

30.04.2019



MMM 419

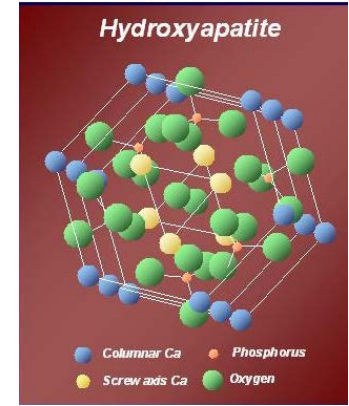
BİYOMALZEMELER



DR. ÖĞR.ÜYE PINAR UYAN

**Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği**

BİYOMALZEMELER



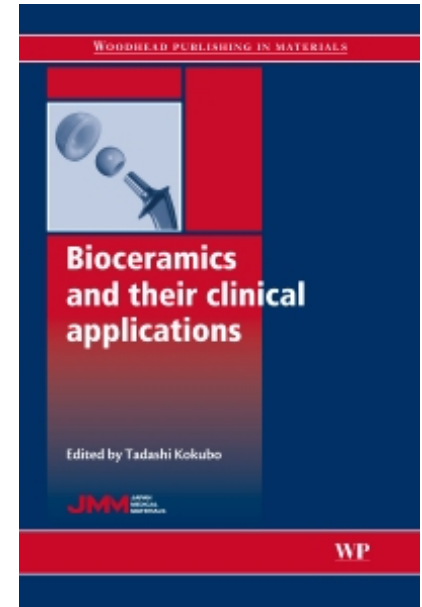
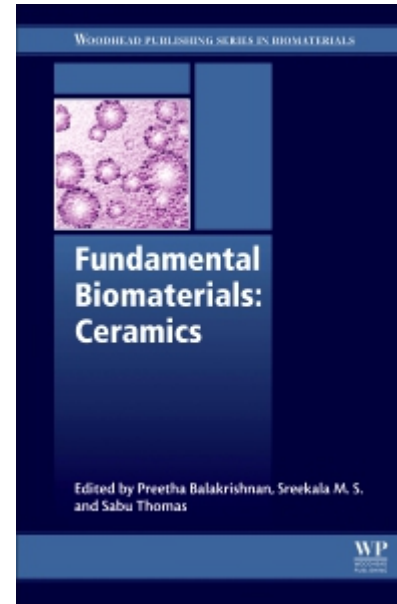
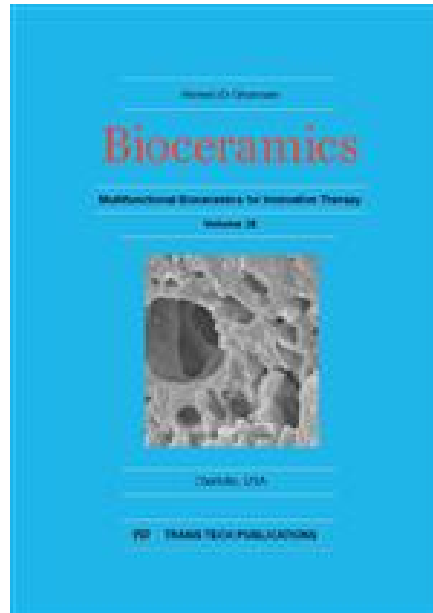
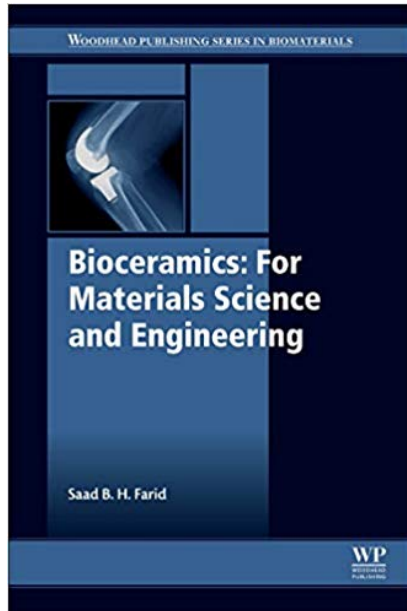
Dr. Öğr. Üye. Pinar Uyan

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
Metalurji Programı
E-posta: pinar.uyan@bilecik.edu.tr
Tel: 228 214 1608

BİYOSERAMİKLER



BU Ders Hakkında...



Bölüm Özeti

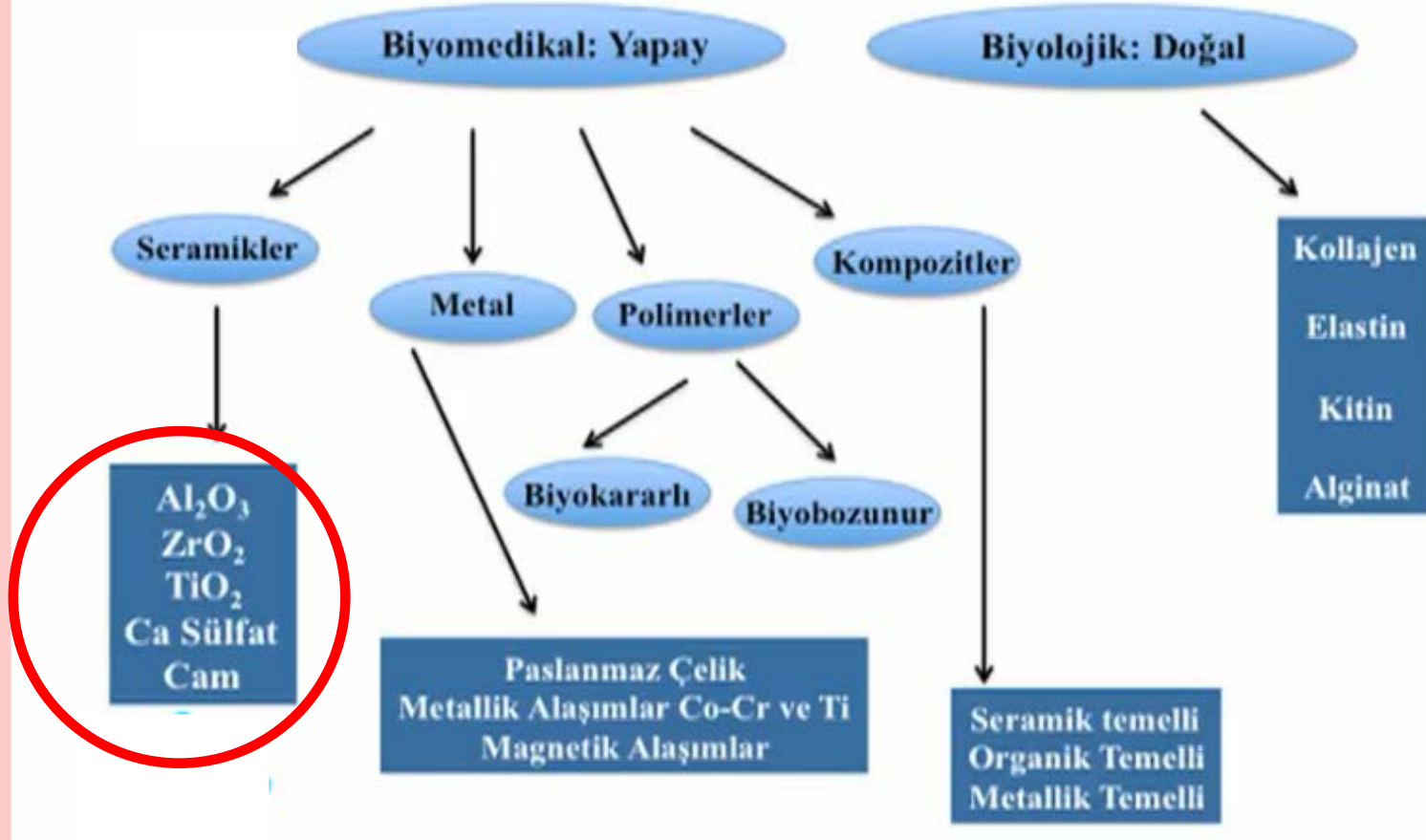
- Giriş
- Biyouyum Kavramı
- Seramik Biyomalzeme Türleri
- Seramik Biyomalzemelerin Özellikleri
- Özet
- Önerilen Diğer Kaynaklar

GİRİŞ

- SERAMİK MALZEMELER NEDİR?
- SERAMİK BİYOMALZEMELER NELERDİR?
- SERAMİK BİYOMALZEMELERE NEDEN İHTİYAÇ DUYARIZ/NERELERDE KULLANILIR?
- SERAMİK BİYOMALZEMELER HAYATIMIZI NASIL DEĞİŞTİRİYOR/ETKİLERİ NELER?



Biyomalzemeler



Seramik biyomalzemeler; kalsiyum fosfatlar (CaP), alümina (Al_2O_3), biyocamlar vd.

BİYOMALZEMELER-İMLANTLAR

Vücutun 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.

BİYOMALZEME TÜRLERİ

Diğer materyaller gibi, biyomalzemeler de (1) polimerler, (2) metaller, (3) seramikler ve (4) kompozitler olmak üzere dört ana kategoriye ayrılabilir.

Polimerler hem yumuşak hem de sert doku uygulamalarında kullanılabilir. Polimerler ilaç dağıtım uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimerler doğal (örnek: kollajen, sodyum alginat ve selüloz) veya sentetik (örnek: silikon kauçuk, poli (vinil klorür) vb).

Metaller çoğunlukla diş ve ortopedi uygulamaları için kullanılır. En çok kullanılan metaller Ti ve alaşımı, paslanmaz çelikler ve Co-Cr alaşımıdır.

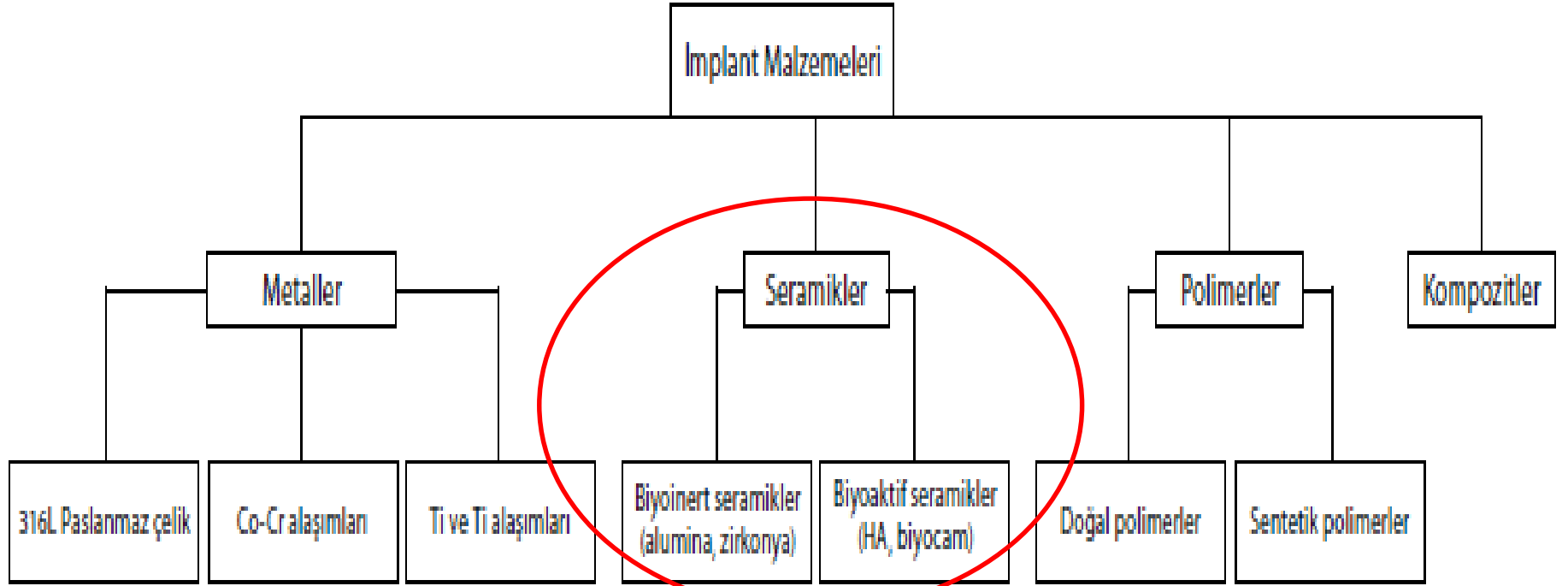
Seramik esas olarak sert doku onarımı, rejenerasyon ve güçlendirme, özellikle yük taşıyıcı uygulamalarda veya metal implantlar üzerine kaplama olarak kullanılır. En çok kullanılan seramik biyomalzemeler kalsiyum fosfatlar (CaP), alüminyum (Al_2O_3) ve biyocamlardır.

Polimer-seramik kompozitler, kompozit biyomalzemelerin büyük bölümünü temsil eder.

İMLANTLARDA KULLANILAN MALZEMELER

UYGULAMA ALANI	MALZEME TÜRÜ
İskelet Sistemi Eklemler Kırık kemik uçlarını tespitite 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) <u>Hidroksiapatit</u> Teflon, poli (etilen teraftalat) Titanyum, <u>alümina</u> , kalsiyum fosfat
Kalp-damar Sistemi Kan damarı protezleri Kalp kapakçıkları Kataterler	Poli (etilen teraftalat), teflon, poliüretan Paslanmaz çelik, <u>karbon</u> 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, hidrojel Silikon-akrilat, hidrojel Kolajen, hidrojel

BİYOMALZEMELER-İMLANTLAR



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 Implant kaplaması
Kompozitler	Dayanıklı Özel tasarım	Üretimi zor	Eklem implantları Kalp kapakları

Neden Biyoseramikler Kullanılmalı?

Genel Seçenekler	Toksik/ İltihap oluşturma/ hastalık taşıma?	Mekanik özellikler?	Bioaktif?	Bozunabilirlik?
Doku nakli	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Metaller	Düşük	Mükemmel	Orta düzey	Orta düzey
Seramikler	Orta düzey	Mükemmel	Düşük	Düşük
Polimerler	Mükemmel	Düşük	Mükemmel	Mükemmel
Kompozitler	Orta düzey	Orta düzey	Orta düzey	Orta düzey

Mükemmel
Orta düzey
Düşük

Biyoseramiklerin avantajları:

- Biyolojik uyumluluk ve aktivite
- Daha az gerilimden koruma
- Hastalık geçişi yok
- Sınırsız malzeme tedarigi

Biyoseramiklerin dezavantajları:

- Kırılganlık-yük gerektiren uygulamalarda kullanımı kısıtlı

BİYOSERAMİKLER-ÖZELLİKLER

Biyoseramikler, şu özellikleri karşılamalıdır

- Toksik olmamalıdır
- Alerjik olmamalıdır
- Kanserojen yapıcı özelliği olmamalıdır
- İltihap oluşturmamalıdır
- Ömürlü olması için biyo fonksiyonel olmalıdır



BİYOUYUMLU

BİYOSERAMİKLERİN AVANTAJ/DEZAVANTAJLARI

AVANTAJ

- Vücutta kimyasal kararlılık göstermeleri
- Çeşitli şekil ve porozite oranlarında üretilebilmeleri
- Çekme dayanımlarının düşük, basma dayanımı yüksek olması
- Apatit fazında üretilen seramiklerin, doğal kemiğin bileşimine ve yapısına benzer olması
- Biyouyumluluk ve korozyon dayanımının yüksek olması
- Erime sıcaklıklarının yüksek olması

DEZAVANTAJ

- Elektrik ve ısıyı kötü iletirler.
- Düşük tokluk ve süneklikte olup sert ve kırılgeandırılar.
- Tekrar üretilebilirliği oldukça zordur.

BİYOSERAMİKLERİN EN YAYGIN KULLANIM ALANLARI

- ✓ Bel ve omuriliğe ait omurların onarımında
- ✓ Dişle ait hataların düzeltilmesinde
- ✓ Tam veya kısmi kalça parçalarında
- ✓ Solunum tüpleri olarak
- ✓ Orta kulakta küçük kemikler olarak
- ✓ Kalp kapakçıklarında
- ✓ Kemik vidaları, kemik kaybı ve boşluklarının doldurulması için

BİYOSERAMİKLERİN DOKULAR İLE ETKİLEŞİMİ

DOKU-İMLANT ARAYÜZEYİNDE TEPKİ OLUŞUR

Biyoseramik türüne bağlı olarak gözlenen doku cevapları farklıdır.

- Malzeme toksikse çevresindeki doku ölür.
- Malzeme toksik değil ve biyo inertse, değişik kalınlıklarda fibroz doku (ipliksi bir kapsül) oluşumu gerçekleşir.
- Malzeme toksik değil ve biyoaktifse, doku-implant ara yüzeyinde bağlanma gerçekleşir (biyoaktif yüzey)
- Malzeme toksik değil çözünebilir yapıda ise, çevresindeki doku implantın yerini alır.

BİYOSERAMİKLERİN DOKULAR İLE ETKİLEŞİMİ

İmplant-doku ara yüzey ilişkisini etkileyen faktörler

Doku tarafı	İmplant tarafı
Doku tipi	İmplant bileşimi
Doku yaşı	İmplantdaki faz sayısı
Doku sağlığı	Faz sınırları
Doku içi kan sirkülasyonu	Yüzey morfolojisi
Arayüzey hareketliliği	Yüzey gözenekliliği
Ara yüzey kan sirkülasyonu	Kimyasal reaksiyon
Boyutlar arası uygunluk	Boyutlar arası uygunluk
Mekanik yükleme	Mekanik yükleme

BİYOSERAMİKLERİN DOKU CEVABINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

İmplant Türü	Doku Cevabı	Örnek
Gözeneksiz yoğun ve inert seramikler	Çok ince fibroz doku oluşumu (morfolojik sabitleme)	Alümina, zirkonya
Gözenekli inert seramikler	Gözenek içerisinde doku büyümesi (biyolojik sabitleme)	HA, Hidroksiapatit
HA ile kaplanmış metaller, biyoaktif seramikler	Doku implant ara yüzey bağlanması (biyoaktif sabitleme)	Biyoaktif camlar Cam seramikler HA
Resorbe edilebilir seramikler	Emilme	Trikalsiyum fosfat Biyoaktif camlar

Bu sınıflandırmanın kesin sınırları yoktur. Örneğin; Biyoaktif bir seramik olan hidroksiapatitin gözenekli formları biyobozunur özellik göstermektedir.

BİYOSERAMİKLER/SINIFLANDIRMA

Biyoseramik

Biyoinert

Biyoaktif

Biyobozunur

Alümina; Al_2O_3
Zirkonya; ZrO_2

Biyoaktif camlar ve cam
seramikler
Hidroksiapatit
Biyolojik Hidroksiapatit
Kalsiyum fosfatlar

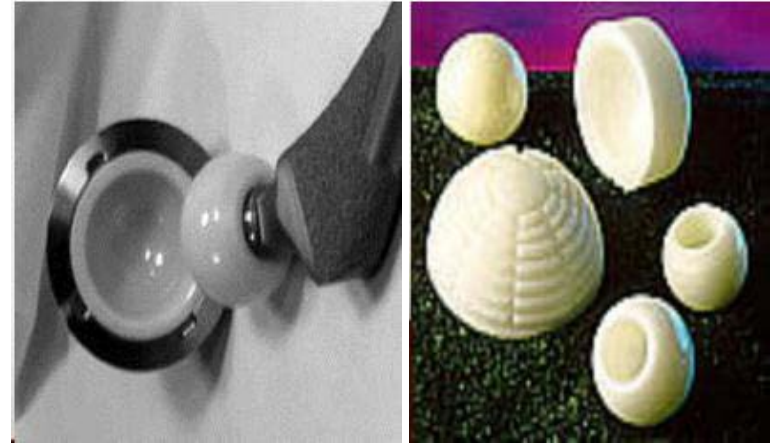
Trikalsiyum Fosfat (TCP)
Biyoaktif camlar

BİYOİNERT SERAMİKLER

- Malzeme ile doku arasındaki etkileşim hızı son derece yavaş olduğu için herhangi bir kimyasal reaksiyon mümkün olamamakta ve bu durum da malzemeye yüksek ölçüde inertlik kazandırmaktadır.
- Seramiklerin biyomalzeme olarak kullanılmalarının ve biyouyumlu olmalarının sebebi vücut içerisinde bulunan (Ca, K, Na vb.) iyonları ve vücut için çok az toksik (Zr, Ti) olan iyonları içermeleridir.



Zirkonya implantlar



Al₂O₃'ün Biyomedikal Uygulamaları

- Dental implantlar
- Kemik implantlar
 - Eklem yerdeğıştirmeleri: Diz protezleri, ayak bileğđ eklemi, omuz ve parmaklar.
 - Implant adezyonu: Osteoblast yapışma

Morfolojik Biyolojik Sabitleme

Morfolojik Sabitleme

Gözeneksiz inert ve yoğun seramik kullanımı sonucunda doku cevabı, ince fibröz doku oluşumu yönünde gerçekleşir. Bu durum morfolojik sabitleme olarak bilinir. Bu durumu sergileyen seramiklere örnek olarak alümina ve zirkonya verilebilir.

Mekanik olarak çok iyi uyumluluk sergileyen bu seramiklerin dokuya yerleştirilmesi sonucu ara yüzeyde hareket oluşmaz ve böylece klinik başarı sağlanır.

Biyolojik Sabitleme

Bununla birlikte gözenekli ve inert olan seramiklerin doku cevapları farklı gözlenir.

Hidroksiapatit gibi seramiklerin gözenekleri içerisinde doku büyümesi meydana gelir. Ancak implant ve doku arasındaki ara yüzey alanının artması sonucu implantın dokuya hareketine karşı bir direnç oluşur. Bu durum ise biyolojik sabitleme olarak tanımlanır.

İnert Seramikler: Alüminyum Oksit (Alümina- Al_2O_3)

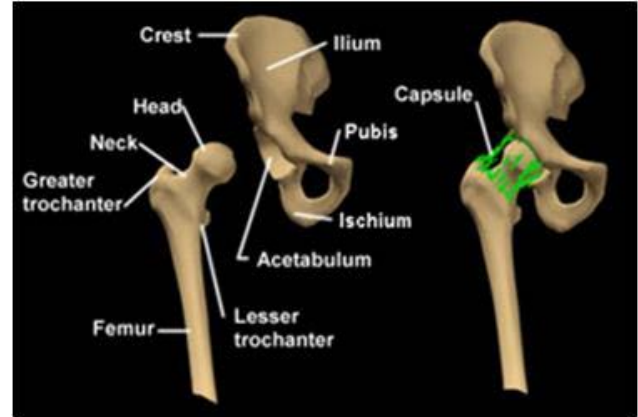
- Yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, yüksek saflık (%99,5) ve sürtünme davranışı gösteren biyoinert bir seramiktir.
- Mükemmel aşınma direnci ve sürtünme davranışının nedeni seramiğin yüzey enerjisi ve pürüzsüzlüğünden kaynaklanır.
- Mekanik özelliklerinin iyi olmasından dolayı özellikle dental ve kemik implantlarında kullanılır.

Biyomedikal Uygulamaları

Ortopedik alanlar:

- »Femur kemik başı
- »Kemik vidaları ve plakalar
- »Femur kökleri için gözenekli kaplamalar
- »Gözenekli boşluk doldurucular (özellikle cerrahi düzeltmelerde)
- »Diz protezleri

Dental: kaplamalar ve köprüler



İri tane yapısına sahip polikristalin alfa- Al_2O_3 'ün 1600-1700 °C sıcaklıkta sinterlenmesi sonucu elde edilen alümina kalça protezlerinde ve diş implantlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Alümina- Al_2O_3

Bioinertlik

Bio uyumluluk sonuçları - Bağışıklık sisteminde düşük düzeyde savunma davranışı

- Dezavantaj:
 - Minimum düzeyde kemik iç büyümesi
 - Yapışma -fiberimsi zar (fibrous)
 - Ara yüzeysel hasar ve imlant kaybı oluşabilir



İnert Seramikler: Zirkonyum Oksitler (Zirkonya-ZrO₂)

İnert seramiklerden olan zirkonyum yüksek bükülme ve korozyon direncine, iyi yorulma dayanımı, düşük yüzey pürüzlülüğüne sahiptir.

Ancak zamanla vücut sıvısıyla etkileşiminden kaynaklanan dayanımının düşmesi, kaplama özelliğinin zayıf olması ve potansiyel radyoaktif madde içermesi dezavantajlarıdır.

Zirkonyanın özellikleri mikroyapısına; mikroyapısı ise üretim metoduna bağlıdır.

Kullanım Alanları

Dental uygulamalar, dental çimento,

Uyluk kemiği protezlerinde

Mekanik özellikleri açısından kalça eklem protez sisteminde küre malzemesi olarak kullanılmaktadır.

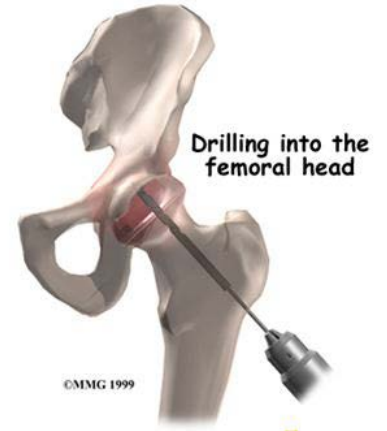
Üç Önemli Dezavantajı;

Fizyolojik sıvılar nedeniyle gerilme direncinin azalması

Kaplama özelliklerinin zayıf oluşu

Radyoaktif madde içermesi (uranyum, toryum)

Yüksek çatlama ve bükülme direncine sahip olduğu için uyluk kemiği Protezlerinde kullanılmaktadır.



Karbon Seramikler

Karbon malzemeler, kemik ve diğerk dokularla olan uyumluluğundan ve kemiğeme mekanik açıdan benzemesinden dolayı ortopedik uygulamalarda öne çıkmaktadır. Canlı doku ile kimyasal bağ oluşturmadıklarından tamamen inert kabul edilmemektedirler. Kırılganlığı ve düşük gerilme direnci kullanımını zorlaştırmaktadır.

Kullanım Alanları

- Kimyasal ve mekanik yapıları nedeniyle bazı karbon formlarının kemik, kıkırdak, tendon, bağ ve kan damarı gibi hasar görmüş biyolojik yapıların yenilenmesinde,
- Karbon-karbon kompozitleri kemik yerine bağlantı bölgelerinde yük taşıyıcı eleman olarak,
- Metal substratların kaplanması amacıyla,
- Bazı karbon formları, kanın saflaştırılmasında kullanılmaktadır.



Pyrolytic Carbon disk

Karbon Seramikler

İlk olarak düşük sıcaklık izotropik karbon kaplamalar prostetik kalp kapakçığı olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte iki tipi daha medikal alanda kullanılmaktadır;



Ultra düşük sıcaklık izotropik (ULTI)



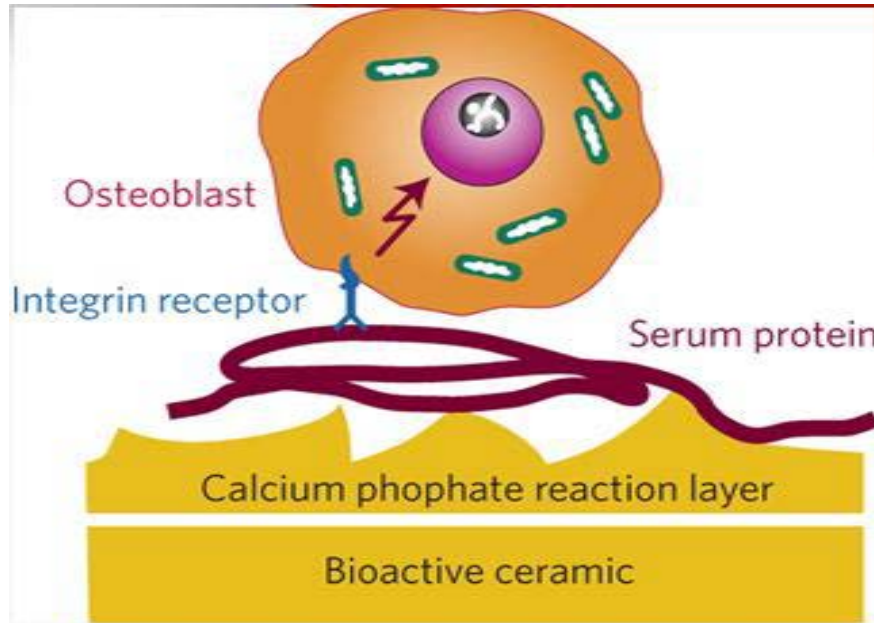
Glassy (Camsı) karbonlar

ULTI karbon malzemeler, yüksek yoğunluk ve dayanıklılıkta üretilebilirler ancak bu malzemeler yalnızca saf karbonun ince kaplamaları olarak kullanıma uygundur.

Glassy karbonlar ise düşük yoğunlukta ve zayıftırlar. Dayanıklılıkları prosesle arttırılabilir.

BİYOAKTİF YÜZEY

İmplantla doku arasındaki ara yüzeyde bağlanma gerçekleşebilir. Bu yüzey “biyoaktif yüzey” olarak tanımlanır. Bağlanma, implantla doku arasındaki hareketliliği engeller, ayrıca implantın vücut tarafından dışlanmasını da engellemiş olur.



Biyoaktif malzemeler, ara yüzeyde kendine özgü bir biyolojik tepki oluştururlar ve sonuçta malzeme ve dokular arasında kemik oluşumu.

BİYOAKTİF SERAMİKLER

Biyoaktif seramikler kemikle etkileşime girdiğinde bağlanma gerçekleştirebilen seramiklerdir. Bunlar; biyoaktifcamlar ve kalsiyum fosfatlardır.

Biyoaktif seramiklerin fonksiyon prensibi, çevresini saran vücut dokuları ile direkt olarak sıkı biyokimyasal bağlar kurmaktır. Dolayısıyla biyo inert seramik malzemelerde görülen ipliksi kapsül oluşumu söz konusu değildir. Biyoaktif seramik malzemelerin biyolojik aktiviteleri yüksek olduğu için doku hücrelerinin, biyomalzeme içerisine doğru büyüme eğilim ve yetenekleri çok iyidir.

■ Biyoaktif malzemelerin implant malzemesi ile etkileşimi sırasında seramik yüzeyinde çözünme, çökeltme ve iyon değişimi gibi reaksiyonlar gerçekleşir.

■ Değişen malzeme yüzeyinde proteinlerin ve diğer biyolojik moleküllerin absorpsiyonu gerçekleşir ve hücreler seramik yüzeyinde kemik büyümesi gerçekleştirir.

■ Osteointegrasyon olarak tanımlanan kemik ile birleşme, biyoaktif seramik malzemelerin sunduğu en önemli avantajlardandır

BİYOAKTİF SERAMİKLER: Cam Seramikler

Cam:

Bir amorf katıdır

Kırılgan!

Cam-seramik, camın sıvı halden kontrollü soğutulması ve kristalizasyonu ile hazırlanmış polikristalin bir katıdır.

Cam seramikler biyoaktif oldukları gösterilen ilk biyomalzemelerdir (kemik sistemi):

- Ana dokuyla doğrudan kimyasal bağlanma yeteneği
- Kemik yapılanma hücreleri üzerine uyarıcı etkiler

Cam Seramiklerin Bileşimi: SiO_2 , CaO ve Na_2O içerir.

Bioaktiflik özelliği SiO_2 , CaO ve Na_2O relatif miktarlarıyla ilgilidir.

Yük taşımanın gerektiği yerlerde kullanılamaz

Biyolojik aktivitesi sebebiyle kaplama ve kemik dolgusu olarak idealdir.

Kalsiyum-fosfat seramikleri

Sentetik kalsiyum fosfatlar, kemik içerisinde bulunan minerallerle yapı ve kompozisyon açısından çok benzerdir.

Bu gruba alfa, beta tri-kalsiyum fosfat, tetra kalsiyum fosfat, okta-kalsiyum fosfat hidroksiapatit dahildir.

Kalsiyum fosfat bazlı biyoseramikler, ortopedik kaplamalar ve diş implantlarında, yüz kemiklerinde, kulak kemiklerinde, kalça ve diz protezlerinde “kemik tozu” olarak kullanılmaktadır.

Tüm kalsiyum fosfat seramikleri değişen hızlarda biyolojik olarak bozunurlar.

BİYOBOZUNUR SERAMİKLER

Ara yüzey kararlılığına bağlı problemlerin çözümü açısından, emilebilen implant kullanımı uygun gözükmemektedir.

Biyobozunur seramikler biyolojik olarak bozunarak zamanla doku ile yer değiştirmektedirler.

Kemikte kırığın oluşturduğu boşluk kan pıhtısı ile dolar. Kemikteki boşluğa implant yerleştirildiğinde orijinal doku ve implant arasında biyoaktif bir arayüzey oluşur. Biyoaktif arayüzeyin özelliği, doğal doku gibi zamanla değişmesidir. Bu değişim yeterince hızlı olduğunda, implant çözünür yada bozunur ve doku ile yer değiştirir.

Kalsiyum-fosfat seramikleri

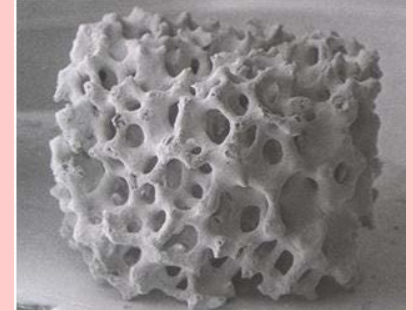
Kalsiyum Fosfat

- Tozlar
- Yapı iskeletleri
- İmplantların kaplanması – metaller, kalp kapakçıklarının pıhtılaşmasını engellemek
- Kendiliğinden yapılanan kemik dolgusu



Kullanımlar

- Travma veya hastalıklardan hasar görmüş kemiğin onarımı
- Kemik tümörlerinden temizlemeden sonra boşluk dolgusu ve omurganın birleştirilmesi
- Fıtık disklerinin tamiri
- Çene cerrahisiyle ilgili ve dental kusurların onarımı
- Oküler implantlar
- İlaç dağıtımı
- Metal implantların kaplanması, kalp kapakçıklarının pıhtılaşmasını engellemek

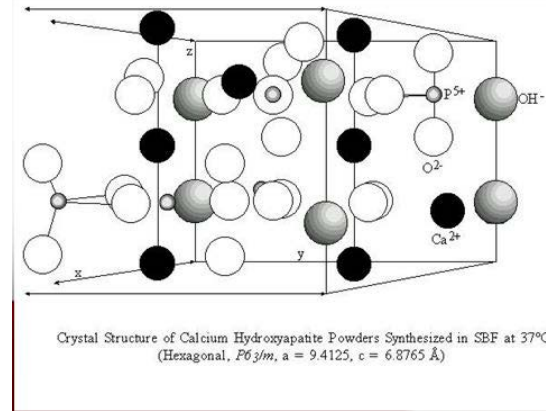
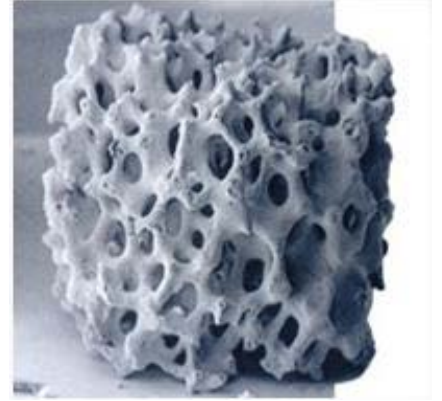


Hidroksiapatit (HA veya HAp)

Hidroksiapatit kemiğin temel inorganik bileşenidir ve iskelet yeniden yapılanması için bir implant maddesidir.

Hidroksiapatit mükemmel biyouygunluğu ve biyoaktifliği nedeni ile kaplama olarak bir çok tıbbi uygulamada kullanılır.

HA sadece biyoaktif değil aynı zamanda osteokondüktif, toksik olmayan bir maddedir.



TRİKALSİYUM FOSFAT ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)

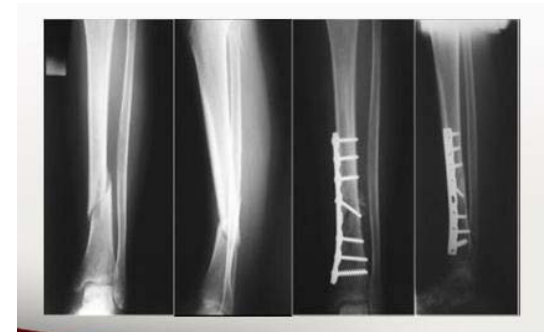
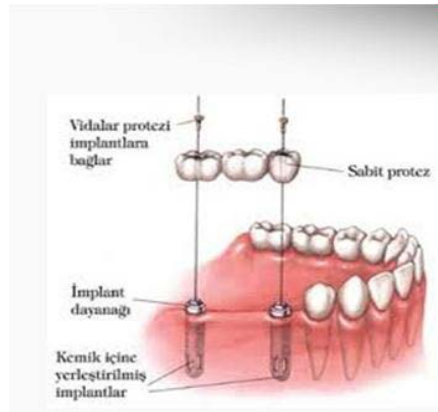
Trikalsiyum fosfat (TCP) seramikleri, gözenekli ve emilebilen malzemelerdir. Çene veya baş gibi düşük mekanik dayanımın gerektiği uygulamalarda sert dokunun yerini alırlar.

- Kalsiyum fosfat seramikleri, gözenekli yapıda hazırlanabilir.
- Gözenekli seramik implantların en büyük avantajı; kemik, seramik malzemenin gözenekleri içerisinde büyüdüğünde, oluşan ara yüzeyin mekanik açıdan yüksek kararlılığa sahip olmasıdır.
- Gözenekli implantlar kemik oluşumu için yapı iskelesi olarak kullanılırlar.
- Kemik kırıklarını doldurmak için gözenekli sentetik kalsiyum fosfat seramikler kullanılırken, diş implantlarında kaplama olarak gözenekli hidroksiapatit malzeme kullanılmaktadır.

Emilebilen biyoaktif camlar da, kemiklerin yeniden üretilmesinde giderek artan bir biçimde kullanılmaktadır.

Emilebilen Seramik İmplant Geliştirilmesinde Dikkat Edilecek Noktalar

- 1) Bozunma süresince ara yüzey kararlılığı ve dayanımı korunmalı.
 - 2) Doku türüne, yaşına ve sağlık durumuna bağlı olan doku yenileme hızı, emilme hızına uygun olmalı.
 - 3) Malzeme, yalnızca metabolik olarak kabul edilebilecek maddeleri içermeli.
- Aksi halde kronik iltihaplanma olur ve ağrı başlar.

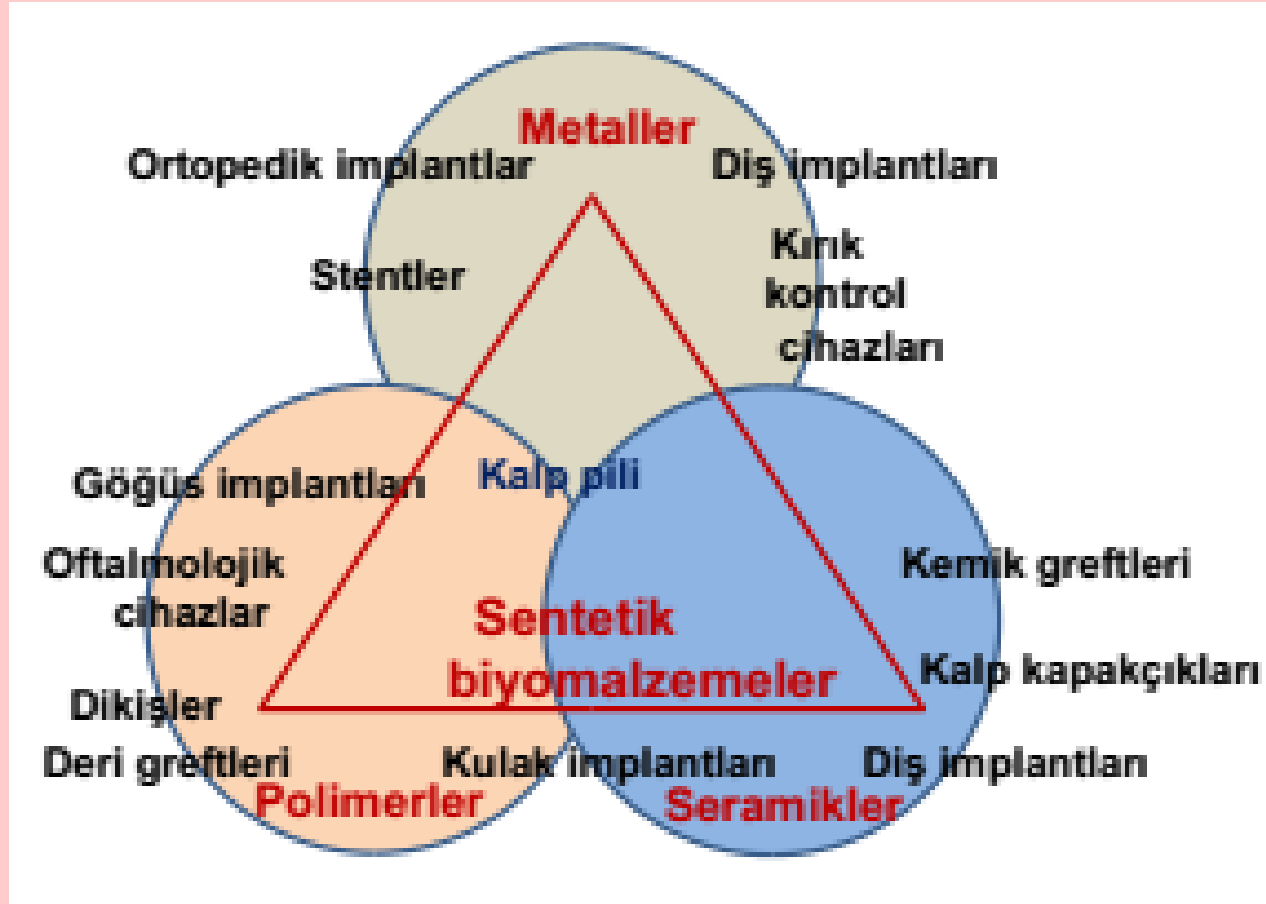


SERAMİK BİYOMALZEMELER/ ÖNEMİ

Biyoseramikler, iskeletteki sert bağ dokusunun tamiri veya yenilenmesinde kullanılırlar. Bu malzemelere olan gereksinim, özellikle ilerleyen yaşa bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yaşlılarda kemikler çok kırılabilir; çünkü kemik yoğunluğu ve dayanımı 30 yaşlarından itibaren azalır. Bunun sonucunda kemik üreten hücreler, yani osteoblastların yeni kemik üretiminde ve kemikte oluşan mikro çatlakların kapanmasındaki üretkenliği azalır. Ortalama insan ömrü 80 yıl olarak düşünülürse, 60 yaş civarında bağ dokusu için yedek malzemeye ihtiyaç başlar ve en azından 20 yıl boyunca biyoseramiklere gerek duyulur.

Biyoseramiklerin kullanımını sınırlayan nedenlerin en önemlileri, bazı klinik uygulamalardaki yavaş ilerleyen çatlaklar, yorulma ve değişik darbe ve basınçlara dayanımlarının tam olarak bilinmemesi. Bu olumsuzlukları önlemek için kullanılan iki yeni yaklaşımdan birisi, biyoaktif kompozitler, diğeryse biyoaktif seramiklerle yapılan kaplamalardır.

BİYOMALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI/ÖZET



Özet

Dersimizin bu bölümden öğrenci, farklı malzemelerden oluşan biyomalzemeleri bütünüyle kavrayabilmek için gerekli olan malzeme türlerinden olan, seramik biyomalzemeleri derinlemesine tanıır ve seramik malzemelerin medikal alanda kullanımlarını kavrar.

İmplantlarda ve biyomedikal akşamlarda yaygın kullanılan seramiklerin tanınmasıyla daha güvenli implantlar ve biyomedikal cihazlar üretilmesi için gerekli olan bilgilerle, öğrenciye biyomedikal alanda çalışma yapılabilmesi için, ilham veren bir bakış açısı kazandırılır.

Dersin sonu...

Biyomalzeme grupları içinde SERAMİK BİYOMALZEMELER?

Konu anlaşıldı mı?

Soru sormak isteyenler çekinmeden sorsun lütfen.