



# Kardiyologların Nükleer Kardiyolojiden Beklentileri

## Expectations of Cardiologists from Nuclear Cardiology

© Dilek Ural

Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

### Öz

Güncel kardiyoloji uygulamalarında, kalp hastalıklarının tanısında tek bir görüntüleme yöntemi yetersiz kalmakta, kalbin yapı, işlev ve moleküler özelliklerini bir arada değerlendirmeyi olanaklı kılacak farklı görüntüleme yöntemlerine başvurulmaktadır. Nükleer kardiyoloji alanındaki gelişmeler, kalp hastalıklarının tanısız doğruluğunu büyük ölçüde artırmış ve bireyselleştirilmiş tıp uygulamalarında önemli bir alternatif oluşturmuştur. Nükleer tıp uzmanlarının tetkik sonuçlarını yorumlarken kardiyologların beklentilerini bilmeleri ve raporlarını uygun şekilde düzenlemeleri hayati önem taşır. Bu makalede, başlıca kalp hastalıklarında kardiyoloji uzmanlarının hangi nedenlerle hastalarını nükleer kardiyoloji tetkiklerine yönlendirdiği ve olgu özelliklerine göre raporlamada nelere dikkat edilmesi gerektiği ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kardiyovasküler hastalıklar, tanı, multimodal görüntüleme, pozitron emisyon tomografisi

### Abstract

In current cardiology practice, a single imaging technique remains inadequate in the diagnosis of heart diseases and findings from different imaging modalities are combined to evaluate the structure, function and molecular characteristics of heart. Developments in the field of nuclear cardiology have greatly increased the diagnostic accuracy of cardiac diseases and made it an important alternative for personalized medicine. When interpreting the results of a nuclear medicine examination, it is vital that nuclear medicine specialists know cardiologist's expectations and organize their reports appropriately. This article summarizes main reasons of cardiologists to refer their patients to nuclear cardiology examination and what should be considered in reporting of major cardiac diseases.

**Keywords:** Cardiovascular diseases, diagnosis, multimodal imaging, positron emission tomography

### Giriş

Kardiyak görüntüleme, kalp hastalıklarının tanı ve tedavisinin temel kılavuzudur. Güncel kardiyoloji uygulamalarında, kalp hastalıklarının hemen tümünde tek bir görüntüleme yöntemi yetersiz kalmakta, kalbin yapısı ile işlevini bir arada değerlendirmeyi olanaklı kılacak farklı görüntüleme yöntemlerine başvurulmaktadır. Nükleer kardiyoloji alanındaki gelişmeler, kalp hastalıklarının tanısında kardiyoloji uzmanlarının ufuklarını açmakta, değerlendirme doğruluğunu büyük ölçüde artırmakta ve bireyselleştirilmiş tıp uygulamalarında önemli

bir alternatif sunmaktadır. Kardiyoloji uzmanları, nükleer kardiyoloji tetkiklerine genellikle iskemik kalp hastalıklarının tanısı amacıyla başvururlar. Bununla birlikte, günümüzde endikasyonların artması ve moleküler görüntüleme alanındaki gelişmelerin daha yeni uygulamalara kapı açmasıyla iki disiplin arasındaki iş birliği giderek yoğunlaşmaktadır. Nükleer tıp uzmanlarının tetkik sonuçlarını yorumlarken kardiyologların beklentilerini bilmeleri ve raporlarını uygun şekilde düzenlemeleri hayati önem taşımaktadır. Avrupa Nükleer Tıp Birliği (EANM) ve Avrupa

### Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Dilek Ural, Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: dilekural@yandex.com

©Telif Hakkı 2018 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Kardiyovasküler Görüntüleme Birliği (EACVI) 2015 yılında ortak bir bildiri yayınlayarak standart bir nükleer kardiyoloji raporunda nelerin yer alması gerektiğine dikkat çekmişlerdir (1). İki yıl sonra Amerikan Nükleer Kardiyoloji Derneği, Amerika için önerilen eski kılavuzlarla Avrupa kılavuzunu harmanlayarak raporlama kılavuzunu güncellemiştir (2). Özellikle Avrupa kılavuzunda, rapor metninin klinisyeni kararsız bırakmayacak şekilde net ifadelerle yazılması, teknik terimler ve kısaltmalardan olabildiğince kaçınılması, kalitatif tanımlamalar (küçük, orta miktarda, hafif, ileri derecede gibi) yerine kantitatif verilerin tercih edilmesi önerilmiştir. Sonuç bölümünde ise, “reversibl veya irreversibl perfüzyon defekti” gibi teknik terimlerinin yerine “iskemi veya enfarktüs” gibi klinisyene daha fazla hitap eden ifadeler yer almalıdır. Bu makalede başlıca kalp hastalıklarında kardiyoloji uzmanlarının hangi nedenlerle hastalarını nükleer kardiyoloji tetkiklerine yönlendirdiği ve olgu özelliklerine göre raporlamada nelere dikkat edilmesi gerektiği ele alınmıştır.

### İskemik Kalp Hastalıkları

Nükleer kardiyoloji, iskemik kalp hastalıklarında özellikle kararlı koroner arter hastalığının tanı ve tedavisinde gereklidir. Kararlı koroner arter hastalığı; kararlı anjina pektoris, mikrovasküler anjina, vazospastik anjina ve iskemik kardiyomiyopati olmak üzere dört grupta incelenebilir (3). Bu dört farklı olgu grubunda tanısal koroner anjiyografi veya revaskülarizasyon kararı verilmesinde non-invaziv risk değerlendirmesi gereklidir. Non-invaziv değerlendirmede yüksek risk, yıllık ölüm veya miyokard enfarktüsü olasılığının  $>3\%$ , orta risk ise yıllık ölüm veya miyokard enfarktüsü riskinin  $1-3\%$  olması şeklinde tanımlanır. Orta-yüksek risk düzeyindeki kararlı koroner arter hastalarında tanısal koroner anjiyografi gereklidir ve özellikle medikal tedaviye rağmen yakınmaları devam eden, koroner anatomisi uygun olan hastalarda koroner revaskülarizasyon kararı verilir. Yüksek risk kriterlerinden birçoğu nükleer kardiyoloji tetkikleri ile elde edilebilen bilgilere dayanmaktadır (4):

- İstirahatte sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF)  $<35\%$ ,

- Miyokard enfarktüsü öyküsü olmayan bir hastada miyokardın  $\geq 10\%$ ’unu kapsayan istirahat perfüzyon anormallikleri,

- Stres elektrokardiyografide (EKG) düşük iş yükü kademesinde başlayan veya istirahate kadar devam eden  $\geq 2$  mm ST-segment çökmesi, egzersizde ST-segment yükselmesi veya egzersizin tetiklediği ventrikül taşikardisi/fibrilasyonu,

- Stres ile sol ventrikül işlevlerinde bozulma (pik egzersizde EF  $<45\%$  veya stres ile EF’de  $\geq 10\%$  düşme),

- Stres ile miyokardın  $\geq 10\%$ ’unda perfüzyon bozuklukları veya çoklu damar yatağında bozulmalar,

- Stres ile sol ventrikülde genişleme.

Orta risk grubunun nükleer kardiyoloji yöntemlerine ait belirteçleri aşağıdaki gibidir:

- Koroner kalp hastalığı dışındaki nedenlerle açıklanamayan hafif/orta derecede sol ventrikül işlev bozukluğu (EF  $35-49\%$ ),

- Miyokard enfarktüsü öyküsü olmayan bir hastada miyokardın  $5-9,9\%$ ’unu kapsayan istirahat perfüzyon anormallikleri,

- Stres ile semptomların yanı sıra EKG’de  $\geq 1$  mm ST-segment çökmesi gelişmesi,

- Stres ile miyokardın  $\geq 5-9,9\%$ ’unda perfüzyon bozuklukları veya sol ventrikül genişlemesi olmaksızın tek damar yatağında bozulmalar.

İskemi tanısı amacıyla yönlendirilmiş hastalarda yukarıdaki bulguları kapsayacak bir rapor metninin hazırlanması gereklidir (Tablo 1). Anti-iskemik tedavi kullanan hastalarda test öncesi ilaçların kesilip kesilmemesi veya hangi ilaçların kesilmesi gerektiği klinisyenin görüşüne bırakılmalıdır. Hastada tanı amaçlı test istendi ise ilaçların kesilmesi gerekebilir, ancak hekim “medikal tedavi altında iskemik var mı?” sorusunu araştırıyorsa doğrudan test yapılabilir. Koroner arter hastalığı nedeni ile perkütan veya cerrahi revaskülarizasyon uygulanmış hastalarda, herhangi bir yakınma olmadığı sürece tekrar iskemik değerlendirme perkütan koroner girişim sonrası 2 yıl, koroner arter by-pass cerrahisi sonrası 5 yıldan sonra düşünülür (5). Bu hastalarda, egzersiz EKG testi ile iskemik bölgesi belirlenemediği için stres görüntüleme tercih edilir. Stres görüntülemede orta-yüksek risk kriterlerinin varlığı (düşük iş yükünde, erken dönemde başlayan iskemik, birden fazla alanda yüksek dereceli duvar hareket bozukluğu veya reversibl perfüzyon defekti) kardiyoloğun yeni girişim gereği olup olmadığına karar vermesinde önemlidir. Akut koroner sendromlarda invaziv koroner görüntüleme tanı ve tedavi kararının temelidir ve hastaların büyük bir kısmında uygulanmaktadır.

Akut koroner olaylardan sonra rezidüel iskemik ve canlılığın ne zaman ve hangi yöntemle değerlendirilmesi gerektiği konusunda görüş birliği yoktur. Görüntüleme yöntemleri arasında kardiyak manyetik rezonans giderek ön plana çıkmaktaysa da, tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT) ve pozitron emisyon tomografisi (PET) yöntemleri de tercih edilebilmektedir.

İskemik kalp hastalarına yapılan nükleer kardiyoloji tetkiklerinde, hastanın ne kadar radyoaktiviteye maruz kaldığı ve kaç günlük protokol uygulandığı (1. gün, 2. gün) kaydedilmelidir. Egzersiz uygulandıysa protokolü, test sırasında göğüs ağrısı gelişip gelişmediği ve EKG'de

**Tablo 1. İskemik kalp hastalığı ve kalp yetersizliğinde nükleer kardiyoloji raporunda bulunması gereken bulgular**

Klinik durum	Raporda yer alması gerekenler	
İskemik kalp hastalığı	Efor testi ile stres oluşturularak görüntüleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hangi egzersiz protokolü uygulandı?</li> <li>- Efora kalp hızı ve kan basıncı yanıtı neydi?</li> <li>- Fonksiyonel kapasite kaç MET idi?</li> <li>- Test neden sonlandırıldı ve test sırasında göğüs ağrısı,</li> <li>- EKG değişikliği oldu mu?</li> <li>- Duke treadmill skoru nedir?</li> </ul>
	Farmakolojik ajanlarla görüntüleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hangi ajan, hangi dozda kullanıldı?</li> <li>- Semptom ve EKG değişikliği oldu mu?</li> </ul>
	Bulgular	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfüzyon dağılımı nasıldı?</li> <li>- Perfüzyon defekti hangi bölgede, tam olarak sol ventrikülün yüzde kaçta alanda, hangi ciddiyette gelişti ve düzeldi mi?</li> <li>- Kalp dışı bölgelerde tutulum oldu mu?</li> <li>- Sol ventrikül kavitesinin çapları değişti mi?</li> <li>- İstirahat ve egzersizde sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu kaç ölçüldü?</li> </ul>
Kalp yetersizliği	İskemik kalp yetersizliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perfüzyon/metabolizma uyumsuzluğu (mismatch) var mı? Ne kadar alanı (%) kapsıyor?</li> <li>- Miyokard kasılmasında bölgesel anormallik var mı?</li> <li>- Miyokard kasılmasında dissenkroni var mı?</li> <li>- Normal koroner arterli hastalarda sarkoidoz veya amiloidoz gibi enflamatuvar nedenleri düşündürcek anormal tutulum var mı?</li> </ul>
	İnnervasyon görüntülemesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Miyokard perfüzyonunda bölgesel heterojenite var mı?</li> <li>- Miyokard MIBG tutulumunda bölgesel heterojenite var mı?</li> </ul>
MIBG: Metabiodobenzilguanidin, MET: Maksimum efor kapasitesi, EKG: Elektrokardiyografi		

ST segmentinde çökme görülüp görülmediği raporda yer almalıdır. Perfüzyon defekti gözlenen hastalarda defektin hangi bölgelerde geliştiği tercihen 17-segmentli modele göre verilmeli ve -hastanın yönetimini yakından ilgilendirdiği için- alan kantitatif olarak tanımlanmalıdır. Gated SPECT yapılmış hastalarda sol ventrikül EF ile sol ventrikül hacimlerinin ölçülmesi ve duvar hareket bozukluklarının belirtilmesi yararlı olacaktır.

Canlılık değerlendirmesi için yönlendirilen hastalarda bölgesel FDG tutulumu tanımlanmalı ve tedavi kararında belirleyici olduğu için perfüzyon/metabolizma mismatch' i varsa bölgesi, ciddiyeti ve kantitatif olarak alanı raporlanmalıdır. Ayrıca istirahat sol ve sağ ventrikül işlevinin değerlendirilmesi gereklidir. Günümüzde iskemik kalp hastalarının değerlendirmesinde hibrid görüntüleme sistemleri giderek ön plana çıkmış, özellikle perfüzyon görüntülemesi bulgularının damar anatomisi ile birleştirildiği üç-boyutlu rekonstrüksiyon yöntemleri tedavi kararında oldukça yararlı hale gelmiştir (6).

Kardiyoloji uzmanlarının hastalarını nükleer kardiyoloji tetkiklerine yönlendirirken en çok kaygılandıkları konu hastanın maruz kalacağı radyasyon yüküdür. Kardiyovasküler hastalıkların tanısında genellikle birden fazla tanı yöntemi kullanıldığı ve bu yöntemler belli aralıklarla tekrarlandığı için, hastanın alacağı toplam radyasyon yükü göz önünde bulundurulmalıdır. Son 15 yıllık dönemde teknoloji ve protokollerdeki düzenlemeler sonucunda radyasyon maruziyetinde azalma sağlandıysa da, konu önemini korumaktadır. EACVI, EANM ve Avrupa Kardiyovasküler Radyoloji Derneği 2017 yılında bir rapor yayınlayarak nükleer kardiyoloji ve kardiyak bilgisayarlı tomografi görüntülemelerinde radyasyon dozunu azaltma stratejilerini özetlemişlerdir (7). Nükleer kardiyoloji raporunda hastanın maruz kaldığı radyasyon yükü bilgisinin yer alması hastayı izleyen hekimin sonraki tetkiklerde alacağı kararları etkileyebilir. Bu nedenle çalışmanın protokolü (sadece stres veya stres ve istirahat), kullanılan radyofarmasötik ajan ile dozu ve toplam radyasyon miktarı belirtilmelidir.

### Kalp Yetersizliği ve Kardiyomiopatiler

Sol ventrikül işlevlerini değerlendirmede ekokardiyografi; yaygınlığı, miyokard işlevlerinin doku düzeyinde dahi değerlendirilebilmesi, radyasyon maruziyetine yol açmaması ve ucuzluğu nedeni ile kardiyologların öncelikli tercih ettiği tanı yöntemidir. Ancak ileri tetkik ve tedavi gerektiren seçilmiş hastalarda nükleer kardiyoloji tetkiklerine başvurulur. Kalp yetersizliği ile izlenen hastada 1) patogenezin

aydınlatılması, 2) tedavinin görüntüleme yöntemlerinden elde edilen bilgilerin kılavuzluğunda düzenlenmesi ve 3) prognozun öngörülerek doğru zamanda hastanın ileri tedavi yöntemlerine yönlendirilmesi gereklidir. Kalp yetersizliğinin başlıca nedeni iskemik kalp hastalıkları ve geçirilmiş miyokard enfarktüsüdür. Avrupa Kardiyoloji Derneği'nin 2016 Akut ve Kronik Kalp Yetersizliği Kılavuzu'nda, koroner arter hastalığı nedeniyle kalp yetersizliği gelişmiş hastalarda SPECT veya PET ile non-invaziv stres görüntüleme koroner revaskülarizasyon planlanan hastalarda miyokard iskemisi ve canlılığının değerlendirilmesi amacıyla sınıf IIB endikasyon (kanıt düzeyi B) ile önerilmiştir (8). Tc-99m işaretli radyoizotoplar kullanılarak yapılan SPECT perfüzyon görüntüleme koroner arter hastalığının teşhisinde kilit tanı yöntemidir (9). Bu tetkiklerde iskemi saptanması ve perfüzyon defektlerinin yaygınlığı hem olumsuz klinik gidişi göstermede hem de tedavi kararını vermede yol göstericidir. Rb-82 veya 13N-ammonia ile PET görüntüleme SPECT'ye göre daha yüksek bir doğrulukla tanı koydurur. Dahası, PET perfüzyon görüntüleme ile absolut akım hesabı yapılarak global koroner akım rezervi belirlenebilir. Global koroner akım rezervi, genel tutulumu belirlediği için revaskülarizasyon işlemine karar vermede, mikrovasküler işlevleri değerlendirmede ve prognozu öngördürmede yararlıdır. Miyokard kan akımı değerlendirmesinin kardiyologlara en çok yardımcı olabileceği konulardan biri de kalp nakli uygulanmış hastalarda graft vaskülopatisinin değerlendirilmesidir (10). Kalp nakli hastalarında koroner akım rezervinin ileri derecede düşük olması hem graft vaskülopatisini, hem de mortalite artışını öngördürebilir. Koroner arter hastalığına bağlı olmayan kalp yetersizliği "non-iskemik" kalp yetersizliği olarak adlandırılır. Bu olgu grubunda genellikle belirli bir klinik neden saptanamadığı için "idiyopatik" kalp yetersizliği olarak tanımlanır. Yakın zamanda diyastolik kalp yetersizliği nedenlerinden sarkoidoz ve transtretin kardiyak amiloidozu (AL) tanısında nükleer kardiyoloji yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Her iki hastalık da tanı konması durumunda farklı tedavi yöntemleri gerektireceği için 'normal koroner arterli' ve özellikle diyastolik kalp yetersizliği ile seyreden hastalarda akla gelmelidir. Kardiyak sarkoidoz, asemptomatik hastalardan ciddi kalp yetersizliğine kadar değişen bir klinik yelpazede hekimin karşısına çıkar. İnterventriküler septumun sağ duvarından alınan körlemesine bir endomiyokardiyal biyopsi sadece %20-30 oranında hastada tanı koydurur. Kardiyak sarkoidoz tanısında günümüzde önerilen yöntem; moleküler görüntülemeye florodeoksiglukoz (FDG) PET ile

granülomlardaki artmış metabolik aktivitenin, kardiyak manyetik rezonans görüntülemeye ise fokal geç gadolinyum tutulumunun gösterilmesidir (11). Kardiyak sarkoidozdan şüphelenilen hastalarda FDG PET'de "sıcak" mediastinal veya servikal lenf nodları biyopsi materyalinin nereden elde edilmesi gerektiği konusunda hekime yön gösterir. Sarkoidoz tanısı alan hastalarda sıklıkla immünoşüpresif tedavi kullanılmaktadır. FDG PET'de ventrikül işlev bozukluğu ve hipermetabolik aktivite saptanan hastalarda bu tedavi önerilmesine rağmen konu ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Kardiyak AL restriktif kardiyomiyopati ve kalp yetersizliğinin önemli bir nedenidir. Yakın zamanda kardiyak transtretin AL tipi transtreti (ATTR), ileri yaşta hastalarda diyastolik kalp yetersizliğinin sık nedenlerinden biri olduğu belirlenmiştir. Hem prognoz, hem de tedavi seçenekleri AL'nin alt tipine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Bu nedenle, kardiyak AL'yi teşhis etmenin yanı sıra alt tiplerini de belirlemek gerekir. Tanıda altın standart, endomiyokardiyal biyopsi materyalinin immün boyamasıdır. Bununla birlikte, görüntülemedeki gelişmeler non-invaziv bir tanı alternatifini sunmaktadır. Günümüzde, ATTR tanısında Tc-99m-3,3-difosfono-1,2-propanodikarboksilik asit ve Tc-99m-pirofosfat görüntülemesi giderek daha sık kullanılmaya başlamıştır (12). Sintigrafi görüntülemesi temel olarak kalitatif bir yöntem olduğu için, etkilenen bölgelerdeki radyoaktiviteyi ölçmekte yetersiz kalır; bu nedenle, hastalık yükünün ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde kullanılamaz. Bu sorunu aşabilen bir tetkik olan PET görüntüleme, kardiyak AL'nin izlenmesi ve tedavisinde umut verici bir araçtır. Son zamanlarda keşfedilen amiloid bağlayıcı PET izleyicileri F-18 florbetapir ve C-11 Pittsburgh bileşiği B hem AL hem de ATTR kalp AL'sini tanıyabilir. Kemoterapi nedenli kardiyotoksitenin izlemi gibi sol ventrikül EF'deki değişikliklerin ivedilikle saptanması gereken durumlarda multigated radyonüklid anjiyografi yüksek hassasiyeti nedeniyle kullanılmışsa da, diğer kardiyak yapıları ve işlev bozukluklarını gösterememesi ve kümülatif radyasyon maruziyetinin yüksekliği nedeni ile kullanımı kısıtlıdır (13). Onkoloji hastalarının multigated edinim ile izlenmesi tercih edilecekse, tedavi başlangıcında görüntüleme yapılması ve sol ventrikül EF'nin %10'dan fazla düşerek %50'nin altına inip inmediği izlenmelidir. Kalp yetersizliği ve kardiyomiyopatilerde prognostik değerlendirme, kalp nakli ve sol ventrikül destek cihazlarına aday hastalarda hazırlık sürecini başlatmada önemli bir aşamadır. Sol ventrikül işlev bozukluğu olan hastalarda presinaptik norepinefrin tutulumu ve

postsinaptik beta-adrenoseptör dansitesi azalmıştır. Kronik sempatik aktivite artışı, miyokardın beta-adrenerjik reseptörlerinde azalmaya (downregulation) yol açar. Kardiyak sempatik işlevler ve innervasyonun durumu PET ve SPECT görüntüleme ile değerlendirilebilir. Bir norepinefrin analogu olan I-123 metabiodobenzilguanidin (MIBG) ile miyokard innervasyonunun değerlendirilmesi; hastalık ilerlemesi, aritmi ve kardiyak ölüm riski konusunda önemli bilgiler verebilir. Miyokardiyal innervasyon görüntülemesi için yönlendirilmiş hastalarda I-123 MIBG tutulumunun normal veya azalmış olduğu tanımlanmalı, herhangi bir bölgesel farklılık varsa belirtilmeli ve bu durumun klinik anlamına ilişkin yorum yapılmalıdır. ADMIRE-HF-14 (AdreView Myocardial Imaging for Risk Evaluation in Heart Failure) çalışmasında MIBG kalp-medyasten oranının azalması ve artmış washout miktarı hastanın aritmi riskinin yüksek olduğunu ve implante edilebilen kardiyoverter defibrilatör (ICD) tedavisinden yararlanabileceğini göstermiştir. MIBG global miyokard katekolamin tutulumunu gösterirken PET bölgesel analiz yapılmasını sağlar. PAREPET çalışmasında (15) iskemik kalp yetersizliği hastalarında C-11 hidroksiefedrin tutulumunun ICD tedavisinin etkinliği ve ani ölümü izlemede yararlı olabileceği saptanmıştır. Yakın zamanda, koroner arter hastalarında ve hipertrofik kardiyomyopatiye stres sırasında 13-NH3 PET ile bölgesel miyokard kan akımının yüksek heterojenite göstermesinin ölümcül ventrikül aritmilerinin öngördürücüsü olabileceği bildirilmiştir. Bu bulgular PET görüntüleme ile elde edilecek bilgilerin cihaz tedavisine karar verilmesinde önemini göstermektedir. Kalp yetersizliği tedavisinde, medikal ve cihaz tedavilerine yanıtızlık önemli bir problemdir ve bireyselleştirilmiş tedavilerin uygulanmaması sağlık ekonomisine ciddi bir maliyet yüklemektedir. Bu duruma en uygun örnek kardiyak resenkronizasyon tedavisidir. Düşük EF'li ve istirahat EKG'sinde QRS genişlemesi olan kalp yetersizliği hastalarında kardiyak resenkronizasyon tedavisi morbidite ve mortaliteyi azalttığı bilinen bir tedavi yöntemidir. Kardiyak resenkronizasyon uygulanan hastaların %30'unda tedaviye yanıtızlık söz konusudur. Tedavi yanıtızlığının çeşitli nedenleri olmakla birlikte, yaygın skar dokusu varlığı ve dissenkroninin yeterli değerlendirilememesi temel etmenlerdir. Sol ventrikül dissenkronisinin ve miyokard sempatik innervasyonunun 123-MIBG ile gösterilmesi tedavinin uygunluğunun belirlenmesinde önemli bir alternatif olabilir.

## Kalp Cihazları ve İnfektif Endokardit

Kardiyolojide protez kalp kapakları ve cihaz tedavilerinin giderek yaygınlaşması bu tedavilere bağlı endokardit olgularının sayısını belirgin olarak arttırmıştır. Kalp kapak girişimi, kalp pili veya başka tip cihaz tedavisi uygulanmış hastalarda vejetasyonun görüntülenmesinde transtorasik ve transözofageal ekokardiyografi öncelikle tercih edilen tanı yöntemleri olsa da, görüntü kalitesinin yetersizliği veya akustik reverberasyon sorunu nedeni ile yetersiz kalabilmektedir. Bu hastalarda flor-18 FDG PET/bilgisayarlı tomografi ile enflamasyon ve enfeksiyon görüntülenmesi cihaza bağlı enfeksiyon tanısını yüksek duyarlılık, özgüllük ve doğrulukla koydurmaktadır (16).

## Translasyonel Moleküler Nükleer Kardiyoloji

Nükleer görüntüleme geleneksel anatomik/fonksiyonel görüntülemeden biyolojik süreçlerin görüntülenmesine doğru bir evrim geçirmektedir. Moleküler görüntülemede kaydedilen ilerlemelerle doku analizinin dahi yapılabilmesi bu tekniği bir çeşit "non-invaziv biyopsi" konumuna getirmektedir (17). Klinisyenlerin hücresel işlevleri görebilmeleri, başta ateroskleroz olmak üzere kalp hastalıklarında süreçleri etkileyecek, hedefe yönelik ilaçları verebilmelerine olanak sağlayacaktır. Nükleer tıp; yeni ilaç gelişimi, gen ve hücre temelli tedaviler ve bu tedavilerden özellikle yararlanacak hastaların belirlenmesinde gelecek vadetmektedir. Yakın zamanda "machine learning" çalışmalarıyla, mühendislerin de görüntü kalitesi artırılması ve analizlerin daha güvenilir şekilde gerçekleştirilmesinde sağlık çalışanlarına yardımcı olabilecekleri görülmüştür (18). Sonuç olarak, kalp hastalarında doğru tanı ve tedavi için tek bir tanı yöntemi yeterli olmayıp birden fazla tanı yöntemi ile elde edilen verilerin birleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, nükleer kardiyoloji laboratuvarlarında yüksek rezolüsyonlu tomografi ve/veya manyetik rezonans görüntülenmenin de yer aldığı hibrid görüntüleme sistemlerinin yaygınlaşmasını, ayrıca nükleer tıp, radyoloji ve kardiyoloji uzmanlarının bir arada çalışacağı "kardiyak görüntüleme laboratuvarlarını" gerekli kılmaktadır. Bu alanda deneyim kazanmış ekiplerin ve donanımlı laboratuvarların sayıca artırılması halk sağlığı açısından önemli bir uygulama olacaktır.

**Finansal Destek:** Yazar tarafından finansal destek alınmadığı bildirilmiştir.

## Kaynaklar

- Trägårdh E, Hesse B, Knuuti J, et al. Reporting nuclear cardiology: a joint position paper by the European Association of Nuclear Medicine (EANM) and the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:272-279.
- Tilkemeier PL, Bourque J, Doukky R, Sanghani R, Weinberg RL. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures: Standardized reporting of nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol* 2017;24:2064-2128.
- Task Force Members, Montalescot G, Sechtem U, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2013;34:2949-3003.
- Patel MR, Calhoon JH, Dehmer GJ, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCCT/STS 2017 Appropriate Use Criteria for Coronary Revascularization in Patients With Stable Ischemic Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:2212-2241.
- Authors/Task Force members, Windecker S, Kolh P, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J* 2014;35:2541-2619.
- Rodríguez-Palomares JF, Aguadé-Bruix S. Nuclear cardiology: role in the world of multimodality cardiac imaging. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2015;68:460-464.
- Gimelli A, Achenbach S, Buechel RR, et al. Strategies for radiation dose reduction in nuclear cardiology and cardiac computed tomography imaging: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), the Cardiovascular Committee of European Association of Nuclear Medicine (EANM), and the European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR). *Eur Heart J* 2018;39:286-296.
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 2016;18:891-975.
- Caobelli F, Bengel FM. Ischaemic vs non-ischaemic dilated cardiomyopathy: The value of nuclear cardiology techniques. *J Nucl Cardiol* 2015;22:971-974.
- Bravo PE, Bergmark BA, Vita T, et al. Diagnostic and prognostic value of myocardial blood flow quantification as non-invasive indicator of cardiac allograft vasculopathy. *Eur Heart J* 2018;39:316-323.
- Slart RHJA, Glaudemans AWJM, Lancellotti P, et al. A joint procedural position statement on imaging in cardiac sarcoidosis: from the Cardiovascular and Inflammation & Infection Committees of the European Association of Nuclear Medicine, the European Association of Cardiovascular Imaging, and the American Society of Nuclear Cardiology. *J Nucl Cardiol* 2018;25:298-319.
- Aljaroudi WA, Desai MY, Tang WH, Phelan D, Cerqueira MD, Jaber WA. Role of imaging in the diagnosis and management of patients with cardiac amyloidosis: state of the art review and focus on emerging nuclear techniques. *J Nucl Cardiol* 2014;21:271-283.
- Zamorano JL, Lancellotti P, Rodriguez Muñoz D, et al. 2016 ESC Position Paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC Committee for Practice Guidelines: The Task Force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2016;37:2768-2801.
- Jacobson AF, Senior R, Cerqueira MD, et al. Myocardial iodine-123 meta-iodobenzylguanidine imaging and cardiac events in heart failure. Results of the prospective ADMIRE-HF (AdreView Myocardial Imaging for Risk Evaluation in Heart Failure) study. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:2212-2221.
- Fallavollita JA, Heavey BM, Luisi AJ Jr, et al. Regional myocardial sympathetic denervation predicts the risk of sudden cardiac arrest in ischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:141-149.
- Juneau D, Golfam M, Hazra S, et al. Positron Emission Tomography and Single-Photon Emission Computed Tomography Imaging in the Diagnosis of Cardiac Implantable Electronic Device Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Circ Cardiovasc Imaging* 2017;10.
- Dilsizian V. Challenging Nuclear Cardiology Research: Stimulating Discovery, Validation, and Clinical Relevance. *J Nucl Med* 2018;59:13-14.
- Shrestha S, Sengupta PP. Machine learning for nuclear cardiology: The way forward. *J Nucl Cardiol* 2018.