



I-131 Tüm Vücut Tarama ve I-131 Uptake Testi

I-131 Whole-body Scan and I-131 Uptake Test

© Pınar Akkuş Gündüz, © Mine Araz

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Radyoaktif iyot (RAİ) iyot-131 (I-131), hem gama ışını hem de beta ışınımı olan, bu sayede benign ve malign tiroid hastalıklarının tanısında ve tedavisinde uzun yıllardır kullanılan bir radyonüklittir. I-131 tüm vücut tarama, iyotun diferansiye fonksiyonel tiroid dokusunda konsantre edilmesi, yüksek hedef/geri plan aktivitesi ve özgüllüğü nedeniyle diferansiye tiroid kanserleri (DTK) takibinde klinikte en çok kullanılan görüntüleme yöntemi olmuştur. Ancak, serum tiroglobulin ve anti-tiroglobulin değerlerinin en az RAİ tutulumu (RAIU) kadar DTK için özgül bir belirteç olması, ultrasonografinin servikal lenf nodu metastazlarını ve lokal nüks dokuyu başarıyla tarama imkanı sağlaması özellikle düşük riskli hasta grubunda I-131 tarama kullanımını bir hayli sınırlandırmıştır. RAIU testi ise tiroid bezi içinde radyofarmasötik tutulumu ve kinetik süreçleri yansıtarak tiroid bezinin iyot metabolizmasının kantifikasyonunu sağlar, tirotoksikoz ayırıcı tanısında ve özellikle hipertiroide RAİ tedavisi doz planlamasında önemlidir.

Anahtar Kelimeler: I-131, tüm vücut tarama, RAIU, radyoaktif iyot

Abstract

Radioactive iodine I-131 is a radionuclide that emits both gamma and beta radiation and, for this reason, has long been used in the diagnosis and treatment of benign and malignant thyroid diseases. I-131 whole-body scan has been the most commonly used imaging method in clinical practice for the follow-up of differentiated thyroid cancer (DTC) owing to the concentration of iodine in differentiated functional thyroid tissue, a high target-to-background activity ratio, and its specificity. However, the fact that serum thyroglobulin and anti-thyroglobulin levels are markers as specific for DTC as RAI uptake (RAIU), and that ultrasonography enables successful screening for cervical lymph node metastases and local recurrent tissue, has considerably limited the use of I-131 scan, particularly in the low-risk patient group. The RAIU test, on the other hand, reflects radiopharmaceutical uptake and kinetic processes within the thyroid gland, thereby enabling quantification of thyroid iodine metabolism; it is important in the differential diagnosis of thyrotoxicosis and, especially in hyperthyroidism, in planning the dose for RAI therapy.

Keywords: I-131, whole body scan, RAIU, radioactive iodine

Giriş

Iyot-131 (I-131) radyoaktif iyot (RAİ); hem gama ışını (364 keV) hem de beta ışınımı (ortalama 0.192 MeV) olan, bu sayede benign ve malign tiroid hastalıklarının tanısında ve tedavisinde uzun yıllardır kullanılan bir radyonüklittir. Fiziksel yarı ömrü yaklaşık 8 gündür. Iyot tiroid hormonu üretim mekanizmasında tiroksin prekürsörü olarak görev alır. Radyoaktif formdaki iyot

da aynı fizyolojik yoldan tiroid bezinde hücre içine alınır ve tiroid hormonu üretim mekanizmasındaki yollara katılır (1). RAİ, diferansiye tiroid kanserinin (DTK) tedavisinde ve tedavi sonrası takiplerde tüm vücut tarama (TVT) amacıyla yaklaşık 1940'lerden beri kullanılmaktadır. RAİ TVT, iyotun diferansiye fonksiyonel tiroid dokusunda konsantre edilmesi, yüksek hedef/geri plan aktivitesi ve özgüllüğü nedeniyle DTK takibinde klinikte en çok kullanılan görüntüleme yöntemi

Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Dr. Öğr. Üyesi Pınar Akkuş Gündüz, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: pakkus_@hotmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-6336-3066

Geliş Tarihi/Received: 02.02.2026 **Kabul Tarihi/Accepted:** 04.03.2026 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 31.03.2026

Cite this article as/Atıf: Akkuş Gündüz P, Araz M. I-131 whole-body scan and I-131 uptake test. Nucl Med Semin. 2026;12:1-10



Copyright© 2026 Yazar. Türkiye Nükleer Tıp Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Copyright© 2026 The Author. Published by Galenos Publishing House on behalf of Turkish Nuclear Medicine Society. This is an open access article under the Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

olmuştur (2). Tarama; RAI tedavisi öncesinde, sonrasında ve tanısal amaçlı takipte yapılabilmektedir. Günümüzde tedavi sonrası tarama rutin olarak kullanılmakta olup tedavi öncesinde ve tanısal amaçlı kullanımı eskisi kadar yaygın bir uygulama değildir. I-131'in yarı ömrünün uzun olması nedeniyle radyasyon maruziyetinin yüksek olması, tarama hazırlık aşamasının yan etkileri nedeniyle yaşam kalitesini düşürebilmesi ve kümülatif yüksek doz uygulanan hastalarda sitopeni ya da lösemi başta olmak üzere sekonder malignite olasılığını artırdığına dair yayınlar bulunması nedeniyle rutin takiplerde kullanımı tartışmalı bir hal almıştır. Son yıllarda serum tiroglobulin (Tg) ve anti-tiroglobulin (TgAb) değerlerinin en az RAI tutulumu (RAIU) kadar DTK için özgül bir belirteç olması, ultrasonografinin (USG) servikal lenf nodu metastazlarını ve lokal nüks dokuyu başarıyla tarama imkanı sağlaması özellikle düşük riskli hasta grubunda I-131 TVT kullanımını bir hayli sınırlandırmıştır (3). RAIU testi ise tiroid bezi içinde radyofarmasötik tutulumu ve kinetik süreçleri yansıtarak tiroid bezinin iyot metabolizmasının kantifikasyonunu sağlar. Bu derlemede, I-131 TVT ile RAIU testi tekniği, endikasyonları ve uygulamaları anlatılacaktır.

I-131 Tüm Vücut Tarama

1. Çekim Protokolü

1.1. Hazırlık

RAI ile TVT'de tanısal performansı artırmanın temel koşullarından biri, tarama öncesinde yeterli tiroid uyarıcı hormon (TSH) uyarısının sağlanmasıdır. Klinik uygulamada çoğunlukla TSH'nin 30 mU/L'nin üzerine çıkarılması hedeflenir. Bu amaçla iki ana hazırlık yaklaşımı vardır: tiroid hormonlarının kesilmesiyle endojen uyarı oluşturmak ya da tiroid hormonlarına devam ederken ekzojen rekombinan insan TSH (rhTSH) ile uyarı sağlamak. Endojen stimülasyonda genellikle T4'ün yaklaşık 4 hafta, T3'ün ise 2 hafta kesilmesi önerilir (4). Ancak bu protokol, uzayan hipotiroidi döneminin günlük yaşamı belirgin biçimde zorlaştırması yanında böbrek fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek RAI eliminasyonunu yavaşlatabilmekte; sonuçta vücutta tutulan aktivite artışı nedeniyle radyasyon dozunu yükseltebilmektedir. Bu nedenlerle, hastayı uzun süre hipotiroidide bırakmadan hazırlanmayı mümkün kılan seçenekler giderek daha fazla gündeme gelmiştir. Bu seçeneklerin en bilinen örneği, tiroid hormonları kesilmeden uygulanan rhTSH protokolüdür. Sıklıkla iki ardışık gün 0,9 mg intramüsküler rhTSH uygulanır; ardından yaklaşık 24 saat sonra I-131

oral verilir. Uygulamadan 48 saat sonra görüntüleme ile birlikte Tg ve TgAb ölçümleri yapılır (5). Ayrıca pitüiter yetmezliği bulunan olgularda endojen TSH yanıtı yeterli olmayabileceğinden rhTSH, pratik olarak önemli bir alternatif, bazı durumlarda ise gerekli bir yöntem haline gelir. Bununla birlikte rhTSH hazırlığının, uyarının kısa sürmesi ve bu sürede sodyum-iyodür simporteri (NIS) ekspresyonunun istenen ölçüde artırılmaması nedeniyle bazı hastalarda iyot tutulumu/retansiyonunun düşük kalabilmesi, maliyet ve benzeri faktörler açısından dezavantajları da göz önünde bulundurulmalıdır (6). Hipotiroidiye bağlı yakınmaları azaltmak amacıyla, rhTSH dışında bir ara yaklaşım olarak daha kısa süreli T4 kesilmesi üzerinde de durulmuştur. Çalışmalarda 2-3 haftalık T4 kesilmesi, daha uzun süreli kesilme protokolleriyle karşılaştırıldığında hipotiroidi ilişkili şikayetleri belirgin azaltırken, pek çok olguda yine de hedeflenen TSH >30 mU/L düzeyine ulaşılabildiği bildirilmiştir. Öte yandan bazı araştırmacılar, rhTSH uygulanacak hastalarda bile ağır hipotiroidi bulgusu oluşturmayacak kadar kısa bir hormon kesilmesinin, ekzojen iyot maruziyetinin etkisini sınırlayabileceğini ileri sürmüştür. Ancak bu stratejinin doğrudan I-131 TVT duyarlılığı üzerindeki etkisini ortaya koyan yeterli kanıt bulunmadığı belirtilmektedir (7,8). Hangi stimülasyon yönteminin tercih edileceği tek bir kuralla belirlenmemeli; hedeflenen klinik soru ve hastanın özellikleri birlikte değerlendirilmelidir. Normal tiroid dokusunda NIS ekspresyonu görece iyi olduğundan, çoğu durumda rezidü fonksiyonel dokunun saptanması için uzun süreli ve yoğun TSH uyarısı şart olmayabilir; bu senaryolarda rhTSH yeterli bir hazırlık sağlayabilir. Buna karşılık metastatik lezyonlarda NIS ekspresyonu ve fonksiyonu sıklıkla zayıfladığından, daha güçlü/uzun süreli uyarı ile iyot tutulumu ve retansiyonunun artırılması taramanın doğruluğunu etkileyebilir. Nitekim rhTSH ile yapılan taramalar ile hormon kesilerek yapılan taramaları karşılaştıran çalışmalarda, rhTSH hazırlığı sırasında rezidü odakların bir bölümünün ve metastatik lezyonların daha yüksek bir oranının atlanabildiği, aynı hastalarda T4 kesilerek tarama tekrarlandığında bu odakların görünür hale gelebildiği raporlanmıştır. Benzer biçimde, endojen uyarı ile elde edilen Tg yanıtının rhTSH'ye göre daha yüksek olabildiği; bu nedenle bazı hastalarda rhTSH ile hastalık değerlendirmesinin optimal olmayabileceği vurgulanmaktadır (9).

Ayrıca TSH stimülasyonunun yanında hazırlık aşamasında; RAI'nin rezidü ya da metastatik dokuda

daha iyi tutulabilmesi için uygulama öncesinde genellikle yaklaşık 2 hafta süreyle iyottan fakir diyet önerilmektedir. Buna ek olarak, iyot yükü oluşturabilecek tiroid hormon preparatları, iyot içeren çeşitli ilaçlar ve multivitamin ürünlerin 4-6 hafta önceden kesilmesi gerektiği bildirilmektedir. Gerektiğinde, maruziyetin azaldığını objektif olarak göstermek amacıyla idrar iyot düzeyi ölçümü yapılarak iyot etkisinin ortadan kalktığı doğrulanabilir. RAI uygulamasından sonra ise klinik gereksinime göre 1-3 gün içinde tiroid hormon replasmanına yeniden başlanabileceği belirtilmektedir (10,11,12,13). İyotlu kontrast maruziyeti açısından bakıldığında; bazı çalışmalarda kontrast sonrası idrar iyot düzeylerinin 4-6 hafta içinde normale dönebildiği gösterilse de iyot tutan dokularda kontrast etkisinin daha uzun sürebileceği dikkate alınarak iyotlu kontrast içeren radyolojik incelemelerden sonra en az 2 ay geçmeden RAI uygulanmaması önerilmektedir. Bununla birlikte Nükleer Tıp ve Moleküler Görüntüleme Derneği'nin (*Society of Nuclear Medicine*) güncel kılavuzunda bekleme süresi 3-4 hafta olarak da ifade edilmiştir. Öte yandan biyolojik yarı ömrü yaklaşık 6 ay olan amiodaron kullanımı söz konusuysa, önerilen bekleme süreleri kontrast maruziyetine kıyasla belirgin şekilde daha uzundur (4).

Diğer bir önemli durum, RAI planlanmadan önce gebelik mutlaka dışlanmalıdır. Özellikle 12-55 yaş aralığındaki kadınlarda, uygulama öncesinde gebelik testi ile doğrulama yapılması önerilmektedir (4). Emzirme açısından ise, I-131 uygulanacak hastalarda emzirmenin en az 6 hafta önce kesilmesi; mümkünse 3-6 ay önceden sonlandırılması tercih edilir. Bu yaklaşım, meme dokusunun maruz kalacağı radyasyon dozunu azaltmaya yöneliktir (14,15). Kontrasepsiyon önerileri de uygulanan doza ve amaca göre değişebilir: tanısal amaçla düşük doz I-131 verilen hastalarda yaklaşık 4 ay süreyle kontrasepsiyon önerilmektedir. Ayrıca tanısal TVT'de kullanılan düşük dozlarla dahi, serebral veya spinal metastaz varlığında ödem/kompresyon riskine karşı profilaktik kortikosteroid seçeneği klinik olarak değerlendirilebilir. Son olarak, iyot emiliminin optimal düzeyde sağlanması amacıyla oral alım öncesinde 4 saat, uygulama sonrasında ise 1 saat açlık önerilmektedir (16).

1.2. Görüntüleme Tekniği

Tanısal amaçlı I-131 ile TVT planlandığında, oral I-131 alımını takiben 24-72 saat içinde görüntüleme yapılması önerilmektedir (4). I-131 ile yapılan taramalarda erken

görüntülemenin pratik üstünlüğü, eğer iyot tutan bir odak saptanırsa gecikmeden yüksek doz RAI tedavisine geçilerek "stunning" etkisi riskinin azaltılabilesidir. Bununla birlikte 72 saate kadar uzatılan geç görüntüler, geri plan aktivitesinin azalmasıyla patolojik odakların kontrastının artmasına ve fizyolojik gastrointestinal aktivitenin yer değiştirme/temizlenme paterninin izlenmesine olanak vererek özellikle batin içindeki olası patolojik birikimlerin daha net ayrımını sağlayabilir. Hipotiroidi varlığında iyot klirensinin yavaşlaması, özellikle yüksek doz alan tedavi hastalarında erken çekim yapılırsa geri plan aktivitesinin yüksek kalmasına yol açabilir; bu durum küçük rezidü ya da metastazların gözden kaçmasına neden olabilir. Tedavi sonrası tarama için en uygun zaman aralığı, farklı merkez deneyimlerinde 2-10 gün arasında değişen biçimde bildirilmiştir (17). Eğer tedavi rhTSH eşliğinde uygulanmışsa renal klirensin belirgin etkilenmemesi beklenebileceğinden, görüntülemenin 48. saatte yapılabilmesi belirtilmektedir (16). I-123; sadece tanısal amaçlı görüntülemelerde kullanılabilen beta ışınımı olmayan bir radyonüklittir. Yarı ömrü 13,2 saat, gama enerjisi 159 keV'dir. I-131 ile karşılaştırıldığında efektif tüm vücut radyasyon dozunun düşük olması, enerjisinin gama kameralarda görüntülemeye daha uygun olması ve beta ışınımı olmadığından stunning'e sebep olmaması nedeniyle tanısal amaçla kullanım için ideal bir görüntüleme ajanıdır. Ancak; maliyetinin yüksek olması ve zor ulaşılabilmesi, kısa yarı ömür nedeniyle merkezi dağıtımının güç ve görüntüleme aralığının dar olması, I-131'e göre sensitivitesinin düşük olması gibi önemli dezavantajları vardır. Bu nedenle I-131'in kullanımı daha yaygındır (18).

Teknik açıdan I-131 TVT, geniş görüş alanlı çift başlı gama kamera ile yüksek enerjili paralel delikli kolimatör kullanılarak yapılır; enerji piki 364 keV seçilir ve pencere aralığı çoğunlukla %20 olarak ayarlanır. Çekim sırasında hasta genellikle supin pozisyonda, baş hafif ekstansiyonda olacak şekilde yatırılır. Anterior ve posterior tüm vücut görüntülerinde tarama hızı 8-13 cm/dk aralığında seçilebilir; matriks boyutu 512×512 ya da 1024×256 kullanılabilir. Boyun bölgesinin ayrıntılı değerlendirilmesi için pinhol kolimatör ile ek statik görüntü alınması mümkündür; tükürük bezleri gibi anatomik referans noktaları, gerektiğinde radyoaktif işaretleyici ile belirginleştirilebilir. Metastaz açısından kuşkulu alanlardan 256×256 matrikste, yaklaşık 500.000 sayım hedeflenerek ya da 10-20 dakikalık ek statik görüntüler elde edilebilir (4,16).

Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) açısından; tüm vücut SPECT'nin yüksek radyasyon dozu, uzun çekim süresi ve duyarlılığa sınırlı katkısı nedeniyle rutin önerilmediği vurgulanmaktadır. Bunun yerine, TVT'de fizyolojik tutulum alanları dışında aktivite birikimi izlenen bölgelerden ve/veya boyun-toraks gibi metastaz olasılığının yüksek olduğu alanlardan bölgesel SPECT yapılması daha uygun bir yaklaşımdır. Önerilen SPECT parametreleri arasında 364 keV enerji pikinde %10 pencere aralığı, 128x128 matriks, 360° rotasyon ve her görüntü için 20-30 sn olacak şekilde toplam 64 projeksiyon yer alır. Atenüasyon düzeltme ve anatomik korelasyon amacıyla kontrastsız, düşük doz BT çekimi önerilir (ör. 130-140 keV, 80 mAs, 3 mm kolimasyon, 0,8 pitch). Rekonstrüksiyonda 3 boyutlu sıralı alt küme beklenti-maksimizasyon (örneğin; 8 iterasyon, 4 subset) kullanılabilir; ardından iş istasyonunda işlenerek multiplanar füzyon görüntüleri oluşturulur (16,17). Görüntüleme öncesinde mesanenin boşaltılması önerilir. Oral kavite veya özofagusta kalan aktiviteyi azaltmak için hastaya su içirildikten sonra ek görüntü alınabilir. Gastrointestinal aktivite ile ayırımı güç olduğu durumlarda, fizyolojik aktivitenin temizlendiğini göstermek amacıyla geç görüntüleme yapılması ve/veya laksatif kullanımı değerlendirilebilir. Kontaminasyondan şüphelenildiğinde uygun temizlik ve kıyafet değişimi sonrası geç görüntüler veya lateral statik çekimler ile doğrulama yapılabilir (19).

Dozimetri açısından oral uygulama sonrası RAI'nin hızlı emildiği; temel atılım yolunun üriner sistem olduğu ve kritik organın mesane duvarı kabul edildiği belirtilmektedir. 74-148 MBq aralığında doz uygulandığında, mesane duvarının aldığı dozun I-123 için 0,097 mGy/MBq, I-131 için ise 0,66 mGy/MBq olduğu; efektif tüm vücut dozunun ise I-123 için 0,01 mSv/MBq ve I-131 için 0,058 mSv/MBq düzeyinde bildirildiği ifade edilmektedir (16).

2. Endikasyonlar

2.1. Radyoaktif İyot Tedavisi Öncesinde

Preoperatif dönemde, I-131 veya I-123 ile TVT için rutin bir endikasyon bulunmamaktadır. Bunun yerine, ameliyat öncesi nodül değerlendirmesinde gerektiğinde I-123 ile tiroid sintigrafisi kullanılabilir. Ancak pratikte, Tc-99m perteknetat ile tiroid sintigrafisi; daha düşük maliyet, daha kolay erişilebilirlik ve hasta açısından daha az zahmetli bir protokol sunması nedeniyle çoğu merkezde daha sık tercih edilen radyofarmasötik yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (20).

Total tiroidektomi sonrası RAI tedavisi planlanan hastalarda “ablasyon öncesi tanısal iyot taramasıyla evreleme yapılmalı mı?” sorusu uzun süre tartışılmıştır. Bu yaklaşımı savunan görüşe göre, tanısal tarama ile önceden bilinmeyen metastazların saptanması halinde ablasyon dozu yerine doğrudan yüksek doz RAI'ye geçilebilmesi, taramada rezidü doku yoksa ablasyon amaçlı RAI tedavisinden vazgeçilebilmesi veya nadir de olsa beyin metastazı gibi beklenmedik durumlarda steroid eşliğinde tedavi stratejisinin hızla düzenlenebilmesi teorik olarak avantaj sağlayabilir. Buna karşın, I-131 sonrası “*stunning*” etkisi gelişmeden günler içinde yüksek doz tedavinin her zaman uygulanabilir olmaması, evreleme mutlaka yapılacaksa bunun mümkünse I-123 ile yapılmasını günümüzde daha kabul gören bir seçenek haline getirmiştir. Ayrıca bazı çalışmalarda, rezidü tiroid dokusundaki belirgin iyot tutulumu nedeniyle metastatik odakların tanısal taramada beklendiği ölçüde görünür olmayabileceği; dolayısıyla tedavi öncesi taramanın, tedavi sonrası yüksek dozla yapılan taramaya kıyasla daha düşük duyarlılığa sahip olabileceği bildirilmiştir. Diğer yandan, RAI tedavisi öncesi evrelemenin pek çok olguda tedavi uygulanıp uygulanmayacağı kararını klinik açıdan belirgin biçimde değiştirmediklerini gösteren veriler de mevcuttur. Örneğin yüksek riskli hastalıkta, stimüle Tg ve TgAb saptanamaz olsa ve iyot tarama normal görünse bile okült metastaz olasılığı nedeniyle adjuvan RAI tedavisi endikasyonu gündemde kalabilmektedir. Düşük ve orta risk gruplarında da benzer biçimde, tarama normal olsa bile minimal/belirgin Tg yüksekliği ve/veya TgAb pozitifliği varlığında tedavi verilmesi gerekebilmektedir. Çok düşük riskli hastalıkta ise, iyot taramanın izlemde dahi endikasyonunun sınırlı olması ve Tg/TgAb normal seyrettiği sürece zaten RAI tedavi gereksiniminin bulunmaması nedeniyle, yalnızca evreleme amacıyla (I-123 ile bile olsa) ablasyon öncesi rutin tarama önerilmemektedir. Bu çerçevede, rezidü tiroid dokusunun büyüklüğünü araştırmak için Tc-99m perteknetat ile tiroid sintigrafisi; uygulanması daha kolay, maliyeti düşük ve erişilebilirliği yüksek bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Amerikan Tiroid Birliği 2025 kılavuzunda da RAI tedavisi öncesi eğer tedavi planına katkısı olacaksa ulaşılabiliriyorsa I-123 veya ulaşılıyorsa düşük doz I-131 ile tanısal TVT yapılabileceği belirtilmiştir (21).

Dozimetri çalışması hedefleniyorsa RAI tedavisi öncesi tarama endikasyonu vardır. Avrupa Nükleer Tıp Derneği tarafından önerilen yaklaşımlarda kan ve kemik iliği dozu

dikkate alınarak hasta bazında doz hesaplaması yapılır; RAI uygulamasını izleyen en geç 24. saatten itibaren başlayarak, bir efektif yarı ömür boyunca tekrarlayan TVT'ler ve seri kan örneklemeleri gerekmektedir. Dozimetrik yöntemle tedavi edilen hastalarda tam yanıt oranlarının ampirik dozla tedavi edilenlere kıyasla daha yüksek olabileceği; buna karşın ampirik yaklaşımlara göre daha yüksek dozlar uygulanmasına rağmen yan etki profilinde belirgin bir kötüleşme izlenmediğine dair bulgular rapor edilmiştir (22,23). Dozimetrik protokollerde SPECT kullanılması durumunda, hedef volümdeki aktivitenin mutlak kantifikasyonu teorik olarak mümkün hale gelir. Ancak I-131'in yüksek gama enerjisi nedeniyle kullanılan yüksek enerjili kolimatörlerde uzaysal çözünürlüğün, düşük enerjili radyofarmasötiklere göre daha zayıf olması; SPECT tabanlı kantifikasyonda hata olasılığını artırabilmektedir. Literatürde SPECT ile dozimetri çalışmalarının önemli bir kısmı fantom temelli olsa da *in vivo* verilerin eklendiği yayınlarda gerçeğe yakın kantifikasyon başarısının oldukça yüksek olduğu gösterilmiştir. Öte yandan, sistemin uzaysal çözünürlüğünün yarısı veya daha küçük boyuttaki tümör odaklarında parsiyel volüm etkisini azaltmak için ek kompensasyon yaklaşımlarına ihtiyaç duyulabilmektedir (24,25).

2.2. Radyoaktif İyot Tedavisi Sonrasında

Ablasyon, adjuvan ya da tedavi hedefiyle RAI verilen tüm hastalarda, uygulama sonrasında mutlaka tedavi sonrası TVT yapılması önerilmektedir. Yüksek doz RAI'yi izleyen tarama, hastalığın yaygınlığını ortaya koyma ve evrelemeyi güncelleme açısından yüksek duyarlılığa sahiptir. Nitekim tedavi sonrası TVT'de, preablatif tanısal I-131 TVT ile kıyaslandığında hastaların yaklaşık %10-20'sinde ek metastatik odakların saptanabildiği bildirilmiştir (26). Bu ek bulguların klinik sonuçlara yansıdığı çalışmalarda, olguların yaklaşık %10'unda evrelemenin değiştiği; ayrıca %9-15'inde izlem stratejisinin (örneğin; yeniden cerrahi, tekrar RAI uygulanması ya da takip yaklaşımının revize edilmesi) tedavi sonrası tarama bulgularına göre değişebildiği gösterilmiştir (27). Tedavi sonrası taramanın bir diğer önemli katkısı da rezidü tiroid dokusunun değerlendirilmesidir. Rezidü dokudaki iyot tutulumu düzeyi, primer cerrahinin etkinliğine dolaylı bir gösterge sağlayarak DTK izlemi sırasında persistan hastalık veya rekürrens riskini öngörmede anlamlı bir belirteç olarak değerlendirilmektedir (28).

Tedavi sonrasında özellikle rezidü doku, fizyolojik tiroid bezi aktivitesi ve metastatik lenf nodu aktivitesinin

ayırıcı tanısında SPECT ile değerlendirme tanısal gücü önemli oranda artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda tedavi sonrası taramada SPECT'nin duyarlılığı %78, özgüllüğü %100 olarak bildirilmiştir. Özellikle servikal ve mediastinal metastatik lenf nodlarının saptanmasında SPECT'nin sensitivitesi planar görüntülemeye göre daha yüksektir. Tedavi sonrası takiplerde planar sintigrafinin spesifitesi %78 iken, SPECT ile bu oran %98'e yükselmektedir ve hastaların yaklaşık %25'inde takip ve tedavi stratejisinde değişikliğe sebep olduğu gösterilmiştir (29,30,31).

2.3. Tanısal Amaçlı

DTK takibinde USG; düşük maliyetli olması, ihmal edilebilir düzeyde radyasyon içermesi, kolay erişilebilirliği ve deneyimli uygulayıcılarla yüksek tanısal performans sağlaması nedeniyle gerek rutin kontrollerde gerekse nöks/persistan hastalık şüphesinde birinci basamak görüntüleme olarak konumlanır. Buna karşılık RAI taramanın izlemde belirli aralıklarla rutin uygulanması; görece yüksek radyasyon maruziyeti, düşük dozlarda bile benign olsa dahi tükürük bezi hasarı gibi yaşam kalitesini etkileyebilen yan etkiler, serum Tg/TgAb gibi pratikte daha güçlü tümör belirteçlerinin yaygın kullanımı ve literatürde raporlanan çok sayıda yanlış negatif/yanlış pozitif nedeninin bulunması gibi gerekçelerle artık genel olarak önerilmemektedir (21). Bununla birlikte, uygun endikasyonda RAI TVT'nin hasta yönetimine kayda değer katkılar sağlayabildiği de unutulmamalıdır. Taramanın yorumlanmasında fizyolojik tutulum alanları ile patolojik birikimlerin ayrımının, gerektiğinde ek görüntüleme yöntemleri ve SPECT ile desteklenmesi doğruluğu belirgin artırır. Bu nedenle, tıpkı USG'de olduğu gibi, RAI görüntülerinin doğru planlanması ve yorumlanmasında mesleki deneyim kritik öneme sahiptir (19).

Ablasyon sonrası erken döneme ilişkin yaklaşımda; tedavi sonrası yaklaşık 6. gündeki taramada rezidü dokuda veya metastatik odakta belirgin RAI tutulumu izlenmişse, 6-12. ay aralığında düşük dozla tanısal amaçlı bir tarama yapılması gündeme gelebilir. Bu ilk tanısal TVT ile ablasyonun etkinliği yeniden değerlendirilirken, tedavi sonrası taramada rezidü dokudaki yoğun aktivite nedeniyle maskelenmiş olabilecek metastatik odaklar daha görünür hale gelebilir. Aynı zamanda tarama ile eş zamanlı ölçülen stimüle Tg ve TgAb değerleri, özellikle 6-12. ay penceresinde izlem stratejisinin şekillenmesinde önemli rehberlik sağlar. Nitekim 6-12. ayda RAI TVT'si normal bulunan hastalarda rekürrens ve mortalitenin, taraması pozitif olanlara kıyasla daha düşük olduğu ve bu verinin

erken dönemde anlamlı bir prognostik bilgi sunduğu bildirilmiştir (28). Dinamik risk sınıflamasında; 6-12. ayda stimüle Tg/TgAb saptanamaz düzeydeyse ve tarama normalse ablasyonun başarılı olduğu kabul edilerek hasta daha düşük risk kategorisinde izleme alınabilir. Tersine, bu dönemde TVT'de tam remisyon sağlanamamışsa uzun dönem rekürrens ve mortalite riskinin, tam remisyon elde edilenlere göre daha yüksek olabildiği gösterilmiştir. Böyle bir durumda yeniden RAI verilmesi, cerrahi ile çıkarılabilir odak varlığının değerlendirilmesi, gerekirse cerrahi sonrası ek RAI gereksinimi ya da yalnızca yakın izlem gibi seçenekler; eş zamanlı Tg/TgAb sonuçları, diğer görüntüleme bulguları ve hastanın komorbiditeleri dikkate alınarak hasta özelinde kararlaştırılmalıdır (32).

Düşük risk grubu (TNM'ye göre T1-2/N0M0 ve ekstrasitroidal yayılım olmayan) hastalarda RAI uygulanmış olsa bile; tedavi sonrası taramada boyun yatağı dışında tutulum yoksa, RAI sırasında stimüle Tg <1 ng/mL ise, kısa dönem izlemlerde suprese Tg/TgAb normal seyrediyorsa ve boyun USG'de şüpheli odak saptanmıyorsa, 6-12. ayda dahi tanısal RAI taramanın gerekli olmayabileceği görüşü giderek daha fazla kabul görmektedir (33). Buna karşın, yüksek hacimli DTK takip eden birçok merkezde ablasyon başarısından emin olmak amacıyla endojen stimülasyon olmasa bile rhTSH ile ya da 2-3 haftalık kısa süreli T4 kesilmesi ile minimal stimülasyon eşliğinde düşük doz tanısal TVT uygulaması halen sürdürülebilmektedir. Orta ve yüksek riskli hastalıkta bu aşamada RAI taramanın endikasyonunun devam ettiği kabul edilmekle birlikte, bazı yayınlarda bu gruplarda da boyun USG ile birlikte yalnızca stimüle Tg/TgAb izleminin risk sınıflaması ve ablasyon başarısını değerlendirmede yeterli olabileceği savunulmaktadır (34,35,36,37).

Tedavi amaçlı uygulanan yüksek doz RAI'nin eliminasyonunun genellikle en az 3 ay içinde tamamlandığı; bu süreden önce yapılan taramalarda yanlış pozitifliğin belirgin arttığı bildirilmiştir. Tedavi etkinliğini değerlendirmek için çoğu durumda en az 6 ay geçmesi gerektiği vurgulanır. 6-12. ay aralığında taramanın "tam olarak ne zaman" yapılmasının ideal olduğu halen net değildir; özellikle 37-74 MBq (1-2 mCi) gibi düşük dozlarla tarama planlanıyorsa zamanlamanın mümkünse 8-12. aya ötelenmesi önerilmektedir (38,39). Ablasyon değerlendirmesinde rhTSH kullanılacaksa, tedavi sırasında endojen stimülasyon tercih edilmiş hastalarda rhTSH ile ölçülen stimüle Tg'nin daha düşük olabileceği akılda tutulmalı ve yanıt yorumu bu fark

gözetilerek yapılmalıdır. Alternatif bir yaklaşım olarak; önce stimüle Tg/TgAb ile değerlendirme yapıp, anlamlı yükselme saptanırsa odak araştırılması amacıyla tanısal I-131 dozu ile TVT'nin eklenmesi, böylece Tg/TgAb halen saptanmıyorsa gereksiz RAI uygulanmamasını sağlayabilir. Bu yaklaşım, RAI TVT'nin persistans/rekürrens saptamadaki duyarlılığının Tg/TgAb ölçümlerine kıyasla daha düşük olabildiği bilgisine dayanır; ancak rhTSH ile stimülasyon söz konusuysa güvenilirliği halen tartışmalıdır (40).

Ablasyon sonrası izlemlerde rutin tarama önerilmese de, nüks ya da persistan hastalık geliştiğinde odak araştırması amacıyla RAI TVT yeniden değer kazanır. Daha düşük radyasyon dozu ve gama kamera ile görüntülemeye elverişliliği nedeniyle I-123 ideal seçenek olarak öne çıksa da maliyet, kısa yarı ömür ve erişilebilirlik kısıtları nedeniyle pratikte I-131 daha yaygın kullanılmaktadır (21). RAI tedavisi sonrası tanısal taramalarda boyunda rezidü dokuda aktivitenin sürmesinin prognostik anlamı net değildir; ancak rezidüde fonksiyone tiroisitlerin varlığı teorik olarak rekürrens riskine katkı sağlayabilir. Rezidü dokunun büyük olduğu olgularda iki sorun belirginleşebilir: (i) tanısal taramada metastatik odakların rezidü aktivitesiyle maskelenme olasılığı, (ii) Tg'nin negatifleşmemesi nedeniyle hem Tg izleminin hem de taramanın rekürrens saptamadaki duyarlılığının azalabilmesi. Bu hastalarda tekrar RAI tedavisi, cerrahi veya radyoterapi gibi seçenekler gündeme gelebilir; uygulanan tedavilerin yanıtının değerlendirilmesinde de iyot tarama kullanılabilir. Ayrıca rezidü/lezionlar için adjuvan RAI planlanıyorsa iyot aviditesini değerlendirmede TVT yardımcı olabilir; ancak I-131 ile "stunning" riski nedeniyle yüksek doz tedavinin ertelenmesi gerekebileceğinden, taramanın I-123 ile yapılması ya da Tg yüksekliğinin sürdüğü olgularda tarama yapılmadan doğrudan tedavi dozuna geçilmesi seçenekleri de tartışılabilir. Histolojik olarak daha az diferansiye/ agresif varyantlarda veya daha önceki taramalarda düşük RAI tutulumu olduğu bilinen olgularda, RAI TVT yerine doğrudan yüksek doz tedavi yaklaşımı tercih edilebilir. Öte yandan diğer görüntüleme yöntemleriyle lokalize edilmiş odakların RAI aviditesinin belirlenmesi gerekiyorsa tanısal RAI tarama endike kabul edilir (5).

TgAb pozitif hastalarda ise Tg, izlemde güvenilir bir belirteç olmaktan uzaklaşır. Bu grupta boyun USG halen temel görüntüleme yöntemi olmakla birlikte, RAI TVT'nin özellikle iyot tutan odakların takibi açısından diğer hastalara kıyasla daha fazla önem kazanabildiği

belirtilmektedir. Tanı anında tiroidit eşlik eden hastalarda RAI sonrası 12-18 ay içinde TgAb düzeylerinin kademeli olarak azalması ve negatifleşmesi beklenir (40,41,42,43). TgAb'nin düşmemesi, pozitifliğin sürmesi veya artması; Tg antijeninin ve dolayısıyla Tg üreten fonksiyone tiroid dokusunun varlığına işaret edebileceğinden TgAb bu aşamada bir tümör belirteci gibi ele alınarak odak arayışı planlanır. Boyun USG sonrasında genellikle bir sonraki adım yine RAI TVT'dir. Özellikle 6-12. ay taraması normal olmasına rağmen izlemde TgAb yükseliyorsa ve USG'de rezidü/nüks gösterilemiyorsa, tarama uzak metastaz araştırmasında kullanılabilir. Tarama normal ise toraks BT, florür-18 florodeoksiglukoz pozitron emisyon tomografisi/ BT veya manyetik rezonans gibi ileri görüntüleme yöntemleriyle değerlendirme önerilmektedir (44,45). Buna karşılık 6. ayda tarama normal ve TgAb düşüş eğilimindeyse, takipte RAI TVT'nin zorunlu olmadığı kabul edilebilir.

I-131 Uptake Testi

Tiroid tutulum ölçümü, belirli miktarda radyoaktif iyodun oral alım sonrasında gastrointestinal sistemden emilerek tiroid bezine ulaşan ve bezde kalan bölümünün, seçilmiş zaman noktalarında kantitatif olarak belirlenmesiyle hesaplanır. Elde edilen RAIU değerleri çoğu durumda tiroid bezinin fonksiyonel durumunu yansıtır. Test, genellikle düşük aktivitelerle uygulanır; 0,15 MBq I-131 kullanılabilir. RAIU ölçümü için tipik olarak bir tiroid probu ve standardizasyon amacıyla boyun fantomu kullanılır; alternatif olarak paralel delikli kolimatör ile gama kamera üzerinden ölçüm yapılması da mümkündür. Klinik uygulamada en sık 4-6. saat ve 24. saat ölçümleri tercih edilir; daha nadir olarak 5. gün ölçümü de eklenebilir. Aktivitenin tiroide kalış süresini birden fazla zaman noktasında değerlendirmek, özellikle hipertiroidi nedeniyle RAI tedavisi doz planlaması yapılacak hastalarda önem taşır (46,47).

RAIU testi; hipertiroidizmi diğer tirotoksikoz nedenlerinden ayırmak, perklorat kovma testi ile organifikasyon bozukluklarını ortaya koymak, hipertiroidi nedeniyle RAI tedavisi planlanan hastalarda doz planlamasına yardımcı olmak gibi klinik durumlarda kullanılabilir. Tiroid sintigrafisi ve RAIU testi; gerçek hipertiroidizmi, destrüktif tirotoksikoz (akut/subakut tiroidit) ve faktisiyöz tirotoksikoz gibi tablolarla ayırıcı tanıda yararlı olabilir (46,48).

Normal RAIU değerleri, toplumların iyot alım düzeylerine bağlı olarak bölgeden bölgeye

değişebildiğinden, ideal yaklaşım her nükleer tıp merkezinin kendi referans aralığını yerel koşullara göre belirlemesidir. İyot eksikliğinin bulunmadığı bölgelerde, eşlik eden hipertiroidi tablosu varlığında %25'in üzerindeki tutulum değerleri genel olarak tiroid hiperfonksiyonu lehine değerlendirilmelidir. Bununla birlikte RAIU her hastada aynı zaman dinamiğini göstermeyebilir. Hipertiroid olgularının küçük bir bölümünde iyot turn-overi hızlı olduğundan, en yüksek tutulum değerleri 6-12. saatlerde görülürken; 24. saat ve hatta 5. gün ölçümleri normal sınırlar içinde kalabilir. Öte yandan özellikle ileri yaştaki hastalarda ve TMNG varlığında, klinik hipertiroidiye rağmen RAIU'nun normal aralıkta saptanabildiği durumlar da olabilir. RAIU'nun düşük ölçüldüğü senaryolar arasında destrüktif tiroidit, ekzojen tiroid hormon kullanımı, iyot içeren ilaç/medikasyon maruziyeti ve bazı özel durumlar (örneğin; ektopik tiroid dokusu varlığı) yer alır. Ayrıca fonksiyone metastatik tiroid karsinomu ya da mediastinal guatr gibi tabloların varlığında da RAIU değerleri düşük bulunabilir. Destruktif tiroiditin zamana bağlı değişken seyri nedeniyle, RAIU yorumlanırken eş zamanlı güncel tiroid fonksiyon testleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Sistemik durumlar da tutulumu etkileyebilir: ağır kronik hastalığı olan bireylerde (ötiroid hasta sendromu) RAIU değerleri genellikle azalırken, renal yetmezliği bulunan hastalarda ise çoğu zaman RAIU artışı gözlenebilir (47,48,49).

Düşük RAIU ile seyreden durumlar arasında destrüktif tiroidit, ekzojen tiroid hormonu alımı, iyot içeren ilaç/medikasyon maruziyeti ve bazı özel tablolar (örneğin; ektopik tiroid dokusu varlığı) yer alır. Benzer şekilde fonksiyone metastatik tiroid karsinomu veya mediastinal guatr varlığında da düşük tutulum değerleri görülebilir. Destruktif tiroiditin zamana bağlı değişken seyri nedeniyle, RAIU değerlendirilirken mutlaka eş zamanlı tiroid fonksiyon testleri ile birlikte yorum yapılmalıdır. Ayrıca ağır kronik hastalıklarda (ötiroid hasta sendromu) RAIU'nun azalabildiği; buna karşılık renal yetmezliği bulunan hastalarda tutulum değerlerinin çoğu zaman artmış olabildiği bildirilmektedir (49).

Sonuç

DTK I-131 TVT ve benign tiroid hastalıklarında RAIU ölçümünün, doğru endikasyon ve uygun hazırlık ile klinik karar süreçlerine anlamlı katkı sağlayabildiği bilinmektedir. I-131'in uzun yarı ömrüne bağlı radyasyon maruziyeti ve hazırlık sürecinin yaşam kalitesi üzerine

etkileri nedeniyle, özellikle düşük riskli grupta rutin tanısal taramanın giderek daha seçici kullanıma kaydığı; bunun yanında Tg/TgAb ve boyun USG gibi güçlü belirteçlerin taramanın yerini büyük ölçüde tamamlayıcı bir konuma taşımıştır. Buna karşın, tedavi sonrası TVT; ek metastatik odak saptayabilmesi ve evreleme/izlem stratejisini değiştirebilmesi nedeniyle RAI uygulanan hastalarda önemli bir basamaktır. Güncel yaklaşım, DTK izlemini “tek bir test” yerine risk uyumlu ve çok-modlu bir algoritma üzerinden kurgulamayı gerektirmektedir: rutin tarama yerine, şüpheli olguda seçilmiş tanısal TVT, gerekli durumlarda bölgesel SPECT ile doğrulama ve biyokimyasal belirteçlerle (Tg/TgAb) birlikte yorumlama ön plana çıkmaktadır.

RAIU testi ise tiroid iyot kinetiğini kantitatif olarak yansıtarak tirotoksikoz ayırıcı tanısında ve özellikle hipertiroide RAI tedavisi doz planlamasında değerini sürdürmektedir. İleriye dönük olarak, gereksiz taramayı azaltırken tanısal güvenilirliği artıracak biçimde (örneğin; uygun olguda I-123 tercihi, kantitatif SPECT ve hasta-bazlı dozimetri entegrasyonu) daha standardize ve karşılaştırılabilir veriler üretecek çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır; böylece hem hasta güvenliği hem de klinik etkinlik açısından daha net, uygulanabilir öneriler geliştirilebilecektir (49).

Dipnotlar

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar

1. Das D, Banerjee A, Jena AB, Duttaroy AK, Pathak S. Essentiality, relevance, and efficacy of adjuvant/combinational therapy in the management of thyroid dysfunctions. *Biomed Pharmacother.* 2022;146:112613.
2. Goldsmith SJ. Targeted radionuclide therapy: a historical and personal review. *Semin Nucl Med.* 2020;50:87-97.
3. Tuttle RM, Ahuja S, Avram AM, et al. Controversies, consensus, and collaboration in the use of ¹³¹I therapy in differentiated thyroid cancer: a joint statement from the American Thyroid Association, the European Association of Nuclear Medicine, the Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, and the European Thyroid Association. *Thyroid.* 2019;29:461-470.
4. Bartel TB, Magerefeh S, Avram AM, et al. SNMMI procedure standard for scintigraphy for differentiated thyroid cancer. *J Nucl Med Technol.* 2020;48:202-209.
5. Haugen BR, Pacini F, Reinert C, et al. A comparison of recombinant human thyrotropin and thyroid hormone withdrawal for the detection of thyroid remnant or cancer. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999;84:3877-3885.
6. Giovannella L, Duntas LH. Management of endocrine disease: the role of rhTSH in the management of differentiated thyroid cancer: pros and cons. *Eur J Endocrinol.* 2019;181:R133-R145.
7. Piccardo A, Puntoni M, Ferrarazzo G, et al. Could short thyroid hormone withdrawal be an effective strategy for radioiodine remnant ablation in differentiated thyroid cancer patients? *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2018;45:1218-1223.
8. Barbaro D, Boni G, Meucci G, et al. Recombinant human thyroid-stimulating hormone is effective for radioiodine ablation of post-surgical thyroid remnants. *Nucl Med Commun.* 2006;27:627-632.
9. Caresia AP, Castell Conesa J, Obiols Alfonso G, et al. Comparative study between the use of recombinant TSH and endogenous TSH stimulation. Evaluation in the follow-up of patients with differentiated thyroid carcinoma. *Rev Esp Med Nucl.* 2006;25:236-241.
10. Padovani RP, Kasamatsu TS, Nakabashi CC, et al. One month is sufficient for urinary iodine to return to its baseline value after the use of water-soluble iodinated contrast agents in post-thyroidectomy patients requiring radioiodine therapy. *Thyroid.* 2012;22:926-930.
11. Sohn SY, Choi JH, Kim NK, et al. The impact of iodinated contrast agent administered during preoperative computed tomography scan on body iodine pool in patients with differentiated thyroid cancer preparing for radioactive iodine treatment. *Thyroid.* 2014;24:872-877.
12. American Thyroid Association (ATA) Guidelines Taskforce on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer; Cooper DS, Doherty GM, Haugen BR, et al. Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid.* 2009;19:1167-214. Erratum in: *Thyroid.* 2010;20:942. Hauger, Bryan R [corrected to Haugen, Bryan R]. Erratum in: *Thyroid.* 2010;20:674-675.
13. Luster M, Clarke SE, Dietlein M, et al.; European Association of Nuclear Medicine (EANM). Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2008;35:1941-1959.
14. Bakheet SM, Hammami MM. Patterns of radioiodine uptake by the lactating breast. *Eur J Nucl Med.* 1994;21:604-608.
15. Hammami MM, Bakheet S. Radioiodine breast uptake in nonbreastfeeding women: clinical and scintigraphic characteristics. *J Nucl Med.* 1996;37:26-31.
16. Verburg FA, Schmidt M, Kreissl MC, et al. Verfahrensanweisung für die Iod-¹³¹ Ganzkörperszintigrafie beim differenzierten schilddrüsenkarzinom (version 5) [Procedural guideline for iodine-131 whole-body scintigraphy in differentiated thyroid carcinoma (version 5)]. *Nuklearmedizin.* 2019;58:228-241. German.
17. Song HC, Chong A. Post-therapeutic I-¹³¹ whole body scan in patients with differentiated thyroid cancer. In: [12 Chapters on Nuclear Medicine]. 2011:231-250.

18. Siddiqi A, Foley RR, Britton KE, et al. The role of 123I-diagnostic imaging in the follow-up of patients with differentiated thyroid carcinoma as compared to 131I-scanning: avoidance of negative therapeutic uptake due to stunning. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2001;55:515-521.
19. Araz M, Küçük NÖ. Tiroid should the place of radioactive iodine whole body scintigraphy in follow-up of differentiated thyroid cancer reevaluated in the era of SPECT/CT? *Nucl Med Semin*. 2021;7:70-79. Erişim linki: <https://nukleertipseminerleri.org/pdf/dd8262ff-66e6-418e-b233-a064eb1ea82f/articles/nts.galenos.2021.0006/NTS-7-70-En.pdf>
20. Verburg FA, Aktolun C, Chiti A, et al.; EANM and the EANM Thyroid Committee. Why the European Association of Nuclear Medicine has declined to endorse the 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2016;43:1001-1005.
21. Ringel MD, Sosa JA, Baloch Z, et al. 2025 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with differentiated thyroid cancer. *Thyroid*. 2025;35:841-985. Erratum in: *Thyroid*. 2025;35:1350.
22. Lassmann M, Hänscheid H, Chiesa C, Hindorf C, Flux G, Luster M; EANM Dosimetry Committee. EANM Dosimetry Committee series on standard operational procedures for pre-therapeutic dosimetry I: blood and bone marrow dosimetry in differentiated thyroid cancer therapy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2008;35:1405-1412.
23. Klubo-Gwiedzinska J, Van Nostrand D, Atkins F, et al. Efficacy of dosimetric versus empiric prescribed activity of 131I for therapy of differentiated thyroid cancer. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96:3217-3225.
24. Riggs SJ, Green AJ, Begent RH, Bagshawe KD. Quantitation in 131I-radioimmunotherapy using SPECT. *Int J Cancer Suppl*. 1988;2:95-98.
25. Dewaraja YK, Ljungberg M, Green AJ, et al.; SNMMI MIRD Committee. MIRD pamphlet No. 24: guidelines for quantitative 131I SPECT in dosimetry applications. *J Nucl Med*. 2013;54:2182-2188.
26. Sherman SI, Tielens ET, Sostre S, Wharam MD Jr, Ladenson PW. Clinical utility of posttreatment radioiodine scans in the management of patients with thyroid carcinoma. *J Clin Endocrinol Metab*. 1994;78:629-634.
27. Souza Rosário PW, Barroso AL, Rezende LL, et al. Post I-131 therapy scanning in patients with thyroid carcinoma metastases: an unnecessary cost or a relevant contribution? *Clin Nucl Med*. 2004;29:795-798.
28. Schneider DF, Ojomo KA, Chen H, Sippel RS. Remnant uptake as a postoperative oncologic quality indicator. *Thyroid*. 2013;23:1269-1276.
29. Ciappuccini R, Heutte N, Trzepla G, et al. Postablation (131I) scintigraphy with neck and thorax SPECT-CT and stimulated serum thyroglobulin level predict the outcome of patients with differentiated thyroid cancer. *Eur J Endocrinol*. 2011;164:961-969.
30. Avram AM. Radioiodine scintigraphy with SPECT/CT: an important diagnostic tool for thyroid cancer staging and risk stratification. *J Nucl Med*. 2012;53:754-764.
31. Maruoka Y, Abe K, Baba S, et al. Incremental diagnostic value of SPECT/CT with 131I scintigraphy after radioiodine therapy in patients with well-differentiated thyroid carcinoma. *Radiology*. 2012;265:902-909.
32. Verburg FA, de Keizer B, Lips CJ, Zelissen PM, de Klerk JM. Prognostic significance of successful ablation with radioiodine of differentiated thyroid cancer patients. *Eur J Endocrinol*. 2005;152:33-37.
33. Thies ED, Tanase K, Maeder U, et al. The number of 131I therapy courses needed to achieve complete remission is an indicator of prognosis in patients with differentiated thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2014;41:2281-2290.
34. Torlontano M, Crocetti U, D'Aloiso L, et al. Serum thyroglobulin and 131I whole body scan after recombinant human TSH stimulation in the follow-up of low-risk patients with differentiated thyroid cancer. *Eur J Endocrinol*. 2003;148:19-24.
35. Mazzaferri EL, Robbins RJ, Spencer CA, et al. A consensus report of the role of serum thyroglobulin as a monitoring method for low-risk patients with papillary thyroid carcinoma. *J Clin Endocrinol Metab*. 2003;88:1433-1441.
36. Pacini F, Capezzone M, Elisei R, Ceccarelli C, Taddei D, Pinchera A. Diagnostic 131I-iodine whole-body scan may be avoided in thyroid cancer patients who have undetectable stimulated serum Tg levels after initial treatment. *J Clin Endocrinol Metab*. 2002;87:1499-1501.
37. Schlumberger M, Catargi B, Borget I, et al.; Tumeurs de la Thyroïde Refractaires Network for the Essai Stimulation Ablation Equivalence Trial. Strategies of radioiodine ablation in patients with low-risk thyroid cancer. *N Engl J Med*. 2012;366:1663-1673.
38. Robbins RJ, Chon JT, Fleisher M, Larson SM, Tuttle RM. Is the serum thyroglobulin response to recombinant human thyrotropin sufficient, by itself, to monitor for residual thyroid carcinoma? *J Clin Endocrinol Metab*. 2002;87:3242-3247.
39. Winter M, Winter J, Heinzel A, et al. Timing of post 131I ablation diagnostic whole body scan in differentiated thyroid cancer patients. Less than four months post ablation may be too early. *Nuklearmedizin*. 2015;54:151-157.
40. de Meer SG, Vriens MR, Zelissen PM, Borel Rinkes IH, de Keizer B. The role of routine diagnostic radioiodine whole-body scintigraphy in patients with high-risk differentiated thyroid cancer. *J Nucl Med*. 2011;52:56-59.
41. Spencer CA. Clinical review: clinical utility of thyroglobulin antibody (TgAb) measurements for patients with differentiated thyroid cancers (DTC). *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96:3615-3627.

42. Verburg FA, Luster M, Cupini C, et al. Implications of thyroglobulin antibody positivity in patients with differentiated thyroid cancer: a clinical position statement. *Thyroid*. 2013;23:1211-1225.
43. Chiovato L, Latrofa F, Braverman LE, et al. Disappearance of humoral thyroid autoimmunity after complete removal of thyroid antigens. *Ann Intern Med*. 2003;139:346-351.
44. Chung JK, Park YJ, Kim TY, et al. Clinical significance of elevated level of serum antithyroglobulin antibody in patients with differentiated thyroid cancer after thyroid ablation. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2002;57:215-221.
45. Riemann B, Uhrhan K, Dietlein M, et al. Diagnostic value and therapeutic impact of (18)F-FDG-PET/CT in differentiated thyroid cancer. Results of a German multicentre study. *Nuklearmedizin*. 2013;52:1-6.
46. Silberstein EB, Alavi A, Balon HR, et al. The SNMMI practice guideline for therapy of thyroid disease with ¹³¹I 3.0. *J Nucl Med*. 2012;53:1633-1651.
47. Hänscheid H, Canzi C, Eschner W, et al. EANM Dosimetry Committee series on standard operational procedures for pre-therapeutic dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40:1126-1134.
48. Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46:2514-2525.
49. Araz M, Soydal C. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları Derneği Tiroid Hastalıkları Önerileri, Tiroid Sintigrafisi ve Radyoaktif İyot Uptake Ölçümü Kılavuzu. Ankara: BAYT Bilimsel Araştırmalar; 2023. s. 43-50. Erişim linki: https://file.temd.org.tr/Uploads/publications/guides/documents/202305120904-2023tbl_kilavuz.pdf