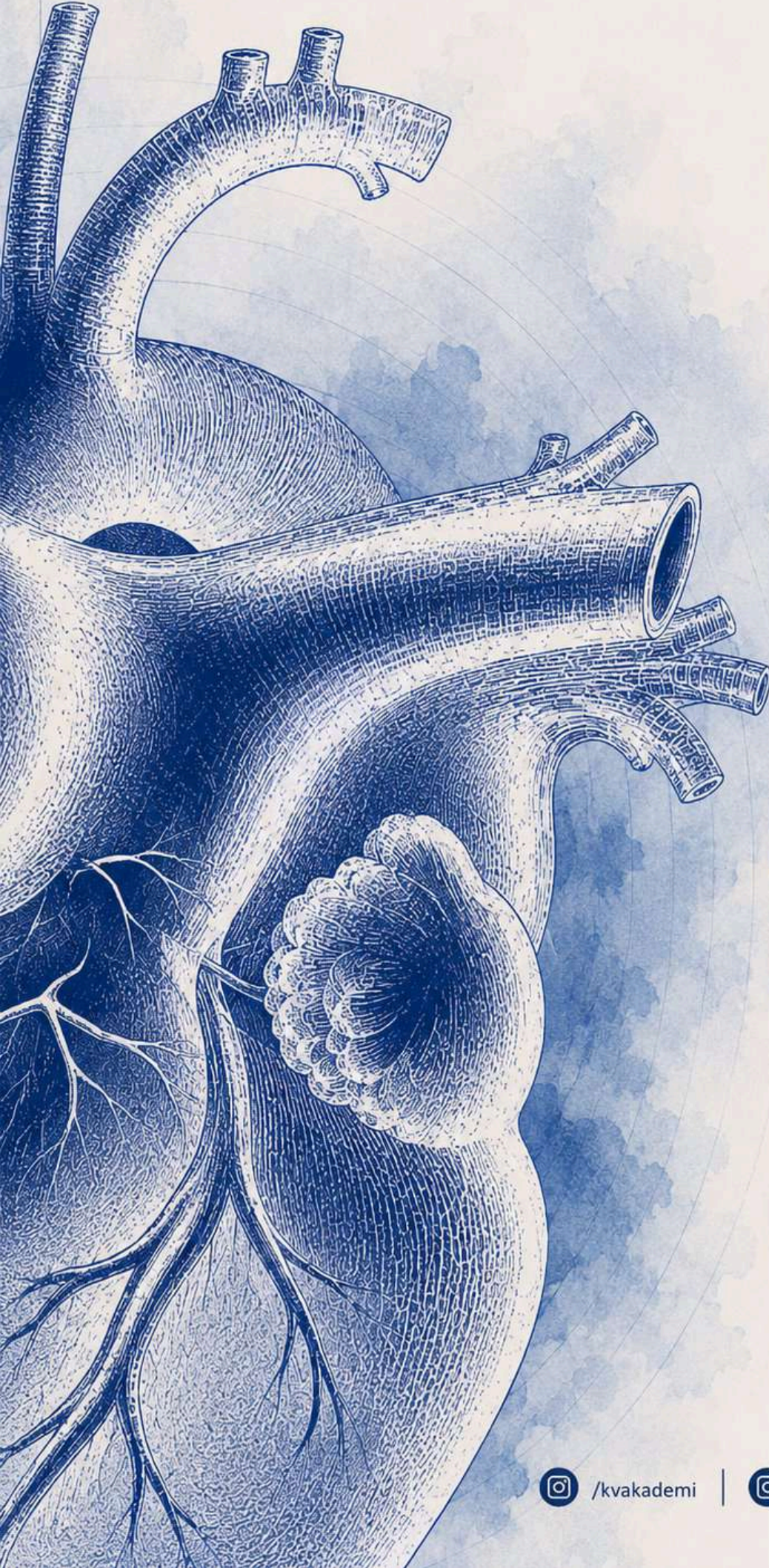




# K V A K

KARDİYOYASKÜLER  
AKADEMİ DERNEĞİ

---

## ASİSTAN BÜLTENİ

---

2026/2

---

KALP PİLLERİ



/kvakademi



/kvak.asistan





# İÇİNDEKİLER

KVAK ASİSTAN BÜLTENİ 2026/2 – KALP PİLLERİ

| BÖLÜM    | KONU                                                                                             | YAZAR VE KLİNİĞİ                                                                 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| BÖLÜM 1  | Kalp Pillerinde Temel Kavramlar, Tarihçe, Gelişim ve Klinik Önemi                                | Dr. Damla Su Özkara<br>İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                     |
| BÖLÜM 2  | Kardiyak Elektrik Sistemi ve Pacing Mantığı                                                      | Dr. Berkem Dokrul<br>Harran Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji AD               |
| BÖLÜM 3  | Kalp Pili Türleri                                                                                | Dr. Özdemir Kuzucu<br>İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                      |
| BÖLÜM 4  | Pacemaker Kodları (NBS Kodlama Sistemi)                                                          | Dr. Sedat Gez<br>Harran Üniversitesi, Kardiyoloji AD                             |
| BÖLÜM 5  | Kalp Pili Endikasyonları                                                                         | Dr. Koçali Baykan<br>Harran Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji AD               |
| BÖLÜM 6  | Kalıcı Kalp Pili İmplantasyonu                                                                   | Dr. Hüseyin Çayırıcıoğlu<br>Harran Üniversitesi, Kardiyoloji AD                  |
| BÖLÜM 7  | Kalıcı Kalp Pili Takibi ve Programlama                                                           | Dr. Onur Bozkurt<br>İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                        |
| BÖLÜM 8  | Pacemaker EKG'si: Genel Kavramlar                                                                | Dr. Temmuz Eren Uzunoğlu<br>Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji AD    |
| BÖLÜM 9  | Pacemaker Komplikasyonları                                                                       | Dr. Yasin Aktaş<br>Bursa Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                         |
| BÖLÜM 10 | Kalp Pillerinde Özel Durumlar                                                                    | Dr. Ahmet Uysal<br>Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji AD          |
| BÖLÜM 11 | CRT ve İleri Pacing Stratejileri                                                                 | Dr. Ali Marmara<br>İstanbul Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji AD |
| BÖLÜM 12 | Güncel Gelişmeler ve Gelecek Perspektifi                                                         | Dr. Ahmet Şaban<br>Harran Üniversitesi, Kardiyoloji AD                           |
| BÖLÜM 13 | Vaka Sunumu<br>Pulmoner Artere Disloke Lead'ten Kaynaklanan Septik Emboli ve İnfektif Endokardit | Dr. Sudenaz Şahan<br>İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                       |
| BÖLÜM 14 | Asistan Köşesi                                                                                   | Dr. Yusuf Taşkın<br>Ankara Etlik Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD                 |



DERLEYEN VE DÜZENLEYEN

Dr. Damla Su Özkara

İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD



/kvak.asistan



/kvakademi

# Kalp Pillerinde Temel Kavramlar, Tarihçe, Gelişim ve Klinik Önemi

Dr. Damla Su Özkara · İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD

## 1.1 Tanım ve Temel Kavramlar

Kalıcı kalp pili, kalp hızının fizyolojik gereksinimleri karşılayamadığı bradiaritmik durumlarda elektriksel uyarı sağlayarak yeterli kardiyak debiyi sürdürmeyi amaçlayan implante edilebilir bir elektronik cihazdır. Avrupa Kardiyoloji Derneği (ESC) 2021 kılavuzuna göre kalıcı pil implantasyonunun birincil endikasyonları arasında semptomatik sinüs nodu disfonksiyonu, edinsel atriyoventriküler blok ve nöro-kardiyak senkop yer almaktadır<sup>1</sup>. Endikasyonlar, kanıt düzeyine göre Sınıf I (kesin endikasyon), Sınıf IIa (güçlü önerilen) ve Sınıf IIb (düşünülebilir) olarak sınıflandırılmaktadır<sup>1</sup>.

Konvansiyonel bir kalıcı pil sistemi üç temel bileşenden oluşmaktadır: (i) lityum iyot pil ve entegre devre içeren pulse jeneratör, (ii) kalp odacıklarına yerleştirilen bir veya birden fazla elektrod (lead) ve (iii) cihaz parametrelerinin hastaya özgü biçimde ayarlanmasını sağlayan programlama birimi<sup>2</sup>.



Kalıcı kalp pili sistemi: lityum iyot pil ve entegre devre içeren pulse jeneratör ile elektrod (lead).

## 1.2 Tarihçe

Kalp pili teknolojisinin kökeni, 1932 yılında Albert Hyman tarafından geliştirilen eksternal elektriksel uyarıcıya dayanmaktadır. Ancak modern kalıcı pil çağı, 1958 yılında İsveçli cerrah Åke Senning ve mühendis Rune Elmqvist tarafından Arne Larsson adlı hastaya gerçekleştirilen ilk tam implante edilebilir pil uygulaması ile başlamıştır. İlk cihaz yalnızca birkaç saat çalışabilmiş olsa da bu girişim kardiyak pacing tarihinin dönüm noktası olmuştur.

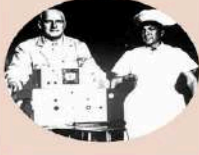
1960'larda transvenöz elektrod teknolojisinin geliştirilmesi torakotomi ihtiyacını ortadan kaldırarak implantasyon güvenliğini önemli ölçüde artırmıştır. 1970'li yıllarda lityum iyot pillerin kullanılmaya başlanması cihaz ömrünü 8-12 yıla uzatırken, aynı dönemde programlanabilir pulse jeneratörlerin piyasaya sürülmesi hız, çıkış ve hassasiyet parametrelerinin noninvaziv olarak değiştirilmesine olanak tanımıştır.

1990'lı ve 2000'li yıllarda rate-responsive (hız uyumlu) algoritmalar, çift odacıklı (DDD) pacing modları ve manyetik rezonans görüntüleme ile uyumlu cihazlar klinik pratiğe girmiştir. 2016 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanan Micra Transkateter Pacing Sistemi, elektrod ve cep gerektirmeyen ilk kablosuz (leadless) kalp pili olarak yeni bir dönem başlatmıştır<sup>3</sup>.



### Kardiyak Pacemakerlerin (Kalp Pili) Gelişimi

**1950'ler:**  
AC ile çalışan  
harici pacemaker'lar  
geliştirildi ve insan  
üzerinde denendi  
(ilk insan)



**1950'ler:**  
Bataryayla çalışan  
taşınabilir  
pacemaker'lar  
geliştirildi  
(Lilienne / Bakken)



**1958:**  
İlk tamamen  
implante edilebilir  
pacemaker  
(Chardack /  
Greatbatch)



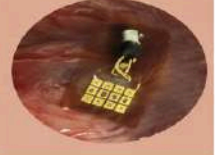
**2013:**  
İmplant edilebilir  
pacemaker  
sistemi önemli  
ölçüde küçültüldü  
ve daha anlamlı  
hale getirildi



**2016:**  
Kurşunsuz  
pacemaker'lar  
(Led otortmi cihazları)  
geliştirildi ve  
kardiyak odalar  
içine yerleştirildi



**Gelecek:**  
Biyolojik olarak  
çözünabilir ve  
vücut tarafından emilen  
pacemaker'lar  
üzerine araştırmalar  
devam ediyor



Kalp pili teknolojisinin tarihsel gelişimi ve dönüm noktaları.

## 1.3 Teknolojik Gelişim ve Güncel Yenilikler

Son on yılda kalp pili teknolojisinde üç paradigma değişikliği öne çıkmaktadır:

### Kablosuz Pacing

Micra VR ve ardından gelen Micra AV sistemi, sağ ventrikül içine transkateter yolla yerleştirilen, elektrod bağımsız cihazlardır. Beş yıllık takip verilerine göre düşük komplikasyon oranları ve son derece nadir enfeksiyon insidansı bildirilmiştir<sup>3</sup>. ESC 2021 kılavuzunda leadless piller, üst ekstremité venöz erişimi bulunmayan, cep enfeksiyonu riski yüksek olan ve hemodiyaliz hastalarında değerlendirilmesi gereken (Sınıf IIa) bir seçenek olarak önerilmektedir<sup>1</sup>.

### İletim Sistemi Pacingi (Conduction System Pacing — CSP)

His demeti pacingi (HBP) ve sol dal pacingi (LBBAP), sağ ventrikül apeksinden yapılan konvansiyonel pacinge kıyasla daha fizyolojik ventriküler aktivasyonu sağlamaktadır<sup>4</sup>. 2025 yılında yayımlanan ESC/EHRA konsensüs belgesinde ise CSP endikasyonları ilk kez kapsamlı biçimde tanımlanmış ve bu yaklaşımın güvenli ve etkin olduğuna dair kanıtlar sistematik olarak değerlendirilmiştir<sup>5</sup>.

### Kardiyak Resenkronizasyon Tedavisi (CRT)

Kalp yetersizliği ve geniş QRS kompleksi olan hastalarda biventriküler pacing, ejeksiyon fraksiyonunu iyileştirerek mortalite ve hastaneye yatışı azaltmaktadır. ESC 2021 kılavuzu, CRT endikasyonlarını sinüs ritmi ve atriyal fibrilasyon varlığına göre ayrıntılı olarak güncellemiştir<sup>1</sup>.

## 1.4 Epidemiyoloji ve Kullanım Sıklığı

Dünya genelinde yılda yaklaşık 1 milyon kalıcı kalp pili implante edilmektedir. Avrupa'da Almanya yıllık yaklaşık 110.000 implantasyonla en yüksek hacme sahip ülkeler arasında yer almaktadır. İspanya Pil Kayıt Sistemi'nin 2023 yılı raporuna göre leadless pil implantasyonlarında bir önceki yıla kıyasla %18,1 artış kaydedilmiştir<sup>6</sup>.

Küresel kardiyak pil pazarının 2024 yılında 5,31 milyar ABD doları değerinde olduğu tahmin edilmekte olup, yaşlanan nüfus ve kardiyovasküler risk faktörlerinin yaygınlaşması nedeniyle bu rakamın 2032 yılına kadar 7,84 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Epidemiyolojik projeksiyonlar, AV blok vakalarının 2020'deki 378.816'dan 2060 yılına kadar 535.076'ya çıkacağını (%41 artış) öngörmektedir. Bu demografik eğilim, kalıcı pil ihtiyacının önümüzdeki on yıllarda sürekli artacağına işaret etmektedir.

## 1.5 Klinik Önemi ve Güncel Perspektif

Kalıcı kalp pili, semptomatik bradiaritmisi tedavisinde mortalite, morbidite ve yaşam kalitesi üzerinde kanıtlanmış olumlu etkilere sahip temel bir tedavi modalitesidir. Günümüzde kalp pili teknolojisinin geleceğine ilişkin üç önemli gelişme alanı bulunmaktadır: (i) leadless çift odacıklı pacing sistemlerinin klinik kullanıma girmesi, (ii) iletim sistemi pacinginin konvansiyonel sağ ventrikül pacinginin yerini alma potansiyeli<sup>5</sup> ve (iii) biyolojik pacemaker konsepti üzerinde devam eden deneysel çalışmalar.

Sonuç olarak, altmış yılı aşan gelişim sürecinde kalıcı kalp pili, basit bir hız destek cihazından fizyolojik iletim paternlerini restore edebilen, uzaktan izlenebilen ve giderek küçülen akıllı terapötik bir platforma dönüşmüştür. ESC ve EHRA tarafından düzenli olarak güncellenen kılavuz ve konsensüs belgeleri, bu alandaki kanıt temelli klinik pratiğin temel referans kaynakları olmaya devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. Eur Heart J. 2021;42(35):3427-3520. doi:10.1093/eurheartj/ehab364
2. Burri H, Starck C, Auricchio A, et al. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators. EP Europace. 2021;23(7):983-1008. doi:10.1093/europace/euaa367
3. El-Chami MF, et al. Leadless pacemakers at 5-year follow-up: the Micra transcatheter pacing system post-approval registry. Eur Heart J. 2024;45(14):1241-1251. doi:10.1093/eurheartj/ehae070
4. Burri H, Jastrzębski M, Cano Ó, et al. EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation. EP Europace. 2023;25(4):1208-1236. doi:10.1093/europace/euad043
5. Glikson M, Burri H, Abdin A, et al. ESC clinical consensus statement on indications for conduction system pacing. EP Europace. 2025;27(4):euaf050. doi:10.1093/europace/euaf050
6. Cano Ó, et al. Spanish pacemaker registry. 21st official report of Heart Rhythm Association of the Spanish Society of Cardiology (2023). Rev Esp Cardiol. 2024. doi:10.1016/j.recesp.2024.07.002

# Kardiyak Elektrik Sistemi ve Pacing Mantığı

Dr. Berkem Dokrul · Harran Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji AD

Bu bölümde kardiyak elektriksel ileti sisteminin temel anatomisi, internodal ileti sistemleri, bradikardi mekanizmaları ve pacing tedavisinin temel prensipleri özetlenmiştir.

## 2.1 Normal İleti Sistemi

Kalbin elektriksel aktivitesi normal koşullarda sinoatriyal (SA) nodda başlar. SA nodun oluşturduğu impuls, sağ atriyum içinde organize iletim yolları üzerinden atriyoventriküler (AV) noda ulaşır. Bu atriyal iletim düzeni internodal ileti sistemleri olarak tanımlanır ve klasik olarak anterior internodal yol, orta internodal yol (Wenckebach) ve posterior internodal yol (Thorel) şeklinde adlandırılır.

Anterior internodal yolun bir uzantısı olan Bachmann demeti, uyarının sol atriyuma geçişinde başlıca interatriyal ileti yolunu oluşturur. Böylece sağ ve sol atriyumların eşgüdümlü depolarizasyonu sağlanır. AV nodda kısa bir fizyolojik gecikme oluşuktan sonra impuls His demetine, ardından sağ ve sol dal sistemine ve son olarak Purkinje liflerine aktarılır<sup>1,2</sup>.

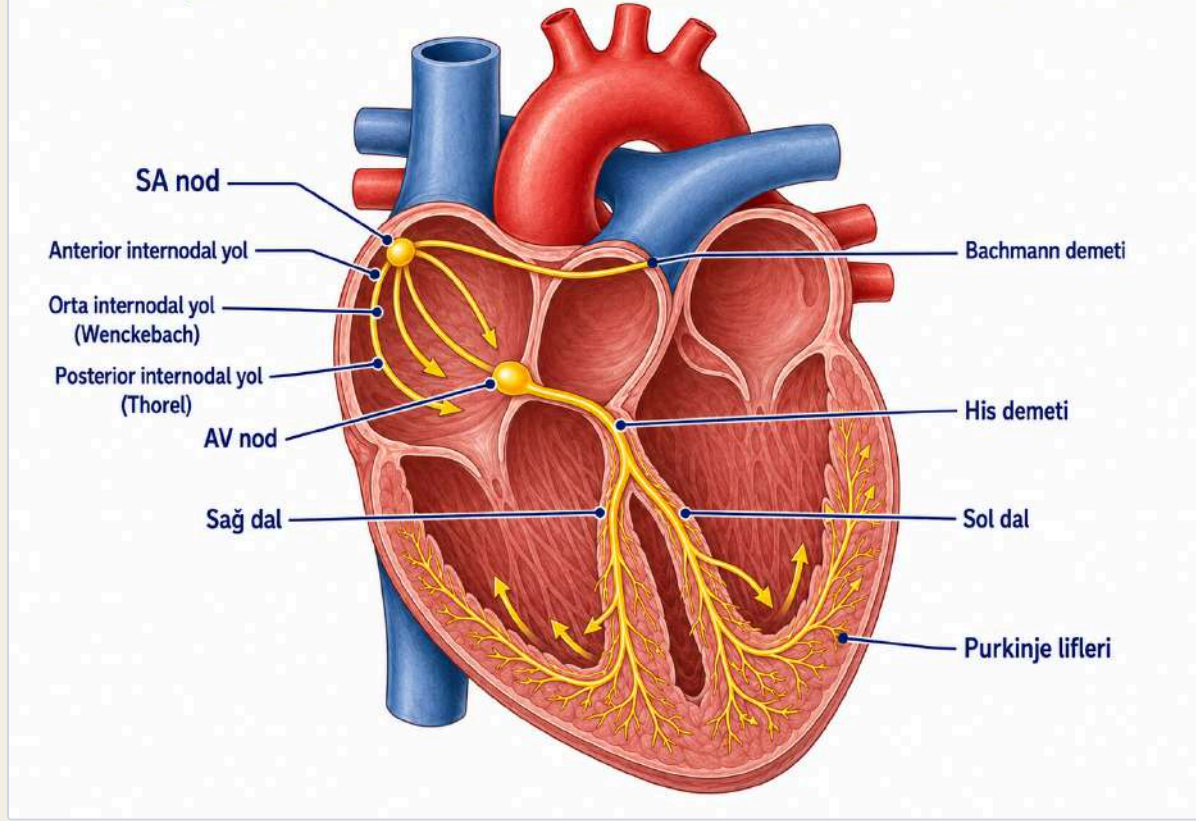
Elektrokardiyografide P dalgası atriyal depolarizasyonu, PR aralığı internodal-AV nodal iletimi ve QRS kompleksi ventriküler depolarizasyonu yansıtır. Bu nedenle internodal ileti sistemlerinin ve ana iletim yapılarının anatomik-fizyolojik özelliklerinin bilinmesi, bradikardi ve iletim bozukluklarının yorumlanmasında klinik açıdan önemlidir<sup>1,2</sup>.

**Tablo 1. Normal ileti sisteminin temel bileşenleri**

| Yapı                 | Temel görev                                                                    | Klinik / EKG karşılığı                                      |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| SA nod               | Kalbin fizyolojik pacemaker odağıdır.                                          | Sinüs ritminin başlangıç odağıdır.                          |
| İnternodal yollar    | SA noddan çıkan impulsun sağ atriyum içinde AV noda iletilmesine katkı sağlar. | Atriyal ileti organizasyonunun anatomik temelini oluşturur. |
| Bachmann demeti      | Uyarının sol atriyuma geçişinde başlıca interatriyal ileti yoludur.            | İki atriyumun eşzamanlı aktivasyonuna katkı sağlar.         |
| AV nod               | Atriyumdan ventriküle geçişi yavaşlatır.                                       | PR aralığının önemli kısmını oluşturur.                     |
| His-Purkinje sistemi | Ventriküler aktivasyonu hızlı ve senkron hale getirir.                         | QRS süresi ve morfolojisi ile ilişkilidir.                  |



## Kardiyak Elektrik İletim Sistemi ve İnternodal Yollar



Şekil 1. Kardiyak elektrik iletim sistemi ve internodal ileti sistemlerinin şematik gösterimi.

### 2.2 Bradikardi Mekanizmaları

Bradikardi, kalp hızının metabolik gereksinimi karşılamayacak düzeyde düşük olması veya ileti sistemindeki bozukluk nedeniyle yeterli efektif atımın sağlanamaması durumudur. Ancak tek başına sayısal kalp hızı yeterli değildir; semptom varlığı, hemodinamik durum ve altta yatan neden klinik karar sürecini belirler<sup>3,4</sup>.

Uyarı oluşum bozukluklarında temel sorun sinüs nod kaynaklıdır. Sinüs bradikardisi, sinüs arresti, sinoatriyal çıkış bloğu ve kronotropik yetersizlik bu grupta değerlendirilir. Uyarı iletim bozukluklarında ise impuls oluşmasına rağmen AV nod, His demeti veya Purkinje sistemi düzeyinde iletim gecikir ya da tamamen kesilir; ikinci derece AV bloklar ve tam AV blok bu grubun en belirgin örnekleridir<sup>3,4</sup>.

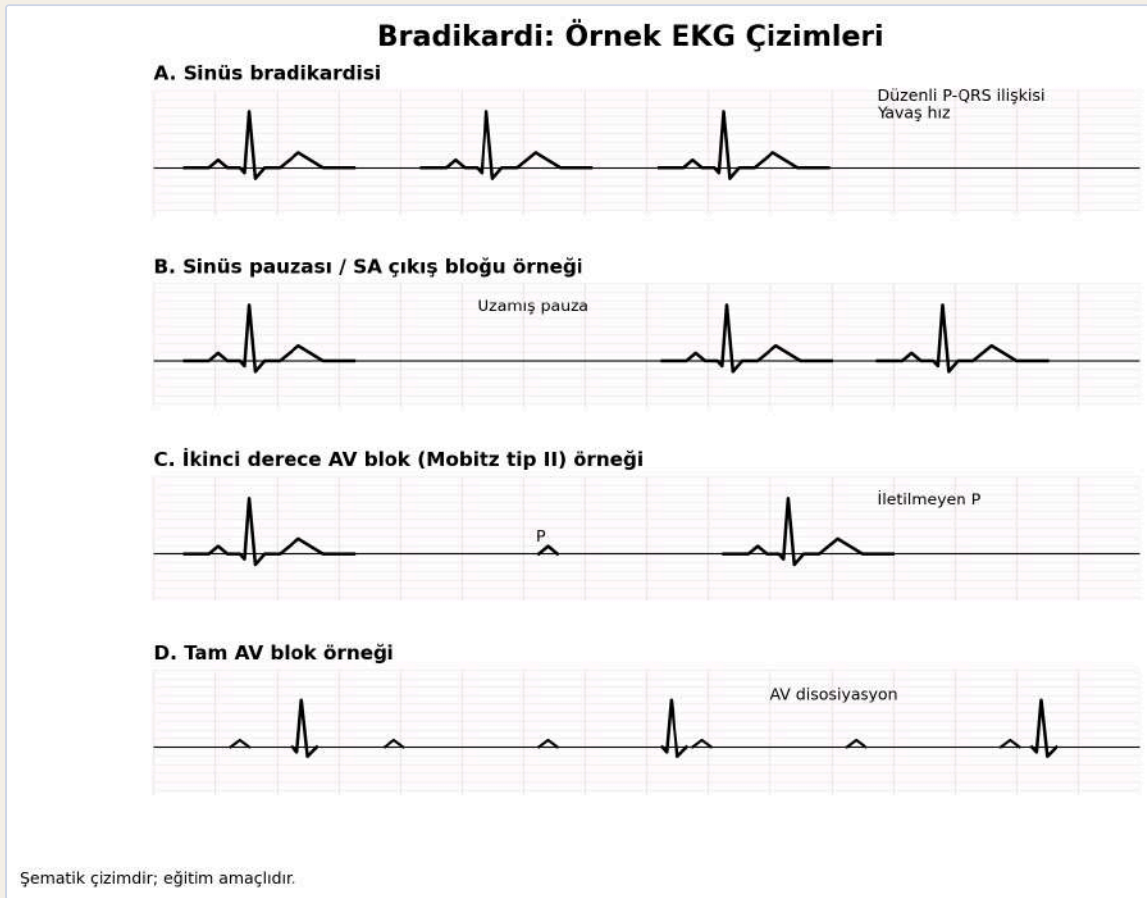
Bradikardi değerlendirmesinde ilaçlar, iskemi, elektrolit bozuklukları, hipotiroidi, hipotermi ve artmış vagal tonus gibi geri dönüşümlü nedenler mutlaka araştırılmalıdır. Semptomatik hastada geçici pacing gereksinimi doğabilir; kalıcı semptomatik sinüs nod disfonksiyonu veya yüksek dereceli AV blok varlığında ise kalıcı pacemaker tedavisi gündeme gelir<sup>3,4,5</sup>.

EKG, bradikardinin mekanizmasını ayırt etmede temel araçtır. Sinüs bradikardisinde düzenli fakat yavaş P-QRS ilişkisi görülürken, sinüs duraklamasında uzamış duraklamalar izlenebilir. İkinci derece AV blokta iletilmeyen P dalgaları görülebilir; tam AV blokta

ise atriyal ve ventriküler aktivasyon birbirinden bağımsız hale gelerek AV disosiyasyon ortaya çıkar<sup>3,4</sup>.

**Tablo 2. Bradikardiye yol açan başlıca mekanizmalar**

| Mekanizma               | Örnekler                                                   | Klinik not                                    |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Uyarı oluşum bozukluğu  | Sinüs bradikardisi, sinüs arresti, SA çıkış bloğu          | Semptom ile ritim korelasyonu önemlidir.      |
| Uyarı iletim bozukluğu  | Mobitz tip II AV blok, tam AV blok, His-Purkinje hastalığı | Yüksek dereceli bloklarda pacing gerekebilir. |
| Geri dönüşümlü nedenler | İlaçlar, hiperkalemi, hipotiroidi, iskemi, hipotermi       | Kalıcı pacing kararı öncesi düzeltilmelidir.  |

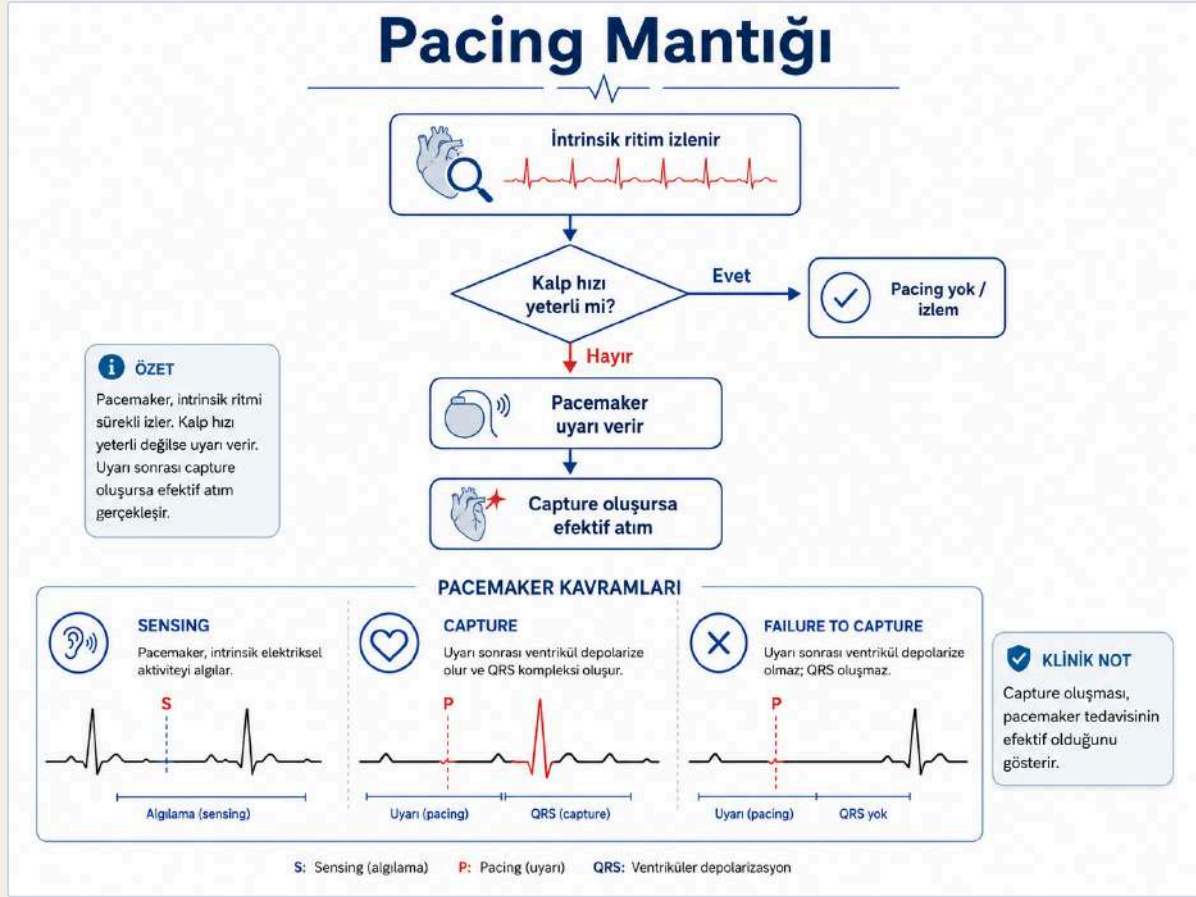


**Şekil 2.** Bradikardi mekanizmalarına ait örnek EKG çizimleri: sinüs bradikardisi, sinüs duraklaması/SA çıkış bloğu, ikinci derece AV blok ve tam AV blok.

## 2.3 Pacing'in Fizyolojik Temeli

Pacing, kalbin kendi uyarı üretimi veya ileti sistemi yetersiz kaldığında miyokardın dışarıdan verilen elektriksel uyarılarla depolarize edilmesi esasına dayanır. Temel amaç yalnızca kalp hızını artırmak değil; yeterli kardiyak debiyi sağlamak, atriyoventriküler senkroniyi korumak ve seçilmiş hastalarda mümkün olduğunca fizyolojik ventrikül aktivasyonunu sürdürmektir<sup>3,5,7</sup>.

Pacemaker sistemi, hastanın intrinsik elektriksel aktivitesini sürekli izler. Kalp hızı belirlenen alt sınırın altına düştüğünde veya ileti sistemi etkin biçimde ventriküler aktivasyon oluşturamadığında cihaz uyarı verir. Uyarının klinik olarak etkili olabilmesi için stimulusun capture oluşturması gerekir. Uzun süreli ventriküler pacingin olası dissenkronik etkileri nedeniyle, günümüzde iletim sistemi pacingi gibi daha fizyolojik stratejiler de önem kazanmıştır<sup>5,6,7</sup>.



Şekil 3. Pacing mantığının ve temel pacemaker kavramlarının şematik özeti.

## 2.4 Capture, Sensing ve Pacing Kavramları

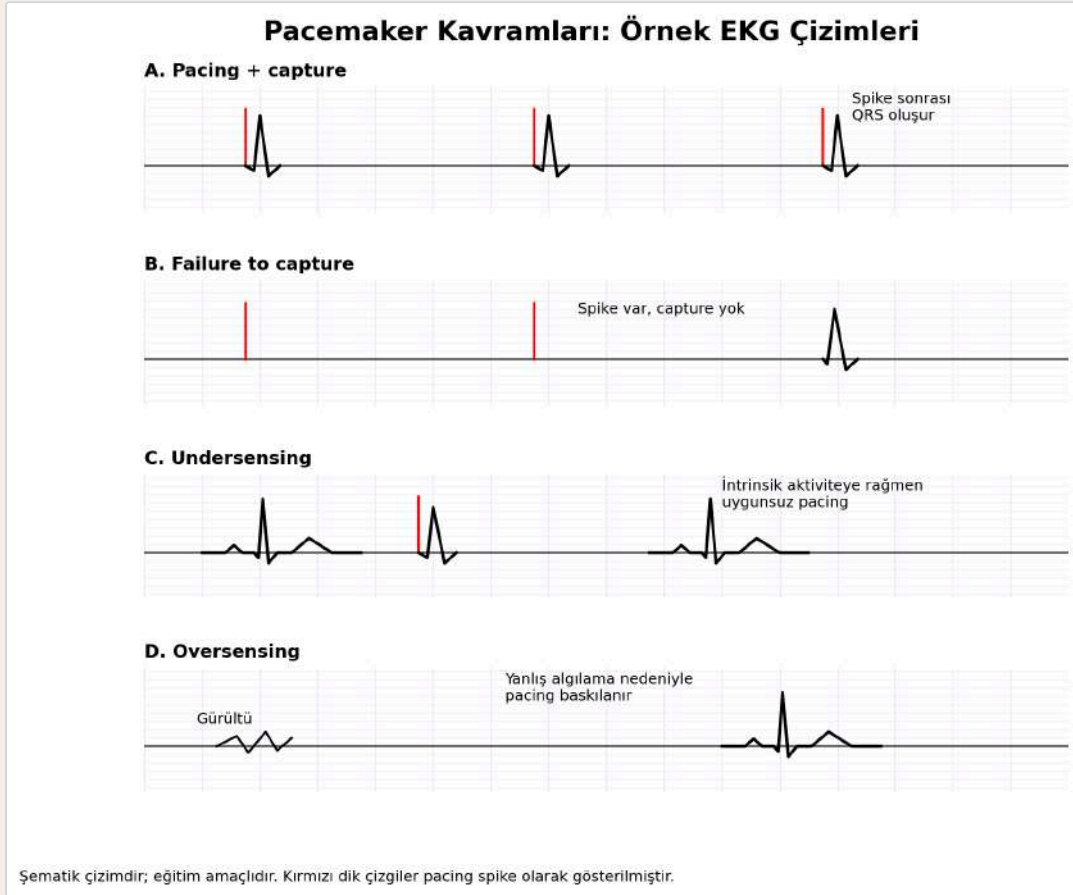
Pacing, pacemaker cihazının miyokarda elektriksel uyarı göndermesidir ve EKG'de çoğu zaman pacing spike olarak izlenir. Capture ise verilen uyarının miyokardı gerçekten depolarize etmesi anlamına gelir. Ventriküler pacing sonrasında QRS kompleksinin oluşması efektif capture lehinedir. Buna karşılık stimulus verildiği halde depolarizasyon oluşmazsa failure to capture söz konusudur<sup>5,7</sup>.

Sensing, cihazın hastanın intrinsik elektriksel aktivitesini algılamasıdır. Uygun sensing sayesinde cihaz gereksiz uyarı vermeden hastanın kendi ritmini izleyebilir. Undersensing durumunda intrinsik aktivite algılanamaz ve uygunsuz pacing görülebilir; oversensing durumunda ise gerçek olmayan sinyaller intrinsik aktivite gibi algılanarak gerekli pacing baskılanabilir. Bu kavramlar, pacemaker takibi ve cihaz sorunlarının değerlendirilmesinde temel öneme sahiptir<sup>5,7</sup>.



**Tablo 3. Pacemaker temel kavramları**

| Kavram             | Kısa tanım                           | EKG'de görünüm                            |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| Pacing             | Cihazın uyarı vermesi                | Pacing spike                              |
| Capture            | Uyarının miyokardı depolarize etmesi | Spike sonrası P veya QRS                  |
| Failure to capture | Uyarı var ama depolarizasyon yok     | Spike var, QRS oluşmaz                    |
| Sensing            | İntrinsik aktivitenin algılanması    | Gereksiz spike oluşmaz                    |
| Undersensing       | İntrinsik aktivite algılanamaz       | İntrinsik ritme rağmen uygunsuz spike'lar |
| Oversensing        | Yanlış sinyal algılanır              | Gerekli pacing baskılanır                 |



**Şekil 4.** Pacemaker temel kavramlarına ait örnek EKG çizimleri: pacing ve capture, failure to capture, undersensing ve oversensing.

## KAYNAKLAR

1. Anderson RH, Ho SY, Sanchez-Quintana D. The anatomy of the cardiac conduction system. Clin Anat. 2009;22(1):99-113.
2. Zipes DP, Jalife J, Stevenson WG, editors. Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2024.
3. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, et al. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay. Circulation. 2019;140(8):e382-e482.
4. Sidhu S, Marine JE. Evaluating and managing bradycardia. Trends Cardiovasc Med. 2020;30(5):265-272.
5. Mulpuru SK, Madhavan M, McLeod CJ, Cha YM, Friedman PA. Cardiac Pacemakers: Function, Troubleshooting, and Management: Part 1 of a 2-Part Series. J Am Coll Cardiol. 2017;69(2):189-210.
6. Jastrzebski M, Kielbasa G, Curila K, et al. Physiology-based electrocardiographic criteria for left bundle branch capture. Heart Rhythm. 2021;18(6):935-943.
7. Ellenbogen KA, Wilkoff BL, Kay GN, Lau CP, Auricchio A. Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2017.

## Kalp Pili Türleri

Dr. Özdemir Kuzucu · İzmir Şehir Hastanesi Kardiyoloji Kliniği, Kardiyoloji AD

### 3.1 Geçici (Temporary) Pacing

Geçici kalp pili uygulaması, kalıcı pil implantasyonuna kadar köprü tedavisi olarak veya geri dönüşümlü bradiaritmi durumlarında kısa süreli hemodinamik destek sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. ESC 2021 kılavuzuna göre geçici pacing, hemodinamik bozulmaya neden olan semptomatik bradikardide farmakolojik tedavinin (atropin 0,5 mg iv, maksimum 3 mg) yetersiz kaldığı durumlarda endikedir<sup>1</sup>. Geçici pacing üç temel yöntemle uygulanmaktadır: transkutan, transvenöz ve epikardiyal.

#### 3.1.1 Transkutan Pacing

Transkutan pacing (TKP), göğüs duvarına yapıştırılan yüzeyel elektrod pedleri aracılığıyla dışarıdan elektriksel uyarı verilmesine dayanır. Amerikan Kalp Derneği (AHA) 2025 İleri Kardiyak Yaşam Desteği (İKYD) kılavuzuna göre TKP, atropine dirençli semptomatik bradikardide ve özellikle yüksek dereceli (ikinci veya üçüncü derece) AV blokta gecikmeksizin başlatılması gereken ikinci basamak tedavi olarak konumlandırılmaktadır<sup>2</sup>. Başlangıç pacing hızı genellikle 60–80/dk olarak ayarlanmakta ve hastanın klinik yanıtına göre titre edilmektedir<sup>2</sup>.

TKP'nin en önemli avantajı dakikalar içinde başlatılabilesidir; bu nedenle acil servislerde ve kardiyopulmoner resüsitasyon senaryolarında ilk basamak geçici pacing yöntemi olarak önerilmektedir. Bununla birlikte yüksek enerji gereksinimine (50–200 mA) bağlı olarak şiddetli göğüs kası kasılması ve cilt ağrısı oluşmakta, bu durum bilinçli hastalarda sedoanaljezi (midazolam + fentanil veya ketamin) uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Pacing eşiğinin stabilitesi düşük olup yakalama kaybı riski yüksektir; bu nedenle TKP yalnızca saatler düzeyinde köprüleme tedavisi olarak kabul edilmelidir<sup>1,2</sup>.

#### 3.1.2 Transvenöz Pacing

Transvenöz geçici pacing (TVP), santral venöz yol (internal juguler, subklaviyen veya femoral ven) aracılığıyla bir bipolar elektrodun sağ ventrikül apeksine veya septumuna ilerletilmesini içerir. TKP'ye kıyasla belirgin biçimde daha stabil ve güvenilir pacing sağlanmakta olup günlerden haftalara kadar uzayan sürelerde uygulanabilmektedir<sup>1</sup>.

Geleneksel pasif fiksasyonlu elektrodalarda dislokasyon oranı %10–37 arasında bildirilmişken, aktif fiksasyonlu (vidalı) elektrodalarda bu oran %5,5'e düşmektedir<sup>3</sup>. ESC 2021 kılavuzu, uzun süreli geçici pacing gereken hastalarda aktif fiksasyonlu



elektrod sistemlerinin tercih edilmesini önermektedir<sup>1</sup>. Danimarka ulusal kohort çalışmasında aktif fiksasyonlu geçici pacingin, sonraki kalıcı cihaz enfeksiyonu riskini artırmadığı gösterilmiştir<sup>3</sup>.

Başlıca komplikasyonlar arasında venöz giriş yeri enfeksiyonu (%2-8), kardiyak perforasyon ve tamponad (%1-2), pnömotoraks ve elektrod dislokasyonu yer almaktadır. ESC 2021 kılavuzu, TVP'nin mümkün olan en kısa sürede sonlandırılmasını ve kalıcı pil endikasyonu varsa erken implantasyon planlanmasını önermektedir<sup>1</sup>.

### 3.1.3 Epikardiyal Pacing

Epikardiyal pacing, başta açık kalp cerrahisi olmak üzere kardiyo-toraksik girişimler sırasında epikardiyal yüzeye dikilen geçici elektrodlar aracılığıyla uygulanmaktadır. Büyük tek merkezli bir çalışmada kardiyak cerrahi hastalarının %17,5'inin yoğun bakım ünitesine varışta geçici pacing ihtiyacı gösterdiği bildirilmiştir<sup>4</sup>.

AV blok insidansı cerrahi türüne göre önemli farklılık göstermektedir: koroner arter baypas greftleme sonrası ortalama %2,4 (aralık: %0,3-24), aort kapak replasmanı sonrası %10,3, mitral kapak replasmanı sonrası %23,5 ve triküspit kapak replasmanı sonrası %46'ya kadar yükselmektedir<sup>4,5</sup>. Triküspit kapak cerrahisi sonrası hastaların %14'ünde tam pacing bağımlılığı gelişmekte olup bu durum profilaktik epikardiyal elektrod yerleştirilmesini zorunlu kılmaktadır<sup>5</sup>.

Epikardiyal elektrodlar genellikle postoperatif 5-7 gün içinde çekilmektedir; iletim bozukluğu bu sürede düzelmezse kalıcı pil implantasyonu planlanmaktadır. Venöz erişim gerektirmemesi ve atriyum ile ventrikülün ayrı ayrı uyarılabilmesi başlıca avantajlarıdır; cerrahi alana bağlı kanama ve nadir enfeksiyon riski taşımaktadır.

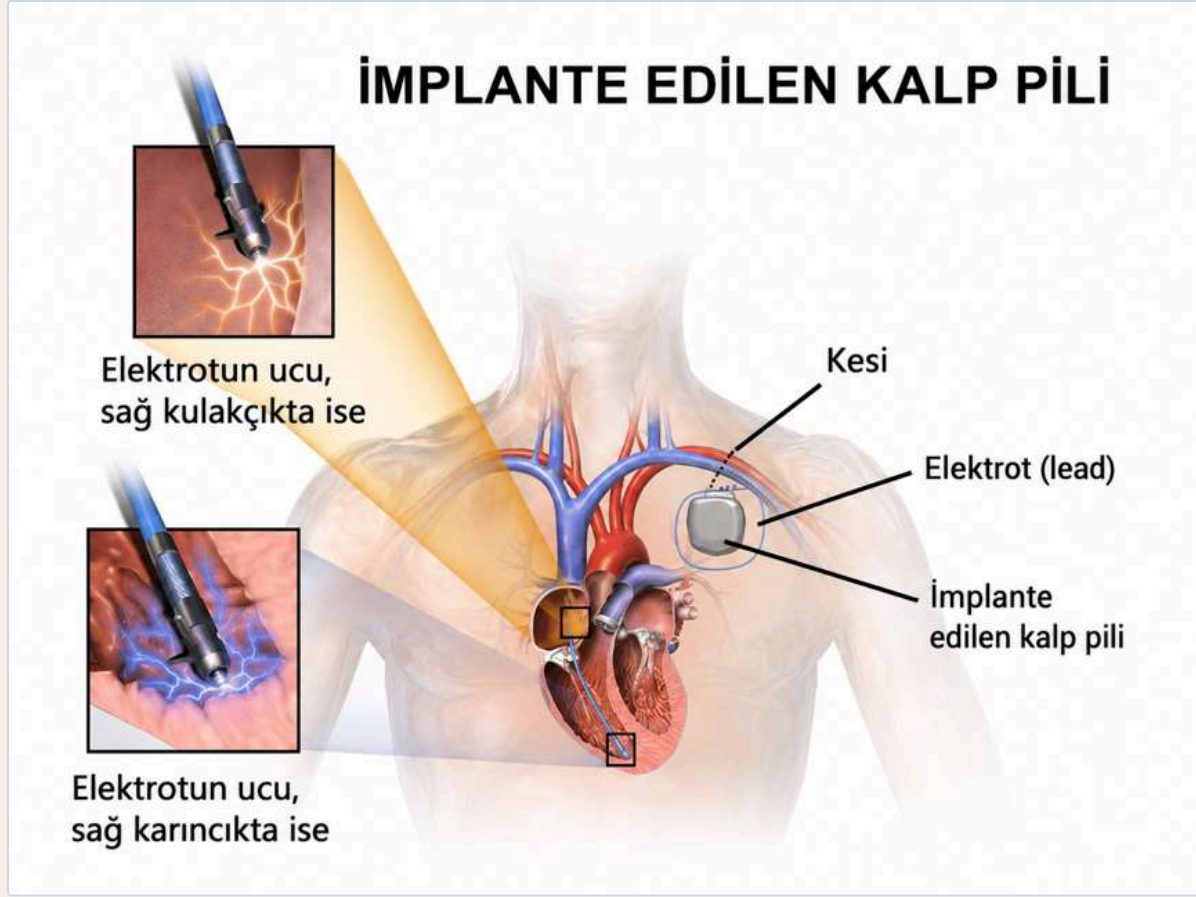
**Tablo 4. Geçici pacing yöntemlerinin karşılaştırması**

| Özellik              | Transkutan                  | Transvenöz                       | Epikardiyal                 |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Uygulama yeri        | Cilt yüzeyi (göğüs duvarı)  | Santral ven → sağ ventrikül      | Epikard (cerrahi alan)      |
| Uygulama hızı        | Çok hızlı (<5 dk)           | Orta (30–60 dk)                  | Yavaş (cerrahi gerekir)     |
| Pacing stabilitesi   | Düşük                       | Yüksek                           | Yüksek                      |
| Başlıca endikasyon   | Acil köprüleme, KPA         | Uzun süreli geçici pacing        | Açık kalp cerrahisi sonrası |
| Hasta konforu        | Düşük (sedasyon gerektirir) | Yüksek                           | Orta                        |
| Dislokasyon oranı    | —                           | %5,5 (aktif) / %33 (pasif)       | Düşük                       |
| Başlıca komplikasyon | Cilt yanığı, kas kasilması  | Enfeksiyon, perforasyon, tromboz | Kanama, enfeksiyon          |
| Kullanım süresi      | Saatler                     | Günler – haftalar                | 5–7 gün (genellikle)        |

KPA: kardiyopulmoner arrest; dk: dakika; AV: atriyoventriküler.

### 3.2 Kalıcı (Permanent) Pacemaker

Kalıcı kalp pili (KKP), geri dönüşümsüz semptomatik bradiaritmi durumlarında uzun süreli elektriksel uyarı sağlamak amacıyla subkutan cep içine implante edilen programlanabilir bir cihazdır. ESC 2021 kılavuzuna göre KKP'nin temel endikasyonları sinüs nodu hastalığı (SNH), edinsel atriyoventriküler (AV) blok ve nöro-kardiyojenik senkoptur<sup>1</sup>. Cihaz modu, hastanın altta yatan ritim bozukluğuna, AV iletim durumuna ve eşlik eden klinik tabloya göre seçilmektedir.



**Şekil 5.** Kalıcı kalp pilinin anatomik yerleşimi. Pulse jeneratör subklaviyen bölgede subkutan cep içine, elektrodlar venöz yol aracılığıyla kalp odacıklarına yerleştirilmektedir. Kaynak: *Blausen Medical 2014, Wikimedia Commons, CC BY 3.0.*

### 3.2.1 Tek Odacıklı Piller (VVI, AAI)

VVI modu, yalnızca ventrikülü algılayan ve uyaran tek odacıklı pacing biçimidir. Kalıcı atriyal fibrilasyon (AF) zemininde bradikardi veya yüksek dereceli AV blok bulunan hastalarda birincil tercih olarak kullanılmaktadır. AV senkronizasyon korunamadığından sinüs ritmindeki hastalarda «pacemaker sendromu» gelişme riski mevcuttur; bu tablo hipotansiyon, yorgunluk, boyun venlerinde dolgunluk ve egzersiz intoleransı ile karakterize olup hastaların yaklaşık %20'sinde bildirilmektedir<sup>1</sup>.

AAI modu, yalnızca atriymu algılayan ve uyaran tek odacıklı bir moddur. Teorik olarak AV iletimin tamamen sağlam olduğu izole SNH için uygundur. Ancak ESC 2021 kılavuzu, uzun vadede AV blok gelişme riskini (%0,6–1,9/yıl) göz önüne alarak AAI modunun kullanımını artık rutin olarak önermemektedir<sup>1</sup>. DDD modunda gereksiz ventrikül pasingi minimize eden algoritmalar (managed ventricular pacing gibi) sayesinde fizyolojik atriym pasingi korunurken AV blok geliştiğinde otomatik ventrikül desteği devreye girmektedir.

### 3.2.2 Çift Odacıklı Piller (DDD)

DDD modu, hem atriymu hem ventrikülü algılayıp uyaran, fizyolojik AV senkronizasyonu koruyan çift odacıklı pacing biçimidir. ESC 2021 kılavuzunda sinüs ritmindeki AV bloklu hastalar için DDD modu birincil öneri (Sınıf I) olarak belirlenmiştir<sup>1</sup>.



Mod seçiminin klinik sonuçlara etkisini değerlendiren büyük randomize kontrollü çalışmalar önemli veriler sunmuştur. MOST çalışmasında (n=2010, SNH hastaları) çift odacıklı pacingde kalp yetersizliği (KY) nedenli hastaneye yatış anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (%10,3'e karşılık %12,3)<sup>6</sup>. UK-PACE çalışmasında (n=2021, ≥70 yaş, yüksek dereceli AV blok) 5 yıllık izlemde iki mod arasında tüm nedenlere bağlı mortalitede anlamlı fark saptanmamış, ancak VVI grubunda inme ve geçici iskemik atak riski istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur<sup>7</sup>. Bu büyük çalışmaların toplamı, DDD pacingin mortalite avantajı sağlamasa da morbidite (AF gelişimi, KY yatışı, tromboembolik olay) açısından üstün olduğunu göstermektedir.

SNH zemininde DDD pil implante edilen hastalarda gereksiz sağ ventrikül pasingi, sol ventrikül (SoV) disfonksiyonuna yol açabilmektedir. Bu durum «pacing ile indüklenen kardiyomiyopati» (PDK) olarak adlandırılmaktadır. Sistematik bir derlemede PDK'nın prevalansı %12 olarak hesaplanmış olup RV pacing yüzdesi >%40 olan hastalarda risk belirgin biçimde artmaktadır<sup>8</sup>. ESC 2021 kılavuzu, SNH zemininde DDD pil takılan hastalarda ventrikül pacing yüzdesini en aza indiren programlama stratejilerinin uygulanmasını önermektedir (Sınıf I)<sup>1</sup>.



**Şekil 6.** PA göğüs grafisinde çift odacıklı (DDD) kalp pili. Sağ atriyum ve sağ ventrikülde birer elektrod ile sol subklaviyen bölgede pulse jeneratör görülmektedir. Kaynak: CardioNetworks ECGpedia, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0.

**Tablo 5. Pacing ile indüklenen kardiyomiyopati risk faktörleri**

| Risk faktörü               | Etki                                       | Kanıt                   |
|----------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| SV pacing yüzdesi >%40     | PDK riski belirgin artış                   | Sistemik derleme (2022) |
| Apikal pacing pozisyonu    | PDK oranı %22,1 (apikal) vs %4,5 (septal)  | Retrospektif kohort     |
| Geniş uyarılmış QRS süresi | QRS >150 ms PDK ile ilişkili               | MOST alt analizi        |
| Erkek cinsiyet             | Bağımsız risk faktörü                      | Çoklu çalışma           |
| Bazal LVEF düşüklüğü       | Düşük başlangıç LVEF'si PDK'yı hızlandırır | Çoklu çalışma           |

SV: sağ ventrikül; PDK: pacing ile indüklenen kardiyomiyopati; LVEF: sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu; MOST: Mode Selection Trial.

### 3.2.3 Biventriküler Piller — Kardiyak Resenkronizasyon Tedavisi

Kardiyak resenkronizasyon tedavisi (KRT), kalp yetersizliği ve ileti gecikmesi bulunan hastalarda biventriküler pacing yoluyla ventriküler mekanik senkronizasyonu yeniden sağlamayı hedeflemektedir. ESC 2021 kılavuzuna göre KRT endikasyonu, sinüs ritminde, SVEF  $\leq$  %35, QRS süresi  $\geq$  150 ms ve sol dal bloğu (SDB) morfolojisi bulunan semptomatik KY hastalarında Sınıf I düzeyinde önerilmektedir<sup>1</sup>. 2013 kılavuzunda alt sınır 120 ms iken 2021 kılavuzunda 130 ms'ye yükseltilmiştir; QRS 130–149 ms + LBBB kombinasyonunda öneri Sınıf IIa'ya düşürülmüştür<sup>1</sup>.

Randomize çalışmalar KRT'nin klinik etkinliğini tutarlı biçimde ortaya koymuştur: COMPANION çalışmasında (n=1520) KRT-P grubunda ölüm veya KY yatışında %20 azalma; MADIT-CRT çalışmasında (n=1820) KY olaylarında %34 azalma (LBBB alt grubunda en belirgin fayda); RAFT çalışmasında (n=1798) ölüm veya KY yatışında %25 azalma saptanmıştır. Bu çalışmaların meta-analizi, KRT'nin LVEF'yi ortalama %8–10 artırdığını ve sol ventrikül sistolik çapında anlamlı küçülme sağladığını göstermektedir.

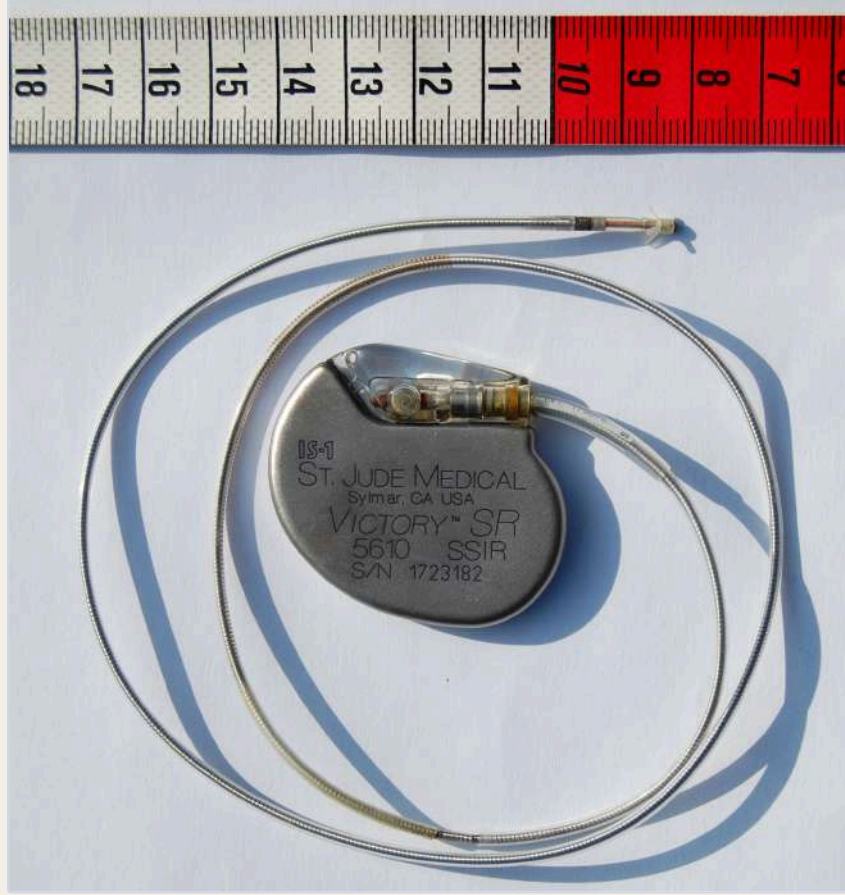
**Tablo 6. KRT landmark randomize çalışmaları**

| Çalışma   | Yıl  | Hasta (n) | Popülasyon                                      | Temel bulgu                                      |
|-----------|------|-----------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| COMPANION | 2004 | 1520      | NYHA III–IV, LVEF $\leq$ %35, QRS $\geq$ 120 ms | KRT-P: ölüm+yatışta %20 azalma                   |
| MADIT-CRT | 2009 | 1820      | NYHA I–II, LVEF $\leq$ %30, QRS $\geq$ 130 ms   | KY olaylarında %34 azalma; SDB'de en güçlü yanıt |
| RAFT      | 2010 | 1798      | NYHA II–III, LVEF $\leq$ %30, QRS $\geq$ 120 ms | Ölüm+KY yatışta %25 azalma                       |

KRT-P: kardiyak resenkronizasyon tedavisi-pacemaker; LVEF: sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu; LBBB/SDB: sol dal bloğu; KY: kalp yetersizliği; NYHA: New York Kalp Derneği.

Bununla birlikte hastaların yaklaşık %30–40'ı «yanıt vermeyen» (nonresponder) olarak sınıflandırılmaktadır. Nonresponsun en güçlü prediktörleri arasında LBBB dışı QRS morfolojisi, QRS <150 ms, iskemik kardiyomiyopati zemininde yaygın skar ve sol

ventrikül elektrodunun apikal pozisyonu yer almaktadır. Bu nedenle ESC 2021 kılavuzu, hasta seçiminde QRS morfolojisi ve süresinin dikkatle değerlendirilmesini özellikle vurgulamaktadır<sup>1</sup>.



**Şekil 7.** Konvansiyonel kalıcı kalp pili ve elektrod (St. Jude Medical Victory SR 5610). Pulse jeneratör gövdesi yaklaşık 4 cm, elektrod yaklaşık 58 cm uzunluğundadır. Kaynak: Steven Fruitsmaak, Wikimedia Commons, CC BY 3.0.

**Tablo 7. Kalıcı pil modlarının karşılaştırması**

| Mod    | Algılama       | Uyarı          | Yanıt                  | Başlıca endikasyon                                             |
|--------|----------------|----------------|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| VVI(R) | Ventrikül      | Ventrikül      | İnhibisyon             | Kalıcı AF + yavaş ventrikül yanıtı, ileri AV blok              |
| AAI(R) | Atriyum        | Atriyum        | İnhibisyon             | İzole SNH (AV ileti tam sağlam) — ESC 2021: artık önerilmiyor  |
| DDD(R) | Her iki odacık | Her iki odacık | Tetikleme / İnhibisyon | AV blok (Sınıf I), SNH (Sınıf I — SV pacing minimizasyonu ile) |
| KRT-P  | Atriyum + KS   | Biventriküler  | Tetikleme / İnhibisyon | KY + SVEF $\leq$ %35 + QRS $\geq$ 150 ms + SDB (Sınıf I)       |

SNH: sinüs nodu hastalığı; AF: atriyal fibrilasyon; AV: atriyoventriküler; SV: sağ ventrikül; KS: koroner sinüs; KY: kalp yetersizliği; SVEF: sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu; SDB: sol dal bloğu; KRT-P: kardiyak resenkronizasyon tedavisi-pacemaker.

### 3.3 Yeni Nesil Sistemler

Son on yılda kalp pili teknolojisi, konvansiyonel transvenöz sistemlerin ötesinde dört devrimsel yeniliğe tanık olmuştur: kablosuz kalp pilleri, His demeti pacingi (HDP), sol dal alanı pacingi (SDAP) ve iletim sistemi pacingi (İSP) aracılığıyla KRT. Bu sistemler, elektrod ilişkili komplikasyonları ortadan kaldırmayı ve/veya daha fizyolojik ventriküler aktivasyonu sağlamayı hedeflemektedir.

#### 3.3.1 Kablosuz (Leadless) Kalp Pilleri

**Micra Transkateter Pacing Sistemi (Medtronic):** 2016 yılında FDA onayı alan Micra VR, elektrod ve subkutan cep gerektirmeyen, yalnızca 0,8 cm<sup>3</sup> hacminde ve 1,75 g ağırlığında, femoral ven yoluyla sağ ventrikül endokardına implante edilen kapsül biçiminde bir cihazdır. Onay sonrası kayıt çalışmasında 1800'den fazla hastanın 5 yıllık izlemi, düşük komplikasyon oranları (<%5), düşük sistem revizyonu ve enfeksiyon nedeniyle hiçbir cihaz çıkarımı bildirmemiştir<sup>9</sup>.

Micra AV modeli, atriyum kasılmasını mekanik olarak algılayan ivme-ölçer teknolojisi sayesinde AV senkron pacing sağlamaktadır. İki yıllık izlem verilerinde (Micra AV CED çalışması) konvansiyonel çift odacıklı transvenöz pillere kıyasla %48 daha az komplikasyon ve %38 daha az yeniden girişim oranı bildirilmiştir<sup>10</sup>. KRT'ye yükseltme ihtiyacı her iki grupta da düşük ve benzer bulunmuştur (düzeltilmiş %1,6'ya karşılık %1,7)<sup>10</sup>.





**Şekil 8.** Micra Transkateter Pacing Sistemi (Medtronic). Cihaz bir vitamin kapsülünden çok az büyük olup (0,8 cm<sup>3</sup>, 1,75 g) elektrod ve subkutan cep gerektirmemektedir. *Kaynak: Laszloneider, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.*

**Aveir DR İkili Kablosuz Sistem (Abbott):** Abbott'un Aveir DR sistemi, atriyum ve ventriküle ayrı ayrı yerleştirilen iki leadless cihazın kablosuz iletişimiyle gerçek çift odacıklı pacing sağlayan ilk sistemdir. AVEIR DR i2i çalışmasında 452 hastada %99 implantasyon başarısı elde edilmiş; 12 aylık komplikasyonsuz oran %88,6 olarak bulunmuştur<sup>11</sup>. Öğrenme eğrisi analizinde deneyim arttıkça komplikasyonsuz oran %89'dan %98'e yükselmiştir<sup>11</sup>. Ancak erken dönem komplikasyon oranı (%11,1) Micra'ya kıyasla daha yüksek olup bu sistemin uzun vadeli güvenlik verileri hâlâ beklenmektedir.

ESC 2021 kılavuzunda leadless piller, üst ekstremité venöz erişimi bulunmayan, cep enfeksiyonu riski yüksek olan ve hemodiyaliz hastalarında Sınıf IIa düzeyinde önerilmektedir<sup>1</sup>.

### 3.3.2 His Demeti Pacingi (HDP)

His demeti pacingi, pacing elektrodunu His demetinin üzerine veya hemen yakınına yerleştirilerek doğal iletim sistemini doğrudan aktive etmeyi amaçlar. Bu sayede LV apikal pacingin neden olduğu dissenkroni önlenmekte ve fizyolojik QRS morfolojisi korunmaktadır. İlk kez 2000 yılında Deshmukh ve arkadaşları tarafından tanımlanan bu teknik, son on yılda özel elektrod ve kılıf sistemlerinin geliştirilmesiyle klinik pratiğe girmiştir<sup>12</sup>.

Bununla birlikte HDP, teknik olarak zorlu bir prosedür olup implantasyon başarı oranı %80–85 düzeyindedir. Sınırlılıkları arasında dar His demetinin hedeflenmesindeki güçlük, yakalama eşığının zamanla yükselebilmesi (uzun vadede %5–10 hastada eşik artışına bağlı lead revizyonu), nispeten düşük R dalga amplitüdü ve eşik ile algılama arasındaki dar güvenlik marjı yer almaktadır. EHRA 2023 klinik konsensüs belgesi, HDP tekniklerini 120'den fazla referans, 30 figür ve 11 video eğitimle standartlaştırarak deneyimli merkezlerde uygulanmasını önermiştir<sup>12</sup>.

### 3.3.3 Sol Dal Alanı Pacingi

Sol dal alanı pacingi, pacing elektrodunun interventriküler septum içinden sol dal alanına ilerletilmesini içerir. 2017 yılında Huang ve arkadaşları tarafından ilk kez tanımlanan bu teknik, HDP'ye kıyasla daha geniş bir hedef alanı sunması, daha düşük ve stabil yakalama eşikleri ile daha yüksek R dalga amplitüdü sağlaması nedeniyle hızla benimsenmektedir<sup>12,13</sup>.

Güncel meta-analiz verilerine göre SDAP, HDP ile karşılaştırıldığında anlamlı biçimde daha yüksek implantasyon başarıları (>%90'a karşılık %80–85), daha düşük yakalama eşığı, daha kısa işlem süresi, daha az floroskopi maruziyeti ve daha düşük lead revizyon oranı göstermektedir<sup>13</sup>. Ayrıca SDAP'ın tüm nedenlere bağlı ölüm ve KY nedenli hastaneye yatış riskini de azalttığı bildirilmektedir<sup>13</sup>.

**SDAP ile kardiyak resenkronizasyon:** LBBP-RESYNC çalışmasında (n=40, noniskemik kardiyomiyopati + tam SDB) SDAP-KRT grubunda 6 ayda SVEF iyileşmesi biventriküler pacinge göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (ortalama fark: %5,6; %95 GA: 0,3–10,9; p=0,039)<sup>14</sup>. HeartSync-LBBP çalışmasında (n=200, 6 merkez, medyan 36 ay izlem) SDAP-KRT grubunda ölüm veya KY yatışı riski biventriküler pacinge kıyasla %74 oranında azalmıştır (HR: 0,26; %95 GA: 0,12–0,57; p<0,001)<sup>14</sup>. Bu veriler, SDAP'ın KRT alanında biventriküler pacinge güçlü bir alternatif olma potansiyelini ortaya koymaktadır.

2025 yılında yayımlanan ESC/EHRA konsensüs belgesi, iletim sistemi pacingi endikasyonlarını ilk kez kapsamlı olarak tanımlamış ve hem HDP hem de SDAP'ın güvenli ve etkin olduğuna dair kanıtları sistematik olarak değerlendirmiştir<sup>15</sup>. Bu belge, İSP'nin özellikle yüksek LV pacing yüzdesi beklenen hastalarda, PDK riski taşıyanlarda ve KRT adaylarında konvansiyonel pacinge alternatif olarak değerlendirilmesini önermektedir<sup>15</sup>.

**Tablo 8. Yeni nesil pacing sistemlerinin karşılaştırması**

| Özellik               | Micra VR/AV                      | Aveir DR              | His Demeti           | Sol Dal Alanı             |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Üretici               | Medtronic                        | Abbott                | —                    | —                         |
| Elektrod              | Yok (0,8 cm <sup>3</sup> kapsül) | Yok (2 kapsül: A+V)   | Transseptal          | Transseptal               |
| Odacık                | Tek (VR) / AV senkron (AV)       | Gerçek çift odacıklı  | Tek / Çift           | Tek / Çift                |
| İmplant başarısı      | >%99                             | %99 (452 hasta)       | %80–85               | >%90                      |
| 12 ay komplikasyonsuz | >%95 (5 yıl: <%5)                | %88,6 (izi çalışması) | Değişken             | Yüksek                    |
| Enfeksiyon riski      | Sıfıra yakın (5 yıl)             | Çok düşük             | Standart             | Standart                  |
| Eşik stabilitesi      | Yüksek                           | Yüksek                | Değişken (artabilir) | Yüksek ve stabil          |
| KRT alternatifi       | Hayır                            | Hayır                 | Seçilmiş hastalar    | Güçlü kanıt (LBBP-RESYNC) |
| ESC öneri düzeyi      | Sınıf IIa (2021)                 | Henüz kılavuzda yok   | Konsensüs (2025)     | Konsensüs (2025)          |

KRT: kardiyak resenkronizasyon tedavisi; A: atriyum; V: ventrikül; AV: atriyoventriküler; ESC: Avrupa Kardiyoloji Derneği.

## KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-3520.
2. Berg KM, Bray JE, Ng KC, et al. 2025 AHA Guidelines for CPR and Emergency Cardiovascular Care — Part 9: Adult Advanced Life Support. *Circulation*. 2025;151(Suppl 1):S246-S376.
3. Ng A, Johal B, Ganeshan A, et al. Rate of permanent CIED infections after active fixation temporary transvenous pacing: a nationwide Danish cohort study. *Europace*. 2022;24(4):614-620.
4. Khorsandi M, Muhammad I, Grayson AD, et al. Temporary epicardial pacing after cardiac surgery. *BJA Educ*. 2023;23(10):384-391.
5. Hessling V, Herrera-Siklody C, et al. Prophylactic epicardial pacemaker implantation in tricuspid valve replacement. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2023;37(4):ivad160.
6. Lamas GA, Lee KL, Sweeney MO, et al. Ventricular pacing or dual-chamber pacing for sinus-node dysfunction (MOST). *N Engl J Med*. 2002;346(24):1854-1862.
7. Toff WD, Camm AJ, Skehan JD; UK-PACE. Single-chamber versus dual-chamber pacing for high-grade atrioventricular block. *N Engl J Med*. 2005;353(2):145-155.
8. Abbas J, Haq IU, Tawab A, et al. Incidence and predictors of pacemaker-induced cardiomyopathy with right ventricular pacing: a systematic review. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2022;20(5):393-404.
9. El-Chami MF, Bockstedt L, Engel Gonzalez P, et al. Leadless pacemakers at 5-year follow-up: the Micra transcatheter pacing system post-approval registry. *Eur Heart J*. 2024;45(14):1241-1251.
10. Micra AV CED Study Investigators. Two-year outcomes of Micra AV leadless pacemakers in the Micra AV CED study. *EP Europace*. 2024;26(11):euae273.
11. AVEIR DR i2i Study Investigators. One-year safety and performance of a dual-chamber leadless pacemaker. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2024;17:e013619.
12. Burri H, Jastrzębski M, Cano Ó, et al. EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation. *EP Europace*. 2023;25(4):1208-1236.
13. Vlachakis PK, Theofilis P, Apostolos A, et al. Outcomes of left bundle branch area pacing compared to His bundle pacing as a primary pacing strategy: systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev*. 2025;30(2):365-380.
14. Wang Y, Zhu H, Hou X, et al. Randomized trial of left bundle branch vs biventricular pacing for cardiac resynchronization therapy (LBBP-RESYNC). *J Am Coll Cardiol*. 2022;80(18):1205-1216.
15. Glikson M, Burri H, Abdin A, et al. ESC clinical consensus statement on indications for conduction system pacing. *EP Europace*. 2025;27(4):euaf050.



# Pacemaker Kodları — NBG Kodlama Sistemi

Dr. Sedat Gez · Harran Üniversitesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı

Kalp pillerinin kullanımını ve anlaşılmasını kolaylaştırmak için standartlaştırılmış bir sınıflandırma kodu geliştirilmiştir.

1987 yılında Kuzey Amerika Kalp Pili ve Elektrofizyoloji Derneği (NASPE) ile İngiliz Kalp Pili ve Elektrofizyoloji Grubu (BPEG), farklı kalp pili modlarını tanımlamak amacıyla NASPE/BPEG Genel Kalp Pili Kodunu (NBG Kodu) geliştirmiştir. NBG kodunun en son sürümü 2002 yılında revize edilmiştir. Kod geneldir ve her cihaz için özel veya benzersiz fonksiyonel özellikleri tanımlamaz<sup>1,2,3</sup>.

## 4.1 Beş Harfli Sistem

NBG kodunda kalp pili fonksiyonunu belirten tipik olarak 5 pozisyon bulunmaktadır; ancak son pozisyon nadiren kullanılır. Bir kod yalnızca üç veya dört karakter içeriyorsa, bahsedilmeyen pozisyonların "O" veya yok olduğu kabul edilir. O pozisyonundaki harfin kimliği fonksiyonu belirler<sup>1</sup>.

**Birinci harf — uyarının gerçekleştiği kalp boşluğu/boşlukları**

- **V:** Ventrikül · **A:** Atriyum · **D:** Hem atriyum hem ventrikül (dual) · **O:** Hiçbiri

**İkinci harf — algılamanın gerçekleştiği boşluklar**

- **V:** Ventrikül · **A:** Atriyum · **D:** Hem atriyum hem ventrikül (dual) · **O:** Hiçbiri

**Üçüncü harf — algılamaya verilen yanıt**

- **I:** Engelleme · **T:** Tetikleme · **D:** Hem tetikleme hem engelleme · **O:** Hiçbiri

**Dördüncü harf — hız modülasyonu (adaptasyonu)**

- **R:** Hız adaptasyonu aktif · **O:** Hız adaptasyonu devre dışı

Hız modülasyonu (adaptasyonu), kalp pilinin egzersiz gibi bazı fizyolojik durumlara yanıt olarak kalp atım hızını otomatik olarak arttırmasına olanak sağlar<sup>1,6</sup>.

**Beşinci harf — çok bölgeli uyarımın varlığı veya yokluğu**

- **O:** Yok · **A:** Atriyal çok bölgeli uyarım · **V:** Ventriküler çok bölgeli uyarım · **D:** Hem atriyal hem ventriküler (çift) çok bölgeli uyarım

**Tablo 9. Revize edilmiş NASPE/BPEG (NBG) kalp pili kodlama sistemi**

| Uyarının gerçekleştiği odacık            | Algılanan odacık                         | Algılamaya verilen yanıt | Hız modülasyonu         | Çok bölgesi uyarı                                                  |
|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| O = Yok                                  | O = Yok                                  | O = Yok                  | O = Yok                 | O = Yok                                                            |
| A = Atriyum                              | A = Atriyum                              | I = Engellenme           | R = Hız modülasyonu var | A = Atriyumda çok bölgesi uyarım                                   |
| V = Ventrikül                            | V = Ventrikül                            | T = Tetiklenme           | —                       | V = Ventrikülde çok bölgesi uyarım                                 |
| D = Dual (A + V)                         | D = Dual (A + V)                         | D = Dual (T + I)         | —                       | D = Hem atriyumda hem ventrikülde çok bölgesi uyarım (Dual: A + V) |
| S = Tekli (A veya V)<br>— sadece üretici | S = Tekli (A veya V)<br>— sadece üretici | —                        | —                       | —                                                                  |

## 4.2 En Sık Kullanılan Modlar ve Klinik Anlamları

Kullanılan modları iki ana başlıkta inceleyebiliriz. Klinik pratikte en sık kullanılan modlar AAI, VVI ve DDD modlarıdır. İdeal kalp pili modunu seçerken; altta yatan ritim bozukluğunun yanı sıra hastanın genel fiziksel durumu, eşlik eden tıbbi sorunları, egzersiz kapasitesi, sol ventrikül fonksiyonu ve egzersize kronotropik yanıtı dikkate alınmalıdır<sup>4,6,8</sup>.

### 4.2.1 Tek Odacıklı Modlar

Tek odacıklı uyarım (AAI ve VVI) genellikle atriyum veya ventrikülde sadece bir derivasyonu olan hastalar için ayrılmıştır. Bu modlarda, sadece atriyal veya ventriküler uyarım ve ilgili odacıkta algılama mümkündür.

#### VVI — Ventrikül uyarımı, ventrikül algılama, engelleme

Bu modda kalp pili ventrikülü uyarabilir, ventriküldeki elektriksel aktiviteyi algılayabilir ve intrinsik (hastanın kendi) aktivite varsa inhibe olur. Ventrikül hızı belirlenen alt hız sınırından daha yavaşsa cihaz pacing yapar. Hastanın kendi QRS dalgası algılandığında ise pacing durur<sup>4,7</sup>. VVI pacinginin en büyük avantajı, yalnızca tek bir elektrot gerektirmesidir. Bu pacing modu, ventriküler elektrotu barındıran tüm kalıcı kalp pili sisteminde mevcuttur<sup>6</sup>.

VVI pacingi AV senkronizasyonunu sağlayamaz. AV senkronizasyonunun olmaması ise klinikte kalp pili sendromuna yol açabilir<sup>4,7</sup>. VVI/VVIR pacing çok yönlüdür; her türlü kökenli bradikardilere karşı koruma sağlar. Paroksizmal bradikardi atakları geçiren hastalarda da programlanabilir; bu durumda cihaz yalnızca duraklama/bradikardi atakları sırasında devreye girer. Ayrıca yavaş ventrikül yanıtı kronik atriyal fibrilasyon veya atriyal flutter gibi ritim bozuklukları olan hastalarda ilk tercih edilen moddur<sup>4,7</sup>.

#### **AAI — Atriyum uyarımı, atriyum algılama, engelleme**

Bu modda kalp pili, atriyumun doğal hızına uyum sağlayabilir; gerektiğinde uyarı verir, gerekmediğinde ise uyarıyı engeller. Eğer atriyumda belirlenen süre boyunca hastanın kendi doğal aktivitesi algılanırsa, kalp pili uyarımı engellenir<sup>4,6,7</sup>. Ventriküler talep kalp pilleri (VVI) gibi, bu cihazların en büyük avantajı tek bir elektrot gerektirmesidir. Bununla birlikte, ventriküler tek odacıklı kalp pillerinin aksine, AV iletim bloğu gelişmesi durumunda hastayı bu bloğa bağlı bradikardilerden koruyamazlar. Bu sınırlama nedeniyle, saf atriyal talep kalp pilleri nadiren tercih edilmektedir<sup>6</sup>. AV iletim sisteminin tamamen sağlam olduğu sinüs düğümü disfonksiyonlarında kullanılır. Semptomatik sinüs bradikardisi veya sinüs duraklamaları olan, ancak egzersiz sırasında kalp hızını artırma yeteneği (kronotropik yeterliliği) sağlam olan hastalar AAI modunda programlanabilir<sup>6,8</sup>.

#### **VOO — Ventrikül uyarımı, algılama yok, yanıt yok**

Bu modda kalp pili, kalbin doğal elektriksel aktivitesinden tamamen bağımsız olarak programlanmış sabit bir hızda çalışır<sup>1,4</sup>.

#### **4.2.2 Çift Odacıklı Modlar**

Çift odacıklı modlar; izleme modları ve izleme yapmayan modlar olmak üzere alt bölümlere ayrılabilir<sup>1</sup>.

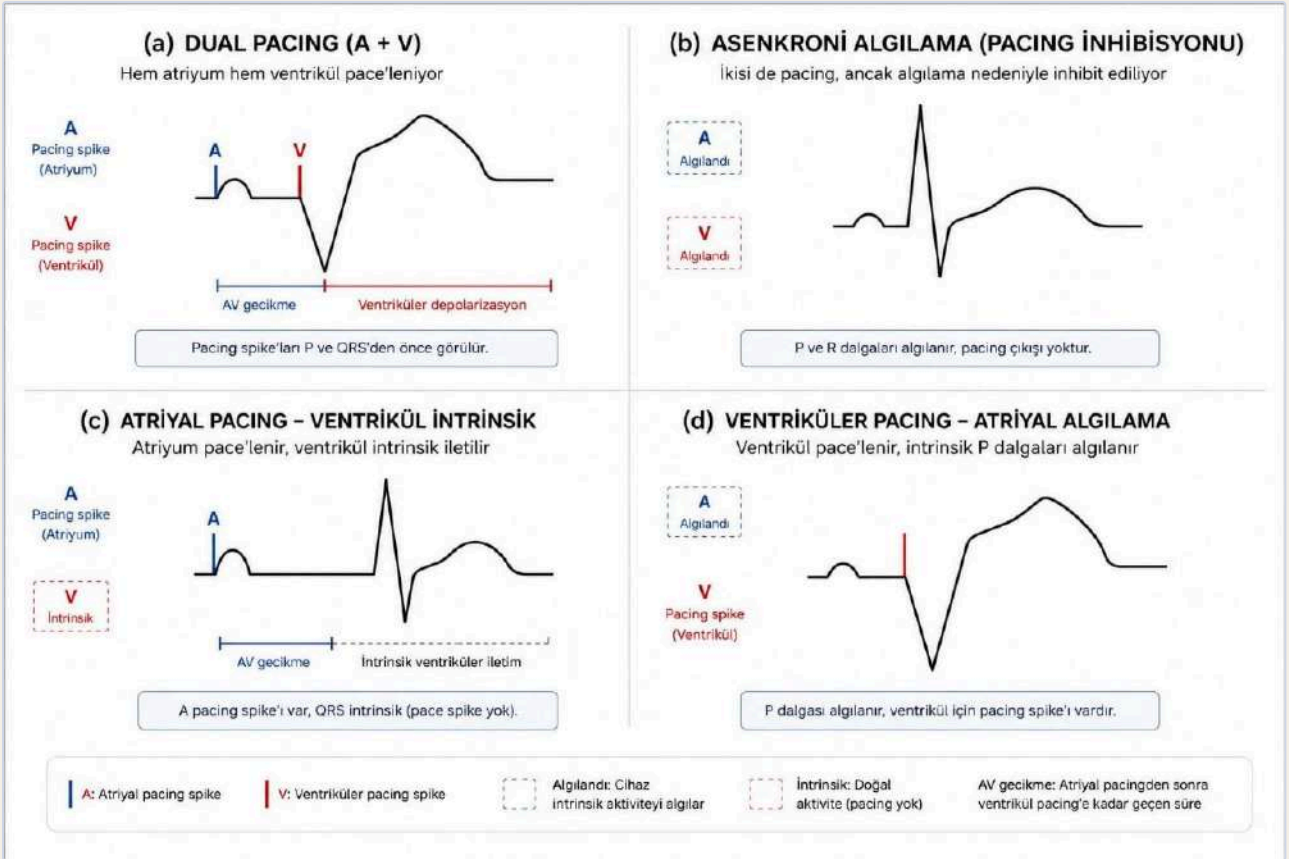
#### **DDD — Her iki odacıkta uyarım ve algılama, hem engelleme hem tetikleme**

Atriyal pacing, belirli bir süre boyunca doğal atriyal aktivite olmaması durumunda gerçekleşir. Atriyal aktiviteyi takiben belirli bir süre boyunca doğal ventrikül aktivitesi gözlenmediğinde ventriküler pacing gerçekleşir. Sinüs ritmi ve normal AV iletimi mevcutken; sinüs hızı kalp pilinin programlanmış alt hızından daha hızlıysa ve içsel AV iletimi programlanmış AV aralığından daha hızlıysa, kalp pili tamamen devre dışı kalacaktır<sup>1,5,6,7</sup>. Atriyal kanal fonksiyonu, atriyal ve ventriküler aktiviteyi takiben belirli süreler boyunca askıya alınır. Bu sayede ventriküler aktivite veya retrograd P dalgalarının doğal atriyal aktivite olarak algılanması önlenir. En yaygın kullanılan pacing modudur. Kalp ritmine tamamen uyum sağlar ve normal iletimi mümkün olduğunca taklit eder. AV senkron korunur, pacemaker sendromu daha az görülür. Daha karmaşık bir sistem, daha fazla lead kullanımı ve daha fazla pil tüketimi başlıca dezavantajlarındandır. DDD pacing modu, normal sinüs düğümü fonksiyonuna sahip AV bloklu hastalar için uygundur<sup>6,8</sup>.

DDD'nin 4 farklı ritim paterni vardır:

- **AsVs** (Atriyal algılama – Ventrikül algılama): Sinüs ve AV düğümü fonksiyonu iyi olduğunda.
- **AsVp** (Atriyal algılama – Ventriküler uyarılma): Sinüs düğümü iyi ancak AV iletimi zayıf olduğunda.
- **ApVs** (Atriyal uyarılma – Ventriküler algılama): Sinüs düğümü zayıf ancak AV iletimi sağlam olduğunda.

- **ApVp** (Atriyal uyarılma – Ventriküler uyarılma): Sinüs ve AV düğüm fonksiyonlarının zayıf olduğu durumlarda.



Şekil 9. DDD modunda uyarılma ve algılama türleri.

#### VDD — Ventrikül uyarımı, her iki odacıkta algılama, hem engelleme hem tetikleme

Algılama atriyumda ve ventrikülde gerçekleşir ancak uyarılma yalnızca ventrikülde gerçekleşir. VDD modu AV senkronize pacing sağlar. Atriyumda algılanan olayların yokluğunda, kalp pili VVI modundaki gibi çalışır<sup>6</sup>. VDD modu yalnızca iyi SA düğümü fonksiyonuna sahip hastalarda kullanılmalıdır. Hastanın atriyumda yüksek pacing eşiği olduğunda kullanılabilir; bu şekilde kalp pili atriyumda algılama yapabilir, AV senkronizasyonunu koruyabilir ve yüksek eşikli atriyumda pacing yaparak pil ömrünü boşa harcamaz<sup>6</sup>.

#### 4.2.3 İzleme Dışı Modlar

##### DDI — Her iki odacıkta uyarım ve algılama, yanıt engelleme

DDI pacing modunda, atriyal algılama ve pacing ile ventriküler algılama ve pacing mevcuttur; ancak kalp pili, atriyal aktiviteyi takip etmez. Doğal atriyal hız algılandığında, kalp pili hem atriyal hem de ventriküler çıkışı inhibe ederek ventriküle doğal iletimi sağlar<sup>5,6</sup>. Bu modun birincil kullanım alanı, atriyal taşiaritmi ve mod değiştirme algoritmalarına sahip hastalardır. DDI modu, atriyal hız ayarlanan hızı aşarsa AV disosiyasyonuna neden olur<sup>5,6</sup>.



#### DOO — Her iki odacıkta uyarım, algılama yok, yanıt yok

Bu mod, kalbin doğal aktivitesinden bağımsız olarak, alt hız sınırında AV sıralı pacing ile sonuçlanır. DOO modu asenkron pacing'dir. Genellikle belirli durumlarda kullanılır; bir kalp pili üzerine mıknatıs yerleştirildiğinde veya bazen bir hasta ameliyat olurken tercih edilir<sup>4</sup>.

#### NOT — ASENKRON MODLAR (AOO, VOO, DOO)

Bu modlarda kulakçık, karıncık veya her ikisi de uyarılır, ancak kalp pili algılama yeteneğine sahip değildir ve bu nedenle algılama yanıtı olmaz. Asenkron kalp pili modları nadiren uzun süreli kullanılır. Bununla birlikte, özellikle kalp pili bağımlısı hastalarda, cerrahi işlem veya MR görüntüleme geçiren hastalar için geçici olarak gerekli olabilir. Cerrahi işlemlerde elektrokoter, kalp pili tarafından doğal kalp aktivitesi olarak yanlış yorumlanarak kalp pili çıkışını engelleyebilir; bu, kalp pili bağımlısı bir hastada önemli bradikardi veya asistole neden olabilir.

#### KAYNAKLAR

1. Lak HM, Goyal A. Pacemaker Types and Selection. StatPearls. Last Update: December 11, 2022.
2. Qintar M, Morad A, Alhawasli H, et al. Pacing for drug-refractory or drug-intolerant hypertrophic cardiomyopathy. Cochrane Database Syst Rev. 2012;(5):CD008523. doi:10.1002/14651858.CD008523.pub2
3. Uludağ B, Yazgan S, Üçvet A, et al. İmplant Edilebilir Kardiyak Cihazı Olan Hastalarda Elektrocerrahi ve Perioperatif Yönetim. İzmir Tıp Fakültesi Dergisi. 2024;3(3):129-135. doi:10.57221/izmirtip.1442396
4. Aldaas OM, Roberge-Lacharite AS, Birgersdotter-Green U. Pacemakers. NEJM Evid. 2025;4(7):EVIDra2400323. doi:10.1056/EVIDra2400323
5. T.K.D. Pacemaker ve Kardiyoverter Defibrilatör (ICD) İmplantasyonu Endikasyonları Kılavuzu.
6. Estes NAM III, Botkin NF (eds). Modes of cardiac pacing: Nomenclature and selection. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate; 2025 (Erişim: 1 Haziran 2026).
7. Chow AWC, Buxton AE (eds). İmplant edilebilir kalp pilleri ve defibrilatörler. Blackwell Publishing/BMJ Books; 2006.
8. Ellenbogen KA, Kaszala K (eds). Kardiyak Pacing ve ICD'ler. 7. Baskı. Chichester: Wiley-Blackwell; 2020.

## Kalp Pili Endikasyonları

Dr. Koçali Baykan · Harran Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji ABD

Her yıl dünya çapında yaklaşık 900.000 kişiye kalp pili tedavisi uygulanmaktadır. Mevcut kalp pili cihazları bradiaritmi ve taşiaritmi tedavisinde kullanılır ve bazı durumlarda implante edilebilir defibrilatörlerle birlikte kullanılır. Kalp yetmezlikli yaşlı hastalarda, atriyum ve ventriküller arasında senkronizasyonu sağlayan cihazlar tercih edilir; çünkü bu yaş grubunda gerekli olan ventriküler doluma atriyal kasılmanın artan katkısını korurlar. Genel olarak, sinüs düğümünün fizyolojik fonksiyonunu daha yakından taklit ettikleri için hıza duyarlı cihazlar tercih edilir.

Kalıcı kalp pilleri, yetişkinlerde öncelikle sinüs düğümü disfonksiyonu, edinilmiş atriyoventriküler blok ve bazı fasiküler blokların tedavisi için implante edilir. Ayrıca bazı taşiaritmilerin ve nörokardiyojenik senkop türlerinin önlenmesinde ve tedavisinde de etkilidirler. Biventriküler pacing (senkronizasyon tedavisi), ağırlıklı olarak sol dal bloğu olmak üzere major intraventriküler iletim etkileri olan hastalarda ileri kalp yetmezliği için etkili bir tedavi olduğu gösterilmiştir. Birçok çalışma, kalp pili tedavisinin semptomları azaltabileceğini, yaşam kalitesini iyileştirebileceğini ve belirli hasta gruplarında hayatta kalma oranını artırabileceğini belgelemektedir<sup>1</sup>.

Belirli bir alana ilişkin mevcut kılavuzlar, büyük ölçüde o alanın tarihine bağlıdır. Kalp ritim düzenleyici cihazlar söz konusu olduğunda, sınıflandırma ve uygun kullanım belirleme yöntemimiz, bu cihazların tarihine ve evrimine göre şekillenir<sup>2</sup>.

### 5.1 Sinüs Düğümü Disfonksiyonu

SND, diğer adıyla hasta sinüs sendromu, sinüs bradikardisi, sinoatriyal blok ve sinüs durmasından bradikardi-taşikardi sendromuna kadar geniş bir yelpazede sinoatriyal disfonksiyonları içerir. SND'nin ek bir belirtisi de egzersize yetersiz kronotropik yanıt ve kronotropik yetersizlik olarak bildirilmiştir<sup>3</sup>.

Genel olarak, asemptomatik sinüs düğümü disfonksiyonu için kalp pili uygulamasının, atriyoventriküler blok için kalp pili uygulamasının aksine, prognozu etkilediği hiçbir zaman gösterilmemiştir. Bu nedenle, SND'ye bağlı bradikardi semptomatik olduğunda, kalıcı kalp pili takılması için uygun bir endikasyon olarak kabul edilir. SND'li hastalar, bradiaritmiye atfedilebilen semptomlar ve/veya eşlik eden atriyal taşiaritmi semptomları gösterebilirler. Semptomlar istirahatte veya taşiaritmik epizodun sonunda mevcut olabilir veya egzersiz sırasında gelişebilir ve hafif yorgunluktan baş dönmesine, sersemlik

nöbetlerine, bayılmaya yakın duruma ve bayılmaya kadar değişebilir. Egzersiz sırasında nefes darlığı kronotropik yetersizlikle ilişkili olabilir. Bayılma, SND'nin yaygın bir belirtisidir ve SND için kalp pili takılan hastaların %50'sinde bildirilmiştir.

Semptomlar ile bradiaritmisi arasında bir ilişki kurmak, karar verme sürecinde çok önemli bir adımdır. Bununla birlikte, yaş, eşlik eden kalp hastalığı ve diğer komorbiditeler, SND ile semptomlar arasında net bir neden-sonuç ilişkisi kurmayı zorlaştırabilir. Egzersiz intoleransı olan ve kronotropik yetersizliği tespit edilmiş hastalarda kalp pili uygulamasının faydası belirsizdir ve bu tür hastalara kalp pili takılması kararı her vaka için ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Sinüs düğümü disfonksiyonunun bradikardi-taşikardi varyantı en yaygın formudur ve sinüs düğümü dokusunun ve atriyal miyokardın ilerleyici, yaşa bağlı, dejeneratif fibrozisi ile karakterizedir. Bradikardiler, AF dahil olmak üzere çeşitli atriyal taşiaritmisi türleriyle ilişkili olabilir. Bu SND formunda bradikardiler, sinoatriyal bloklara bağlı atriyal duraklamalara karşılık gelebilir veya atriyal taşiaritmisi sonrasında aşırı baskılanmaya bağlı olabilir. Yüksek ventriküler hızlarla başvuran hastalarda, implantasyondan önce atriyal taşiaritmilerin kontrolü zor olabilir; çünkü hız kontrolü için reçete edilen ilaçlar bradikardileri kötüleştirebilir. Atriyal taşiaritmilerin, özellikle AF'nin ablasyonu, seçilmiş hastalarda kalp pili ve ilaç tedavisine devam etmenin yerine önerilmiştir<sup>3</sup>.

|  | ÖNERİLER                                                                                                                                                                                                                                 | SINIF | KANIT DÜZEYİ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|
|  | Semptomların açıkça bradiaritmilere bağlanabildiği SND durumunda <b>pacing</b> endikedir.                                                                                                                                                | I     | B            |
|  | Bradikardi-taşikardi formundaki SND'ye sahip semptomatik hastalarda, taşiaritmisi için ablasyon tercih edilmiyorsa, bradiaritmilerin düzeltilmesi ve farmakolojik tedavinin uygulanabilmesi amacıyla <b>pacing</b> endikedir.            | I     | B            |
|  | Kronotropik inkompetans gösteren ve egzersiz sırasında belirgin semptomları olan hastalarda, hız yanıtı <b>pacing</b> özelliğine sahip DDD düşünülmalıdır.                                                                               | IIa   | B            |
|  | AF ile ilişkili bradikardi veya AF dönüşümü sonrası semptomatik pre-otomatisite duraklamaları olan hastalarda, klinik durum göz önünde bulundurularak kalp pili implantasyonundan kaçınma stratejisi olarak AF ablasyonu düşünülmalıdır. | IIa   | C            |
|  | Senkoplu hastalarda, sinüs arrestine bağlı asemptomatik duraklamaların >6 saniye olduğu belgelenmişse, tekrarlayan senkopu azaltmak amacıyla kardiyak <b>pacing</b> düşünülebilir.                                                       | IIb   | C            |
|  | Kanıtların kesin olmadığı durumlarda, semptomların büyük olasılıkla bradiaritmilere bağlı olduğu düşünülen SND hastalarında <b>pacing</b> düşünülebilir.                                                                                 | IIb   | C            |
|  | Asemptomatik olan veya düzeltilebilir/geçici nedenlere bağlı SND ilişkili bradiaritmileri olan hastalarda <b>pacing</b> önerilmez.                                                                                                       | III   | C            |

ESC 2021\*

**Görsel.** ESC 2021 — sinüs düğümü disfonksiyonunda kalıcı pacing endikasyonları (sınıf ve kanıt düzeyi).

## 5.2 AV Bloklar

Atrioventriküler blok, klinik spektrumu oldukça geniş olan bir ileti bozukluğudur. Hastalar tamamen asemptomatik kalabileceği gibi senkop, presenkop, egzersiz intoleransı veya ventriküler aritmi gibi yaşamı tehdit edebilecek bulgularla da başvurabilir. Bu nedenle kalıcı pacemaker implantasyonu kararı verilmeden önce, mevcut semptomların

AV ileti bozukluğu ile doğrudan ilişkili olup olmadığı ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir. Özellikle senkop varlığında, olayın yalnızca iletim bozukluğuna bağlanmaması; refleks mekanizmalar, ortostatik hipotansiyon veya ventriküler taşiaritmiler gibi alternatif nedenlerin dışlanması büyük önem taşır.

Tam AV blok ve senkop birlikteliği, pacing açısından en güçlü endikasyonlardan biridir. Randomize olmayan klinik çalışmalarda, bu hasta grubunda kalıcı pacemaker tedavisinin yaşam süresini uzattığı ve semptom yükünü azalttığı gösterilmiştir. Bu nedenle semptomatik tam AV blok, modern kılavuzlarda kalıcı pacing için kesin endikasyon olarak kabul edilmektedir.

İkinci derece AV bloklarda ise yaklaşım, blok tipine göre belirgin farklılık gösterir. Tip I (Wenckebach) AV blok çoğunlukla AV düğüm düzeyinde gelişir ve progresyon riski düşüktür; bu nedenle asemptomatik bireylerde genellikle kalıcı pacing gerekmez. Buna karşın Tip II ikinci derece AV blok, His demeti veya infranodal ileti sistemini etkiler ve daha ciddi prognostik öneme sahiptir. Bu hastalarda semptom görülme sıklığı yüksektir ve üçüncü derece AV bloğa ilerleme ihtimali belirgindir. Dolayısıyla Tip II AV blok saptanan hastalarda kalıcı pacemaker implantasyonu çoğu zaman önerilmektedir.

Belirgin birinci derece AV blokta atriyal kontraksiyonun ventriküler sistole aşırı yakın gerçekleşmesi nedeniyle kardiyak doluş bozulabilir ve "pacemaker sendromu" benzeri semptomlar ortaya çıkabilir. Hastalarda halsizlik, egzersiz kapasitesinde azalma, dispne ve presenkop görülebilir. Özellikle sol ventrikül sistolik disfonksiyonu bulunan bireylerde, AV senkroniyi optimize eden ve PR intervalini kısaltan çift odacıklı (DDD) pacing stratejisinin hemodinamik ve semptomatik açıdan fayda sağlayabileceği bildirilmiştir<sup>4</sup>.

|  | ÖNERİLER                                                                                                                                                                                                            | SINIF | KANIT DÜZEYİ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|
|  | Sinüs ritminde (SR) olan hastalarda, semptomlardan bağımsız olarak kalıcı veya paroksizmal üçüncü derece ya da ikinci derece tip 2, infranodal 2:1 veya yüksek dereceli AV blok varlığında <b>pacing</b> endikedir. | I     | C            |
|  | Atriyal aritmisi (başlıca AF) olan ve semptomlardan bağımsız olarak kalıcı veya paroksizmal üçüncü derece ya da yüksek dereceli AV blok bulunan hastalarda <b>pacing</b> endikedir.                                 | I     | C            |
|  | Kalıcı AF'si olup kalp pili gereksinimi bulunan hastalarda, hız yanıt fonksiyonlu <b>ventriküler pacing</b> önerilir.                                                                                               | I     | C            |
|  | Semptomlara neden olan veya EPS'de intra- ya da infra-His düzeyinde olduğu saptanan ikinci derece tip 1 AV bloklu hastalarda <b>pacing</b> düşünülmelidir.                                                          | IIa   | C            |
|  | AV bloklu hastalarda, pacemaker sendromundan kaçınmak ve yaşam kalitesini artırmak amacıyla tek odacıklı <b>ventriküler pacing</b> yerine DDD tercih edilmelidir.                                                   | IIa   | A            |
|  | Pacemaker sendromuna benzer kalıcı semptomları olan ve bunların belirgin şekilde birinci derece AV bloğa (PR >0,3 sn) bağlı olduğu hastalarda kalıcı kalp pili <b>implantasyonu</b> düşünülmelidir.                 | IIa   | C            |
|  | Düzeltililebilir ve önlenilebilir geçici nedenlere bağlı AV bloklu hastalarda <b>pacing</b> önerilmez.                                                                                                              | III   | C            |

ESC 2021\*

**Görsel.** ESC 2021 — atriyoventriküler blokta kalıcı pacing endikasyonları.

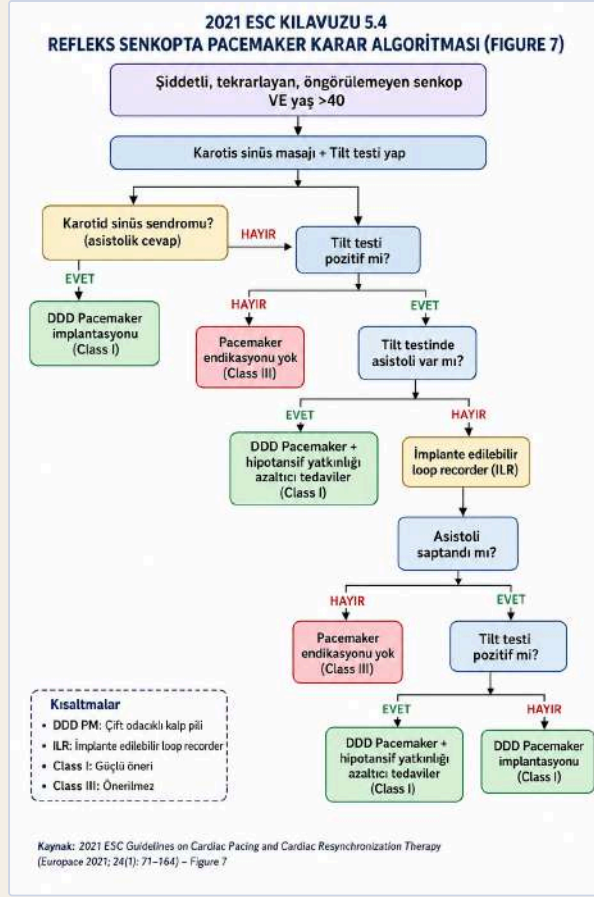


### 5.3 AF + Yavaş Ventrikül Yanıtı

AF ile birlikte yüksek dereceli AV blok veya komplet AV blok varlığında, semptom olsun ya da olmasın kalıcı pacing endikasyonu vardır (Sınıf I). AF hastalarında semptomatik bradikardi, uzun ventriküler pause atakları, kronotropik yetersizlik veya yavaş ventrikül yanıtının semptomlarla korele olması durumlarında da pacing endikasyonu bulunmaktadır. Geri dönüşümlü neden saptanmayan ilaç dışı iletim sistemi hastalığı, infranodal blok veya kalıcı AV iletim bozukluğu varlığında pacing önerilir. ESC kılavuzunun önemli vurgularından biri, AF hastasında yavaş ve düzenli ventrikül ritmi görülüyorsa altta yatan AV blok düşünülmesi gerektiğidir. Kalıcı AF'de cihaz seçimi olarak çoğunlukla VVI veya VVIR pacing tercih edilir. AF'ye eşlik eden kalp yetersizliği ve geniş QRS varlığında ise CRT düşünülmalıdır. Biventriküler pacing oranı <90-95 ise AV junction ablasyonu eklenebilir.

### 5.4 Senkop

Refleks senkopun baskın özelliği asistol ise kalıcı kalp pili tedavisi etkili olabilir. Senkop ve normal EKG'si olan hastaların klinik değerlendirmesinin amacı, semptomlar ile bradikardi arasındaki ilişkiyi belirlemek olmalıdır. Kalp pili uygulamasının etkinliği klinik ortama bağlıdır ve etkili olması her zaman gerekli olduğu anlamına gelmez. Refleks senkoplu hastalarda kalp pili uygulaması son çare olmalı ve yalnızca çok seçilmiş hastalarda (yani 40 yaş üstü — çoğunlukla 60 yaş üstü, sık tekrarlayan ve yüksek yaralanma riski taşıyan, genellikle prodrom belirtisi göstermeyen şiddetli refleks senkop formlarından etkilenenler) düşünülmalıdır.



**Görsel.** Refleks senkop ve bradikardide tanı-tedavi yaklaşımı.

## 5.5 CRT Endikasyonları

Sinüs ritmindeki hastalarda CRT, uygun şekilde seçilmiş bir kalp yetmezliği hasta grubunda kardiyak fonksiyonu ve semptomları iyileştirir, morbidite ve mortaliteyi azaltır. CRT ayrıca orta ila şiddetli kalp yetmezliği olan hastalarda yaşam kalitesine göre ayarlanmış yaşam yıllarını da iyileştirir. CRT'nin faydalı etkileri NYHA sınıf II, III ve IV'teki hastalarda kapsamlı bir şekilde kanıtlanmıştır. Buna karşılık, NYHA fonksiyonel sınıf I ve iskemik kardiyomiyopati hastalarda CRT faydasına dair oldukça sınırlı kanıt bulunmaktadır.

MADIT-CRT çalışmasında 1820 hastanın toplam 265'i (%7,8) sınıf I ve iskemik kardiyomiyopatiye sahipti. 7 yıllık takipte, sol dal bloğu, NYHA fonksiyonel sınıf I ve iskemik kardiyomiyopatiye sahip hasta alt grubunda, herhangi bir nedenden kaynaklanan ölüm riskinde anlamlı olmayan bir azalma eğilimi gözlemlendi. Bu nedenle, mevcut CRT önerileri herhangi bir etiyolojiye bağlı olarak NYHA fonksiyonel sınıf III-IV'teki hastalar için geçerlidir<sup>3</sup>.

| ÖNERİLER                                                                                                                                                                                                                 | SINIF <sup>a</sup> | DÜZEY <sup>b</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>LBBB QRS MORFOLOJİSİ</b>                                                                                                                                                                                              |                    |                    |
| Semptomatik, SR ritminde, LVEF ≤%35 olan, QRS süresi ≥150 ms ve LBBB QRS morfolojisi bulunan hastalarda, OMT'ye rağmen semptomları iyileştirmek ve morbidite ile mortaliteyi azaltmak amacıyla KRT önerilir.             | I                  | A                  |
| Semptomatik, SR ritminde, LVEF ≤%35 olan, QRS süresi 130–149 ms ve LBBB QRS morfolojisi bulunan hastalarda, OMT'ye rağmen semptomları iyileştirmek ve morbidite ile mortaliteyi azaltmak amacıyla KRT düşünülmelidir.    | IIa                | B                  |
| <b>NON-LBBB QRS MORFOLOJİSİ</b>                                                                                                                                                                                          |                    |                    |
| Semptomatik, SR ritminde, LVEF ≤%35 olan, QRS süresi ≥150 ms ve non-LBBB QRS morfolojisi bulunan hastalarda, OMT'ye rağmen semptomları iyileştirmek ve morbidite ile mortaliteyi azaltmak amacıyla KRT düşünülmelidir.   | IIa                | B                  |
| Semptomatik, SR ritminde, LVEF ≤%35 olan, QRS süresi 130–149 ms ve non-LBBB QRS morfolojisi bulunan hastalarda, OMT'ye rağmen semptomları iyileştirmek ve morbidite ile mortaliteyi azaltmak amacıyla KRT düşünülebilir. | IIb                | B                  |
| <b>QRS SÜRESİ</b>                                                                                                                                                                                                        |                    |                    |
| QRS süresi <130 ms olan ve RV pacing için endikasyonu bulunmayan HF hastalarında KRT önerilmez.                                                                                                                          | III                | A                  |

<sup>a</sup> Sınıf: Önerinin gücü (I = önerilir, IIa = düşünülmelidir, IIb = düşünülebilir, III = önerilmez)  
<sup>b</sup> Düzey: Kanıt düzeyi (A = yüksek, B = orta, C = düşük)

© ESC 2021

**Görsel.** ESC 2021 — kardiyak resenkronizasyon tedavisi (CRT) endikasyonları.

## KAYNAKLAR

- Gregoratos G. Indications and recommendations for pacemaker therapy. Med Clin North Am. 2015;99(4):795-804. doi:10.1016/j.mcna.2015.02.008
- Samii SM. Indications for pacemakers, implantable cardioverter-defibrillator and cardiac resynchronization devices. Med Clin North Am. 2019;103(5):809-824. doi:10.1016/j.mcna.2019.05.002
- Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. Eur Heart J. 2021;42(35):3427-3520. doi:10.1093/eurheartj/ehab364
- Türk Kardioloji Derneği. Pacemaker, ICD ve Kardiyak Resenkronizasyon Tedavisi Kılavuzu.

# Kalıcı Kalp Pili İmplantasyonu

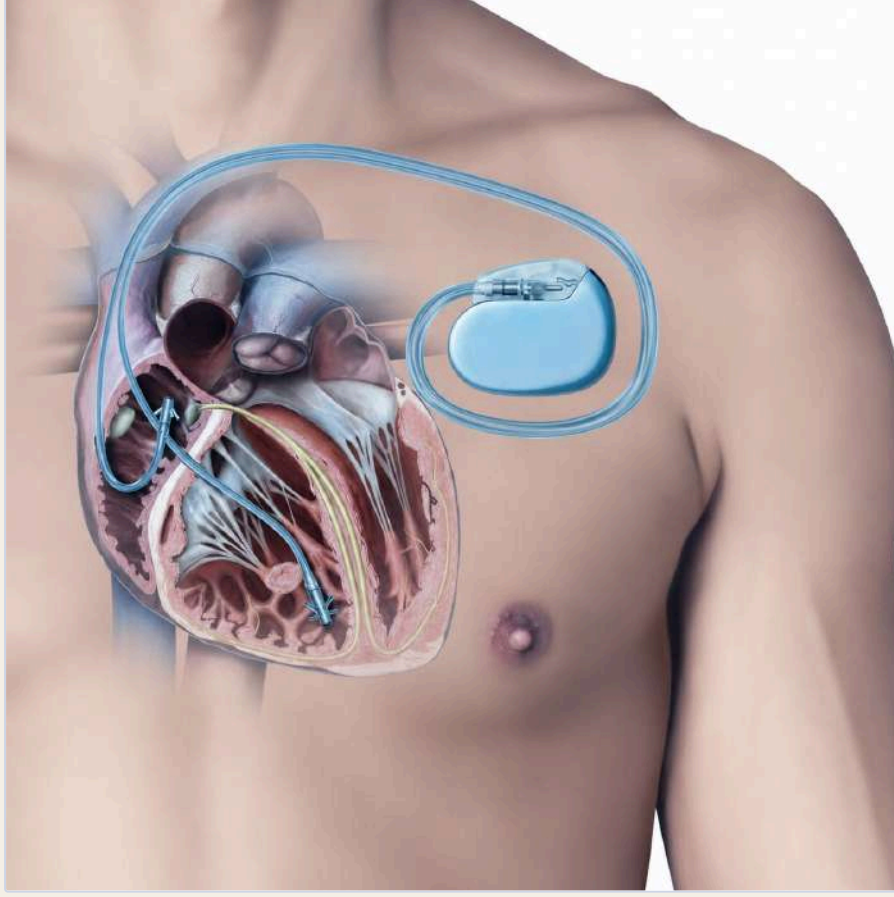
Dr. Hüseyin Çayırıcıoğlu · Harran Üniversitesi, Kardiyoloji ABD

## 6.1 Giriş

Kalıcı kalp pili tedavisi, bradiaritmiler ve ileti sistemi bozukluklarının yönetiminde yerleşik bir uygulamadır. İlk klinik uygulamalardan günümüze kadar jeneratörlerin küçülmesi, batarya teknolojisinin gelişmesi ve farklı fiksasyon özelliklerine sahip elektrotların kullanıma girmesi implantasyon pratiğini önemli ölçüde değiştirmiştir. Güncel yaklaşımda cihaz seçimi ve implantasyon kararı, ritim bozukluğunun niteliği ile hastanın klinik özellikleri birlikte değerlendirilerek verilmelidir<sup>1</sup>.

Transvenöz kalp pili implantasyonu üç ana bileşen üzerinden değerlendirilebilir: uygun venöz yolun belirlenmesi, elektrotların hedef kardiyak bölgelere ulaştırılması ve puls jeneratörünün hazırlanan cebe yerleştirilmesi. Her basamak farklı bir teknik risk profiline sahiptir. Bu nedenle işlem planı, hastanın anatomik özellikleri ve eşlik eden hastalıklarının yanı sıra operatörün farklı erişim yöntemlerindeki deneyimi dikkate alınarak oluşturulmalıdır<sup>2</sup>.





**Şekil 10.** Transvenöz çift odacıklı kalp pili sisteminin temel bileşenleri ve elektrotların kardiyak yerleşimi. *Özgün şematik çizim.*

## 6.2 İşlem Öncesi Hazırlık

İşlem öncesi değerlendirme, yalnızca kalp pili endikasyonunun doğrulanmasıyla sınırlı değildir. Semptomlar, elektrokardiyografi bulguları, kardiyak görüntüleme sonuçları, önceki girişimler, eşlik eden hastalıklar ve kullanılan ilaçlar birlikte gözden geçirilmelidir. Özellikle antikoagülan veya antiplatelet tedavi alan hastalarda kanama riski için bireyselleştirilmiş bir yaklaşım gereklidir. Aktif enfeksiyon bulguları saptandığında elektif implantasyonun ertelenmesi uygun olacaktır<sup>1,3</sup>.

Elektrokardiyografi, transtorasik ekokardiyografi ve temel laboratuvar incelemeleri işlem planlamasına katkı sağlar. Ekokardiyografi ile ventrikül fonksiyonları ve yapısal kalp hastalıkları değerlendirilirken; tam kan sayımı, böbrek fonksiyonları, elektrolitler ve koagülasyon parametreleri perioperatif risklerin belirlenmesine yardımcı olur. Cihaz enfeksiyonlarının önlenmesi amacıyla implantasyon öncesinde uygun antibiyotik profilaksisi uygulanması önerilmektedir<sup>3,4</sup>.

## 6.3 Venöz Erişim Yolları ve Teknikleri

Transvenöz implantasyonda venöz erişim yolu, hem işlemin teknik başarısını hem de komplikasyon olasılığını etkileyen başlıca kararlardan biridir. Sefalik ven, aksiller ven ve subklavian ven klinik uygulamada kullanılan temel seçeneklerdir. Erişim yöntemi

belirlenirken hastanın anatomisi, yerleştirilecek elektrot sayısı ve operatör deneyimi birlikte değerlendirilmelidir<sup>1,2</sup>.

Subklavian ven ponksiyonu, hızlı uygulanabilmesi nedeniyle tarihsel olarak yaygın biçimde tercih edilmiştir. Bununla birlikte intratorasik giriş plevraya yakın bir alanda gerçekleştirildiğinden pnömotoraks, hemotoraks ve istemsiz arteriyel ponksiyon gibi komplikasyonlara zemin hazırlayabilir. Ayrıca elektrodun klavikula ile birinci kot arasında tekrarlayan mekanik basıya maruz kalması uzun dönemde elektrot hasarıyla sonuçlanabilir. Bu gerekçelerle intratorasik subklavian ponksiyonun ilk seçenek olarak kullanılmaması önerilmektedir<sup>1,2</sup>.

Aksiller ven, ekstratorasik seyri nedeniyle subklavian ponksiyona göre farklı bir risk profili sunar. Erişim floroskopik anatomik işaretler, venografi veya ultrasonografi yardımıyla sağlanabilir. Uygun teknik kullanıldığında pleural yaralanma ve kostoklaviküler bölgede elektrot hasarı olasılığı azaltılabilir. Bununla birlikte anatomik varyasyonlar ve öğrenme eğrisi işlemin başarısını etkileyebilen unsurlardır<sup>2</sup>.

Sefalik ven diseksiyonunda damar deltopektoral olukta cerrahi olarak ortaya konur ve elektrot doğrudan görüş altında ven içine ilerletilir. Bu yaklaşım pleural ponksiyon gerektirmemesi nedeniyle belirli komplikasyonlardan kaçınma olanağı sağlar. Buna karşılık venin küçük çaplı olması veya anatomik olarak uygun bulunmaması, özellikle birden fazla elektrot yerleştirilecek olgularda ek bir erişim yoluna gereksinim doğurabilir<sup>2</sup>.

Ultrasonografi eşliğinde gerçekleştirilen venöz ponksiyon, damarın ve çevre dokuların işlem sırasında izlenmesini sağlar. Özellikle aksiller ven erişiminde kullanılan bu yöntem, uygun olgularda güvenli bir ponksiyon yapılmasını kolaylaştırabilir. Bununla birlikte görüntüleme yönteminin seçimi merkez deneyimi ve hastaya özgü koşullarla birlikte ele alınmalıdır<sup>1,2</sup>.

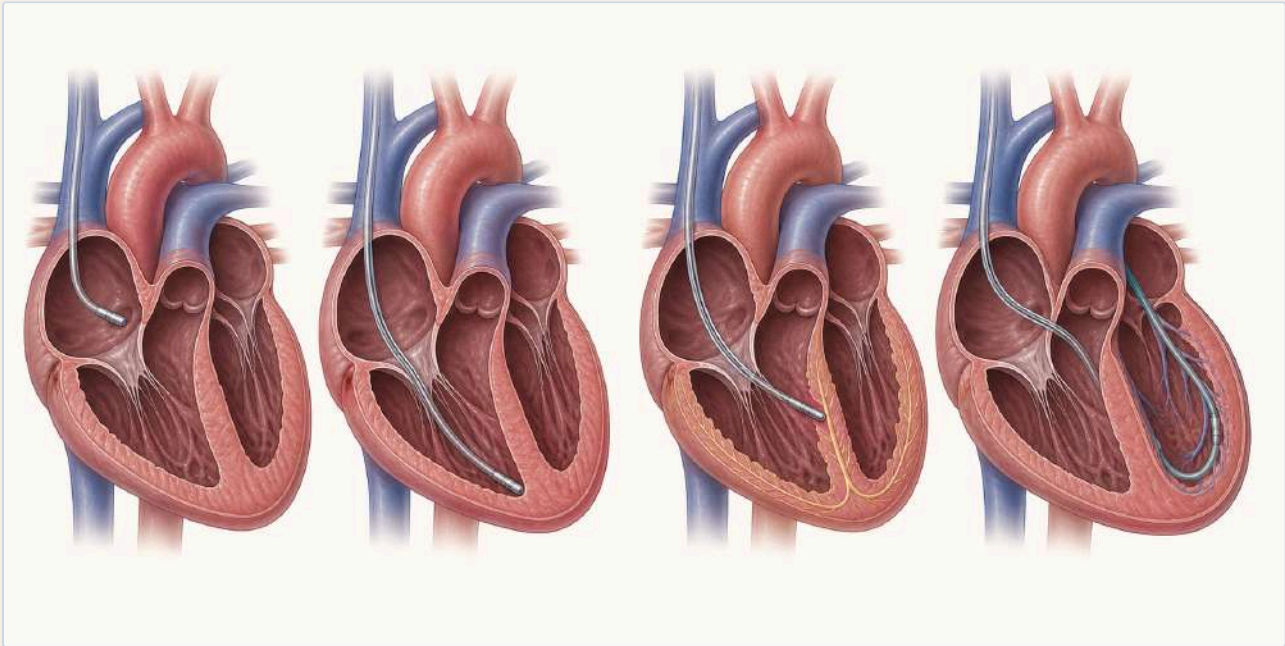
## 6.4 Elektrot Yerleşimi

Kalp pili elektrotlarının anatomik konumu ve elektriksel performansı, cihaz tedavisinin sürdürülebilirliği açısından birlikte değerlendirilmelidir. İmplantasyon sırasında yalnızca floroskopik görünüm yeterli değildir; algılama amplitüdü, impedans ve uyarım eşiği gibi ölçümlerin de kabul edilebilir sınırlarda olması beklenir<sup>2</sup>.

Atriyal uyarım için sık kullanılan bölgelerden biri sağ atriyal apendikstir. Elektrodun kararlı bir biçimde sabitlenemediği veya elektriksel ölçümlerin yetersiz bulunduğu durumlarda alternatif atriyal bölgeler değerlendirilebilir. Aktif ve pasif fiksasyonlu elektrotlar farklı anatomik koşullarda kullanılabilir; seçim yapılırken hedef bölge, stabilite ve elektriksel ölçümler birlikte ele alınmalıdır<sup>2</sup>.

Sağ ventrikül apikal uyarımı uzun süre standart yaklaşım olarak uygulanmıştır. Ancak yüksek ventriküler uyarım yükünün bazı hastalarda ventriküler aktivasyon düzenini olumsuz etkileyebilmesi, daha fizyolojik uyarım stratejilerine yönelik ilgiyi artırmıştır. His demeti uyarımı ve sol dal alanı uyarımı, kardiyak fizyolojik uyarım başlığı altında seçilmiş hastalarda değerlendirilen yöntemler arasındadır. Bu yaklaşımların kullanımı hastanın klinik özellikleri ve beklenen uyarım gereksinimi doğrultusunda planlanmalıdır<sup>1,5</sup>.

Kardiyak resenkronizasyon tedavisinde sol ventrikül elektrodu çoğunlukla koroner sinüs üzerinden uygun bir yan dala ilerletilir. Koroner venöz anatomideki farklılıklar hedef damara ulaşılmasını güçleştirebilir. İşlem sırasında frenik sinir uyarımı, elektrot dislokasyonu ve koroner venöz sistemle ilişkili yaralanmalar gibi sorunlarla karşılaşılabilir<sup>1</sup>.



**Şekil 11.** Soldan sağa sağ atriyal apendiks, sağ ventrikül apeksi, ileti sistemi bölgesi ve koroner sinüs üzerinden sol ventrikül hedefli elektrot yerleşimlerinin şematik görünümü. *Özgün şematik çizim.*

Elektrotların yerleştirilmesinden sonra algılama, impedans ve uyarım eşiği ölçümleri kaydedilmelidir. Elektriksel değerlerin istenen düzeyde olmaması durumunda elektrot konumu ve bağlantılar yeniden değerlendirilir. Böylece yalnızca anatomik yerleşim değil, sistemin işlevsel yeterliliği de işlem sırasında doğrulanmış olur<sup>2</sup>.

## 6.5 Jeneratör Cebinin Hazırlanması ve Jeneratör Yerleşimi

Güncel cihazların büyük bölümü prepektoral subkutan alanda hazırlanan bir cebe yerleştirilmektedir. Düşük vücut kitle indeksine sahip veya cilt erozyonu riski yüksek hastalarda submusküler yerleşim seçenekleri değerlendirilebilir. Cebin gereğinden geniş olması cihazın hareketliliğini artırabilir; yetersiz doku örtüsü veya uygun olmayan cep planlaması ise ağrı ve erozyon gibi sorunlara zemin hazırlayabilir<sup>2</sup>.

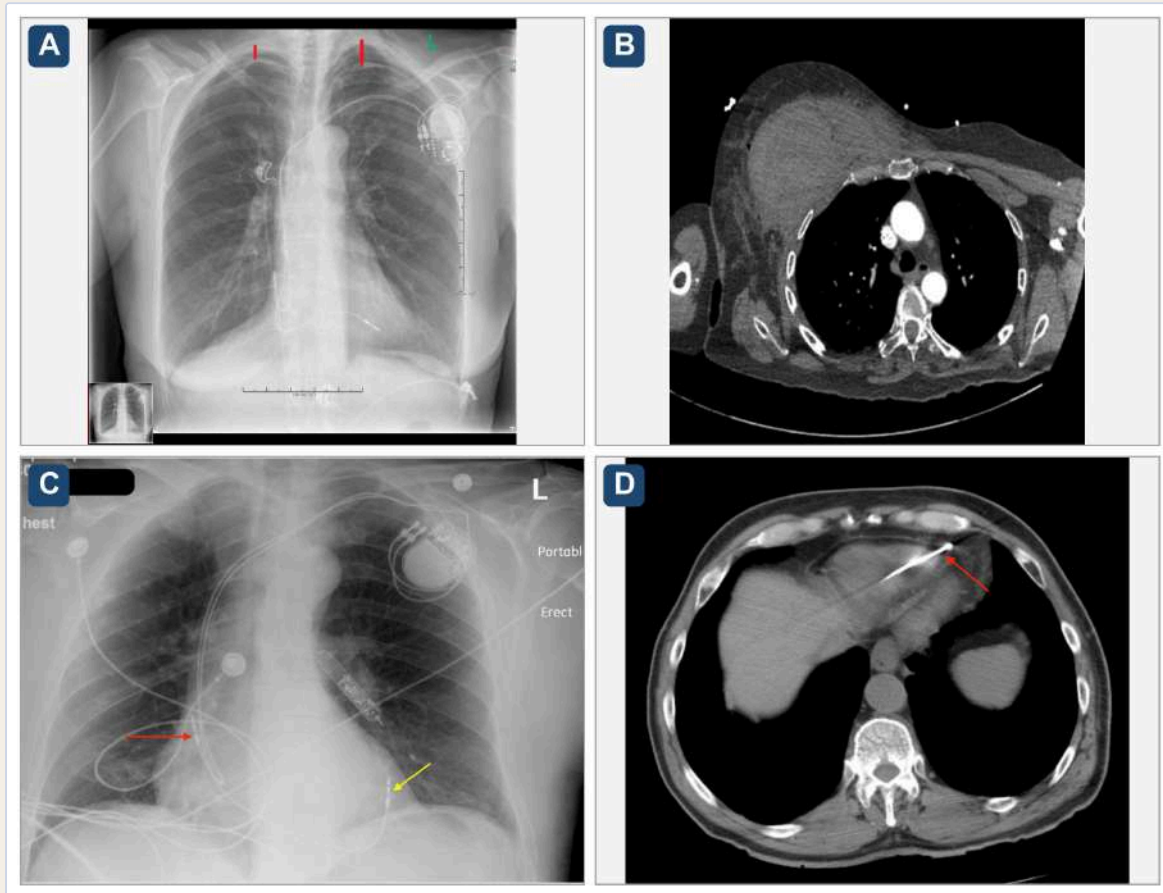


İşlem tamamlandığında cihaz sorgulaması ve floroskopik değerlendirme ile elektrotların konumu ve sistemin işlevi kontrol edilir. Akciğer grafisinin gerekliliği, kullanılan venöz erişim yöntemi ve klinik bulgular dikkate alınarak belirlenebilir. Özellikle ponksiyonla ilişkili komplikasyon kuşkusu varsa görüntüleme değerlendirmesi geciktirilmemelidir<sup>2</sup>.

## 6.6 Erken Dönem Komplikasyonlar

Kalıcı kalp pili implantasyonunda komplikasyonlar perioperatif dönemde veya izlem sırasında görülebilir. Erken dönemde mekanik, elektriksel ve enfeksiyöz sorunların ayırıcı tanısı önem taşır. Cihazın karmaşıklığı, yeniden girişim yapılması ve hastaya ait risk faktörleri komplikasyon olasılığını etkileyebilir<sup>1,6</sup>.

Erken dönem komplikasyonlarda klinik değerlendirme, cihaz sorgulaması ve uygun görüntüleme yöntemleri birlikte kullanılmalıdır. Akciğer grafisi pnömotoraks ile belirgin elektrot dislokasyonunu gösterebilir; kardiyak perforasyon kuşkusunda bilgisayarlı tomografi elektrot ucunun anatomik konumunun değerlendirilmesine katkı sağlar<sup>7,8,9</sup>.



**Şekil 12.** İmplantasyon sonrası erken dönem komplikasyonlar: (A) bilateral apikal pnömotoraks; (B) aksiyel BT'de geniş subpektoral hematoma; (C) akciğer grafisinde sağ ventrikül elektrodunun dislokasyonu ve migrasyonu; (D) BT'de perikardiyal alana uzanan elektrot ucu. Kaynaklar: Olesen (7), Soos ve ark. (8), Abouzeid ve ark. (9); CC BY 4.0, tek panel düzenine uyarlanmıştır.



Pnömotoraks, özellikle intratorasik subklavian ven ponksiyonuyla ilişkili mekanik komplikasyonlardan biridir. Dispne, göğüs ağrısı ve oksijen saturasyonunda düşme gibi bulgular klinik değerlendirmeyi gerektirir. Tedavi yaklaşımı pnömotoraksın boyutu, hastanın semptomları ve hemodinamik durumu dikkate alınarak belirlenir. Sefalik ven diseksiyonu veya uygun aksiller ven erişiminin kullanılması, ponksiyon tekniğine bağlı riski azaltabilir<sup>1,2,6</sup>.

Hemotoraks, erişim sırasında vasküler yapıların yaralanmasına bağlı olarak gelişebilen ciddi bir komplikasyondur. Klinik değerlendirmede hipotansiyon, taşikardi ve hemogloblin düzeyindeki düşüş dikkate alınmalıdır. Kanama riski, antitrombotik tedavi kullanan hastalarda ayrıca göz önünde bulundurulmalıdır<sup>1,10</sup>. Venöz erişim sırasında istemsiz arteriyel ponksiyon meydana gelebilir; klinik olarak sınırlı olgularda lokal bası yeterli olabilse de geniş hematoma, psödoanevrizma veya devam eden kanama olasılığı göz ardı edilmemelidir<sup>1,2</sup>.

Kardiyak perforasyon, elektrodun kalp duvarını aşmasıyla ortaya çıkan ve klinik şiddeti değişkenlik gösteren bir komplikasyondur. Bazı olgular belirti vermeden seyredebilirken perikardiyal efüzyon veya tamponad gelişen hastalarda acil değerlendirme gerekir. Hipotansiyon, senkop veya uyarım kaybı saptandığında perforasyon olasılığı akılda tutulmalı; klinik duruma göre ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmalıdır<sup>1,11</sup>. Elektrot dislokasyonu erken dönemde karşılaşılabilen elektriksel sorunlardan biridir ve uyarım kaybı, yetersiz algılama veya diyafragmatik uyarım biçiminde kendini gösterebilir<sup>1</sup>. Cep hematoma ağrıya, hastanede kalış süresinin uzamasına ve antikoagülan tedavinin kesintiye uğramasına neden olabilir; klinik açıdan anlamlı hematomların sonraki dönemde cihaz enfeksiyonu riskini artırdığı bildirilmiştir<sup>1,12</sup>.

Cihaz enfeksiyonu cep bölgesiyle sınırlı kalabilir veya sistemik tutulumla seyredebilir. Lokal kızarıklık, ağrı, akıntı, erozyon ve ateş gibi bulgular enfeksiyon olasılığını düşündürmelidir. Etkenler arasında stafilokok türleri önemli bir yer tutmaktadır. Kesin cihaz enfeksiyonunda antimikrobiyal tedavinin yanı sıra sistem bileşenlerinin tamamen çıkarılması temel tedavi yaklaşımıdır<sup>3,4,13</sup>.



**Şekil 13.** Cihaz cebi enfeksiyonunun klinik görünümü; cep bölgesindeki şişlik ve cilt değişiklikleri izlenmektedir. *Kaynak: Sławiński ve ark. (13); CC BY 4.0.*

Transvenöz elektrotlar venöz tromboz ve darlık gelişimiyle ilişkili olabilir. Klinik bulgular arasında üst ekstremitelerde şişlik, ağrı ve venöz dolgunluk yer alır; ileri düzey obstrüksiyonda superior vena kava sendromu görülebilir. Birden fazla elektrot bulunması venöz lezyon gelişimi açısından dikkate alınması gereken etkenlerden biridir<sup>1,14</sup>.

Kalıcı kalp pili implantasyonu, uygun endikasyonla uygulandığında bradiaritmilerin ve seçilmiş ileti sistemi bozukluklarının tedavisinde etkili bir yöntemdir. Başarılı bir işlem için venöz erişim yolunun, elektrot yerleşim stratejisinin ve jeneratör cebinin hastaya özgü özellikler doğrultusunda planlanması gerekir. Erken dönem komplikasyonların tanınması ve zamanında yönetilmesi klinik sonuçlar açısından önem taşımaktadır<sup>1,2,3,5</sup>.

## KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-3520.
2. Burri H, Starck C, Auricchio A, et al. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and ICDs. *Europace*. 2021;23(7):983-1008.
3. Blomström-Lundqvist C, Traykov V, Erba PA, et al. EHRA international consensus document on how to prevent, diagnose, and treat CIED infections. *Europace*. 2020;22(4):515-549.
4. Baddour LM, Epstein AE, Erickson CC, et al. Update on cardiovascular implantable electronic device infections and their management. *Circulation*. 2010;121(3):458-477.
5. Chung MK, Patton KK, Lau CP, et al. 2023 HRS/APHS/LAHS guideline on cardiac physiologic pacing for the avoidance and mitigation of heart failure. *Heart Rhythm*. 2023;20(9):e17-e91.
6. Kirkfeldt RE, Johansen JB, Nohr EA, et al. Complications after cardiac implantable electronic device implantations. *Eur Heart J*. 2014;35(18):1186-1194.
7. Olesen LL. Bilateral pneumothorax complicating pacemaker implantation. *Cureus*. 2020;12(11):e11302. doi:10.7759/cureus.11302
8. Soos M, Rahman M, Laxina I, et al. Retropectoral hematoma: a rare complication following biventricular ICD upgrade. *HeartRhythm Case Rep*. 2021;7(4):255-258. doi:10.1016/j.hrcr.2021.01.016
9. Abouzeid W, Haddad AW, Mirza N, et al. Right apical septum pacemaker lead dislodgement leading to right ventricular perforation. *Cureus*. 2024;16(4):e57641. doi:10.7759/cureus.57641
10. Poole JE, Gleva MJ, Mela T, et al. Complication rates associated with pacemaker or ICD procedures. *Circulation*. 2010;122(16):1553-1561.
11. Hirschl DA, Jain VR, Spindola-Franco H, et al. Prevalence and characterization of asymptomatic pacemaker and ICD lead perforation on CT. *PACE*. 2007;30(1):28-32.
12. Essebag V, Verma A, Healey JS, et al. Clinically significant pocket hematoma increases long-term risk of device infection. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(11):1300-1308.
13. Sławiński G, Kempa M, Przybylski A. Prevention of cardiac implantable electronic device infections: a review. *Rev Cardiovasc Med*. 2023;24(6):176. doi:10.31083/j.rcm2406176
14. Da Costa SS, Scalabrini Neto A, Costa R, et al. Incidence and risk factors of upper extremity deep vein lesions after permanent transvenous pacemaker implant. *PACE*. 2002;25(9):1301-1306.

# Kalıcı Kalp Pili Takibi ve Programlama

Dr. Onur Bozkurt · İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD

## 7.1 Temel Programlama Parametreleri

Kalp pili programlama; cihaz tipine, altta yatan ritim bozukluğuna ve hastanın klinik gereksinimlerine göre bireyselleştirilmelidir. İyi bir programlamanın temel amacı hastanın pilini günlük yaşamda "hissettirmemek", egzersiz kapasitesini korumak ve batarya ömrünü olabildiğince uzatmaktır<sup>1</sup>.

Pacing modu seçimi, programlamanın temel iskeletini oluşturur. NBG (NASPE/BPEG Generic) kodlama sistemiyle ifade edilen modlar; stimüle edilen odacık, algılanan odacık, yanıt tipi ve hız uyarlaması bilgilerini içerir. VVI, DDD ve DDDR modları günlük pratikte en sık kullanılan seçeneklerdir.

### 7.1.1 Hız Programlama (Rate)

Temel (base) hız, kalp pilinin spontan kardiyak aktivite yokluğunda uyguladığı minimum pacing frekansıdır. Çoğu hastada 60 atım/dakika olarak programlanır. Üst limit hızı (URL) ise AV iletiminin takip edebileceği maksimum atrial hızı belirler.

### 7.1.2 Hız Uyarlaması (Rate Response)

Kronotrop yetersizliği olan hastalarda hız uyarlaması (DDDR, VVIR) aktive edilmelidir. Akselerometri veya dakika ventilasyonu tabanlı sensörler, aktiviteye bağlı fizyolojik hız artışını sağlar<sup>1</sup>.

**Tablo 10. Hız programlama parametreleri ve tipik başlangıç değerleri**

| Parametre                 | Tipik başlangıç değeri | Klinik not                            |
|---------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Temel hız                 | 60 atım/dak            | Yaşlı, AV blok: 50–55'e düşürülebilir |
| Üst limit hızı (URL)      | 120–130 atım/dak       | Aktif hastalarda 150'ye çıkarılabilir |
| Hız yavaşlama (rate drop) | Kapalı                 | Vazovagal sendromda açılabilir        |
| PMT müdahale hızı         | URL – 10               | Pacemaker mediated tachycardia önlemi |
| Uyku modu hızı            | 50 atım/dak            | Gece taşiaritmi riskini azaltır       |

PMT: pacemaker mediated tachycardia; URL: üst limit hızı.



**Pacemaker'a bağlı taşikardi (Pacemaker Mediated Tachycardia, PMT):** PMT, çift lead cihazlara özgü bir komplikasyondur. Retrograd VA iletimi ile döngüsel re-entry oluşur; cihaz programlı URL'e kadar hız artırır. EKG'de URL'e kilitli düzenli spike dizisi ve her QRS öncesinde retrograd P' dalgası görülür.



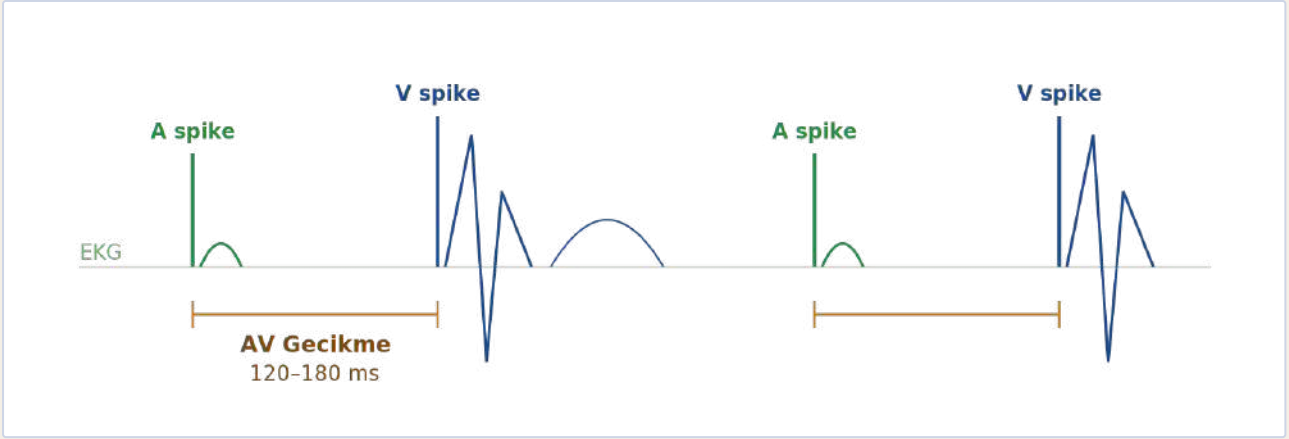
**Şekil 14.** PMT. Her ventriküler spike öncesinde retrograd P' dalgası, URL'de kilitli taşikardi ( $\approx 120$  atım/dak). Yönetim: miknatıs uygulaması, PVARP uzatma.

### 7.1.3 AV Gecikme (AV Delay)

AV gecikme (AVD), atrial uyarı ile ventriküler stimülasyon arasındaki süredir ve hemodinamik optimizasyonun merkezinde yer alır. Fizyolojik AVD, atriyal kasılmayı ventriküler doluşla koordine ederek kardiyak debinin yaklaşık %15–25 artmasını sağlar. SAVD, paced AVD'ye göre 20–30 ms kısa tutulmalıdır. Tipik başlangıç değerleri SAVD için 120–150 ms, PAVD için 150–180 ms olup ekokardiyografik optimizasyon ile bireyselleştirilebilir<sup>1</sup>.

| Özellik                  | Sensed AV Delay (Hissedilen)                                                   | Paced AV Delay (Uyarılan)                                                     |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tetikleyici Durum</b> | Kalbin kendi doğal kulakçık sinyali (P dalgası) algılandığında başlar.         | Kalp pili kulakçığa yapay bir elektrik uyarısı verdiğinde başlar.             |
| <b>Zamanlama Süresi</b>  | Genellikle daha kısa bir süreye ayarlanır.                                     | Genellikle daha uzun bir süreye ayarlanır.                                    |
| <b>Gecikme Sebebi</b>    | Doğal uyarı iletim yollarını kullandığı için gecikme azdır.                    | Yapay uyarının dokuda yayılma süresi olduğu için ekstra zamana ihtiyaç duyar. |
| <b>Amaç</b>              | Doğal ritmi taklit ederek karıncıkların en doğru zamanda kasılmasını sağlamak. | Yapay uyarı sonrası kulakçık ve karıncık senkronizasyonunu korumak.           |

**Görsel.** Sensed (SAVD) ve paced (PAVD) AV gecikme değerlerinin karşılaştırması.



**Şekil 15.** AV gecikme şematik gösterimi. DDD modunda atrial spike'tan sonra AVD süresi dolana kadar spontan aktivite yoksa ventriküler spike tetiklenir.

Dynamic AVD algoritmaları, kalp kendi iletimini sağlarken ventriküler stimülasyondan kaçınır; RV pacing yüzdesini düşürerek pacing-induced kardiyomiyopati riskini azaltır. VVI modundaki pacemaker, intrinsik ventriküler aktiviteyi algıladığında pacing'i inhibe eder. Spontan QRS → inhibisyon → escape aralığının yeniden başlaması şeklinde izlenir; bu tamamen fizyolojik bir davranıştır.



**Şekil 16.** VVI modunda uygun pacing inhibisyonu. İntrinsik dar QRS algılanır; beklenen pozisyonda spike üretilmez. Escape aralığı R dalgasından yeniden sayılır.

#### KLİNİK İPUCU — EKOKARDİYOGRAFİK AV OPTİMİZASYON

Ekokardiyografik AV optimizasyon, Doppler ile mitral giriş akımında E ve A dalgalarının ayrışması esas alınarak yapılır. Optimal AVD, E dalgasının kesilmeden tamamlanmasını ve A dalgasının mitral kapanmadan önce bitmesini sağlayan değerdir.

#### 7.1.4 Duyarlılık Programlama (Sensitivity)

Duyarlılık, kalp pilinin intrinsik kardiyak sinyalleri algılayabildiği minimum amplitüd eşiğidir (mV). Düşük mV değeri cihazı daha hassas kılarken, yüksek mV değeri yalnızca güçlü sinyallerin algılanmasını sağlar. Oversensing (aşırı algılama) kalp pilinin kalbe ait olmayan sinyalleri gerçek kalp atışı sanması, undersensing (yetersiz algılama) ise kalbin

gerçek atışlarını görememesidir. Güvenli programlama için duyarlılık değeri, ölçülen amplitüdün yarısına veya daha azına ayarlanmalıdır. Bu güvenlik marjı yaklaşımı oversensing ve undersensing riskini dengeler<sup>1</sup>.

Undersensing, pacemaker'ın intrinsik kardiyak aktiviteyi algılayamamasıdır. Cihaz uygunsuz zamanlarda spike üretir; competitive pacing ve R-on-T riski oluşabilir.



**Şekil 17.** Undersensing. İntersik QRS kompleksleri algılanmadığından uygunsuz zamanlarda spike üretilmektedir (competitive pacing).

Oversensing, T dalgası, miyopotansiyeller veya EMI gibi istenmeyen sinyallerin kardiyak aktivite olarak yorumlanmasıdır. Pace-dependent hastalarda uzayan pause (duraklama) ciddi bradikardi ve senkopa yol açabilir.



**Şekil 18.** T-dalgası oversensing. T dalgası yanlış yorumlanmakta ve pacing inhibe edilmektedir. Uzayan pause, pace-dependent hastada hayati tehlike oluşturabilir.

Capture kaybı, spike'ın ardından QRS oluşmamasıdır. Pacing eşliğinin programlı çıktıyı aşması, lead sorunları veya iyon kanalı bozuklukları en sık nedenlerdir.



**Şekil 19.** Capture kaybı. Spike'lar düzenli aralıklarla devam etmekte ancak QRS oluşmamaktadır. Son atımda voltaj artırılarak capture yeniden sağlanmıştır.

Failure to pace, cihazın hiç spike üretmediği durumu ifade eder. Lead tam kırığı, batarya tükenmesi veya electrical reset nedeniyle oluşabilir. Pace-dependent hastada acil tehdit oluşturur.



**Şekil 20.** Failure to pace. Hiç spike üretilmemekte; yavaş idioventriküler kaçış ritmi ( $\approx 26$  atım/dak) izlenmektedir. Acil müdahale gerektirir.

## 7.2 Takip: Pacemaker Takibi Nasıl Yapılır?

Pacemaker takibi iki ana bileşenden oluşur: düzenli klinik ziyaret ve uzaktan izleme.

İlk kontrol implantasyonun 7–10. gününde ya da taburculuktan sonraki ilk dört ila altı hafta içinde gerçekleştirilmelidir. Bu erken ziyaret ağırlıklı olarak cerrahi değerlendirme niteliği taşır; insizyon bölgesi ve pil cebi enfeksiyon, hematoma ve ayrışma gibi komplikasyonlar açısından incelenmeli, varsa sütürler alınmalıdır. Elektrot parametreleri kayıt altına alınmakla birlikte fabrika programı bu aşamada değiştirilmemelidir; zira elektrotların uyarı ve algılama performansının doku iyileşmesine paralel olarak stabilleşmesi iki aylık bir süre gerektirmektedir.

İkinci kontrol implantasyonun ikinci ayında planlanmalıdır. Artık stabilleşen eşik değerleri güvenilir bir programlama rehberi işlevi görür ve optimizasyon bu ziyarette gerçekleştirilir. Sonrasında tek odacıklı cihazlar için yılda bir, çift odacıklı cihazlar için yılda iki kez kontrol standart protokol olarak benimsenmeli; pediatrik hastalar ise en az altı ayda bir görülmelidir.



## Rutin Kontrol Prosedürü

Her rutin kontrolde klinik değerlendirme ile cihaz sorgulaması birlikte ve sistematik bir sırayla yürütülmelidir. Her kontrol ziyaretinde kayıt altına alınması zorunlu olan minimum veri seti şu dört parametre ile tanımlanabilir: pacing lead empedansı, algılanan P/R dalga amplitüdü, pacing eşiği, batarya voltajı ve empedansı. Öykü alma, pacemaker takibinin ihmal edilmemesi gereken köşe taşıdır; senkop, presenkop, dispne, çarpıntı ve göğüs ağrısı gibi yeni ya da değişen semptomlar sistem disfonksiyonuna, aritmik bir olaya ya da yetersiz programlamaya işaret edebilir. Boyun ve karın bölgesindeki pulsasyon hissi eşliğinde gelişen egzersiz intoleransı ve dispne, pil sendromunu akla getirmelidir<sup>7</sup>.

**Pil cebi muayenesi:** Pil cebi bölgesinin fizik muayenesi her kontrolde yapılmalı ve tek seferlik normal bulgu ile yetinilmemelidir. Enfeksiyon ve erozyon gibi komplikasyonlar yalnızca erken postoperatif dönemin değil, yıllar içinde de karşılaşılabilecek sorunların başında gelir. Renk değişikliği, lokal ısı artışı ve cilt incelemesi bu açıdan önemli ipuçları barındırır<sup>7</sup>.

**EKG:** EKG, cihazın çalışma düzenini ve altta yatan kardiyak ritmi bir arada değerlendirme imkânı sunduğu için her kontrolün ayrılmaz parçasıdır. Pacing bağımlılığını netleştirmek ve yeni gelişmiş sessiz aritmileri saptayabilmek amacıyla gerektiğinde cihaz VVI 40 gibi pasif bir moda geçici olarak programlanarak spontan ritmin gözlemlenmesi önerilmektedir<sup>8</sup>.

## Sistematik Cihaz Sorgulaması

Programlayıcı ile gerçekleştirilen cihaz sorgulaması, kontrolün en bilgi verici ve en kritik bölümünü oluşturur. Tek bir anlık ölçümden çok zaman içindeki değişim örüntüsü, olası sorunların önceden öngörülmesini sağlar.

- **Batarya voltajı ve kalan ömür:** Tam dolu bir bataryanın voltajı yaklaşık 2.8 V'tur; bu değer 2.5 V'a gerilediğinde değiştirme zamanının yaklaştığı anlaşılır. ERI (Elective Replacement Indicator) uyarısı alındığında üç ay içinde, EOL (End of Life) uyarısında ise derhal değişim planlanmalıdır.
- **Elektrot empedansı:** Normal aralık 300–1000  $\Omega$ 'dur. Ani empedans yükselmeleri elektrot kırığını, ani düşüşler ise yalıtkan hasarını akla getirmelidir.
- **Uyarı (pacing) eşiği:** Çıktı voltajı adım adım azaltılarak %100 capture'ın kaybolduğu nokta saptanır. Güvenli programlama için eşiğin en az iki katı voltaj programlanmalıdır (örn. 0.5 ms'de eşik 1.25 V ise cihaz 2.5 V). Batarya kazanımı hasta güvenliğiyle asla ödünleştirilmemelidir<sup>8</sup>.
- **Algılama (sensing) eşiği:** SSI modunda algılama değeri kademeli artırılarak inhibisyon kaybının ortaya çıktığı nokta belirlenir; programlama için ölçülen eşiğin yaklaşık yarısı hedeflenmelidir.

## Otomatik Capture Yönetimi ve Olay Sayaçları

Günümüz cihazlarının büyük çoğunluğu pacing eşiğini otomatik olarak ölçebilmekte ve çıktığı bu eşik henüz üzerinde tutabilmektedir. İlk başarılı otomatik capture algoritması 1995'te klinik kullanıma girmiştir. Bu sistem batarya ömrünü klinik çalışmalarda %65'e varan oranlarda uzatmakta ve eşik değişikliklerine karşı otomatik bir güvenlik mekanizması işlevi görmektedir<sup>8</sup>. Olay sayaçları; her iki odacıkta pace edilen ve algılanan atımların sayısını ve yüzdesini, ekstrasistol ve taşikardi epizotlarını, mod switch olaylarını ve belirli algoritmaların devreye girme sıklığını kayıt altına alır. Temel klinik ilke açıktır: intrinsik aktivite, fizyolojik olarak uygun olduğu ölçüde teşvik edilmelidir<sup>7</sup>.

## Elektrogram Depolama ve Aritmi Yönetimi

Modern kalp pillerinin en değerli araçlarından biri, önceden tanımlanmış olaylar gerçekleştiğinde endokardiyal elektrogramları kayıt altına alabilme kapasitesidir. Bu kayıtlar; bir semptomu aritmiye mi yoksa cihaz sorununa mı bağlamak gerektiğini ayırt etmeyi, oversensing ve undersensing gibi programlama sorunlarını aydınlatmayı ve lead fraktürü ya da deplasmanı gibi donanım komplikasyonlarını erken saptamayı mümkün kılar. Bu kayıt özelliğinin batarya ömrüne etkisi son derece sınırlıdır; yapılan ölçümlerde yılda yalnızca iki günlük ek tüketim tespit edilmiştir<sup>8</sup>.

## Mod Geçiş ve Atriyal Aritmi Algoritmaları

DDD pacemaker taşıyan hastalarda ventrikül hızı atriyal hıza bağımlıdır; bu durum atriyal taşikardi gelişmesi halinde hızlı ventriküler yanıtı zemin hazırlayabilir. Pace edilen hastalarda atriyal fibrilasyon görülme sıklığının %13'e ulaştığı ve AF'ye bağlı reprogramlamanın tüm takip ziyaretlerindeki programlama değişikliklerinin %38'ini oluşturduğu bilinmektedir. Otomatik mod geçişi (AMS) algoritmaları, hızlı atriyal ritimler saptandığında DDD'den DDI, VDI ya da VVI moduna geçerek hızlı ventriküler takibi önler; sinüs ritmi yeniden sağlandığında cihaz otomatik olarak çift odacıklı moda döner<sup>7</sup>.

## Sorun Giderme

Rutin takip ziyaretleri, hem donanım hem de yazılım kaynaklı sorunları erken saptamanın en değerli fırsatını sunar. Jeneratör arızaları nadirdir ancak tam sistem yetersizliğinden erken batarya tükenmesine kadar geniş bir yelpazede görülebilir. Lead sorunları (kırık, deplasman, çıkış bloğu, ilaç etkisine bağlı eşik değişimi) çok daha sıktır ve algılanan elektrogram amplitüdünde, pacing eşiklerinde ya da empedansta sapma olarak kendini ele verir. Şüphelenilen durumlarda önce akciğer grafisi, gerektiğinde yüksek çözünürlüklü floroskopik inceleme yapılmalıdır<sup>8</sup>.

## Elektromanyetik Etkileşimler

Elektromanyetik girişim (EMI), pacemaker'ın uygunsuz inhibisyonuna, tetiklenmesine, asenkron pacing'e ya da cihaz bileşenlerinde kalıcı hasara yol açabilir.

## Elektromanyetik etkileşim kaynakları ve önerilen yaklaşım

| Etkileşim kaynağı                       | Olası etki                                | Önerilen yaklaşım                                                       |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Elektronik güvenlik sistemleri          | İnhibisyon, undersensing / oversensing    | Hızla geçilmesi önerilir                                                |
| Cep telefonu                            | Geçici asenkron pacing / inhibisyon       | Karşı kulağa yakın tutulması; hands-free kullanımı                      |
| Yüksek voltajlı jeneratör / ark kaynağı | Pacing inhibisyonu                        | Çalışma ortamı EMI açısından bireysel değerlendirilmeli                 |
| MRI (manyetik rezonans)                 | İnhibisyon, asenkron pacing, kalıcı hasar | Standart cihazlarda önerilmez; MRI uyumlu cihazlar değerlendirilmeli    |
| Elektrokoter / diyatermi                | Pacing inhibisyonu, eşik yükselmesi       | Bipolar diyatermi tercih edilmeli; cerrahi öncesi sabit hızla programla |
| Defibrilasyon                           | Cihazda kalıcı hasar riski                | Pedler jeneratörden uzak tutulmalı; postoperatif cihaz kontrolü zorunlu |

## Telemetri ve Uzaktan İzleme

Uzaktan izleme, pacemaker takibinin en hızlı gelişen boyutunu oluşturmaktadır: hasta uyurken evindeki bir alıcı birim cihazı sorgular, veriler güvenli bir sunucuya iletilir ve klinisyen bu bilgilere uzaktan erişir. Bu yapı, 2023 tarihli HRS/EHRA/APHRS/LAHRS Uzman Konsensüs Belgesi tarafından CIED takibinde standart bakım olarak tanımlanmıştır; özellikle yüksek uyum gösteren hastalarda sağkalım avantajı sağladığı belgelenmiştir. Kritik uyarılar (lead kırığı, capture kaybı, yeni AF) gerçek zamanlı olarak klinisyene iletilerek erken müdahaleye olanak tanır<sup>8</sup>.

**Tablo 11. Uzaktan izleme alert sınıflandırması ve önerilen yanıt süreleri**

| Alert kategorisi | Örnek olaylar                                | Önerilen yanıt süresi     |
|------------------|----------------------------------------------|---------------------------|
| Yüksek öncelikli | Lead fraktürü, capture kaybı, pil sonu (EOL) | 24 saat içinde            |
| Orta öncelikli   | Yeni AF, yüksek ventriküler hız, ERI         | 1–3 iş günü               |
| Rutin            | Zamanlanmış iletim, log raporu               | Düzenli review (haftalık) |

### EKG OKUMA ALGORİTMASI — HIZLI BAŞVURU

1. Spike var mı? **Hayır** → Failure to pace (lead kırığı, batarya).
2. Spike var, QRS yok mu? → Capture kaybı (çıktı yetersiz, eşik yükseldi).
3. Spike zamanlaması erken mi? → Undersensing (intrinsik QRS algılanamıyor).
4. Spike geç mi / uzayan pause var mı? → Oversensing (T dalgası, EMI).
5. Hız URL'e kilitli + retrograd P' var mı? → PMT.

## KAYNAKLAR

1. Johnson V, Israel C, Schmitt J. How to: Basics of programming cardiac pacemakers. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol.* 2022;33(2):247-254. doi:10.1007/s00399-022-00864-w
2. ACC/AHA/ASE/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR. 2025 Appropriate Use Criteria for ICD, CRT, and Pacing. *J Am Coll Cardiol.* 2025. doi:10.1016/j.jacc.2024.11.023
3. Ferrick AM, Raj SR, Deneke T, et al. 2023 HRS/EHRA/APHRS/LAHRs Expert Consensus Statement on Practical Management of the Remote Device Clinic. *EP Europace.* 2023;25(5):eua4123.
4. Heart Rhythm Society. 2023 HRS/EHRA/APHRS/LAHRs Expert Consensus Statement – Press Release. HRS Annual Scientific Sessions, New Orleans, LA. Mayıs 2023.
5. El-Chami MF, Garweg C, Clementy N, et al. Leadless pacemakers at 5-year follow-up. *Eur Heart J.* 2024;45(14):1241-1251.
6. Crossley GH, Longacre C, Higuera L, et al. AV synchronous leadless ventricular pacemaker in the Medicare population. *Heart Rhythm.* 2024;21(1):66-73.
7. Özdemir HM. Kalıcı pil hastasının takibi. *Türk Kardiyol Dern Arş.* 2011;39(7):621-624. doi:10.5543/tkda.2011.01764
8. Roberts PR. Follow up and optimisation of cardiac pacing. *Heart.* 2005;91:1229-1234. doi:10.1136/hrt.2004.054528



## Pacemaker EKG'si — Genel Kavramlar

Dr. Temmuz Eren Uzunoğlu · Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji AD

Kalp pili bulunan bir hastanın EKG'sini yorumlamak, standart bir EKG değerlendirmesinden farklı olarak cihazın kalple nasıl etkileştiğini anlamayı gerektirir.

Temel amaç, pilin doğru zamanda uyarı verip vermediğini, verdiği uyarının kalp kasını gerçekten uyarıp uyarmadığını ve kalbin kendi doğal elektriksel aktivitesini doğru algılayıp algılamadığını değerlendirmektir. Bu nedenle pacemaker EKG'si sistematik bir yaklaşımla incelenmelidir.

Kalp pili EKG'sinde ilk dikkat edilmesi gereken bulgu pace spike'ı, yani uyarı çentiğidir. Bu, pilin oluşturduğu elektriksel uyarının EKG'ye yansımadır ve ince, dikey çizgi şeklinde görülür.

- Uyarı çentiği **P dalgasından hemen önce** görülüyorsa, pil atriyumu uyarıyor demektir.
- **QRS kompleksinden hemen önce** görülüyorsa, ventrikül uyarılıyordur.
- Hem P dalgası hem QRS öncesinde **iki ayrı spike** varsa, bu atriyoventriküler ardışık uyarım (AV sequential pacing) olarak adlandırılır.

Modern bipolar pacemaker sistemlerinde bu çentikler çok küçük olabilir; bazen dikkatli bakılmadığında fark edilmeyebilir.

## PACEMAKER EKG'SINI YORUMLARKEN 4 TEMEL SORU

| Soru                | EKG'de aranan bulgu                           | Anlamı                                |
|---------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Pace ediyor mu?     | Pace spike var mı?                            | Cihaz uyarı çıkıyor mu?               |
| Capture var mı?     | Spike sonrası P veya QRS oluşuyor mu?         | Uyarı miyokardı depolarize ediyor mu? |
| Sense ediyor mu?    | Spontan P/QRS görünce spike inhibe oluyor mu? | Cihaz doğal aktiviteyi görüyor mu?    |
| AV senkroni var mı? | P dalgası-QRS ilişkisi korunuyor mu?          | Özellikle DDD/VDD/CRT'de kritik       |

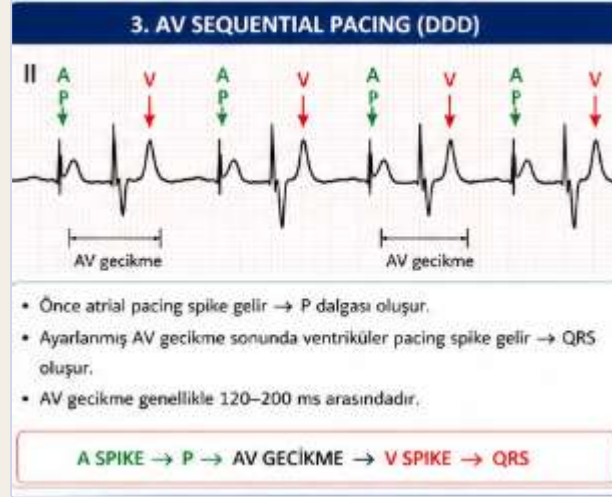
**Görsel.** Pacemaker EKG'sini yorumlarken sorulması gereken dört temel soru.

### 8.1 Pacing Kavramları

**Atrial pacing:** Her P dalgasından hemen önce atrial spike görülür. Oluşan P dalgası sinüs P'sine benzeyebilir ancak aksı değişebilir.

**Ventriküler pacing:** Ventriküler pacingde elektrot sağ ventrikül apeksindedir. Pil ventrikülü doğrudan depolarize eder; bu yüzden EKG LBBB paternindedir ve geniş QRS (>120 ms) oluşur. QRS öncesinde ventriküler spike (çentik) görülür. Uyarı sağ ventrikülden sol ventriküle doğru hücreden hücreye aktarılacağından LBBB paterni oluşur.

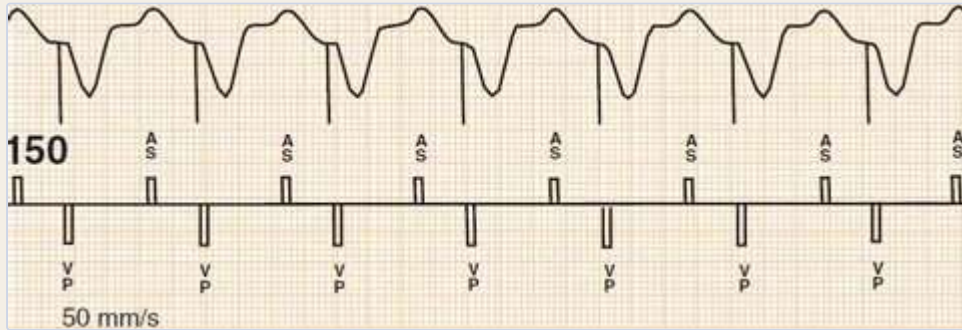
**AV sequential pacing:** Çift odacıklı pacemaker'larda (DDD mod) sık görülen fizyolojik pacing şeklidir. Amaç önce atriyumunu, sonra uygun gecikmeyle ventrikülü uyarak normal kalp fizyolojisini taklit etmektir. EKG görünümü: atriyal spike → P dalgası → AV gecikme → ventriküler spike → geniş QRS. Avantajları: kardiyak output artar, pacemaker sendromu azalır, diastolik doluş iyileşir.



**EKG.** Atrial pacing (spike → P), ventriküler pacing (spike → geniş LBBB-paternli QRS) ve AV sequential pacing örnekleri.



**EKG.** Atrial ve ventriküler pacing spike'larının EKG'deki görünümü.



**EKG.** Ventriküler pacing — her QRS öncesinde pacing spike'i.

### Yakalama (Capture)

Capture, pilin verdiği elektriksel uyarının kalp dokusunda gerçek bir depolarizasyon oluşturmasıdır.

- **Atrial yakalama:** Uyarı çentiğini takiben P dalgası oluşması.
- **Ventriküler yakalama:** Uyarı çentiğini takiben geniş, genellikle LBBB paterninde QRS oluşması.

Normal ventriküler pacing'de genellikle sol dal bloğu benzeri geniş QRS görülür; çünkü sağ ventrikülden başlayan uyarı miyokard içinde yavaş yayılır.

**Failure to capture:** Pil elektriksel uyarı üretir ama kalp buna yanıt vermez. EKG görünümü: spike var → QRS yok, veya atriyal spike var → P dalgası yok. Düşünülmesi gereken nedenler: elektrot yerinden çıkmış olabilir, pil çıkış enerjisi yetersiz olabilir, elektrolit bozukluğu (özellikle hiperkalemi), miyokard iskemisi, batarya zayıflığı, uyarı eşığının yükselmesi. Pacemaker bağımlı hastalarda bu durum ciddi bradikardi veya asistoliye yol açabilir.

## 8.2 Algılama (Sensing) Kavramı

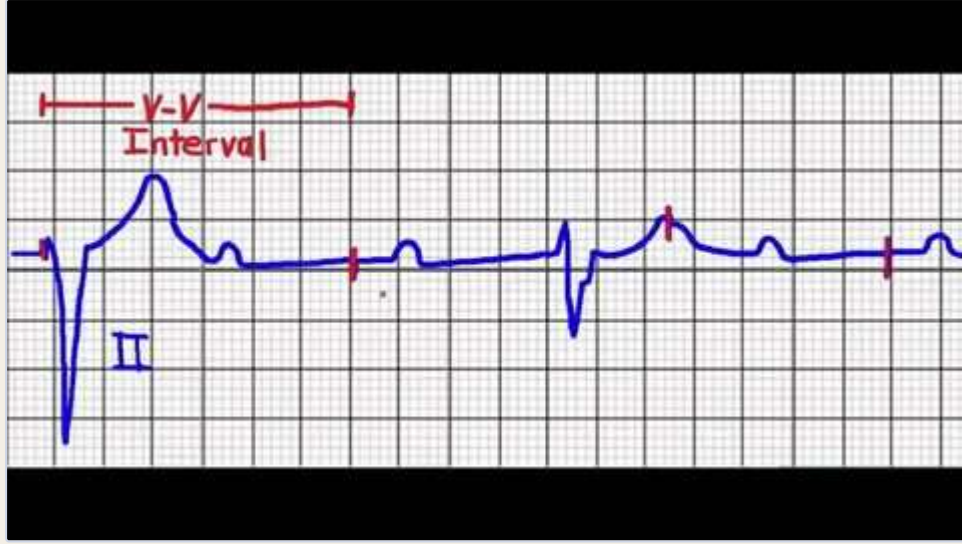
Uygun elektriksel tedavinin verilebilmesi, kalp depolarizasyonlarının algılanmasına ve algılanan olayların zamanlaması ile morfolojisinin analizi sayesinde aritmilerin saptanmasına bağlıdır. Bir depolarizasyon dalgası intrakardiak tel ucundan geçtiğinde, elektrot aracılığıyla eş zamanlı olarak oluşan sinyal defleksiyonu sinyal jeneratörüne iletilir; burada sinyal güçlendirilir, filtre edilir, dijitalize edilir ve algılama elektroniği tarafından işlenir. Tespit algoritmaları algılanan olayı atrial veya ventriküler olarak sınıflandırır; bu sınıflandırma, patolojik atrial ritim varlığında pacing modunu değiştirmeye ve taşiaritmileri tedavi etmeye yarar.

Pacemaker sadece ritim üretmez; aynı zamanda kalbin kendi elektriksel aktivitesini de izler. Bu işleme sensing denir. Örneğin hasta kendi QRS'ini oluşturuyorsa pil bunu fark eder ve gereksiz pacing yapmaz; bu normal bir davranıştır.

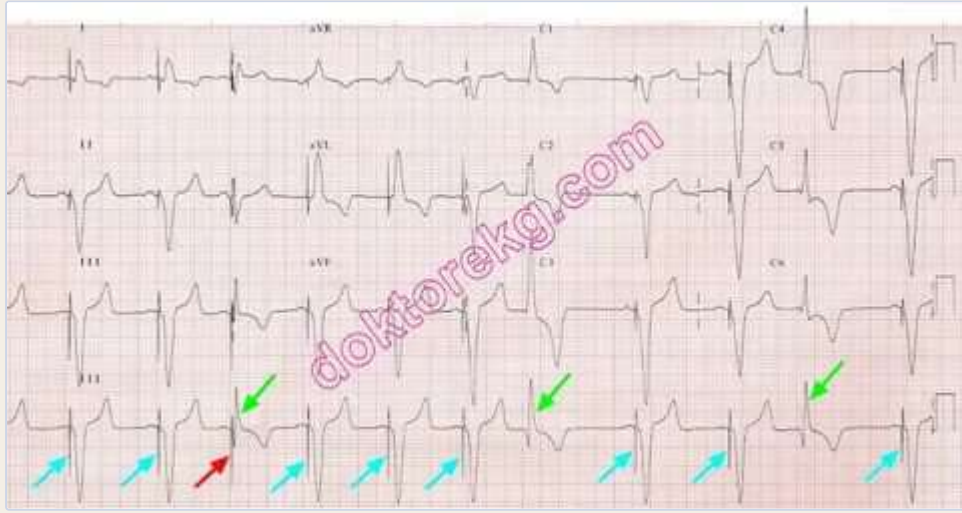
**Yetersiz algılama (undersensing):** Pil kalbin doğal elektriksel aktivitesini algılayamazsa, EKG'de kalbin kendi doğal QRS'i olmasına rağmen pil uygunsuz şekilde spike çıkarır (doğal QRS + uygunsuz spike). Nedenleri: sensitivite ayarı bozuk, elektrot yer değiştirmesi, elektrot kırığı, düşük intrakardiyak sinyal amplitüdü. Bu durum bazen rekabetçi pacing oluşturabilir.

**Aşırı algılama (oversensing):** Pil olmayan bir elektriksel sinyali gerçek kalp aktivitesi zanneder (kas aktivitesi, elektromanyetik girişim, elektrot gürültüsü, T dalgası). Sonuç: pil pacing yapması gerekirken pacing yapmaz; EKG'de uzun duraklama (pause) + spike yok. Bu özellikle pil bağımlı hastada hayati tehlikelidir.





**EKG.** Pacemaker aracılı taşikardi — V-V aralığı ve retrograd iletim.



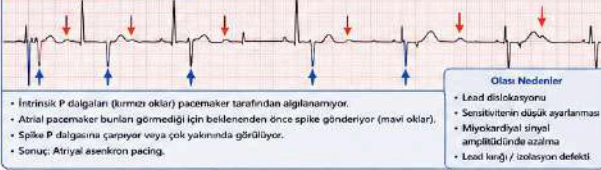
**EKG.** Algılama bozukluklarının EKG'de işaretlenmiş örnekleri.

## PACEMAKER MALFONKSİYONU: UNDERSENSING VE OVERSENSING

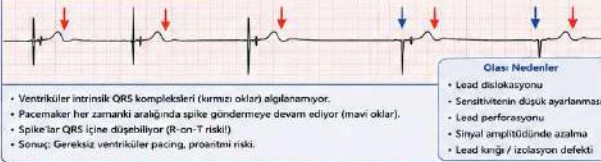
### UNDERSENSING

Pacemaker, var olan intrinsik kardiyak aktiviteyi algılayamaz.  
Sonuç: GEREKSİZ PACE (inhibe edilememiş uyarı)

#### 1. ATRİYAL UNDERSENSING



#### 2. VENTRİKÜLER UNDERSENSING



#### 3. HER İKİSİ BİRLİKTE: ATRİYAL VE VENTRİKÜLER UNDERSENSING



#### EKG ÜZERİNDEN AYIRIM

| Özellik               | UNDERSENSING                         | OVERSENSING                             |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Pacemaker ne yapıyor? | Gerçek aktiviteyi algılayamıyor      | Gerçek olmayan sinyali algılıyor        |
| Spike sayısı          | FAZLA                                | AZ / KAYIP                              |
| Temel sonuç           | GEREKSİZ PACE                        | GEREKSİZ İNHİBİSYON                     |
| EKG bulgusu           | Spike'lar P veya QRS içine düşebilir | Beklenen spike'lar kaybolur, pause olur |
| Klinik risk           | R-on-T, ventriküler aritmi           | Bradikardi, senkop, asistoli            |

### OVERSENSING

Pacemaker, kardiyak olmayan sinyalleri veya intrinsik olmayan aktiviteyi kardiyak aktivite olarak algılar. Sonuç: GEREKSİZ İNHİBİSYON (pace oluşmaz)

#### 4. T-WAVE OVERSENSING (VENTRİKÜLER)



#### 5. LEAD KIRIĞINA BAĞLI OVERSENSING (YÜKSEK FREKANSLI GÜRÜLTÜ)



#### 6. MİYOPOTANSİYEL OVERSENSING



#### EKG'de kullanılan işaretlerin açıklaması

| : Pacemaker spike  
P : P dalgası  
R : QRS kompleksi  
T : T dalgası  
Kırmızı oklar : İntrinsik (doğal) P veya QRS kompleksleri  
Mavi oklar : Pacemaker'ın gönderdiği spike'lar  
Mor oklar : Oversensing'e neden olan sinyal (T dalgası, gürültü, kas aktivitesi)  
----- : Pacing inhibit edilmiş, spike oluşmamış

#### AKILDA TUT!

##### UNDERSENSING

- ✓ Spike var ama gereksiz
- ✓ Cihaz algılayamıyor

##### OVERSENSING

- ✓ Spike yok ama olmalıydı
- ✓ Cihaz yanlış algılıyor

**EKG.** Undersensing — intrinsik QRS'e rağmen uygunsuz spike'lar; oversensing — gerçek olmayan sinyal nedeniyle pacing inhibisyonu ve uzayan pause.

## 8.3 Füzyon ve Psödofüzyon Kavramları

**Füzyon:** Pacemaker uyarısı ile kalbin kendi doğal uyarısı aynı anda ventrikülü aktive eder. QRS görünümü ne tamamen doğal ne tamamen paced görünür; ara formdadır.

**Psödofüzyon:** Spike görünür ama QRS aslında kalbin doğal ritminden oluşmuştur; pacemaker katkısı yoktur. Bu bir cihaz arızası değildir. Pacemaker spike "tesadüfen" QRS'in üzerine denk gelir; gerçek yakalama (capture) ritmi yoktur. Yakalama hatası (capture failure) ile ayırıcı tanıda: spike sonrası oluşan QRS, paced QRS gibi geniş ve anormal değildir; doğal QRS görünümündedir.

# PACEMAKER EKG'LERİNDE FÜZYON VE PSÖDOFÜZYON

Füzyon: Pacemaker spike'ı ile birlikte intrinsik (doğal) ventriküler aktivasyon oluşur ve tek bir QRS kompleksinde birleşir.

Psödofüzyon: Pacemaker spike'ı intrinsik aktiviteden hemen önce gelir, ancak ventriküller tamamen intrinsik olarak depolarize olur (pacemaker capture'ı yoktur).

## 1. VVI FÜZYON (VENTRİKÜLER FÜZYON)

Gerçek EKG Kaydı (VVI 60/dk)



- QRS morfolojisi:**
- Paced QRS (geniş) ile intrinsik QRS'in birleşimi.
  - Tamamen pacemaker morfolojisinde değildir.
  - Tamamen intrinsik de değildir.
  - Her QRS'in hemen öncesinde pacemaker spike'ı vardır.
  - Spike ventriküler refrakter dönemde olmadığı için ventrikül depolarizasyonu başlar.
  - Aynı anda intrinsik iletim de ventrikülleri depolarize eder.
  - İki depolarizasyon birleşerek hibrit (füzyon) QRS meydana getirir.
  - Bu nedenle QRS geniş, ancak tamamen paced değil, tamamen intrinsik de değildir.

## 2. VVI PSÖDOFÜZYON (VENTRİKÜLER PSÖDOFÜZYON)

Gerçek EKG Kaydı (VVI 60/dk)



- QRS morfolojisi:**
- Tamamen intrinsik QRS (dar ve kendi doğal morfolojisinde).
  - Paced morfolojisi yoktur.
  - Spike, intrinsik QRS'ten çok kısa bir süre önce gelir (genellikle <30-40 ms).
  - Ventriküller zaten intrinsik uyarı ile depolarize olacaktır.
  - Pacemaker depolarizasyonu yakalayamaz (capture yok).
  - QRS tamamen intrinsiktir, dar ve değişmemiştir.
  - Spike görüldüğü halde QRS pacemaker etkisi göstermez = PSÖDOFÜZYON.

Not: Spike ile QRS arasındaki interval çok kısadır. Uzun RR aralıklarında bu durum görülebilir.

## 3. DDD FÜZYON (AV SENKRON FÜZYON)

Gerçek EKG Kaydı (DDD 60/dk)



- QRS morfolojisi:**
- Paced QRS ile intrinsik QRS'in birleşimi.
  - Geniş ama tamamen paced değil.
  - Atrial spike P dalgasını oluşturur veya destekler (atrial capture).
  - AV iletim gerçekleşir ve intrinsik ventriküler aktivite başlar.
  - Cihaz ayarlanan AV gecikmesi sonunda ventriküller spike verir.
  - Ventriküler spike ile intrinsik aktivasyon aynı anda ventrikülleri depolarize eder.
  - Tek bir hibrit QRS (füzyon) oluşur.
  - Bu nedenle QRS morfolojisi ne tamamen paced ne de tamamen intrinsiktir.

## 4. DDD PSÖDOFÜZYON (AV SENKRON PSÖDOFÜZYON)

Gerçek EKG Kaydı (DDD 60/dk)



- QRS morfolojisi:**
- Tamamen intrinsik QRS (dar ve değişmemiş).
  - Paced morfolojisi yoktur.
  - Atrial spike P'yi oluşturur veya destekler (atrial capture olabilir).
  - AV iletim gerçekleşir ve intrinsik QRS zamanı gelmeden önce cihaz ventriküler spike verir.
  - Ventriküller intrinsik yolla depolarize olur, pacemaker capture'ı olmaz.
  - QRS tamamen intrinsiktir.
  - Spike görülür ancak etkisi yoktur = PSÖDOFÜZYON.

## FÜZYON vs PSÖDOFÜZYON

| Özellik                 | FÜZYON                                         | PSÖDOFÜZYON                                                       |
|-------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Spike - QRS ilişkisi    | Spike ile QRS aynı anda (iç içe)               | Spike, intrinsik QRS'ten hemen önce gelir.                        |
| QRS morfolojisi         | Hibrit (ne tamamen paced ne tamamen intrinsik) | Tamamen intrinsik (dar ve değişmemiş)                             |
| Pacing etkisi (capture) | Vars (kısmi capture vardır)                    | Yok (capture yok)                                                 |
| Görülme durumu          | İyi AV iletim, cihaz destek veriyor            | Uzun RR, intrinsik hız yavaş veya atım kaçması var                |
| Klinik önemi            | Normal kabul edilir                            | Pacemaker çalışıyor ama ventriküller intrinsik olarak uyarılıyor. |

Not: EKG hızı 25 mm/sn, 10 mm/mV. Kayıtlar farklı hastalardan alınmış gerçek EKG örnekleridir.

## İŞARETLERİN ANLAMI

- ↓ Atrial spike (P dalgası için)
- ↓ Ventriküler spike
- ↓ Intrinsik QRS başlangıcı
- | Pacemaker spike
- İzole elektrik hat

## KLİNİK İPUÇLARI

- Füzyon QRS morfolojisi, pacemaker QRS'inden daha dardır; intrinsik QRS'ten daha geniştir.
- Psödofüzyonda spike gereksizdir; cihaz ayarları gözden geçirilmelidir (AV gecikmesi, alt hız limiti vb.).
- Pacemaker değerlendirilirken QRS morfolojisi ve spike - QRS ilişkisi dikkate alınmalıdır.
- VVI modda ventriküler, DDD modda AV senkron olaylar değerlendirilir.

**Görsel.** Pacemaker EKG'lerinde füzyon ve psödofüzyon kavramlarının özeti.



## KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on Cardiac Pacing and Cardiac Resynchronization Therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-3520.
2. Kusumoto FM, Vijayaraman P, Ellenbogen KA, et al. 2023 HRS/APHRS/LAHRs Guideline on Cardiac Physiologic Pacing. *Heart Rhythm*. 2023;20(9):e17-e91.
3. Lamas GA, Lee KL, Sweeney MO, et al. Ventricular Pacing or Dual-Chamber Pacing for Sinus-Node Dysfunction. *N Engl J Med*. 2002;346(24):1854-1862.
4. Sweeney MO, Bank AJ, Nsaie E, et al. Minimizing Ventricular Pacing to Reduce Atrial Fibrillation in Sinus-Node Disease. *N Engl J Med*. 2007;357(10):1000-1008.
5. Curtis AB, Worley SJ, Adamson PB, et al. Biventricular Pacing for Atrioventricular Block and Systolic Dysfunction (BLOCK-HF). *N Engl J Med*. 2013;368(17):1585-1593.
6. Stockburger M, Bordachar P, Boveda S, et al. Remote Management of CIEDs: 2023 HRS/EHRA/APHRS/LAHRs Expert Consensus Statement. *Heart Rhythm*. 2023;20(7):e1-e44.
7. Vijayaraman P, Cano Ó, Ellenbogen KA, et al. Clinical Outcomes of Conduction System Pacing Compared With Conventional RV Pacing and CRT. *Heart Rhythm*. 2023;20(9):1458-1472.
8. Mulpuru SK, Madhavan M, McLeod CJ, et al. Cardiac Pacemakers: Function, Troubleshooting and Management. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(2):189-210.
9. Patel SI, Passman R. Pacemaker Malfunction. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
10. Burns E, Buttner R. Pacemaker Malfunction ECG Library. Life in the Fast Lane (LITFL). [litfl.com/pacemaker-malfunction-ecg-library/](http://litfl.com/pacemaker-malfunction-ecg-library/)
11. Ellenbogen KA, Wood MA, Gilligan DM. Cardiac Pacing and ICDs. 7th ed. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2019.
12. Barold SS, Stroobandt RX, Sinnaeve AF. Cardiac Pacemakers and Resynchronization Step by Step: An Illustrated Guide. Chichester: Wiley-Blackwell; 2010.
13. Mond HG, Proclemer A. The 11th World Survey of Cardiac Pacing and ICDs: Calendar Year 2009. *PACE*. 2011;34(8):1013-1027.
14. Raatikainen MJP, Arnar DO, Zeppenfeld K, et al. Statistics on the Use of Cardiac Electronic Devices and EP Procedures in the ESC Countries. *Europace*. 2024;26(1):eua4341.
15. Kiehl EL, Makki T, Kumar R, et al. Incidence and Predictors of Right Ventricular Pacing-Induced Cardiomyopathy. *Heart Rhythm*. 2016;13(12):2272-2278.
16. Biotronik Academy. Follow-up of Conduction System Pacing: Practical ECG Assessment and Capture Verification. Berlin: Biotronik Educational Series; 2025.
17. Ellenbogen KA, Kay GN, Lau CP, Wilkoff BL. Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2017.
18. Stroobandt RX, Barold SS, Sinnaeve AF. ECG Interpretation From Pathophysiology to Clinical Application. Chichester: Wiley-Blackwell; 2016.
19. AlTurki A, Proietti R, Essebag V. Fusion and Pseudofusion Beats During Cardiac Pacing: Recognition and Clinical Significance. *Can J Cardiol*. 2020;36(11):1790-1798.
20. Burri H, Starck C, Auricchio A, et al. EHRA Clinical Consensus Statement on Follow-up of Patients with CIEDs. *Europace*. 2022;24(6):965-1008.
21. Braunwald's Heart Disease. 9. baskı.

## Pacemaker Komplikasyonları

Dr. Yasin Aktaş · Bursa Şehir Hastanesi, Kardiyoloji ABD

Kalıcı kardiyak pacemaker implantasyonu, günümüzde en sık uygulanan kardiyak girişimlerden biridir. Özellikle yaşlı nüfusun artması ve iletim sistemi hastalıklarının daha sık tanınması ile birlikte cihaz implantasyon sayıları belirgin şekilde yükselmiştir. İşlem başarısı oldukça yüksek olsa da pacemaker implantasyonu tamamen komplikasyonsuz bir girişim değildir; gelişen komplikasyonlar bazı hastalarda yalnızca ek takip gerektirirken, bazı durumlarda yeniden girişim, uzun hastane yatışı ve hatta yaşamı tehdit eden klinik tablolar ile sonuçlanabilir.

Pacemaker ile ilişkili komplikasyonlar genel olarak erken ve geç dönem komplikasyonlar şeklinde değerlendirilir. Erken dönemde daha çok işlem ilişkili mekanik komplikasyonlar ön plandayken, geç dönemde enfeksiyon, lead yetmezliği ve kronik pacinge bağlı komplikasyonlar dikkat çeker. Komplikasyonların görülme sıklığı; hastanın yaşı, eşlik eden komorbiditeler, cihaz tipi ve işlemin teknik özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle yalnızca işlem başarısı değil, işlem sonrası yakın klinik takip de pacemaker tedavisinin önemli bir parçasıdır.

|  PACEMAKER İMPLANTASYONU <div> <div>0</div> <div>30. gün</div> <div>Aylar - Yıllar</div> </div> |                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ERKEN DÖNEM KOMPLİKASYONLAR                                                                                                                                                        | GEÇ DÖNEM KOMPLİKASYONLAR                                                                                            |
|  Cep hematoma                                                                                   |  CIED enfeksiyonu                 |
|  Pnömotoraks / hemotoraks                                                                       |  Lead yetmezliği / lead kırığı    |
|  Lead dislokasyonu                                                                              |  Venöz obstrüksiyon               |
|  Kardiyak perforasyon                                                                           |  Pacemaker sendromu               |
|  Erken cep enfeksiyonu                                                                          |  Pacemaker-induced cardiomyopathy |

**Tablo 1.** Pacemaker ilişkili erken ve geç dönem komplikasyonlar.

**Görsel.** Pacemaker komplikasyonları — erken ve geç dönem komplikasyonların genel görünümü.



## 9.1 Erken Dönem Komplikasyonları

Erken dönem komplikasyonları çoğunlukla işlem ile doğrudan ilişkilidir ve genellikle ilk 30 gün içerisinde ortaya çıkar. Bu dönemde mekanik komplikasyonlar, vasküler yaralanmalar ve cep bölgesine ait sorunlar ön plandadır. Erken komplikasyon gelişme riski; ileri yaş, kadın cinsiyet, kronik böbrek hastalığı, antikoagülan tedavi kullanımı ve operatör deneyimi gibi birçok faktörden etkilenebilir. CRT ve ICD gibi daha kompleks cihaz implantasyonlarında komplikasyon oranları standart pacemaker sistemlerine göre daha yüksek bildirilmektedir.

### 9.1.1 Cep Hematomu ve Cep Komplikasyonları

Cep hematomu, implantasyon sonrası en sık görülen erken dönem komplikasyonlardan biridir. Genellikle işlem sonrası ilk birkaç gün içerisinde gelişir ve cep bölgesinde şişlik, ağrı, ekimoz ve hassasiyet ile kendini gösterir. Çoğu hematoma konservatif izlem ile gerilese de, büyük hematomlar hem enfeksiyon riskini artırabilir hem de yeniden girişim gerektirebilir<sup>1</sup>. Özellikle dual antiplatelet tedavi kullanan hastalarda ve heparin köprüleme uygulanan olgularda hematoma riski belirgin şekilde artmaktadır<sup>2</sup>. Kronik böbrek hastalığı ve ileri yaş da bağımsız risk faktörleri arasındadır.



Şekil 1: Cep hematomu

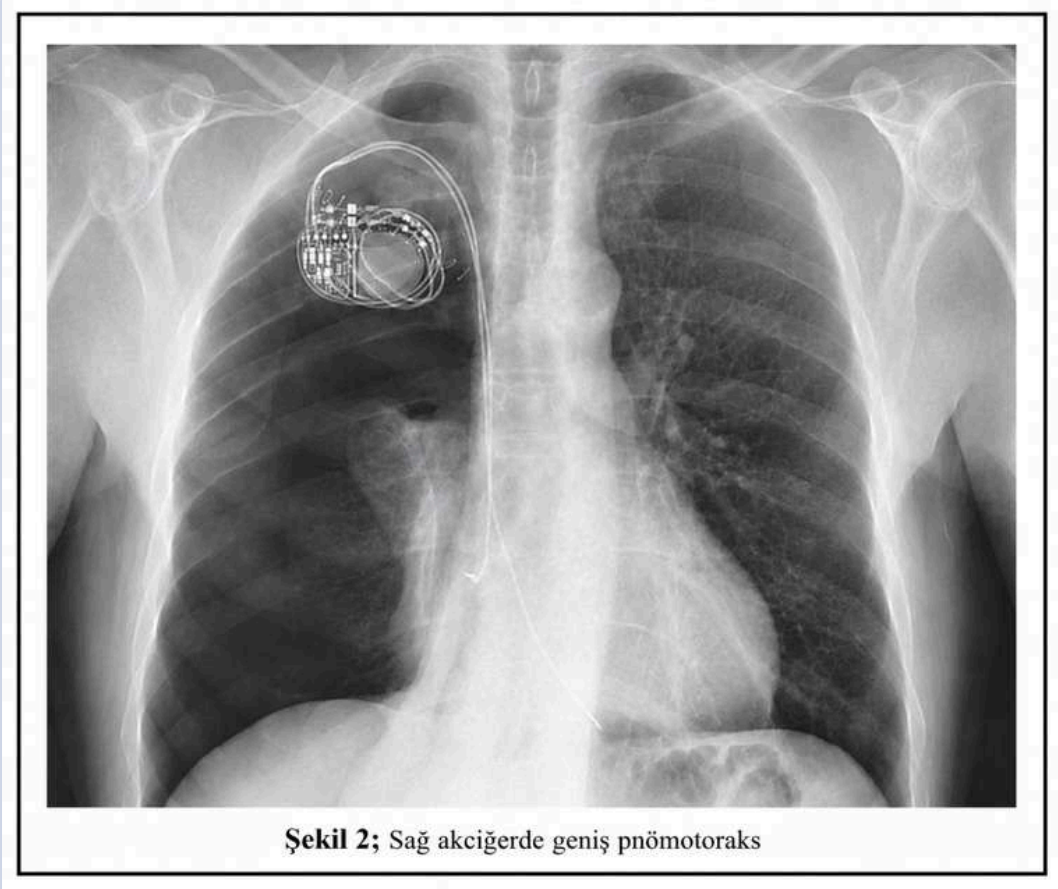
| RİSK FAKTÖRLERİ                                                                                              | CEP HEMATOMU RİSKİ       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|  Dual antiplatelet tedavi | ↑ ↑                      |
|  Heparin köprüleme        | ↑ ↑                      |
|  Kronik böbrek hastalığı  | ↑                        |
|  İleri yaş                | ↑                        |
| ↑ ↑ Yüksek risk artışı                                                                                       | ↑ Orta düzey risk artışı |

Tablo 2: Cep hematomu gelişimi için başlıca risk faktörleri.

**Görsel.** Cep hematomu klinik görünümü ve hematoma riskini artıran faktörler.

### 9.1.2 Pnömotoraks ve Hemotoraks

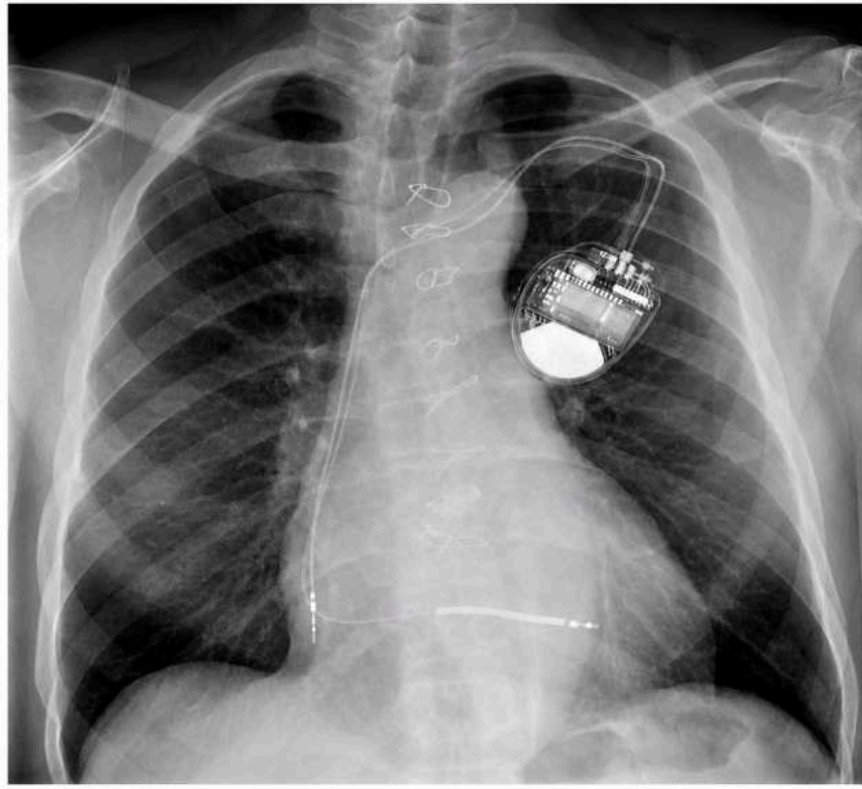
Pnömotoraks ve hemotoraks, özellikle subklavian ven ponksiyonu sırasında gelişebilen erken dönem komplikasyonlar arasında yer alır<sup>3</sup>. Aksiller ven yaklaşımının ve ultrason eşliğinde venöz giriş tekniklerinin yaygınlaşması ile görülme sıklığı azalmış olsa da klinik pratikte hâlâ önemini korumaktadır<sup>4</sup>. Hastalar çoğunlukla işlem sonrası gelişen dispne, plöretik göğüs ağrısı veya oksijen satürasyonunda düşme ile başvurur; bazı olgularda klinik sessiz olabilir ve tanı rutin kontrol akciğer grafisi ile konulabilir. Tanıda ilk basamak posteroanterior akciğer grafisidir; şüpheli olgularda toraks ultrasonografisi veya BT yardımcı olabilir. Küçük ve asemptomatik pnömotorakslar konservatif izlenirken, geniş pnömotoraks veya solunumsal instabilite varlığında tüp torakostomi gerekebilir.



**Şekil.** Pacemaker implantasyonu sonrası gelişen pnömotoraksın posteroanterior akciğer grafisindeki görünümü.

### 9.1.3 Lead Dislokasyonu ve Kardiyak Perforasyon

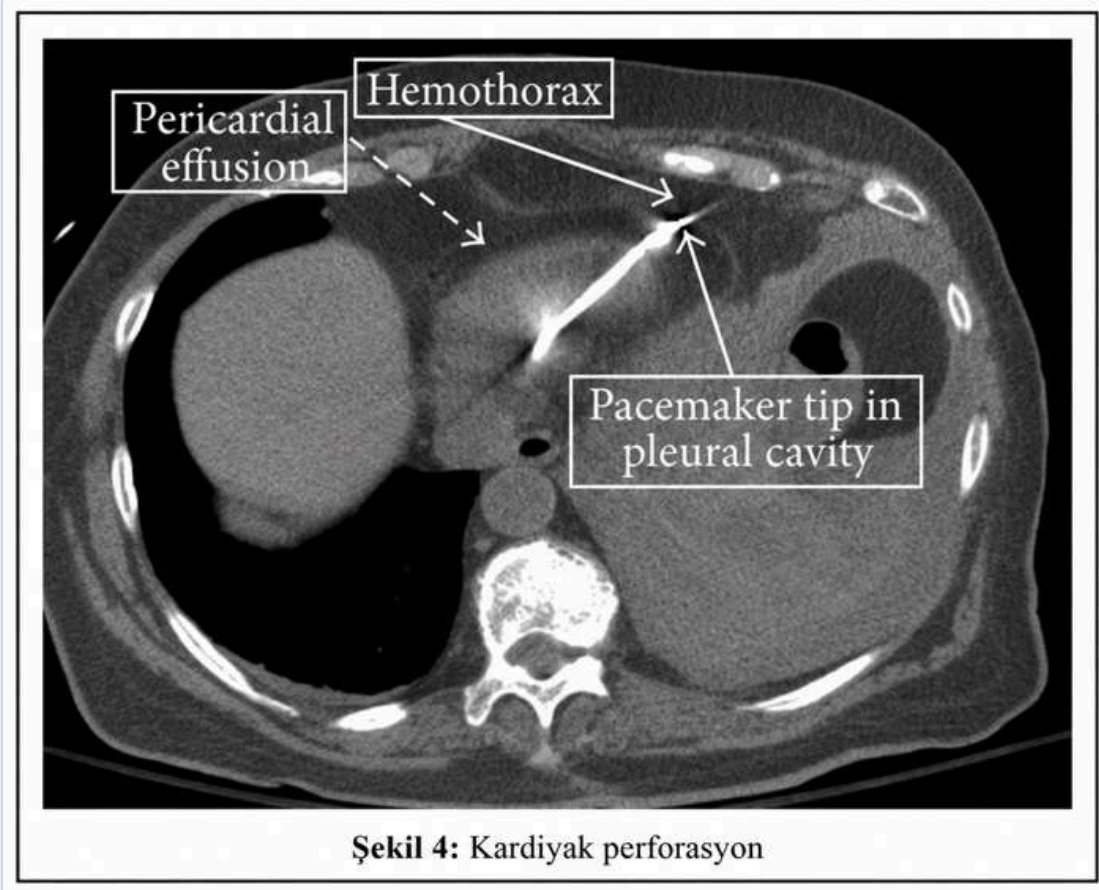
Lead dislokasyonu, özellikle implantasyon sonrası ilk günlerde karşılaşılan önemli mekanik komplikasyonlardan biridir. Atriyal leadlerde ventriküler leadlere kıyasla daha sık görülür ve çoğu olguda yetersiz lead stabilizasyonu veya erken dönemde kol hareketlerinin fazla olması ile ilişkilidir. Klinik tablo değişkendir: bazı hastalarda asemptomatik seyir izlenirken, bazılarında senkop, baş dönmesi, pacing kaybı veya diafragma stimülasyonu gelişebilir. Tanıda cihaz interogasyonu ve akciğer grafisi ilk basamak değerlendirme yöntemleridir; şüpheli olgularda floroskopi lead pozisyonunun değerlendirilmesinde yarar sağlar.



**Şekil 3:** Sağ atrial lead dislokasyonu

**Görsel.** Sağ atriyal lead dislokasyonu — akciğer grafisi.

Kardiyak perforasyon daha nadir görülmekle birlikte yaşamı tehdit edebilen bir komplikasyondur. Genellikle aktif fiksasyon lead kullanımı, ileri yaş, düşük vücut kitle indeksi ve steroid kullanımı ile ilişkilidir<sup>5</sup>. Akut gelişebileceği gibi günler sonra da ortaya çıkabilir; göğüs ağrısı, hipotansiyon, dispne veya pacing başarısızlığı görülebilir. Ekokardiyografi özellikle perikardiyal efüzyon ve tamponad değerlendirmesinde temel yöntemdir; BT ise lead perforasyonunun anatomik değerlendirilmesinde daha yüksek doğruluk sağlar<sup>6</sup>. Hemodinamik instabilitede acil müdahale gerekebilir.



**Şekil 4:** Kardiyak perforasyon

**Görsel.** Kardiyak perforasyon — BT'de perikardiyal efüzyon, hemotoraks ve plevral boşlukta lead ucu.

#### 9.1.4 Erken Dönem Enfeksiyonlar

İlk haftalarda görülen enfeksiyonlar çoğunlukla cep bölgesi ile ilişkilidir. Erken dönemde kızarıklık, ısı artışı, hassasiyet, akıntı veya cilt bütünlüğünde bozulma dikkat çekici olabilir. Enfeksiyon gelişiminde hematoma oluşumu, uzun işlem süresi, tekrar girişim, diyabetes mellitus ve immünsüpresyon önemli risk faktörleridir<sup>7</sup>. Özellikle cep hematomu gelişen hastalarda ilerleyen dönemde cihaz enfeksiyonu görülme riskinin belirgin arttığı gösterilmiştir<sup>1</sup>. Yüzeysel cilt enfeksiyonları lokal bakım ve antibiyotik ile kontrol altına alınabilse de, gerçek cihaz enfeksiyonlarında çoğu zaman antibiyotik tedavisi yeterli değildir; cep ve lead sistemini tutan enfeksiyonlarda komplet sistem ekstraksiyonu temel tedavi yaklaşımıdır<sup>8</sup>. Özellikle ateş, bakteriyemi veya sistemik enfeksiyon bulgularında lead ilişkili endokardit mutlaka dışlanmalıdır.





**Şekil 5:** Cep enfeksiyonu

**Görsel.** Cihaz cebi enfeksiyonu — klinik görünüm (çok panelli).

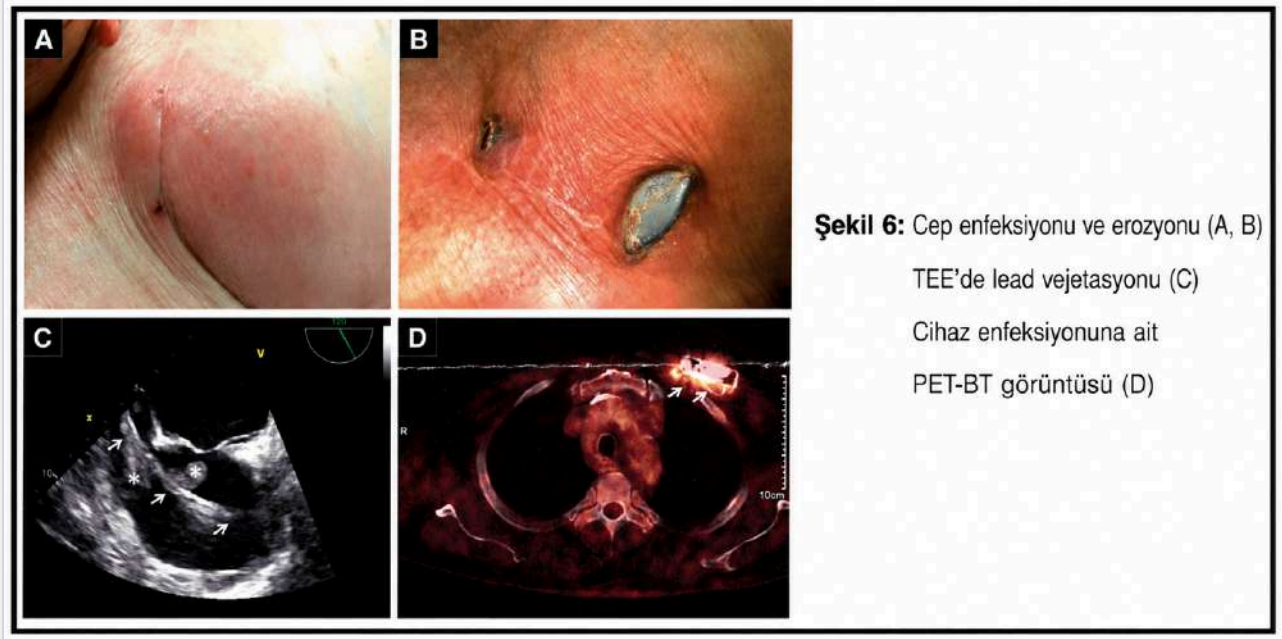
## 9.2 Geç Dönem Komplikasyonları

Geç dönem komplikasyonlar genellikle implantasyondan haftalar, aylar veya yıllar sonra ortaya çıkar ve daha sinsi bir klinik seyir gösterir. Bu dönemde enfeksiyonlar, lead ilişkili mekanik problemler, venöz obstrüksiyon ve kronik sağ ventrikül pacingine bağlı fonksiyonel bozukluklar ön plana çıkar. Özellikle açıklanamayan senkop, pacing bozukluğu, tekrarlayan bakteriyemi veya yeni gelişen kalp yetersizliği bulgularında cihaz ilişkili komplikasyonlar akılda tutulmalıdır.

### 9.2.1 CIED Enfeksiyonu ve Endokardit

CIED enfeksiyonları, pacemaker ilişkili en ciddi geç dönem komplikasyonlardan biridir. Enfeksiyon yalnızca cep bölgesini tutabileceği gibi lead sistemi boyunca ilerleyerek endokardit tablosuna da yol açabilir. Özellikle tekrar girişim, diyabetes mellitus ve böbrek yetmezliği bulunan olgularda risk belirgin artar<sup>7</sup>. Cep bölgesinde kızarıklık, hassasiyet, akıntı veya cilt erozyonu en sık lokal bulgulardır; ateş, halsizlik, bakteriyemi ve sepsis gibi sistemik bulgular eşlik edebilir. Özellikle *Staphylococcus aureus* bakteriyemisi bulunan hastalarda cihaz ilişkili enfeksiyon mutlaka dışlanmalıdır<sup>9</sup>. Tanıda kan kültürleri ve ekokardiyografi temeldir; lead vejetasyonlarının gösterilmesinde transözofageal

ekokardiyografi daha yüksek duyarlılığa sahiptir, şüpheli olgularda PET-BT katkı sağlayabilir<sup>10</sup>. Tedavide cep enfeksiyonu veya lead ilişkili endokarditte komplet sistem ekstraksiyonu temel yaklaşımdır<sup>8,10</sup>.



**Görsel.** CIED enfeksiyonu / lead ilişkili endokardit — ekokardiyografi ve görüntüleme bulguları.

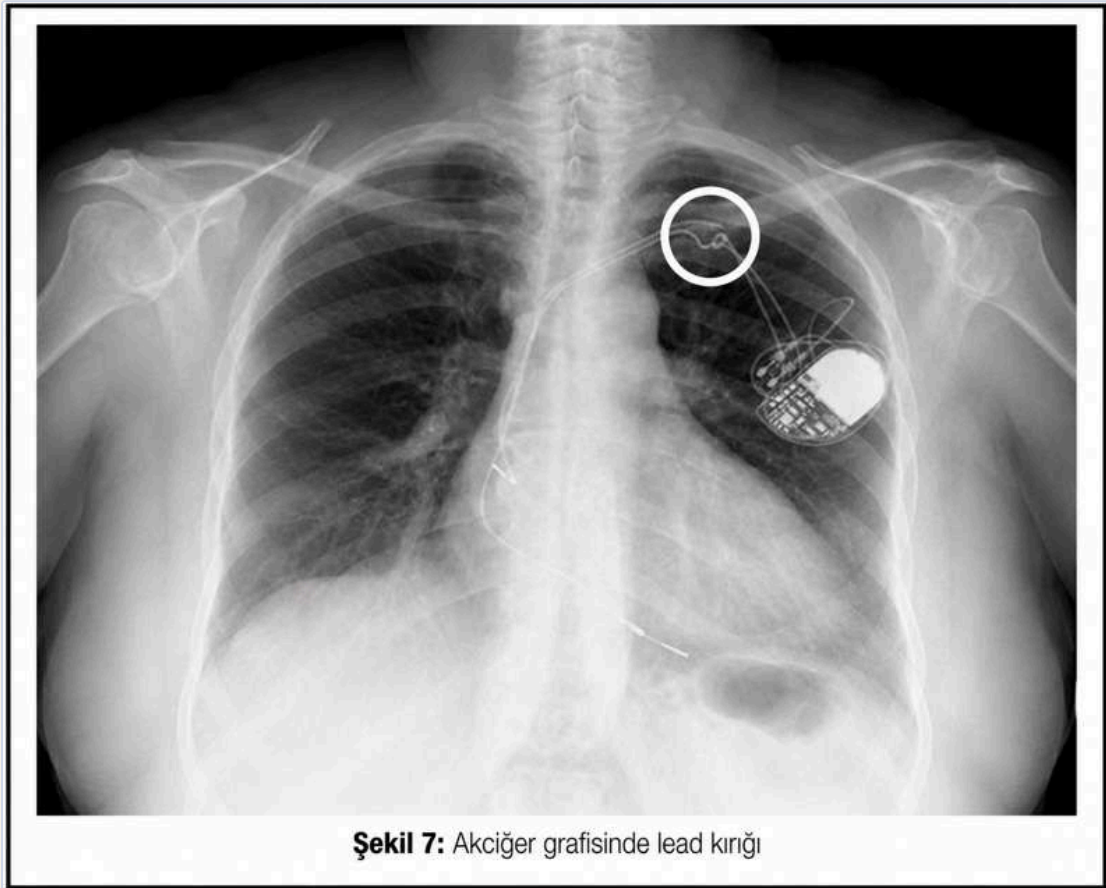
### 9.2.2 Lead Yetmezliği ve Venöz Obstrüksiyon

Lead kırığı, izolasyon defekti veya bağlantı problemleri zamanla pacing ve sensing fonksiyonlarında bozulmaya neden olabilir. Uzun süreli mekanik stres, kostoklavikular bölgede sıkışma ve tekrarlayan omuz hareketleri lead hasarı gelişiminde rol oynar<sup>11</sup>. Bazı hastalarda yalnızca anormal empedans değerleri saptanırken, bazılarında senkop, presenkop veya pacing kaybına bağlı ciddi bradikardi gelişebilir. İzolasyon defektlerinde oversensing ve "noise" görülebilir. Venöz obstrüksiyon ise özellikle çoklu lead varlığında gelişebilen ve çoğu zaman sessiz seyreden bir komplikasyondur; subklavian ven veya vena cava superior düzeyindeki darlıklar üst ekstremité ödemi, yüzde şişlik veya kollateral venöz dolaşım ile kendini gösterebilir. Tanıda venografi ve BT venografi kullanılır<sup>12</sup>. Semptomatik hastalarda balon venoplasti, stent uygulaması veya lead ekstraksiyonu değerlendirilebilir.

| Klinik bulgu                               | Olası komplikasyon |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Capture kaybı                              | Lead kırığı        |
| Oversensing / noise                        | İzolasyon defekti  |
| Üst ekstremité ödemi                       | Venöz obstrüksiyon |
| Kollateral venöz yapıların belirginleşmesi | SVC sendromu       |

**Tablo 4.** Klinik bulgular ve olası komplikasyonları

**Görsel.** Klinik bulgular ve olası komplikasyonlar (lead/venöz sorunlar).



**Şekil 7:** Akciğer grafisinde lead kırığı

**Görsel.** Akciğer grafisinde lead ve cihaz yerleşimi.



### 9.2.3 Pacemaker Sendromu ve Pacinge Bağlı Kardiyomiyopati (PICM)

Pacemaker sendromu, atriyoventriküler dissenkroniye bağlı gelişen klinik bir tablodur ve özellikle VVI pacing modunda daha sık görülür. Atriyum ve ventrikül kontraksiyonlarının uyumsuz hâle gelmesi; kardiyak outputta azalma, venöz basınç artışı ve hipotansiyona yol açabilir. Hastalarda halsizlik, çarpıntı, baş dönmesi, egzersiz intoleransı ve presenkop görülebilir; boyunda belirgin venöz pulsasyonlar dikkat çekici olabilir.

Pacinge bağlı kardiyomiyopati ise kronik sağ ventrikül apikal pacingine bağlı gelişen ventriküler dissenkroni sonucu ortaya çıkar<sup>13</sup>. Uzun süreli RV pacingi, elektriksel aktivasyonun doğal ileti sisteminden sapmasına neden olur ve zaman içinde sol ventrikül sistolik fonksiyonlarında bozulma gelişebilir. Tanıda ekokardiyografi temeldir; yeni gelişen sol ventrikül sistolik disfonksiyonu ve yüksek pacing oranı saptanan hastalarda PICM akılda tutulmalıdır. Uygun hastalarda kardiyak resenkronizasyon tedavisine geçiş semptomlarda ve sol ventrikül fonksiyonlarında belirgin düzelme sağlayabilir<sup>14</sup>.

| Olası komplikasyon                                                               | Öğeler<br>(Klinik bulgular ve ilişkili risk faktörleri)                                                                                                                                                                                                                                   | Açıklama (Patofizyoloji)                                                                                                                                                | Yaklaşım ve tedavi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Pacemaker sendromu</b><br>(AV dissenkroniye bağlı)                         | <ul style="list-style-type: none"><li>Halsizlik, egzersiz intoleransı</li><li>Boyunda venöz dolgunluk</li><li>AV dissenkroni bulguları</li><li>Daha sık: VVI pacing modunda, ileri AV blok, uzun AV iletim süresi</li></ul>                                                               | Atriyal kontraksiyonun AV kapak kapalıyken olması → venöz basınç artar, ventrikül dolm azalır → kardiyak output düşer ve semptomlar ortaya çıkar.                       | <ul style="list-style-type: none"><li>Alta yatan neden (AV dissenkroni) uygun pacing moduna geçişle düzeltilir.</li><li>Pacing modunun AV senkroniyi sağlayacak şekilde düzenlenmesi (DDDR, AAI+DDD).</li><li>Semptomlara yönelik destek tedavisi ve pacing optimizasyonu.</li></ul>                                                                   |
| <b>2. Pacemaker-induced kardiyomiyopati (PICM)</b><br>(Kronik RV pacing'e bağlı) | <ul style="list-style-type: none"><li>EF düşüşü</li><li>Kalp yetersizliği semptomları</li><li>Geniş QRS (LBBB benzeri morfoloji)</li><li>Yüksek RV pacing yükü (&gt; %20-40)</li><li>Uzun süreli RV pacing</li><li>İleri yaş, erkek cinsiyet, HT, KKY öyküsü (ilişkili riskler)</li></ul> | Kronik RV apikal pacing → elektriksel dissenkroni → ventrikül remodelling ve sol ventrikül sistolik fonksiyonlarında bozulma → EF düşüşü ve kalp yetersizliği gelişimi. | <ul style="list-style-type: none"><li>Yüksek riskli hastalarda düzenli ekokardiyografik takip.</li><li>EF düşüşü veya semptom gelişiminde CRT'ye geçiş (biventriküler pacing) veya fizyolojik pacing (His demeti/ sol dal pacing).</li><li>Medikal tedavi optimizasyonu.</li><li>Pacing yükünü azaltacak mod ayarları gözden geçirilmelidir.</li></ul> |

**Tablo 5.** Pacemaker sendromu ve pacemaker-induced kardiyomiyopatiye ilişkin olası komplikasyonlar, klinik bulgular, ilişkili risk faktörleri, patofizyoloji ve yaklaşım–tedavi stratejileri.

**Görsel.** Pacing modalitelerinin karşılaştırması ve pacing kaynaklı kardiyomiyopati (PICM) ile ilişkisi.

## 9.3 Komplikasyonların Önlenmesi

Pacemaker implantasyonuna bağlı komplikasyonların önemli bir kısmı uygun işlem tekniği, dikkatli hasta seçimi ve düzenli takip ile azaltılabilir. Özellikle implantasyon sırasında ultrasonografi eşliğinde venöz giriş, steril teknik kurallarına uyum ve uygun antikoagülasyon yönetimi komplikasyon oranlarını belirgin düşürmektedir. İşlem sonrası düzenli cihaz kontrolleri sayesinde birçok geç dönem komplikasyon klinik olarak belirgin hale gelmeden önce saptanabilmektedir. Komplikasyonların erken tanınması; dikkatli



klirik değerlendirme, uygun görüntüleme yöntemleri ve cihaz interogasyonu ile mümkündür. Özellikle enfeksiyon, lead ilişekli problemler ve kronik pacinge bağlı komplikasyonlarda multidisipliner yaklaşım tedavi başarisını artırmaktadır.

| Komplikasyon azaltma stratejisi | Amaç                                                                                                                           |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| USG eşliğinde venöz giriş       | Pnömotoraks, arter ponksiyonu ve diğer vasküler komplikasyonları azaltma.                                                      |
| Periproced rel antibiyotik      | Cep enfeksiyonu (CIED enfeksiyonu) riskini azaltma.                                                                            |
| Antikoagülasyon yönetimi        | Cep hematomu ve buna bağlı enfeksiyon riskini azaltma.                                                                         |
| Steril teknik kurallarına uyum  | CIED enfeksiyonu riskini azaltma.                                                                                              |
| Uygun lead pozisyonu            | Lead dislokasyonu, perforasyon, eşik yükselmesi ve diyafram stimülasyonu riskini azaltma.                                      |
| Düzenli cihaz kontrolü          | Geç dönem komplikasyonların (lead disfonksiyonu, pacinge bağlı kardiyomiyopati vb.) erken saptanması ve yönetilmesini sağlama. |

**Tablo 6:** Pacemaker implantasyonuna bağlı komplikasyonların azaltılmasına yönelik kanıta dayalı stratejiler.

**Görsel.** Komplikasyonları azaltma stratejileri ve gerekeleri.

## KAYNAKLAR

- Essebag V, Verma A, Healey JS, et al. Clinically Significant Pocket Hematoma Increases Long-Term Risk of Device Infection. J Am Coll Cardiol. 2016;67(11):1300-1308. doi:10.1016/j.jacc.2016.01.009
- Birnie DH, Healey JS, Wells GA, et al. Pacemaker or Defibrillator Surgery without Interruption of Anticoagulation. N Engl J Med. 2013;368(22):2084-2093. doi:10.1056/NEJMoa1302946
- Kirkfeldt RE, Johansen JB, Nohr EA, et al. Complications after cardiac implantable electronic device implantations: a nationwide cohort in Denmark. Eur Heart J. 2014;35(18):1186-1194. doi:10.1093/eurheartj/ehf511
- Sassone B, Valzania C, Laffi M, et al. Axillary vein access for antiarrhythmic cardiac device implantation: a literature review. J Cardiovasc Med. 2021;22(4):237-245. doi:10.2459/JCM.0000000000001044
- Mahapatra S, Bybee KA, Bunch TJ, et al. Incidence and predictors of cardiac perforation after permanent pacemaker placement. Heart Rhythm. 2005;2(9):907-911. doi:10.1016/j.hrthm.2005.06.011
- Hirschl DA, Jain VR, Spindola-Franco H, et al. Prevalence and Characterization of Asymptomatic Pacemaker and ICD Lead Perforation on CT. PACE. 2007;30(1):28-32. doi:10.1111/j.1540-8159.2007.00575.x
- Klug D, Balde M, Pavin D, et al. Risk Factors Related to Infections of Implanted Pacemakers and ICDs: a Large Prospective Study. Circulation. 2007;116(12):1349-1355. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.678664
- Baddour LM, Epstein AE, Erickson CC, et al. Update on Cardiovascular Implantable Electronic Device Infections and Their Management. Circulation. 2010;121(3):458-477. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192665
- Sohail MR. Mortality and Cost Associated With Cardiovascular Implantable Electronic Device Infections. Arch Intern Med. 2011;171(20):1821. doi:10.1001/archinternmed.2011.441
- Blomstr m-Lundqvist C, Traykov V, Erba PA, et al. EHRA international consensus document on how to prevent, diagnose, and treat CIED infections. Europace. 2020;22(4):515-549. doi:10.1093/europace/euz246
- Ellenbogen KA, Wood MA, Shepard RK. Delayed Complications Following Pacemaker Implantation. PACE. 2002;25(8):1155-1158. doi:10.1046/j.1460-9592.2002.01155.x
- Abu-El-Haija B, Bhavne PD, Campbell DN, et al. Venous Stenosis After Transvenous Lead Placement: Outcomes and Risk Factors in 212 Patients. JAMA. 2015;4(8):e001878. doi:10.1161/JAMA.115.001878
- Kiehl EL, Makki T, Kumar R, et al. Incidence and predictors of RV pacing-induced cardiomyopathy in complete AV block and preserved LV systolic function. Heart Rhythm. 2016;13(12):2272-2278. doi:10.1016/j.hrthm.2016.09.027
- Khurshid S, Epstein AE, Verdino RJ, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy. Heart Rhythm. 2014;11(9):1619-1625. doi:10.1016/j.hrthm.2014.05.040

## Kalp Pillerinde Özel Durumlar

Dr. Ahmet Uysal · Haseki EAH, Kardiyoloji AD

Kalp pili endikasyonlarının genişlemesi, cihaz ömürlerinin uzaması ve donanımsal teknolojilerdeki ilerlemeler, pil taşıyan hasta popülasyonunun dünya genelinde giderek artmasına yol açmıştır. Bu durum, yalnızca kardiyologların değil cerrahi ve dahili diğer branş hekimlerinin de cihaz taşıyan hastalarla ve bu cihazlara bağlı "özel durumlarla" daha sık karşılaşmasına neden olmaktadır. Hasta güvenliğinin sağlanması ve cihaz disfonksiyonlarının önlenmesi için, kalıcı pacemaker'ların (KPM) implante edilebilir kardiyoverter defibrilatörler (İCD) ile olan temel işlevsel farklılıklarının net biçimde anlaşılması gerekmektedir<sup>1</sup>.

Bunun yanı sıra; MR görüntüleme ihtiyacının güncel kılavuzlar eşliğinde yönetilmesi, non-kardiyak cerrahi girişimler öncesi perioperatif değerlendirmenin eksiksiz yapılması ve elektrokoter kullanımına bağlı EMI risklerinin en aza indirilmesi kritik öneme sahiptir<sup>2,3</sup>. Ayrıca gebelik gibi fizyolojik değişikliklerin yoğun olduğu süreçlerde cihaz yönetimi ve implantasyon stratejileri, anne ve fetus sağlığı açısından özellik arz etmektedir<sup>4</sup>.

### 10.1 Elektriksel Uyarı ve Tedavi Modalitelerindeki Farklar

Kardiyak aritmiler için uygulanan elektriksel tedaviler genel olarak ikiye ayrılır: düşük voltajlı pacing uyarıları ve yüksek voltajlı şok uyarıları. Kalp pilleri temelde bradikardik ritim bozukluklarını tedavi etmek amacıyla yalnızca düşük voltajlı uyarı darbeleri üretmek üzere tasarlanmıştır. Buna karşın İCD'lerin birincil rolü, hayatı tehdit eden ventriküler fibrilasyonu defibrillemek veya ventriküler taşikardiyi kardiyoversiyon ile sonlandırmak için yüksek enerjili şoklar iletmektir. Modern İCD'ler, KPM'lerin antibradikardik uyarı fonksiyonlarının tümüne sahiptir; ayrıca "anti-taşikardi pacing" (ATP) özelliği sayesinde taşiaritmileri şok vermeden önce sonlandırmak amacıyla hızlı pacing dizileri uygulayabilmektedir.

## Kalp pili (KP) ile İCD'nin temel farkları

| Özellik                | Kalp Pili (KP)           | İCD                                                 |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|
| Birincil tedavi amacı  | Bradikardi tedavisi      | Taşiaritmi sonlandırma (VF/VT)                      |
| Uyarı/şok voltajı      | Düşük voltaj (1–5 V)     | Yüksek voltaj (500–1400 V)                          |
| Dalga formu            | Monofazik                | Bifazik kesik eksponansiyel                         |
| Batarya ve kapasitör   | Düşük akım / küçük boyut | Yüksek akım (3 A), yüksek güç (10 W)                |
| Elektrot (lead) yapısı | Yalıtılmış iletken tel   | Şok bobini (coil) içeren koaksiyel tasarım          |
| Algılama (sensing)     | Unipolar veya bipolar    | Yalnızca bipolar (oversensing riskini önlemek için) |

İCD'lerin algılama filtreleri KPM'lerden çok daha dinamik ve hassas çalışmak zorundadır. Düşük genlikli VF sinyallerini saptayabilmek için ventriküler algılama eşikleri çok daha düşük (0.3–0.6 mV) programlanır. KPM'lerde jeneratör gövdesinin anot olarak kullanıldığı "unipolar" algılama bulunabilirken; İCD'lerde miyopotansiyel sinyallerin yanlış algılanmasını önlemek için unipolar algılama donanımsal olarak mevcut değildir<sup>1</sup>.

## 10.2 MR Uyumlu Cihazlar ve Görüntüleme Yönetimi

MR ortamındaki güçlü statik, radyofrekans ve gradyan manyetik alanlar; bataryanın sıfırlanması, algılama fonksiyonlarının bozulması, elektrot ucunda ısınma veya cihazın asenkron/inhibe uyarılar üretmesi gibi riskler barındırır.

- **MR-koşullu sistemler:** Jeneratör ve elektrotların bir bütün olarak MR ortamı için test edildiği sistemlerdir. ESC 2021 kılavuzuna göre, talimatlara uyulduğu takdirde Sınıf I (Kanıt Düzeyi A) endikasyonla MR çekilmesi güvenlidir<sup>1</sup>.
- **MR-uyumsuz sistemler:** Alternatif görüntüleme yoksa, epikardiyal/hasarlı elektrot bulunmaması kaydıyla Sınıf IIa (Kanıt Düzeyi B) düzeyinde önerilir. Tarama 1.5 Tesla ile sınırlandırılmalı ve SAR <1.5 W/kg kısıtlamalarına uyulmalıdır<sup>2</sup>.
- **Terk edilmiş elektrotlar:** Yüksek tanısal fayda durumunda 1.5 T ve düşük SAR limitleriyle görüntüleme düşünülebilir (Sınıf IIb, Kanıt Düzeyi C). Epikardiyal elektrotlar için rutin MR tavsiye edilmez<sup>1,2</sup>.

## 10.3 Preoperatif Değerlendirme

Cerrahi operasyona alınacak kalıcı pacemaker hastalarında temel amaç, elektromanyetik girişimlerin cihaz fonksiyonlarını bozmasını ve buna bağlı hemodinamik instabiliteyi önlemektir. Özellikle göbek seviyesinin üzerindeki cerrahilerde EMI riski daha yüksekken, göbek altındaki operasyonlarda bu risk belirgin daha düşüktür. İşlem öncesinde hastanın cihaz bağımlılığı, cihaz tipi ve planlanan cerrahinin özellikleri dikkatle değerlendirilmelidir.

KPM bağımlı hastalarda en güvenli yaklaşım, EMI'ye bağlı inhibisyonu önlemek amacıyla cihazın asenkron moda (VOO veya DOO) programlanmasıdır; çünkü yüksek frekanslı cerrahi koter akımı cihaz tarafından kardiyak sinyal olarak algılanabilir ve oversensing gelişerek pacing inhibisyonuna, dolayısıyla ani asistoliye yol açabilir. KPM bağımlı olmayan hastalarda ise çoğu zaman özel programlama gerekmez. Acil durumlarda mıknatıs kullanımı önemli bir seçenektir; pacemaker üzerine yerleştirilen mıknatıs cihazı geçici olarak asenkron moda geçirerek EMI'ye bağlı inhibisyon riskini azaltabilir.

İCD bulunan hastalarda operasyon öncesinde taşikardi algılama ve tedavi fonksiyonlarının mutlaka kapatılması gerekir; aksi halde EMI yanlış ventriküler aritmi olarak algılanabilir ve gereksiz şok uygulamalarına neden olabilir. Operasyon sırasında mümkün olduğunda bipolar koter tercih edilmelidir. Monopolar koter zorunluysa, topraklama pedi akım yolu cihaz üzerinden geçmeyecek şekilde konumlandırılmalı; koter uygulamaları kısa süreli (<5 saniye) tutulmalıdır. EMI nedeniyle EKG trasesinde bozulma olabileceğinden, nabız takibi için pletismografi veya invaziv arteriyel monitörizasyon önerilir.



**Şekil 21.** Pacemaker üzerine yerleştirilen mıknatıs cihazı geçici olarak asenkron moda (VOO/DOO) geçirir.

#### 10.4 Gebelikte Kalp Pili Yönetimi

Gebelik, artan kan hacmi ve yükselen kalp hızı ile karakterize fizyolojik bir süreçtir. Bu dönemde temel amaç, maternal hemodinaminin korunması ve fetüsün teratojenik etkilerden uzak tutulmasıdır<sup>4</sup>. Özellikle konjenital tam AV bloğu bulunan ve semptom ya da ek risk faktörleri taşıyan kadınlarda, gebelik öncesinde profilaktik kalıcı pacemaker implantasyonu önerilmektedir. Gebelik sırasında cihaz implantasyonu zorunlu hale gelirse, ilk trimesterde radyasyona bağlı teratojenik risk daha yüksek olduğundan işlemin mümkünse ikinci trimestere ertelenmesi tercih edilir<sup>4</sup>.

Fluoroskopi gerekiyorsa işlem süresi mümkün olduğunca kısa tutulmalı, düşük doz radyasyon tercih edilmeli ve batın ile pelvik bölge kurşun koruyucularla korunmalıdır. Günümüzde en güvenli yaklaşım olarak kabul edilen yöntem ekokardiyografi ve üç boyutlu haritalama sistemleri eşliğinde gerçekleştirilen "sıfır fluoroskopi" tekniğidir<sup>5</sup>. Gebelik süresince cihaz programlaması fizyolojik gereksinimlere göre yeniden



düzenlenebilir; artan kardiyak debi ihtiyacı için alt hız limiti genellikle 70–80 atım/dk düzeyine yükseltilebilir. Pacemaker varlığı tek başına sezaryen endikasyonu oluşturmaz ve obstetrik açıdan engel yoksa vajinal doğum güvenli kabul edilir.

#### KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. Eur Heart J. 2021;42(35):3427-3520.
2. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, et al. 2017 HRS expert consensus statement on MRI and radiation exposure in patients with CIEDs. Heart Rhythm. 2017;14(7):e97-e153.
3. Crossley GH, Poole JE, Rozner MA, et al. HRS/ASA Expert Consensus Statement on the perioperative management of patients with implantable defibrillators, pacemakers and arrhythmia monitors. Heart Rhythm. 2011;8(7):1114-1154.
4. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, et al. 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. Eur Heart J. 2018;39(34):3165-3241.
5. Payne J, Lo M, Paydak H, Maskoun W. Near-zero fluoroscopy implantation of dual-chamber pacemaker in pregnancy using electroanatomic mapping. J Arrhythm. 2017;33(4):384-386.

## CRT ve İleri Pacing Stratejileri

Dr. Ali Marmara · İstanbul Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kardiyoloji AD

### 11.1 CRT ve Endikasyonları

Kardiyak resenkronizasyon tedavisi, optimal medikal tedaviye rağmen sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu %35 veya altında olan ileri evre kalp yetersizliği hastalarında uygulanan bir tedavi yöntemidir. CRT, biventriküler pacing sağlayan özel bir kalp pili tedavi yöntemini kullanır; yalnızca pacemaker sistemi (CRT-P) veya pacemaker-defibrilatör sistemi (CRT-D) aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Tedavi, sağ ventrikül ve sol ventrikülün eşzamanlı olarak uyarılması esasına dayanan biventriküler veya multisite ventriküler pacing yaklaşımını içerir.

1990'lı yıllarda klinik kullanıma girmesinden bu yana CRT, geniş QRS süresine sahip kalp yetersizliği hastalarının tedavisinde önemli bir ilerleme sağlamıştır. Randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen kanıtlar, optimal medikal tedaviye eklenen CRT'nin kalp yetersizliği semptomlarını, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu (LVEF) ve yaşam kalitesini iyileştirdiğini; buna ek olarak kalp yetersizliği nedeniyle hastaneye yatış oranlarını ve mortaliteyi azalttığını göstermektedir<sup>1</sup>.

CRT kavramı, kalp yetersizliği ve sol ventrikül sistolik disfonksiyonu bulunan hastalarda ileri derecede intraventriküler ileti gecikmelerinin sık görülmesine dayanmaktadır. Bu hasta grubunda QRS süresinin >120 ms olması %25–50 oranında, sol dal bloğu (LBBB) varlığı ise %15–27 oranında saptanmaktadır. Ayrıca uzamış PR intervali ile karakterize atriyoventriküler dissenkroni olguların %52'sine kadarında görülebilmektedir. Kılavuzlar, ventriküler dissenkroninin bir göstergesi olarak 12 derivasyonlu EKG'de QRS süresinin 120 ms'nin üzerinde olan hastalarda CRT tedavisinin uygulanmasını önermektedir<sup>2</sup>.

| ÖNERİLER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Class <sup>a</sup> | Level <sup>b</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>LBBB QRS morfolojisi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |                    |
| CRT, optimal medikal tedaviye rağmen semptomatik kalp yetersizliği bulunan, sinüs ritminde olan, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) <%35, QRS süresi >150 ms ve LBBB morfolojisine sahip hastalarda semptomları iyileştirmek, morbiditeyi azaltmak ve mortaliteyi düşürmek amacıyla önerilmektedir.<br><small>37,39-40,254-266,283,284</small> | I                  | A                  |
| CRT, optimal medikal tedaviye rağmen semptomatik kalp yetersizliği bulunan, sinüs ritminde olan, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) <%35, QRS süresi 130-149 ms ve LBBB morfolojisine sahip hastalarda semptomları iyileştirmek, morbiditeyi azaltmak ve mortaliteyi düşürmek amacıyla düşünülmelidir.                                         | IIa                | B                  |
| <b>LBBB QRS morfolojisinde olmayanlar</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                    |
| CRT, optimal medikal tedaviye rağmen semptomatik kalp yetersizliği bulunan, sinüs ritminde olan, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) <%35, QRS süresi ≥150 ms ve non-LBBB QRS morfolojisine sahip hastalarda semptomları iyileştirmek ve morbiditeyi azaltmak amacıyla düşünülmelidir.                                                          | IIa                | B                  |
| CRT, optimal medikal tedaviye rağmen semptomatik kalp yetersizliği bulunan, sinüs ritminde olan, sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) <%35, QRS süresi 130-149 ms ve non-LBBB QRS morfolojisine sahip hastalarda semptomları iyileştirmek ve morbiditeyi azaltmak amacıyla düşünülebilir.                                                        | IIb                | B                  |
| <b>QRS süresi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                    |
| Sağ ventrikül pacingi için bir endikasyonu bulunmayan, QRS süresi <130 ms olan kalp yetersizliği hastalarında kardiyak resenkronizasyon tedavisi (CRT) endike değildir.                                                                                                                                                                               | III                | A                  |

© ESC 2021

**Görsel.** CRT endikasyon kriterleri (QRS süresi, LBBB morfolojisi, SVEF).

| Öneriler                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sınıf | Düzey |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>1) Kalıcı AF olan ve CRT adayı olan KY hastalarında:</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |       |       |
| <b>1A) AF'de olan ve intrinsik QRS ≥130 ms olan, biventriküler yakalama sağlamak için bir strateji uygulanmış, optimal medikal tedaviye rağmen NYHA Sınıf III veya IV olan KY ve LVEF &lt;%35 hastalarında semptomları iyileştirmek ve morbidite ve mortaliteyi azaltmak için CRT düşünülmelidir.<sup>3</sup></b> | IIa   | C     |
| <b>1B) İletilen AF nedeniyle eksik biventriküler pacing (&lt;90-95%) durumunda AVJ ablasyonu eklenmelidir.</b>                                                                                                                                                                                                    | IIa   | B     |
| <b>2) Semptomatik AF ve kontrol edilemeyen kalp hızı olan ve AVJ ablasyonu adayı olan hastalarda (QRS süresinden bağımsız olarak):</b>                                                                                                                                                                            |       |       |
| <b>2A) HFrEF hastalarında CRT önerilir.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       | I     | B     |
| <b>2B) HFmrEF hastalarında standart RV pacing yerine CRT düşünülmelidir.</b>                                                                                                                                                                                                                                      | IIa   | C     |
| <b>2C) HFPEF hastalarında RV pacing düşünülmelidir.</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | IIa   | B     |
| <b>2D) HFPEF hastalarında CRT düşünülebilir.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | IIb   | C     |

© ESC 2021

**Görsel.** AF ve HFrEF birlikteliğinde CRT ve AV junction ablasyonu önerileri.

| Öneri                                                                                                                                                                                                                                | Sınıf <sup>a</sup> | Kanıt Düzeyi <sup>b</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| NYHA sınıfından bağımsız olarak, ventriküler pacing ve yüksek dereceli AVB endikasyonu olan HFrEF (<%40) hastalarında morbiditeyi azaltmak için aztık için RV pacing yerine CRT önerilmektedir. Bu, AF hastalarını da kapsamaktadır. | I                  | A                         |

**Görsel.** ESC 2021 — sinüs ritminde CRT için Sınıf I (Kanıt A) endikasyon: SVEF ≤%35, geniş QRS ve uygun hasta profili; yüksek RV pacing yükünde CRT tercihi.

### AF Tanılı Hastalarda CRT Endikasyonları

AF ablasyonunun, seçilmiş hasta gruplarında sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu artırdığı ve kalp yetersizliğine bağlı hastaneye yatış oranlarını azalttığı gösterilmiştir. Özellikle taşikardiye bağlı kardiyomiyopatinin sol ventrikül disfonksiyonunun temel nedeni olduğu düşünülen AF hastalarında, semptomlardan bağımsız olarak AF ablasyonu önerilmektedir. Bu nedenle persistan AF ve HFrEF bulunan hastalarda AF ablasyonunun uygulanmadığı, başarısız olduğu veya hasta tarafından kabul edilmediği durumlarda CRT değerlendirilmelidir.

Kardiyak resenkronizasyon tedavisinin başarısı büyük ölçüde yüksek oranda efektif biventriküler pacing sağlanmasına bağlıdır. Ancak atriyal fibrilasyonda hızlı ve düzensiz ventrikül yanıtı; spontan, füzyon ve psödofüzyon atımları oluşturarak efektif biventriküler yakalamayı azaltabilir. Bu nedenle persistan veya kalıcı AF'li hastaların yaklaşık üçte ikisinde yeterli biventriküler pacing oranına ulaşamamaktadır.

İntakt AV iletisi bulunan hastalarda yeterli biventriküler pacing çoğu zaman ancak atriyoventriküler junction (AVJ) ablasyonu ile sağlanabilmektedir. Çalışmalar, AVJ ablasyonunun sol ventrikül fonksiyonlarını, egzersiz kapasitesini, fonksiyonel durumu ve sağkalımı iyileştirdiğini göstermiştir. Özellikle biventriküler pacing oranı <%90 olan hastalarda AVJ ablasyonu mortaliteyi azaltmakta ve CRT'ye yanıt oranını artırmaktadır. Buna karşılık %90-95'in üzerinde etkin biventriküler pacing elde edilebildiğinde AVJ ablasyonunun ek prognostik yararı belirgin değildir; asıl hedef ablasyon yapmak değil, yüksek düzeyde efektif biventriküler pacing sağlamaktır<sup>3</sup>.

### Bradikardi Nedenli Pacemaker Endikasyonu Olan Hastalarda CRT

Kalıcı ventriküler pacing gereksinimi bulunan hastalarda pacing stratejisinin seçimi, uzun dönem sol ventrikül fonksiyonları ve kalp yetersizliği sonuçları açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle sistolik disfonksiyonu olan hastalarda sağ ventrikül apeks



pacinginin oluşturduğu elektriksel ve mekanik dissenkroni, zaman içerisinde sol ventrikül fonksiyonlarında bozulmaya ve kalp yetersizliğinin ilerlemesine neden olabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmalar, yüksek oranda ventriküler pacing ihtiyacı bulunan hastalarda kardiyak resenkronizasyon tedavisinin konvansiyonel RV pacingine göre üstünlüğünü araştırmıştır<sup>3</sup>.

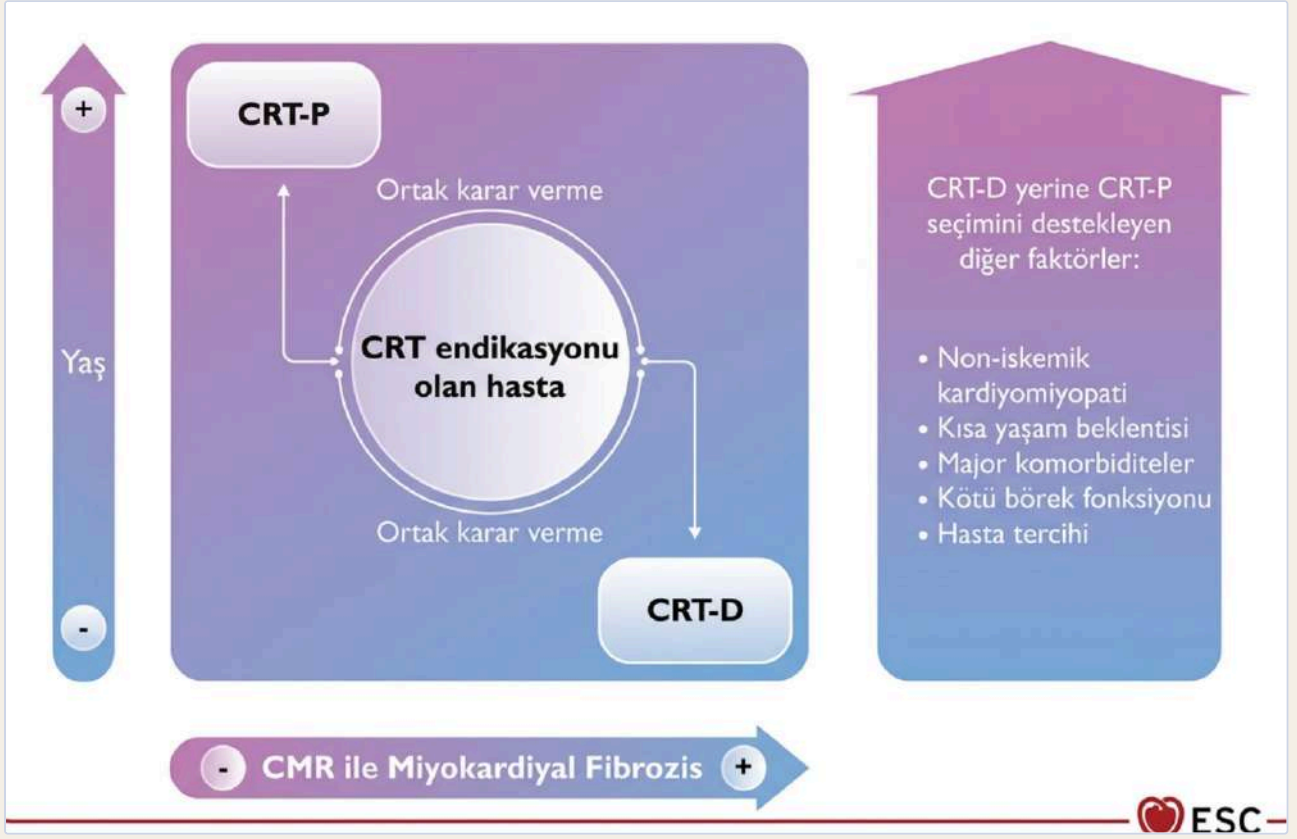
## 11.2 CRT-D ve CRT-P

CRT endikasyonu bulunan hastalarda defibrilatör özelliğinin (CRT-D) eklenmesinin, yalnızca pace özelliği bulunan sistemlere (CRT-P) göre ek klinik yarar sağlayıp sağlamadığı günümüzde halen tartışmalıdır. Teorik olarak CRT-D, ani kardiyak ölüm ve malign ventriküler aritmilere bağlı mortaliteyi azaltabilirken; elektrot komplikasyonları, uygunsuz şoklar ve artan maliyet gibi ICD'ye özgü riskleri de beraberinde getirmektedir.

Mevcut randomize kontrollü çalışmalar CRT-D ile CRT-P'yi doğrudan karşılaştıracak şekilde tasarlanmadığından, CRT-D'nin üstünlüğünü kesin olarak ortaya koyan güçlü kanıtlar bulunmamaktadır. Bununla birlikte bazı çalışmalar ve meta-analizler, özellikle iskemik kardiyomiyopatili hastalarda CRT-D'nin toplam mortaliteyi azaltabileceğini düşündürmektedir. Non-iskemik kardiyomiyopatili hastalarda ise bu yarar daha belirsizdir.

CRT-D lehine öne sürülen mekanistik gerekçelerden biri, biventriküler pacinge bağlı gelişebilen proaritmik etkilerdir. Sol ventrikül epikardiyal pacinginin ventriküler aktivasyon ve repolarizasyon sıralamasını değiştirerek QT aralığında uzamaya, bunun da Torsades de Pointes ve diğer ventriküler taşiaritmilere zemin hazırlayabileceği bildirilmiştir. Bu komplikasyon nadir görülse de, cihaz ilişkili malign ventriküler aritmilerin özellikle iskemik kardiyomiyopati hastalarında ortaya çıkabileceğine dair veriler mevcuttur.

Sonuç olarak mevcut kanıtlar CRT-D'nin tüm CRT adaylarında CRT-P'ye üstün olduğunu kesin göstermemektedir. Bununla birlikte genç yaş, iyi beklenen yaşam süresi, düşük komorbidite yükü, iskemik kardiyomiyopati varlığı ve miyokardiyal fibrozis gibi ani kardiyak ölüm riskini artıran özelliklere sahip hastalarda CRT'ye ICD eklenmesi daha güçlü desteklenmektedir. CRT-P ve CRT-D arasındaki seçim; yalnızca ejeksiyon fraksiyonu veya CRT endikasyonuna değil, hastanın aritmik risk profiline, komorbiditelerine, yaşam beklentisine ve bireysel klinik özelliklerine göre yapılmalıdır<sup>3,4</sup>.



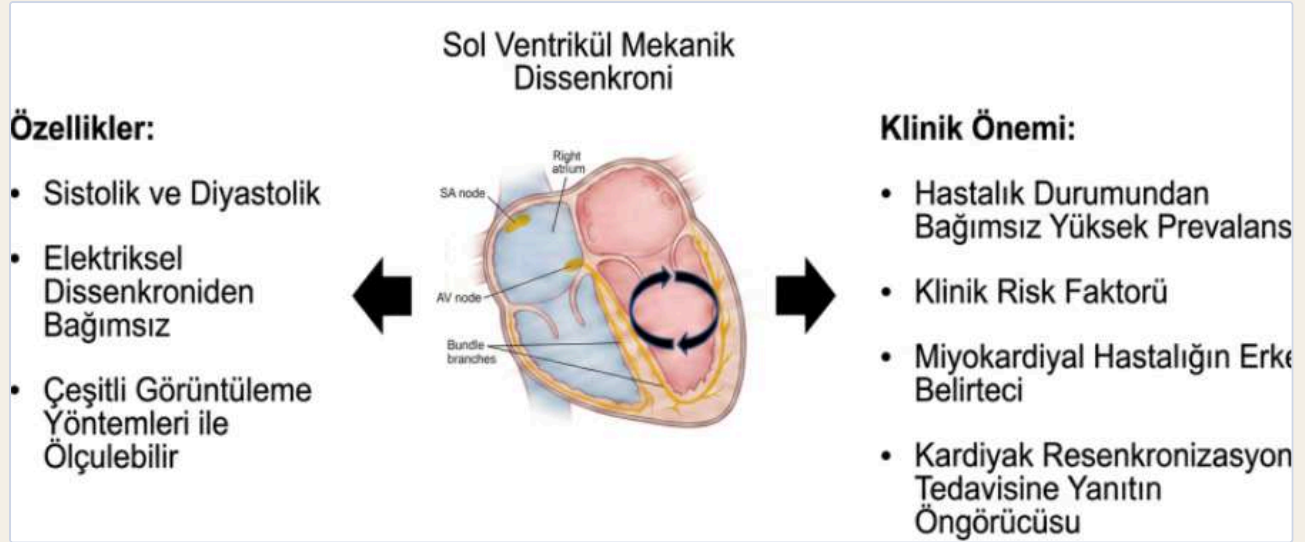
**Görsel.** CRT-P ve CRT-D seçiminde karar şeması (ESC) — CMR ile miyokardiyal fibrozis değerlendirmesi.

### 11.3 Mekanik Dissenkroni

Mekanik dissenkroni, ventriküller arasında veya aynı ventrikül içerisindeki farklı miyokard segmentleri arasında kasılma ve gevşeme zamanlamalarının uyumsuzluğu olarak tanımlanır. Elektriksel dissenkroni ile sıklıkla birlikte görülmesine rağmen bu iki kavram birbirinin karşılığı değildir. Elektriksel dissenkroni genellikle sol dal bloğuna bağlı gelişen ve EKG'de QRS uzaması ile karakterize asenkron elektriksel aktivasyonu ifade ederken, mekanik dissenkroni normal QRS süresine sahip hastalarda da bulunabilir. Nitekim normal QRS kompleksine sahip bireylerin yaklaşık üçte birinde mekanik dissenkroni saptanabilmekte ve bu oran özellikle iskemik kalp hastalarında daha yüksektir.

Mekanik dissenkroninin değerlendirilmesinde tarihsel olarak M-mod ekokardiyografi ve doku Doppler görüntüleme yöntemleri kullanılmıştır. Günümüzde ise speckle tracking ekokardiyografi, Gated Single-Photon Emission Computed Tomography (GSPECT) miyokard perfüzyon görüntülemesi ve kardiyak manyetik rezonans görüntüleme gibi ileri yöntemler daha ayrıntılı değerlendirme olanağı sağlamaktadır. Özellikle GSPECT faz analizi, farklı sol ventrikül segmentlerinin kontraksiyon ve relaksasyon zamanlamalarını üç boyutlu değerlendirebilmekte, miyokardiyal skar ve iskemi varlığını gösterebilmektedir. Kardiyak MR ise mekanik dissenkroninin yanı sıra miyokardiyal fibrozis ve skar dokusunun ayrıntılı değerlendirilmesine olanak tanır.

Kalp yetersizliği hastalarında CRT'nin temel amacı, intraventriküler ileti gecikmesine bağlı gelişen ventriküler dissenkroniyi düzelterek sol ventrikül kasılmasının koordinasyonunu artırmaktır. Böylece ventriküler kontraksiyonun etkinliği artar, sistolik fonksiyonlar iyileşir ve kalp debisi yükselir. CRT ayrıca ters ventriküler yeniden şekillenmeyi destekleyerek sol ventrikül sistol sonu ve diyastol sonu hacimlerinde azalma sağlar, mitral yetersizliğinin şiddetini azaltır ve uzun dönem klinik sonuçları iyileştirir. Bu nedenle mekanik dissenkroninin doğru tanımlanması ve değerlendirilmesi, CRT'den fayda görebilecek hastaların belirlenmesinde önemli rol oynar<sup>5</sup>.



**Görsel.** Sol ventrikül mekanik dissenkronisi — özellikleri, klinik önemi ve değerlendirme yöntemleri.

#### KAYNAKLAR

1. Tracy CM, Epstein AE, Darbar D, et al. 2012 ACCF/AHA/HRS focused update of the 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities. *Circulation*. 2012;126(14):1784-1800. doi:10.1161/CIR.0b013e3182618569
2. McAlister FA, Ezekowitz J, Hooton N, et al. Cardiac resynchronization therapy for patients with left ventricular systolic dysfunction: a systematic review. *JAMA*. 2007;297(22):2502-2514. doi:10.1001/jama.297.22.2502
3. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-3520. doi:10.1093/eurheartj/ehab364
4. Kaya A, Tatlısu MA, Tekkeşin Aİ, Alper AT. CRT-D or CRT-P in CRT-indicated patients? *Anatol J Cardiol*. 2017;17(1):79-80. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2017.7483
5. Fudim M, Dalgaard F, Fathallah M, Iskandrian AE, Borges-Neto S. Mechanical dyssynchrony: how do we measure it, what it means, and what we can do about it. *J Nucl Cardiol*. 2021;28(5):2174-2184. doi:10.1007/s12350-019-01758-0

## Güncel Gelişmeler ve Gelecek Perspektifi

Dr. Ahmet Şaban · Harran Üniversitesi, Kardiyoloji ABD

Kalıcı kardiyak pacing tedavisi, geleneksel transvenöz sistemlerden komplikasyon riskini minimize eden ve daha fizyolojik uyarı sağlayan yeni nesil teknolojilere doğru hızla evrilmektedir.

Onlarca yıldır standart yaklaşım olan transvenöz kalp pili (TVPM) sistemleri yüksek etkinlik sağlasa da, sistemin en zayıf halkasını oluşturan transvenöz leadler ve subkütan jeneratör cepleri; enfeksiyon, lead kırılması, venöz obstrüksiyon ve cep hematomu gibi yaklaşık %10 civarında seyreden komplikasyonlara yol açmaktadır. Kablosuz kalp pilleri (leadless pacing) bu bileşenleri tamamen ortadan kaldırarak cihaz ilişkili komplikasyonları yaklaşık %50 oranında azaltmayı başarmıştır. Bununla paralel olarak, sağ ventrikül pacing'inin neden olduğu elektriksel dissenkroniyi önlemek amacıyla ortaya çıkan ileti sistemi pacing'i ve "veri tufanını" yönetmek için devreye giren yapay zeka destekli uzaktan izleme sistemleri, modern elektrofizyolojide yeni bir dönemi temsil etmektedir.

### 12.1 Kablosuz Kardiyak Pacing

Geniş çaplı kohort çalışmalarında TVPM komplikasyon oranlarının %10 civarında olduğu bildirilmiştir<sup>1</sup>. Kablosuz kalp pilleri (leadless pacemakers, LPM), bu komplikasyon kaynaklarını ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir; tamamı kalp içerisine yerleştirilen bu sistemlerde transvenöz lead ve subkütan pil cebi bulunmaz. Sistemik inceleme ve meta-analizlerde, kablosuz sistemlerin toplam cihaz ilişkili komplikasyonları yaklaşık %50 oranında azalttığı kanıtlanmıştır<sup>2</sup>; pnömotoraks riskini çarpıcı biçimde düşürdüğü (RR: 0.29) ve lead dislokasyonu olasılığını belirgin geriletmediği saptanmıştır<sup>2</sup>. Bununla birlikte büyük çaplı femoral venöz giriş gereksinimi nedeniyle vasküler komplikasyon riski devam etmekte; cihazın doğrudan sağ ventrikül içerisine implante edilmesi nedeniyle kardiyak perforasyon ve tamponad görülebilmekte; cihaz maliyetleri ise halen geleneksel sistemlerden yüksek olmaktadır.



# Kablosuz Kalp Pilleri: Kardiyak Pacing'de Yeni Dönem



**Görsel.** Kablosuz kalp pilleri — kardiyak pacing’de yeni dönem (komplikasyon azalması, AV senkronizasyonu).

**Tablo 12.** Kablosuz kalp pili ile transvenöz kalp pilinin karşılaştırması

| Özellik                       | Kablosuz Kalp Pili             | Transvenöz Kalp Pili |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Cep gereksinimi               | Yok                            | Var                  |
| Transvenöz elektrot           | Yok                            | Var                  |
| Cep enfeksiyonu               | Çok nadir                      | Muhtemel             |
| Elektrot kırılması            | Yok                            | Olası                |
| Pnömotoraks                   | Daha düşük                     | Daha yüksek          |
| Elektrot dislokasyonu         | Daha düşük                     | Daha yüksek          |
| Femoral vasküler komplikasyon | Daha yüksek                    | Daha düşük           |
| Kardiyak perforasyon          | Biraz daha yüksek              | Daha düşük           |
| AV senkronizasyonu            | Micra AV / AVEIR DR            | Standart             |
| CRT kapasitesi                | Sınırlı                        | Var                  |
| Batarya değişimi              | Cihaz terk / yeni implantasyon | Jeneratör değişimi   |
| Maliyet                       | Daha yüksek                    | Daha düşük           |

AV: atriyoventriküler; CRT: kardiyak resenkronizasyon tedavisi.

## Cihazlar

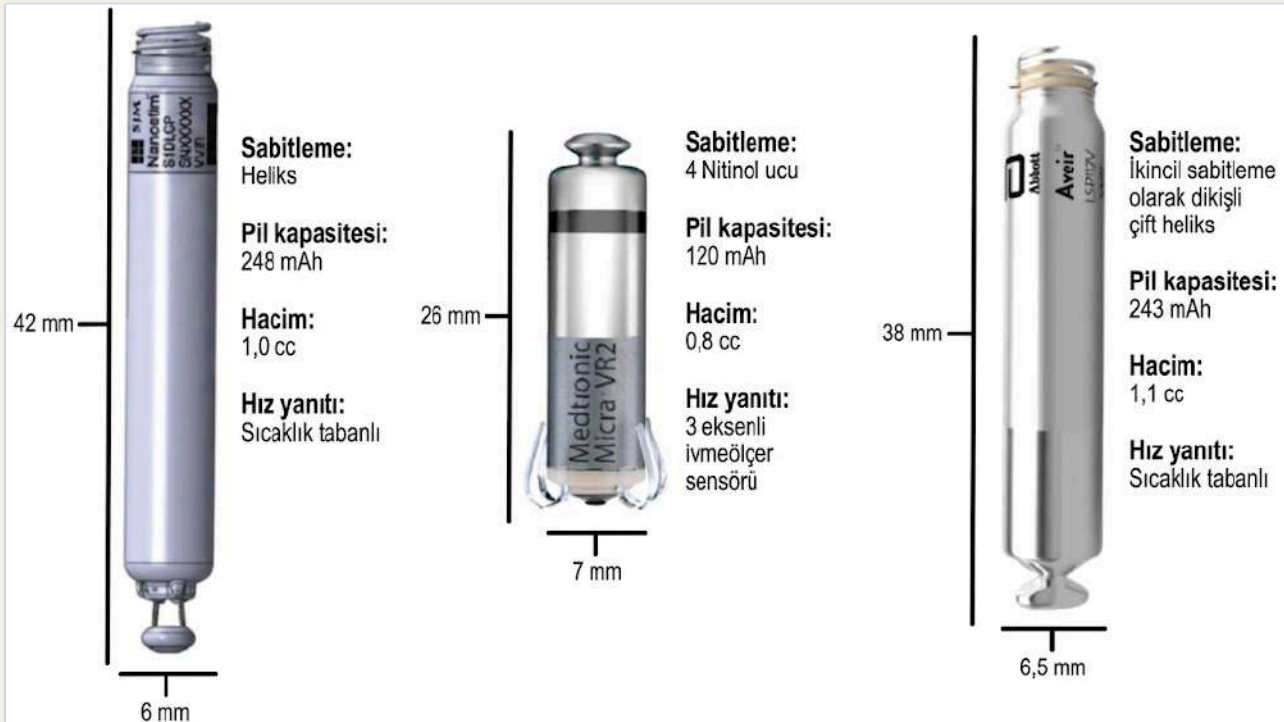
**Nanostim:** İlk klinik deneyim Nanostim sistemi ile elde edilmiştir. Tek odacıklı VVI(R) pacing sağlayan bu cihaz, vidalı heliks mekanizması ile miyokarda tutunmakta ve sıcaklık temelli sensörlerle hız adaptasyonu gerçekleştirmekteydi. %95.8–97 arasında

yüksek prosedürel başarı yakalamış olsa da, erken batarya arızaları nedeniyle piyasadan geri çekilmiştir<sup>1</sup>.

**Micra VR:** Günümüzde en yaygın kullanılan sistem Medtronic'in Micra cihazıdır. Micra VR, 25.9 mm uzunluğunda ve 0.8 cc hacminde olup sağ ventrikül hacminin %2'sinden azını işgal eder<sup>1</sup>. Dört adet nitinol tırnak ile miyokarda tutunur ve üç eksenli akselerometre kullanarak hız adaptasyonu sağlar. Gerçek yaşam verilerinde yaklaşık 12 yıllık pil ömrü bildirilmiştir.

**Micra AV:** Aynı fiziksel yapıyı korumakla birlikte atriyal mekanik aktiviteyi algılayabilen gelişmiş bir algoritmaya sahiptir; bu sayede VDD benzeri AV senkronize pacing sağlanabilmektedir. Klinik çalışmalarda %87.0–89.2 arasında AV senkronizasyon oranları bildirilmiştir; taşikardi sırasında ve ileri diyastolik disfonksiyonda performans azalabilir<sup>1</sup>.

**AVEIR Platformu:** Abbott'un AVEIR platformu Nanostim teknolojisinin devamı niteliğindedir. AVEIR VR tek odacıklı pacing sağlarken %98 implantasyon başarı oranı ve 17.6 yıla varan batarya ömrü projeksiyonu ortaya koymuştur<sup>1</sup>. AVEIR DR ise klinik kullanıma giren ilk çift odacıklı kablosuz pacing sistemidir; atriyal ve ventriküler modüllerin birbirleriyle iletişimi sayesinde DDD(R) fonksiyonları gerçekleştirilebilmektedir.



**Şekil 19.** Farklı kablosuz kalp pillerinin boyut ve hacimlerinin karşılaştırılması (Nanostim, Micra, AVEIR).

### İmplantasyon Tekniği ve Pacing Bölgesinin Seçimi

Kablosuz kalp pili implantasyonu genellikle femoral ven yoluyla gerçekleştirilir; geniş çaplı kılıflar kullanılır ve cihaz sağ ventrikül içerisine ilerletilerek hedef bölgeye yerleştirilir. Kateter ucunda trombus oluşumunu önlemek için intravenöz heparin

uygulaması standarttır. İlk deneyimlerde cihazlar çoğunlukla sağ ventrikül apeksine implante edilmekteydi; ancak apikal pacingin oluşturduğu dissenkroni ve perforasyon riski nedeniyle günümüzde sağ ventrikül orta septumu, yüksek septum ve sağ ventrikül çıkım yolu en sık tercih edilen hedef bölgelerdir. Septal yerleşim hem perforasyon riskini azaltır hem de daha fizyolojik aktivasyonla apikal pacinge göre daha dar QRS oluşturur.

#### **Klinik Çalışmalar ve Karşılaştırmalı Sonuçlar**

Micra IDE ve LEADLESS II çalışmalarında implantasyon başarı oranları %98'in üzerinde, çoğu seride %99'un üzerinde bulunmuştur<sup>1</sup>. Micra CED ve PAR kayıtlarının 3-5 yıllık sonuçları kablosuz sistemlerin transvenöz tek odacıklı sistemlere göre üstünlüğünü doğrulamaktadır: toplam komplikasyon oranlarında %41-43 azalma, sistem revizyonu / yeniden girişimde %41-46 düşüş<sup>1</sup>. Bu fayda esas olarak daha düşük enfeksiyon oranları ve lead ilişkili komplikasyonların ortadan kalkmasından kaynaklanır; uzun dönem mortalite açısından iki sistem arasında anlamlı fark gösterilememiştir. Bir diğer önemli avantaj triküspit kapak bütünlüğünün korunmasıdır.

#### **Hasta Seçimi**

- Üst ekstremité venöz erişiminin kısıtlı olduğu hastalar, kronik diyaliz fistülü bulunanlar, cihaz enfeksiyonu açısından yüksek risk taşıyanlar ve daha önce cep/lead enfeksiyonu geçirmiş olgular kablosuz sistemlerden önemli avantaj sağlar.
- Diyabet ve malignite gibi yüksek riskli alt gruplarda kablosuz sistemler belirgin klinik fayda sağlar ve enfeksiyon riskini azaltır<sup>1,2</sup>.
- İleri triküspit kapak hastalığı bulunan hastalarda kablosuz sistemler sıklıkla daha uygundur; biyoprotez triküspit kapak replasmanı olanlarda ise dikkatli olunmalıdır.
- CRT gereksinimi olan ve izole atriyal pacing gereken hastalarda geleneksel sistemler halen daha uygun seçeneklerdir.

## Leadless Pacemaker: Yüksek Verimli Adaylar ve Ne Zaman Kaçınılmalı / Dikkatli Kullanılmalı?



### YÜKSEK VERİMLİ ADAYLAR



#### İdeal Leadless Adaylar

- Tek odacıklı ventriküler pacing (örn. AV blok, bradikardi) endikasyonu olan ve atriyal veya CRT pacing gereksinimi olmayan hastalar.



#### Önceki cihaz enfeksiyonu

- Cihaz cebi ve transvenöz leadlerin ortadan kaldırılarak yeniden enfeksiyon riskini azaltır.



#### Hemodiyaliz erişimi

- Hemodiyaliz için kritik olan santral venöz erişimi korur.



#### Sınırlı venöz erişim

- Tıkalı veya dar venlerde transvenöz lead yerleştirmenin zorluklarını önler.



#### Frail (kırılgan) yaşlı hastalar

- Minimal invaziv implant ile daha düşük işlem riski ve daha hızlı iyileşme sağlar.



#### Ekstraksiyon sonrası hastalar

- Cihaz ekstraksiyonu sonrası transvenöz lead ihtiyacı olmadan pacing desteği sağlar.



### KAÇINILMALI / DİKKATLİ KULLANILMALI



#### CRT gereksinimi

- Leadless pacemaker'lar yalnızca tek odacıklı ventriküler pacing sağlar.
- Biventriküler pacing gerektiren hastalarda uygun değildir.



#### Sık atriyal pacing ihtiyacı

- Leadless sistemler atriyal pacing sağlamaz.
- SSS veya yüksek atriyal pacing ihtiyacı olan AV bloklu hastalar ideal aday olmayabilir.



#### Diğer stratejiler gerektiren kompleks konjenital anatomi

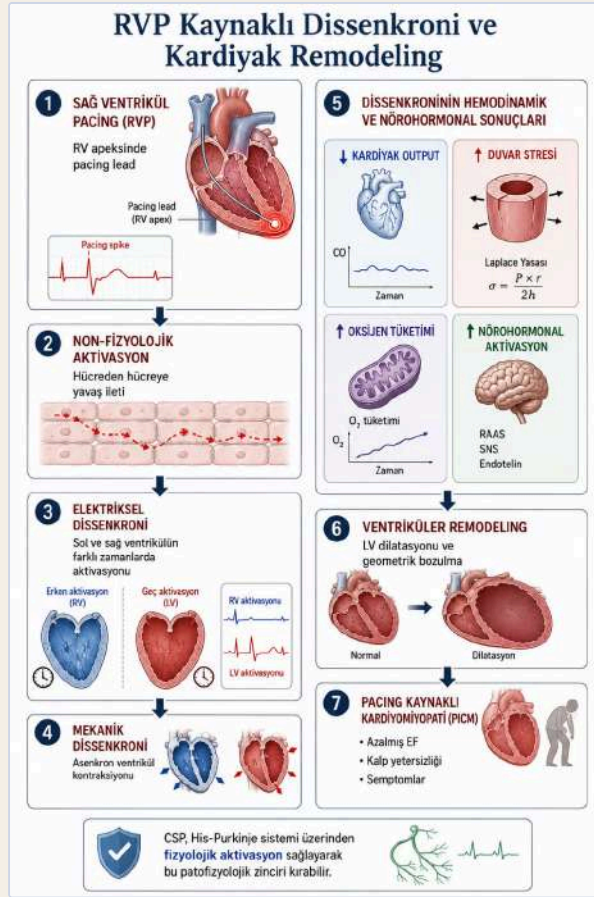
- Kompleks konjenital kalp hastalığı olan hastalarda epikardiyal, cerrahi veya özelleştirilmiş pacing yaklaşımları gerekebilir.

Şekil 20. Kablosuz kalp pili adaylarının belirlenmesinde hasta seçimi karar şeması.

## 12.2 İleti Sistemi Pacing'i (Conduction System Pacing — CSP)

His demeti pacing'i (HBP) ve sol dal pacing'ini (LBBP) içeren ileti sistemi pacing'i (CSP), bradikardi ve kalp yetersizliği olan hastalar için geleneksel sağ ventrikül pacing'ine (RVP) ve biventriküler pacing'e alternatif olarak ortaya çıkan bir yöntemdir. CSP, kalbin doğal elektriksel iletisini koruyarak apikal RVP ile görülen dissenkroni ve yeniden şekillenmeyi önler<sup>3,4</sup>. DAVID ve MOST çalışmaları kronik RVP'nin pacing kaynaklı kardiyomiyopati yoluyla sonuçları kötüleştirdiğini göstermiştir<sup>3</sup>. Buna karşılık CSP, His-Purkinje sistemini kullanarak normale yakın ventrikül aktivasyonu sağlar; böylece kasılma verimliliğini artırır ve yeniden şekillenmeyi önleyebilir. Mevcut kılavuzlar seçilmiş hastalara (örneğin sık pacing gerektiren ileri derece AV blok veya CRT adayları) Sınıf II ile CSP'yi önermektedir<sup>3</sup>.



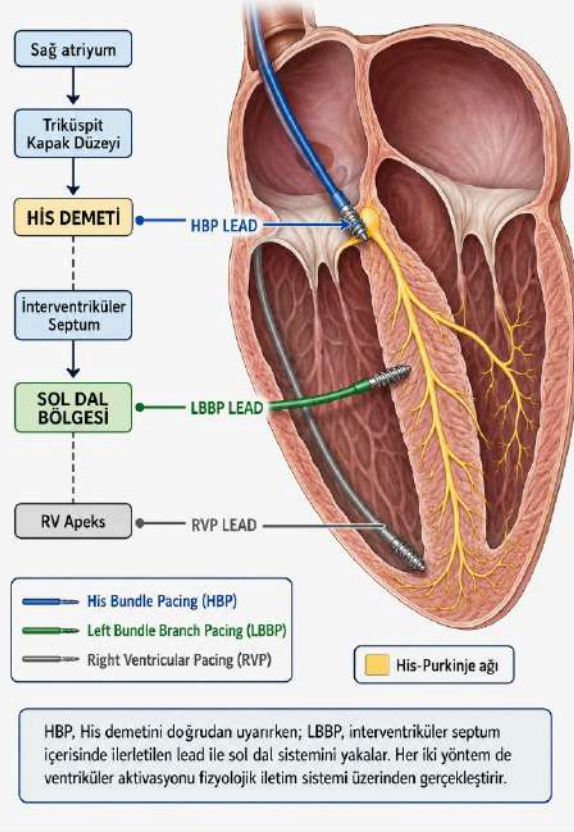


**Görsel.** His demeti ve sol dal pacing'inde lead pozisyonu.

Apikal veya septal RVP, asenkron ventrikül aktivasyonuna neden olarak interventriküler ve intraventriküler dissenkroniye yol açar; bu da pompa fonksiyonunda azalmaya, duvar stresinde artışa, nörohormonal aktivasyona ve remodeling'e neden olur ve zamanla pacing kaynaklı kardiyomiyopatiye (PICM) ilerleyebilir<sup>3,4</sup>. CSP, hızlı His-Purkinje ağı aracılığıyla senkronize depolarizasyonu yeniden sağlayarak bu sorunların önüne geçer. CRT hastalarında veya kompleks kardiyomiyopatisi olanlarda CSP, resenkronizasyonu en üst düzeye çıkarmak için epikardiyal pacing ile birleştirilebilir (HOT-CRT/LOT-CRT)<sup>4</sup>.

CSP lead'leri standart transvenöz yaklaşımla yerleştirilir. HBP için lead His demeti bölgesine yönlendirilir; LBBP, sol dal bölgesini yakalamak için daha derin septal vidalamayı içerir<sup>4</sup>. His yakalanmasının başarısız olduğu veya eşik yüksek olduğu durumlarda LBBP'ye geçilebilir<sup>3</sup>. HBP sıklıkla RVP'den daha yüksek eşik değerlerine sahipken (örn. 1 ms'de 1-2 V), LBBP eşikleri genellikle daha düşüktür (<1 V)<sup>4</sup>. Yaygın komplikasyonlar lead ile ilgilidir: yerinden oynama (özellikle His lead'i için), perforasyon riski ve yüksek pacing eşikleri.

### His Demeti ve Sol Dal Pacinginde Lead Pozisyonları



**Görsel.** İletim sistemi pacing'i (CSP) — uygulama ve yakalama özellikleri.

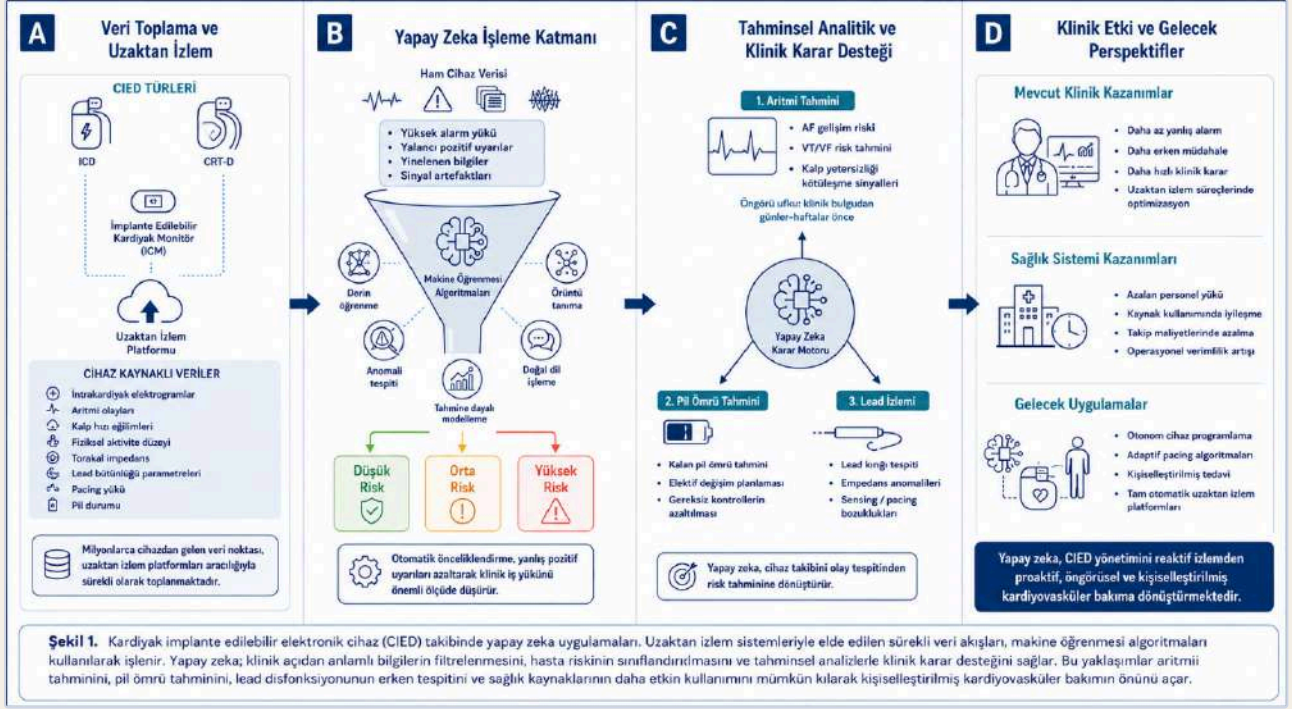
**Tablo 13. Pacing modaliteleri karşılaştırma tablosu**

| Modalite            | Endikasyonlar                                                                                            | Hemodinamik etki                                                                           | Kontrendikasyonlar                                                 | Temel izlem                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| His Demeti (HBP)    | İleri derece AV blok, pacing ihtiyacı olan sinüs düğümü hastalığı; LBBB varsa CRT alternatifi (Sınıf II) | Normale yakın ventrikül aktivasyonu, dar QRS; senkronizasyonu korur                        | His demeti skarı veya hedefin distalinde blok varsa ideal değildir | Pacing/sensing eşikleri (zamanla yükselebilir), QRS morfolojisi                    |
| Sol Dal (LBBP)      | HBP'ye benzer; HBP uygulanamadığında veya eşik yüksekken; CRT alternatifi                                | LV'nin fizyolojik aktivasyonu; hafif gecikmeli RV aktivasyonu ancak QRS dardır             | Septal skar veya septumu geçememe                                  | Sol ileti yakalanmasının doğrulanması (V1 R', V6 R zirve süresi), eşik ve algılama |
| Biventriküler CRT   | LBBB veya QRS >130 ms olan KY; semptomlarla birlikte EF ≤%35                                             | Her iki ventrikülü pacing ile uyarak senkronizasyonu düzeltir; mitral yetersizliği azaltır | LV lead'inin yerleştirilememesi (venöz anatomi sorunları)          | Lead eşikleri, LV algılaması, QLV zamanlaması, %BiV pacing                         |
| Sağ Ventrikül (RVP) | Standart bradikardi pacing'i (SND, AV blok); yedek mod                                                   | Asenkron aktivasyon (özellikle apikal), dissenkroniye ve potansiyel PICM'ye yol açar       | PICM riski yüksek hastalar (CSP tercih edilir)                     | Pacing eşığı, R dalgası algılaması, EKG genişliği                                  |

CSP: iletim sistemi pacing'i; PICM: pacing kaynaklı kardiyomiyopati; LV: sol ventrikül; RV: sağ ventrikül; EF: ejeksiyon fraksiyonu.

### 12.3 Yapay Zeka Destekli Cihaz Uzaktan İzlemi

CIED'lerin uzaktan izlemi; uygunsuz şokları azaltmada, hastaneye yatışları önlemede ve tüm nedenlere bağlı mortaliteyi düşürmede net klinik etkinlik göstermeye devam etmektedir. Ancak bu gelişme beraberinde bir "veri tufanı" getirmiştir; günlük veri iletimlerinin büyük hacmi konvansiyonel izlem süreçlerini sekteye uğratabilmekte, klinik alarm yorgunluğuna ve personel tükenmişliğine katkı sağlayabilmektedir. Bu yükü yönetmek amacıyla makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmaları uzaktan izlem platformlarına entegre edilmektedir<sup>5</sup>.



**Görsel.** Yapay zeka destekli cihaz uzakdan izlemi — akıllı triyaj iş akışı.

Yapay zekanın uzakdan takipteki en hızlı yansıması, gelen verileri klinisyene ulaşmadan önce filtreleyen ve sınıflandıran akıllı triyaj sistemleridir:

- İmplant edilebilir loop kaydedicilerde (İLK) AI tabanlı filtrelerin entegrasyonu, hatalı aritmi uyarılarının %60'ın üzerinde azaltmış ve AF tespitindeki özgüllüğü anlamlı artırmıştır<sup>6</sup>.
- Derin öğrenme mimarileri (örn. Medtronic AccuRhythm AI), konvansiyonel İLK'lere kıyasla klinik müdahale gerektirmeyen veri iletimlerini %58 azaltmıştır<sup>7</sup>.
- Ham pacemaker uyarı verilerini hastanın elektronik sağlık kayıtlarıyla birleştiren sistemler, toplam bildirim iş yükünü %84 düşürmüştür<sup>8</sup>.
- YZ destekli triyaj protokolleri kullanan klinikler, uzakdan izlenen her 600 hasta için yılda yaklaşık 559 mesai saati tasarrufu sağlamaktadır<sup>7</sup>.



## Yapay zeka destekli triyajın klinik ve operasyonel etkileri

| Uygulama alanı                                | Klinik etki ve istatistiksel sonuçlar                                        | Operasyonel verimlilik                                           |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Müdahale gerektirmeyen uyarıların azaltılması | Müdahale gerektirmeyen uyarılarda %58 azalma                                 | 600 hasta başına yılda 559 personel saati tasarrufu              |
| Hasta kliniğinin entegrasyonu ve triyaj       | Toplam bildirim iş yükünde %84 düşüş                                         | Otomatik triyaj; personelin yalnızca kritik verilere odaklanması |
| Aritmi filtreleme                             | Yanlış aritmi uyarılarında %60'tan fazla azalma; AF saptamada artan özgüllük | Veri yükünün azaltılması                                         |
| Ventriküler aritmi tahmini                    | Konvansiyonel metotlardan daha yüksek verimlilik (AUC 0,90 vs 0,72)          | Malign aritmilerin 30 gün önceden öngörülmesi                    |
| Uygunsuz şok önleme                           | Uygunsuz şok tahmininde artan özgüllük (Cardi35; AUC 0,87)                   | Cihaz ayarlarına proaktif müdahale                               |
| Batarya ömrü yönetimi                         | $R^2 \approx 1.0$ doğruluk, 0,1 aydan az ortalama hata                       | Ani batarya tükenmesi riskinin minimize edilmesi                 |

Yapay zeka, verileri yalnızca filtrelemekle kalmaz; lead empedansındaki küçük değişiklikler, pacing eşikleri veya kalp hızı varyansı gibi uzun dönemli telemetri trendlerini analiz ederek advers olayları önceden öngörmede de üstün başarı gösterir. Ginder ve ark. çalışmasında sürekli cihaz telemetrisi ile eğitilen yapay sinir ağı, malign ventriküler aritmileri 30 gün öncesine kadar tahmin etmede AUC = 0,90 değerine ulaşarak lojistik regresyonu (AUC = 0,72) geride bırakmıştır<sup>10</sup>. "Cardi35" adlı 6 parametrelilik risk skoru, uygunsuz ICD şokları açısından yüksek riskli hastaları AUC = 0,87 ile tanımlar<sup>11</sup>. Sürekli uzaktan izlem akışları, şok veya ATP epizotlarını 4-30 gün öncesinden tahmin edebilmektedir<sup>12</sup>. Yapay sinir ağları kalan jeneratör ömrünü  $R^2 \approx 1.0$  doğrulukla tahmin ederek ani batarya tükenmesi riskini en aza indirir<sup>13</sup>.

Cihaz evriminin bir sonraki aşaması, manuel müdahaleye gerek duymadan kendi programlamasını ayarlayabilen otonom kontrolörleri kapsamaktadır. Otonom bir pacemaker; pacing zamanlamasını veya sensör eşiklerini hastanın aktivite düzeyine ve kardiyak debi geri bildirimine göre gerçek zamanlı optimize edebilecektir<sup>5</sup>. Bir algoritmanın öğrenme aşamasında hastaya zarar verebilecek bir ayarı uygulamasını önlemek için "güvenli pekiştirmeli öğrenme" (safe reinforcement learning) stratejileri, "sandbox" testleri ve katı güvenlik limitleri geliştirilmektedir<sup>14</sup>.

Yapay zeka destekli verileri yorumlarken mevcut sınırların farkında olunmalıdır; YZ modellerinin tanısal doğruluğunu koruyabilmesi için fenotipe özgü kalibre edilmeleri şarttır<sup>5</sup>. Derin öğrenme modelleri yüksek doğrulukla çalışsa da her zaman açık bir klinik açıklama sunamayabilir; bu nedenle klinisyenler nihai denetim rolünü korumalı ve otomatik uyarıları elektrokardiyografik ve pacing prensiplerine göre doğrulamalıdır<sup>15</sup>. YZ'nin gelecekteki rolü hekimin yerini almak değil, klinik karar almada destek aracı olmaktır<sup>5</sup>.

Sonuç olarak, kardiyak pacing ve izleme teknolojilerindeki gelişmeler hasta güvenliğini ve klinik verimliliği artırma yolunda devrim niteliğinde adımlar atmaktadır. Kablosuz sistemler (Micra, AVEIR) lead ve cep komplikasyonlarını ortadan kaldırıp triküspit kapak bütünlüğünü korurken; ileti sistemi pacing'i (HBP ve LBBP) kalbin doğal elektriksel yolunu kullanarak PICM riskini azaltmaktadır. Gelecekte bu donanımların yapay zeka ile entegrasyonu sayesinde malign aritmilerin 30 gün öncesinden tahmini ve otonom cihaz programlaması gibi proaktif tedavi modellerinin standart hale gelmesi beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Saleem-Talib S, Hoevenaars CPR, Molitor N, et al. Leadless pacing: a comprehensive review. *Eur Heart J*. 2025;46(21):1979-1990.
2. Soleimani H, Dastjerdi P, Hosseini Mohammadi NS, et al. Safety and efficacy of leadless pacemakers: a systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm O2*. 2026;7(3):598-618.
3. Glikson M, Burri H, Abidin A, et al. ESC clinical consensus statement on indications for conduction system pacing. *EP Europace*. 2025;27(4).
4. Vijayaraman P, Chelu MG, Curila K, et al. Cardiac Conduction System Pacing. *JACC Clin Electrophysiol*. 2023;9(11):2358-2387.
5. Antoun I, Alkhayer A, Abdelrazik A, et al. Artificial Intelligence and the Future of CIEDs: Diagnostics, Monitoring, and Therapy. *J Clin Med*. 2025;14(24):8824.
6. Mittal S, Oliveros S, Li J, et al. AI filter improves positive predictive value of atrial fibrillation detection by an implantable loop recorder. *Clin Electrophysiol*. 2021;7(8):965-975.
7. Katapadi A, Chelikam N, Rosemas S, et al. Impact of AI-enhanced insertable cardiac monitors on device clinic workflow and resource utilization. *JACC Adv*. 2025;4(4):101656.
8. Rosier A, Mabo P, Temal L, et al. Personalized and automated remote monitoring of atrial fibrillation. *Europace*. 2016;18(3):347-352.
9. Bawa D, Ghazal R, Kabra R, et al. Role of Artificial Intelligence in Reducing Data Deluge From CIEDs. *JACC Adv*. 2025;4(10\_Part\_2):102057.
10. Ginder C, Li J, Halperin JL, et al. Predicting malignant ventricular arrhythmias using real-time remote monitoring. *J Am Coll Cardiol*. 2023;81(10):949-961.
11. Tateishi R, Suzuki M, Shimizu M, et al. Risk prediction of inappropriate ICD therapy using machine learning. *Sci Rep*. 2023;13(1):19586.
12. Jakaityte I, Brown S, Gillies K, et al. Machine learning can predict ICD therapy: a development study. *Europace*. 2024;26(Suppl 1):euae102.596.
13. Neupane S. Machine Learning Approaches on Predicting Pacemaker Battery Life. Wright State University; 2025.
14. Komp J, Boggaram A, Kao DP, et al. Strategies and Considerations for Safe Reinforcement Learning in Programming CIEDs. *Med Res Arch*. 2025;13(3):6363.
15. Brożek B, Furman M, Jakubiec M, Kucharzyk B. The black box problem revisited. *Artif Intell Law*. 2024;32(2):427-440.

# Pulmoner Artere Disloke Lead'ten Kaynaklanan Septik Emboli ve İnfektif Endokardit

**Dr. Sudenaz Şahan · İzmir Şehir Hastanesi, Kardiyoloji AD**

CIED taşıyıcısı, 55 yaşında erkek hasta; son bir aydır süren üşüme, titreme, ateş, kilo kaybı ve uygunsuz ICD şokları nedeniyle acil servise başvurdu.

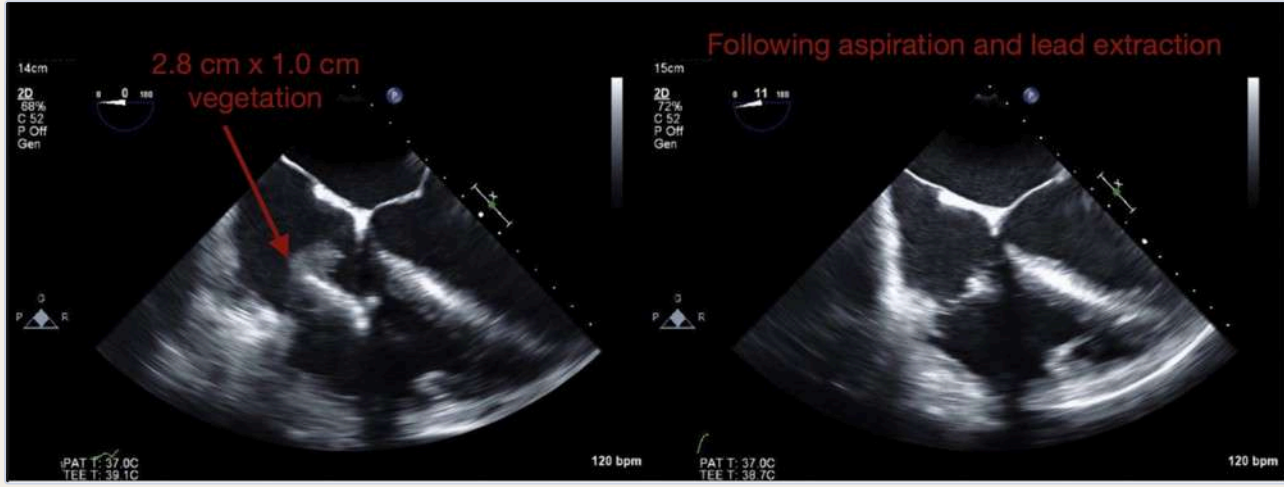
Cihaz interrogasyonunda eşik değerlerinin yükseldiği ve şokların uygunsuz nitelikte olduğu belirlendi. Laboratuvar incelemelerinde lökositoz, trombositopeni ve CRP yüksekliği saptandı. Akciğer grafisinde RV lead'inin sağ pulmoner arter trasesine doğru uzandığı izlendi. Toraks BT anjiyografide sağ pulmoner arter içerisinde disloke lead ile lead ucunda trombüs varlığı ve sağ akciğer parankiminde septik emboli odakları tespit edildi.



**Şekil 1.** Toraks BT anjiyografi — sağ ana pulmoner artere uzanan pacemaker kateteri; kateter ucu komşuluğunda pulmoner emboli ve sağ akciğer alt/orta lob subsegmental dallarında dolum defekti.

Hastaya transözofageal ekokardiyografi (TEE) planlandı. TEE'de 2. derece mitral yetersizliği, 3. derece triküspit yetersizliği ve triküspit kapak üzerinde 28×10 mm boyutlarında vejetasyon izlendi. Kalp Takımı tarafından infektif endokardit ve pulmoner emboli ön tanılarıyla değerlendirilerek hastaya ampirik piperasilin-tazobaktam tedavisi

ile tedavi dozunda düşük molekül ağırlıklı heparin başlandı. Takiben alınan kan kültürlerinde *Staphylococcus epidermidis* üremesi saptandı; tedavinin üçüncü haftasında kan kültürleri steril hale geldi.

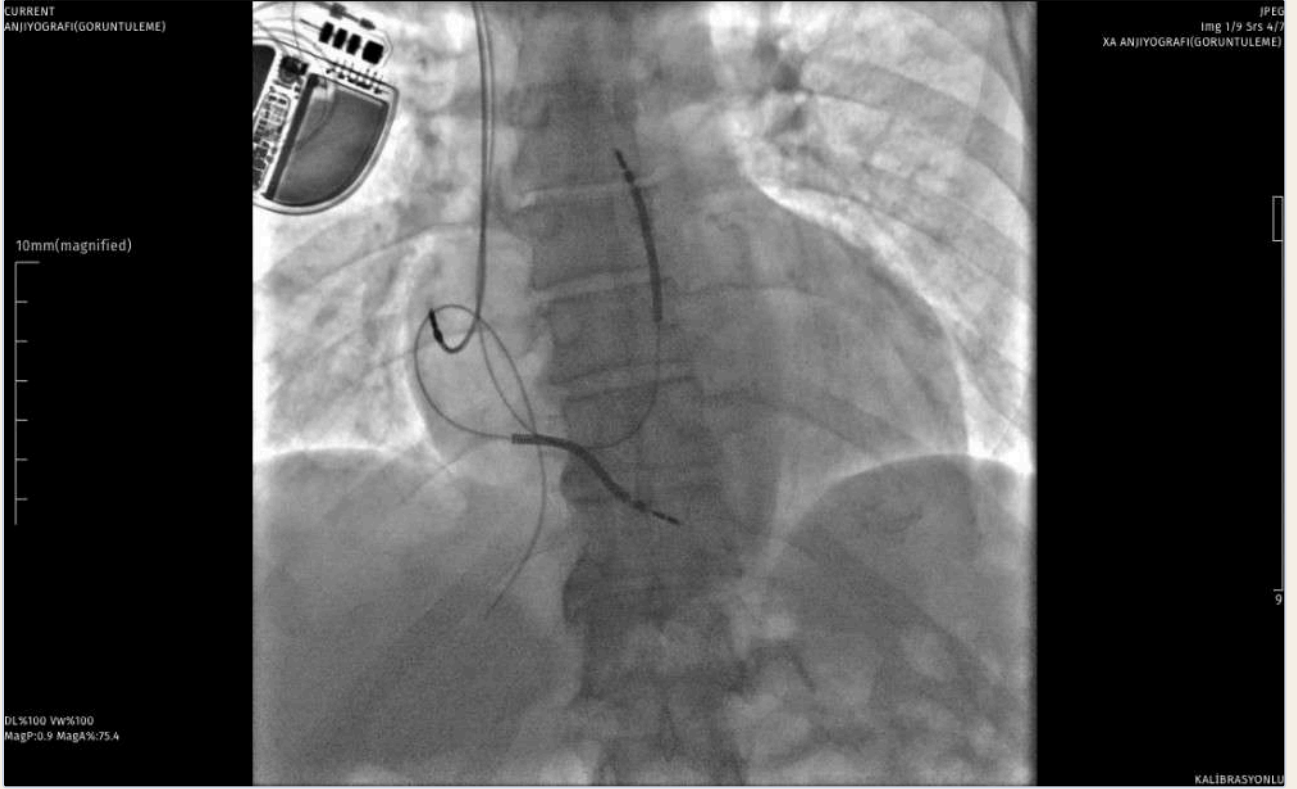


**Şekil 2.** TEE — triküspit kapak üzerinde 28×10 mm vejetasyon; aspirasyon ve lead ekstraksiyonu öncesi/sonrası görünüm.

Kardiyoloji, kalp damar cerrahisi ve enfeksiyon hastalıkları bölümlerinin katılımıyla gerçekleştirilen multidisipliner konsey toplantısında; sağ pulmoner arterde yer değiştirmiş lead parçasının ve mevcut ICD lead'lerinin tamamının perkütan ekstraksiyon yoluyla çıkarılmasına ve antibiyotik tedavisinin toplam 6 haftaya tamamlanmasına karar verildi.

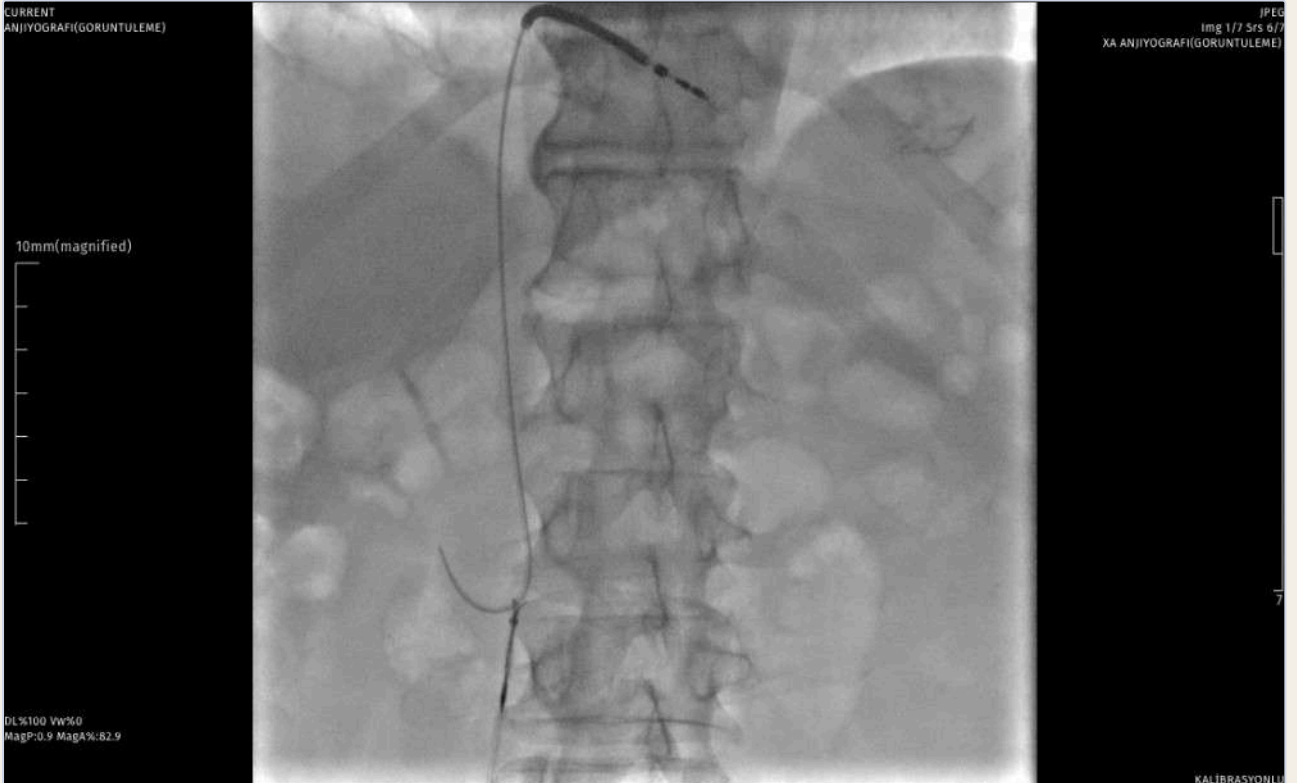
Kateter laboratuvarında sağ transfemoral venöz yolla sağ pulmoner artere ilerlenerek disloke lead parçasına ulaşılması hedeflendi. İlk olarak 6F pigtail kateter ile tekrarlayan rotasyonel manevralar uygulanmış, lead çevresine sarılarak mobilize edilmesi amaçlanmış ancak bu teknikle başarı sağlanamamıştır.





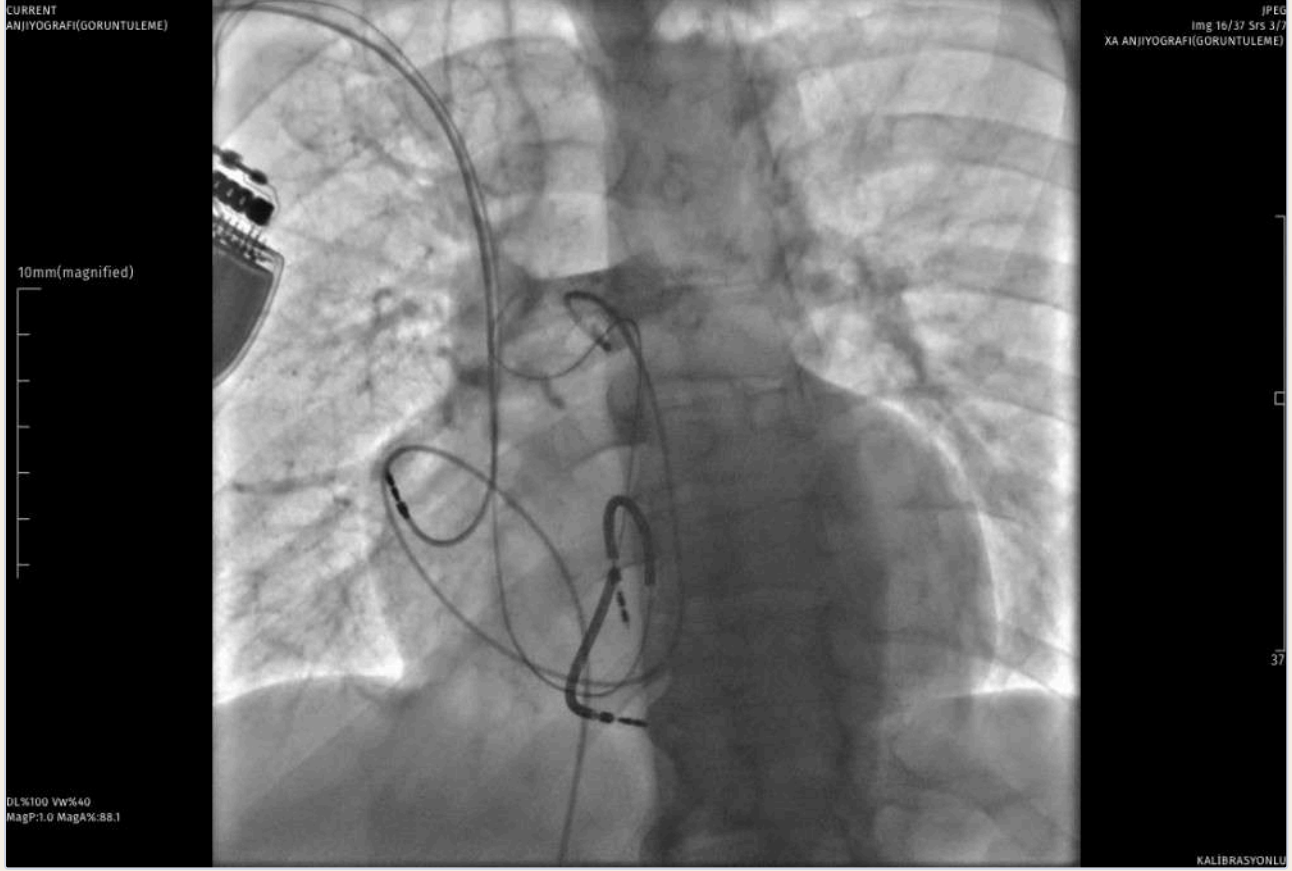
**Şekil 3.** Sağ pulmoner arterde disloke lead'in skopi görüntüsü ve pigtail kateterle yakalanma görüntüsü.

Sonrasında Boston Scientific Imager II kateter kullanılarak disloke lead parçası sağ ventrikül kavitesine doğru yönlendirilmiştir. Bu esnada sağ pektoral bölgedeki cihaz cebi uygun cerrahi teknikle açılmış ve hastada mevcut atriyal ve ventriküler lead'ler çıkarılmıştır.



**Şekil 4.** Kopmuş lead parçasının sağ ventriküle düşürülmesi ve cihaz cebinden lead'lerin çıkarılması.

RV içerisinde kalan kopmuş lead segmenti, EN Snare sistemi kullanılarak başarıyla yakalanmış ve sağ transfemoral venöz yol üzerinden tamamen ekstrakte edilmiştir. Girişim herhangi bir komplikasyon gelişmeden tamamlanmıştır.



**Şekil 5.** Disloke lead parçasının EN Snare sistemi ile yakalanması ve ekstraksiyonu.

Hastanın antibiyotik tedavisi toplam 6 haftaya tamamlanmış, takip TEE'de triküspit kapaktaki vejetasyonun belirgin şekilde gerilediği görülmüş ve hasta klinik olarak stabil durumda taburcu edilmiştir.

#### ÖĞRENİLEN DERSLER

Bu olgu, CIED taşıyıcılarında geç dönem lead komplikasyonlarının ciddi infektif ve tromboembolik sonuçlara yol açabileceğini göstermektedir. Sağ pulmoner arterde yer değiştirmiş ve trombüs oluşturan kopmuş lead segmenti, buna eşlik eden triküspit kapak vejetasyonu, septik emboliler ve uygunsuz ICD şokları; kapsamlı görüntüleme, hızlı tanı ve multidisipliner yönetimin önemini açık biçimde ortaya koymaktadır.

# Hızlı Başvuru ve Sınav Notları

Dr. Yusuf Taşkın · Ankara Etlik Şehir Hastanesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı

## 1 Temel AV Blok ve Pacemaker Endikasyonları

### Mobitz Tip I (Wenckebach)

PR aralığı giderek uzar ve sonunda bir QRS kompleksi düşer. Genellikle AV nod düzeyindedir ve daha benign seyirlidir. Kalıcı pacemaker çoğunlukla yalnızca semptomatik hastalarda düşünülür.

### Mobitz Tip II

PR aralığı sabittir ancak ani QRS düşmeleri görülür. His-Purkinje sistem hastalığını düşündürür ve komplet AV bloğa ilerleme riski yüksektir. Bu nedenle semptom olmasa bile Mobitz Tip II AV blok, **Sınıf I** kalıcı pacemaker endikasyonudur.

### Persistan Komplet AV Blok

Semptomlardan bağımsız olarak kalıcı pacemaker endikasyonu vardır (Sınıf I).

### Bifasiküler Blok ve Senkop

Senkop ile başvuran ve EKG'sinde bifasiküler blok (RBBB + LAFB veya RBBB + LPFB) bulunan hastalarda sekonder nedenler dışlandıktan sonra ampirik pacemaker implantasyonu (Sınıf IIa) veya elektrofizyolojik çalışma önerilmektedir. Özellikle miyotonik distrofi veya Kearns-Sayre sendromu gibi nöromusküler hastalıklarda gelişen fasiküler bloklarda, hasta asemptomatik olsa bile pacemaker endikasyonu olabilir.

## 2 Pacemaker Modları ve Sınav Soruları

| Kod | Anlam                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------|
| VVI | Ventrikülü pace eder, ventrikülü algılar, inhibe olur |
| AAI | Atriyumu pace eder, atriyumu algılar                  |
| DDD | Her iki odacığı hem pace hem sense eder               |
| VOO | Asenkron ventriküler pacing                           |
| DOO | Asenkron çift odacıklı pacing                         |

DDD pacing fizyolojik pacing'e en yakın klasik sistemdir ve sınavlarda sık sorulur.

#### Mıknatıs Yanıtı

Pacemaker üzerine mıknatıs koymak cihazı kapatmaz; cihazı asenkron moda geçirir (genellikle VOO veya DOO). ICD'lerde ise mıknatıs VT/VF algısını kapatır, şok tedavilerini askıya alır, ancak bradikardi pacing fonksiyonunu etkilemez.

### 3 Pacemaker Sendromu ve Cihaz Aracılı Taşikardiler

#### Pacemaker Sendromu

En sık VVI pacing sırasında görülür. Mekanizma: AV senkronizasyon kaybı, retrograd VA iletim, atriyumların kapalı AV kapaklara karşı kasılması. Klinik: halsizlik, hipotansiyon, boyunda dolgunluk, çarpıntı, cannon A dalgaları. En etkili tedavi çift odacıklı pacinge (DDD) geçiştir.

#### KLASİK SINAV SORUSU

"VVI pacemaker sonrası halsizlik ve boyunda dolgunluk gelişen hastada tanı nedir?"

→ Pacemaker sendromu

#### Pacemaker Aracılı Taşikardi (Endless-Loop Taşikardi)

Genellikle PVC sonrası başlar. Mekanizma: (1) ventriküler uyarı retrograd atriya gider, (2) atriyal lead bunu intrinsik P dalgası sanır, (3) AV delay sonrası ventrikül tekrar pace edilir, (4) re-entry döngüsü oluşur. Akut tedavi: mıknatıs uygulanması; asenkron moda geçilerek sensing devre dışı bırakılır ve döngü kırılır.

### 4 Yeni Nesil Fizyolojik Pacing

His Bundle Pacing ve Left Bundle Branch Pacing son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Avantajları: fizyolojik ventrikül aktivasyonu, mekanik dissenkroninin azaltılması, pacing ilişkili kardiyomiyopatinin azaltılması ve bazı olgularda CRT'ye alternatif olabilmesi. Modern pacing yaklaşımı giderek iletim sistemi pacingine yönelmektedir.

### 5 TAVI Sonrası Pacemaker Riski

D-PACE skoru, TAVI sonrası kalıcı pacemaker ihtiyacını öngörmek için geliştirilmiştir.

- **EKG bulguları:** RBBB, PR uzaması, LAFB.
- **Hasta özellikleri:** ileri yaş, erkek cinsiyet, yüksek BMI.
- **Anatomik faktörler:** şiddetli MAK, LVOT kalsifikasyonu, kısa membranöz septum, porselen aort, yüksek mean gradient.



- **Prosedürel faktörler:** self-expandable kapak, derin implantasyon, post-dilatasyon, oversizing.
- **Risk grupları:** 0-3 puan → düşük risk; 4-5 puan → orta risk; ≥6 puan → yüksek risk.

## 6 En Sık Yapılan Hatalar

### Oversensing ve Undersensing Kavramlarını Karıştırmak

**Oversensing:** Cihaz elektromanyetik gürültüyü veya T dalgasını gerçek QRS sanır. Sonuç: pacing inhibisyonu, under-pacing, bradikardi.

**Undersensing:** Cihaz gerçek P veya R dalgasını göremez. Sonuç: gereksiz pacing, over-pacing, R-on-T riski.

### Her Bradikardide Pacemaker Düşünmek

Önce mutlaka geri dönüşümlü nedenler araştırılmalıdır: hiperkalemi, hipotiroidi, beta bloker, verapamil, diltiazem, digoksin toksisitesi, miyokard enfarktüsü.

### Gece Bradikardisini Endikasyon Sanmak

Uyku sırasında sinüs bradikardisi, Wenckebach fenomeni ve kısa sinüs arrestleri normal bireylerde görülebilir. Holter'de gece düşük nabız görmek tek başına pacemaker nedeni değildir.

### Lead Empedanslarını Yanlış Yorumlamak

<200  $\Omega$  → izolasyon defekti; >1500  $\Omega$  → lead kırığı / bağlantı problemi. Empedans, lead bütünlüğü hakkında kritik bilgi verir.

### Pil Cebi Hematomuna Enjektörle Müdahale Etmek

En sık yapılan büyük hatalardan biridir. Enjektör aspirasyonu enfeksiyon riskini artırır ve steril cebi enfekte hale getirebilir; çoğu olguda konservatif yaklaşım tercih edilmelidir.

### Sağ Ventrikül Pacing Yükünü Göz Ardı Etmek

Uzun süreli yüksek RV pacing; mekanik dissenkroni, LVEF düşüşü ve pacing ilişkili kardiyomiyopati oluşturabilir. Takiplerde mutlaka "RV pacing yüzdesi kaç?" sorusu değerlendirilmelidir.

## 7 İleri Düzey Pratik Noktalar

### Subclavian Crush Sendromu

Subklavyen girişte lead, klavikula ile birinci kosta arasında sıkışabilir. Aksiller ven yaklaşımı bu riski belirgin azaltır ve uzun dönem lead sağkalımı açısından avantajlıdır.

### Twiddler Sendromu

Hastanın jeneratörü cilt altında çevirmesi sonucu lead dislokasyonu gelişmesidir. Korunmada uygun cep boyutu ve jeneratör stabilizasyonu önemlidir.

### Triküspit Yetmezliği

RV lead'i triküspit koaptasyonu bozabilir veya kordalara dolanabilir. Yeni gelişen sağ kalp yetersizliğinde mutlaka değerlendirilmelidir.

### Threshold ve Güvenlik Marjı

Output hiçbir zaman threshold sınırında bırakılmamalıdır. Genel kural: ayarlanan output = threshold'un en az 2 katı olmalıdır.

### MRI Öncesi Yönetim

MRI uyumluluğu için cihaz ve lead birlikte MR uyumlu olmalıdır. MRI öncesinde ICD şokları kapatılır, VT/VF algısı devre dışı bırakılır, gerekirse DOO/VOO moduna geçilir; çekim sonrası tüm parametreler yeniden aktive edilmelidir.

#### 8 · QUICK PEARLS

- Spike var + QRS yok → **Failure to capture**
- QRS var + spike yok → sensing normal olabilir
- Pacemaker sendromunun en sık nedeni **VVI pacing**dir
- Komplet AV blokta semptom beklenmez
- Mobitz II semptomsuz olsa bile tehlikelidir
- Geniş QRS + düşük EF + KY → **CRT düşün**
- Uzun süreli RV apikal pacing fizyolojik değildir
- Gelecek His bundle ve left bundle pacing yönündedir
- Pacemaker implantasyonu tedavinin sonu değil, takibin başlangıcıdır

## KAYNAKLAR

1. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2021;42(35):3427-3520.
2. Kusumoto FM, Wang PJ, Slotwimer DJ, et al. 2023 HRS/EHRA/APHRS/LAHRS expert consensus statement on practical management of the CIED patient. *Heart Rhythm*. 2023;20(7):e17-e117.
3. Vijayaraman P, Sharma PS, Cano O, et al. Clinical practice update for conduction system pacing. *Heart Rhythm*. 2023;20(11):e17-e50.
4. Huang W, Wu S, Vijayaraman P, et al. Cardiac resynchronization therapy via left bundle branch pacing vs biventricular pacing. *JACC Clin Electrophysiol*. 2022;8(12):1435-1447.
5. Curtis AB, Worley SJ, Adamson PB, et al. Biventricular pacing for atrioventricular block and systolic dysfunction. *N Engl J Med*. 2013;368(17):1585-1593.
6. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, et al. 2013 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J*. 2013;34(29):2281-2329.
7. Ellenbogen KA, Wilkoff BL, Kay GN, Lau CP, Auricchio A. *Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2023.
8. Wilkoff BL, Auricchio A, Brugada J, et al. HRS/EHRA expert consensus on the monitoring of CIEDs. *Europace*. 2024;26(2):eua361.
9. Tarakji KG, Mittal S, Kennergren C, et al. Antibacterial envelope to prevent cardiac implantable device infection. *N Engl J Med*. 2019;380(20):1895-1905.
10. El-Chami MF, Al-Samadi F, Clementy N, et al. Updated performance of the Micra transcatheter pacemaker in high-risk patients. *Heart Rhythm*. 2023;20(2):177-184.
11. Sharma PS, Vijayaraman P. Conduction system pacing as a physiological pacing strategy. *Heart Fail Clin*. 2021;17(2):237-247.
12. Braunwald E. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 13th ed. Philadelphia: Elsevier; 2026.
13. Topol EJ, Teirstein PS. *Textbook of Interventional Cardiology*. 9th ed. Philadelphia: Elsevier; 2025.
14. Zipes DP, Libby P, Bonow RO, Mann DL, Tomaselli GF. *Braunwald's Heart Disease Review and Assessment*. Philadelphia: Elsevier; 2025.
15. Slotwimer DJ, Varma N, Akar JG, et al. HRS Expert Consensus Statement on remote interrogation and monitoring for CIEDs. *Heart Rhythm*. 2023;20(3):e1-e45.
16. Brignole M, Moya A, de Lange FJ, et al. 2018 ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. *Eur Heart J*. 2018;39(21):1883-1948.
17. Costa G, Barbanti M, Tamburino C, et al. Predictors of pacemaker implantation following TAVI and development of the D-PACE score. *JACC Cardiovasc Interv*. 2024;17(5):521-533.