Periprostetik Eklem İnfeksiyonlarının Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar

Seçil ÖZTÜRK DENİZ

Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi

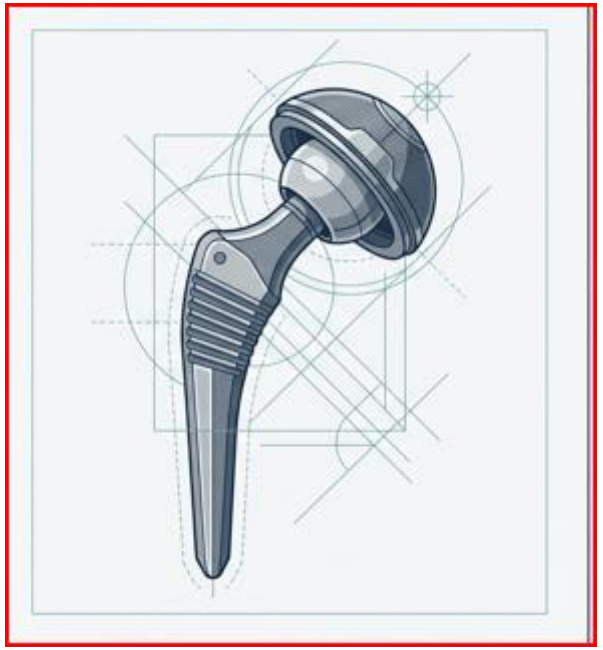
Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji AD

XXVI. Türk Klinik Mikrobiyoloji Ve İnfeksiyon Hastalıkları Kongresi

29 Nisan-3 Mayıs 2026 Royal Seginus Otel Lara/Antalya

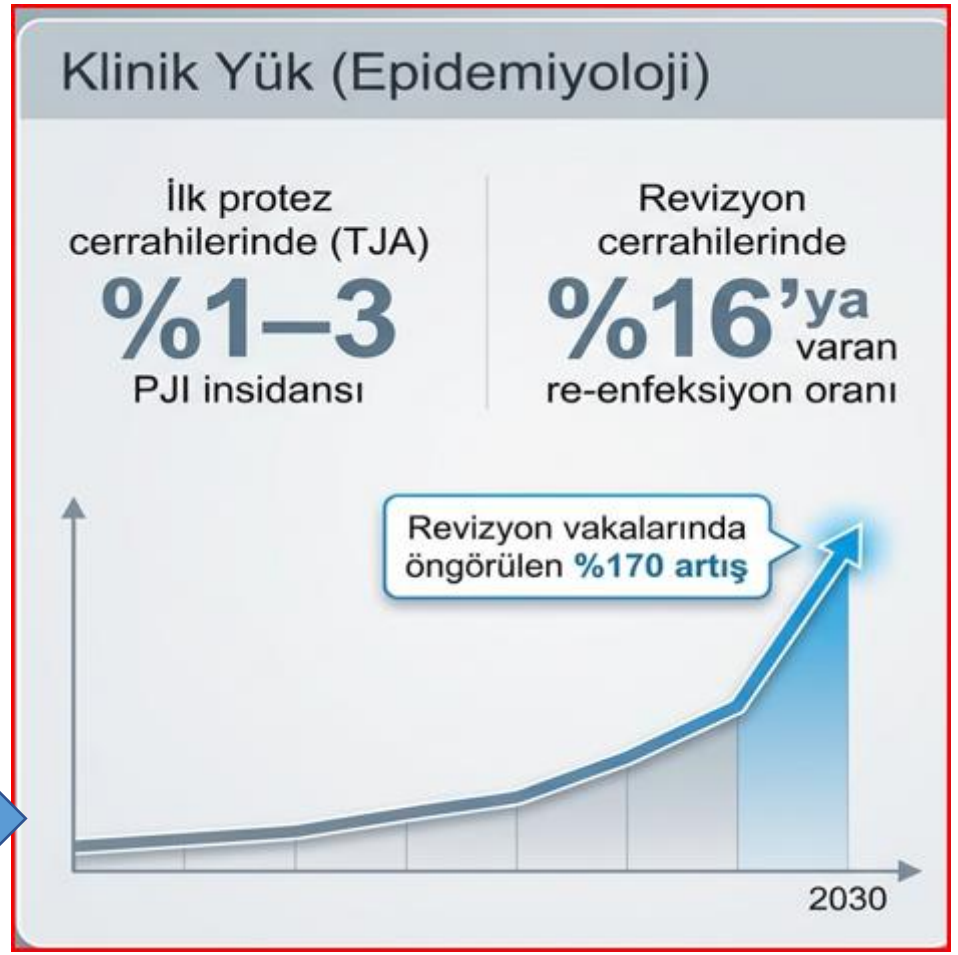
Epidemiyoloji

- **Protez:** Bir eklemdeki hasarlı veya aşınmış dokuların yerine konulan yapay cihaz veya implanttır.
- **Eklem replasmanı (Artroplasti)**
  - Total Kalça Protezi (TKP) ilk olarak 1960 yılında,
  - Total Diz Protezi (TDP) ilk olarak 1968 yılında yapıldı
- Son evre eklem hastalıklarının tedavisinde etkili bir yöntem haline gelmiştir.



Periprostetik Eklem Enfeksiyonu (PEİ)

- Eklem replasmanı (artroplasti) sonrası ortaya çıkan ciddi bir komplikasyondur.
- Cerrahi sonucu büyük ölçüde etkiler
- Hastanın yaşam kalitesini ciddi şekilde bozar
- Fiziksel ve ekonomik yük getirir

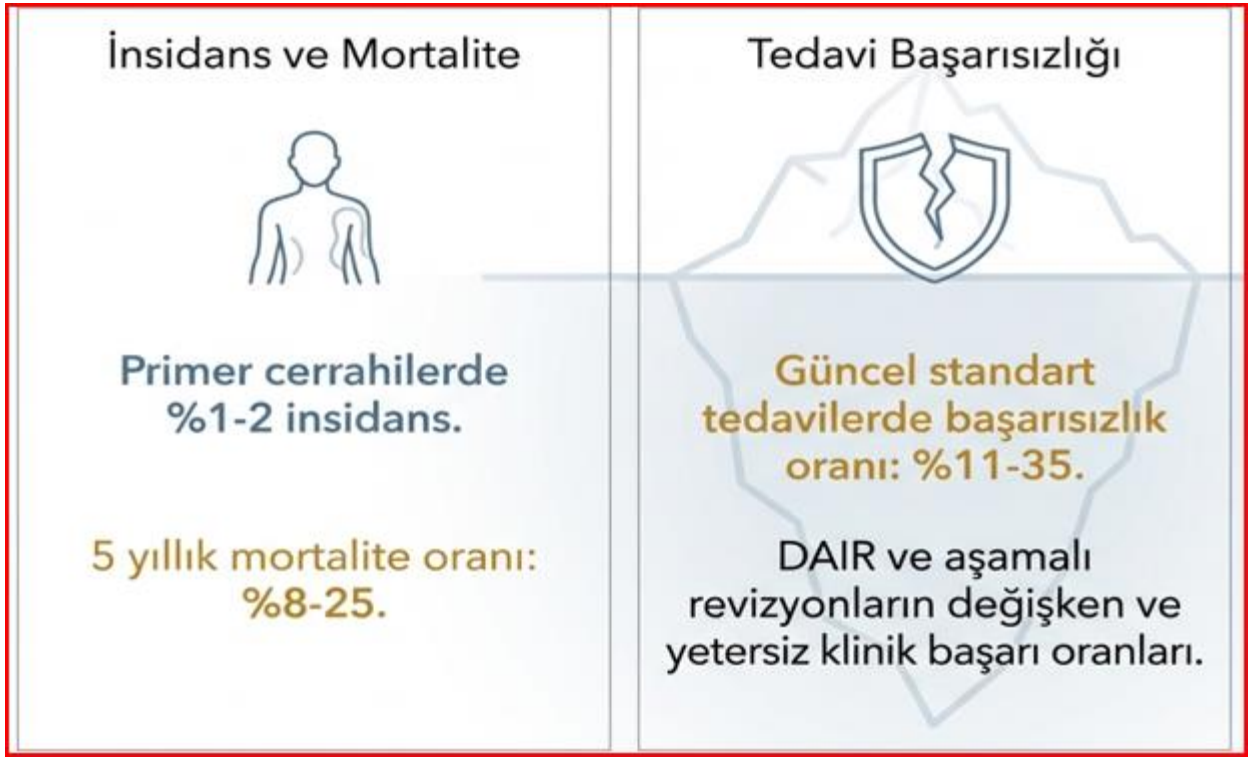


- Son yıllarda, artroplasti hacmindeki sürekli artışla birlikte, PEİ vakalarının sayısının da artması beklenmektedir.

ABD'inde çalışmada,
revizyon kalça vakalarının sayısının %68-176,
revizyon diz vakalarının sayısının ise %72-170 oranında artacağını öngörmüştür.

Hannon CP, Della Valle CJ, Heckmann ND, Meneghini RM, Fillingham YA. The Management of Chronic Periprosthetic Joint Infection: No Longer Is It "One Size Fits All". J Arthroplasty. 2025 Sep;40(9S1):S84-S91.
Xiong X, Xu J, Zhou B, Luo M, Gao J, Bi Q, Ying Q, Zhang J. Periprosthetic joint infection after arthroplasty: advances and future prospects. J Orthop Surg Res. 2025 Sep 26;20(1):850.

Periprostetik Eklem Enfeksiyonu (PEİ)



- PEE'nin artık "nadir bir komplikasyon" değil, stratejik bir "**sağlık sistemi krizi**"

- Epidemiyolojik risklerin bu denli yüksek olması, enfeksiyonu "tedavi etmekten" ziyade "**önlemeye"** yönelik çok boyutlu stratejilere geçişi zorunlu kılmaktadır.

Isler B, Welyczko Z, Jorgensen N, Davis J, Paterson DL. Advancing the management of prosthetic joint infections: a review of randomized controlled trials and emerging evidence. Antimicrob Agents Chemother. 2025 Oct;69(10):e0033825. doi: 10.1128/aac.00338-25. Epub 2025 Aug 14. PMID: 40810728; PMCID: PMC12486824.

Protez ve İnfeksiyon

- Protez cihazlar opsonik aktiviteyi bozar, nötrofillerin öldürme yeteneğini azaltır.
- PMN lökositler, protezi çevreleyen alana lizozomal enzimler ve süperoksit salgılar ve bu da doku hasarına ve lokal devaskülarizasyona neden olur.
- Polimetilmetakrilat polimerizasyonuyla üretilen ısı, bitişik kortikal kemiğe zarar verebilir ve devaskülarize nekrotik bir alana neden olur.
- İmplantasyondan sonra, protez eklemleri albümin, fibrinojen ve fibronektin gibi konak proteinleriyle kaplanır.

Book Chapter Bacterial Arthritis Download PDF Dora A. Lebron, Alexandra T. Stang and Paul P. Cook 7083, Firestein & Kelley's Textbook of Rheumatology, 112, 1976-1995.e3

İnfeksiyon ve Biyofilm

- İnfeksiyon gelişiminde önemli olan bir diğer faktör organizmaların biyofilm oluşturmalarıdır.
- Biyofilm: Yüzeyle sıkı ilişkili polisakkarit materyalden oluşan bir matrisle çevrili mikrobiyal hücre topluluğu
- *S. epidermidis* (polysaccharide/adhesin substance)*;* protez eklemler gibi yabancı cisimlere tutunma ve biyofilm oluşturma eğilimi fazladır.
- Hastanın cildinden veya mukozalarından veya cerrahların veya klinik personelin ellerinden gelen bu organizmaların az sayıdaki miktarı, implantasyon sırasında ortopedik cihazı kontamine ve kolonize eder.
- Stafilokok yüzey proteinleri (SSP)-1 ve SSP-2(fimbria-like polymers) yapışmayı kolaylaştırırlar.

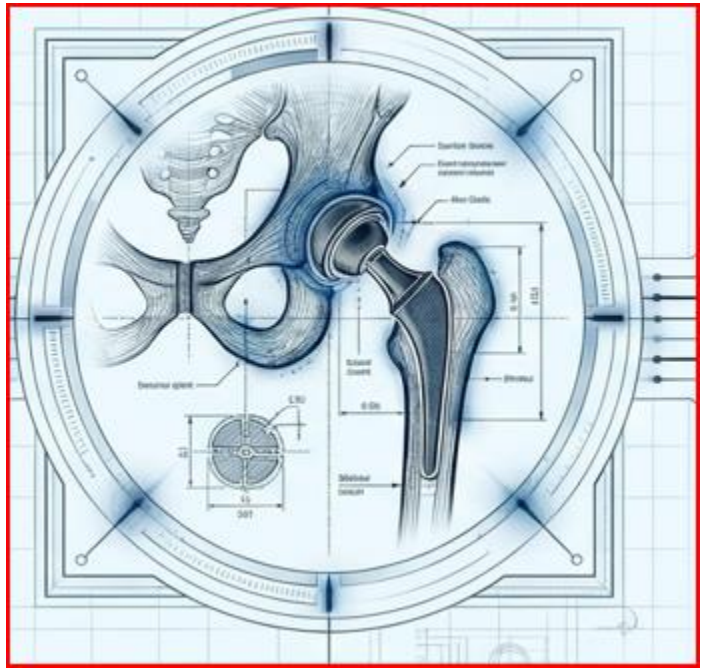
Book Chapter Bacterial Arthritis Download PDF Dora A. Lebron, Alexandra T. Stang and Paul P. Cook 7083, Firestein & Kelley's Textbook of Rheumatology, 112, 1976-1995.e3

Periprostetik Eklem İnfeksiyonlarının Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar

“Önlemeye" yönelik çok boyutlu stratejilere geçiş.

PEİ için **tanı kriterlerinin** evrimi

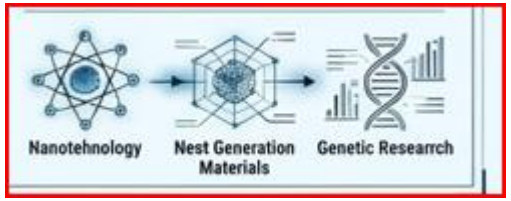
PEİ **tanı tekniklerindeki** gelişmeler



PEİ için tedavi stratejilerinin yönetimi

Cerrahi müdahale teknikleri

İmmünoterapiler.
Faj kokteyl tedavileri.
Ultrason ve elektrokimya tabanlı antibakteriyel teknolojileri.
Antibakteriyel kaplı implantlar (gümüş iyonları).
Lokal ilaç dağıtım sistemleri
Aşı çalışmaları ve Makine öğrenme modelleri



Önleme Protokolleri

Preoperatif (Ameliyat Öncesi)

- **Risk Optimizasyonu:** ⚠
  - HbA1c ≤ %7.0 hedeflenmesi
  - Malnütrisyon düzeltimi
  - Fructosamine > 293µmol/L ⚠ risk takibi
- **Dekolonizasyon:**
  - 5 günlük intranazal mupirosin + Klorheksidin (CHG) banyosu
- **Antibiyotik Profilaksisi:**
  - Kesi öncesi 1 saat içinde tek doz IV Sefazolin (MRSA riskinde Vankomisin eklemesi)

İntraoperatif (Ameliyat Sırası)

- **Cerrahi Alan:** ⚠
  - Ameliyat süresinin optimizasyonu (her 15 dk artış = %9 risk artışı)
- **İrigasyon:**
  - Kapatma öncesi 3 dakika %10 povidon-iyot solüsyonu ile eklem yıkaması
- **Kapatma:**
  - Katmanlı kapama ve ölü boşluğu yok eden dikensiz sütür kullanımı
  - Antibakteriyel kaplı implantlar (Ag+)

Postoperatif (Ameliyat Sonrası)

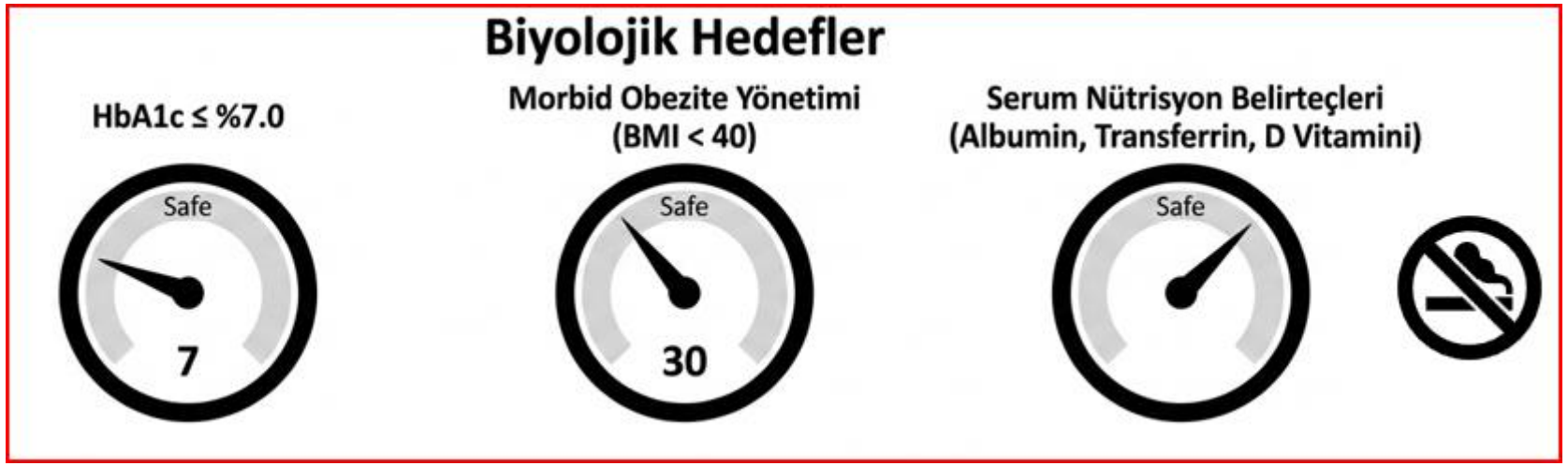
- **Yara Bakımı:** ⚠
  - İlk 48 saat yara açılmamalı
  - Gümüş emdirilmiş tıkama (occlusive) pansumanlar
- **Genişletilmiş Profilaksi (EAP):**
  - Yüksek riskli ve aseptik revizyonlarda seçilmiş uzatılmış antibiyotik
  - Drenlerin 24 saat içinde erken çekilmesi (≤ 24h) ⚠

Xiong X, Xu J, Zhou B, Luo M, Gao J, Bi Q, Ying Q, Zhang J. Periprosthetic joint infection after arthroplasty: advances and future prospects. J Orthop Surg Res. 2025 Sep 26;20(1):850.

Önleme Protokolleri

Preoperatif (Ameliyat Öncesi)

- **Risk Optimizasyonu:** ⚠
  - HbA1c ≤ %7.0 hedeflenmesi
  - Malnütrisyon düzeltimi
  - Fructosamine > 293µmol/L ⚠ risk takibi
- **Dekolonizasyon:**
  - 5 günlük intranazal mupirosin + Klorheksidin (CHG) banyosu
- **Antibiyotik Profilaksisi:**
  - Kesi öncesi 1 saat içinde tek doz IV Sefazolin (MRSA riskinde Vankomisin eklemesi)



Ameliyat öncesinde hastaların risk faktörleri belirlemelidir:
Diyabet, morbid obezite, beslenme durumu ve sigara kullanımı
inflamatuvar belirteçler: CRP > 1,0 mg/dL ve ESR > 20 mm/saat

Ameliyat öncesi ve sonrası dönemde sıkı glisemik kontrol.
Fruktozamin > 293 µmol/L PEİ riskini artırır

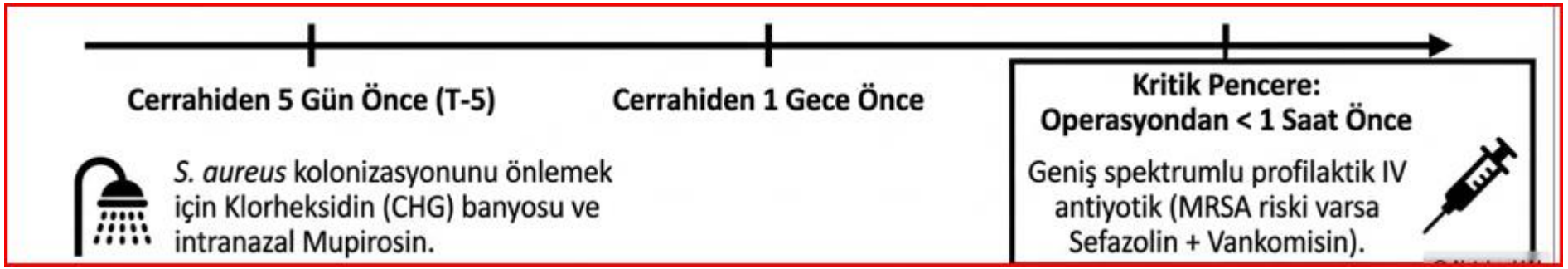
Klorheksidin kullanımı infeksiyon riskini ne kadar düşürür?

- *Staphylococcus aureus* burun taşıyıcılık oranı %25-30.
- Burun mupirosin uygulaması preoperatif dekolonizasyon protokolünün temel taşlarından biridir.

  Alternatif uygulama: Nazal Povidon-İyot Solüsyonu
- **Dekolonizasyon protokolü: intranazal mupirosin ve klorheksidin banyosu**

  Ameliyat öncesi 5 gün boyunca uygulama: derin cerrahi alan infeksiyonlarını %79 azaltma

  Bir gece önce ve ameliyat sabahı yapılan ek klorheksidin banyoları ile ciltteki bakteri yükü daha da azaltmakta..
- Evrensel dekolonizasyon protokolleri aynı zamanda **maliyet etkin** uygulamalar.



Preoperative prevention	Skin preparation	Hair removal[29], Preoperative decolonization[30-35]
	Perioperative antibiotics	Preoperative antibiotic administration[36-39]
	Operating room environment	Laminar flow system[40-45]
Intraoperative prevention	Aseptic principles	Hand hygiene[46], Double gloving and replace them regularly[47], Control the flow of operating room
	Flushing solutions	Povidone-iodine solution[67-69], 3% hydrogen peroxide soluton[70], 3% acetic acid solution[71]

- Cerrahi bölgedeki **kılların alınması** infeksiyon riskini azaltmada önemli bir etki göster **ME** miştir.
- Kılların alınması gerektiğinde, jilet kullanan hastalarda makas kullananlara kıyasla daha yüksek infeksiyon oranı görülmektedir

- **Laminar akış sistemleri:**

İlk araştırmalar, bu sistemlerin infeksiyon riskini azaltabileceğini göstermiştir.
Daha sonraki büyük ölçekli çalışmalar, kapsamlı infeksiyon kontrol önlemleri alındığında laminar akış sistemlerinin önemli avantajlar göster **ME** diğini ortaya koymuştur.

Xiong X, Xu J, Zhou B, Luo M, Gao J, Bi Q, Ying Q, Zhang J. Periprosthetic joint infection after arthroplasty:advances and future prospects. J Orthop Surg Res. 2025 Sep 26;20(1):850.

İntraoperatif Önleme Stratejileri

- Ameliyathane ortamı
- Aseptik prensipler
- Minimal invaziv tekniklerin uygulanması
- Yumuşak dokuların korunması
- Cerrahi kesilerin yönetimi
- Drenaj tüpleri

- **<u>İmplantlar ve malzeme ile ilgili</u>**

  <u>önleyici tedbirler:</u>

  - Antimikrobiyal kaplamalı kemik implantları
  - Antibiyotik emdirilmiş kemik çimentosu

İntraoperatif Önleme Stratejileri

İntraoperatif (Ameliyat Sırası)

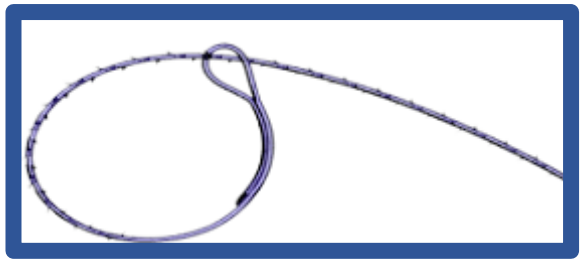
- **Cerrahi Alan:**
  - Ameliyat süresinin optimizasyonu (her 15 dk artış = %9 risk artışı)
- **İrigasyon:**
  - Kapatma öncesi 3 dakika %10 povidon-iyot solüsyonu ile eklem yıkaması
- **Kapatma:**
  - Katmanlı kapama ve ölü boşluğu yok eden sütür kullanımı
  - Antibakteriyel kaplı implantlar (Ag+)

Barbed suture

Gümüş iyonu kaplı implantlar

- Sterilite prensiplerine sıkı uyum

- **İntraoperatif İrrigasyon Çözeltileri**
- **Povidon-İyot**: %10'luk povidon-iyodun serum fizyolojik ile seyreltilerek kullanılması PEİ insidansını anlamlı ölçüde azaltmakta.
- **%3'lük asetik asit solüsyonu:** %87'ye varan başarı oranı



- Antibiyotikli kemik çimentosu kullanımı

infeksiyon riskini azaltan kritik adımlardır.

İntraoperatif Önleme Stratejileri

Dozaj Formülü (40g Düşük Viskoziteli Çimento için)

Standart Yüksek Doz: 3-4g Vankomisin + 3.6-4.8g Gentamisin/Tobramisin.

Gerektiğinde Antifungal: 150mg Amfoterisin (Veya 2g Vorikonazol).

Dikkat: Yüksek viskoziteli çimentoda elüsyon (salınım) farklılığından dolayı dozlar yarıya indirilmelidir!

Karıştırma Tekniği ("Beşte Bir" Kuralı)

1. Polimer ve monomer tamamen sıvılaşana kadar karıştırılır (görünürlük için Metilen Mavisi eklenebilir).
2. Antibiyotik tozu, çimento sıvılaştıktan sonra yavaşça, her seferinde 1/5 oranında eklenir.
3. Her eklemede toz tamamen kaybolana kadar karıştırılır.
4. Bu, mekanik zayıflamayı önler ve homojen elüsyon sağlar.

- Antibiyotikli kemik çimentosu kullanımı infeksiyon riskini azaltan kritik adımlardır.

Akut böbrek hasarı %14,

Kronik böbrek yetmezliği olanlarda risk %45.

Preoperative prevention	Skin preparation	Hair removal[29], Preoperative decolonization[30-35]
	Perioperative antibiotics	Preoperative antibiotic administration[36-39]
	Operating room environment	Laminar flow system[40-45]
Intraoperative prevention	Aseptic principles	Hand hygiene[46], Double gloving and replace them regularly[47], Control the flow of operating room personnel[48,49]
	Minimally invasive techniques	Reduce blood transfusion events[50-59] (Reduction of surgical incisions[50,51], Tranexamic acid[54,55], Tourniquet[56,57], Shorten the operation time[58,59])
	Soft tissue protection	Avoid touching soft tissues with hands and contaminated gloves, Reduce soft tissue traction, Control the frequency and intensity of electrocautery use[60]
	Implants and material-related preventive	Select antibacterial-coated implants[61,62], Antibiotic-impregnated bone cement[63-65], Antibiotic-impregnated allograft[66]
	Flushing solutions	Povidone-iodine solution[67-69], 3% hydrogen peroxide soluton[70], 3% acetic acid solution[71]
	Management of surgical incisions	Layered closure and continuous suturing[72-76], Antimicrobial sutures[77-79], Close the wound with sutures[72,73], Barbed suture[72,73]
	Drainage	Drainage tubes[81-88]
Postoperative prevention	Wound care	Silver-impregnated occlusive dressings[89-91]
	Extended antibiotic prophylaxis	Extended oral antibiotics[92-101]

Postoperatif Önleme Stratejileri

Xiong X, Xu J, Zhou B, Luo M, Gao J, Bi Q, Ying Q, Zhang J. Periprosthetic joint infection after arthroplasty: advances and future prospects. J Orthop Surg Res. 2025 Sep 26;20(1):850.

- **Gümüş İyonlu Oklüzif Pansumanlar:**
  - Akut PEİ riskini 4 kat azaltma kapasitesi
  - Cerrahi sonrası ilk 7 gün boyunca açılmamalıdır
- **Drenaj Yönetimi:**
  - Rutin dren kullanımı önerilmez.
  - Kullanımı zorunlu hallerde **"erken çıkarma" (≤ 24 saat)** kuralı tavizsiz uygulanmalıdır.

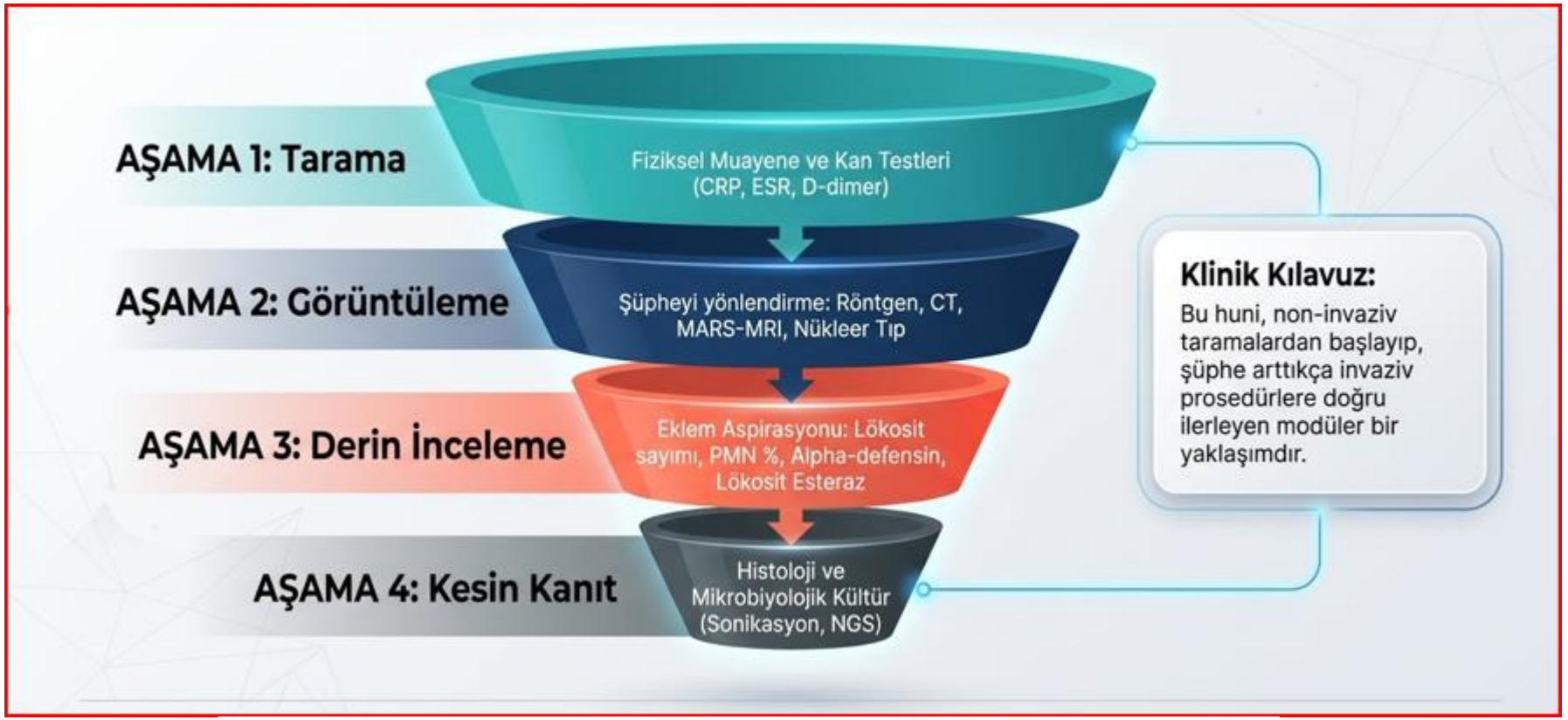
- **EAP (Genişletilmiş Profilaksi):**
- Aseptik revizyon TDA'lerda ve yüksek riskli primer hastalarda taburculuk sonrası 7 günlük oral profilaksi düşünülmelidir

Gümüş iyonlu pansumanların infeksiyon önleme mekanizması?

- **Hücresel Düzeyde Müdahale:** Bakterinin metabolik aktivitelerini ve replikasyon süreçlerinin engellenmesi
- **Yapısal Hasar:** Bakterileri hücre zarı hasarı ile doğrudan öldürme
- **Mikrobiyal Kolonizasyonun Önlenmesi:** Oklüzif (hava ve su geçirmez) özellikleri ile yara üzerinde nemli bir mikroçevre oluşturarak iyileşmeyi hızlandırır ve mikroorganizmaların kolonizasyonu engeller.
- **Pansuman değiştirme sıklığının azalması:** Yaranın dış ortamdaki patojenlere maruz kalma riskini en aza indirir.

Tanı Kriterlerinin Evrimi

- PEİ tanısı laboratuvar, patolojik ve görüntüleme yöntemlerinin kapsamlı bir değerlendirmesini gerektirir.



PEİ Tanı Karar Algoritması

PEİ Klinik

- **Eklem ağrısı ve hassasiyet** (%95): En yaygın semptom
  - Kronik infeksiyonda tek başına ağrı olabilir
- Ateş (%37)
- **<u>Lokal infeksiyon belirtileri</u>**:
  - Eklemde şişlik, efüzyon (%49)
  - Akıntı ve Sinüs yolu drenajı (%40)
  - Eritem (%39)
- Protezin gevşemesi

1. Al-Jabri, T., Ridha, M., Wood, M. J., Kayani, B., Jayadev, C., McCulloch, R. A., & Schemitsch, E. (2024). An overview of the current diagnostic approach to Periprosthetic Joint Infections. *Orthopedic reviews*, *16*, 120308.

2. Incidence, secular trends, and outcomes of prosthetic joint infection: a population-based study, olmsted county, Minnesota, 1969-2007. Tsaras G., Osmon D. R., Mabry T., et al. 2012Infect Control Hosp Epidemiol. 33(12):1207–1212

Periprostetik Eklem İnfeksiyonu Tanı

- **Patognomonik bulgu:**

➢ **İmplante edilmiş protez etrafında sinüs yolu veya irin varlığı**

- Birçok durumda, bu doğrulayıcı kriterler mevcut değildir,

  bu durum PEİ tanısını zorlaştırır.

- **Tanı genellikle**

➢Doku örneklerinin veya sinovyal sıvının mikrobiyolojik analizi

➢Histolojik ve radyografik bulgular

Al-Jabri, T., Ridha, M., Wood, M. J., Kayani, B., Jayadev, C., McCulloch, R. A., & Schemitsch, E. (2024). An overview of the current diagnostic approach to Periprosthetic Joint Infections. *Orthopedic reviews*, *16*, 120308.

Periprostetik Eklem İnfeksiyonu Tanı

Erken tanı / Yüksek duyarlılığa sahip tanı testleri

- **Kas İskelet Sistemi İnfeksiyon Derneği** (MSIS), **2011**

  (The Musculoskeletal Infection Society)

- **Amerika İnfeksiyon Hastalıkları Derneği (IDSA), 2013**
- **Uluslararası Ortopedik İnfeksiyonlar Konsensus Toplantısı, 2018**

  (Consensus Meeting on Orthopedic Infections (ICM))

- **Avrupa Kemik ve Eklem İnfeksiyonları Derneği, 2021**

  (European Bone and Joint Infection Society **EBJIS**)

tarafından farklı tanımlar önerilmiştir.

* Patel R. Periprosthetic Joint Infection. N Engl J Med. 2023 Jan 19;388(3):251-262.
** McNally M, et al. Making the diagnosis in prosthetic joint infection: a European view. EFORT Open Rev. 2023 May 9;8(5):253-263.

Commonly used PJI criteria and clinical and diagnostic markers included.

	MSIS (Parvizi et al., 2011) (2011)	IDSA (Osmon et al., 2013) (2013)	ICM (Parvizi and Gehrke, 2014) (2013)	ICM (Parvizi et al., 2018) (2018)	EBJIS (McNally et al., 2021) (2021)
Clinical					
Communicating sinus tract	✓	✓	✓	✓	✓
Purulent material					
Blood					
CRP (mg/L)					
ESR (mm/hr)					
D-Dimer (μg/L)					
Synovial fluid cytological a					
Synovial leukoycte count (cel					
Synovial PMN (%)					
Synovial fluid biomarkers					
Alpha Defensin					
Leukocyte esterase					
Microbiology					
Culture					
Sonication (CFU/ml)					
Histology					
High-power field (400 x magı					
Others					
Nuclear imaging (WBC scinti					

EBJIS; PEİ' larının % 49, MSIS % 42'sini yakaladı.

Teşhis belirsizliği % 15 ten % 8 e düştü.

- **MSIS**: Yanlış pozitifliği engeller

  Aseptik vakaların infeksiyon sanılmasını engeller.

- **EBJIS:** Septik gevşeme sanılan gizli enfeksiyonları yakalar

  Düşük dereceli enfeksiyonları yakalamada daha üstün

(CRP- C-reactive protein, ESR- erythrocyte sedimentation rate, PMN- polymorphonuclear neutrophils, WBC- white blood cell count).

* The leukocyte concentration is evaluated using test strips on the basis of the color scale from left - to right +++.

Tanı Kriterlerinin Evrimi: 2011'den 2021'e

2011 MSIS (Temel Taş)

- Altın standart, ancak düşük virülanslı patojenlerde yetersiz.
- İkili sistem: Majör ve Minör kriterler.
- Siyah/beyaz (Enfekte / Enfekte değil) yaklaşımı.

2018 ICM (Kantifikasyon)

- Lökosit esteraz (LE), Alfa-defensin ve D-dimer eklendi.
- Kararları objektif hale getiren ağırlıklı skorlama sistemi.
- Belirteçlerin eşik değerleri netleştirildi.

2021 EBJIS (Kademeli Yaklaşım)

- Tanıyı üç seviyeye ayırır: 1. Enfeksiyon Olası Değil,
  2. Olası,
  3. Kesinleşmiş
- Nükleer görüntüleme ve klinik bulgulara daha fazla ağırlık verir.

Hannon CP, Della Valle CJ, Heckmann ND, Meneghini RM, Fillingham YA. The Management of Chronic Periprosthetic Joint Infection: No Longer Is It "One Size Fits All". J Arthroplasty. 2025 Sep;40(9S1):S84-S91

MSIS Tanımı (1 majör veya 4/6 minör)

(Uluslararası Ortopedik İnfeksiyonlar Konsensus Toplantısı)

- **Majör kriterler: (1 veya 2 majör kriter)**
  - Fenotipik olarak özdeş organizmalar içeren ≥2 pozitif periprostetik kültür
  - Eklemle bağlantılı bir sinüs kanalı
- **Minör kriterler: 6 minör kriterden en az 4 tanesinin varlığı)**
  - Yüksek C-reaktif protein (CRP) veya sedimentasyon hızı (ESR)
  - Eklem sıvısındaki lökosit sayısının yüksek olması
  - Sinoviyal sıvıda polimorf çekirdekli hücre yüzdesinin artması (PMN%)
  - Protez çevresinde pürülan akıntı
  - Periprostetik dokunun histopatolojik analizi
  - Periprostetik doku kültüründe tek bir pozitif sonuç

Hussam Tabaja, Omar M. Abu Saleh, Douglas R. Osmon, Periprosthetic Joint Infection: What's New?, Infectious Disease Clinics of North America, Volume 38, Issue 4, 2024, Pages 731-756, ISSN 0891 5520

Commonly used PJI criteria and clinical and diagnostic markers included.

	MSIS (Parvizi et al., 2011) (2011)	IDSA (Osmon et al., 2013) (2013)	ICM (Parvizi and Gehrke, 2014) (2013)	ICM (Parvizi et al., 2018) (2018)	EBJIS (McNally et al., 2021) (2021)
Clinical					
Communicating sinus tract	✓	✓	✓	✓	✓
Purulent material	✓	✓	X	✓	✓
Blood					
CRP (mg/L)					
ESR (mm/hr)					
D-Dimer (μg/L)					
Synovial fluid cytological analysis					
Synovial leukocyte count (cells/μL)					
Synovial PMN (%)					
Synovial fluid biomarkers					
Alpha Defensin	X	X	X	1.0	✓
Leukocyte esterase					
Microbiology					
Culture					
Sonication (CFU/ml)					
Histology					
High-power field (400 x magnificantion) >5 ne					
Others					
Nuclear imaging (WBC scintigraphy)					

(CRP- C-reactive protein, ESR- erythrocyte sedimentation rate, PMN- polymorphonuclear neutrophils, WBC- white blood cell count).

* The leukocyte concentration is evaluated using test strips on the basis of the color scale from left - to right +++.

Uluslararası Periprostetik Eklem İnfeksiyonu Konsensus Toplantısı

"Philadelphia Konsensusu" (ICM 2013) (1 majör veya 3/5 minör)

- İkincil kriterlere eklem sıvısı lökosit esteraz (LE) testi eklendi
- 'Pürülan materyal' göstergesi kaldırdı
- Kronik PEİ; en son ameliyattan sonra geçen süre (>6 hafta) olarak tanımladı.
- Hem TDA hem de TKA için aynı tanı kriterlerinin uygulanmasını vurguladı.

IDSA (Amerika Bulaşıcı Hastalıklar Derneği 2013)

- Tanıları standartlaştırma amacıyla kendi PEİ tanı kriterlerini sağladı.
- Daha basit bir tanımlama yaptı
- MSIS kriterlerinin aksine,
  - IDSA kriterleri yükselmiş inflamatuar belirteçleri içermez
  - Tek bir kültürden virülan bir organizma üremesi veya
  - Periprostetik dokunun histopatolojisinden akut inflamasyonun varlığı gibi diğer faktörleri dikkate almakta.

Schindler M, Walter N, Maderbacher G, Sigmund IK, Alt V, Rupp M. Novel diagnostic markers for periprosthetic joint infection: a systematic review. Front Cell Infect Microbiol. 2023 Jul 17;13:1210345.

IDSA (Amerika Bulaşıcı Hastalıklar Derneği 2013)

	MSIS (Parvizi et al., 2011) (2011)	IDSA (Osmon et al., 2013) (2013)	ICM (Parvizi and Gehrke, 2014) (2013)	ICM (Parvizi et al., 2018) (2018)	EBJIS (McNally et al., 2021) (2021)
Clinical					
Communicating sinus tract	✓	✓	✓	✓	✓
Purulent material	✓	✓	X		
Blood					
CRP (mg/L)	↑	X	10		
ESR (mm/hr)	↑	X	30		
D-Dimer (µg/L)	X	X	X		
Synovial fluid cytological analysis					
Synovial leukoycte count (cells/µL)	✓	X	3.000		
Synovial PMN (%)	↑	X	90		
Synovial fluid biomarkers					
Alpha Defensin	X	X	X		
Leukocyte esterase	X	X	+/++*		
Microbiology					
Culture	≥ 1	≥ 1	✓		
Sonication (CFU/ml)	X	X	X		
Histology					
High-power field (400 x magnificantion)	>5 neutrophils per hpf in 5 phf	✓	>5 neutrophils per hpf in 5 phf	✓	>5 neutrophils in single hpf
Others					
Nuclear imaging (WBC scintigraphy)	X	X	X	X	✓

(CRP- C-reactive protein, ESR- erythrocyte sedimentation rate, PMN- polymorp

* The leukocyte concentration is evaluated using test strips on the basis of the

- Sinüs Traktı
- Pürülans
- Histoloji
- Mikrobiyoloji:
- 2 Kültürde veya
- 1 kültürde virülan mikroorganizma

5 kriterden 1 tanesinin varlığı tanı koydurucu

Uluslararası Periprostetik Eklem Enfeksiyonu Konsensus Toplantısı (ICM 2018)

	MSIS (Parvizi et al., 2011) (2011)	IDSA (Osmon et al., 2013) (2013)	ICM (Parvizi and Gehrke, 2014) (2013)	ICM (Parvizi et al., 2018) (2018)	EBJIS (McNally et al., 2021) (2021)
Clinical					
Communicating sinus tract	✓	✓	✓	✓	✓
Purulent material	✓	✓	X	✓	✓
Blood					
CRP (mg/L)	↑	X	10	10	>10
ESR (mm/hr)	↑	X	30	30	X
D-Dimer (µg/L)	X	X	X	30	X
Synovial fluid cytological analysis					
Synovial leukocyte count (cells/µL)	✓	X	3.000	3.000	>1.500
Synovial PMN (%)	↑	X	90	70	>65%
Synovial fluid biomarkers					
Alpha Defensin	X	X	X	1.0	✓
Leukocyte esterase	X	X	+/++*	++*	X
Microbiology					
Culture	≥ 1	≥ 1	✓	✓	≥ 1
Sonication (CFU/ml)	X	X	X	X	>1
Histology					
High-power field (400 x magnificantion)	>5 neutrophils per hpf ir				
Others					
Nuclear imaging (WBC scintigraphy)	X				

(CRP- C-reactive protein, ESR- erythrocyte sedimentation rate, PMN

* The leukocyte concentration is evaluated using test strips on the

- **Birincil kriterler 2013 konsensüsündekilere benzer kaldı.**
- **İkincil kriterler:**
  - **Serum D-dimer'in rolü vurgulandı.**
  - **İlk kez eklem sıvısı alfa-defensin tanı göstergesi olarak dahil edildi.**

Major criteria (at least one of the following)	Decision
Two positive cultures of the same organism	Infected
Sinus tract with evidence of communication to the joint or visualization of the prosthesis	

Preoperative diagnosis		Minor criteria	Score	Decision
	Serum	Elevated CRP *or* D-Dimer	2	≥6 Infected 2–5 Possibly infected[a] 0–1 Not infected
		Elevated ESR	1	
	Synovial	Elevated synovial *WBC count or LE*	3	
		Positive alpha-defensin	3	
		Elevated synovial PMN (%)	2	
		Elevated synovial CRP	1	

Intraoperative diagnosis	Inconclusive pre-op score *or* dry tap[a]	Score	Decision
	Pre-operative score	-	≥6 Infected **4–5 Inconclusive[b]** ≤3 Not infected
	Positive histology	3	
	Positive purulence	3	
	Single positive culture	2	

• **e-Fig. 112.7** Scoring-based definition for periprosthetic joint infection (PJI). Proceed with caution in adverse local tissue reaction, crystal deposition disease, slow-growing organisms. *CRP*, C-reactive protein; *ESR*, erythrocyte sedimentation rate; *LE*, leukocyte esterase; *PMN*, polymorphonuclear; *WBC*, white blood cell. [a]For patients with inconclusive minor criteria, operative criteria can also be used to fulfill definition for PJI. [b]Consider further molecular diagnostics such as next-generation sequencing. (From Parvizi J,

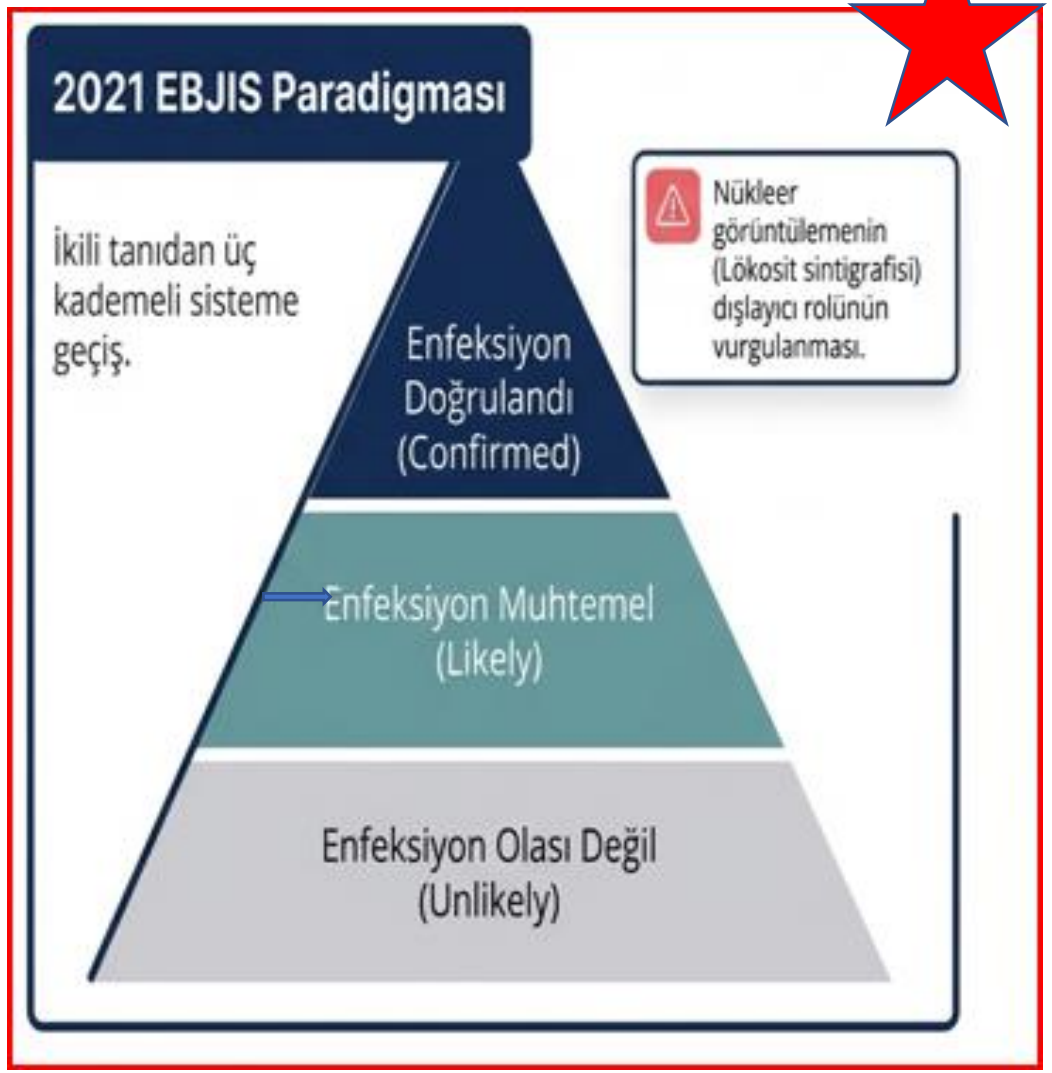
Book Chapter Bacterial Arthritis - Download PDF Dora A. Lebron, Alexandra T. Stang and Paul P. Cook 7083, Firestein & Kelley's Textbook of Rheumatology, 112, 1976-1995.e3 https://doi.org/10.1016/j.idc.2024.07.007.

Avrupa Kemik ve Eklem İnfeksiyonları Derneği **(EBJIS)**

- Yeni bir tanımlama

- Bu yeni PEİ tanımda üç farklı grup bulunmaka:
  - ➢İnfeksiyon olası değil
  - ➢Olası infeksiyon
  - ➢Doğrulanmış infeksiyon

- Kriterler klinik, laboratuvar, mikrobiyolojik ve histolojik analizler ve intraoperatif bulgulara dayanmakta.



McNally M, Sigmund I, Hotchen A, Sousa R. Making the diagnosis in prosthetic joint infection: a European view. EFORT Open Rev. 2023 May 9;8(5):253-263.
Schindler M, Walter N, Maderbacher G, Sigmund IK, Alt V, Rupp M. Novel diagnostic markers for periprosthetic joint infection: a systematic review. Front Cell Infect Microbiol. 2023 Jul 17;13:1210345.

Hussam Tabaja, Omar M. Abu Saleh, Douglas R. Osmon, Periprosthetic Joint Infection: What's New?, Infectious Disease Clinics of North America, Volume 38, Issue 4, 2024, Pages 731-756,

2021 EBJIS Tanımı	İnfeksiyon olasılığı düşük (tüm sonuçlar negatif)	İnfeksiyon olasılığı yüksek (≥2 pozitif bulgu) ★	İnfeksiyon doğrulandı (herhangi biri) ★
Klinik özellikler (herhangi biri)	Bilinen alternatif etiyoloji	(1) TEA'dan sonraki 5 yıl içinde radyografik gevşeme (2) Önceki yara iyileşme sorunları (3) Son zamanlarda ateş veya bakteriyemi (4) Periprostetik pürülan akıntı	Eklemle bağlantılı sinüs kanalı veya protezin doğrudan görülmesi
CRP	-	>10 mg/Lf	-
Sinoviyal sıvı analizi			
Beyaz kan hücresi sayısı (hücre/µL)	≤1500	>1500	>3000
PMN (%)	≤%65	>%65	>%80
Sinoviyal sıvı biyobelirteçleri			
Alfa-defensin	-	-	(+) immünolojik test veya LFA
Mikrobiyoloji (kültürler)			
Eklem sıvısı	-	Pozitif kültür	-
Ameliyat sırasında sıvı veya doku	Negatif	1 pozitif örnek	≥2 pozitif örnek
Sonikasyon [CFU]/mL	Negatif	>1 CFU/mL herhangi bir organizma	>50 CFU/mL herhangi bir organizma
HPF (400 × büyütme)	Negatif	Tek bir büyük büyütme alanında ≥5 nötrofil	≥5 büyük büyütme alanında ≥5 nötrofil; veya görünür mikroorganizmalar
Nükleer görüntüleme	Negatif 3 fazlı kemik taraması	Pozitif lökosit sintigrafisi	-

Doğru tanı, tedavi kararlarını ve prognozu doğrudan etkiler.

- Geleneksel tanı yöntemleri hala temel taşı olsa da, düşük virülanslı patojenler ve karmaşık vakalar söz konusu olduğunda sınırlamaları vardır.

PEİ Tanı Tekniklerindeki Gelişmeler

- **Biyobelirteçler**; hastalığın sistemik ve lokal izlerini sürmek kritik öneme sahip.
- **Temel Belirteçler:**
- **Serumda:** CRP (C-Reaktif Protein),
  ESR (Eritrosit Sedimantasyon Hızı)
  WBC (Beyaz Kan Hücresi)

Eklem sıvısında:

- Lökosit sayısı (WBC)
- Nötrofil oranı (PMN%)

- **Spesifik İnterlökinler ve Proteinler:**
  IL-6, PCT (Prokalsitonin), D-dimer, FIB (Fibrinojen)
- Eklem sıvısında **alfa-defensin** ve **kalprotektin** gibi yeni biyobelirteçler yüksek tanısal değere sahiptir

Hussam Tabaja, Omar M. Abu Saleh, Douglas R. Osmon, Periprosthetic Joint Infection: What's New?, Infectious Disease Clinics of North America, Volume 38, Issue 4, 2024, Pages 731-756,

Yeninesil biyobelirteçler

D-dimer ve IL-6

- **Akut ve Kronik PEİ** vakalarında Serum IL-6 düzeylerinin mükemmel bir tanısal performans sergilediği bildirilmiştir.
- IL-6 ve CRP testlerinin birlikte kullanılması, tanıda hem duyarlılığı hem de özgüllüğü anlamlı ölçüde artırmaktadır

D-dimer ve IL-6

- 2018 ICM (Uluslararası Konsensüs Toplantısı) kriterlerinde serum **D-dimer** düzeyi, ikincil bir tanı kriteri olarak kabul edilmiştir
- **Düşük Spesifiklik Riski:** D-dimer sonuçları; travma, pıhtılaşma bozuklukları (trombus) ve cerrahi süreçlerden kolayca etkilenebildiği için tanısal değeri sınırlı kalabilmekte.
- Reimplantasyon Takibi: İki aşamalı cerrahide protezin tekrar takılma zamanlamasına karar verirken kullanılan puanlama sistemlerinde de yer almaktadır
- **Sınırlama:** D dimer ve IL 6 için daha geniş hasta gruplarında doğrulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Yeninesil sinovyal biyobelirteçler

Daha hızlı, hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi

- **Alfa defensin ve kalprotektin**, eklem sıvısındaki lökosit sayısı ve nötrofil oranı gibi temel testlere güçlü birer alternatif ve tamamlayıcıdır.
- Özellikle düşük virülanslı veya karmaşık vakalarda doğru teşhis konulmasını kolaylaştırır.

Sinovyal Sıvı Lökosit Esteraz Şerit Testi :

- Lökosit esteraz (LE), infeksiyon bölgesinde lokal olarak salgılanan nötrofiller içinde bulunan bir enzimdir.
- LE şerit testi: LE'nin varlığını ve miktarını (yarı kantitatif) ölçen bir kolorimetrik şerit testi.
- Bu test rutin olarak idrar yolu enfeksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılmata.
- Parvizi ve ark.rının yaptığı çalışmada:
  - 76 TDA PEİ'nin tespiti için sinovyal sıvıda kullanımını bildirmiştir.
  - Testin duyarlılığı %79 - %100 ve özgüllüğü %80 - %93

    Sinovyal PMN sonuçlarıyla korelasyon

Gomez-Urena EO, Tande AJ, Osmon DR, Berbari EF. Diagnosis of Prosthetic Joint Infection: Cultures, Biomarker and Criteria. Infect Dis Clin North Am. 2017 Jun;31(2):219-235. doi: 10.1016/j.idc.2017.01.008. PMID: 28483043.

Sinovyal Sıvı Lökosit Esteraz Şerit Testi :

- Daha hızlı sonuçlar (1-2 dakika)
- Potansiyel olarak ameliyat sırasında hasta başı testi olarak kullanılması
- **Yüksek negatif öngörü değerlerine dayalı negatif LE testi: infeksiyonu dışlar**
- **LE metal döküntü ile ilişkili implant başarısızlığında bile oldukça spesifik olduğunu** göstermiştir.
- Kanlı sinovyal sıvı ?
- Sinovyal sıvı santrifüjlenerek kullanılabilir.

Gomez-Urena EO, Tande AJ, Osmon DR, Berbari EF. Diagnosis of Prosthetic Joint Infection: Cultures, Biomarker and Criteria. Infect Dis Clin North Am. 2017 Jun;31(2):219-235. doi: 10.1016/j.idc.2017.01.008. PMID: 28483043.

Kantitatif Lökosit Esteraz Biyosensörleri

Eski Yöntem (Subjektif)

Yarı **kantitatif**, insan gözüyle renk yorumlamaya dayalı, yanılma payı yüksek.

Yeni Yöntem (Objektif & Dijital)

Elektrokimyasal test teknolojisi. Sayısal, kesin LE aktivite değeri (kantitatif ölçüm).

Performans Metrikleri

Süre: Sadece 2 dakika	**Örneklem:** Tek bir damla sinoviyal sıvı	**Etki:** Acil serviste veya poliklinikte yüksek NPV ile enfeksiyonu hızla ekarte etme (rule-out).

Alfa-defensin

- Aktive olmuş nötrofiller tarafından salgılanan doğal bir proteindir
- PEİ tanısında %88-92 duyarlılık ile %90-94 özgüllük oranlarına sahiptir
- Gösterdiği yüksek performans nedeniyle 2018 ICM (International Consensus Meeting) kriterlerine tanısal bir gösterge olarak dahil edilmiştir.
- Özellikle Asya popülasyonlarında yapılan çalışmalar, alfa-defensinin kronik PEİ tanısında en iyi performansı gösteren ikincil kriter olduğunu ortaya koymuştur.
- Metal birikimi olan durumlarda (metal aşınması gibi) yalancı pozitif sonuçlar verebilirken, düşük virülanslı mikroorganizmaların varlığında yalancı negatif sonuçlar görülebilir.

Kalprotektin

- Bazı çalışmalarda, kalprotektinin tanısal değerinin alfa-defensin, lökosit esteraz (LE) ve CRP gibi yaygın kullanılan diğer tüm belirteçlerden daha üstün olduğunu belirtilmiştir.
- En önemli avantajlarından biri, alfa-defensine kıyasla daha ucuz ve laboratuvar ortamında elde edilmesinin daha kolay olmasıdır.
- Nötrofil aktivasyonunun spesifik bir belirteci, %84-98 duyarlılık ve %84-99 özgüllük
- Henüz resmi uluslararası kılavuzlarda standart bir kriter olarak yer almasa da, yardımcı tanı aracı olarak büyük bir uygulama potansiyeline sahiptir.

Mikrobiyal Kültür ve Moleküler Teknikler

Altın Standartlar

- Histopatolojik inceleme (dokuda nötrofil varlığı) ve
- Sonikasyon yöntemiyle desteklenmiş mikrobiyolojik kültürler tanıyı doğrulamada en güvenilir yöntemlerdir.

- **Moleküler biyoloji teknikleri**, patojen DNA'sını hızlı ve doğru bir şekilde tespit etme yeteneğine sahiptirler.

Hussam Tabaja, Omar M. Abu Saleh, Douglas R. Osmon, Periprosthetic Joint Infection: What's New?, Infectious Disease Clinics of North America, Volume 38, Issue 4, 2024, Pages 731-756,

Moleküler Biyoloji Teknikleri

- PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)
- mNGS (Metagenomik Yeni Nesil Dizileme)
- FISH (Floresan İn Situ Hibridizasyon)testi

Çıkarılan protezin sonikasyon sıvısı ile PCR teknolojisinin birleştirilmesi ile tanısal duyarlılık %95, özgüllük %97'ye kadar çıkarabilmekte.

PEİ tanısında PCR ve mNGS teknolojileri ne zaman tercih edilmelidir?

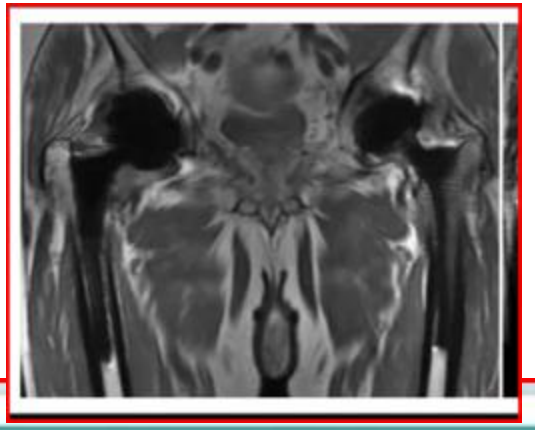
- Geleneksel mikrobiyolojik kültürlerin sonuç vermediği (kültür-negatif) vakalarda.
- Biyofilm oluşumu veya daha önce antibiyotik kullanımı nedeniyle bakterilerin kültürde üretilemediği durumlarda.
- Geleneksel yöntemlerin yetersiz kalabildiği erken enfeksiyonlar, düşük virülanslı patojenler ve karmaşık vakalarda

Moleküler Teknolojilerin Dezavantajları

- Örnek kontaminasyonu veya ölü bakteri DNA'sının varlığı nedeniyle yanlış pozitif sonuç verme ihtimalleri yüksektir.
- Mevcut teknolojilerin çoğu doğrudan antibiyotik duyarlılık profili (antibiogram) sağlayamaz; bu nedenle tedavi planlamasında mutlaka geleneksel kültürlerle birlikte değerlendirilmelidir.
- Yüksek maliyetleri ve standart yorumlama kriterlerinin eksikliği nedeniyle her vaka için kullanımı önerilmez.

Görüntüleme Yöntemleri

İnguinal lenf nodlarının renkli ultrasonu



Röntgen (X-Ray)

Rolü: Temel Dışlama (Kırık veya tümör).

Yetenek: Protez migrasyonu (>2mm) ve radyolusensi tespiti.

- **Kısıtlılık:** PJI belirtileri %50 vakada görünmez (Özellikle dizde).

Bilgisayarlı Tomografi (CT)

Rolü: Yumuşak doku koleksiyonları ve psoas apsesi tespiti.

Yetenek: Kalçada %83-100 duyarlılık sağlar.

- **Kısıtlılık:** Metal artefaktları görüşü engeller; aseptik gevşeme ile PJI'yi ayırt edemez.

MARS-MRI

(Metal Artifakt Azaltma Sekansı)

Rolü: Yumuşak doku ve sinovit analizi.

Yetenek: Sinovyal tabakalaşma ve kas ödemi tespitinde %100 duyarlılık. Metal artefaktını özel sekansla (MARS) azaltır.

Karşılaştırma: Aseptik başarısızlık (granülomatöz sinovit) ile PJI'yi ayırmada kritik ve en etkili yapısal yöntemdir.

Görüntüleme Yöntemleri

Üç Fazlı Kemik Sintigrafisi (TPBS)

- **Mekanizma:** Kan akışı ve osteoblastik aktiviteyi ölçer. 3 fazda da tutulum inflamasyonu gösterir.
- **Performans:** Kalçada daha başarılı (%81 duyarlılık), ancak genel spesifikliği düşüktür (Aseptik gevşemede de parlar).

ALTIN STANDART: Lökosit (WBC) Taraması

- **Mekanizma:** Hastanın kendi lökositleri izotop (HMPAO) ile işaretlenip geri verilir. Sadece enfeksiyon olan bölgede toplanır.
- **Performans:** %96 Duyarlılık, %87 Özgüllük. Başka inflamatuar süreçlerden etkilenmez.
- **Kısıtlılık:** Pahalı, invaziv ve uzun sürer (24 saat).

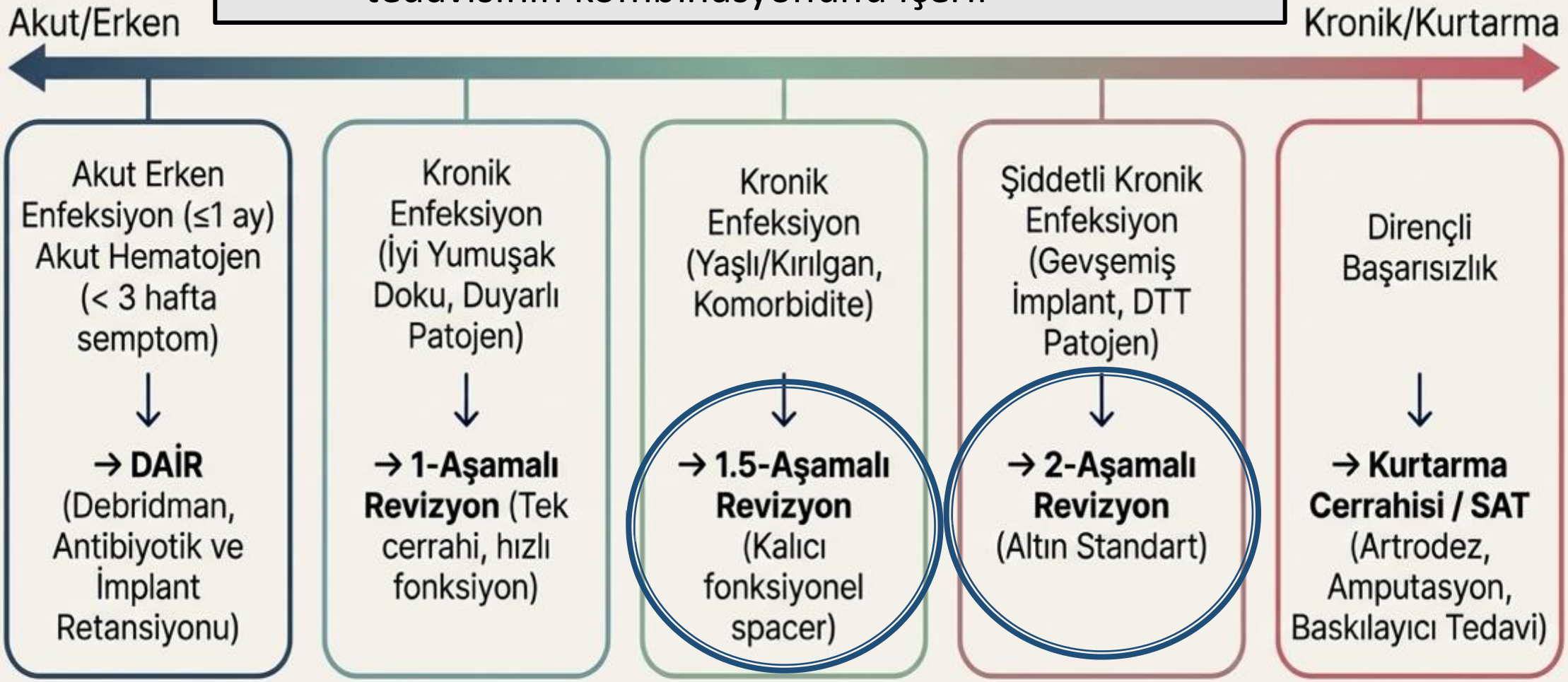
Alternatif Aday: PET-FDG

- **Mekanizma:** Nötrofillerin artmış glikolitik aktivitesini (şeker tüketimini) yakalar.
- **Durum:** WBC taramasına daha az invaziv bir alternatif sunar, ancak maliyet-etkinliği uzmanlar arasında hala tartışmalıdır.

Cerrahi Tedaviler

Cerrahi Tedaviler

PEİ tedavisi, cerrahi müdahale ve uzun süreli antibiyotik tedavisinin kombinasyonunu içerir



Altın Standart: İki Aşamalı Revizyon

Aşama 1 (Eksizyon)

- Enfekte implantın tam çıkarılması.
- Agresif debridman.
- Antibiyotikli çimento spacer yerleştirilmesi.

Spacer: tercihen hareketli/articulating spacerlar yerleştirilir.

Bekleme Süresi (80-100 Gün)

- 4-6 hafta hedefe yönelik IV/Oral antibiyotik.
- Kültür doğruluğu için 2. aşamadan 2-8 hafta önce antibiyotiğin kesilmesi.
- Dinamik monitorizasyon: Düşen CRP/ESR, Sinoviyal Lökosit < 952/mL, Nötrofil < %52.

Aşama 2 (Reimplantasyon)

- Lokal semptomların negatifliğinin teyidi.
- İntraoperatif frozen section (≥3 örnek) negatifliği.
- Yeni kalıcı protezin yerleştirilmesi.

Sinovyal BK, crp/esr normalliği ve negatif kültür onayı

Hannon CP, Della Valle CJ, Heckmann ND, Meneghini RM, Fillingham YA. The Management of Chronic Periprosthetic Joint Infection: No Longer Is It "One Size Fits All". J Arthroplasty. 2025 Sep;40(9S1):S84-S91

DAIR (Debridman, Antibiyotik ve İmplant Retansiyonu):

Genellikle;

- Erken dönem infeksiyonlarda

  (ameliyat sonrası ilk 1 ay)

- Akut hematojen infeksiyonlarda
- Semptom süresi <3 hafta
- İmplantın gevşe**ME**diği durumlarda
- Düşük virülans, sinüs traktı yokluğunda tercih edilir

Tek Aşamalı (One-Stage) Değişim

“Seçilmiş ” vakalarda hızlı iyileşme ve

Tedavi süresinin kısalması

- THA ağırlıklı
- **Tek Aşamalı Değişim;**
  - **P**atojenlerin oral antibiyotiklere duyarlı olduğu ve infeksiyonun iyi kontrol edildiği
  - **Y**umuşak doku koşullarının iyi olduğu
  - **Kemik defektlerinin olmadığı**

    vakalarda tek ameliyatla iyileşme sağlar.

Tek Aşamalı Revizyon

- **Endikasyon**: Sağlam kemik stoğu, DTT olmayan patojen, iyi yumuşak doku.
- **Cerrahi Protokol**: Enfekte implantın tek seansta çıkarılması ve yeni protezin yerleştirilmesi.
- **Avantaj ve Antibiyotik:** Daha kısa tedavi süresi ve hızlı fonksiyonel geri kazanım. DAİR ile benzer 4-6 haftalık strateji; Rifampin kombinasyonları hayati önem taşır.

Tek Aşamalı ? İki Aşamalı ? Değişim

- **INFORM çalışması** / Birleşik Krallık ve İsveç / Kronik enfeksiyonlu 140 total kalça protezi hastası
- Hastalar tek aşamalı veya iki aşamalı protez değişimi gruplarına randomize edildi.
- Tek aşamalı protez değişimi uygulanan hastalarda
- 3. ayda sonuçlar daha iyi
- Ancak 18. ayda fark ortadan kalktı
- İntraoperatif komplikasyon oranları daha düşüktü
- Daha maliyet etkin
- Fonksiyonel fayda gözlenmiş.
- **INFORM çalışması, tek aşamalı ve iki aşamalı revizyonlar protez eklem enfeksiyonunun tedavisinde eşit derecede etkili.**
- Hastaların normal aktivitelere hızlı bir şekilde dönmeyi tercih ettikleri göz önüne alındığında, cerrahi seçimi yapılırken bu durum dikkate alınmalıdır.

OPTION Çalışması

- PEİ için tek aşamalı ve iki aşamalı değişim karşılaştırması /14 farklı merkez (ABD) / prospektif/ RKÇ
- Kronik PEİ (ilk artroplastiden sonra semptom süresi 4 haftadan uzun süren veya ameliyat sonrası

  4 haftadan daha uzun bir süre sonra ortaya çıkan geç infeksiyon)
- Başlangıçta 6 hafta intravenöz antibiyotik ve reimplantasyon sonrası 6 ay oral antibiyotik
- **Ön sonuçlar:**
- Tek aşamalı değişim; 125/128 **(%98)** , İki aşamalı değişim; 110/117 **(%94)** başarı oranı
- Uygun şekilde seçilmiş hastalarda tek aşamalı prosedürler hem klinik sonuçlar hem de kaynak kullanımı açısından önemli sonuçlar doğurabilir.
- 2 yıllık takip süresinin tamamlanmasını beklemektedir.
- Kısıtlılık: Tedavi başarısı tanımının yalnızca PEİ için yeniden ameliyatın olmaması olarak tanımlanması başarı oranlarını artırabilir.

İnovatör: 1.5 Aşamalı (1.5-Stage) Revizyon

Kavram

İkinci bir cerrahi zorunluluğunu ortadan kaldıran, kalıcı ve dayanıklı bir "fonksiyonel spacer". Yaşlı, düşük talepli veya çoklu komorbiditesi olan hastalar için idealdir.

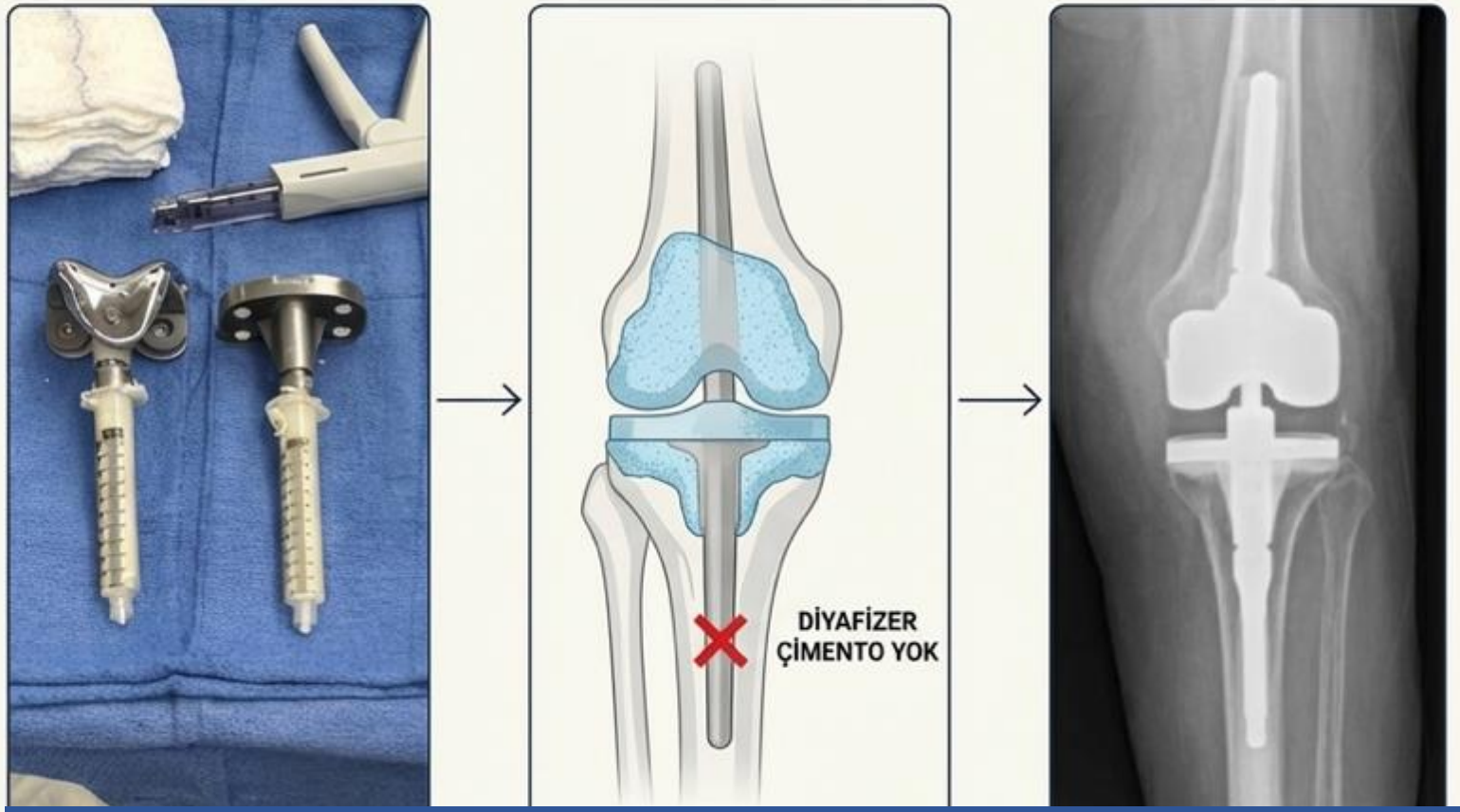
Cerrahi Teknik (Şırınga Kalıbı Yöntemi)

- Revizyon stemleri (örn. 75mm), arka masada 10cc/20cc şırıngalar kullanılarak antibiyotikli çimento ile kaplanır.
- **Kritik Kural: Rotasyonel stabilite için tibial keel ve femoral kondiller çimentolanır, ancak diyafizer çimentolamadan kaçınılır.**

Avantajı

Enfeksiyon temizlenirse kalıcı fonksiyon sağlar; nüks olursa veya 2. aşama gerekirse diyafizer çimento olmadığı için kolayca çıkarılır.

Adım 1: Çimento Kalıplama → **Adım 2: Diyafizer Çimentodan Kaçınma** → **Adım 3: Post-Op Fonksiyonel Yapı**



Özellikle yaşlı ve komorbiditesi yüksek hastalarda, ikinci bir ameliyat planı olmadan yerleştirilen dayanıklı spacer uygulamalarıdır.

1.5 aşamalı değişim (one-and-a-half stage exchange)

- **<u>Avantajları:</u>**

1. İkinci Bir Büyük Ameliyat Riskini Ortadan Kaldırması
2. Fonksiyonel Olmayan Dönemi Ortadan Kaldırması
3. Hızlı Mobilizasyon ve İyileşme (Tromboemboli ve kas kaybının azalması)
4. Genel sağlık durumu iyi olmayan hastalar için yaşam kalitesi tolere edilebilir seviyede tutulur
5. Ekonomik ve Psikolojik Yükün Azaltılması

Hannon CP, Della Valle CJ, Heckmann ND, Meneghini RM, Fillingham YA. The Management of Chronic Periprosthetic Joint Infection: No Longer Is It "One Size Fits All". J Arthroplasty. 2025 Sep;40(9S1):S84-S91

Son Çare: Kurtarma Cerrahileri ve Baskılayıcı Tedavi

Tekrarlayan başarısızlık durumlarında

Kurtarma Cerrahileri

1. **Diz Artrodezi**
   (Amputasyona dayanıklı alternatif)
2. **Diz Rezeksiyon Artroplastisi**
3. **Girdlestone Artroplastisi**
   (Kalça için)
4. **Amputasyon / Disartikülasyon**
   (Hayatı tehdit eden şiddetli enfeksiyonlarda son seçenek)

Cerrahiye uygun olmayan hastalar.

Baskılayıcı Antibiyotik Tedavisi (SAT)

- **Tanım:** Cerrahi adayı olmayan veya cerrahiyi reddeden hastalar için küratif olmayan, uzun dönemli enfeksiyon kontrolü.
- **Yaklaşım:** Ömür boyu, tolere edilebilir, yüksek biyoyararlanımlı oral antibiyotikler.
- **Etkililik:** Başarı oranı enfeksiyon ve patojen tipine göre %23 ile %86 arasında değişir. Güvenlik profili genel olarak yüksektir ve akut alevlenmeleri önler.

Başarı; Gram-pozitif ve akut vakalarda daha başarılıdır.

Hannon CP, Della Valle CJ, Heckmann ND, Meneghini RM, Fillingham YA. The Management of Chronic Periprosthetic Joint Infection: No Longer Is It "One Size Fits All". J Arthroplasty. 2025 Sep;40(9S1):S84-S91

Antibiyotik Tedavileri

- **Tedavi planı patojen tipine, enfeksiyonun yaygınlığına ve hasta özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir.**
- Antibiyotikler; biyofilm penetrasyonu, kemik doku dağılımı ve yüksek biyoyararlanım göstermelidir.
- Antibiyotikler tipik olarak intravenöz olarak uygulanır.
- Kronik veya dirençli enfeksiyonlarda, lokal uygulama stratejileri kullanılabilir.
  - Proksimal tibial intraosseöz antibiyotik tedavisi
  - Intraartiküler infüzyon tekniği
  - Yara içi vankomisin tozu uygulaması
  - Antibiyotik yüklü kemik çimentosu

Antibiyotik Tedavisindeki Farklılıklar

- Tedavi protokolleri hastalığın evresine göre değişir.
- **Erken postoperatif PEİ:**
- Cerrahi debridman hızlandırılır ve Gram-pozitif koklara karşı etkili ajanlarla kombine edilmiş geniş spektrumlu β-laktam rejimi uygulanır.
- **Akut hematogen PEİ**: Monomikrobiyal
- Metisiline duyarlı *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus* türleri Sefazolin veya kloksasilin
- Gram-negatif basil enfeksiyonları; üçüncü kuşak sefalosporinler
- **Kronik PEİ:** Tedavi stratejilerinin önceliği tanıyı doğrulamak ve patojeni izole etmektir.
  - Düşük virülanslı koagülaz negatif Stafilokoklar
  - İlk antibiyotik rejimleri, önceki kültür sonuçlarına referans verebilir.
- **Baskılayıcı Tedavi (SAT):** Cerrahi müdahaleyi tolere edemeyen veya reddeden kültür negatif hastalarda uzun süreli (hatta ömür boyu) oral antibiyotik kullanılabilir.

DTT (Difficult to treat) patojenler

1. Rifampisin, flokrokinolonlar ve diğer antibiyotiklere dirençli Stafilokok türleri
2. Alternatif ajanların sınırlı oral biyoyararlanımı nedeniyle DTT olarak sınıflandırılan etkenler:
   - Trimetoprim/sülfametoksazol, doksisiklin ve linezolid'e dirençli Stafilokok türleri
   - Ampisiline dirençli Enterokok türleri
3. Sadece intravenöz antibiyotiklere (ör; sefepim) duyarlı olan florokinolondirençli *Pseudomonas* türleri
4. Azol dirençli mayalar
5. Geniş spektrumlu β-laktamaz (ESBL) veya AmpC üreten *Enterobacterales*
6. Florokinolonlara (ör;levofloksasin) yüksek oranda dirençli *Acinetobacter spp.*

DTT (Difficult to treat) patojenler

7. Küçük koloni varyantları (SCV)

   Yavaş büyüme, güçlü biyofilm oluşumu ve yüksek hücre içi kalıcılık ile karakterizedirler.

   Rifampin ile florokinolonların kombinasyonu

8. Nutritionally variant streptococci (Abiotrophia spp. and Granulicatella spp.)

   Özel kültür koşulları gerektiren yavaş büyüyen mikroorganizmalardır.

   Uzun süreli tedavi kürleri (Vankomisin monoterapisi veya aminoglikozitlerle kombinasyon)

9. *Propionibacterium acnes*

   Tespit edilmesi ve kontrol edilmesi zor olan

   Kapsamlı cerrahi debridman ve uzun süreli antibiyotik tedavisi

   Penisilin veya seftriakson ilk basamak tedavi ajanları

DTT dışı patojenler arasında

MSSA:

- Anti-stafilokokal β-laktaman antibiyotikler (nafsilin, sefazolin)
- Yüksek doz sürekli intravenöz infüzyon
- 3-5 günlük klinik iyileşmenin ardından rifampin ile kombine edilir.

Streptokok türleri*:*

- Amoksisilin; Uzun süreli infüzyon ile yüksek doz uygulama

Penisiline duyarlı *Enterokok*:

- *Y*üksek doz İV penisilin/ampisilin +gentamisin

Ağızdan alınan tedaviye geçiş ne zaman güvenlidir?

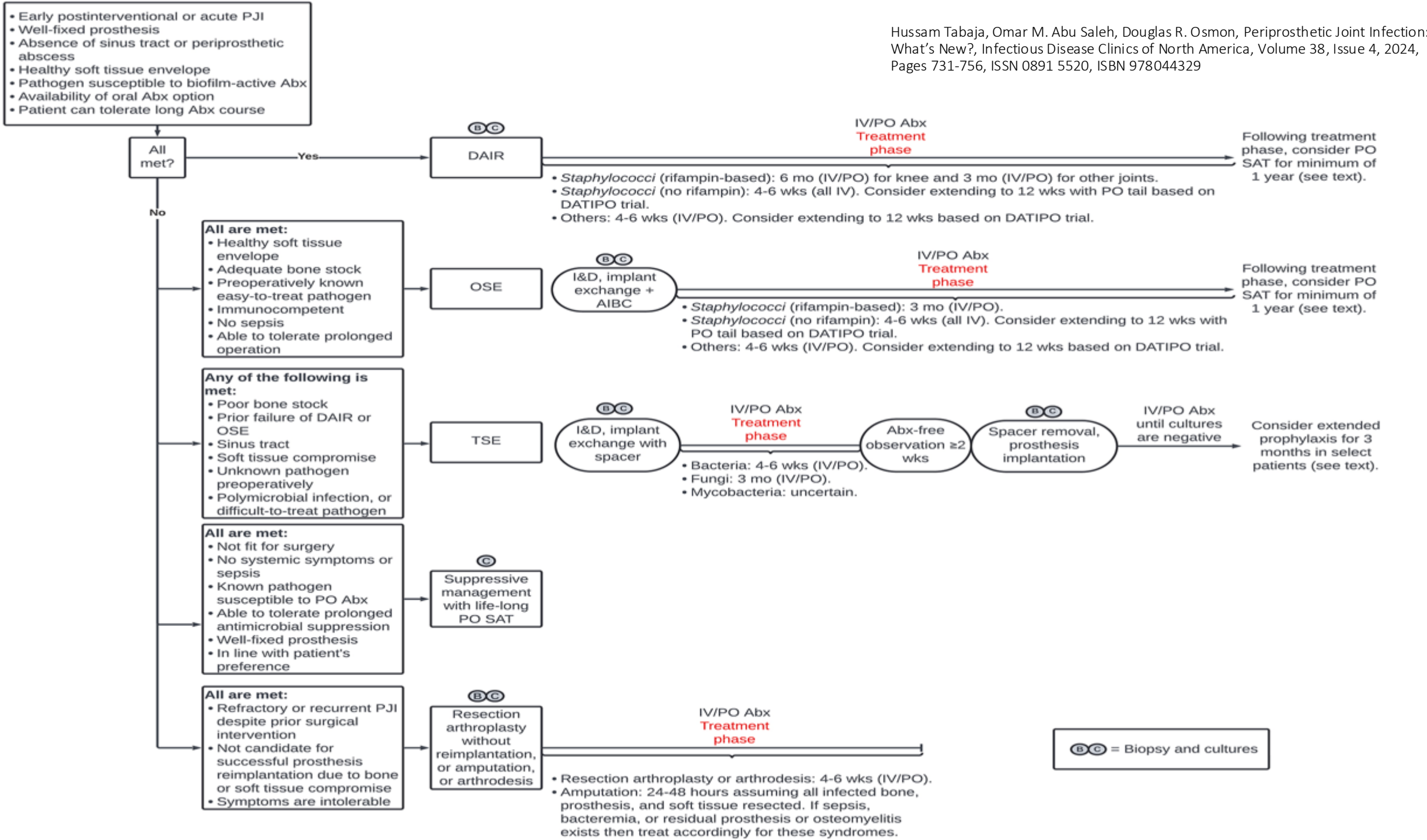
- OVIVA çalışmasıyla ivme kazanmıştır.
- İngilltere, çok merkezli RCT'de,
- Kemik ve/veya eklem enfeksiyonu olan 1054 hasta,
- Ameliyattan sonraki 7 gün içinde oral tedaviye geçiş veya
- 6 haftalık tam bir intravenöz antibiyotik kürü ve gerekirse ek oral tedavi olmak üzere

  iki gruba randomize edilmiştir.
- Bu çalışma, yeterli cerrahi debridman sağlanmış ve antibiyofilm özelliklere ve yeterli biyoyararlanıma sahip oral antibiyotik varlığında, karmaşık ortopedik implantla ilişkili enfeksiyonlarda bile oral antibiyotiklere erken geçişi desteklemektedir.

MICROORGANISM	ANTIMICROBIAL AGENT[a]	DOSE	ROUTE
Staphylococcus spp.	Recommendation for the initial IV treatment phase (for 1–2 wk)		
Methicillin susceptible	Rifampin *plus*	450 mg q12h or 600 mg q24h[b]	PO/IV
	Nafcillin *or* oxacillin[c]	2 g q4h	IV
Methicillin resistant	Rifampin *plus*	450 mg q12h or 600 mg q24h[b]	PO/IV
	Vancomycin *or*	15 mg/kg q12h[d]	IV
	Daptomycin	8–10 mg/kg q24h[e]	IV
Staphylococcus spp.	Recommendation after completion of the initial IV treatment phase		
	Rifampin *plus*	450 mg q12h or 600 mg q24h[b]	PO
	Levofloxacin *or*	750 mg q24h to 500 mg q12h	PO
	Ciprofloxacin *or*	750 mg q12h	PO
	Teicoplanin *or*	400 mg q24h[f]	IV
	Fusidic acid *or*	500 mg q8h	PO
	Trimethoprim-sulfamethoxazole *or*	1 DS tablet q8h[g]	PO
	Minocycline[h] *or*	100 mg q12h	PO
	Linezolid *or*	600 mg q12h	PO
	Clindamycin[i]	1200–1350 mg/day divided in 3–4 doses	PO
Streptococcus spp.[j]	Penicillin G[c] *or*	18–24 million U/day divided in 6 doses	IV
	Ceftriaxone for 4 wk, *followed by*	2 g q24h	IV
	Amoxicillin *or*	1000 mg q8h	PO
	Clindamycin[i]	1200-1350 mg/day divided in 3–4 doses	PO
Enterococcus spp.[k]			
Ampicillin or amoxicillin susceptible			IV
	Ampicillin or amoxicillin[l] *or*	2 g q4h–q6h	IV
Ampicillin or amoxicillin resistant	Vancomycin *or*	15 mg/kg q12h[d]	IV
	Daptomycin *or*	6–10 mg/kg q24h[e]	IV
	Linezolid	600 mg q12h	IV/PO

Enterobacteriaceae	β-Lactam based on in vitro susceptibilities for 2 wk[m] *followed by*		IV
	Ciprofloxacin	750 mg q12h	PO
Enterobacter spp.[n]	Cefepime *or*	2 g q8h	IV
	Ertapenem *or*	1 g q24h	IV
	Meropenem	1 g q8h	IV
	for 2–4 wk, *followed by*		
	Ciprofloxacin	750 mg q12h	PO
Nonfermenters[p] (e.g., *Pseudomonas aeruginosa*)	Cefepime *or*	2 g q8h	IV
	Ceftazidime *or*	2 g q8h	IV
	Meropenem	1 g q8h[o,p]	IV
	for 2–4 wk, *followed by*		
	Ciprofloxacin	750 mg q12h	PO
Cutibacterium spp.	Penicillin G *or*	18–24 million U/day divided in 6 doses	IV
	Clindamycin[i]	600–900 mg q8h	IV
	for 2–4 wk *followed by*		
	Amoxicillin *or*	1000 mg q8h	PO
	Clindamycin[i]	1200–1350 mg/day divided in 3–4 doses	PO
Gram-negative anaerobes (e.g., *Bacteroides* spp.)	Metronidazole	500 mg q8h	IV/PO
Mixed infections (without methicillin-resistant staphylococci)	Ampicillin-sulbactam *or*	3 g q6h	IV
	Amoxicillin-clavulanate[q] *or*	2.2 g q6h	IV
	Piperacillin-tazobactam *or*	4.5 g q6h–q8h	IV
	Imipenem *or*	500 mg q6h–q8h	IV
	Meropenem	1 g q8h[o]	IV
	for 2–4 wk, *followed by* individual regimens according to antimicrobial susceptibility		

Hussam Tabaja, Omar M. Abu Saleh, Douglas R. Osmon, Periprosthetic Joint Infection: What's New?, Infectious Disease Clinics of North America, Volume 38, Issue 4, 2024, Pages 731-756, ISSN 0891 5520, ISBN 978044329



Antibiyotik Oral Biyoyararlanımları

Antibiyotik sınıfı	Oral biyoyararlanım	Önemli yan etkiler
β-laktamlar	Sefaleksin: %90 Amoksisilin: %70–80	Aşırı duyarlılık reaksiyonları, akut böbrek yetmezliği
Klindamisin	%90	Gastrointestinal rahatsızlık, *Clostridioides difficile* enfeksiyonu
Florokinolonlar	Siprofloksasin: %70–80 Levofloksasin: %99 Moksifloksasin: %90	Tendinopati, QT uzaması, hipoglisemi, *Clostridioides difficile* enfeksiyonu
Linezolid	%100	Sitopeniler, nöropati, serotonin sendromu
Rifampin *	%70–%90	Vücut sıvılarında kırmızı-turuncu renk değişikliği, ilaç etkileşimleri (CYP3A indükleyicisi), sitopeniler, döküntü, hepatit
Tetrasiklinler	Doksisiklin: >%90	Fotosensitivite, hap özofajiti
Trimetoprim-sülfametoksazol	%100	Döküntü, akut böbrek yetmezliği, hiperkalemi, hipoglisemi, hepatit

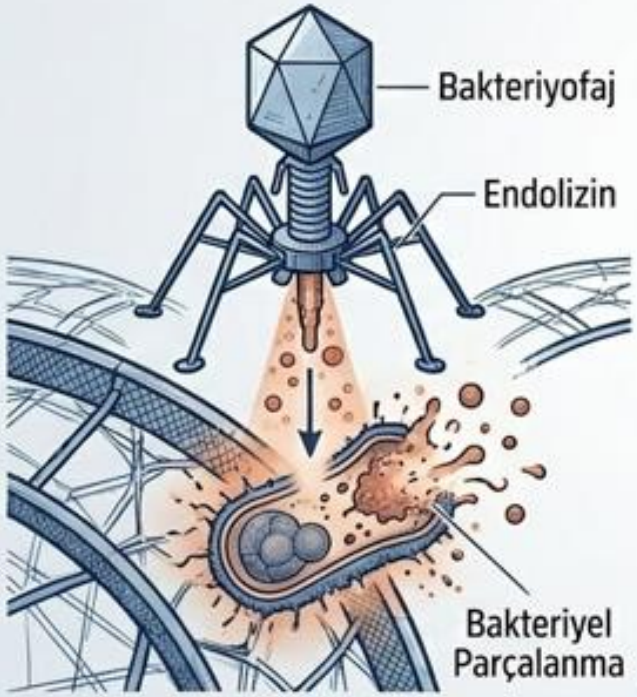
Lam, P. W., Lagacé-Wiens, P., Gold, W. L., Peermohamed, S., Matukas, L. M., Poutanen, S. M., ... & Leis, J. A. (2025). Use of oral antibiotic therapy for prosthetic joint infections: considerations for implementation of interdisciplinary practice changes. *Journal of the Association of Medical Microbiology and Infectious Disease Canada*, *10*(2), 105-111.

Gelecek Vizyonu ve İnovatif Yaklaşımlar

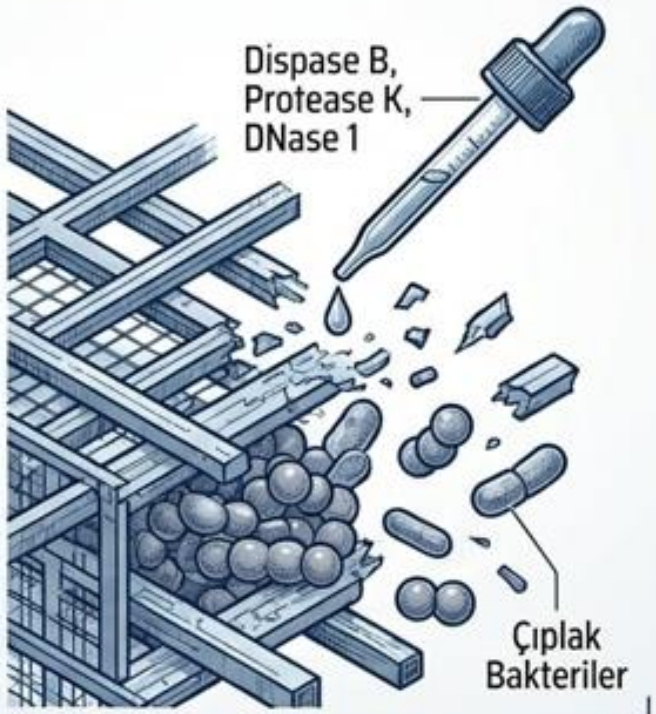
- **İmmünoterapi:** Bakteriyel adhezyonu engelleyen monoklonal/poliklonal antikorlar (anti-SesC).
- **Elektrokimyasal Yöntemler:** Titanyum yüzeylerde düşük voltajla (-1.8V) bakteriyel tutunmanın engellenmesi.
- **Akıllı İmplantlar:** DAC (Defensive Antimicrobial Coating) hidrojel sistemleri ile lokal, zamana yayılmış antibiyotik salımı.
- **Makine Öğrenimi:** Hastaya özgü verilerle (demografik, görüntüleme, laboratuvar) re-infeksiyon riskini öngören modeller.

Biyofilmi Parçalayan Yenilikçi Silahlar

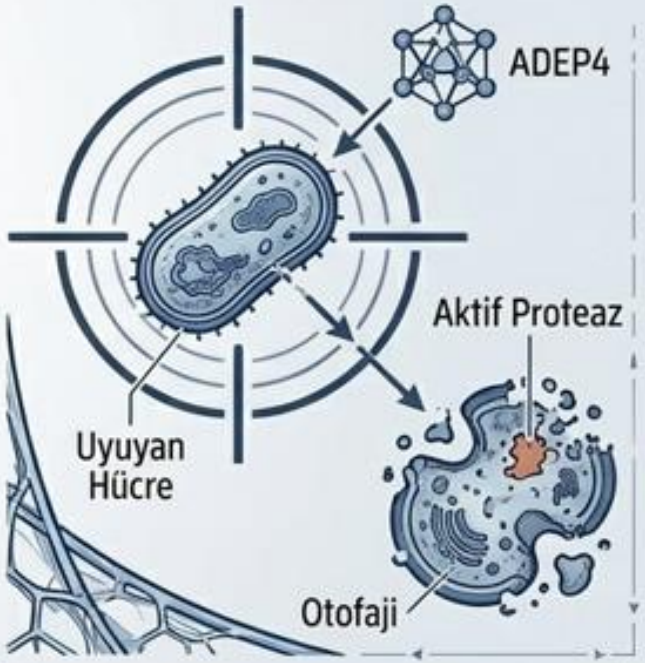
Faj Terapisi
Bakteriyofaj virüsleri EPS matrisini endolizin enzimleri ile eritir, bakteriyi içeriden patlatır.



Matris Çözücüler
Dispase B, Protease K ve DNase 1. Biyofilmin yapı taşlarını kimyasal olarak çözer, bakterileri çıplak bırakır.



Uyuyan Hücre Hedefleyicileri
ADEP4 molekülü gibi ajanlar, uyuyan hücrelerdeki proteaz enzimini zorla aktive ederek bakterinin kendi kendini sindirmesini sağlar.



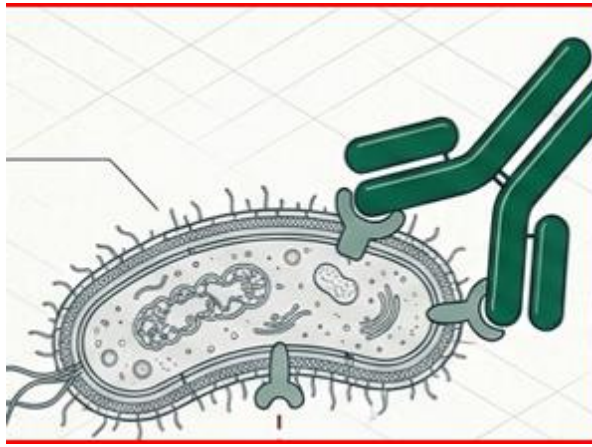
Faj tedavisi (Bakteri hücrelerini infekte eden virüsler)

- Bakteri yüzeyindeki proteinleri doğru bir şekilde tanıyarak hücre içine girer.
- Biyofilm tabakasınındaki ekstraselüler polimerik maddeleri (EPS matrisi) bozmak için **endolizin** ve EPS **depolimerizasyon enzimleri** üretirler.
- Bakteriyi parçalar ve farklı metabolik durumlardaki (aktif veya uyuyan) bakterileri öldürebilirler.
- Sadece hedef bakterilere saldırır ve insan hücreleri üzerinde hiçbir etkisi yoktur.
- Antibiyotiklerle birlikte kullanıldığında bakteri popülasyonunu ve biyofilm hacmini önemli ölçüde azalttığı gösteeilmiş..
- Her bir faj belirli bir bakteri suşuna yüksek oranda özgü olduğundan, karma infeksiyonlarla başa çıkmak için genellikle birden fazla fajın birleştirildiği "**faj kokteylleri**" tercih edilir.

Enzim Terapileri

- **Dispaz B**; biyofilm yaspısındaki PNAG (poli-N-asetilglukozamin)e etkili (in vitro).
- ***Proteaz K****; S. aureus* tarafından üretilen hücre dışı bir serin proteazdır, *stafilokok* biyofilmlerinin enfekte ortopedik protezlerden ayrılmasını sağlar.
- **Deoksiribonükleaz 1 (DNase 1);** hücre dışı bakteriyel DNA'yı (ECM'nin önemli bir bileşeni) parçalayarak biyofilmleri bozar. Yeni oluşan biyofime etkili.
- **D-amino asitler:** Bakteriyel hücre duvarına entegre olarak amiloid fibrilleri bozar. bakteriyel yapışmayı ve biyofilm oluşumu bozar (in vitro).

İmmünoterapi: Monoklonal antikorlar



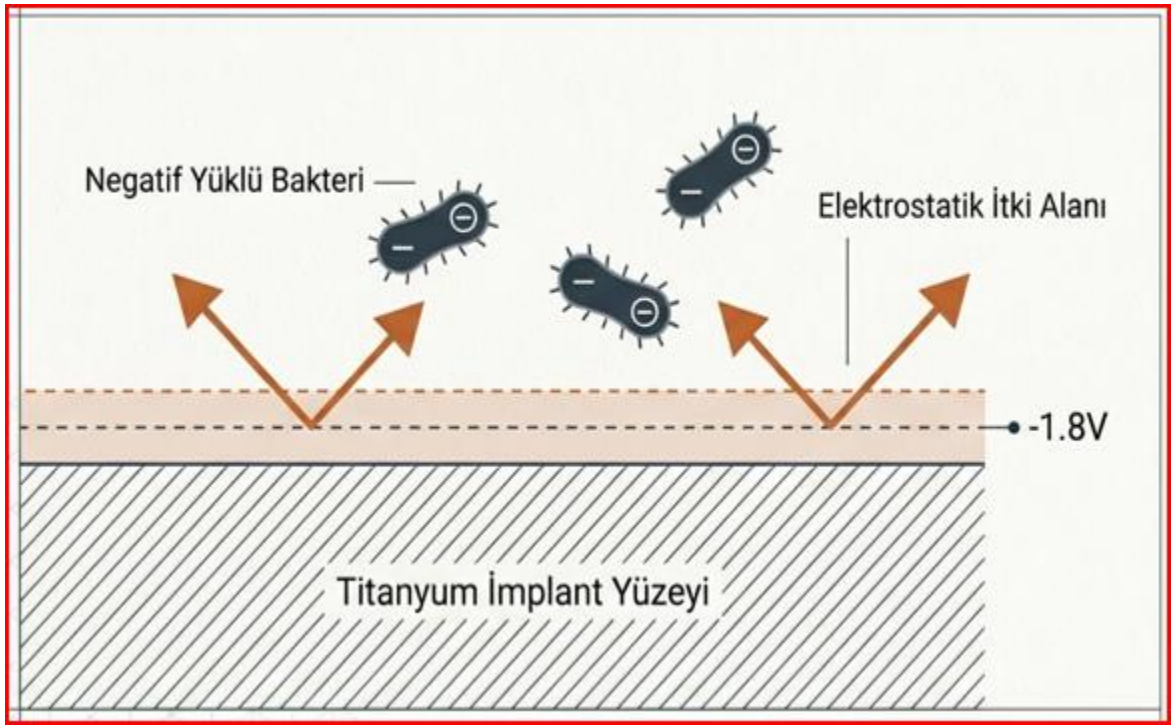
- **Biyofilm oluşumunun erken evresinde engellenmesi:**
  - Bakteriyel yüzey adezyon proteinlerinin (MSCRAMM ailesinden ClfA ve FnBPA gibi) hedef alınması, bakterilerin fibrinojene bağlanmasını engellenmesi
- **Biyofilmin olgunlaşma aşamasının engellenmesi:**
  - Hücreler arası yapışmada rol oynayan yüzey proteinlerinin hedef alınması (*S. epidermidis'in Aap proteini ve S. aureus'un* SasG proteini)
  - Hücreler arası bağlantıları engellenerek biyofilmin üç boyutlu yapı oluşumunun engellenmesi.
- **Biyofilm dağılımının sağlanması:**
  - Biyofilm matrisinin stabilize edici proteinlerin hedef alınması (anti-DNABII ailesi protein antikoru)
  - Biyofilm matriksininin destabilize edilerek bakterilerin biyofilmden serbest kalması ve bağışıklık sistemi tarafından temizlenmelerinin kolaylaşması.
- **Bakteriyel toksinlerin nötralizasyonu:**
  - Hla ve LukAB gibi toksinlere karşı antikorlar, bağışıklık hücrelerinin biyofilmi ortadan kaldırma yeteneğini artırır.
- **Poliklonal antikorlar:** Bakteriyel yüzey proteini SesC'yi hedefleyen antikorlar hem biyofilm oluşumunu önleyebilir hem de oluşmuş olanları bozabilir. (Deneysel çalışma)

Ultrason

- 2021 yılında uluslararası konsensus tanı kılavuzlarına dahil edilmiş.
- **Düşük yoğunluklu ultrason,** antibiyotiklerle birlikte bakteriyel yükü etkili bir şekilde azaltmakta
- Düşük yoğunluklu ultrason antibiyotiklerle birlikte *S. epidermidis*, *S. aureus* , *P.* aeruginosa ve *E. coli* biyofilmlerinin uzaklaştırılmasında sinerjik etkili (in vitro çalışma)
- **Yüksek yoğunluklu ultrason,** bakteriyel biyofilmleri ortadan kaldırmada etkili
- Temassız düşük frekanslı ultrasonik debridman (NLFUD), tek aşamalı revizyon tedavisinde etkili

Elektrokimyasal Yöntemler

Metal yüzeylerden bakterileri ortadan kaldırmak için etkili bir yöntem.



- Titanyum gibi iletken malzemelere elektrik akımı (-1,8 V'luk bir katodik voltaj) uygulandığında titanyum yüzeyinde negatif yükler birikir.
- Ortaya çıkan elektrostatik itme kuvveti ile negatif yüklü yüzeylere sahip bakterilerin titanyum yüzeyine yapışmaları engellenir, biyofilm ve infeksiyon olasılığı önemli ölçüde azalır.
- Antibiyotiklerle kombine edildiğinde sinerjik bir bakterisidal etki gösterirler.

Nanopartiküller

- Bakteriyel hücre zarlarını ve hücresel metabolizmayı bozarlar, biyofilm oluşumunu engellerler.
- **Gümüş nanopartiküller (AgNPs)** ile kaplanmış implantlar *S. aureus, E. coli* ve MRSA gibi patojenlere karşı güçlü antibakteriyel özellik gösterirler.
- **İyot kaplı titanyum implantlar**, MRSA, *P. aeruginosa* ve *S. epidermidis* gibi biyofilm oluşturan bakterileri güçlü şekilde inhibe etmekte.
- **Bakır iyon kaplamaları** *S. aureus* gibi bakterilerle doğrudan temas ederek biyofilm oluşumunu baskılar ve bakterileri öldürür.
- **Selenyum nanopartikül kaplamalı implantlar** MRSA ve *S. epidermidis* biyofilmlerinin oluşumunu engeller, osteoblast çoğalmasını ve farklılaşmasını uyarır, implant-kemik entegrasyonunu kolaylaştırır ve protez gevşeme riskini azaltır
- **Çinko oksit nanopartikülleri** çeşitli bakterilere karşı inhibitör aktivite sergiler ve çinko kaplı titanyum osteojenik potansiyel göstererek implant yüzey modifikasyonu için büyük bir potansiyel sergiler

Diğer Kaplamalar

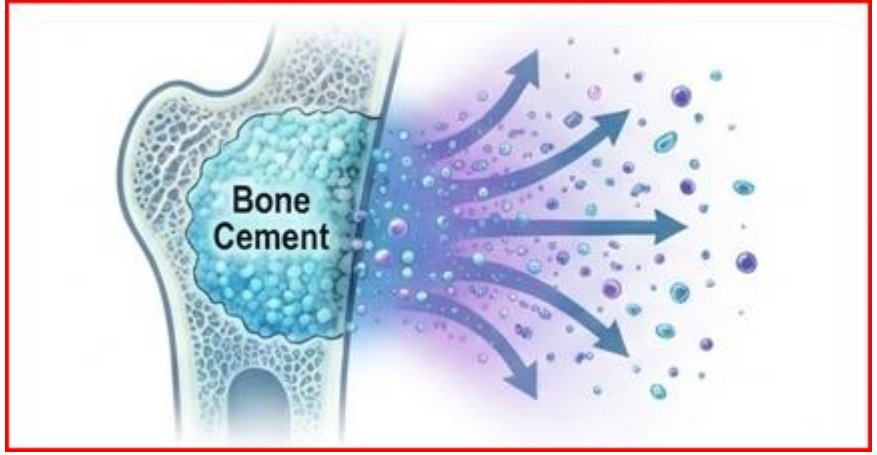
- **NO salan titanyum kaplamalı ortopedik implantlar** antibakteriyel etkinlik ve insan primer osteoblastlarına karşı minimum toksisiteye sahip olduğunu gösterilmiş (invitro alışmalar)
- Titanyum yüzeylerdeki **Chitosan**-hyaluronik asit kompozit kaplamalar; bakteri yapışmasını engeller ve osteoblast çoğalmasını uyarır.

  (Chitosan (kitosan): Antibakteriyel özelliği olan doğal bir biyopolimerdir)
- **Antimikrobiyal peptitler (AMP)**: Organizmalar tarafından doğal olarak sentezlenen ve çeşitli türlerde yaygın olarak bulunan proteinler antibakteriyel etki gösterir.
- GL13K (Parotis bezinden türetilen bir antimikrobiyal peptit) ile modifiye edilmiş titanyum implantlar bakterisidal aktivite göstermekte.

Lokal Antimikrobiyal İlaç Uygulama Sistemi

- Antimikrobiyal yüklü mikropartiküller veya nanokapsüller doğrudan **eklem boşluğuna implante** edilerek lokal ve sürekli salınımı sağlanır.
- Antibakteriyel ve antibiyofilm özellik, azalmış sistemik yan etkiler
- Daptomisin/Vankomisin yüklü polikaprolakton (PCL) mikropartiküller.

Lokal Antibiyotik Deposu



- CHA-CS kompozit taşıyıcı, (kalsiyum hidroksiapatit-osteojenik etki/ Kalsiyum sülfat-hızlı ilaç salınımı)
- Cerament ® (40% CHA + 60% CS): Biyofilm inhibisyonu ve protez stabilitesinin arttığını gösterilmiş (İn vitro etki)
- Kemik çimento ile birlikte kullanılan PerOssal ® (51.5% nanokristalin CHA + 48.5% CS), Diz PEİ' da CRP'yi hızla azaltmış ve reimplantasyon aralığını kısaltmış (İnvitro çalışma).

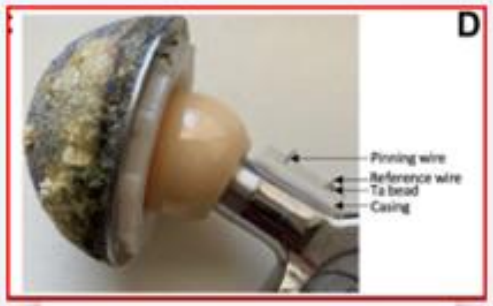
Kemik Çimentosu Optimizasyonu

- Sodyum aljinat ve polihidroksibütirat-hidroksivalerat (PHBV) ile kaplı Rifampisin mikropartiküllerin kemik çimentosuna dahil edilmesi, hem mekanik özellikler korunur hem de antibakteriyel etkinlik artar.
- Mezogözenekli silika (mesoporous silica, MSN), kemik çimentosunun mekanik mukavemetini korurken ilaç salınım oranlarını etkili bir şekilde artırabilir.
- MSN ayrıca, etkili ilaç dağıtımı ve düşük sitotoksisiteye sahip ikili dağıtım sistemleri oluşturmak için de kullanılabilir ve yüksek performanslı antibiyotik kemik çimentolarının geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sunar

Aşılar

- *Staphylococcus aureus* ve koagülaz-negatif *stafilokokları* hedef alan aşıların insan klinik denemeleri başarılı sonuçlar vermemiştir.
- Hayvan çalışmaları,
- IsdB (iron-regulated surface determinant B protein)
- Piruvat dehidrojenaz kompleksi E2 alt birimini (PDHC) antijen olarak kullanan aşıların *S. aureus* enfeksiyonlarına karşı önemli koruma sağladığını göstermiştir.

X Işını tabanlı pH Sensörleri



1. X-Işını Uyarımı

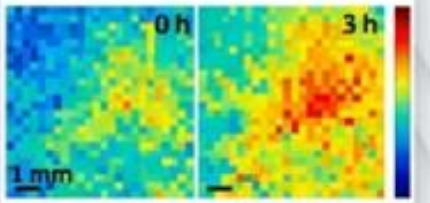
Standart post-operatif radyografi sırasında sensör hedeflenir.

2. Sintilatör Işıması

Radyolüminesans sintilatör x-ışınını görünür ışığa çevirir.

3. pH Duyarlı Filtreleme

Işık, hidrojel veya pH duyarlı boyadan geçerek asiditeye göre kırılır/filitrelenir.



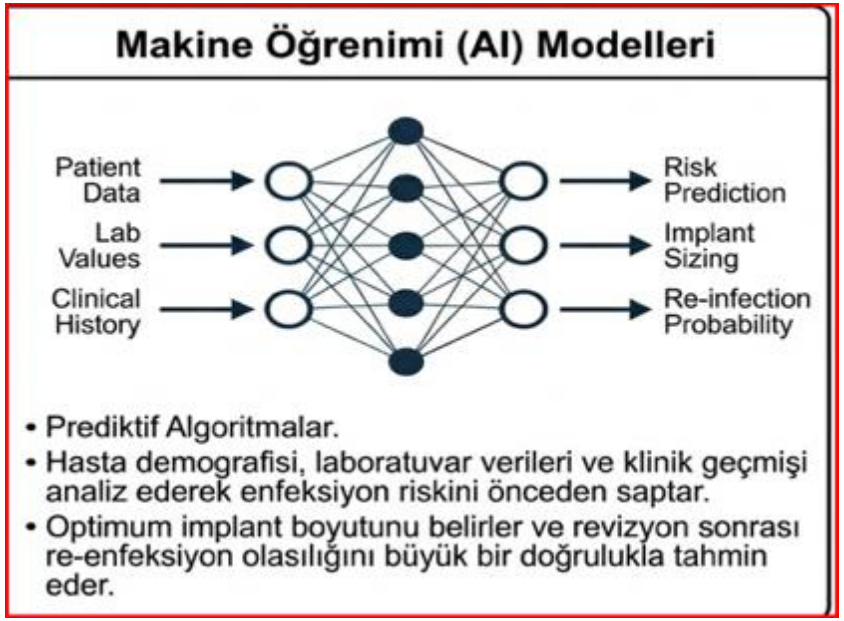
4. Uzamsal Haritalama

Yüksek çözünürlüklü sensör, mikroçevrenin pH değişimini (enfeksiyon kaynaklı asidoz) görselleştirir.

KLİNİK DEĞER: Düzenli post-operatif röntgenler sırasında ekstra ekipman gerektirmeden sürekli ve non-invaziv enfeksiyon takibi sağlar. İğne aspirasyonuna gerek kalmaz.

Makine Öğrenimi Modelleri

- Hasta demografisi, tıbbi öykü, görüntüleme bulguları, tedavi yaklaşımları ve klinik sonuçlar dahil olmak üzere kapsamlı veri kümelerini analiz eder.
- Bu teknoloji, klinisyenlerin infeksiyon risk faktörlerini belirlemesine, tedavi karar verme süreçlerini desteklemesine, optimal implant boyutunu tahmin etmesine ve PEİ revizyon ameliyatından sonra tedavi etkinliğini ve yeniden infeksiyon riskini öngörmesine olanak tanır.
- Araştırma aşamasında
- Ek klinik kanıtlara ihtiyaç var.



Çözüm

- Gelecekte;
- Yeni antibiyotikler ve dirençli etkenleri hedef alan ilaçlar, immünoterapiler (monoklonal/multiklonal antikorlar), faj kokteyl tedavileri, ultrason ve elektrokimya tabanlı antibakteriyel teknolojiler
- Antibakteriyel kaplı implantların (örneğin, gümüş iyonları) ve lokal ilaç dağıtım sistemleri
- Aşı geliştirme çalışmaları
- Enfeksiyon riski tahmininde makine öğrenme modelleri
- **PEİ'nin yönetim zorluklarının üstesinden gelmek için çok disiplinli entegrasyon ve hasta bazlı bireysel tedaviler şarttır.**