Monomer adı verilen binlerce küçük yapısal ünitelerden oluşmuş makromoleküllerdir. (karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen)
- Polimerlerin, sert, yumuşak, esnek, gözenekli, gözeneksiz gibi çeşitli yapılarda olması değişik organlar ile uyum sağlayabilmesini kolaylaştırır.
- Komplike malzemeleri üretmek kolaydır.
- Biyoçözünürlük özelliği vardır

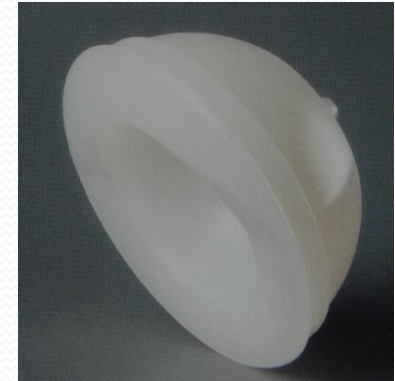
Polimetilmetakrilat (PMMA) Kemik Çimentosu

- Protez komponentlerini kemiğe fikse etmek için kullanılır.
- Kemiğe yakın elastik modülü ile, kemik ve bu komponentler arasındaki kısmı doldurur ve proteze ulaşan kuvvetlerin protez yüzeylerinden kemik yüzeylerine aktarılmasını sağlar.



Çok Yüksek Molekül Ağırlıklı (UHMW) Polietilen

- Yük binen yüzeylerde metal veya seramikler ile eklemleşmek üzere kullanılır.
- Metal veya seramiklerle karşı karşıya kullanılması durumunda metal-metal eklemleşmesine göre çok daha düşük bir sürtünme katsayısı sağlanmaktadır
- Kemik ve kıkırdagına yakın olan elastik modülü nedeniyle şok yüklenmeler esnasında bu şoku azaltıcı bir rol oynar.



Seramik malzemeler

- Vücudun zarar gören veya işlevini yitiren organlarının onarımı, yeniden yapılandırılması veya yerini alması için özel tasarımlı seramiklerin geliştirilmesi ve kullanımıyla gerçekleşmiştir. Bu amaçla kullanılan seramikler, “biyoseramikler” olarak adlandırılırlar.



- Biyoseramikler, biyoinert ve biyoaktif olmak üzere iki grupta incelenir.
- (i) Biyoaktif seramik doku ve implant arasında kimyasal bağ oluşumuna izin veren seramik malzemedir.
- (ii) Biyoseramikler; polikristalin yapıli seramik (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam, biyoaktif cam seramikler veya biyoaktif kompozitler (polietilen-hidroksiapatit) şeklinde hazırlanabilmektedir.

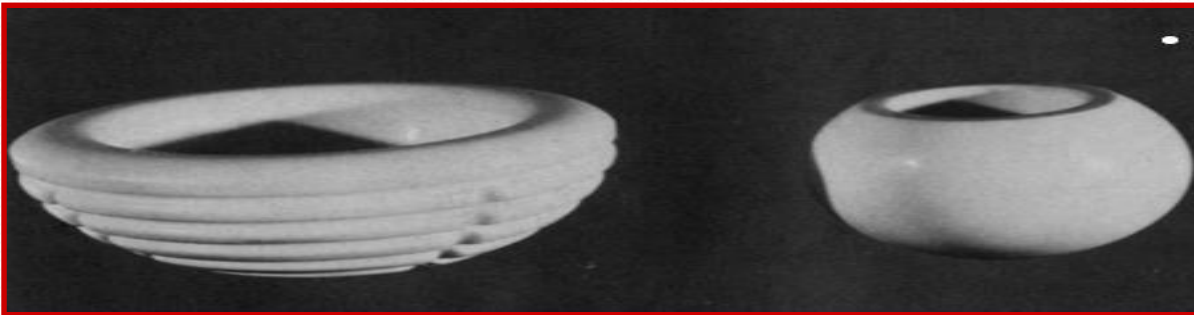
- Alumina Calcium phosphate (apatite)
- Zirkonya Calcium carbonate

- Slika ve alumina gibi metal ve metal olmayan elementlerden oluşmuştur
- İnert ya da biyoaktif malzemelerdir.
- Porous yapıda biyoaktif seramik materyaller mukavemeti oldukça düşüktür
- Biyouyumlulukları, korozyona ve aşınmaya karşı direnci yüksektir.
- Kırılgan olmaları, işlenmelerinin zor olması, esnek olmamaları en önemli dezavantajlarıdır.



Alümina (Al_2O_3)

- Biyoinert olduğu için biyouyumluluğu mükemmeldir.
- Yüksek aşınma direncine ve düşük sürtünme katsayısı
- Mukavemet, yorulma ve tokluk gibi özellikleri tane büyüklüğüne ve sinterlenme derecesine bağlı.
- Elastik modülünün kemiğin elastik modülünden daha yüksek olması problemler yaratmaktadır.
- Özellikle kalça protezlerinde kullanılmaktadır.



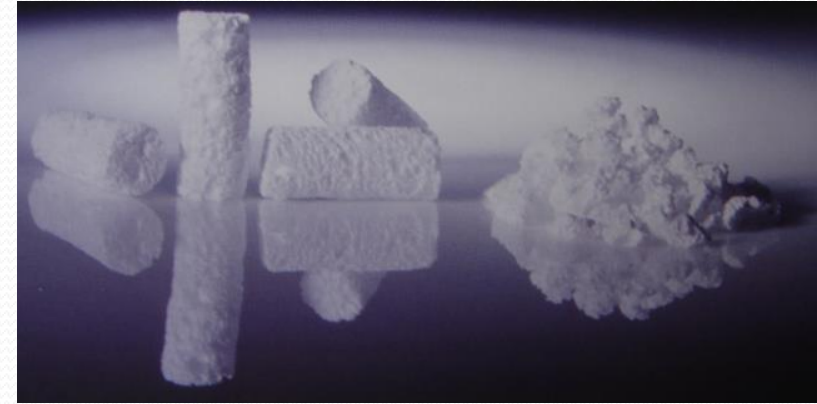
Zirkonya (ZrO_2)

- Biyoinerttir, düşük sürtünme katsayısına ve yüksek aşınma direncine sahiptir.
- Gerilme dayanımının zamanla azalması, potansiyel radyoaktif elementler içermesi ve kaplama özelliklerinin düşük olması dezavantajlarıdır.
- Elastik modülü alüminanınkinden daha düşük, mukavemeti ve tokluğu daha yüksektir.
- Özellikle femur başlarında kullanılmaktadır.



Kalsiyum Fosfat Seramikleri

Tetrakalsiyum fosfat, $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$,
Amorf kalsiyum fosfat Çözünübilirlik
Trikalsiyum fosfat, (TCP), $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$,
Hidroksiapatit, (HA), $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$



- Gözenekli yapıdadır
- Kemik oluşumu için yapı iskelesi olarak kullanılmaktadır.(Yapay kemik)
- Metalik implantlar üzerinde kaplama olarak kullanılmaktadır.
- Değişen hızlarda biyolojik olarak bozunurlar.
- Kararlılıkları sıcaklığa ve bulunduğu ortama bağlıdır.

Cam ve cam-seramikler

- Silika (SiO_2) temelli seramiklerdir. Cam seramikler Lityum/ Alüminyum veya Magnezyum/Alüminyum kristalleri içeren camlardır.
- Biyocamda ise silika gruplarının bazıları kalsiyum, fosfor veya sodyum ile yer değiştirmiştir .Böylece doku ve implant arasında kimyasal bağlanma gerçekleşir.

Biyoseramiklerin Dokular ile Etkileşimi

- Canlı dokuya yerleştirilen tüm malzemeler, bu dokudan tepki alırlar. Bu tepki doku-implant arayüzeyinde oluşur.
- Bu faktörlere bağlı olarak implant malzemeye olan doku cevabının dört türünden bahsedilebilir.



- * Malzeme toksikse, çevresindeki doku ölür.
 - * Malzeme toksik değil ve biyoinertse, değişik kalınlıklarda fibroz doku oluşumu gerçekleşir.
 - * Malzeme toksik değil ve biyoaktifse, dokuimplant arayüzeyinde bağlanma gerçekleşir.
 - * Malzeme toksik değil, fakat çözünür yapıdaysa, çevresindeki doku, implantın yerini alır.
- Biyoseramiklerin türüne bağlı olarak gözlenen doku cevapları farklı olur

Biyoseramiklerin en yaygın kullanım alanları şunlardır

- 1) Bel ve omuriliğe ait omurların onarımında
- 2) Dişe ait hataların düzeltilmesinde
- 3) Tam veya kısmi kalça parçalarında
- 4) Solunum tüpleri olarak
- 5) Orta kulakta küçük kemikler olarak
- 6) Kalp kapakçıklarında
- 7) Kemik vidaları, hastalanmış kemik kaybı boşluklarının doldurulmasında kullanılır.

Kompozitler

- “Kompozit”, farklı kimyasal yapıdaki iki ya da daha fazla sayıda malzemenin, sınırlarını ve özelliklerini koruyarak oluşturduğu çok fazlı malzeme olarak tanımlanabilir.
- Kompozit malzeme, “matris” olarak adlandırılan bir malzeme içerisine çeşitli güçlendirici malzemelerin katılmasıyla hazırlanır.
- Matris olarak çeşitli polimerler, güçlendirici olaraksa çoğunlukla cam, karbon ya da polimer lifler, bazen de mika ve çeşitli toz seramikler kullanılır.



- Dolayısıyla kompozit malzeme, kendisini oluşturan bileşenlerden birinin tek başına sahip olamadığı özelliklere sahip olur.
- Kompozitler, yüksek dayanıma ve düşük elastik modülüne sahip olduklarından, özellikle ortopedik uygulamalar için öngörülüyor.



- 
- Yapısal uyumluluk düşünüldüğünde, metaller ya da seramikler sert doku uygulamaları için, polimerler ise yumuşak doku uygulamaları için seçilebilir.
 - Metaller ve seramiklerin “elastik modül” ile tanımlanan sertlik dereceleri, insan vücudundaki sert dokulara oranla 10-20 kat daha fazla olur.

- 
- Ortopedik cerrahide karşılaşılan en önemli problemlerden biri, kemikle metal ya da seramik implantın sertlik derecesinin birbirini tutmamasıdır.
 - Kullanımdaki tüm bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla, liflerle güçlendirilmiş polimer kompozitler alternatif olarak sunulmaktadır.

Diş İmplantları

CF/C, SiC/C

Çene Gergi Teli

GF/PC, GF/PP,
GF/Nylon, GF/PMMA

Diş Düzenleyici malzemeler

Silica/BIS-GMA
HA/2.2'(4-methacryloxydiethoxyphenyl)

Diş saplaması

CF/C, CF/Epoxy,
GF/Polyester

Dental Köprüler

UHMWPE/PMMA
CF/PMMA, GF/PMMA
KF/PMMA

Kemik Yedek malzemeleri

HA/PHB, HA/PEG-PHB
CF/PTFE, PET/PU, HA/HDPE
PET/PU, HA/PE, Bio-Glass/PE,
Bio-Glass/PHB, Bio-Glass/PS, HA/PLA

Omurga kafesi, Plakası, Vida ve Diski

CF/PEEK, CF/Epoxy, CF/PS
Bio-Glass/PU, Bio-Glass/PS,
PET/SR, PET/Hydrogel

Parmak Eklemi

PET/SR, CF/UHMWPE

Yapay Kalça Kemiği

CF/Epoxy, CF/C, CF/PS, CF/PEEK,
CF/PTFE, CF/UHMWPE, CF/PE,
UHMWPE/UHMWPE

Kemik çimentosu

Bone particles/PMMA, Titanium/PMMA,
UHMWPE/PMMA, GF/PMMA, CF/PMMA,
KF/PMMA, PMMA/PMMA,
Bio-Glass/Bis-GMA

Yapay Diz Protezi

CF/UHMWPE
UHMWPE/UHMWPE

Harici Protez

CF/ Epoxy

Yapay Damar

Cells/PTFE, Cells/PET
PET/Collagen, PET/Gelatin
PU/PU-PELA

Yapay Karın Duvarı

PET/PU, PET/Collagen

Intramedular çiviler

CF/LCP, CF/PEEK
GF/PEEK

Kiriş/Bağlantı

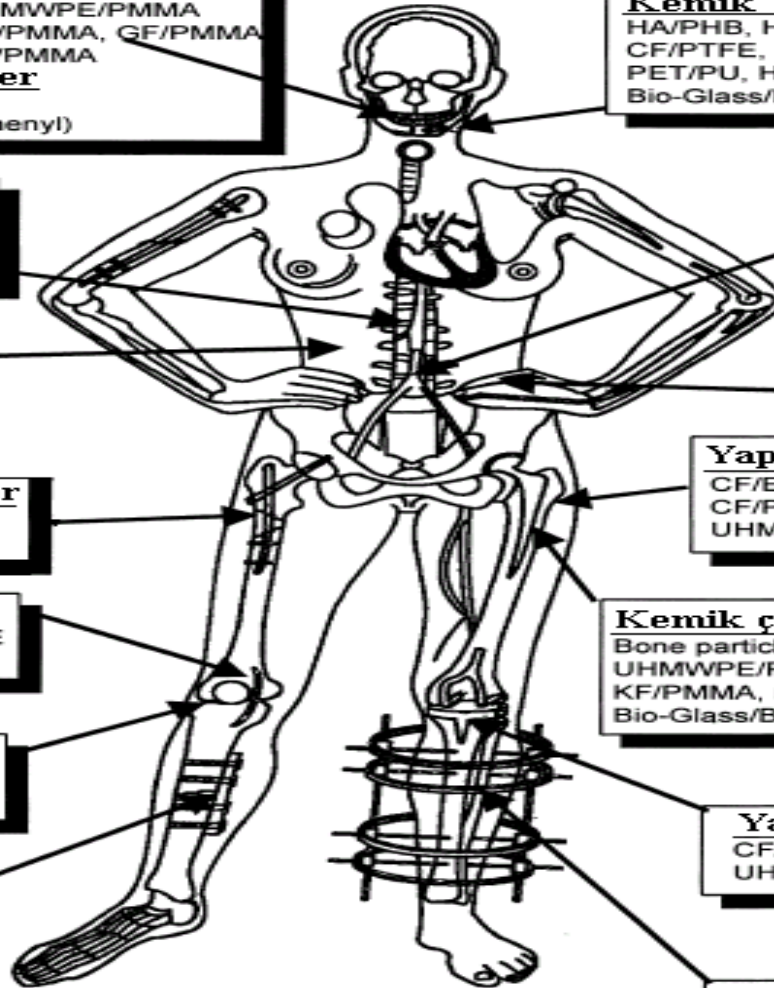
PET/PHEMA, KF/PMA, KF/PE
CF/ PTFE, CF/PLLA, GF/PU

Yapay Kıkırdak

PET/PU, PTFE/PU, CF/PTFE
CF/C

Kemik Plakası ve Vidaları

CF/PEEK, CF/Epoxy,
CF/PMMA, CF/PP, CF/PS
CF/PLLA, CF/PLA, KF/PC
HA/PE, PLLA/PLDLA,
PGA/PGA



CF: Karbon lifler

C: Karbon

GF: Cam lifler

KF: Kevlar lifler

PMMA: polimetilmetakrilat

PS: polisülfan

PP: polipropilen

PHB: polihidroksi bütirat

PEG: polietilen glikol

PGA: poliglikolik asit

PC: polikarbonat

PEEK: polietereterketon

HA: Hidroksi Apasit

PMA: Polimetakrilat

PU: Poliüretan

PTFE: Politetrafloroetilen

PET: Polieetlenteraftalat

PEA: Polietilakrilat

SR: silikon kauçuk

Tablo 1. Vücutta kullanılan implant malzemeleri ve genel özellikleri

Malzeme	Avantajları	Dezavantajları	Kullanım alanları
Metaller	Dayanıklı, sağlam Şekillendirilebilir	Korozyona elverişli Yoğunluğu yüksek	Eklem protezleri Kemik plakları, vida Diş implantları
Polimerler	Elastik Üretimi kolay	Güçlü değil Zamanla deformasyona uğraması	Dikişler, kan damarları Kalça protezi soketi
Seramikler	Yüksek biyouyumluluk İnert	Kırılgan, elastik değil Üretimi zor	Diş, kalça protezi kafası İmplant kaplaması
Kompozitler	Dayanıklı Özel tasarım	Üretimi zor	Eklem implantları Kalp kapakları

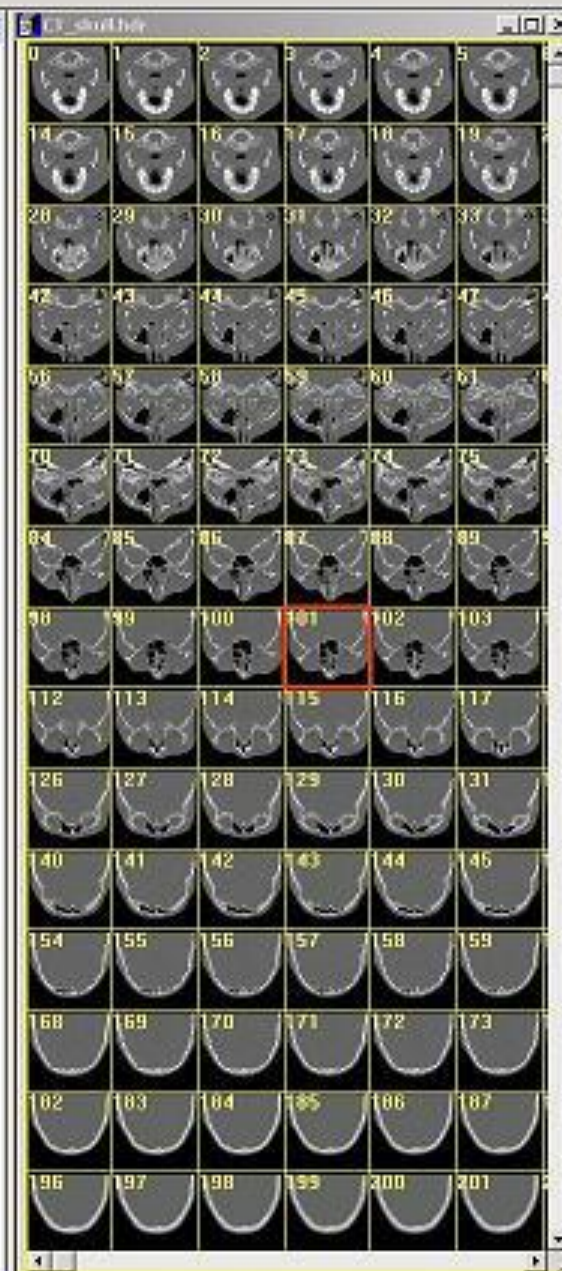
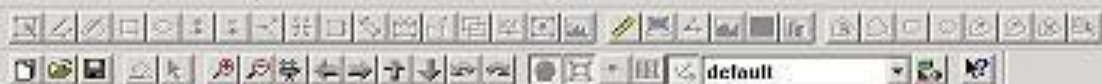
Tablo 4. Bazı implant malzemeleri ve dokuların mekanik özellikleri

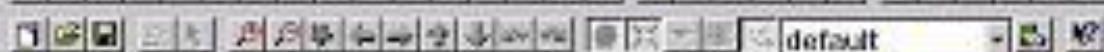
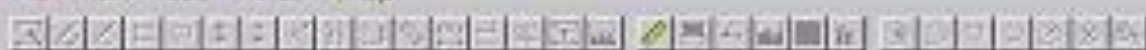
	Elastik modül (GPa)	Akma mukavemeti (MPa)	Çekme mukavemeti (MPa)	Uzama miktarı (%)
Kemik (kortikal)	15-30	30-70	70-150	0-8
Kıkırdak	Viskoelastik	-	7-15	20
Co-Cr alaşımı	225	525	735	10
316 paslanmaz çelik	210	240	600	55
Ti6Al4V	120	830	900	18
Al ₂ O ₃	350	-	1000-10000	0
Polimetilmetakrilat	3.0	-	35-50	0.5
Polietilen	0.4	-	30	15-100

MPa: SI (Uluslararası birim sistemi) birim sisteminde basınç birimidir. GPa: 10³ MPa'dır.

İmplantların Tasarımı

- Modelleme
 - İmplant hatlarının önceden belirlenmesi
 - Vida yörüngesinin belirlenmesi
 - Vida seçimi ve yerleşimi
 - Cerrahi aletlerin seçimi
 - Teknik tatbikat





• Tasarım ve Mühendislik

Tasarım öncesi tanı konulan ve kemik uzvunun kaybedildiği anlaşılan hastanın detaylı tomogrofisi çekilir.

- Elde edilen kesit görüntülerinin bilgisayar destekli birleştirilmesi çalışması yapılarak, mevcut kemik kaybı, -hasta eğer kanser nedeniyle bu kaybı yaşamışsa operasyon süresine kadar geçen süredeki kayıplar operasyon sırasında alınacak bölge gibi birtakım planlama ve operasyon bilgileri ilgili doktor ve mühendisler tarafından tespit edilir.
- Kemik yoğunluk ölçümleri, implantın ilişkide olacağı tüm kemikler için yapılır,
- Hastanın ağırlığı, yaşı ve biyomekanik hareketler göz önüne alınması gereken hususlardır.
- Görüntü üzerinde, uzunluk,açı ve alan ölçümleri yapılmaktadır.



Thrombolysis

Answer Overview

- ☐ PMS

Quarry & Stone

Phyllis Kavanagh

Keywords:

22

Summary: The authors present a new method for the analysis of the time series of the monthly rainfall in the Amazon basin. The method is based on the analysis of the time series of the monthly rainfall in the Amazon basin. The method is based on the analysis of the time series of the monthly rainfall in the Amazon basin.

- [illegible]

Keywords: *Stress, Work, Health, Well-being*

Family	(P) Clusiaceae
Subfamily	Clusiaceae
Tribe	Clusiaceae
Genus	Clusia
Subgenus	Clusia
Species	Clusia (Clusia) Clusia
Subspecies	Clusia (Clusia) Clusia
Form	Clusia (Clusia) Clusia
Section	Clusia (Clusia) Clusia

