

# BIYOMETALİK MALZEMELER

DANIŞMAN: Prof. Dr. Figen KURTULUŞ  
HAZIRLAYAN : Selin BULUT



# BIYOMALZEME NEDİR ?

Biyomalzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek veya destek olmak için kullanılan doğal ya da sentetik malzemelerdir. Bu malzemeler vücut akışkanlarıyla sürekli temas halindedir. Biyomalzemelerin biyouyumlu olması gerekmektedir.



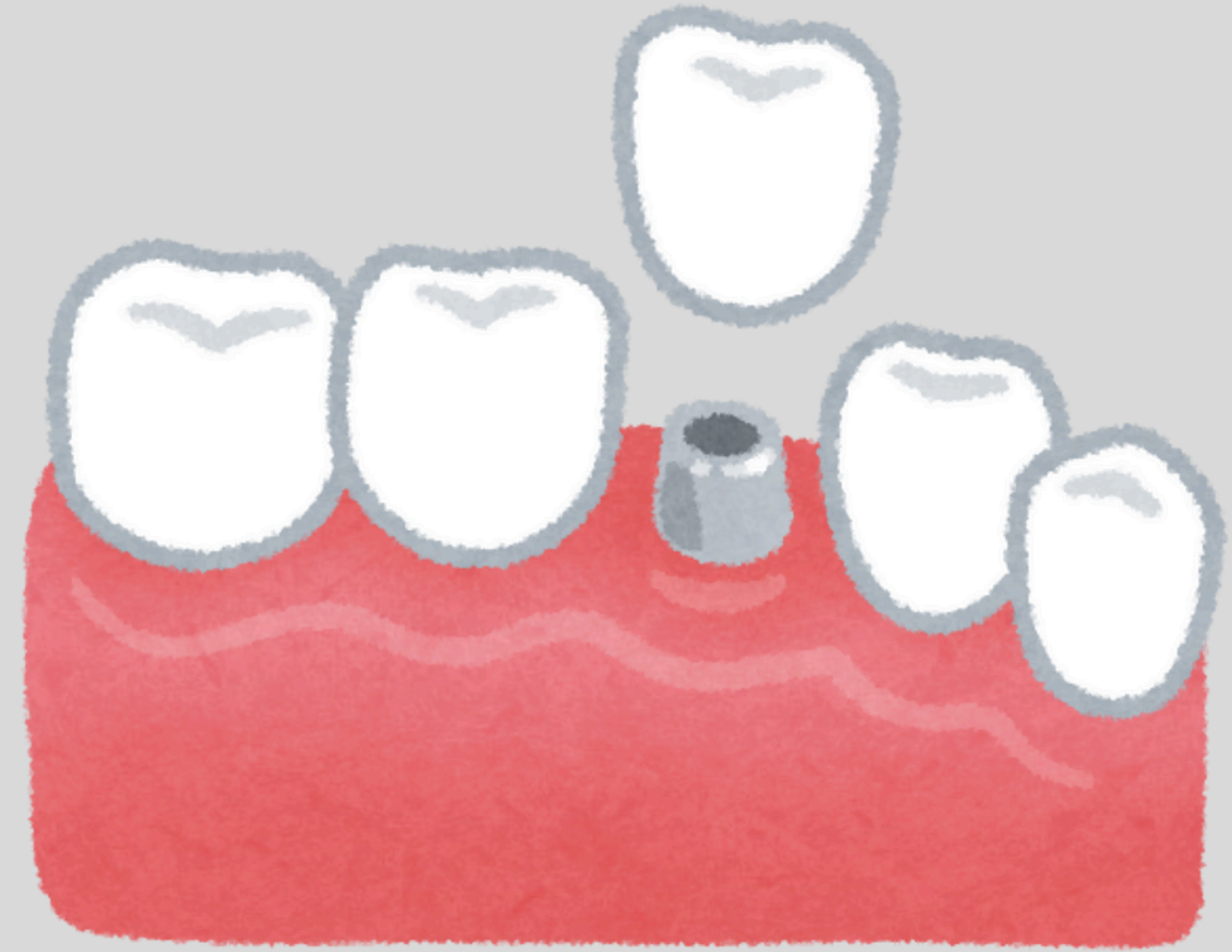
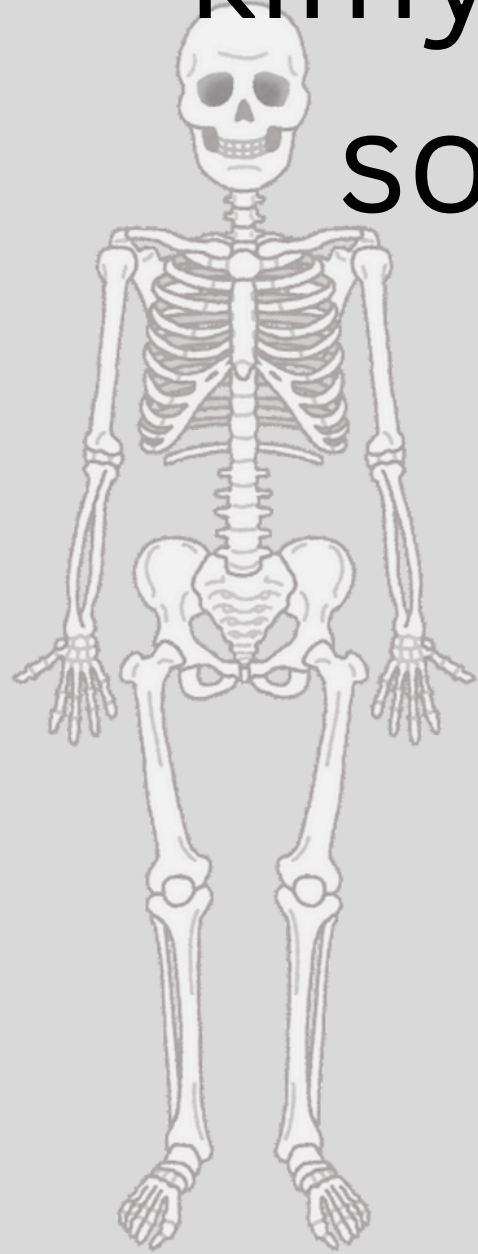
# İDEAL BİR BİYOMALZEME NASIL OLMALI ?

- Fiziksel özellikleri kullanılacağı yere uygun olmalıdır. (mukavemet, elastiklik, dayanıklılık)
- İşlenebilir,
- Kolaylıkla sterilize edilebilir,
- Nonallerjenik,
- Nonkorozif,
- Nontoksik,
- Non-karsinojenik,
- Non-mutajenik,
- Ucuz ve üretimi kolay olmalıdır.



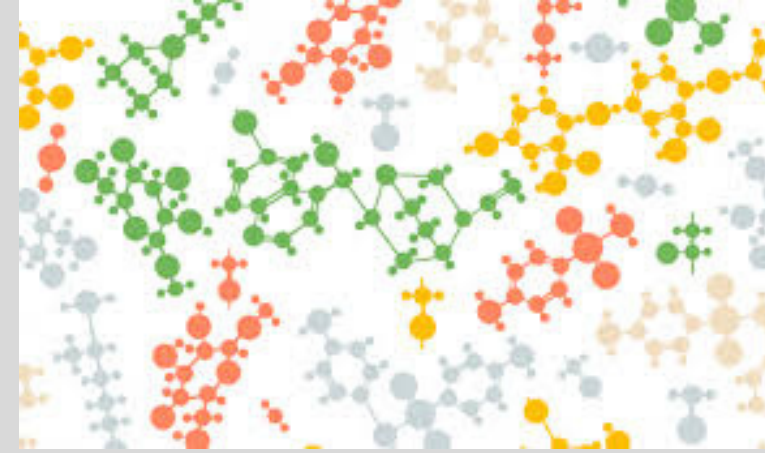
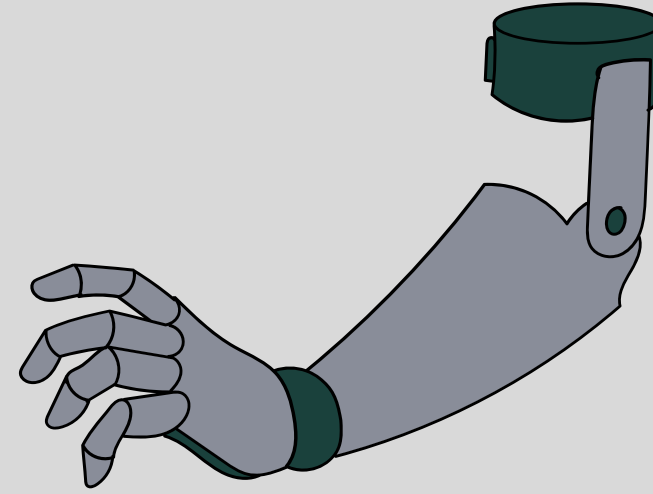
# BİYOYUMLULUK NEDİR ?

Kullanılan biyomalzeme ve vücut sıvılarının kimyasal etkileşimi ile gerçekleşen fizyolojik sonuçların vücuda zarar vermemesidir.



# BİYOMALZEMELER KAÇA AYRILIR ?

- SERAMİKLER
- POLİMERLER
- KOMPOZİTLER
- METALLER



# BIYOSERAMİK MALZEME

**BIYOSERAMİK MALZEME:** Vücudun zarar gören veya işlevini yitiren organlarının onarımı, yeniden yapılandırılması veya yerini alması amacıyla özel olarak tasarlanan seramiklere denir. Biyoseramikler, genelde sert iskelet dokularını onarmak veya bu dokuların yerine geçmede kullanılırlar. Biyomedikal uygulamalarda yük taşıyan bölgelerde ve dişçilik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Biyoseramik kök kanal patı, kök kanalda enfekte olmuş pulpa dokusunun çıkarılmasından sonra kök kanalı doldurmak için kullanılır.

# BIYOPOLİMERİK MALZEME

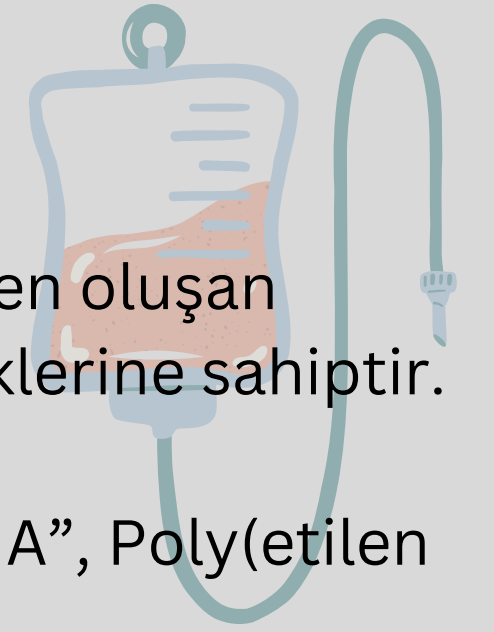
**BIYOPOLİMERİK MALZEME:** Doğada bulunan veya biyolojik yollarla üretilebilen polimerlerden oluşan malzemelerdir. Bu malzemeler biyolojik kökenli oldukları için çevre dostu, biyouyumlu olma özelliklerine sahiptir.

Doğal polimerler : kollajen, jelatin, elastin, ipek, polisakkaritler...

Sentetik polimerler : Silikon, poli(etilen), pol (vinil klorür), poliüretan, Poly(metilmetakrilat) "PMMA", Poly(etilen teraftalat)"PET", Poly(etilen oksit)"PEO", Poli(kaprolaktam) "Naylon"...

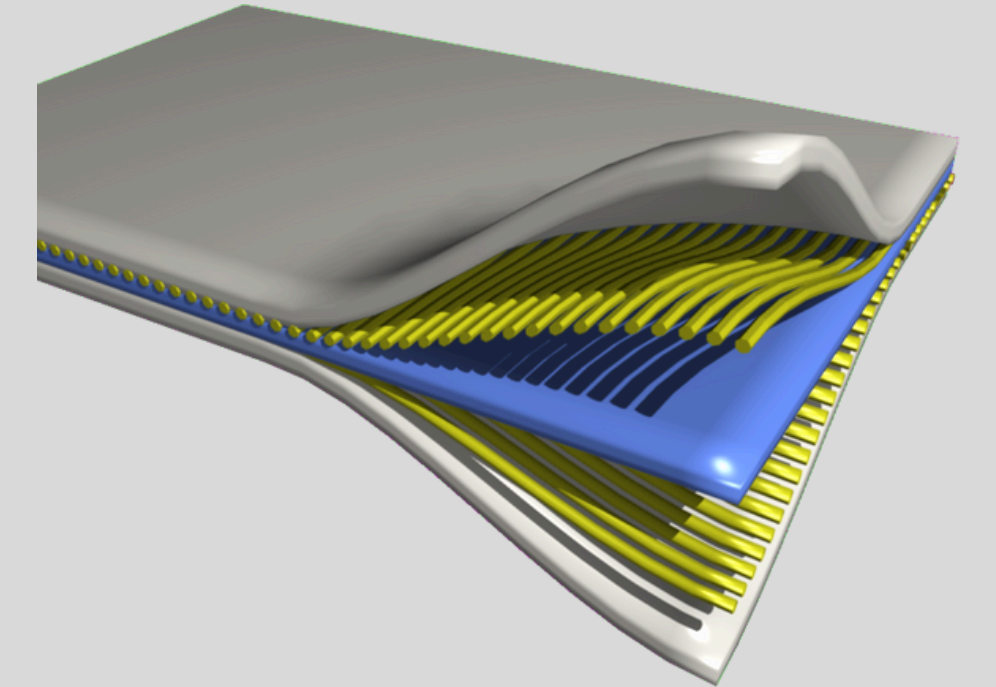
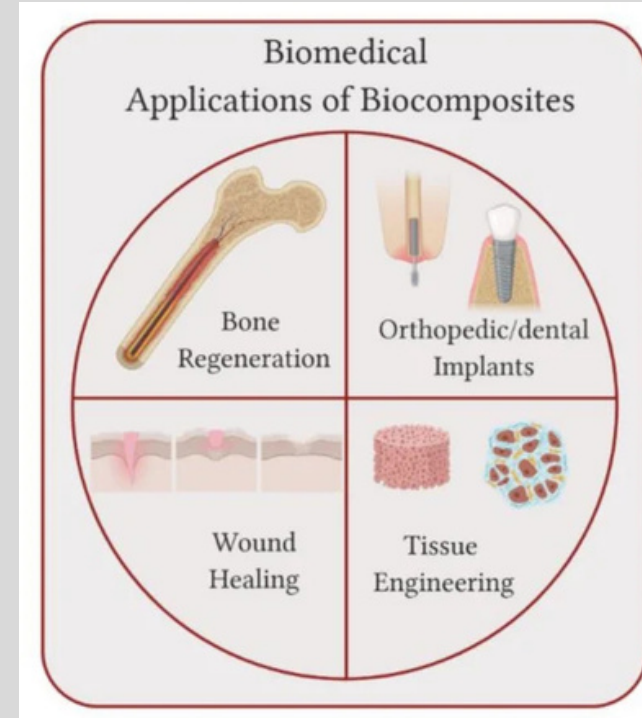
## Polivinilklorür (PVC)

Normalde sert ve kırılğan özelliğe sahiptir ancak içine plastikleştirici denen malzemelerden ilave edildiğinde yumuşak ve esnek hale gelebilirler. PVC kan ve çözelti depolama torbalarında ve cerrahi paketlemelerde kullanılır. PVC tüpler ise yaygın olarak, damar içi uygulamalarda, diyaliz cihazlarında, sonda ve kanüllerde kullanılır.



# BİYOKOMPOZİT MALZEME

**BİYOKOMPOZİT MALZEMELER:** Kompozit, farklı kimyasal yapıdaki iki ya da daha fazla sayıda malzemenin, sınırlarını ve özelliklerini koruyarak oluşturduğu çok fazlı malzeme olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla kompozit malzeme, kendisini oluşturan bileşenlerden birinin tek başına sahip olamadığı özelliklere sahip olur. Her bileşen biyouyumlu olmalıdır. Kompozitler, yüksek dayanıma ve düşük elastik modülüne sahiptirler. Ayrıca, kompozit malzemenin bileşimi değiştirilerek, implantın vücuttaki kullanım alanlarına göre mekanik ve fizyolojik şartlara uyum sağlaması kolaylaştırılabilir. Kompozit malzemeler, homojen malzemelere oranla, yapısal uyumluluğun sağlanması açısından daha avantajlıdır. Örneğin, kompozit malzemelerle geliştirilen kemik benzeri iskeleler yaygın olarak kullanılıyor. Kafatası yapılandırma; kemik kırığı onarımı; diz, ayak bileği, diş, kalça ve eklem protezleri gibi çeşitli uygulamalar kompozit malzemelerle başarılı bir şekilde gerçekleştirilebiliyor.

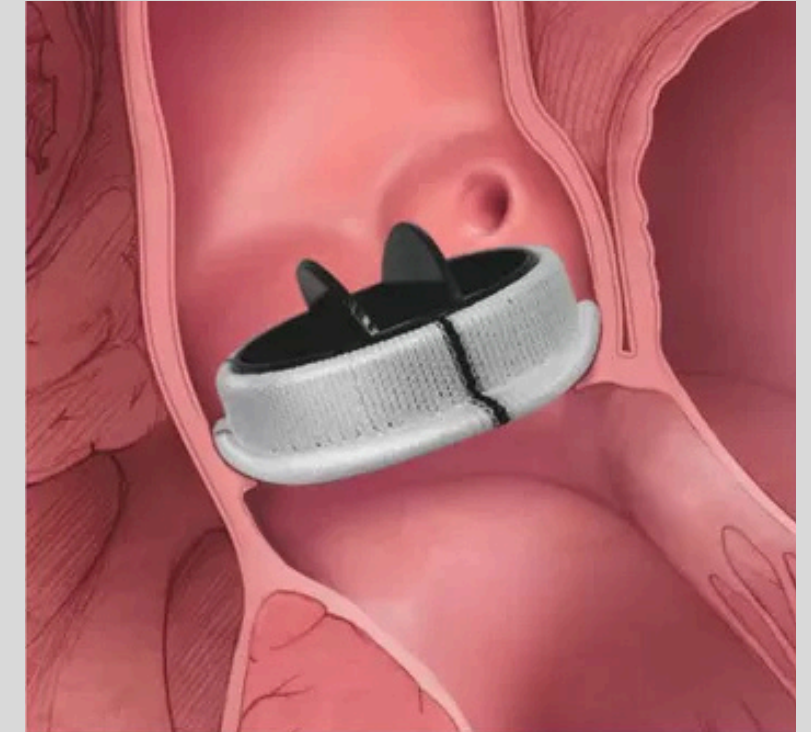




# METALİK BİYOMALZEME

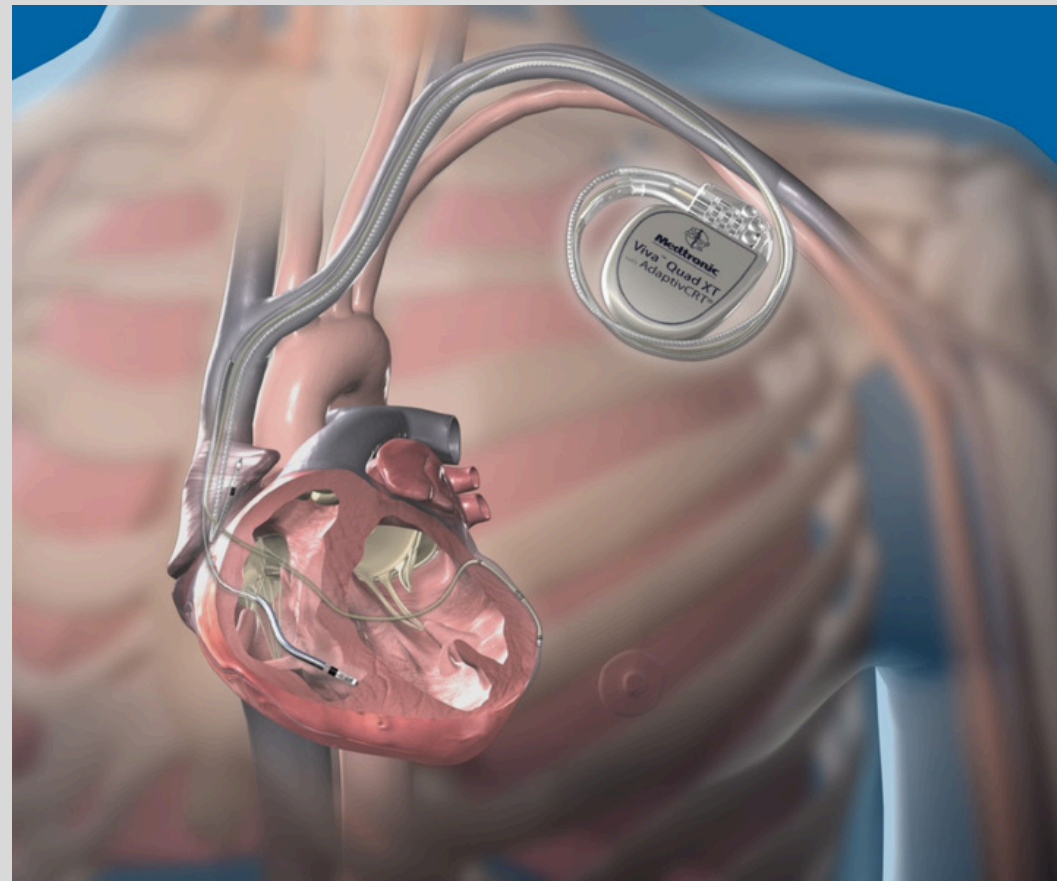
Sahip oldukları kristal yapıları ve güçlü metalik bağlar sayesinde metal alaşımlar, biyomalzemeler arasında en çok tercih edilen malzemelerdendir. Eklem protezi, kemik yenileme malzeme ve dental uygulamalarda kullanıldığı gibi kalp-damar cerrahisinde, kalp kapakçığı ve yapay kalp parçaları gibi uygulama alanları da vardır.

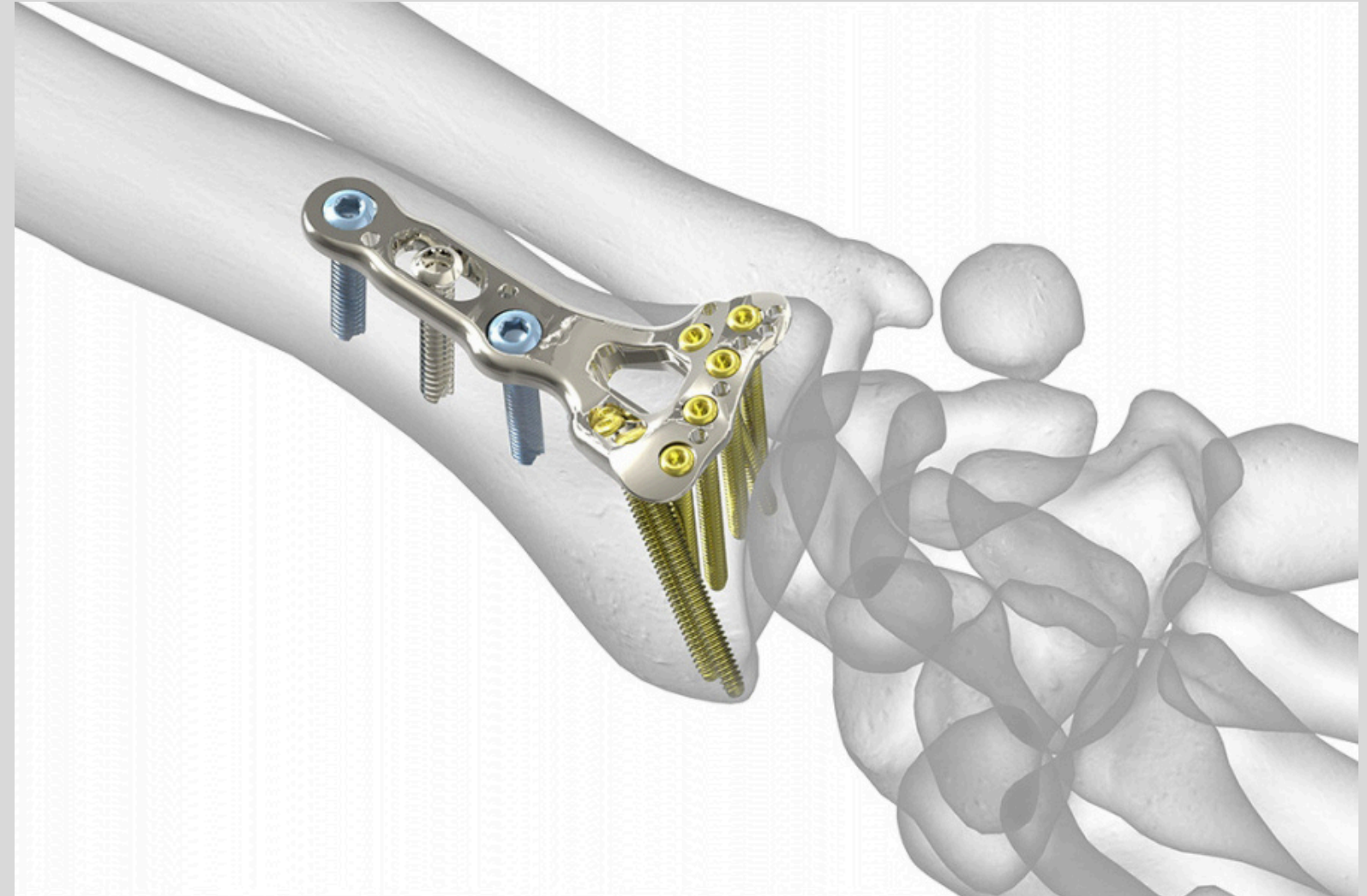
Tıp alanında kullanılan biyometaller genellikle Al, Fe, Cr, Co, Ni, Pt alaşımlarından imal edilmektedir. Bu alaşımların dışında Au, Ag, Hg alaşımları da kullanılır.



Biyometalik malzemeler yüksek mukavemet sahiptirler. Son yıllarda geliştirilen biyometalik malzemelerin korozyona karşı olan direncide son derece arttırılmıştır ve daha biyouyumlu hale getirilmiştir. Ayrıca üretim yöntemlerinin gelişmesiyle de yorulma dayanımı ve kullanım ömürleri son derece arttırılmıştır.

Biyometalik malzemeler daha önce belirtilen kullanım alanlarının dışında en yaygın olarak teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan tıbbi cihazlarda kullanılmaktadır. Kalp pilleri ve işitme cihazları bunlara örnek olarak verilebilir.





# BİYOMETALİK MALZEMELERİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

## AVANTAJLARI:

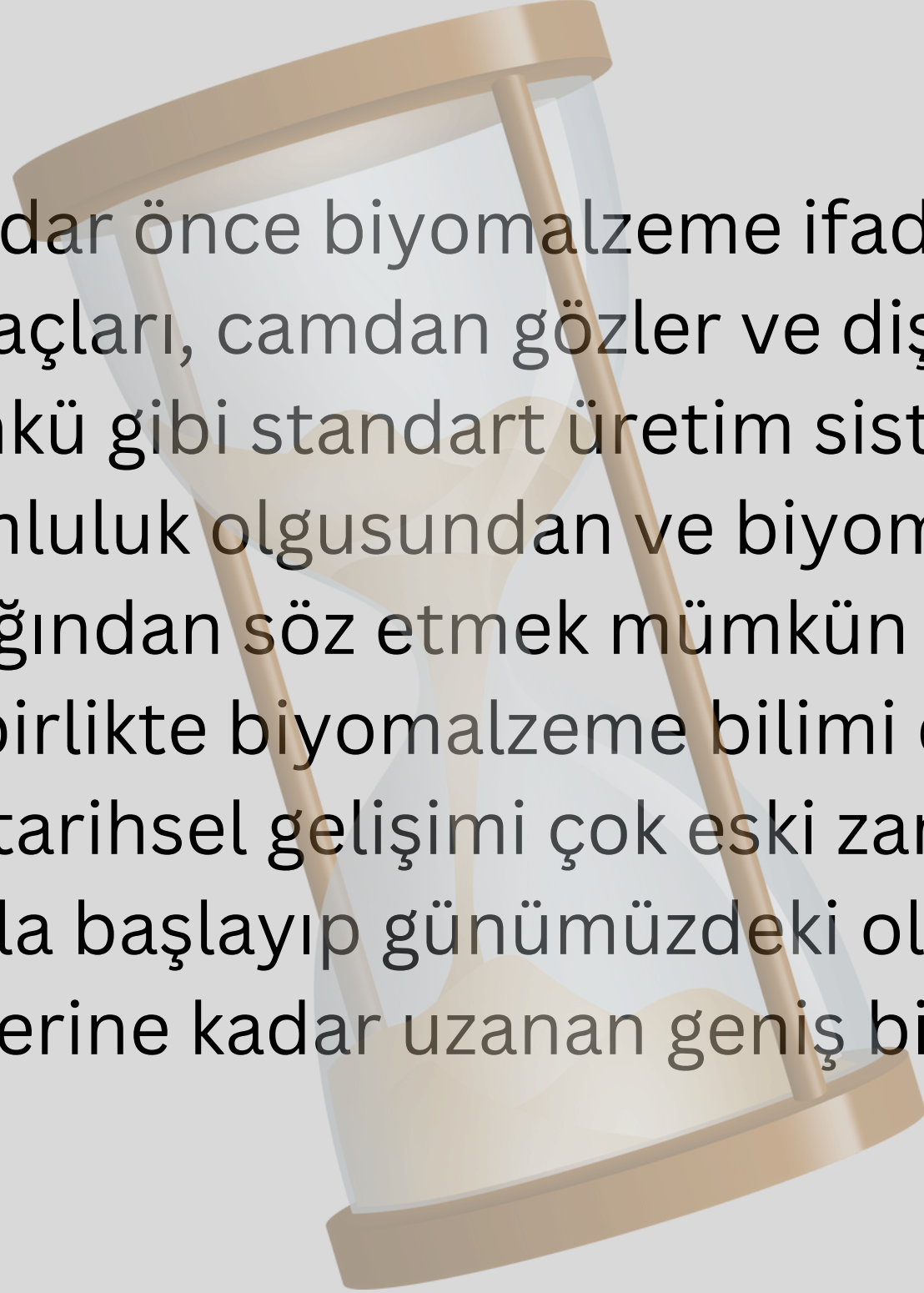
- Yüksek güçtedirler.
- Eskimeye ve yorulmaya dirençleri yüksektir.
- Üretimi ve sterilizasyonu kolaydır.
- Şekil hafızaları vardır.

## DEZAVANTAJLARI:

- Dokulara göre çok serttir.
- Yüksek yoğunluğa sahiptirler .
- Alerjik doku reaksiyonlarına neden olabilecek metal iyonu. salımı yapabilirler.
- Metalik görünüm.
- Korozyona uğrayabilirler.

# BİYOMETALLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Bundan yaklaşık yüz yıl kadar önce biyomalzeme ifadesi kullanılmıyordu. Protez uzuvlar, kırık sabitleme araçları, camdan gözler ve diş dolguları gibi uygulamalar yapılıyordu ancak bugünkü gibi standart üretim sistemleri yoktu. Resmi onay süreçlerinden, biyouyumluluk olgusundan ve biyomalzemeler üzerine yeterli akademik bilginin varlığından söz etmek mümkün değildi. Elbette bilim ve teknolojideki gelişmelerle birlikte biyomalzeme bilimi de sürekli biçimde değişti ve gelişti. Biyomalzemelerin tarihsel gelişimi çok eski zamanlarda işlenmemiş doğal malzemelerin kullanımıyla başlayıp günümüzdeki oldukça karmaşık ve yüksek mühendislik ürünlerine kadar uzanan geniş bir dönemi kapsıyor.



Süreç içerisinde bilim insanları başta olmak üzere pek çok paydaş; fikrin ortaya konmasıyla başlayan tasarım, üretim, test etme ve uygulama gibi aşamaları tekrar tekrar uygulayarak en iyi sonucu elde etmeye ve böylece insanların hayatını iyileştirmeye katkıda bulunmaya çalıştı. İstenilen başarıyı yakalayamayan çalışmalar da zamanla yerlerini hayat kurtaran yeni gelişmelere bıraktı. Tüm bu çabalar günümüzde de aralıksız bir şekilde artarak devam ediyor.

# BİYOMETALLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

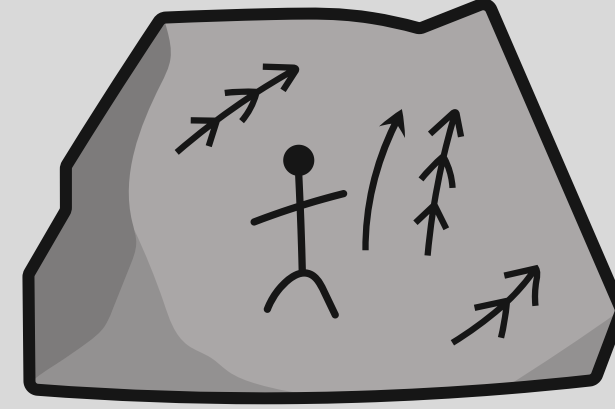
**MÖ 1065-740**

Tarihteki ilk protez  
Eski Mısır dönemine  
tarihlenmiş bir  
mumyaya ait protez  
parmak



**MS 200**

Avrupa  
Dövme demirden  
protez diş



**Yaklaşık 9000 yıl önce**  
**Kennewick Adam** vücuda  
gömülü mızrak ucu ile  
yaşamını sürdürebilme  
vücudun yabancı maddelerle  
başa çıkma kapasitesini  
gösteren ilk örnek

**1930-1931**

**Albert s. Hyman ve  
Dr. Mark C. Lidwill** ilk  
taşınabilir kalp pili  
cihazı

**1891**

**Theodore** ilk  
kalça protezi  
uygulaması

**1809**

**J.Maggiolo**  
Altın diş kökleri ile  
kemik içi  
implantların ilk  
uygulanması

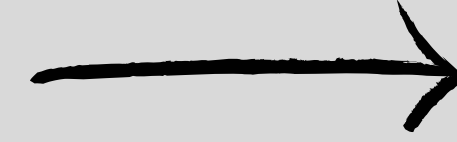
**1937**

**Vladimir P. Demikhov** ilk mekanik kalp destek cihazı (yapay kalp) tasarımı ve uygulaması



**1950 'ler**

Biyoinert (vücuda yerleştirildiğinde çevresindeki doku ile etkileşime girmeyen) malzemeler, metal ve alaşımlarının biyomalzeme olarak yaygınlaşması



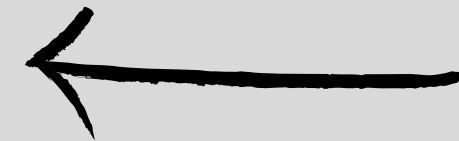
**1952**

**Charles Hufnagel**  
Çalışan bir kalbe yapay kalp kapakçığı uygulaması



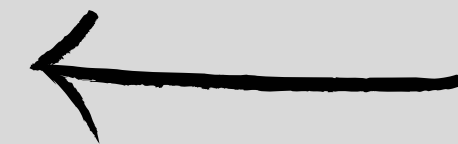
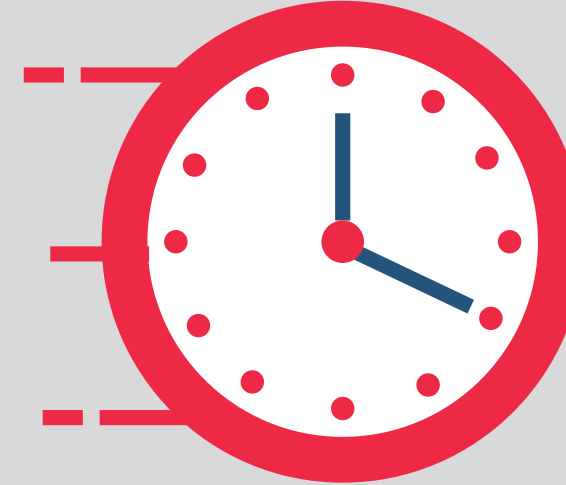
**1952-1969 Dr. Per-Ingvar Branemark**

Cerrahi işlem ve diş tedavilerinde titanyum implantların uygulanma ve canlı kemik dokusu ile implant yüzeyi arasındaki direkt bağlantı (osseointegrasyon) teriminin ortaya çıkışı



**1959**

**Wilson Greatbach ve W.M. Chardack**  
Vücuda yerleştirilebilir ilk kalp pili

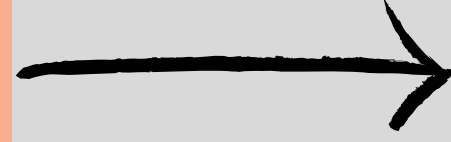


**1957 Willem Johan Kolff**  
hayvanlarda yapay kalp uygulaması



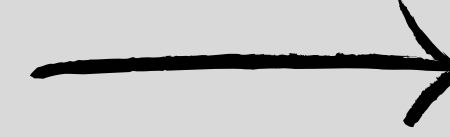
### 1960'lar: İlk Nesil Biyometalik Malzemeler

- Paslanmaz çelik : İlk biyometalik malzemelerden biri olup protezler ve sabitleyicilerde yaygın olarak kullanılmıştır.
- Kobalt-krom alaşımları: Yüksek aşınma direnci sayesinde dental protezlerde ve kalça eklemlerinde kullanılmaya başlandı.
- Titanyum : Hafif, korozyon direnci yüksek ve biyouyumlu olduğu için implantlarda devrim niteliğinde bir malzeme oldu.



### 1970-1980'ler: İleri Biyometalik Alaşımlar

- Titanyum alaşımları: alaşımlar geliştirildi ve biyomedikal implantlarda yaygınlaştı.
- Nikel-titanyum: Şekil hafızalı alaşım olarak tanıtıldı. Ortopedik cihazlar ve stentlerde kullanımı başladı.
- Kobalt-krom-molibden: Daha iyi aşınma direnci için modifiye edilerek eklem protezlerinde tercih edildi.

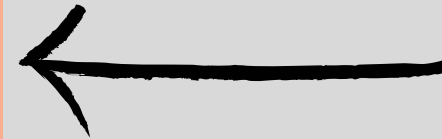


### 1990'lar: Yüzey Modifikasyonları ve Kaplamalar

- Hidroksiapatit kaplama: Kemik ile entegrasyonu artırmak için biyometalik malzemelere uygulandı.
- Plazma püskürtme kaplama: Yüzey biyouyumluluğunu iyileştirdi.
- Titanyum oksit kaplama: Korozyon direncini artırmak için kullanıldı.

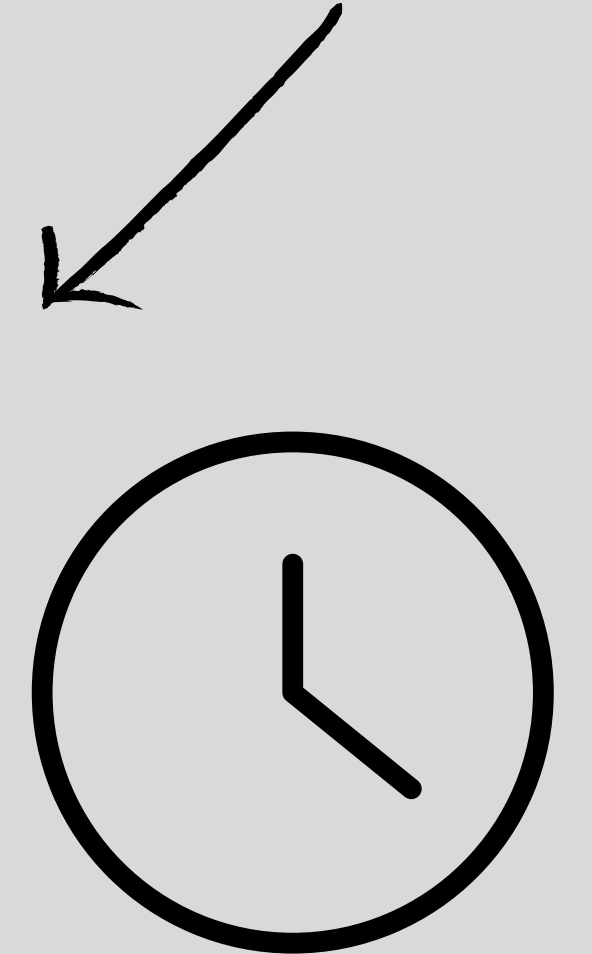
### 2010'dan Günümüze: Yeni Nesil ve Fonksiyonel Malzemeler

- Biyobozunur magnezyum alaşımları: Gelişmiş kontrol mekanizmaları sayesinde damar stentleri ve ortopedik uygulamalarda kullanılıyor.
- Çok işlevli kaplamalar: İlaç salımı yapabilen veya antibakteriyel özellik taşıyan yüzey kaplamaları popüler hale geldi.
- 3D baskı biyometalikler: Kobalt-krom ve titanyum alaşımları gibi malzemeler, bireysel hastalara özel implant üretiminde kullanılıyor.
- Grafen kaplamalar: Tribolojik ve antibakteriyel özellikler için biyometalik malzemelerde uygulanıyor.
- Tantalum: Yüksek gözenekli yapısı sayesinde kemik hücrelerinin büyümesine olanak tanıyan malzeme olarak geliştirildi.



### 2000'ler: Hafif ve Akıllı Malzemeler

- Magnezyum alaşımları: Geçici implantlar için biyobozunur malzemeler olarak tanıtıldı. Ancak kontrollü bozunma gereksinimi vardı.
- Şekil hafızalı alaşımlar (Nitinol): Stentler ve minimal cerrahide kullanım alanı genişledi.
- Titanyum zirkonyum alaşımları : Daha yüksek mekanik dayanım ve biyouyumluluk sunar.



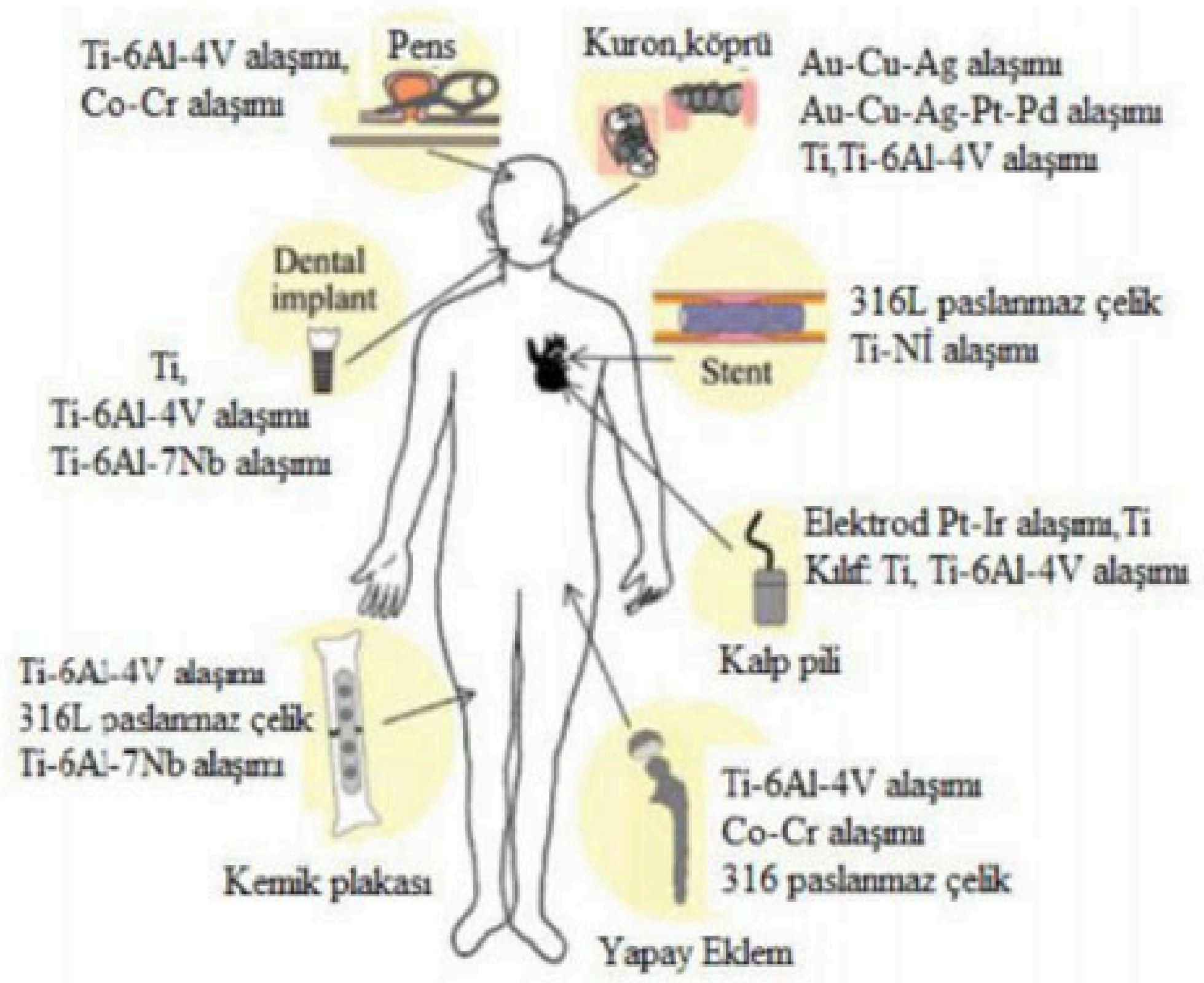
# BİYOMETALİK MALZEMELERİN KULANIM ALANLARI

## UYGULAMA ALANI

- \*Eklemler
- \*Kırık kemik uçlarını tespitite kullanılan ince metal levhalar
- \*Diş implantları
- \*Kalp kapakçıkları
- \*İç kulak kanalında

## MALZEME TÜRÜ

- Titanyum
- Titanyum- Alüminyum- Vanadyum alaşımları
- Paslanmaz çelik, Kobalt-Krom karışımları
- Titanyum, Alümina, Kalsiyum fosfat
- Platin elektrotlar



# BİYOMETALİK MALZEMELERİN KULANIM ALANLARI

Metalik malzemelerin kullanılması da klinik açıdan oldukça önemli görülüyor. Kullanılan başlıca metal ve alaşımlar arasında paslanmaz çelik, titanyum ve alaşımları, kobalt-krom alaşımları, alüminyum alaşımları, zirkonyum-niyobyum ve tungsten alaşımları bulunuyor. Metal biyomalzemelerin yaygın uygulamaları arasında yapay kalp parçaları, kalp pilleri, klipsler, kateterler, tıbbi cihaz ve ekipmanlar, kemik sabitleme cihazları, diş malzemeleri, radyasyon koruyucular, plaka ve vidalar ile çeşitli protez ve ortodontik cihazlar sayılabilir. Kristal yapıları ve çok güçlü metalik bağlar nedeniyle üstün mekanik özellikler taşıyan metal ve alaşımlarının biyomalzeme alanındaki payı çok büyüktür. Bir yandan ortopedik uygulamalarda eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak kullanılırken, öte yandan çene cerrahisinde, diş implantlarında, kalp damar cerrahisinde de kullanılmaktadırlar. İnsanlarda kullanılmak için geliştirilen ilk metal alaşımı olan vanadium çeliği kırık kemiklerin tedavisinde vida ve plaka olarak kullanılmıştır. Ayrıca, demir(Fe), krom(Cr), kobalt(Co), nikel(Ni), titanyum(Ti), tantalyum(Ta), niyobyum(Nb), molibden(Mo) ve tungsten(W) den imal edilmiş olan alaşımları vücut içerisinde belli bir süre kullanımı uygun görülmüştür.

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. Metalik biyomalzemeler saf metal veya alaşım elemanlarına göre sınıflandırılırlar.

Bunlar;

- **Paslanmaz çelikler**
- **CoCr alaşımları**
- **Ti alaşımları**

# METAL BİYOMALZEMELERDE ÇELİK

**Biyometalik malzeme olarak kullanılan çelikler 2 'ye ayrılır**

1. Demir, Karbon ve eser miktarda Fosfor , Silisyum , Mangan'dan oluşan Karbon çelikleri
2. %1 den düşük Karbon oranına sahip, diğer metal ve ametalleri içeren Alaşım Çelikleri

Günümüzde karbon çeliklerin yerini alaşım çeliklerine bırakmıştır. Alaşım çelikleri yüksek maliyetler ve uygulanması zor ısıl işlemlere tabi tutulmasına rağmen korozyon ve ısıl dirençleri çok yüksektir. Özellikle alaşım yapısına katılan Al aşınma direncini arttırırken, yüksek miktardaki Cr aşınma ve ısıl direnci önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu çeliklere **paslanmaz çelik** denir.

ÇELİK KAFES DİŞ PROTEZ

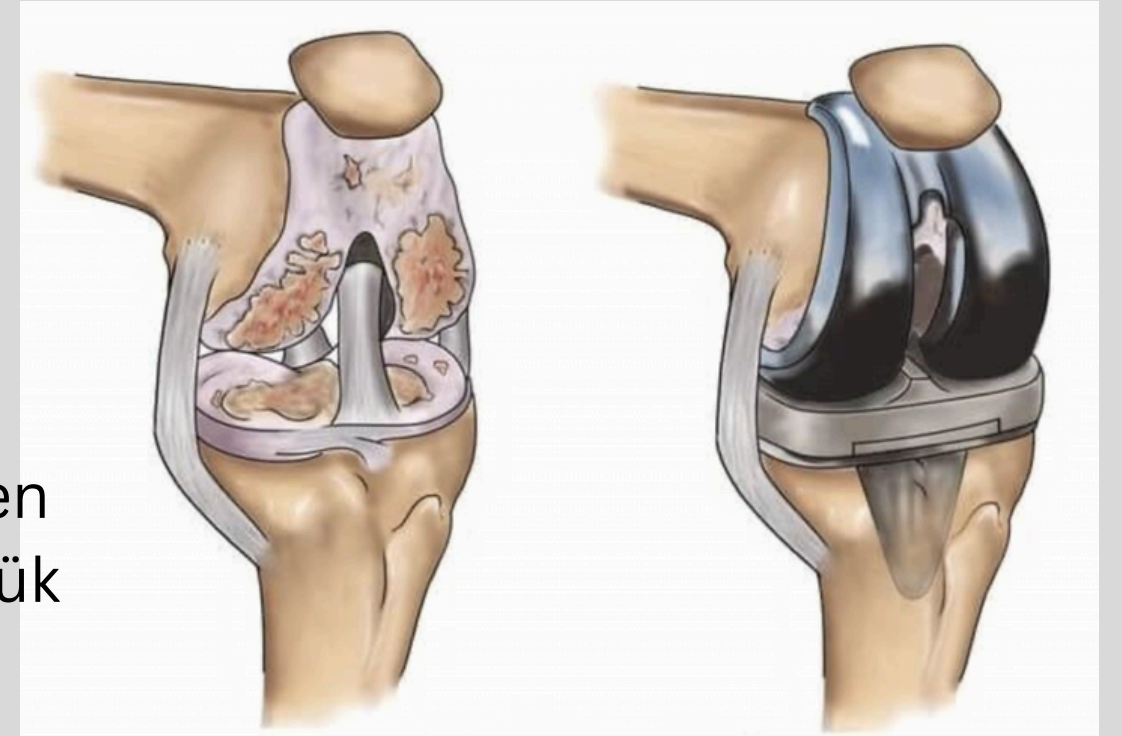


## \* EN ÇOK KULLANILAN PASLANMAZ ÇELİK TÜREVI

% 60-65 Fe  
% 17-19 Cr  
% 12-14 Ni

## \* İYİ PASLANMAZ ÇELİK

Ostenit (yüzey merkezli kübik)  
Ferrit, karbür, sülfid kalıntılarını içermeyen  
Tanecik boyutu 100 mikrometre den küçük  
Tek boyutlu taneciklere sahip



# METAL BİYOMALZEMELERDE KOBALT

## Co içeren biyometalik alaşımlar;

Bu alaşımlar temel olarak Co-Cr-Mo ve Co-Ni-Cr-Mo alaşımı olarak 2 çeşide ayrılır.

Co-Cr-Mo uzun yıllardır dental alanda kullanılmaktadır.

Co-Ni-Cr-Mo ise daha yeni bir malzeme olup ağır yüke maruz kalan diz ve kalça protezlerinde kullanılır.

Temel bileşenleri Co (% 65) ve gerisi Cr' dur. Daha ince tanecikler elde etmek için Mo de ilave edilebilir.

## Co temelli alaşımlar kullanılarak implantların üretimi;

- Önce bir parafin desen oluşturulur.
- Desen refrakter bir mazlemeyle kaplanır.
- Parafin fırınlanma ile eritilip uzaklaştırılır.
- Kalıp yüksek sıcaklığa ısıtılarak parafin kalıntısı ya da gaz oluşturabilecek yapılar uzaklaştırılır.
- Eritilmiş alaşım (1400 °C), kalıba (800-1000 °C) dökülür.



# METAL BİYOMALZEMELERDE TİTANYUM

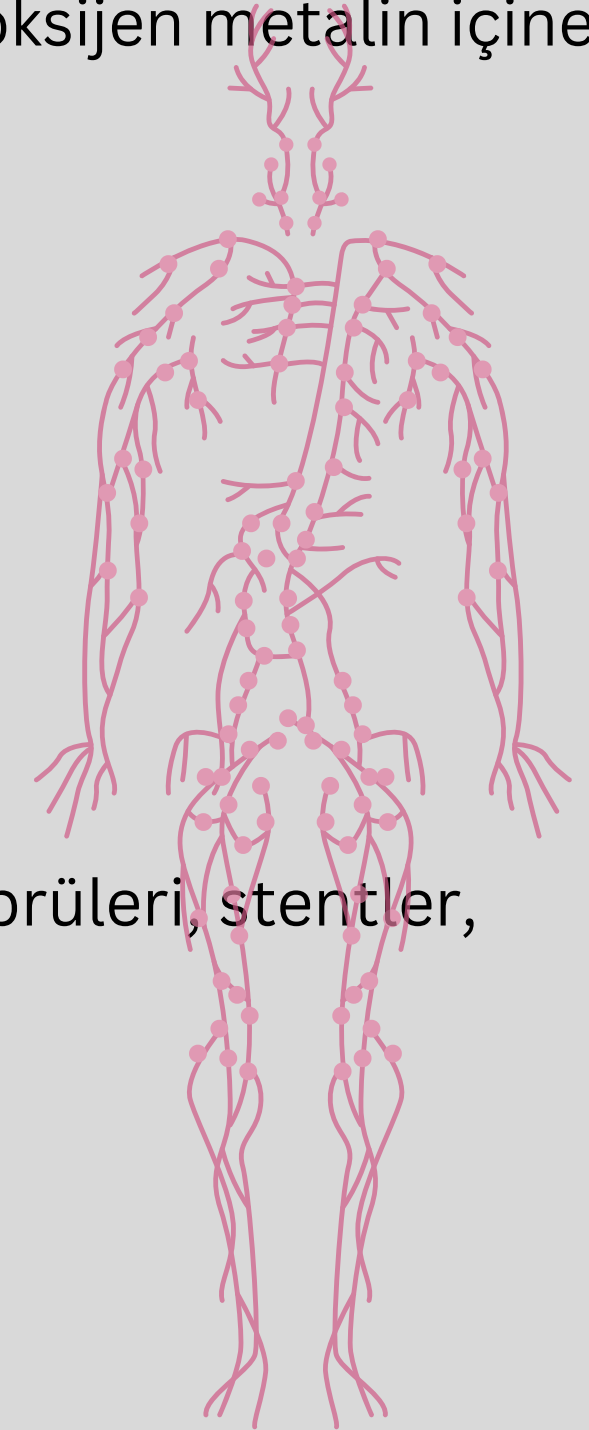
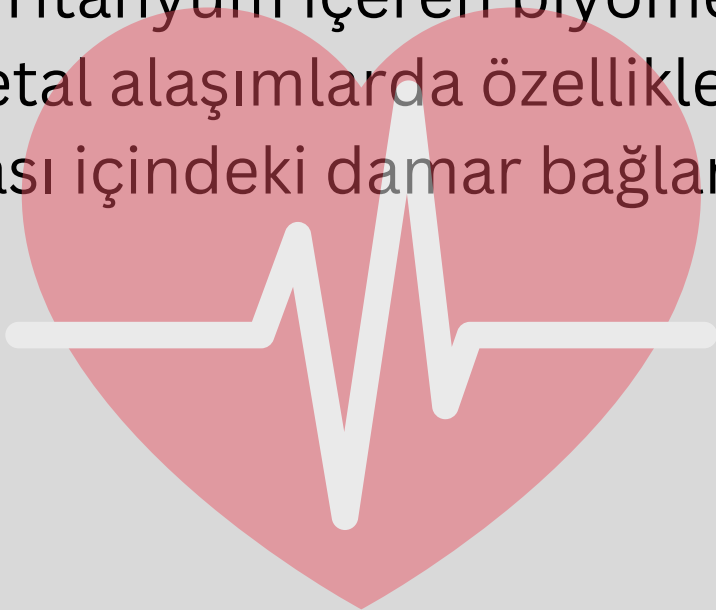
Titanyum içeren biyometalik alaşımlar kobalt alaşımlara göre daha hafif bir malzemedir. Ancak saf titanyumun özel bir yanı bulunmaktadır. Bu malzeme yüksek sıcaklıklarda yüksek reaktiflik özellik gösterir ve ortamdaki oksijen ile reaksiyona girerek patlar. Bu nedenle titanyumun yüksek sıcaklık uygulamalarında inert bir atmosfere gerek duyulur ya da vakum altında eritilir. Oksijenin bulunduğu ortamda ise oksijen metalin içine geçer ve metali kırılganlaştırır.

## Titanyum Temelli Alaşımlar

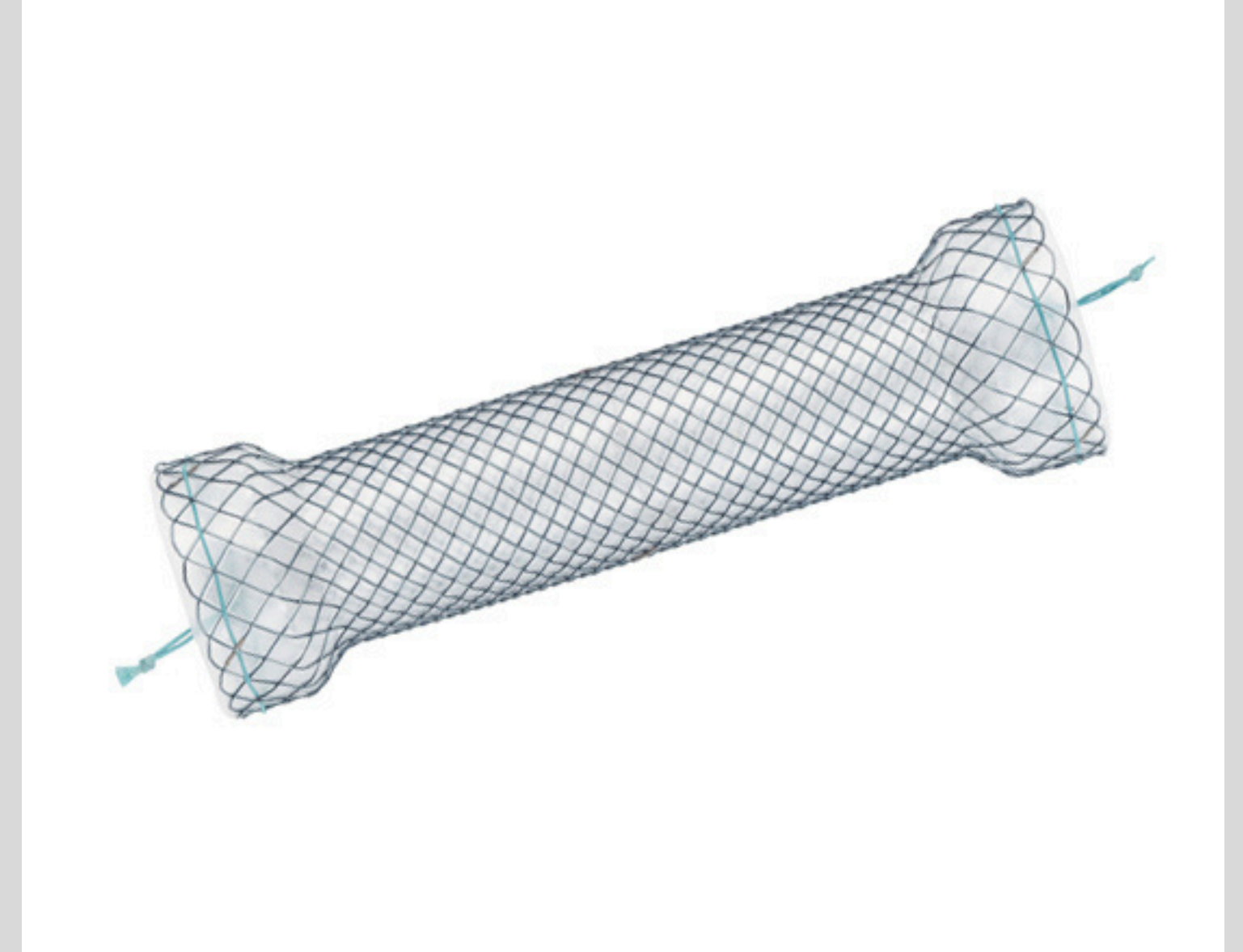
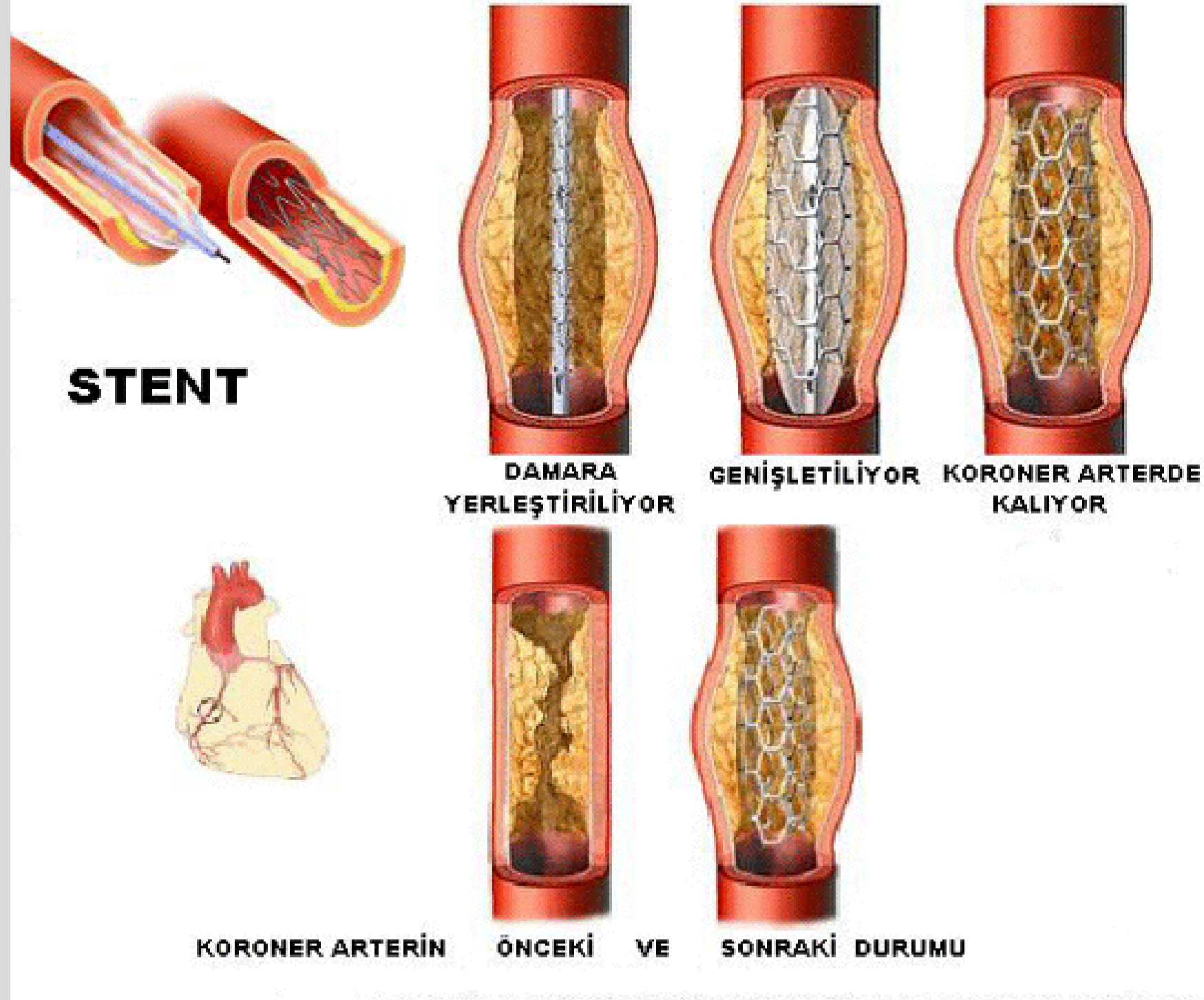
- Daha hafif
- İyi mekanik özellikler
- $TiO_2$  katı oksit tabakasından dolayı korozyona karşı iyi direnç
- N, O, Fe, H, C gibi safsızlıklar içerir.
- Safsızlıklar gücü arttırırken yumuşaklığı azaltır.

Nikel-Titanyum içeren biyometalik alaşımlar

Bu metal alaşımlarda özellikle “şekil hafıza etkisi” yüksektir. Bu özellikleri nedeniyle diş köprüleri, stentler, kafatası içindeki damar bağlantıları ve ortapedik protezlerin üretiminde tercih edilirler.



# METAL BİYOMALZEMELERDE TİTANYUM



ANJİYO

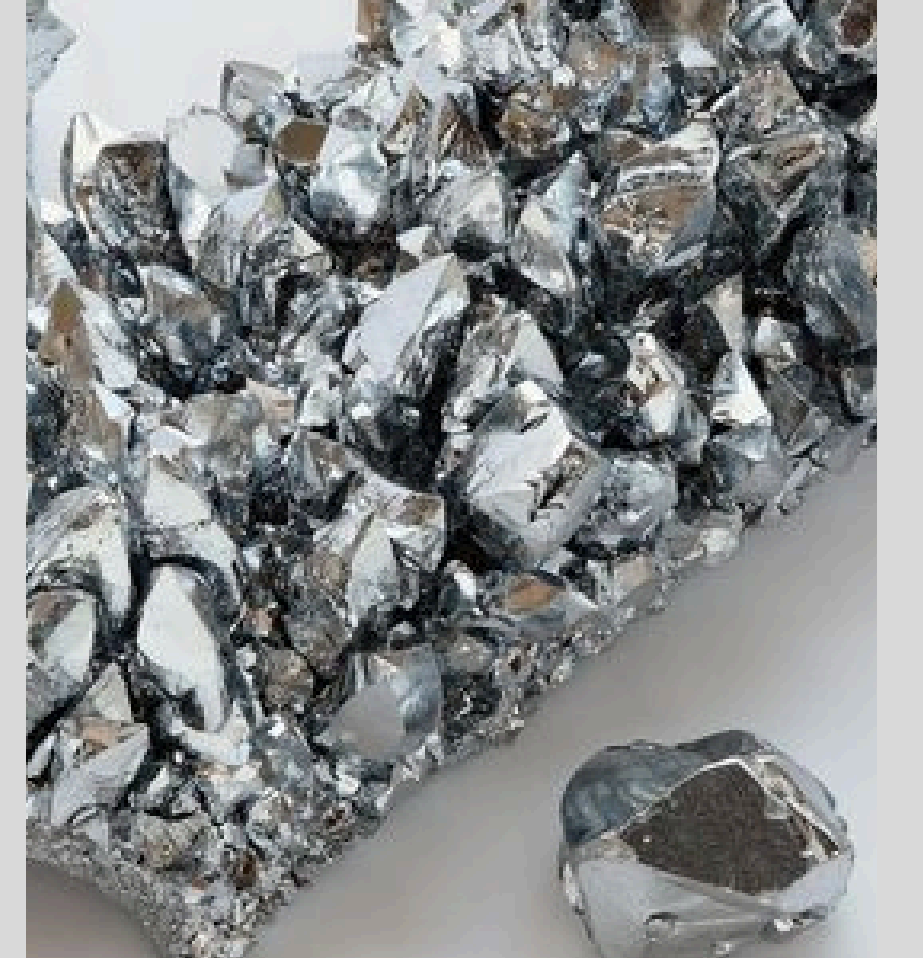


# DIĞER METALLER

**Çinko (Zn):** Çinko, sağlıklı kemiklerin büyümesi, gelişmesi ve bakımı için gerekli olan en önemli metallere biri olarak kabul edilir. Zn esaslı biyomalzemeler, son zamanlarda ortopedik cihazlara, kardiyovasküler stentlere ve diğer tıbbi uygulamalara uygulanabilen, umut verici yeni biyo-çözünür metal türleri olarak ortaya çıkmıştır. Diğer bozunabilir metalik biyomalzemelerle (Mg veya Fe esaslı) karşılaştırıldığında, Zn biyomalzemeler, hidrojen gazı oluşumu olmaksızın daha uygun bir korozyon hızına sahiptir.

Titanyum ve paslanmaz çeliklerle karşılaştırıldığında fiziksel ve mekanik özellikleri insan kemiği ile çok daha uyumludur .

**Tantalyum (Ta):** Gözenekli tantal, benzersiz bir dizi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip bir biyomalzemedir. Ta elementi yüzyıllardır biyouygulama alanında kullanımı olan metalik elementler arasında yer almaktadır. Güvenli ve hızlı kemik büyümesine izin vermek için tamamen birbirine bağlı gözeneklere sahip yüksek hacimli bir gözenekliliğe (%80) sahiptir .Kemik ve yumuşak doku ile entegrasyon için mükemmel bir yüzey görevi gören gözeneklilik ve sertlik açısından süngerimsi kemiğe benzer.Refrakter bir metal olan Ta, vasküler ligasyon klipslerinde, arteriyel stentlerde, tel örgülerde ve sütürlerde geniş uygulamalara alanlarında yer alır. Ta elementi ve Ta esaslı alaşımlar yüksek yoğunlukları, ergime noktaları, mükemmel şekillendirilebilirlikleri, iyi termal iletkenlikleri, yeterli kırılma toklukları (düşük sıcaklıklarda bile), korozyon direnci ve kaynaklanabilirlikleri ile biyomalzeme olarak giderek daha fazla kullanım alanına erişmiştir.



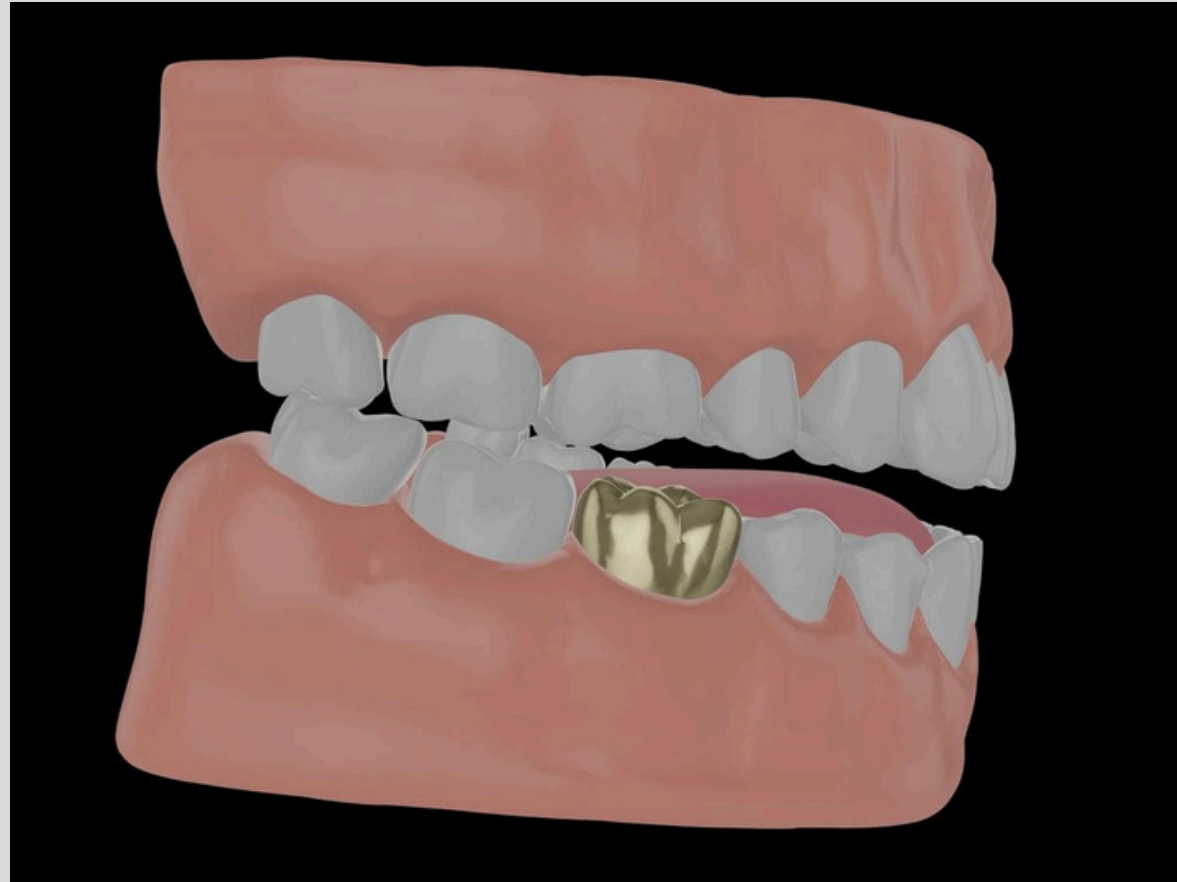


**Magnezyum (Mg):** Son yıllarda Mg alaşımları, kemik-doku mühendisliğindeki uygulamalar için umut verici biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler olarak ün kazanmıştır. Bununla birlikte, biyolojik olarak bozunabilir saf Mg'nin diğer metalik biyomalzemelere kıyasla iyi beklentilerine rağmen, bu malzemenin ortopedik uygulamalar için kullanılmasında çeşitli zorluklar vardır. Zorluklardan biri, vücudun fizyolojik yükünü sürdürmek için yetersiz olan ve dolayısıyla yük taşıyan bir implant olarak kullanımını engelleyen saf Mg'nin düşük mekanik mukavemetidir .Bu nedenle saf Mg'nin çeşitli alaşım elementleri ile güçlendirilmesi gerekmektedir.

**Zirkonyum (Zr):** 1990'ların başında diş protez cerrahisi için zirkonya ( $ZrO_2$ ) kullanıldı. Polimorfik zirkonya yapısı; zirkonyanın monoklinik (M), kübik (K) ve tetragonal (T) olmak üzere üç kristal formunda bulunur. Kristal formlar alaşımların mekanik özellikleri ile yakından ilgilidir. Zirkonya yüksek kırılma tokluğu ve mukavemeti, kimyasal kararlılık, üstün aşınma ve korozyon direnci, yüksek sertlik, düşük ısı iletkenlik ve biyouyumluluk gibi özellikleri ile biyomalzeme olarak kullanılmaya elverişli bir malzemedir. Zirkonya da, alumina gibi bulunduğu fiziksel ortam üzerinde inert etki gösterir. Çok daha yüksek çatlama ve bükülme direncine sahip olan zirkonya, uyluk kemiği protezlerinde başarıyla kullanılmaktadır



**Vanadyum (V):** V elementi, Nb elementi ile karşılaştırıldığında düşük ergime noktasına sahiptir ve düşük özgül ağırlıktadır . İnsanlarda kullanılmak için geliştirilen ilk metal alaşımı olan vanadyum çeliği kırık kemiklerin tedavisinde vida ve plaka olarak kullanılmıştır. Vanadyum çeliğinin, in vivo testler üzerindeki çalışmalar sonrası korozyon direncinin uygun olmadığını tespit edilmiş ve tıbbi uygulama alanlarında kullanılması sınırlandırılmıştır.

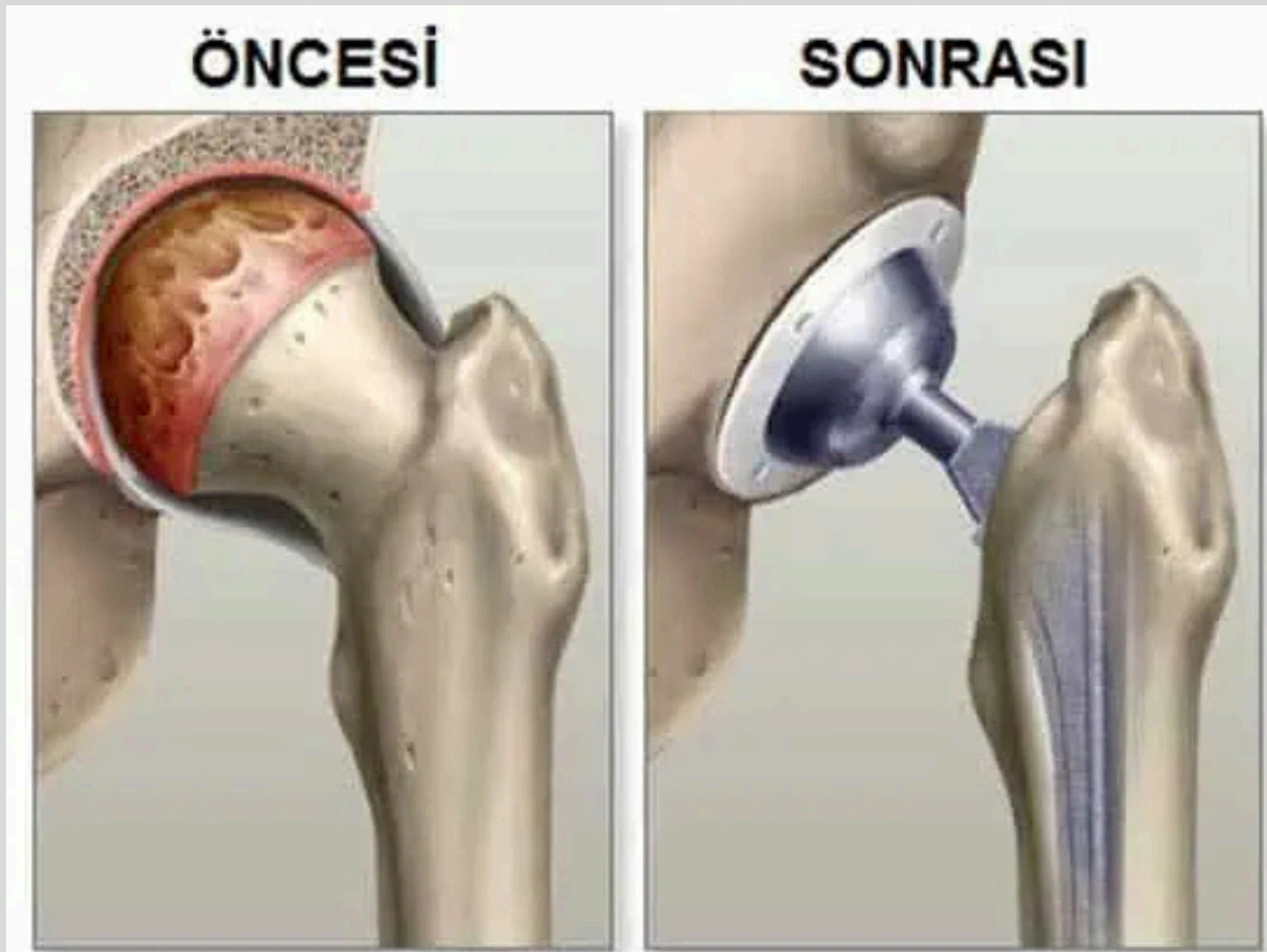


**Altın (Au):** Altın soy bir metal olarak, biyouyumluluğu yüksek bir elementtir. Alaşımlama ile mekanik özellikleri yükseltilebilir. Dişçilik uygulamalarında başlıca yapı malzemesi olarak kullanılır. Saf altına kıyasla altın alaşımlarının işlenebilirlik özellikleri daha fazladır. Ömürlerinin uzun olması, yüksek kararlılık ve yüksek korozyon direncine sahip olduklarından dolayı yararlı metaller olarak bilinir.

**Gümüş (Ag):** Atom numarası 74 ve ergime noktası 960.8 °C olan Ag metali özellikle; iyonlarının bakteriyi yok edici etkisinin olduğu ve güçlü bir inhibitör (hastalığın yayılmasını önlemede etkin rol sağlayan parametre) olarak kullanıldığı uzun zamandır bilinmektedir. Gümüş aynı zamanda, insan vücudunun içinde ve dışında bir antimikrobiyaldir. Az miktarlarda kullanıldığı zaman toksik değildir. Gümüş iyonları antiviral ve antifungal özelliklere de sahiptir ve dokuların yenilenmesinde rol oynayarak oldukça güvenli ve antimikrobiyal biyouyumlu malzeme olarak kabul edilmektedir. Gümüş elementinin biyomalzeme olarak kullanılmasının canlılar üzerinde bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, güneş ışınlarına uzun süre maruz kalan insanlarda deri, göz gibi pigmentleri tahrip edebilir veya vücut içerisinde organlara taşınarak konak üzerindeki doku ve organlara zarar verebilir. Ancak; gümüş diğer metallerle karşılaştırıldığında en az toksik metallerden biridir. İlk antibiyotik maddenin gümüş olduğu düşünülmektedir. Günümüzde ise, bakteriyel enfeksiyon risklerinin olduğu her yerde, bandajlar ya da yanık tedavisinde kullanılan ilaçlara kadar sağlık ürünlerinin çok geniş çaplı alanlarda antimikrobiyal olması açısından gümüş elementinden faydalanılmaktadır.



**Krom (Cr):** Yapı içerisindeki krom elementi yüzdesinin artması, alaşımın çözeltilere karşı olan korozyon direncini de arttırmaktadır bu durum ise onları biyomalzeme olarak kullanılması yönünden etkin kılar. Dişçilik ve ortopedi sektöründe kullanım alanları oldukça yaygındır. Co, Cr ve Ni yüksek toksik elementler olarak sınıflandırılmasına rağmen ,CoCrMo alaşımı toksik elementin iyon salınımını sınırlayan yüksek korozyon direnci nedeniyle yüksek biyouyumluluk gösterir.



**Platin (Pt):** Platin elementinin korozyona olan dirençleri yüksek olmasına rağmen mekanik özellikleri düşüktür bu yüzden; platin ve diğer soy metaller kalpte atınımların başlamasını uyaran otonom merkezde elektrot ya da sinirsel uyarım cihazları olarak kullanılır . Platin, tantal ve zirkonyum gibi elementlerin mekanik dayanımlarının yüksek olmaması nedeniyle implant olarak kullanım alanları sınırlıdır.

Sonuç olarak metalik biyomalzemeler geçmişten günümüze kadar gelip, bir çok metali içinde barındırarak hayatımızı kolaylaştırmak ve kurtarmak için hala gelişimini sürdürmektedir ve teknolojinin ilerlemesiyle de kendini yenilemeye, geliştirmeye devam edecektir.



# KAYNAKÇA

- <https://blog.aku.edu.tr/evcin/files/2020/10/8-seramik-malzemeler.pdf>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Biomaterial>
- <https://www.slideserve.com/duke/b-yomalzemeler-ve-mplantlar>
- <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjc-ri1yYuJAxVdRPEDHQoEKPMQFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fdergipark.org.tr%2Fen%2Fdownload%2Farticle-file%2F759213&usg=AOvVaw20Y7OyPy6-mn0MHC37U415&opi=89978449>
- <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/makale/gecmisten-gelecege-uzanan-biyomalzemeler>
- [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7202/mod\\_resource/content/0/12.%20Hafta.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7202/mod_resource/content/0/12.%20Hafta.pdf)
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2611780>

BENİ DİNLEDİĞİNİZ İÇİN  
TEŞEKKÜR EDERİM.

