



Kardiyoloğun Klinik Pratiğinde Nükleer Kardiyolojinin Yeri ve Nükleer Tıp Hekiminden Beklentileri

The Role of Nuclear Cardiology in Cardiologist Clinical Practice and What to Expect from a Nuclear Medicine Physician

Ahmet Çınar, Ömer Gedikli

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

Öz

Günümüzde tüm toplumlarda mortalitenin en önemli sebebi kardiyovasküler hastalıklar olmaya devam etmektedir. Kardiyovasküler hastalıklardan da koroner arter hastalığı (KAH) ise bunun en temel sebebidir. KAH'nin tespit edilmesinde öykü, klinik muayenenin yanı sıra temel non-invaziv ve invaziv görüntüleme yöntemleri önemli yer tutmaktadır. Gelişen teknolojiler sayesinde modern görüntüleme yöntemleri de günümüzde giderek önemini artırmaktadır. Onlardan birisi de nükleer kardiyolojideki prosedürlerin artan tanılal ilerlemeleridir. Nükleer kardiyolojinin günlük rutinde kullanım alanları arasında başlıca KAH'nin tanısı, iskeminin tanısı, yayılım alanı, prognoz ve riskin belirlenmesi, sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi, konjestif kalp yetmezliği, hibernasyon ve stunning farkı, viabilite varlığı veya yokluğu, kardiyak amiloidoz ve özellikle protez kapak olmak üzere infektif endokardit tanısı önemli yer tutar. Bu nedenle, Nükleer Tıp uzmanlarının tetkik sonuçlarını raporlarken, kardiyologların gereksinimlerini karşılayacak açık ifadeler ve kantitatif verilere yer vermeleri önemlidir. Bu makalede, temel kardiyolojik hastalıkların nükleer kardiyolojiye hangi endikasyonlarla yönlendirildiği ve klinik tanıya göre raporlama beklentileri üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Nükleer Tıp, kardiyoloji, görüntüleme

Abstract

Cardiovascular disorders remain the leading cause of death in all societies today. The primary cause of this problem among cardiovascular disorders is coronary artery disease (CAD). The identification of CAD requires a clinical evaluation, anamnesis, and basic non-invasive and invasive imaging methods. Today's current imaging techniques are getting increasingly important due to the advancement of technology. Nuclear cardiology is one of the growing diagnostic improvements in procedures. Diagnosis of CAD, diagnosis and severity of ischemia, prognosis and risk assessment, assessment of left ventricular function, congestive heart failure, hibernation and stunning difference, presence or absence of viability, cardiac amyloidosis, and identification of infected endocarditis, especially in cases with prosthetic valves are among the daily routine applications of nuclear cardiology. Therefore, it is important for Nuclear Medicine specialists to include clear statements and quantitative data in reporting test results that meet the needs of cardiologists. This article will focus on the indications for referring basic cardiovascular diseases to nuclear cardiology and the reporting expectations based on clinical diagnosis.

Keywords: Nuclear Medicine, cardiology, imaging

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Ahmet Çınar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye
E-posta: ahmetcinaar@gmail.com ORCID ID: orcid.org/0000-0001-5749-7124



Giriş

Nükleer Tıp alanındaki gelişmeler kardiyovasküler hastaların tanı ve görüntülemesinde büyük katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler arasında, görüntü kalitelerindeki artış, çekim sürelerinde kısalma ve kullanılan yeni farmasötik ajanlarla radyasyon maruziyetinin azalmasıdır. Miyokart perfüzyon sintigrafisi (MPS) koroner arter hastalığının (KAH) değerlendirilmesinde kullanılan çok önemli bir non-invaziv görüntüleme yöntemidir. KAH ve KAH dışı hastalıkların değerlendirilmesinde, çeşitli radyofarmasötiklerin kullanımıyla gerçekleştirilen tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) ve pozitron emisyon tomografisi (PET) gibi görüntüleme teknikleri, klinik uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır. Nükleer kardiyoloji alanında yaşanan büyük ilerlemeler, kardiyologlara kardiyak hastalıkların tanısında sağladığı kolaylıklar sayesinde her geçen gün alternatif olmaya devam etmektedir. Bu yüzden Nükleer Tıp ve kardiyoloji uzmanları arasında iş birliği de artmaktadır. Hem Nükleer Tıp hem de kardiyoloji kılavuzlarında nükleer kardiyoloji raporunda nelere dikkat edilmesi gerektiği açıklanmıştır (1,2). Özellikle Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Birliğince bir nükleer kardiyoloji raporunda rapor metninin hekimin net ifadelerle, rahat bir şekilde anlayabileceği, teknikle ilgili karmaşık ifadelerden mümkün oldukça kaçınılması, kalitatif veriler yerine kantitatif verilere yer verilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Sonuç bölümünde ise teknik terimler yerine hekimin istediği ve beklediği tanımlamalara uygun ifadelerle yer

verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu makale, kardiyoloji uzmanlarının hastalarını hangi nedenlerle nükleer kardiyoloji tetkiklerine yönlendirdiğini ve nükleer kardiyoloji uzmanından beklentilerini açıklamaktadır.

İskemik Kalp Hastalıkları

Nükleer Tıp ve kardiyoloji hekimlerinin birlikte multidisipliner çalışmasını gerektiren en önemli konuyu iskemik kalp hastalıkları oluşturmaktadır. Bu durum özellikle kronik koroner sendromlar olarak adlandırılan klinik durumların tanı ve tedavisinde daha da önem kazanmaktadır. Tanısal koroner anjiyografi ve revaskülarizasyon kararının verilmesinde non-invaziv stres görüntüleme yöntemleri kullanılmalıdır. Özellikle medikal tedaviye rağmen şikayetleri devam eden hastalarda revaskülarizasyon kararı verilmeden önce miyokart hasarının ve canlılığının değerlendirilmesi önemlidir (3). Avrupa Kardiyoloji Derneği (*The European Society of Cardiology* - ESC) 2019 Kronik Koroner Sendromlar kılavuzunda MPS ile iskeminin lokalizasyonun ve miyokart canlılığının gösterilmesinin koroner revaskülarizasyon kararının verilmesinde yol gösterici olduğu belirtilmiştir (4). Amerikan Kalp Derneği (*American Heart Association* - AHA) da benzer şekilde stres ve fonksiyonel görüntülemeyi, KAH orta olasılıklı hasta grubunda ve elektrokardiyografi anormalliği olan hastalarda sınıf 1 öneri düzeyinde tanısal amaçlı kullanılabileceğini belirtmektedir (5). Nükleer kardiyoloji tetkikleri ile elde edilen bilgilerle hastaların düşük, orta ve yüksek riskli özellikleri elde edilerek tedavi seçenekleri oluşmaktadır (Tablo 1) (6).

Tablo 1. Radyonüklit görüntüleme ile koroner arter hastalığı risk sınıflaması

Yüksek risk	Orta risk	Düşük risk
İstirahatte sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF) <%35	Hafif/orta derecede sol ventrikül işlev bozukluğu (EF %35-49)	Stres ile miyokardın <%5'inde perfüzyon defekti veya normal perfüzyon durumu
Miyokart enfarktüsü öyküsü olmayan bir hastada miyokardın ≥%10'unu kapsayan istirahat perfüzyon anormallikleri	Miyokart enfarktüsü öyküsü olmayan bir hastada miyokardın %5-9,9'unu kapsayan istirahat perfüzyon anormallikleri	Normal stres veya stres sırasında sınırlı duvar hareket anormalliklerinde değişiklik olmaması
Stres ile sol ventrikül işlevlerinde bozulma (pik egzersizde EF <%45 veya stres ile EF'de ≥%10 düşme)	Stres ile miyokardın ≥%5-9,9'unda perfüzyon bozuklukları veya sol ventrikül genişlemesi olmaksızın tek damar yatağında bozulmalar	
Stres ile miyokardın ≥%10'unda perfüzyon bozuklukları veya çoklu damar yatağında bozulmalar		
Stres ile sol ventrikülde genişleme		

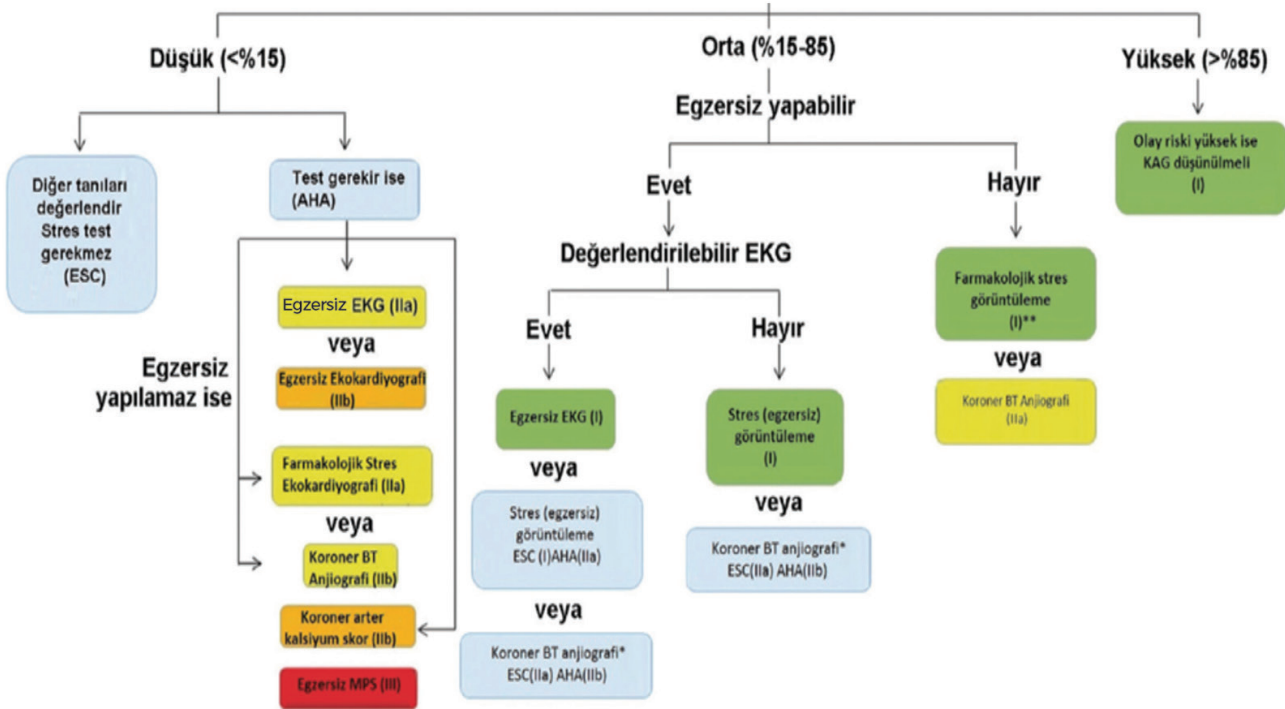
Kronik koroner sendrom şüphesi test öncesi koroner stenoz olasılığına göre ESC ve AHA kılavuzlarına göre görüntüleme algoritması Şekil 1'de gösterilmiştir (7).

Nükleer kardiyoloji için çok önemli bir konu da miyokardiyal canlılığın değerlendirilmesidir. Kronik iskemik kalp hastalıklarında, perfüzyon ve metabolizma arasındaki uyumlu ve uyumsuz bölgelerin detaylı bir şekilde, kalitatif ve kantitatif verilerle, yayılım ve şiddetini içerecek şekilde raporda belirtilmesi, kardiyologlar için hastanın tedavi planlaması açısından son derece faydalı ve önemli bilgiler sağlar. Ayrıca istirahatte sol ve sağ ventrikül işlevinin değerlendirilmesi gereklidir (8).

İskemik kalp hastalıklarına yönelik istenilen nükleer kardiyoloji tetkik raporunda; bölgesel veya global küçük, orta veya büyük boyutlarda iskemi/enfarktüsün tanımlanması, canlı miyokart ve skar ayırımının yapılması, hiberne miyokardın belirlenmesi, hasarın yeri, ciddiyeti ve yaygınlığının sayısal olarak (% miyokart şeklinde) belirtilmesi son derece önemlidir.

Kalp Yetmezliği ve Kardiyomiyopatiler

Kalp yetmezliği (KY), çok farklı etiyolojiye sahip bir klinik durumdur (9). Kardiyolojinin en önemli ilgi alanlarından birisini oluşturmaktadır. KY'nin değerlendirilmesi öncelikle iyi bir anamnez ve klinik muayeneye dayansa da iyi bir görüntüleme ile kesin tanısı doğrulanmaktadır. Bu etiopatolojik durumlar miyokart enfarktüsünde doku kaybına bağlı, onkolojik ve birçok ilaç ilişkili sekonder olabileceği gibi, doğumsal bozukluklara bağlı kardiyomiyopati tablolarıyla da karşımıza çıkabilmektedir (10). Bu etiyojiler geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz hasarla sonuçlanabilmektedir. Ancak etiyojisi ne olursa olsun kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde, tanı ve takiplerde görüntüleme yöntemlerinin büyük önemi mevcuttur. Bunlar arasında ekokardiyografi (EKO), kardiyak manyetik rezonans ve radyonükleer görüntüleme Nükleer Tıp yer almaktadır (11). Nükleer kardiyolojinin ilgi alanları arasında, miyokart hasarının değerlendirilmesi, indüklenebilir



Şekil 1. Kronik koroner sendrom şüpheli hastalarda görüntüleme algoritması

miyokart iskemisi ile miyokart perfüzyonun değerlendirilmesi, hibernasyon-stunning ayrımı ve canlılığın değerlendirilmesi bulunmaktadır. Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu tüm görüntüleme teknikleri ile belirlenebilir (12). Ancak EKO'nun kolay ulaşılabilirliği, daha ucuz olması, radyasyon içermemesi gibi birçok açıdan avantajı bulunmaktadır. EKO'nun yeterli olmadığı durumlarda radyonüklit yöntemler değer kazanmaktadır. Nükleer kardiyolojinin KY ile ilgili temel ilgi alanlarını şunlar oluşturmaktadır;

- Koroner arter hastalığı nedeniyle KY gelişmiş hastalarda, non-invaziv stres görüntüleme (SPECT veya PET) yöntemleriyle miyokart iskemisi ve canlılığının değerlendirilmesi mümkündür (13).
- Koroner arter hastalığı tanısında Tc-99m işaretli radyoizotoplar ile SPECT perfüzyon görüntüleme önemli tanı yöntemidir (14).
- Rb-82 veya 13N-ammonia ile PET ile global koroner akım rezervi belirlenebilir (14).
- Kardiyak transplantasyon uygulanan hastalarda koroner akımın değerlendirilmesi ile greft vaskülopatisi değerlendirmek mümkün olmaktadır (15).
- Kardiyak sarkoidoz tanısında da FDG PET ile artmış metabolik aktivitenin gösterilmesi önemli yer tutar (16).
- Onkolojik hastaların sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun takibinde kullanılmalıdır (17).
- I-123 MIBG sintigrafisi ile konjestif KY ve aritmilerin meydana gelmesinde rol oynayan nörotransmitter aracılı kalbin sempatik inervasyonun erken dönemde saptanmasına olanak sağlar (18).

Kardiyomiyopatiler için nükleer kardiyoloji tetkik raporunda; iskemik ve non-iskemik hasarın belirtilmesi, sol ventrikül istirahat ve stres anında global sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ile bölgesel veya global duvar hareket bozukluklarının veya miyokardın kalınlaşmasının değerlendirilmesi, perfüzyon-metabolizma uyumsuzluğunun ve global akım rezervinin tespiti yer almalıdır.

Kardiyak Amiloidoz

Amiloidoz amiloid fibrillerinin doku ve organlarda ekstrasellüler birikiminden kaynaklanan multisistemik bir hastalıktır. Beraberinde kardiyak tutulumla birlikte değerlendirildiğinde kardiyak amiloidoz kalp yetersizliğinin nedenlerinden biri olup, iyi bir klinik değerlendirme yapılmadığında tanısı kolay atlanabilen bir durumdur (19). Tanısı koyulduğunda gelişen yeni medikal tedavilerle tedavisi mümkün olabilen bir

hastalıktır (20). Bu nedenle, tanı genellikle invaziv bir yöntem olan endomiyokardiyal biyopsi ile konulmaktadır. Farklı amiloid tiplerinde kardiyak tutulum izlenmekte olup, Tc-99m işaretli bifosfonat bileşikleriyle sintigrafik görüntüleme transtiretin amiloidoz (ATTR) tanısında ve hafif zincir amiloidoz ile ayırımında yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip invaziv olmayan bir tanısal yöntemdir (6). 2021 ESC KY kılavuzunda Tc-99m pirofosfat, 3,3-difosfonat 1,2-propanodikarboksilik asit ve hidroksimetilen difosfonat sintigrafisi ile kardiyak amiloidoz tanısında kullanılması gerektiği belirtilmektedir (Şekil 2) (21). En son 2023 yılında ACC Kardiyak Amiloidoz Konsensus raporuna göre tanı algoritması Şekil 3'te gösterilmiştir (22). Bu sebep ile özellikle ATTR amiloidoz, nükleer kardiyologların öncelikli ilgi alanlarından biri olmalıdır.

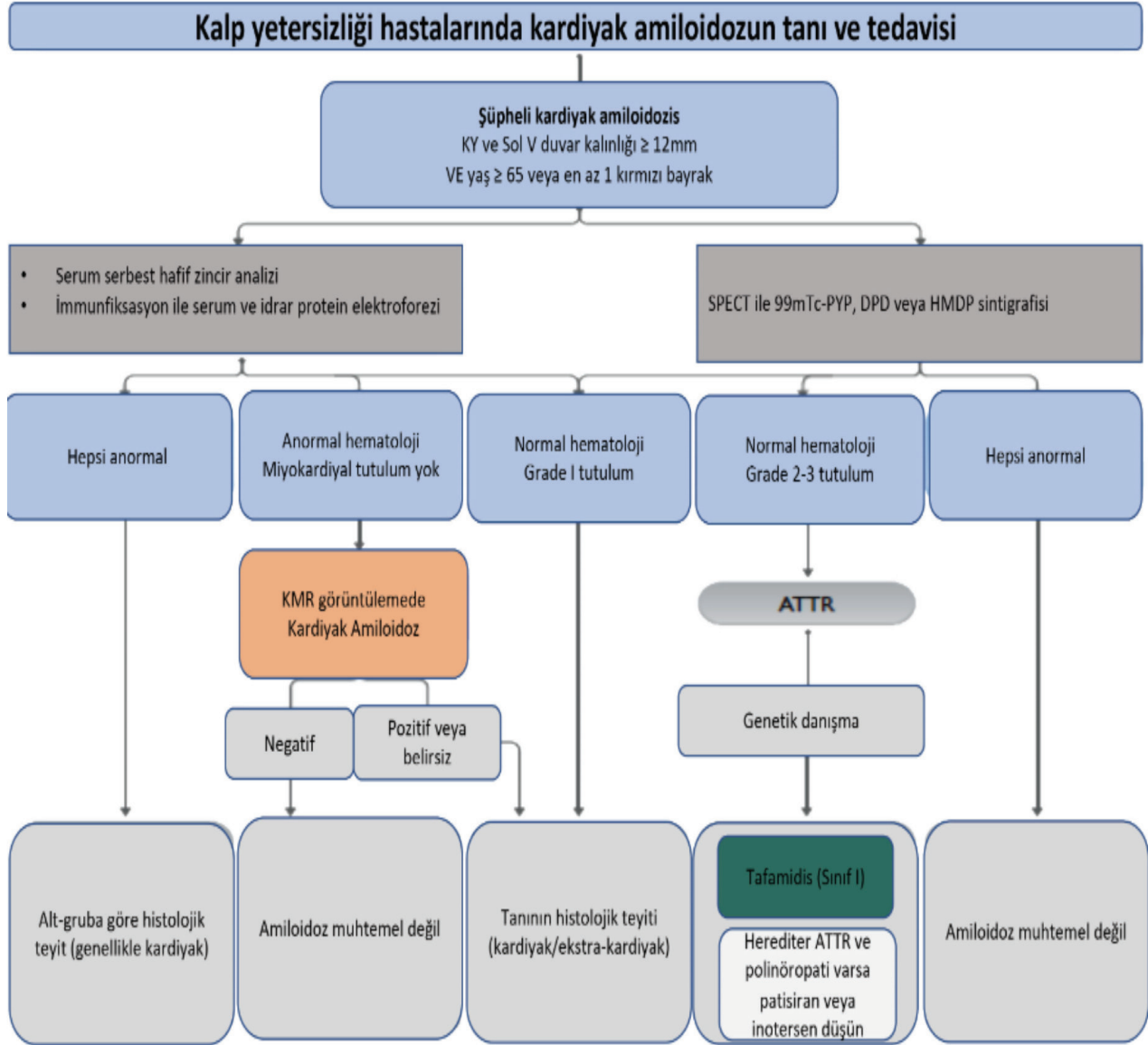
Kardiyak amiloidoz tanısında nükleer görüntüleme çok büyük önemi olduğundan istenilen rapor sonucunda, tutulumun grade 1, 2 ve 3 şeklinde derecelendirilmesi ile düşük, orta ve yüksek olası riskin raporda belirtilmesi gerekmektedir.

İnfektif Endokardit

İnfektif endokardit (İE), kalbin doğal kapaklarının yanında, kalpteki protez materyallerin veya kardiyak cihazların enfeksiyonu olarak tanımlanmaktadır (23). İE tanısında en son yayınlanan 2023 Avrupa kılavuzunda majör kriter arasında nükleer görüntüleme önemli yer elde etmiştir. Transtorasik ve transözefageal EKO'nun yetersiz kaldığı durumlarda bu görüntüleme yöntemleri büyük değer kazanmaktadır. Özellikle F-18 FDG PET/BT ve işaretli lökosit sintigrafisi (beyaz kan hücresi-SPECT/BT) en önemli nükleer görüntüleme yöntemleridir (Şekil 4,5) (23). Gelişmiş ülkelerde kardiyolojik alanlarda gelişen teknolojilerle protez kapak implantasyonları ve kardiyak implante edilebilen cihazların sayısı artmış olsa da beraberinde bu tedavilerle ilişkili infektif endokardit hasta sayısını da artırmıştır. Bu durum özellikle yaşlı hastalarda büyük sorun olmaktadır (24). Bu nedenle, İE tanısı düşünülen ancak klinik ve diğer görüntüleme yöntemleri ile tanısı kesinleştirilemeyen doğal kapak endokardit hastalarında, aynı zamanda protez kapak veya kardiyak implante edilebilen cihaz ilişkili endokardit olgularında, öncelikli olarak kullanılması gereken bu yöntemler, nükleer kardiyolojinin önemli bir alanını oluşturmaktadır.

Sonuç

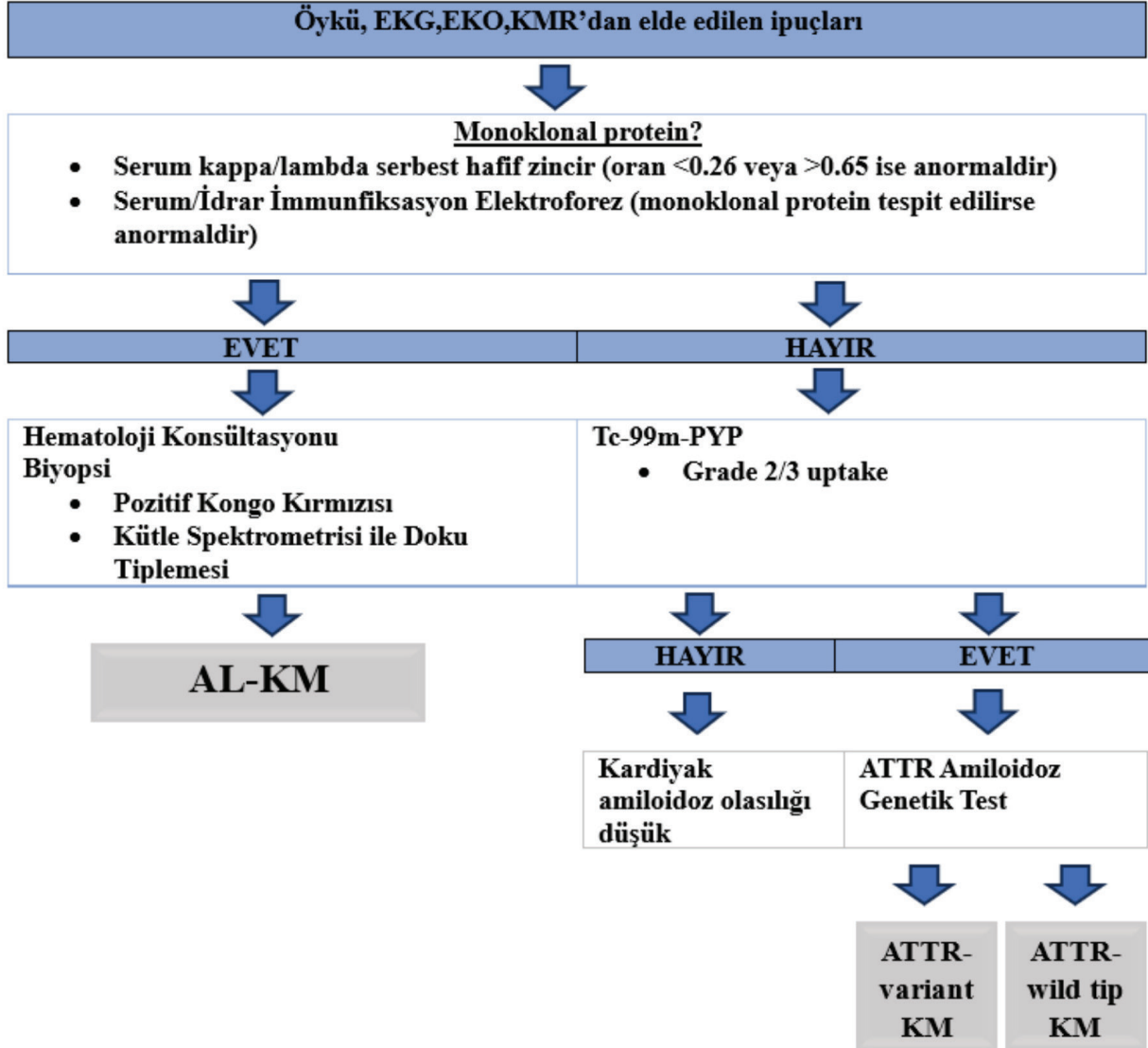
Nükleer Tıp disiplini, teknolojik ilerlemelerin etkisiyle giderek çeşitlenen görüntüleme seçenekleriyle



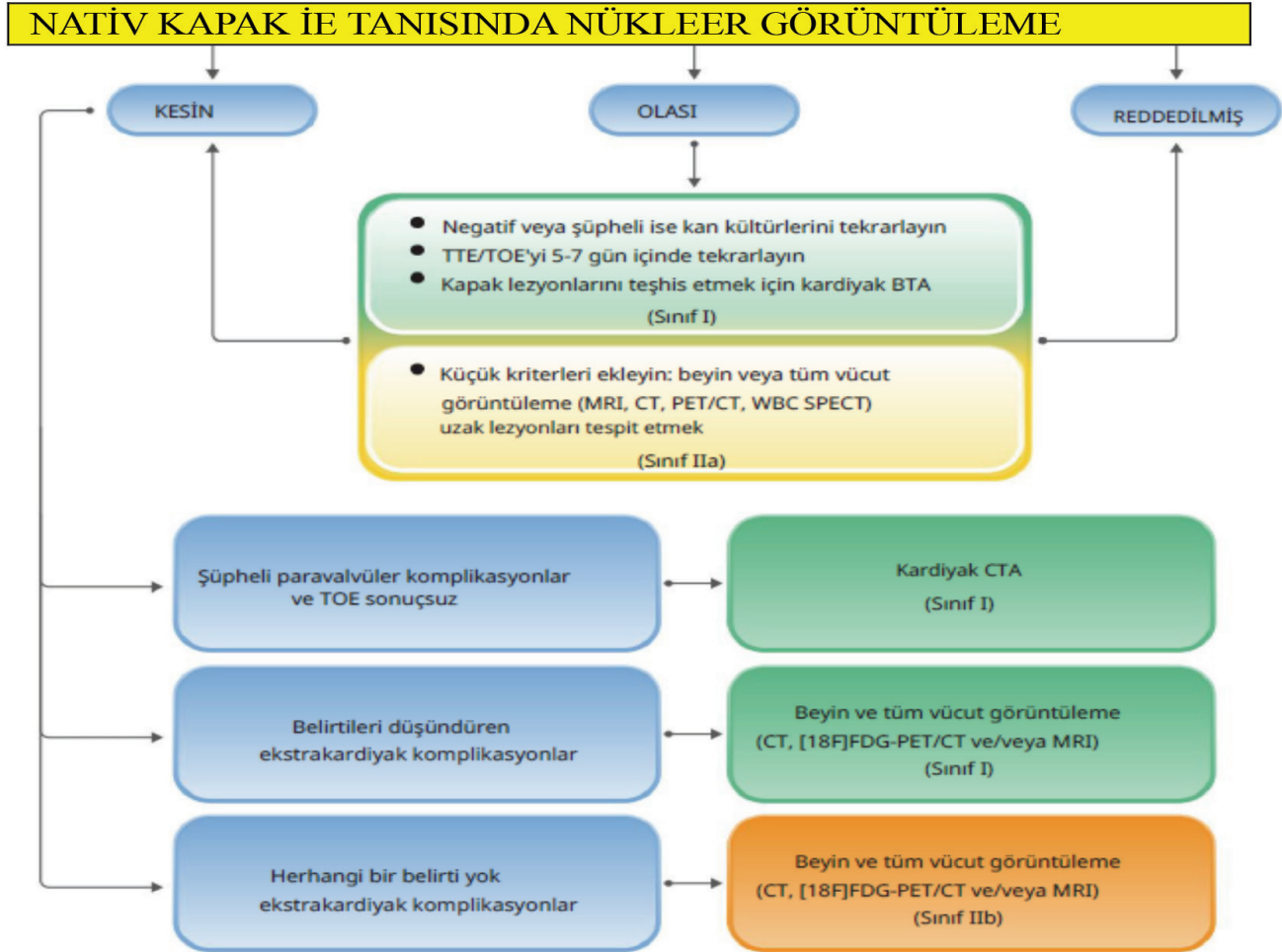
Şekil 2. ESC 2021 kalp yetmezliği kılavuzuna göre kardiyak amiloidoz tanı ve tedavi algoritması
ESC: Avrupa Kardiyoloji Derneği

zenginleşmektedir. Toplum genelinde kardiyovasküler hastalıkların belirgin bir yaygınlığa sahip olması, bu alandaki tanı ve tedavi gereksinimlerini önemli ölçüde artırmıştır. Nükleer kardiyoloji, özellikle klinik pratiğin temel bir bileşeni olarak öne çıkmakta olup, hastaların tanısı, tedavisi ve uzun vadeli prognozunun yönetimi

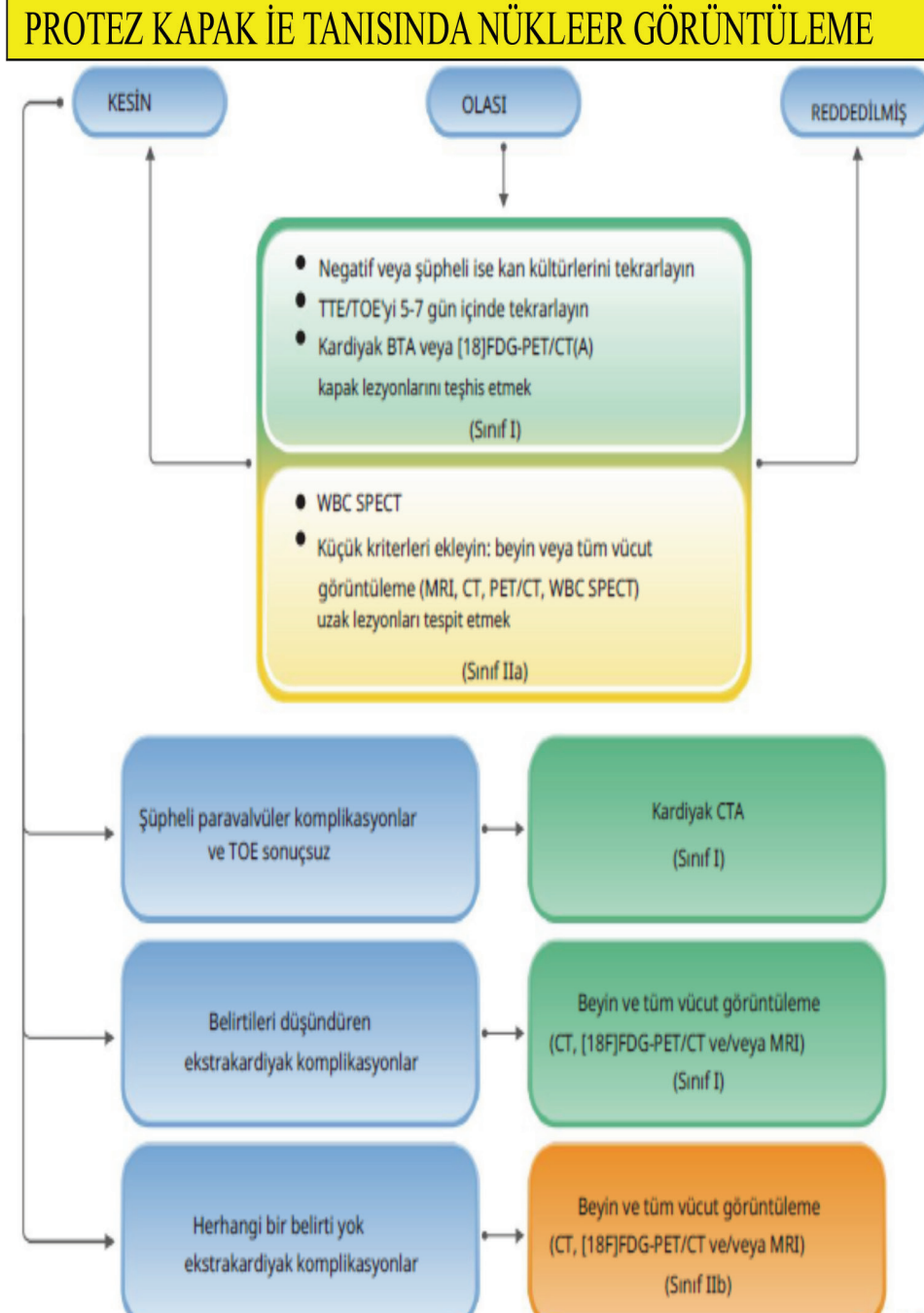
açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, kardiyologlar ile Nükleer Tıp uzmanlarının etkileşim içinde olduğu multidisipliner bir yaklaşım benimsenmesi, hastalıkların bütüncül bir şekilde ele alınmasını sağlamak adına gereklilik arz etmektedir.



Şekil 3. ACC 2023 kardiyak amiloidoz konsensus raporuna göre tanı algoritması



Şekil 4. ESC 2023 İE kılavuzuna nativ kapak İE tanısında nükleer görüntülemenin yeri
ESC: Avrupa Kardiyoloji Derneği, İE: İnfektif endokardit



Şekil 5. ESC 2023 İE kılavuzuna protez kapak İE tanısında nükleer görüntülemenin yeri
ESC: Avrupa Kardiyoloji Derneği, İE: İnfektif endokardit

Kaynaklar

- Members TF, 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.
- 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.
- Karaca Özer P. Kronik koroner sendromlarda temel testler ve non-invaziv incelemeler. Kudat H, editör. *Kronik Koroner Sendromlar*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.19-25.
- Toprak İH, Demirbağ R. *Kronik Koroner Sendromlar*. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2023;20:688-694.
- Members WC, Virani SS, Newby LK, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology* 2023;82:833-955.
- Ural D. Kardiyologların Nükleer Kardiyolojiden Beklentileri. *Nucl Med Semin* 2018;4:157-162.
- Yalçın H, Canbaz Tosun F. Koroner arter hastalığı tanı ve yönetiminde nükleer kardiyoloji. *Nucl Med Semin* 2018;4:80-95.
- Arslan M, Barutçu A, Arslan ŞF, Duygu A. Non-obstruktif Koroner Arter Hasta Grubunda Miyokardiyal İskeminin Miyokard Perfüzyon Sintigrafisi ve Speckle Tracking Ekokardiyografi ile Değerlendirilmesi. *Eskisehir Med J* 2022;3:269-275.
- Groenewegen A, Rutten FH, Mosterd A, Hoes AW. Epidemiology of heart failure. *Eur J Heart Fail* 2020;22:1342-1356.
- Tanai E, Frantz S. Pathophysiology of heart failure. *Compr Physiol* 2011;6:187-214.
- Giubbini R, Milan E, Bertagna F, et al. Nuclear cardiology and heart failure. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:2068-2080.
- Karaçavuş S, Altun GD. Kalp Yetmezliği ve Aritmilerde Nükleer Kardiyoloji. *Nucl Med Semin* 2018;4:106-114.
- Travin MI. Cardiac radionuclide imaging to assess patients with heart failure. *Semin Nucl Med* 2014;44:294-313.
- Paterson I, Mielniczuk LM, O'Meara E, So A, White JA. Imaging heart failure: current and future applications. *Can J Cardiol* 2013;29:317-328.
- 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.
- Sen F, Demir H, Altun GD, Özdemir E, Özdemir S, Tosun FC. Kardiyak Sarkoidozda F-18 FDG PET/BT ile Enflamasyon Görüntüleme Kılavuzu. *Nucl Med Semin* 2020;6:211-219.
- Karaçavuş S. Imaging Modalities Used in Preclinical Studies. *Nucl Med Semin* 2019;5:23-29.
- Altun GD, Serim BD, Özdemir E, et al. İyot-123 Meta-iyodobenzilguanidin Kardiyak İnervasyon Görüntüleme Kılavuzu. *Nucl Med Semin* 2020;6:198-210.
- Çavuşoğlu Y, Özpelit E, Çelik A, et al. Kardiyak amiloidoz: Tanı ve tedavide yenilikler. *Türk Kardiyol Dern Ars* 2019;47(Suppl 2):1-34.
- Murat S, Çavuşoğlu Y, Sivriköz İA. Sol ventrikül hipertrofisi ve korunmuş ejeksiyon fraksiyonlu kalp yetersizliğinin sıklıkla atlanan ve nadir bir nedeni olan doğal (wild type) transtiretine bağlı kardiyak amiloidoz olgusu. *Türk Kardiyol Dern Ars* 2021;49:579-584.
- Simões MV, Fernandes F, Marcondes-Braga FG, et al. Position statement on diagnosis and treatment of cardiac amyloidosis–2021. *Arq Bras Cardiol* 2021;117:561-598.
- Kittleston M, Ruberg F, Ambardekar A, Brannagan T, Cheng R. 2023 ACC expert consensus decision pathway on comprehensive multidisciplinary care for the patient with cardiac amyloidosis: a report of the American College of Cardiology solution set oversight committee. *J Am Coll Cardiol* 2023;81:1076-1126.
- Fowler Jr VG, Durack DT, Selton-Suty C, et al. The 2023 Duke-International Society for Cardiovascular Infectious Diseases criteria for infective endocarditis: updating the modified Duke criteria. *Clin Infect Dis* 2023;77:518-526.
- Şimşek-Yavuz S, Akar AR, Aydoğdu S, et al. İnfektif endokarditin tanısı, tedavisi ve önlenmesi: Ulusal uzlaşma raporu. *Klinik Derg* 2019;32:2.