

TÜRK RADYOLOJİ SEMİNERLERİ

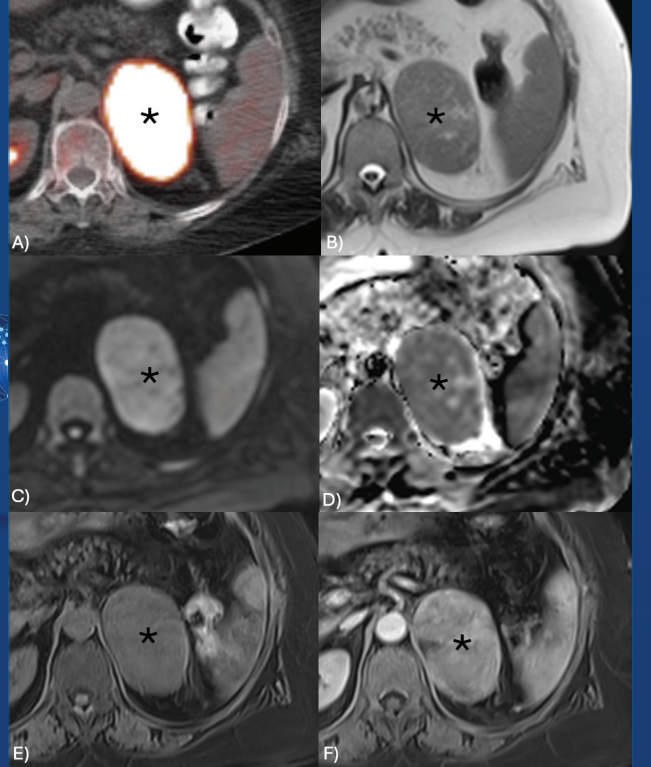
e-ISSN: 2148-1210

TRD
1924
TÜRK
RADYOLOJİ
DERNEĞİ

Cilt / Vol: 13 Sayı / Issue: 3 Aralık / December 2025

ENDOKRİN RADYOLOJİ

Konuk Editör: Artür Salmaslıoğlu



Cilt / Vol: 13 Sayı / Issue: 3 Aralık / December 2025

Konuk Editör / Guest Editor: Artür Salmaslıoğlu
Acil Radyoloji

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editör / Editor in Chief

Polat Koşucu

E-mail: polatkosucu@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-8381-7600

Yardımcı Editörler / Assistant Editors

Selen Bayraktaroğlu

E-mail: selenb2000@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-9167-9474

Suzan Şaylısoy

E-mail: sunasel06@yahoo.com

ORCID ID: 0000-0002-1560-964X

Önceki Editörler / Previous Editors

Baş Editör Editor in Chief

Mecit Kantarcı (2016-2022)

Ayşenur Oktay (2013-2015)

Yardımcı Editörler / Assistant Editors

Hatice Tuba Sanal (2016-2022)

Mustafa Koplay (2016-2022)

Şükrü Mehmet Ertürk (2013-2015)

Mecit Kantarcı (2013-2015)

İçindekiler / Contents

- 312 Hipofizin Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme**
Radiological Evaluation of Pituitary Endocrine Disorders
Edanur Karapınar, Serra Sencer
- 321 Tiroid Nodüllerinde Radyolojik Değerlendirme ve Tiroid Kanseri**
Radiological Evaluation in Thyroid Nodules and Thyroid Cancer
Adnan Kabaalioğlu
- 334 Tiroidin Diffüz Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme**
Radiological Evaluation in Diffuse Thyroid Diseases
Esra Özkavukçu, Nuray Haliloğlu
- 343 Paratiroid Hastalıklarında Görüntüleme**
Parathyroid Imaging: Review
Alper Özel, Sebam Sarıoğlu
- 368 Adrenal Glandın Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme**
Radiologic Evaluation of the Endocrine Disorders of Adrenal Gland
Sabri Şirolu, Şükrü Mehmet Ertürk
- 384 Pankreasın Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme**
Radiological Evaluation in Endocrine Diseases of the Pancreas
Elif Gündoğdu
- 397 Gastrointestinal Nöroendokrin Neoplazmalar**
Gastrointestinal Neuroendocrine Neoplasms
Canan Altay, Sefer Teymuroğlu
- 417 Endokrin Hastalıklarda Kemik Bulgularının Radyolojik Değerlendirmesi**
Radiological Evaluation of Bone Findings in Endocrine Disorders
Eda Cingöz, Memduh Dursun
- 428 Pediatrik Endokrin Hastalıklarda Radyolojik Değerlendirme**
Radiological Evaluation in Pediatric Endocrine Disorders
Zuhal Bayramoğlu, Eda Cingöz
- 441 Endokrin Hastalıkların Tanı ve Tedavisinde Radyolojik Girişimler**
Interventional Radiology in Diagnosis and Treatment of Endocrine Diseases
Ömer Faruk Topaloğlu, Onur Taydaş
- 450 Yapay Zeka ve Endokrin Radyolojisi**
Artificial Intelligence and Endocrine Radiology
Utku Şenol
- 459 Endokrin Hastalıklarda Fonksiyonel Görüntüleme - Nükleer Tıp**
Functional Imaging in Endocrine Diseases - Nuclear Medicine
Emine Göknur Işık, Yasemin Şanlı

Editörden / From the Editor

Türk Radyoloji Seminerleri'nin bu sayısı, radyoloji pratiğinin klinik karar süreçleriyle en sık ve yoğun şekilde kesiştiği alanlardan birisi olan Endokrin Radyoloji'ye ayrılmıştır.

Endokrin hastalıklar çok sayıda organ ve sistemi ilgilendirirler. Bu hastalıkların oluşturdıkları semptomlar geniş bir klinik yelpazeye sahip olduğundan tanı ve tedavi süreçlerinde multidisipliner bir yaklaşım zorunludur. Görüntüleme yöntemleri yalnızca anatomik tanımlama ile sınırlı kalmayıp hastalıkların fonksiyonel özelliklerinin ortaya konulması, tedaviye yön verilmesi ve izlem süreçlerinin yönetilmesinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu sebeple radyolojik değerlendirme özel bir bilgi birikimi ve deneyim gerektirmektedir.

Bu sayıda; hipofiz görüntülemesi tiroid nodülleri, tiroidin diffüz hastalıkları, paratiroid görüntülemesi, adrenal ve pankreatik endokrin patolojiler, gastrointestinal sistem nöroendokrin tümörleri, endokrin hastalıklara eşlik eden kemik bulguları ve pediatrik endokrin hastalıklar kapsamlı bir çerçevede gözden geçirilmiştir. Tanı ve tedavide önemli rolü olan radyolojik girişimsel işlemleri ve fonksiyonel görüntüleme yöntemlerini ele alan bölümler endokrin radyolojiye ilgi duyan başta radyologlar ve diğer hekimler için değerli bir başvuru kaynağı olacaktır. Son yıllarda tüm tıpta olduğu gibi radyolojide de popülerleşen ve gündelik kullanıma girmeye başlayan yapay zeka destekli tanı yöntemlerinin endokrin radyolojideki kullanım alanları, bu sayının önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

Endokrin Radyoloji sayısının hazırlanmasında çok değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşarak katkı sunan tüm yazarlara, editöryal süreçte emeği geçenlere teşekkürlerimizi sunarız. Bu sayının siz değerli meslektaşlarımız için yararlı bir kaynak olmasını dileriz.

Prof. Dr. Artür Salmaslıoğlu

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi,
Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul Türkiye

Hipofizin Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme

Radiological Evaluation of Pituitary Endocrine Disorders

Edanur Karapınar¹, Serra Sencer²

¹Sabuncuoğlu Şerefeddin Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Amasya, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Hipofiz bezi, endokrin sistemin merkezinde yer alan, küçük ancak fizyolojik açıdan son derece karmaşık bir yapıdır. Hipotalamusla kurduğu doğrudan bağlantı sayesinde birçok hormonal aksın düzenlenmesinden sorumludur. Bu nedenle hipofiz hastalıkları, çok geniş bir klinik yelpazede, farklı endokrin disfonksiyonlarla kendini gösterebilir. Hipofiz patolojilerinin doğru biçimde tanınması ve karakterizasyonu, hastaların uygun medikal ya da cerrahi tedaviye yönlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde manyetik rezonans görüntüleme (MRG), hipofiz bezinin değerlendirilmesinde temel yöntem olarak kabul edilmektedir. Yüksek doku çözünürlüğü, multiplanar inceleme olanağı ve dinamik kontrastlı sekanslar sayesinde MRG, hem anatomik detayın hem de fonksiyonel değişikliklerin ortaya konulmasında benzersiz bir araç haline gelmiştir. Bu derlemede, hipofiz bezinin endokrin hastalıklar bağlamındaki radyolojik değerlendirmesi, sık karşılaşılan patolojiler ve yeni görüntüleme yaklaşımları ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hipofiz bezi, endokrin hastalıklar, manyetik rezonans görüntüleme, hipofiz adenomu, hipopitüitarizm

ABSTRACT

The pituitary gland is a small but physiologically highly complex structure located at the center of the endocrine system. Owing to its direct connection with the hypothalamus, it is responsible for regulating multiple hormonal axes. Therefore, pituitary disorders can manifest across a wide clinical spectrum with various endocrine dysfunctions. Accurate identification and characterization of pituitary pathologies are of critical importance for directing patients toward appropriate medical or surgical treatment. Today, magnetic resonance imaging (MRI) is recognized as the primary method for evaluating the pituitary gland. With its high tissue resolution, multiplanar imaging capability, and dynamic contrast-enhanced sequences, MRI has become an indispensable tool for revealing both anatomical details and functional alterations. This review discusses the radiological assessment of the pituitary gland in the context of endocrine diseases, common pathologies, and emerging imaging approaches.

Keywords: Pituitary gland, endocrine diseases, magnetic resonance imaging, pituitary adenoma, hypopituitarism

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Hipofiz bezinin anatomik yapısını ve radyolojik komşuluk ilişkilerini tanımlayabilmek.
- Endokrin hastalıkların radyolojik tanısında kullanılan görüntüleme yöntemlerini ve endikasyonlarını ayırt edebilmek.
- Hipofiz adenomlarını, hipofizitleri ve diğer sellar lezyonları radyolojik özellikleriyle birbirinden ayırabilmek.
- Endokrin disfonksiyonların radyolojik bulgularını klinik korelasyonla birlikte yorumlayabilmek.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Arş. Gör. Edanur Karapınar, Sabuncuoğlu Şerefeddin Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Amasya, Türkiye

E-posta: edanurkarapinar@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-5826-2041

Geliş Tarihi/Received: 17.11.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 25.11.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Karapınar E, Sencer S. Radiological evaluation of pituitary endocrine disorders. *Trd Sem.* 2025;13(3):312-320



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

GİRİŞ

Hipofiz bezi, sella tursika içerisinde yer alan, yaklaşık 0,5-1 gram ağırlığında küçük bir organ olmasına rağmen, endokrin sistemde yönetici bir role sahiptir. Hipotalamo-hipofizer aks üzerinden tiroid, adrenal, gonadal ve büyüme hormonlarını düzenleyerek vücuttaki hemen her metabolik süreci etkiler.

Hipotalamohipofizer aks kaynaklı bir hormonal fonksiyon bozukluğu olan hastada radyolojik görüntüleme yöntemleri ile öncelikle lezyonun varlığı saptanabilir, aynı zamanda hormon sekresyonu ile ilgili morfolojik özellikler de ortaya konabilir.

Son yıllarda görüntüleme teknolojisindeki ilerlemeler ve çeşitli endikasyonlara bağlı görüntüleme sayılarının artmasıyla hem insidental lezyonların hem de hipofiz kaynaklı endokrin hastalıkların tespitinde artış mevcuttur [1]. Bu yazıda öncelikle hipofiz radyolojik anatomisi ve görüntüleme teknikleri ele alınacak olup sonrasında sık görülen endokrin hipofiz hastalıkları radyolojik görüntüleme bulguları ile birlikte anlatılacaktır.

RADYOLOJİK ANATOMİ

Hipofiz bezi sfenoid kemiğin üst yüzeyinden kaynaklanan sella tursika içerisinde yerleşimlidir. Bu alana hipofizeal fossa adı verilir. Diyafragma sella denilen koruyucu bir katman ile üst yüzeyinden örtülüdür. Diyaframadaki milimetrik açıklıktan hipofiz sapı hipotalamusa doğru uzanım gösterir. Hipofizeal fossa önemli anatomik yapılar ile komşudur. Süperior komşuluğunda hipotalamus, optik kiazma ve Willis poligonunu içeren suprasellar sisterna bulunurken, hipofizeal fossanın her iki yanında kavernoöz sinüsler yer almaktadır [2] (Resim 1). Hipofiz kaynaklı lezyonlar bu yapılara baskı yaparak çeşitli semptomlara sebep olabilmektedir.

Hipofiz bezi ön ve arka hipofiz olarak iki bölümden oluşur. Ön hipofiz adenohipofiz, arka hipofiz ise nörohipofiz olarak adlandırılır [3, 4]. Hipofiz kaynaklı hormonlarının çoğunun sekresyonundan ön hipofiz sorumluyken antidiüretik hormon ve oksitosin sekresyonundan nörohipofiz sorumludur [5].

Hipofiz bezi yüksekliği yaş ve cinsiyete göre değişiklik göstermektedir. Bu konuda Elster'in yayınladığı bir çalışmada manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkikinde sagittal görüntüde orta hatta ortalamaları

- İnfant ve çocuklarda 6 mm,
- Erkek ve post-menopozal kadınlarda 8 mm,
- Doğurganlık çağındaki kadınlarda 10 mm,
- Geç gebelik ve post-partum dönemde 12 mm olarak belirlenmiştir.

Ancak farklı yayınlarda değişik sınırlar belirtilmiş olup bu konuda net bir konsensus bulunmamaktadır [6, 7].

SELLA GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

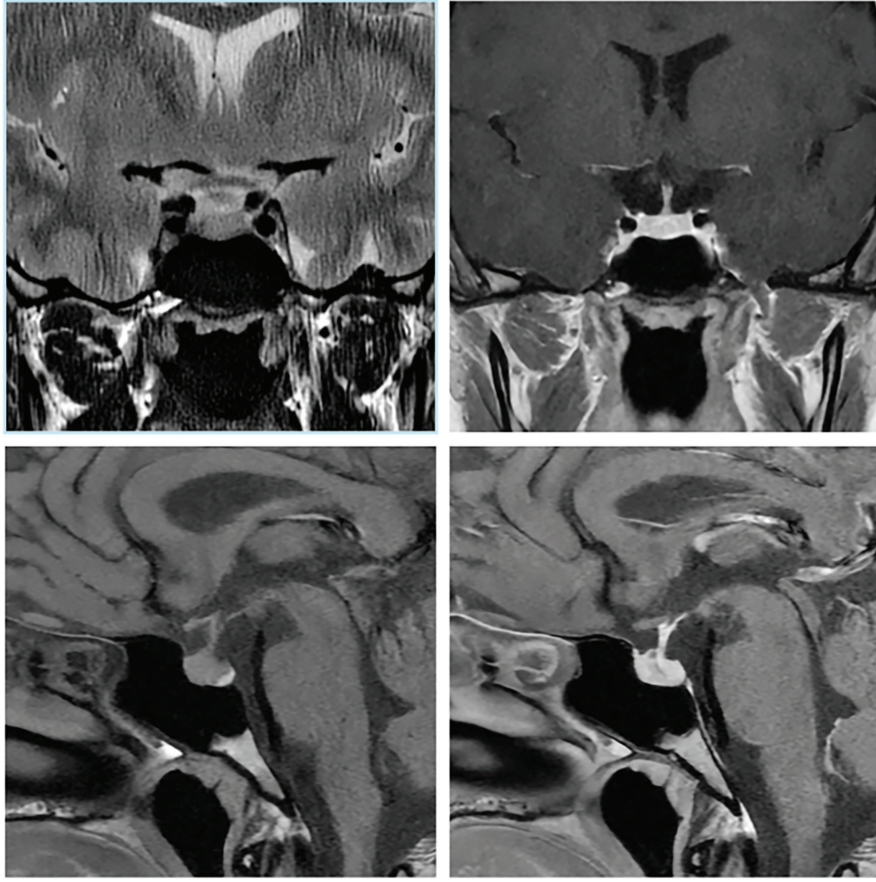
Hipofizer lezyonların tespiti ve ayırıcı tanısında altın standart görüntüleme yöntemi Dinamik Kontrastlı Sella MRG olup alt başlık altında görüntüleme protokolü anlatılacaktır. Diğer görüntüleme yöntemleri arasında günümüzde MRG'nin yaygınlaşması ile kullanımı belirgin azalmış olan sella spot grafisi, lezyonların kafa tabanı ve kemik yapılarla ilişkisine ek olarak kalsifikasyonu da göstermeye yardımcı bilgisayarlı tomografi (BT), vasküler yapılarla olan ilişkiyi göstermeye yardımcı BT ve manyetik rezonans (MR) anjiyografi tetkikleri bulunmaktadır. Ayrıca girişimsel radyolojik yöntem olan petrozal sinüs örneklemesi seçilmiş olgularda ayırıcı tanıda yardımcı olmaktadır.

Sella spot grafisi ile tüberkülüm sella erozyonu, tümöral kalsifikasyon veya hiperostozis görülebilirken sella sınırını aşmayan küçük lezyonlar, lezyonların iç yapısı ve suprasellar uzanımları değerlendirilememektedir. Günümüzde sık kullanımda olmayıp tarihi öneme sahiptir. BT'de de dinamik kontrastlı çekimler sayesinde mikroadenomlar görülebilmekte, lezyonların kafa tabanı ve kemik yapılarla ilişkisi ayırt edilebilmekte ve lezyon içi kalsifikasyonlar gösterilebilmektedir. Ancak yumuşak doku çözünürlüğü MRG kadar yüksek olmadığı ve radyasyon içerdiği için öncelikli görüntüleme yöntemi olmayıp genelde MRG'ye yardımcı teknik olarak kullanılmaktadır [8].

Dinamik Kontrastlı Sella Manyetik Rezonans Görüntüleme Tetkiki

Dinamik kontrastlı sella MRG günümüzde hipofiz değerlendirmesi için altın standart görüntüleme tekniğidir. Küçük görüş alanı (FOV-field of view) ile alınan ince kesitli (2-3 mm) multiplanar pre ve post kontrast T1 ağırlıklı sekanslar temelini oluşturur [9, 10]. Bunlara yine ince kesitli ve küçük FOV ile alınan T2 ağırlıklı genellikle koronal (merkezlerin tercihine göre sagittal ve aksiyel de eşlik edebilir) sekanslar eklenir. Bazı merkezlerde diffüzyon ağırlıklı görüntüleme/görünür diffüzyon katsayısı haritalaması ve sıvı baskılamalı inversiyon rekoveri (FLAIR) gibi tüm beyni içeren temel birkaç sekans da eklenebilmektedir [11].

Hipofiz bezi sinyal intensitesi değerlendirildiğinde adenohipofiz hem T1 hem T2 ağırlıklı sekanslarda genellikle korteksle izointens görünümündedir. Ancak nörohipofiz, içerisindeki nörosekretuar granüllerin yarattığı T1 zamanında kısaltmaya bağlı olarak T1 ağırlıklı sekanslarda parlak gözükr (bright spot). Endokrin profili normal olan popülasyonda %20'ye varan oranda nörohipofizin spontan hiperintensitesinin yokluğu görülebilmektedir. Infundibulum T2A sekanslardaki santral hiperintensitesi haricinde hipofiz bezi ile izointenstir [9].



Resim 1. Kontrastlı sella manyetik rezonans görüntüleme tetkikinde normal hipofiz anatomisi.

Hipofiz bezi kan beyin bariyeri bulundurmadiğından kontrast madde verilmesini takiben hızlı ve belirgin şekilde kontrast tutar. Kontrastlanması komşuluğundaki kavernoöz sinüs içi venöz kana kıyasla hafifçe azdır [12].

Dinamik fazlarda izlenen fokal hipointensite alanları asemptomatik popülasyonda %15-20'ye kadar görülebilmektedir. Bunlar genelde 1cm altında olup insidentaloma olarak adlandırılırlar. 1 cm üzerindeki insidentalomalar bası etkisine sekonder olarak nadiren hipopitüitarizme ve görme alanı bozukluğuna sebep olabilirler [9].

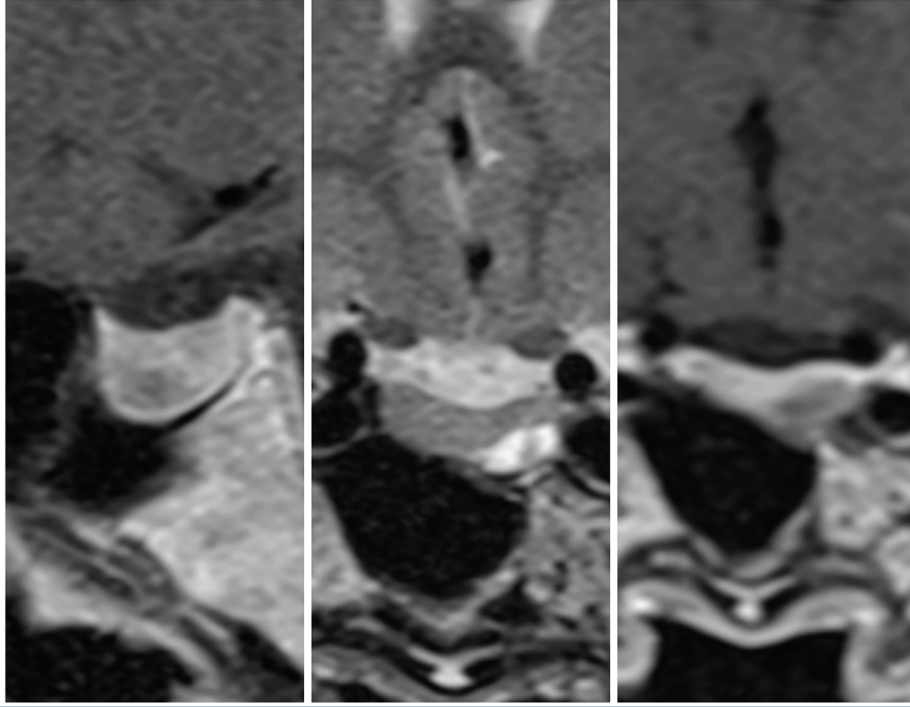
ADENOMLAR

Hipofiz adenomları adenohipofiz kaynaklı hormon salgılayan sekreter hücrelerden oluşan neoplazmlardır. 10 mm'den küçük adenomlara mikroadenom, büyüklere ise makroadenom denir. Mikroadenom ve makroadenomlarda radyolojik görüntüleme amaçları farklıdır. Mikroadenomlar genelde sella dışına taşmadığından kitle etkisine sebep olmazlar, görüntüleme esas amaç lezyonun varlığı ve lokalizasyonunu göstermektir. Makroadenomlar ise genellikle komşu yapılara, en sık da optik kiazmaya, bası etkisiyle prezente olurlar. Görüntülemenin bu noktadaki amacı makroadenomu başka bir tümörden ayırmak ve uzanımını saptamaktır.

Hipofiz adenomlarının yaklaşık üçte ikisi hormonal olarak aktif olup bunlar arasında prolaktinomalar açık farkla en sık görülendir (~%40-50 prolaktin, %10 büyüme hormonu, %6 kortikotropin ve %1 tiotropin) [9]. Hipofiz adenomları sık görülen merkezi sinir sistemi neoplazmlarından olup primer intrakranial neoplazmların yaklaşık %10-15'ini oluşturur. En sık olarak 4. ve 7. dekadlarda görülürken çocuklarda oldukça seyrektir.

Mikroadenomlar

Komplike olmadıkları sürece mikroadenomlar T1A pre-kontrast fazda parankimden ayırt edilemeyebilirler. İnternal hemorajiye bağlı komplike olurlarsa T1A serilerde spontan hiperintens olarak da görülebilirler. T2A serileri değerlendirdiğimizde, prolaktinomalar başta olmak üzere çoğu mikroadenom parankime göre hafif hiperintens olarak görülür (Resim 2). Ancak büyüme hormonu salgılayan adenomlar çoğu olguda izo-hipointens görünümündedir [13]. Kontrastsız hipofiz MRG'nin mikroadenom saptamadaki duyarlılığı yaklaşık %70 iken dinamik seriler eklendiğinde bu oran %80-90'lara ulaşmaktadır [14, 15]. Post-kontrast dinamik fazlarda çoğu mikroadenom normal hipofiz parankiminden daha geç kontrast tuttuğu için hipointens olarak görülür [13, 16]. Nadir olgularda adenom



Resim 2. Prolaktinoma tanılı hastada adenohipofiz sol yarımı inferiorunde T2A hiperintens, intravenöz kontrast madde sonrası parankime kıyasla daha az kontrast tutan lezyon.

normal parankimden daha erken kontrast tutulumu gösterebilir ki bu durum adenomun dural arteriyel vaskülariteye sahip olduğunu ve dural invazyon varlığını öngörmektedir.

Erken klinik semptom vermesinden dolayı genelde prolaktinomalar mikroadenom boyutundayken tanı alırlar. Prolaktinoma kadın hastalarda amenore ve galaktore ile prezente olurken erkeklerde hipogonadizm ve impotansa sebep olur. Tümör biyolojisinin kadın ve erkekler arasında farklılık gösterdiğini, erkeklerde adenomun daha büyük ve invaziv paternde olduğunu ve prolaktin seviyelerinin daha yüksek olduğunu gösteren yayınlar vardır [17]. Çoğu olguda kan prolaktin seviyeleri ile MR görüntüleme bulguları arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. 200 ng/mL'den yüksek prolaktin seviyelerinde adenom varlığını yüksek oranda gösterirken, 50 ng/mL altındaki seviyelerde adenom saptanma oranı %50'nin altındadır [18].

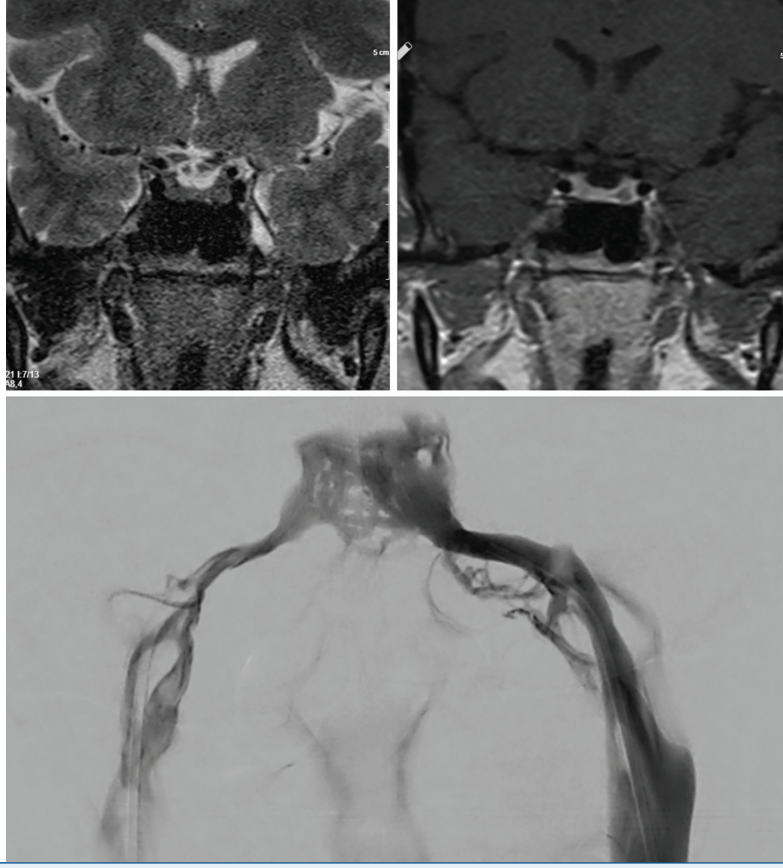
En sık rastlanan ikinci mikroadenom grubu ise Cushing hastalarında görülen kortikotropin salgılayan adenomlar olup görüntüleme bulguları prolaktinomalar kadar belirgin değildir. Prolaktinomalar hipofiz bezinin genelde lateral kesimlerinde yerleşirken kortikotropinomalarda santral yerleşim daha sıktır ve sinyal özellikleri hipofiz parankimine daha yakındır (Resim 3). Bu lezyonların tanısında MRG duyarlılığı yaklaşık %50-60 civarlarındadır [13-15]. Öte yandan inferior petrozal sinüs örneklemesi, özellikle kortikotropin salgılatıcı hormon enjeksiyonu öncesi ve sonrasında yapıldığı takdirde Cushing

hastalığını ektopik kortikotropin salgılayan tümörlerden ayırma konusunda oldukça başarılıdır. Ancak bu başarısı lezyon lateralizasyonu konusunda lezyon varlığını saptamada olduğu kadar yüksek değildir [19, 20].

Makroadenomlar

Genellikle hormonal inaktif adenomlar bası bulguları ile prezente olana kadar semptom vermedikleri için makroadenom boyutundayken tanı alırlar. Ancak hormonal aktif adenomlar da makroadenom şeklinde prezente olabilirler. Özellikle büyüme hormonu ve tirotropin salgılayan adenomlar tanı anında çok yüksek oranda 10 mm'den büyüktür [13, 15, 21-23].

Makroadenomlar genellikle serebral korteksle izointens olmakla birlikte küçük kistik ve hemorajik odaklar veya sıvı-sıvı seviyesine sekonder olarak heterojen iç yapıya sahip olabilirler. Sagittal T1A serilerde nörohipofizin spontan hiperintensitesi %80 supradiyafagmatik sisternaya deplase görünümdeyken %20 olguda ise izlenmez [9]. Optik kiazma basısı varlığında optik yollarda T2A ve FLAIR serilerde ödeme bağlı sinyal artışı izlenebilir. Çoğu makroadenom intravenöz kontrast madde (İVKM) enjeksiyonunu takiben heterojen ve yoğun bir şekilde kontrast tutarken %5-10 olguda normalde menengioidlarda sık görülen dural kuyruk bulgusu izlenebilmektedir [9, 13]. Suprasellar uzanımı olan makroadenomlarda sellar diyaframın daraltılmasına bağlı oluşan "kardan adam" görüntüsü tipiktir (Resim 4).



Resim 3. Cushing tanılı hastada manyetik rezonans görüntülemeye T2A serilerde parankimle benzer intensitede izlenen, intravenöz kontrast madde sonrası parankime kıyasla daha az kontrastlanan hipofiz sol yarımı lateralinde yerleşmiş adenom ve aynı hastaya ait inferior petrozal sinüs örnekleme işlemi görüntüsü.

Kavernöz sinüs invazyonu tümörün agresif ve genellikle irrezektabl olduğunu gösteren bir bulgudur. Hormon salgılayan adenomlarda ise hormon seviyesi yüksekliği ile korelasyon gösterir [15]. **Radyolojik olarak kavernöz sinüs invazyonunu öngörmek için Knosp sınıflaması geliştirilmiştir [24].** Internal karotis arter (ICA) supraklinoid düzeyden intrakavernöz segmente doğru çizilen 3 çizgiye göre yorum yapılmıştır: medial tanjant, interkarotid çizgi ve lateral tanjant.

Evre 0: Tümör medial tanjant medialine sınırlıdır.
Evre 1: Tümör medial tanjant ile interkarotid çizgi arasına uzanır.

Evre 2: Tümör interkarotid çizgi ile lateral tanjant arasına uzanır.

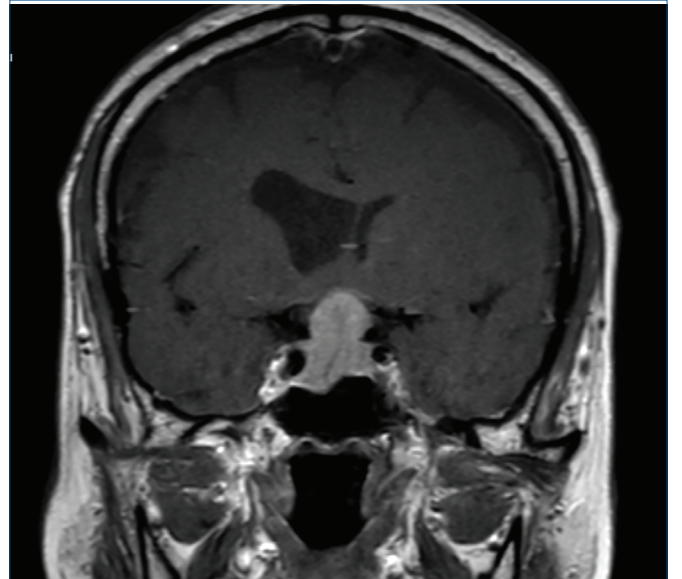
Evre 3: Tümör lateral tanjant lateraline uzanır.

3A: İntrakavernöz ICA üzerinden superior kavernöz sinüse doğru.

3B: İntrakavernöz ICA altından inferior kavernöz sinüse doğru.

Evre 4: İntrakavernöz ICA 360 derece sarılmış (Resim 5).

Evre 0'da kavernöz sinüs invazyon riski %0 olup evre 4'e doğru (%100) giderek artar.



Resim 4. Hormonal inaktif, kardan adam görüntüsüne sebep olan makroadenom.

Apopleksi

Özellikle makroadenomlarda adenom içi kanama ve enfarkt sıklıkla görülen bir bulgu olup genellikle asemptomatiktir. Kanama bazen baş ağrısı, görme bozukluğu ve oftalmopleji ile prezente olan apopleksiye kadar gidebilir. Yapılan bir araştırmada mikroadenomların da dahil edildiği olgu serisinde %20 kadar hastada kanama bulgusu saptanmış olup bunların sadece çeyreğinde klinik apopleksi bulguları izlenmiştir [25]. Özellikle büyüme hormonu salgılayan büyük adenomlarda kanama ve enfarkt görece sık olarak izlenmektedir.

Apopleksi tanısında adenom içi spontan T1 hiperintens kanama ürünü haricinde görüntüleme yardımcı bulgular arasında sıvı-sıvı seviyesi, akut diffüzyon kısıtlılığı ve özellikle

erken dönemde sfenoid sinüs mukozasında kalınlaşma izlenmektedir (Resim 6) [26, 27].

Sheehan sendromu apopleksinin nadir bir formu olup adenohipofizin akut post-partum iskemik nekrozuna verilen isimdir. Doğum sırasında aşırı kanamaya bağlı hipovolemik şok kaynaklı karşımıza çıkar. Uzun dönem hormonal fonksiyon kaybı ile sonuçlanabilir.

Adenomlarda Ayırıcı Tanı

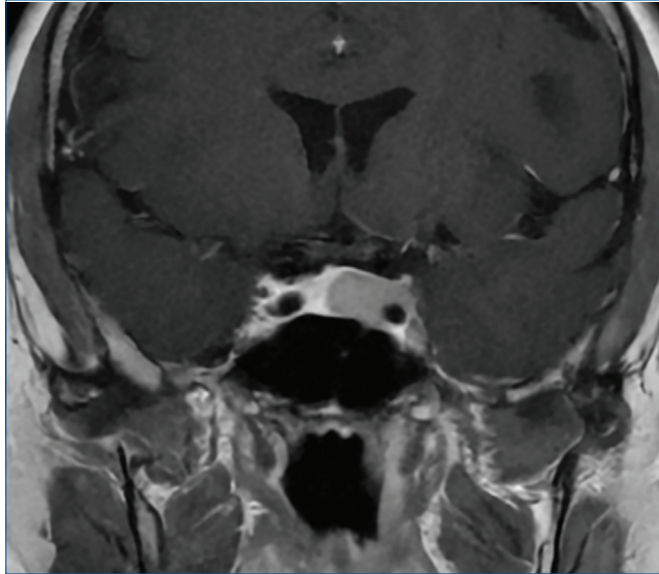
Hipofizer hiperplazi: Genç kadınlarda, gebelerde ve laktasyon durumlarında fizyolojik olabildiği gibi hedef organ hormonal yetmezliğinde patolojik olarak da görülebilir. Patolojik hiperplazi en sık primer hipotiroidizme bağlı olarak görülür.

Rathke kleft kisti: Sinyal özelliği kist içeriğine göre değişiklik gösterir. Genellikle orta hat yerleşimli olup homojen iç yapıdadır. %70'inde T1A hiperintens, T2A hipointens intrakistik nodül görülmekle birlikte kistin içeriğindeki sıvı sinyaline bağlı olarak seçilemeyebilmektedir [28].

Menengiom: Genellikle gri madde ile T1A ve T2A serilerde izointens olup İVKM enjeksiyonu sonrası homojen kontrast tutulumu gösterir. Görüntüleme tanıya yardımcı dural kuyruk, beyin omurilik sıvısı klefti gibi bulgular mevcut olmakla birlikte patognomonik bir bulgusu yoktur.

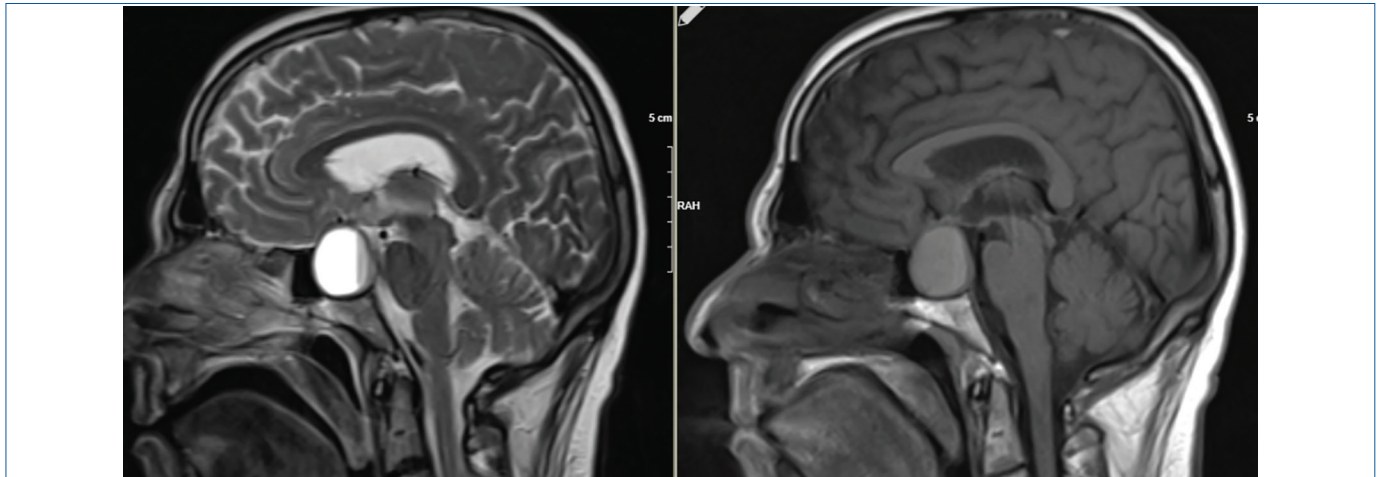
Kraniofaringeom: Genellikle suprasellar tümörler olup %20-25'e kadarında intrasellar uzanım görülebilir. Adamantinomatöz alt tipi sık görülmekte olup belirgin kontrast tutan solid komponentleri bulunan kistik natürde heterojen iç yapılı bir tümördür. Papiller tipinde solid komponent baskındır. Olguların %90'ında kalsifikasyon bulunur.

Metastaz: Genellikle arka lobu daha sık tutmakta olup en sık olarak meme kanseri metastazları görülür. Komşu klivusta normal T1 hiperintensitenin kaybı ve kitle ile devamlılık



Resim 5. Sol ICA'yı 360 dereceye yakın saran, Knosp kategori 4 makroadenom.

ICA, internal karotis arter.



Resim 6. Acil servise baş ağrısı ile başvuran, daha önce bilinen adenom tanısı olmayan hastanın kranial manyetik rezonans görüntüleme tetkikinde sıvı-sıvı seviyelenmesi ve T1A spontan hiperintens kanama ürünleri.

gösteren kalınlaşmış optik kiazma metastaz düşündürülen bulgulardır [29].

Hipofizer Karsinom: Çok nadir görülmekte olup tüm adenohipofizeal neoplazmların %0,2'sini oluşturur. Çoğunlukla rekürren invaziv adenomlardan kaynaklanmakta olup *de novo* gelişmesi seyrek. Spesifik görüntüleme özellikleri bulunmayıp invaziv adenomdan ayırmak radyolojik olarak mümkün değildir.

Anevrizma: İntrasellar uzanım gösteren ICA anevrizmaları ayırıcı tanıda bulunmakla birlikte genellikle anevrizmanın ICA ile bağlantısının izlenmesi ve özellikle anjiyografik tetkiklerde arteriyel sistemle izodens ve izointens olarak izlenmesi sebebiyle anevrizmanın tanısı görece kolaydır.

Hipofizit: Yazımızda ayrı bir bölüm olarak bahsedilmiştir.

HİPOFİZİT

Hipofizit hipofizin enflamasyonu ile karakterize olup kompleks hormonal tablolara yol açabilir. Etiyolojisine göre primer ve sekonder olarak iki gruba ayrılır. Primer hipofizit hipofiz bezinin kendi otoimmün enflamasyonu olarak değerlendirilirken; sekonder hipofizit sellar kist-tümörlere, sistemik otoimmün hastalıklara (Wegener, hemakromatozis, Crohn, Langerhans hücreli histiositoz, tiroidit, polimiyozit, psöriazis, tip 1 diyabetes mellitus, vs.) veya enfeksiyöz hastalıklara (sifiliz, tüberküloz, fungal, vs.) bağlı gelişebilir. Histolojik olarak 5 alt tipi bulunmaktadır: lenfositik, granümatöz, ksantomatöz, immünoglobulin G4 ilişkili (plazmositik) ve nekrotizan [30]. En sık görüleni ve diğer otoimmün hastalıklarla birlikteliği sık olan türü lenfositik hipofizit olduğundan genellikle lenfositik ve lenfositik olmayan olarak 2 ana grupta incelenir. Granümatöz hipofizitin ise sekonder formu daha sık olup tüberküloz, sarkoidoz, fungal enfeksiyon, Crohn, rüptüre Rathke kleft kisti veya kraniofaringeoma sekonder görülebilmektedir. Diğer alt türler çok daha nadir olarak karşımıza çıkmaktadır. Anatomik olarak ise hastalığın tutulum bölgesine göre de adenohipofizit, infundibulohipofizit ve panhipofizit olarak gruplandırılır.

Lenfositik hipofizit hastalarının %80-90'ı kadın olup olguların %30-60'ı peripartum dönemde görülür. Adenohipofizit kadınlarda daha sık görülürken infundibulohipofizit çocuk ve erkeklerde daha sıktır. Özellikle orta yaşlı erkek hastalar genellikle *diabetes insipidus* ile prezente olur [9].

Görüntüleme Bulguları

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'de hipofiz bezinin diffüz ve simetrik büyümesi tipik görünüm olup olguların çoğunda hipofiz sapında da ekspansiyon görünümüne eşlik eder. Hipofiz sapı ekspansiyonu tutulumun histomorfolojik tipine bağlı olarak değişmektedir. Lenfositik ve granümatöz hipofizitte genellikle tüm hipofiz bezinin etkilenmesine bağlı olarak hipofiz

sapında da kalınlaşma ve inhomojenite izlenir. Ksantomatöz hipofizite ise genellikle sadece ön lobu tuttuğundan hipofiz sapı tabii görünümündedir. Bazı hastalarda optik trakt ve kiazma da enflamasyondan etkilenebilmekte olup yine lenfositik ve granümatöz hipofizitte daha sık görülür.

Arka hipofizdeki "bright spot" olguların %75'inde izlenmez. Sella tabanında erozyon veya ekspansiyon beklenen bir durum değildir. Komşu durada veya sfenoid sinüs mukozasında kalınlaşma da görülebilen bulgulardandır.

Tüm histolojik alt tiplerde hastalığın aktif döneminde adenohipofizde İVKM enjeksiyonu sonrası belirgin heterojen kontrast tutulumu izlenirken saptaki kontrast tutulumu hastalığın alt tipine göre değişiklik gösterir [31].

Ayırıcı Tanı

Makroadenom: Özellikle sekretuar olmayan makroadenom ile karışmakta olup tedavisi çok farklı olduğundan ayırımı önemlidir. Klinik olarak *diabetes insipidus* varlığı tanıda yardımcıdır. Radyolojik olarak ise simetrik boyut artışı, hipofiz sapında etkilenme, homojen sinyal, T1 bright spot kaybı ve belirgin kontrast tutulumu hipofizit lehinedir.

Hipofizer hiperplazi: Hasta demografisi benzer olmakla birlikte hiperplazide sapın ve arka lobun normal olmasıyla ayırım yapılabilir.

Metastaz: Genellikle heterojen iç yapıda olup klivus ve sella tabanında erozyon eşlik eder. Ayrıca çoğunlukla yaşlı ve bilinen malignitesi olan hastalarda görülür.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir

KAYNAKLAR

1. Giraldo E, Allen JW, Ioachimescu AG. Pituitary Incidentalomas: best practices and looking ahead. *Endocr Pract.* 2023; 29: 60-68. [CrossRef]
2. Standring S. Chapter 28: *Intracranial region*, in *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice*. 2016, Elsevier: New York. p. 431-432. [CrossRef]
3. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U, Stefan C. Thieme atlas of anatomy. Head, neck, and neuroanatomy. In: Georg Thieme Verlag, editors. 4th ed. New York: Thieme; 2025.p.1. [CrossRef]
4. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Color atlas of human anatomy: locomotor system. 7th ed. In G. Thieme Verlag ed. New York: Thieme; 2015. [CrossRef]
5. Ryan S, McNicholas M, Eustace S. Anatomy for diagnostic imaging. 3rd ed. Saunders/Elsevier: New York; 2011.p.337. [CrossRef]
6. Tsunoda A, Okuda O, Sato K. MR height of the pituitary gland as a function of age and sex: especially physiological hypertrophy in adolescence and in climacterium. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1997; 18: 551-4. [CrossRef]
7. Yadav P, Singhal S, Chauhan S, Harit S. MRI evaluation of size and shape of normal pituitary gland: age and sex related changes. *JCDR.* 2017; 11. [CrossRef]

8. Chapman PR, Singhal A, Gaddamanugu S, Prattipati V. Neuroimaging of the pituitary gland: practical anatomy and pathology. *Radiol Clin North Am.* 2020; 58: 1115-33. [\[CrossRef\]](#)
9. Osborn, GA, Hedlund GL, Salzman KL. Osborn's brain : imaging, pathology, and anatomy. 2nd ed. In Philadelphia, PA : Elsevier. United States; 2018. [\[CrossRef\]](#)
10. Kanal E, Maravilla K, Rowley HA. Gadolinium contrast agents for CNS imaging: current concepts and clinical evidence. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2014; 35: 2215-26. [\[CrossRef\]](#)
11. Chaudhary V, Bano S. Imaging of the pituitary: recent advances. *Indian J Endocrinol Metab.* 2011; 15 Suppl 3: S216-23. [\[CrossRef\]](#)
12. Grajo JR, Paspulati RM, Sahani DV, Kambadakone A. Multiple endocrine neoplasia syndromes: a comprehensive imaging review. *Radiol Clin North Am.* 2016; 54: 441-51. [\[CrossRef\]](#)
13. Bonneville JF, Bonneville F, Cattin F. Magnetic resonance imaging of pituitary adenomas. *Eur Radiol.* 2005; 15: 543-8. [\[CrossRef\]](#)
14. Elster AD. High-resolution, dynamic pituitary MR imaging: standard of care or academic pastime? *AJR Am J Roentgenol.* 1994; 163: 680-2. [\[CrossRef\]](#)
15. Elster AD. Modern imaging of the pituitary. *Radiology.* 1993; 187: 1-14. [\[CrossRef\]](#)
16. Ezzat S, Asa SL, Couldwell WT, Barr CE, Dodge WE, Vance ML, et al. The prevalence of pituitary adenomas: a systematic review. *Cancer.* 2004; 101: 613-9. [\[CrossRef\]](#)
17. Schaller B. Gender-related differences in prolactinomas. A clinicopathological study. *Neuro Endocrinol Lett.* 2005; 26: 152-9. Erratum in: *Neuro Endocrinol Lett.* 2005; 26: 628. [\[CrossRef\]](#)
18. Bayrak A, Saadat P, Mor E, Chong L, Paulson RJ, Sokol RZ. Pituitary imaging is indicated for the evaluation of hyperprolactinemia. *Fertil Steril.* 2005; 84: 181-5. [\[CrossRef\]](#)
19. Fujimura M, Ikeda H, Takahashi A, Ezura M, Yoshimoto T, Tominaga T. Diagnostic value of super-selective bilateral cavernous sinus sampling with hypothalamic stimulating hormone loading in patients with ACTH-producing pituitary adenoma. *Neurol Res.* 2005; 27: 11-5. [\[CrossRef\]](#)
20. Liu C, Lo JC, Dowd CF, Wilson CB, Kunwar S, Aron DC, et al. Cavernous and inferior petrosal sinus sampling in the evaluation of ACTH-dependent Cushing's syndrome. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2004; 61: 478-86. [\[CrossRef\]](#)
21. Bourdelot A, Coste J, Hazebroucq V, Gaillard S, Cazabat L, Bertagna X, et al. Clinical, hormonal and magnetic resonance imaging (MRI) predictors of transsphenoidal surgery outcome in acromegaly. *Eur J Endocrinol.* 2004; 150: 763-71. [\[CrossRef\]](#)
22. Besser GM, Burman P, Daly AF. Predictors and rates of treatment-resistant tumor growth in acromegaly. *Eur J Endocrinol.* 2005; 153: 187-93. [\[CrossRef\]](#)
23. Sarlis NJ, Gourgoutis L, Koch CA, Skarulis MC, Brucker-Davis F, Doppman JL, et al. MR imaging features of thyrotropin-secreting pituitary adenomas at initial presentation. *AJR Am J Roentgenol.* 2003; 181: 577-82. [\[CrossRef\]](#)
24. Knosp E, Steiner E, Kitz K, Matula C. Pituitary adenomas with invasion of the cavernous sinus space: a magnetic resonance imaging classification compared with surgical findings. *Neurosurgery.* 1993; 33: 610-7; discussion 617-8. [\[CrossRef\]](#)
25. Ostrov SG, Quencer RM, Hoffman JC, Davis PC, Hasso AN, David NJ. Hemorrhage within pituitary adenomas: how often associated with pituitary apoplexy syndrome? *AJR Am J Roentgenol.* 1989; 153: 153-60. [\[CrossRef\]](#)
26. Arita K, Kurisu K, Tominaga A, Sugiyama K, Ikawa F, Yoshioka H, et al. Thickening of sphenoid sinus mucosa during the acute stage of pituitary apoplexy. *J Neurosurg.* 2001; 95: 897-901. [\[CrossRef\]](#)
27. Rogg JM, Tung GA, Anderson G, Cortez S. Pituitary apoplexy: early detection with diffusion-weighted MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2002; 23: 1240-5. [\[CrossRef\]](#)
28. Byun WM, Kim OL, Kim D. MR imaging findings of Rathke's cleft cysts: significance of intracystic nodules. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000; 21: 485-8. [\[CrossRef\]](#)
29. Fassett DR, Couldwell WT. Metastases to the pituitary gland. *Neurosurg Focus.* 2004; 16: E8. [\[CrossRef\]](#)
30. Higham CE, Olsson-Brown A, Carroll P, Cooksley T, Larkin J, Lorigan P, et al. Society For Endocrinology Endocrine Emergency Guidance: acute management of the endocrine complications of checkpoint inhibitor therapy. *Endocr Connect.* 2018; 7: G1-7. [\[CrossRef\]](#)
31. Saiwai S, Inoue Y, Ishihara T, Matsumoto S, Nemoto Y, Tashiro T, et al. Lymphocytic adenohypophysitis: skull radiographs and MRI. *Neuroradiology.* 1998; 40: 114-20. [\[CrossRef\]](#)

1. Hipofiz kaynaklı bir lezyonun kavernöz sinüs invazyonu düşündürmesi açısından en güçlü radyolojik bulgu aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Lezyonun lateral tanjant çizgisini aşarak intrakavernöz ICA'yı 360° sarması
 - b. Lezyonun sadece interkarotid çizgiye kadar uzanım göstermesi
 - c. Hipofiz sapında belirgin ekspansiyon izlenmemesi
 - d. Sella tabanında minimal erozyon olması
 - e. Kontrast sonrası homojen tutulum göstermesi
2. Aşağıdaki mikroadenom tiplerinden hangisinde T2 ağırlıklı MR görüntülerinde lezyonun çoğunlukla izo-hipointens görünmesi beklenir?
 - a. Prolaktinoma
 - b. Kortikotropinoma
 - c. Büyüme hormonu salgılayan adenom
 - d. Tirotropinoma
 - e. Non-sekretuar mikroadenom
3. MRG'de hipofiz bezinin simetrik büyümesi, hipofiz sapında kalınlaşma, arka lob "bright spot" kaybı ve belirgin kontrast tutulumu aşağıdaki durumlardan hangisinde daha olasıdır?
 - a. Non-sekretuar makroadenom
 - b. Metastatik lezyon
 - c. Lenfositik hipofizit
 - d. Rathke kleft kisti
 - e. Hipofizer hiperplazi
4. Aşağıdaki bulgulardan hangisi hipofiz apopleksisi tanısını desteklemez?
 - a. Adenom içinde spontan T1 hiperintens kanama ürünleri
 - b. Akut dönemde sfenoid sinüs mukozasında kalınlaşma
 - c. Diffüzyon kısıtlılığına eşlik eden akut enfarkt bulguları
 - d. Lezyonda kontrast sonrası homojen ve yoğun kontrast tutulumu
 - e. Baş ağrısı, görme bozukluğu ve oftalmopleji ile prezente olma
5. Aşağıdaki kombinasyonlardan hangisi verilen lezyon-özellik eşleşmesinde yanlıştır?
 - a. Rathke kleft kisti-orta hat yerleşimli, homojen içerikli, intrakistik nodül içerebilir
 - b. Menenjiom-dural kuyruk bulgusu, homojen kontrast tutulumu
 - c. Kraniofaringeom-%90 oranında kalsifikasyon içerir
 - d. Hipofizer hiperplazi-sap kalınlaşması ve arka lob bright spot kaybı ile seyreder
 - e. Metastaz-arka lobu sık tutar, klivusta T1 hiperintensite kaybı görülebilir

Tiroid Nodüllerinde Radyolojik Değerlendirme ve Tiroid Kanseri

Radiological Evaluation in Thyroid Nodules and Thyroid Cancer

Adnan Kabaalioğlu

Varisyon Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Tiroid görüntülemesi-radyolojik değerlendirmesi ultrason (US) temellidir. Nadiren bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme gerekebilir. Çoğu benign olan tiroid nodüllerinin, malign olanlarını ayırt edebilmek daha çok US verilerinin iyi algılanması ve yorumlanması ile mümkündür. Çünkü, nodüllere eşlik edebilecek klinik-laboratuvar verileri genellikle yoktur. Nodüllerin US özellikleri detaylı tanımlandıktan sonra, malignite olasılıkları, çeşitli derneklerin (Amerikan, Kore, Avrupa vb.) tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemleri (TI-RADS) terminolojileri veya benzeri bir risk sınıflama sistemi (örneğin *American Thyroid Association Guidelines*) ile ortaya konmalıdır. Son 15 yıl içinde giderek daha da yaygınlaşan bu risk belirleme sistemleri, tüm tarafların aynı dili konuşmalarına-anlamalarına olanak sağlar. Bazı nodüllerden biyopsi alınacak ve bu TI-RADS kriterlerine göre tiroid kanseri teşhisi konulacak. Tiroid kanseri başlıca 4 alt gruba ayrılır: papiller, foliküler, medüller ve anaplastik.

Anahtar Kelimeler: Tiroid, ultrason, tiroid nodülü, tiroid kanseri, TI-RADS

ABSTRACT

Thyroid imaging-radiological evaluation is based on ultrasound (US). Computed tomography and magnetic resonance imaging are rarely needed. To be able to differentiate the rare malignant nodules among the frequent benign nodules, the sonographic clues should be carefully evaluated and interpreted. The clinical and laboratory findings are usually normal in thyroid cancer patients. After detailed description of the nodules, their risk of malignancy should be given by (American Thyroid Association Guidelines) or thyroid imaging reporting and data systems (TI-RADS) terminology defined by several societies of USA, Korea, and Europe basically. These risk stratification systems, which have an increasing popularity in the last 15 years, allow everyone to talk the same language. Some nodules will be biopsied and diagnosed as thyroid cancer, based on these TI-RADS. Thyroid cancer has 4 basic types; papillary, follicular, medullary and anaplastic.

Keywords: Thyroid, ultrasound, thyroid nodule, thyroid cancer, TI-RADS

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Tiroid nodüllerinin erişkinlerde sık olduğunu ve çoğunun benign olduğunu göz önünde bulundurarak, gereksiz endişe ve gereksiz biyopsileri önlemek için nodüllerin benign-malign ayrımındaki kriterleri öğrenmek.
- Benign-malign ayrımının sonografik olarak zor olduğu nodüllerde, takip ve biyopsi protokollerini öğrenmek.
- Optimal bir tiroid ultrason raporu yazmak için gerekli inceleme komponentlerini öğrenmek ve sonuç yorumlama, risk belirleme için sınıflama kullanmayı bilmek.

GİRİŞ

Tiroid nodülleri, erişkinlerde sık görülür. Otuz yaştan küçük gençlerde ortalama %20 civarında olan prevalans, özellikle, ileri yaş kadınlarda %85 gibi yüksek oranlara ulaşabilir. Tüm toplumlarda yaygın görülmekle birlikte, ülkelere ve bölgelere göre, tiroid nodül prevalansı değişebilir.

Genellikle asemptomatik oldukları için sıklıkla tesadüfi saptanırlar. **Nodüllerde kanser olasılığı %5'ten düşüktür.** Tiroid nodüllerinde radyolojik değerlendirme, büyük oranda ultrason (US) temellidir. Gereğinde, bilgisayarlı tomografi (BT), pozitron emisyon tomografi (PET)-BT ve manyetik rezonans görüntüleme, bazı durumlarda devreye sokulabilir.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Adnan Kabaalioğlu, Varisyon Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

E-posta: adnan.kabaalioğlu@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0001-6247-1738

Geliş Tarihi/Received: 30.04.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.08.2025 **Epub:** 15.10.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Kabaalioğlu A. Radiological evaluation in thyroid nodules and thyroid cancer. *Trd Sem.* 2025;13(3):321-333



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

NODÜLLERİN US ÖZELLİKLERİ

Çoğunluğu benign olan tiroid nodüllerinin, en yaygın ve tipik formu spongioz, yani süngerimsi nodüldür. Birçok insanda, guatr ile birlikte ya da guatr olmaksızın, minik ve kolloid içerikli (Resim 1) ya da spongioz nodüller (Resim 2), US ile sık görülür. 1-2 mm çaplı kolloid odaklar, doğal sayılabilir. Son yıllarda, muhtemelen US cihazlarının rezolüsyon artışı ile birlikte, özellikle gençlerde, 1 cm'den küçük çaplı multipl kolloid odaklar, daha sık karşımıza çıkmaktadır (Resim 3). Bu durumun, daha çok çocukluk ve gençlik dönemine özgü-geçici veya multinodüler guatrın erken safhası olup olmadığı, ve çevresel, hormonal faktörler ya da beslenme ile ilgili olup olmadığı, henüz araştırılmaktadır.

2005 yılından başlayarak, tiroid nodüllerinin risklerini belirlemek ve raporları daha standart-evrensel hale getirmek için tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemleri (*thyroid imaging reporting and data systems - TI-RADS*) sistemleri kullanılmaya başlandı. Bu sistemlerden olan Amerikan Tiroid Derneği'ne ait kılavuz, tanımlanmış ve resmedilmiş paternleri temel almaktadır. Diğer sistemler, genellikle, patern ve skor ya da sadece skor bazlıdır. Kore ve Avrupa'ya ait ve hatta birçok ülke adını taşıyan, tiroid nodülü risk belirleme kılavuzları olmakla birlikte, günümüzde tüm dünyada yaygın olarak kullanılan ve en çok tercih edilen, *American College of Radiology* (ACR) tarafından 2017'de yayınlanmış olan TI-RADS sınıflamasına göre, nodüller sonografik olarak 5 gruba ayrılır [1].

Daha da basitleştirmek gerekirse, aslında temel olarak nodülleri 3 ana grupta toplayabiliriz;

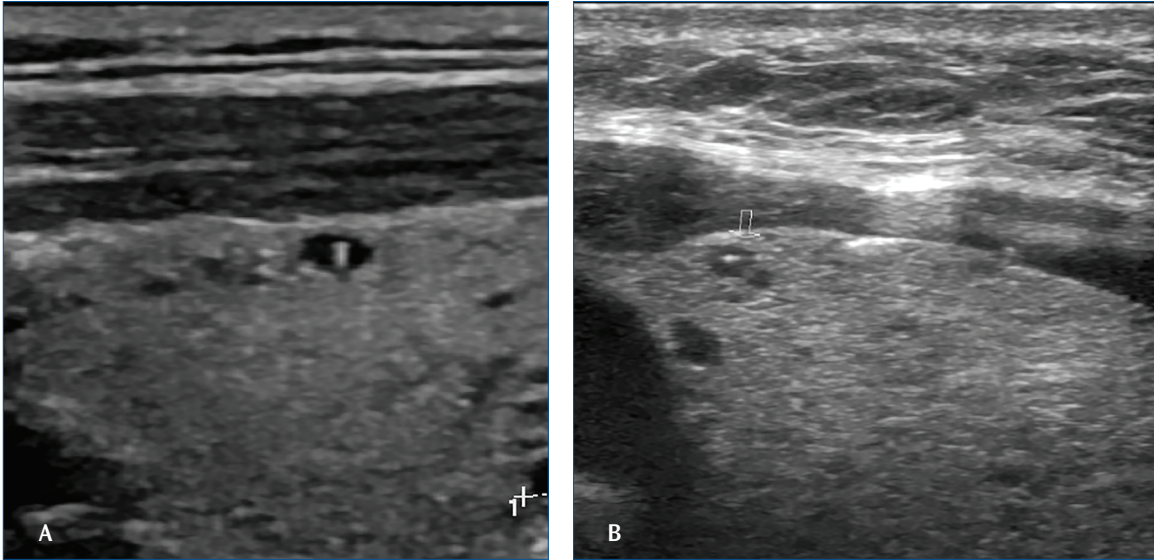
A. Tipik benign olanlar (TI-RADS 1-2)

B. Tipik malign olanlar (TI-RADS 5)

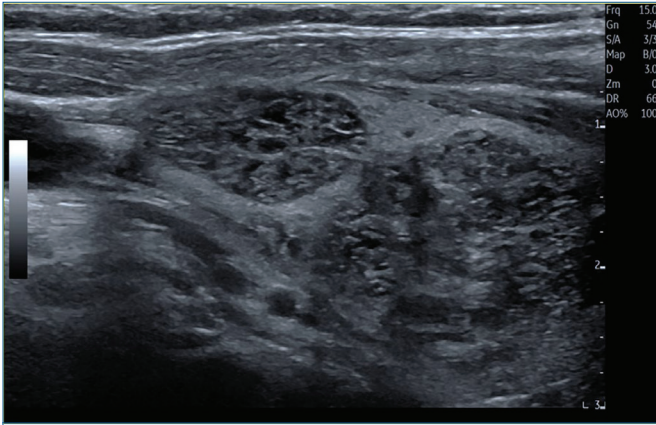
C. Benign ya da malign olabilecek, arada-belirsiz yapıdakiler (TI-RADS 3-4).

Tipik Benign Nodüller (TI-RADS 1-2)

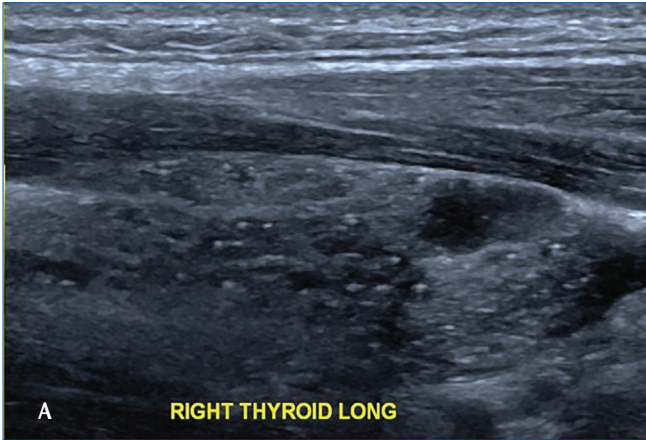
Bu grupta pür kistik ve spongioz (Resim 1, 2) nodüller yer alır. Pür kistik nodüllerin çoğu, aslında hemorajik yapıdadır ve yoğun ekolar ile punktat ekojen odaklar içerir (Resim 4). Punktat ekojen odakların arkasındaki "comet tail artefact" "kuyruklu yıldız artefaktı", kolloid içeriğin habercisidir. Doppler modunda bu nodüller içinde, vaskülarite taşıyan solid yapı olmamalıdır (Resim 5). Semi-solid ya da vaskülarite içeren septa veya solid komponent bulunduran nodüller, bu kategoriden çıkartılmalı ve solid komponentlerinin yapısına göre sınıflandırılmalıdır (Resim 6). ACR kılavuzunda, bu tip nodüllerde Doppler kullanımı ile ilgili öneri yoktur. Ayrıca yoğun içerik ile hipovasküler ya da avasküler solid yapıların ayrımı, nadiren de olsa Doppler ile yapılamayacağı için, bu nodüllerde (Resim 7) daha temkinli olunmalıdır. Solid komponentine göre değerlendirildikten sonra, benign ya da malign patoloji ile sonuçlanan semi-solid nodüller olabilir (Resim 8, 9).



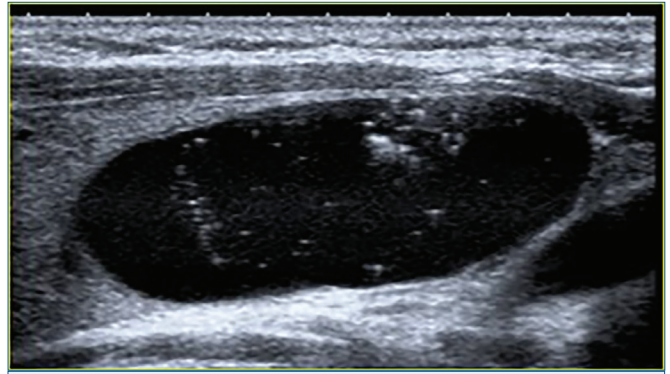
Resim 1. (A, B) Tipik minik-milimetrik kolloid odaklar. A'daki kolloid odak içindeki punktat ekojen odağın arkasında "comet tail" (kuyruklu yıldız) artefaktı belirgin.



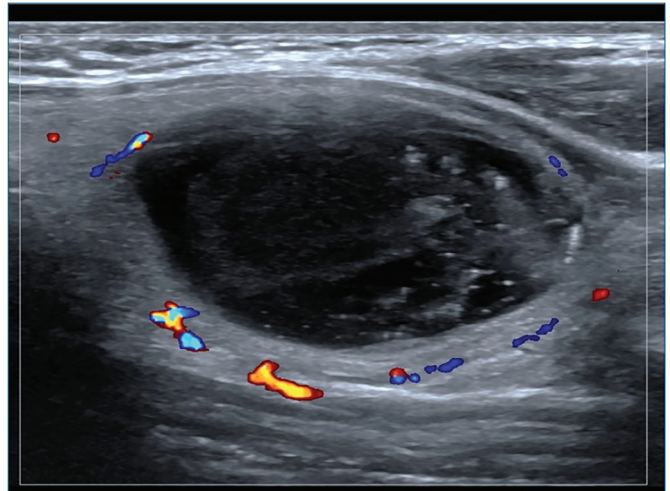
Resim 2. Tipik iki bitişik spongiöz nodül; çok sayıda bitişik kistik boşluklar ve onlara eşlik eden kolloid materyale ait multipl punktate ekojen odaklar.



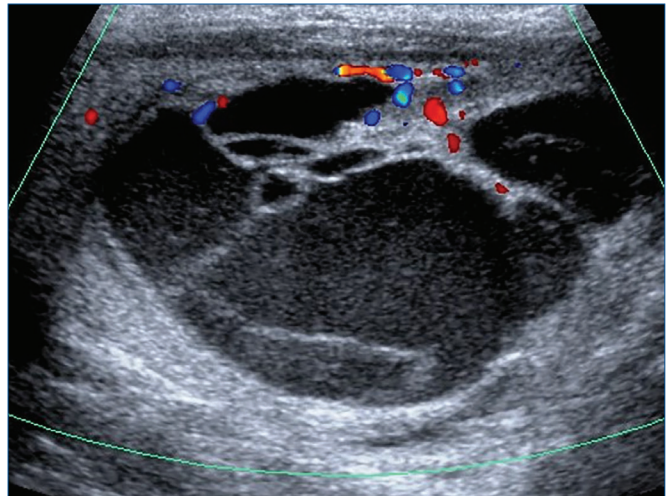
Resim 3. On yedi yaşında asemptomatik erkekte bilateral [(A) sağ lob, (B) sol lob] ve multipl kolloid odaklar.



Resim 4. Kolloid içerikli büyük kistik nodül.

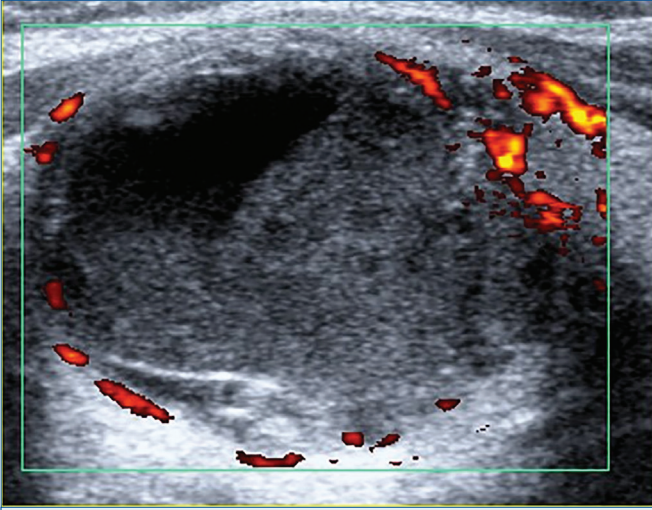


Resim 5. Kolloid ve yoğun sıvı içerikli nodül; Doppler modunda sadece çevrede vaskülarite mevcut.

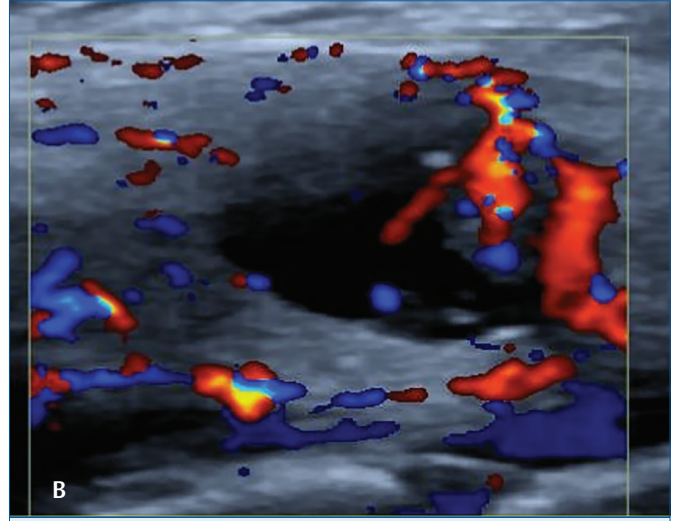
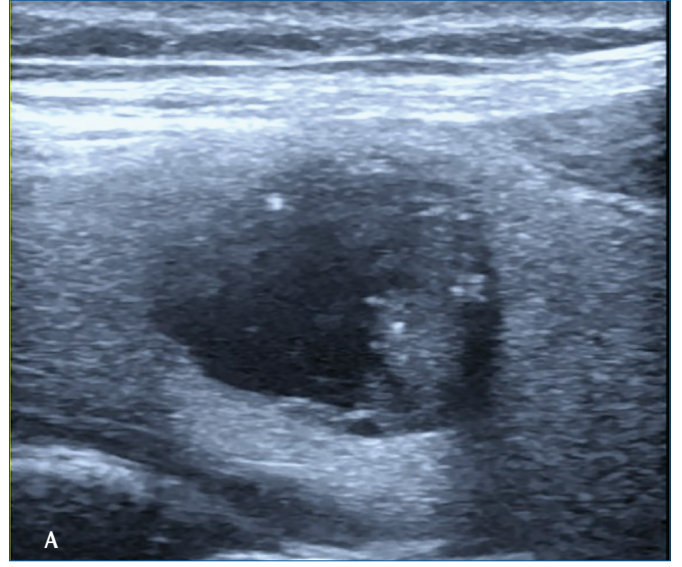


Resim 6. Elli iki yaşında erkek hastada, yoğun içerik yanı sıra, Doppler modunda vaskülarite gösteren multipl septalar içeren nodül. Artık, TI-RADS kategorisi olarak daha yüksek kodlanmalı. Takipler ve biyopsi sonucu benign olarak sonlanmıştır.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.

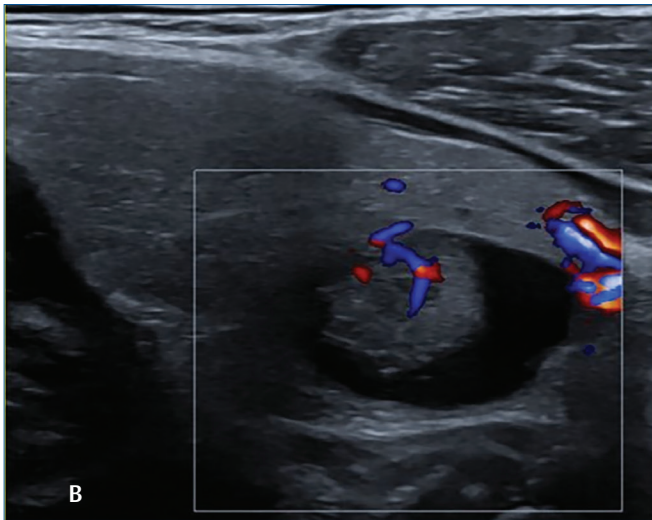


Resim 7. Power Doppler modunda vaskülarite göstermeyen solid görünümlü içerik; yoğun materyal ile solid komponent bazen Doppler ile de ayırt edilemeyebilir.



Resim 9. Yirmi dört yaşında erkek hastada semi-solid nodül. A) Düzensiz konturlu olduğu ve ekojen odaklar içerdiği için TI-RADS 5 olarak kategorize. B) Doppler modunda da zengin vaskülarite dikkati çekmekte. Patolojisi kistik papiller kanser.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.



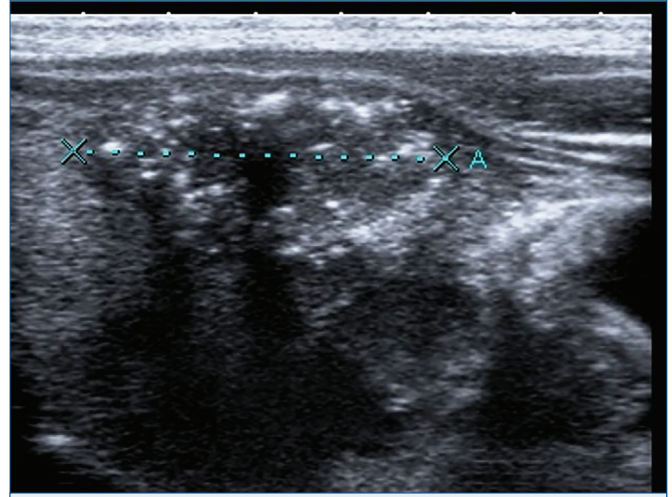
Resim 8. Elli beş yaşında erkek hastada solid komponenti büyük nodül. (A) Solid komponent konturları düzensiz ve birkaç ekojen odak olduğu için TI-RADS 5 olarak kategorize edilmiş. (B) Doppler modunda belirgin vaskülarite içeriyor. Patoloji sonucu benign olarak sonlanıyor.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.

Tipik Malign Nodüller (TI-RADS 5)

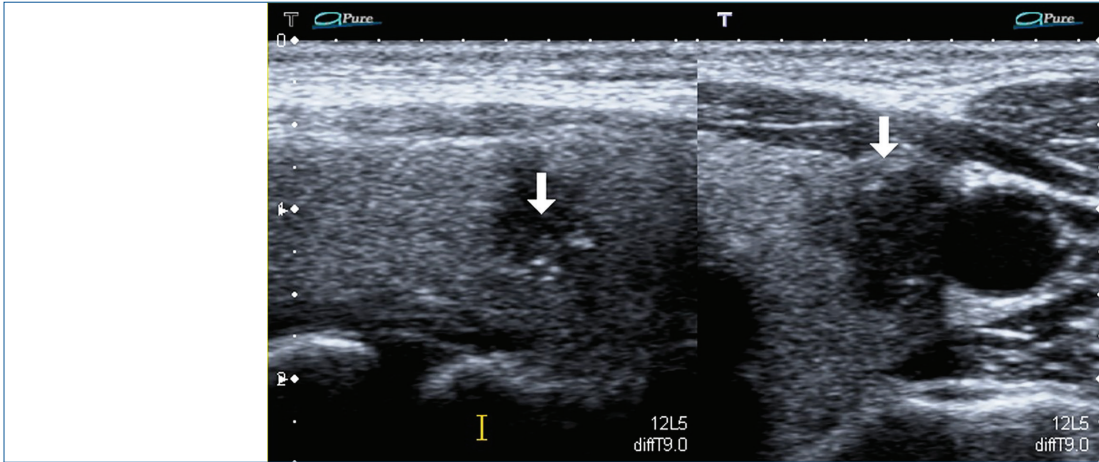
Neredeyse büyük ölçüde kanıtlanmış bazı sonografik malignite kriterleri vardır; belirgin hipoekoik-solid yapı, kontur düzensizliği, mikrokalsifikasyon içeriği ve uzun aksın deriye dik oluşu (Resim 10, 11). Bu özelliklerin her biri, ayrı ayrı, tek başlarına biyopsi endikasyonu doğuran özelliklerdir. Bunlara ekstratiroidal uzanım da eklenebilir (Resim 12). Ayrıca, komşu lenf nodlarında şüpheli bulgular olması da, malignite olasılığını güçlendirir (Resim 12, 13). Mikrokalsifikasyonlar, malignite açısından daha anlamlı olmakla birlikte makrokalsifikasyonlar (Resim 14) ve periferik “yumurta kabuğu” tarzında kalsifikasyonlar da, malignite olasılığını artıran sonografik bulgulardır (Resim 15). Periferik kalsifikasyonlar, özellikle bütünlüğü bozulmuş ve kesintili ise ve protrüze olan bir içerik varsa, malignite açısından daha yüksek şüphelidirler.

American College of Radiology TI-RADS 5 olarak tanımlanan nodüllerin çoğunun, yaklaşık 2/3'sinin, benign nitelikte olduğu akıld tutulmalıdır [1].

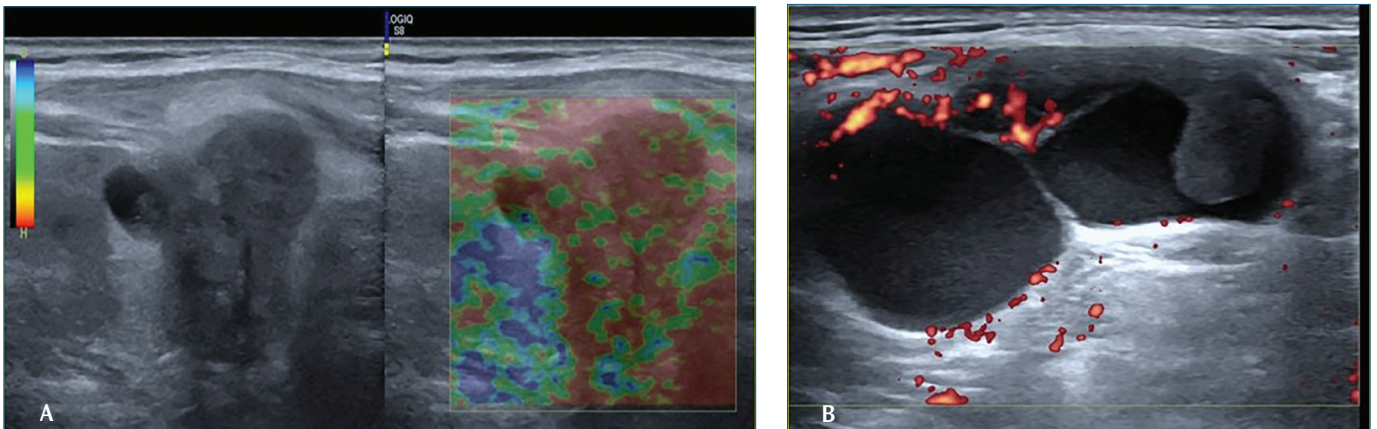


Resim 10. Otuz iki yaşında kadın hastada düzensiz konturlu, hipoekoik solid multipl ekojen, mikrokalsifik odaklar içeren tipik TI-RADS 5 nodül.

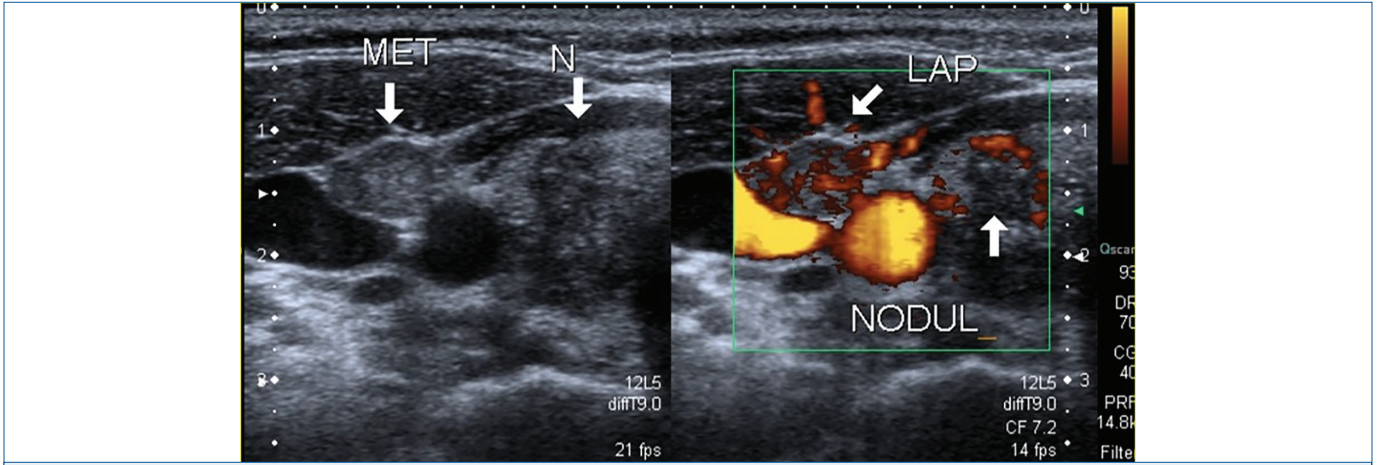
TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.



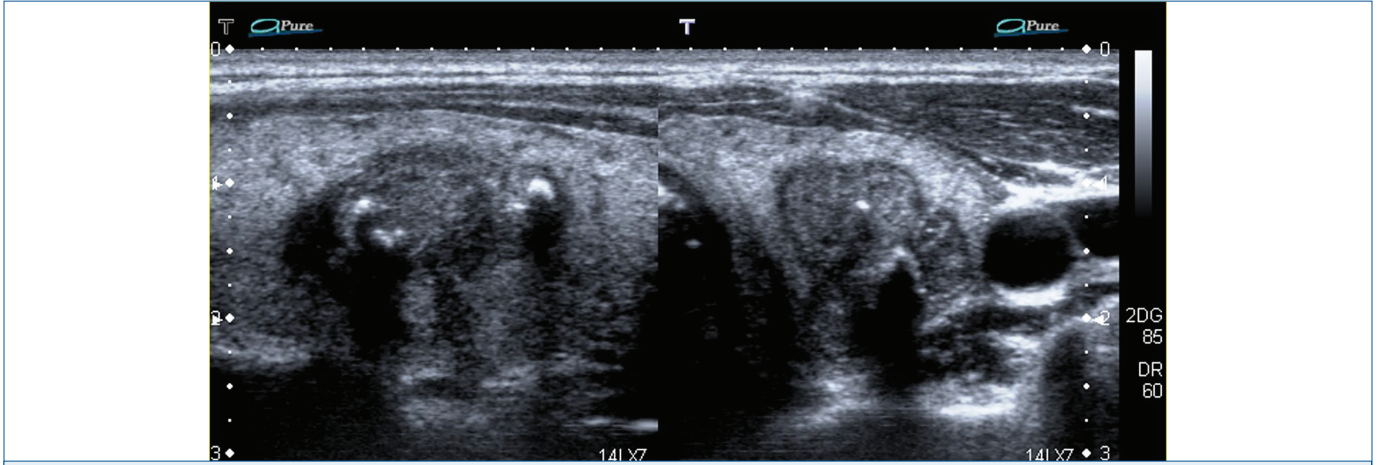
Resim 11. Genç kadında küçük (9 mm) papiller kanser. Malignitenin tüm kriterlerini taşımakta; uzun aksı deriye dik, belirgin hipoekoik, düzensiz konturlu ve punktata mikrokalsifik odaklar içeriyor.



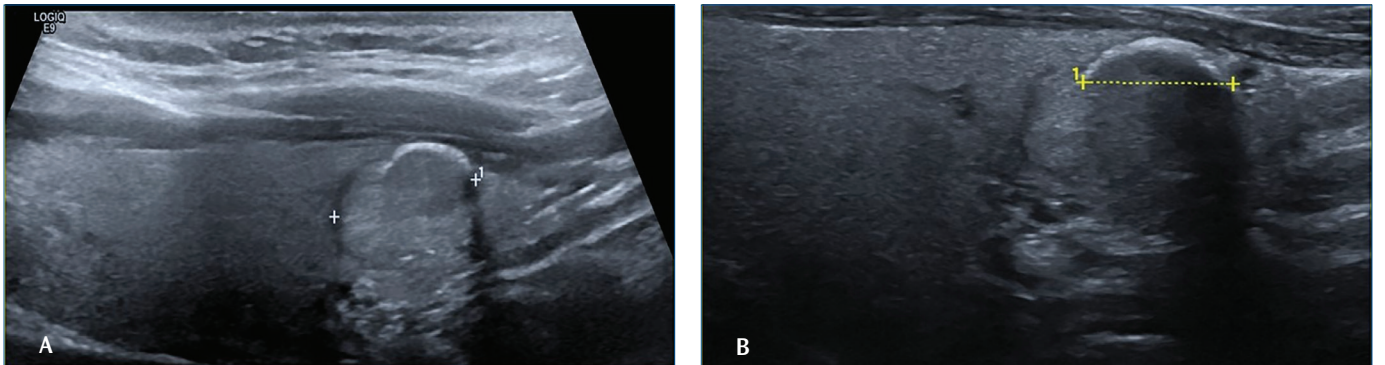
Resim 12. Elli dokuz yaşında erkek hastada, (A) Kapsülü yaylandıran ve eksizeyion sonrasındaki patolojik incelemede kapsül invazyonu saptanan papiller kanser; elastografide de tümör sert olarak kodlanmakta. (B) Aynı hastanın tipik metastaz düşündürücü, büyük-sferik-hipoekoik-hipovasküler, olası nekrotik boyun lenf nodları.



Resim 13. Küçük papiller kansere eşlik eden, nodül (N) ile aynı düzeydeki servikal lenfadenopati (LAP).
MET, metastaz.



Resim 14. Yirmi dört yaşında kadın hastada malign nodül içinde multipl makrokalsifikasyonlar.



Resim 15. Kırk beş yaş kadın hastada takipte “yumurta kabuğu” tarzında periferik kalsifikasyonu olan benign nodülün, (A) 2019 ve (B) 2022 görüntülerinde büyüme olmadığı izlenmekte.

Benign ya da Malign Olabilecek, Arada-Belirsiz Yapıdakiler (TI-RADS 3-4)

Bu nodüller, düzgün konturlu hipoekoik (TI-RADS 4) ya da izo-hiperekoik (TI-RADS 3) yapıdadırlar (Resim 16, 17). Bu grup, aslında, solid nodüllerin büyük çoğunluğunu oluşturur. Düzgün konturlu nodüllerin bir kısmında, sonografik olarak, tam ya da kesintili “periferik halo” gözlenebilir. Bu halo aslında, nodül tarafından komprese olan ve hafif genişlemiş vasküler yapıları yansıtır ve Doppler ile vasküler özelliği daha iyi ortaya konur (Resim 18). Bazı olgularda bu halo, nodülün kapsülüne ait olabilir [2]. Nodül boyutları ölçülürken, bu halo kısmı dahil edilmemelidir. Periferik halo varlığının, eskiden, maligniteyi ekarte etmek açısından değerli bir kriter olduğu düşünülürdü. Ancak artık periferik halonun varlığı ya da yokluğunun, çok güçlü bir ayırt edici özellik olmadığı anlaşılmıştır.

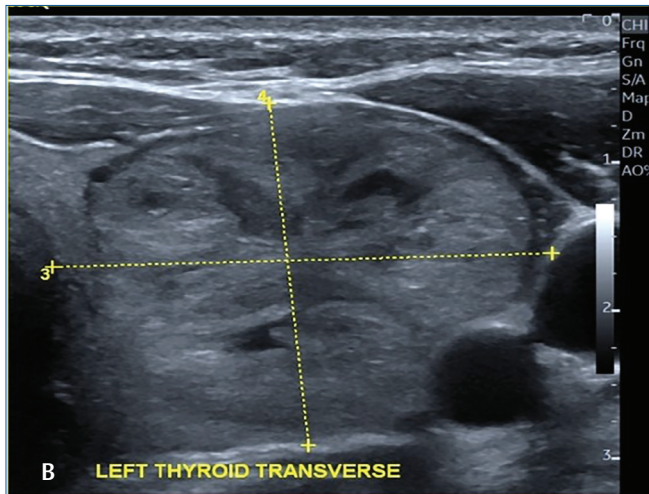
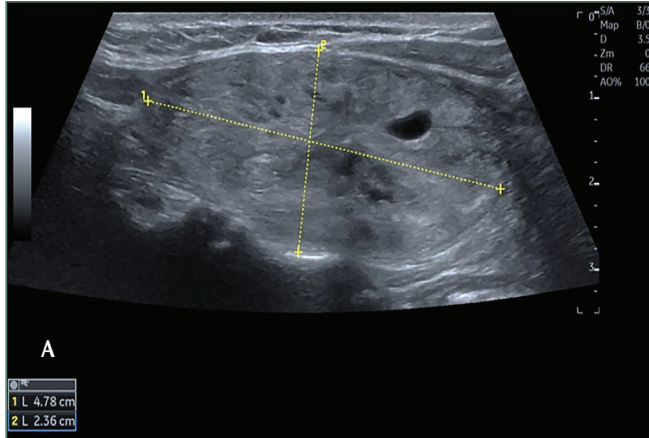
TI-RADS 3 grubu içinde, Hashimoto tiroidit zemininde gelişebilen, hiperekoik-düzgün konturlu yapıda olan “white-knight” “beyaz şövalye” nodülleri de yer alır. Bunlar genellikle

1 cm’den küçük çaplı oldukları için sorun yaratmazlar, takip ve biyopsi gerekmez. Ancak nadir de olsa ekojen nodüllerde de malignite olasılığı söz konusu olabilir (Resim 19).

ACR TI-RADS 4 nodüllerde, malignite oranı %9’a düşmekte olup, TI-RADS 3 için yaklaşık %5 seviyesindedir [1].

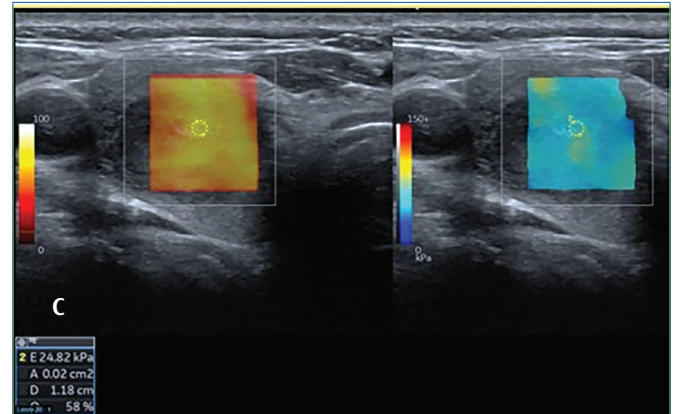
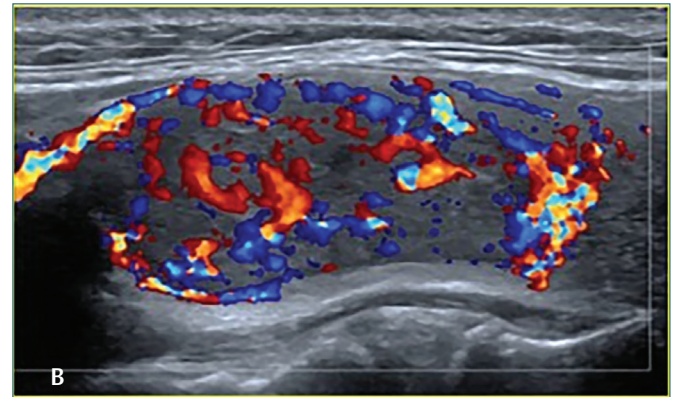
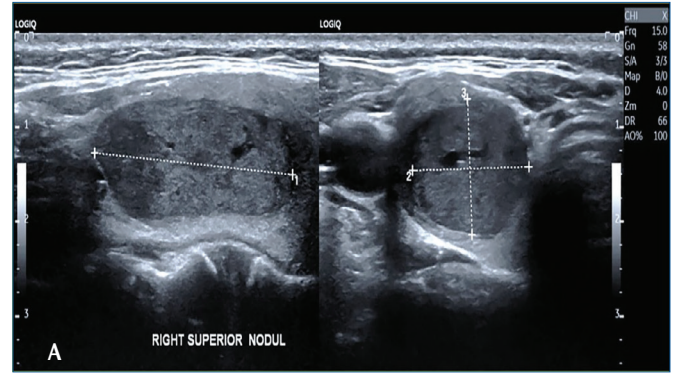
TİROİD KANSERİNİN HİSTOLOJİK ALT TIPLERİNDE US BULGULARI

Papiller tiroid kanserinin 15 alt tipi vardır [3]. En sık görülenler klasik tip, mikrokarsinom ve foliküler varyanttır [3]. US ile papiller kanserlerin alt gruplarının ayırıcı tanısı, çoğu zaman mümkün değildir [4]. Klasik tip, “tall cell” varyant, “columnar

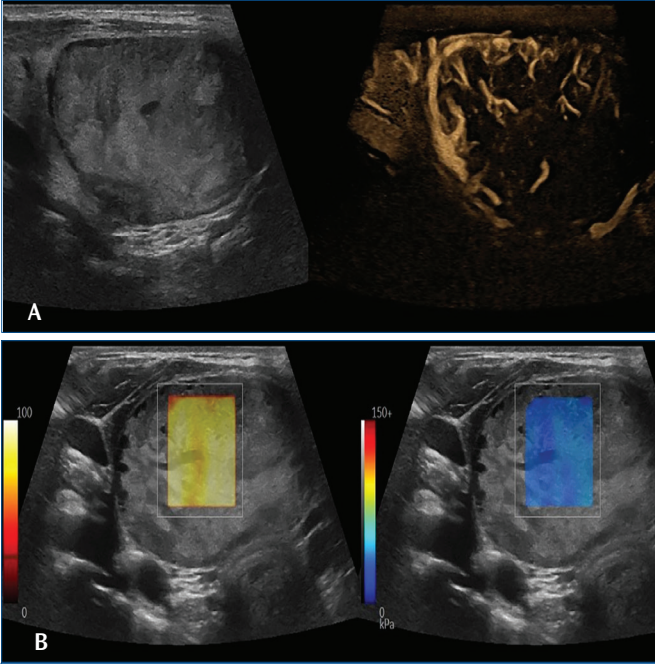


Resim 16. Elli üç yaşında kadında 48x24 mm TI-RADS 3 nodül; rezeksiyon sonucu adenomatöz nodül. (A) longitudinal kesit, (B) transvers kesit.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.

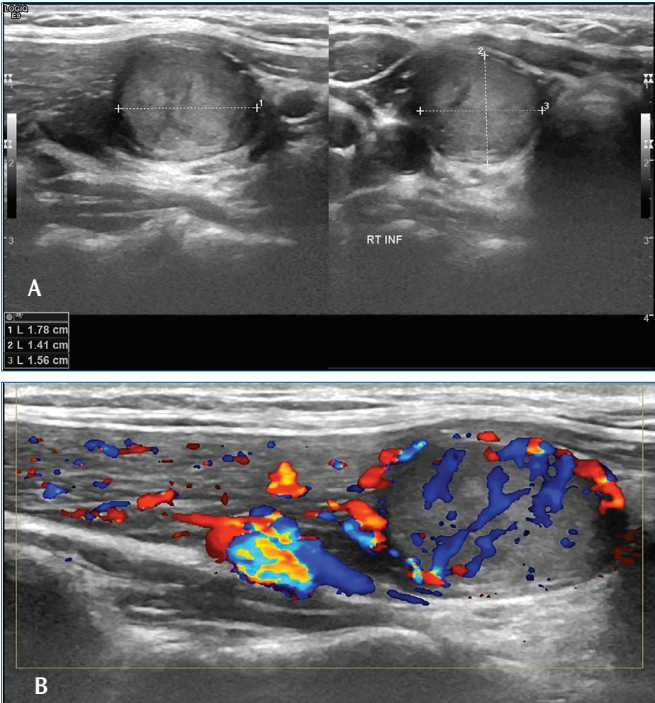


Resim 17. Elli dört yaşında kadın hastada 3 cm foliküler adenoma. (A) oldukça homojen hipoekoik ve düzgün konturlu, (B) hipervasküler, (C) elastografide yumuşak kodlanmış.



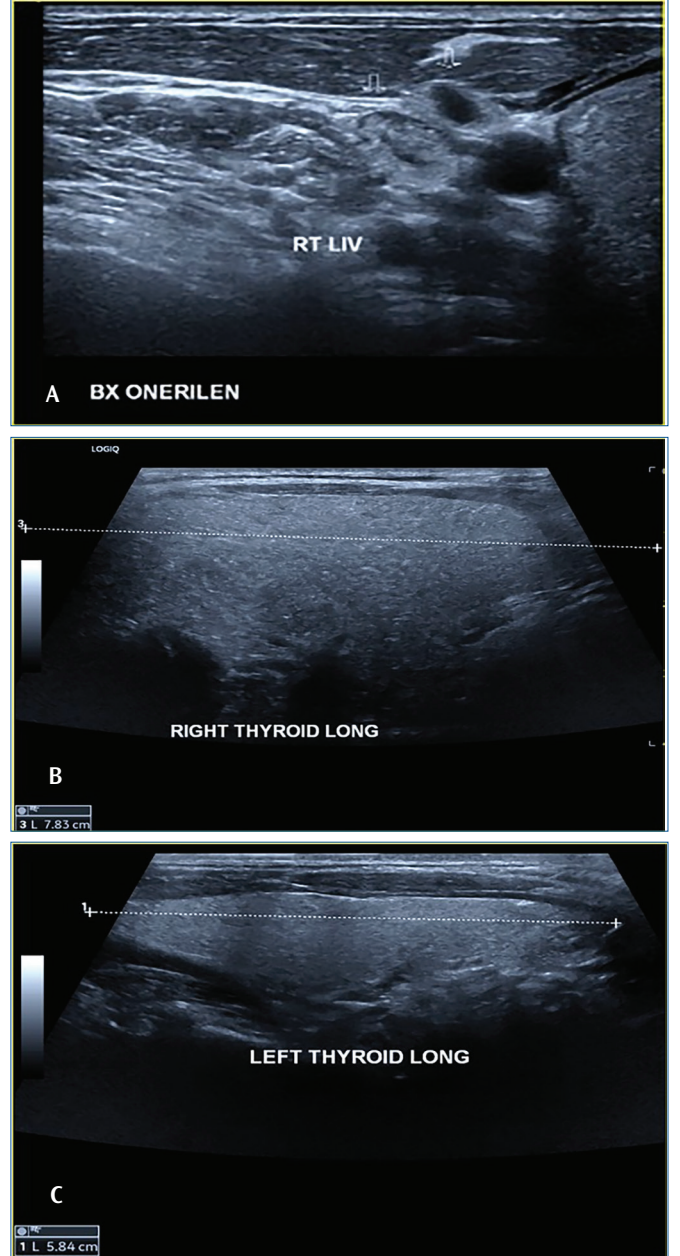
Resim 18. Kırk yaşında kadında, TI-RADS 3 nodül. Patolojisi enkapsüle foliküler varyant papiller kanser. A) Gri-skala 5x3 cm, homojen izoekoik, periferik halolu nodül. Sağdaki B-flow modda, periferik halo daha belirgin. B) Malign olmasına rağmen elastografide yumuşak kodlanmakta.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.



Resim 19. On beş yaşındaki Hashimoto tiroiditli kadın hastada takipte büyüyen beyaz şövalye benzeri hiperekoik nodül. 18 mm'ye ulaştığı için biyopsi ve sonrasında tiroidektomi yapıldı ve sonuç papiller kanser olarak kesinleşti. (A) Sonografik olarak oldukça homojen hiperekoik nodül, (B) Doppler modunda halolu ve hipervasküler.

cell” varyant, “hobnail” varyant, tipik malignite bulgularına sahip olmakla birlikte, foliküler, kribriform ve “Whartin-like” varyant, genelde daha düzgün konturlu nodüller şeklindedir [5, 6]. Papiller kanserin diffüz sklerozan varyantında, çoğu zaman, ayrıca seçilebilen bir fokal nodüler lezyon değil, diffüz tutulum söz konusu olduğu için, tanı ve ayırıcı tanı zor olabilir (Resim 20). Diffüz sklerozan varyantta, tek bir lobda veya her iki



Resim 20. Kırk dört yaşında erkek hasta, boyunda şişlik-lenfadenopati ön tanısıyla geliyor. (A) Seviye 4 servikal lenf nodlarında, hilus kaybolmuş, metastaz açısından şüpheli kistik ve ekojen odaklar izleniyor. (B, C) Tiroid sağ lobu, sola kıyasla belirgin büyük ve diffüz punktat ekolar-olası mikrokalsifikasyonlar içermekte. Pre-op US tanısı ile uyumlu post-op tanı, sklerozan tip papiller kanser.

US, ultrason.

lobda, diffüz büyüme ve eşlik eden diffüz mikrokalsifikasyonlar olabilir; nodül izlenmeyebilir [7]. Daha agresif seyirli bu alt grup nadirdir ve tüm papiller kanserlerin yaklaşık %1-5'ini oluşturur. Çocuklarda ve gençlerde de papiller kanser ve sklerozan varyant daha siktir. “Hobnail” varyant da, sklerozan tip gibi, diffüz mikrokalsifikasyonlar yapabilir (Resim 21).

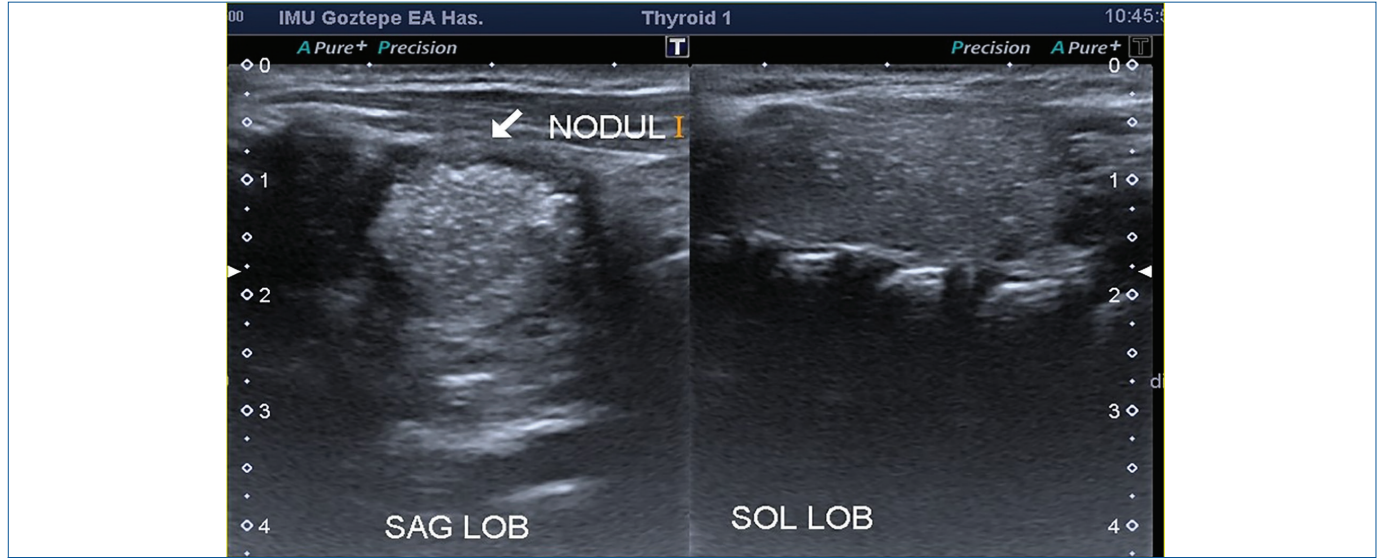
Foliküler Tiroid Kanseri

Tüm tiroid kanserlerinin %6-10 kadarını oluştururlar [8]. Minimal invazif, enkapsüle anjiyoinvazif ve yaygın invazif olmak üzere 3 alt tipi mevcuttur (Resim 22). Sıklıkla 40-60 yaş arası kadınlarda görülür [8]. Boyun lenf nodlarına metastaz yapma olasılığı düşüktür. US ile papiller-foliküler kanser ayırımı mümkün değildir ancak foliküler kanserler daha düzgün konturlu ve homojen yapıda olmaya meyillidir [8]. Hatta,

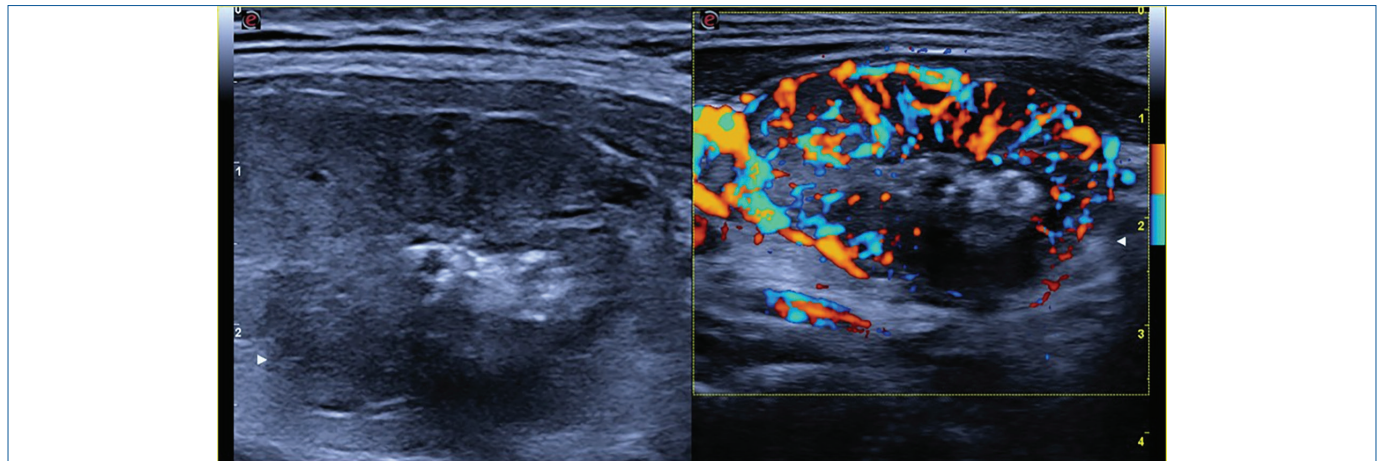
enkapsüle formlarını, patolojik olarak foliküler adenomdan ayırt etmek, bazen zor olabilir [8].

Medüller Tiroid Kanseri

Aslında bir nöroendokrin tümör olup, tüm tiroid kanserlerinin %1-5 kadarını oluşturur. Parafoliküler hücrelerden kaynaklanır ve kalsitonin yüksekliğine neden olur. Çoğunlukla sporadiktir, %25 olguda genetik sendromlar (multipl endokrin neoplazim) saptanabilir [9]. Genetik yatkınlığı olanlarda tarama önerilebilir. Erken metastaz yapma eğilimi (olguların yaklaşık yarısında) nedeniyle prognoz nispeten kötüdür. Bu nedenle, kalsitonin 500 ng/mL üzerinde ise PET-BT gibi ileri tetkikler gerekir.

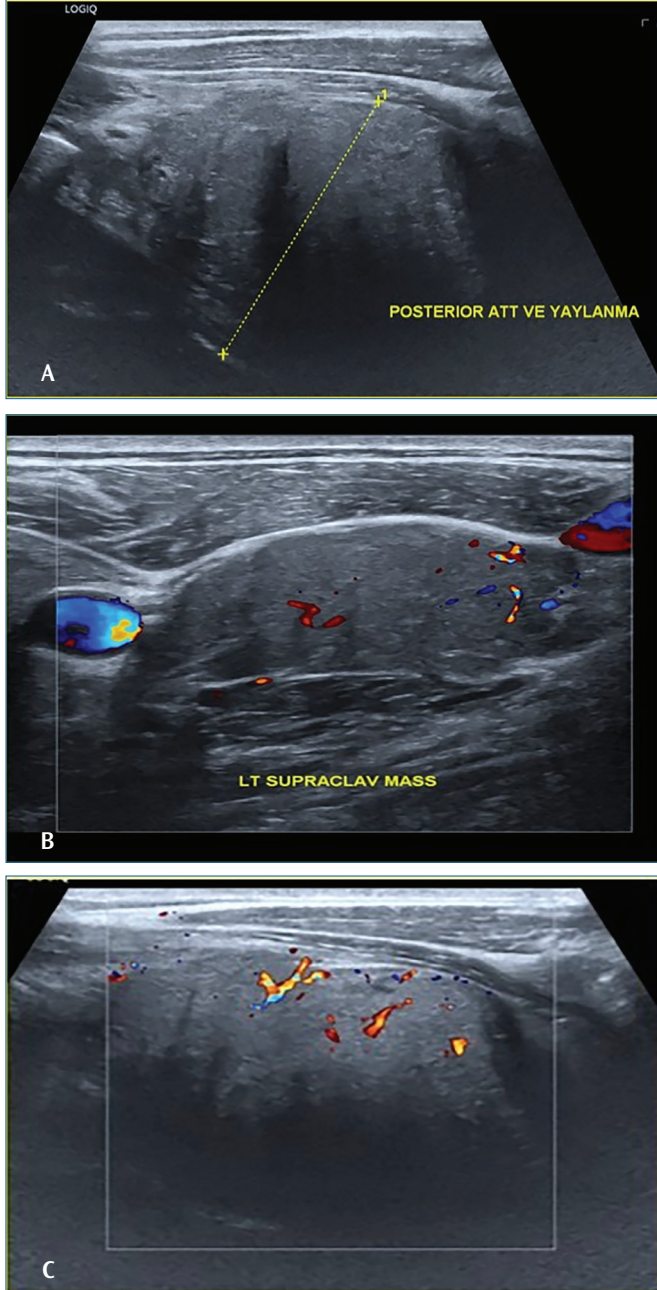


Resim 21. Dört yaşında erkek çocukta “hobnail” varyant papiller kanser; sağda yoğun nodüler, solda daha seyrek diffüz mikrokalsifikasyonlar.

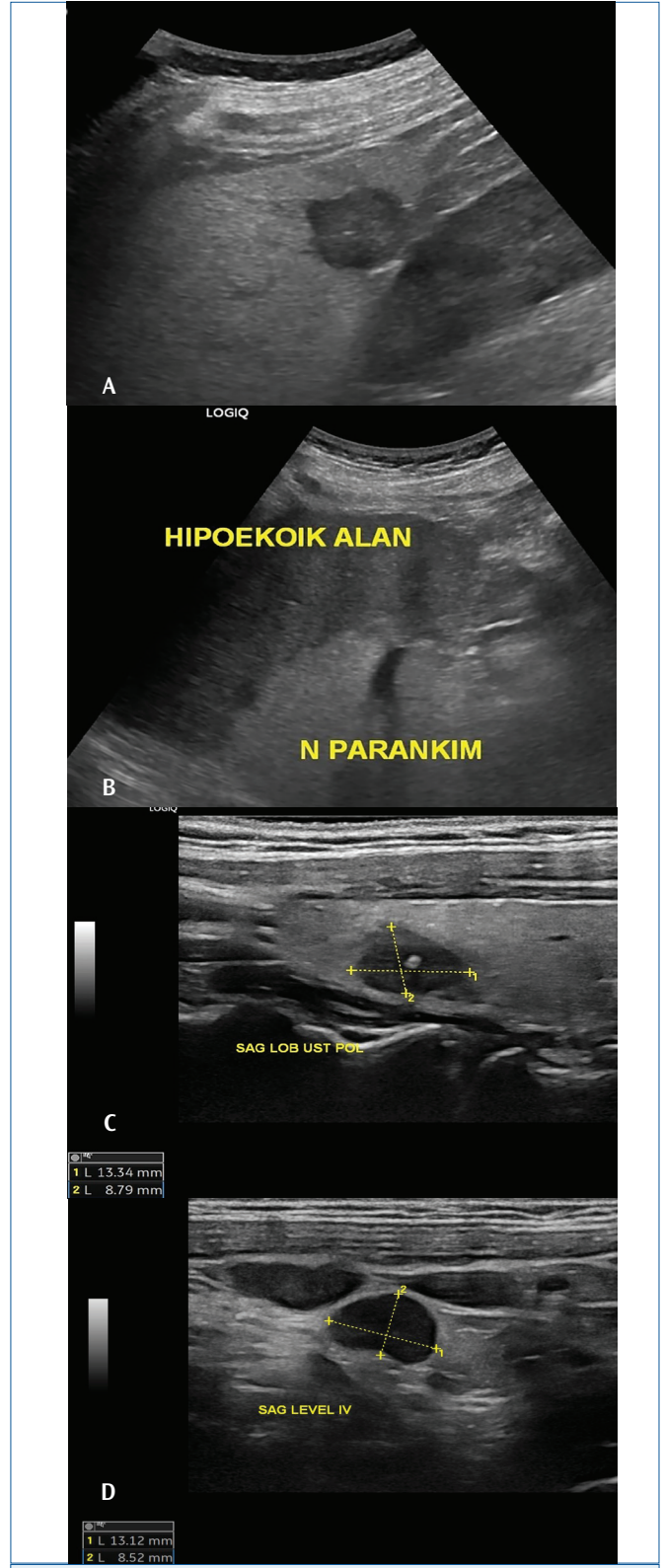


Resim 22. Otuz iki yaşında erkek hastada 3,5 cm foliküler tip kanser (Anjiyoinvazif alt tip). Gri skalada kalsifikasyonlar, Doppler modunda yoğun vaskülarite dikkat çekiyor.

US bulguları ile çoğu zaman papiller kanserden ayrımı mümkün değildir. Ancak erken ve multipl metastaz yapmış, düzgün konturlu, büyük çaplı, hipoekoik, mikrokalsifikasyon içerebilen lezyonlarda medüller kanser şüphesi uyanabilir. Benim şahsi gözlemim, **amiloid birikimi olan ve bu nedenle distal atenüasyon gösteren nodüller, medüller kanser açısından yüksek şüphelidir (Resim 23)**. Bazen metastaz daha büyük olabilir ve ön tanıda yanılgılar olabilir (Resim 24).



Resim 23. Kırk üç yaşındaki erkek hasta, boyunda şişlikler nedeniyle başvuruyor. A) Tiroidde belirgin distal atenüasyonu olan büyük homojen-izoekoik nodül ve B) çok büyük seviye 4 lenf nodu izlenmekte. C) Doppler tetkikinde, anteriorda vasküler yapılar izlenirken, distalde, şiddetli atenüasyon nedeniyle vasküler sinyaller alınamıyor.



Resim 24. Kırk yedi yaşındaki erkek hasta, büyük karaciğer kitelleri ile cerraha başvuruyor. A-B) Ultrasonda hipoekoik multipl kitleler mevcut; biyopside medüller Ca metastazı tanısı konuyor. B) Araştırılınca, tiroidde 13 mm nodül (C) ve boyunda, multipl metastatik LAP (D) saptanıyor.

Ca, karsinom; LAP, lenfadenopati.

Anaplastik Tiroid Kanserİ

Tüm tiroid kanserlerinin yaklaşık %1 kadarını oluşturur. **En agresif tiptir ve erken metastaz yapma eğilimindedir. Juguler ven invazyonu da nadiren görülebilir (Resim 25).** Papiller kanser zemininde de gelişebilir. Genellikle 60 yaş üstünde görülür ve prognoz kötüdür. Hastaların yaklaşık yarısında, başvuruda, boyun dışı metastazlar gelişmiştir. Bu nedenle, bu hastalarda BT ile yayılımın araştırılması şarttır. Sonografik olarak, büyük hipoekoik, elastografide sert kodlanan, düzensiz konturlu, çevreye yayılım gösteren kitleler şeklinde izlenir (Resim 25). Nekroz ve kemikleşme odakları sıktır.

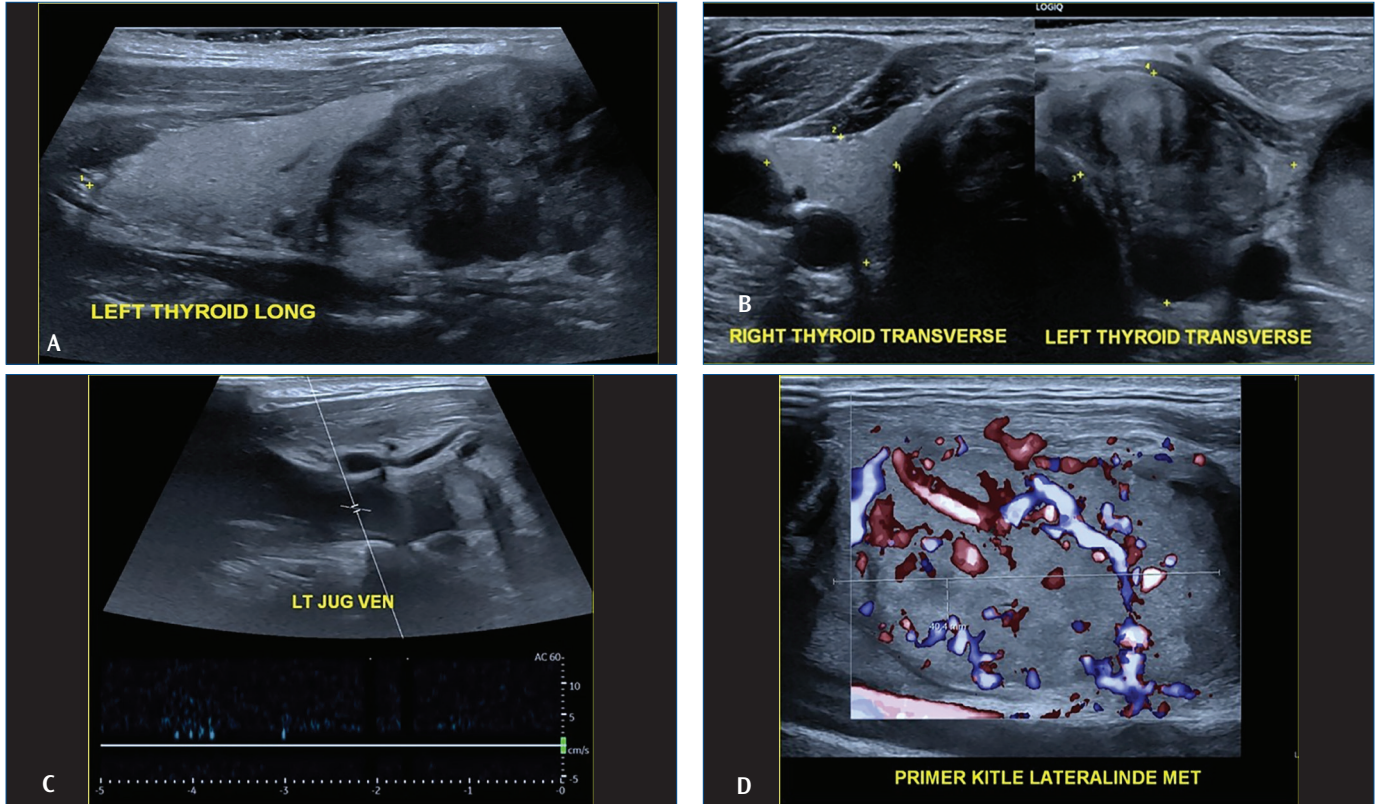
SONUÇ

Ultrason ile artık tiroid nodüllerinin çoğunu tipik benign ya da tipik malign olarak ayırt edebiliyoruz. Düzgün konturlu homojen nodüllerde ise bazen biyopsi bile benign-malign ayrımını yapamayabilir. Tiroid US incelemelerinde gördüğümüz ekojen odakların kolloid-mikrokalsifikasyon ayrımında ve solid komponentli kistik nodüllerde hala zorluklar yaşamaktayız. Malignite ayırıcı tanısında bir diğer önemli nokta da *De Quervain* tiroiditinde (subakut tiroidit) izlenen düzensiz konturlu

hipoekoik nodüllerdir. Bunlar genellikle belirsiz konturlu hipoekoik alanlar tarzında görünse de bazen maligniteyi taklit eder (Resim 26).

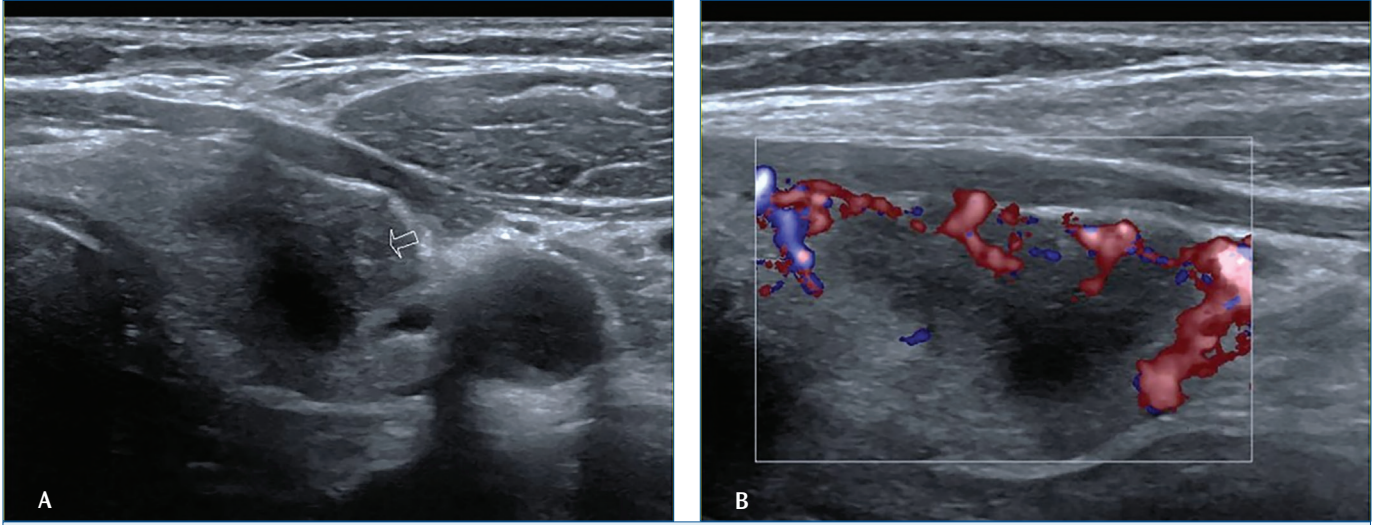
Optimal bir US tetkiki ve US bulgularının detaylı-standartlara uygun tanımlanması ve analiziyle oluşturulan raporda mutlaka takipsizlik-takip ya da biyopsi seçenekleri sunulmalıdır. TI-RADS sistemlerinden birisi veya kuruma özgü standart bir risk belirleme yöntemi kullanılmalıdır.

Biyopsi sonrasında malignite tanısı varsa, mutlaka tüm boyun detaylı olarak, lenf nodu metastazı ve vasküler invazyon açısından değerlendirilmelidir. Şüpheli lenf nodlarının seviyesi, yeni evrensel tanımlamalar (level) çerçevesinde belirtilmelidir. Ayrıca, tedavi konusunda da raporda önerilerde bulunulabilir ve hasta bu konuda bilgilendirilebilir. Özellikle, tiroid kanserlerinin büyük çoğunluğunu oluşturan ve agresif olmayan papiller tip kanserlerde, takip, perkütan US eşliğinde ablasyon ve cerrahi seçenekler konusunda önerilerde bulunulabilir. Uzun yıllardır Uzak Doğu ülkelerinde (Japonya, Güney Kore, Çin) binlerce hastada uygulanmış ve uygulanmakta olan gözlem-takip ve US eşliğinde ablasyon protokolleri, son yıllarda Batı ülkelerinde de kılavuzlarda yerini bulmaktadır [10].



Resim 25. Elli sekiz yaşında erkek hasta, son 2 haftadır fark ettiği boyun sol yanında şişlik nedeniyle başvuruyor. Yapılan tetkikte; A) Tiroid sol lobda 42 mm çaplı TI-RADS 5 nodül, B) transvers kesitte, nodülün, juguler veni tamamen oklüde ettiği dikkat çekiyor. Sağdaki juguler ven ile kıyaslayınız. C) Doppler modunda, longitudinal aksta, sol juguler ven içinde akım tamamen kaybolmuştur. D) Nodül komşuluğundaki, hastanın doktora başvurmasını sağlayan 6 cm çaplı büyük servikal lenf nodunun, renkli Doppler modunda hipervaskülaritesi izleniyor.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi.



Resim 26. Altmış dört yaşında akciğer kanserli olguda, PET-BT’de şüpheli tiroid nodülü saptanması üzerine yapılan US tetkikinde, TI-RADS 5 nodül izleniyor (A). Doppler modunda nodülün vaskülaritesi (B). Post-operatif patolojisi *De Quervain* tiroiditi olarak sonuçlanıyor.

TI-RADS, tiroid görüntüleme raporlama ve veri sistemi; US, ultrason; PET-BT, pozitron emisyon tomografi- bilgisayarlı tomografi.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, Hoang JK, Berland LL, Teefey SA, et al. ACR thyroid imaging, reporting and data system (TI-RADS): white paper of the ACR TI-RADS committee. *J Am Coll Radiol*. 2017; 14: 587-95. [CrossRef]
2. Yang GCH, Fried KO. Pathologic basis of the sonographic differences between thyroid cancer and noninvasive follicular thyroid neoplasm with papillary-like nuclear features. *Ultrasonography*. 2018; 37: 157-63. [CrossRef]
3. Xu B. Papillary thyroid carcinoma - classic. PathologyOutlines.comonline. Accessed september 2nd, 2025. <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidpapillaryclassic.html> [CrossRef]
4. Baek HJ, Kim DW, Shin GW, Heo YJ, Baek JW, Lee YJ, et al. Ultrasonographic features of papillary thyroid carcinomas according to their subtypes. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018; 9: 223. [CrossRef]
5. Shin JH. Ultrasonographic imaging of papillary thyroid carcinoma variants. *Ultrasonography*. 2017; 36: 103-10. [CrossRef]
6. Hekimsoy I, Ertan Y, Serin G, Karabulut AK, Özbek SS. Comparison of ultrasound findings of papillary thyroid carcinoma subtypes based on the 2022 WHO classification of thyroid neoplasms. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024; 15: 1434787. [CrossRef]
7. Li W, Wang Y, Gao L, Feng R, Lv K, Wu X, et al. Sonographic characteristics of diffuse sclerosing variant of papillary thyroid carcinoma with histopathological correlation: a preliminary study. *Orphanet J Rare Dis*. 2024; 19: 136. [CrossRef]
8. Wei S. Follicular thyroid carcinoma. PathologyOutlines.com online. Accessed september 2nd, 2025. Available from <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidfollicular.html> [CrossRef]
9. Ramos Santillan V, Master SR, Menon G, Burns B. Medullary thyroid cancer. [Updated 2024]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. [CrossRef]
10. Zhao ZL, Wang SR, Kuo J, Çekiç B, Liang L, Ghazi HA, et al. 2024 International Expert Consensus on US-guided thermal ablation for T1N0M0 papillary thyroid cancer. *Radiology*. 2025; 315: e240347. [CrossRef]

1. Tiroidin en sık görülen kanser türü hangisidir?
 - a. Medüller tip
 - b. Anaplastik tip
 - c. Papiller tip
 - d. Foliküler tip
 - e. İndiferansiye tip
2. En sık görülen tiroid nodül yapısı, sonografik olarak nasıldır?
 - a. Hiperekoik
 - b. İzoekoik
 - c. Hipoekoik
 - d. Spongioz-kolloidal
 - e. Kalsifik
3. TI-RADS sistemi ile ilgili yanlış ifade hangisidir?
 - a. TI-RADS sistemi, tüm ilgili doktorların ortak dili olduğu için, raporlarda bulunması gereken önemli bir standarttır
 - b. TI-RADS 5 nodüllerin çoğu maligndir
 - c. TI-RADS sınıflaması ilk kez 2005 sonrasında kullanılmaya başladı
 - d. Çeşitli ülkelerin modifiye TI-RADS sistemleri vardır
 - e. TI-RADS sınıflaması, nodüllerin eko, kontur, şekil ve içerikleri ile yapılır
4. Hangi sonografik bulgu malignite açısından anlamlı değildir?
 - a. Kuyruklu yıldız artefaktı oluşturan ekojen odaklar
 - b. Multipl mikrokalsifikasyonlar
 - c. Genişliğinden daha fazla ön-arka çap
 - d. Belirgin hipoekoik yapı
 - e. Belirgin kontur düzensizliği
5. Hangi neoplazinin benign-malign sitolojik ayırıcı tanısı mümkün değildir?
 - a. Papiller Neoplazi
 - b. Foliküler Neoplazi
 - c. Anaplastik kanser
 - d. Medüller kanser
 - e. İndiferansiye kanser

Tiroidin Diffüz Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme

Radiological Evaluation in Diffuse Thyroid Diseases

Esra Özkavukçu, Nuray Haliloğlu

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cebeci Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZ

Tiroid bezi, boyunun ön-alt kısmında yer alan, iki lob ve ortada istmustan oluşan bir bez olup yüzeysel konumu nedeniyle görüntülemeye en etkili yöntem ultrasonografidir (US). Normal bez homojen, orta-yüksek ekojenitededir. Bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme, daha çok bezin mediastinal uzanımı ve çevre dokularla ilişkisinin değerlendirilmesinde ve bazı malignite olgularında kullanılır. Seçilmiş olgularda sintigrafi ve elastografi ise ek bilgi sağlayabilir. Diffüz tiroid hastalıkları; diffüz basit guatr, Graves hastalığı ve çeşitli tiroiditleri kapsar. Diffüz basit guatr, tiroidin diffüz büyümesiyle karakterize olup kanlanması normaldir. Graves hastalığı, otoimmün kökenli olup US'de bez genellikle büyümüş, hipoekoik ve hipervaskülerdir ("tiroid inferno"). Akut süpüratif tiroidit, bakteriyel enfeksiyon kaynaklı nadir bir durumdur; US'de apse benzeri hipoekoik alanlar görülebilir. Subakut granümatöz (de Quervain) tiroidit; genellikle viral enfeksiyon sonrası gelişir, ağrılıdır ve US'de yamalı hipoekoik, hipovasküler alanlar tipiktir. Subakut lenfositik (sessiz/postpartum) tiroidit; genellikle postpartum dönemde görülür, diffüz hipoekoik bir bez veya tiroid parankiminde multipl hipoekoik odaklar izlenebilirken, renkli Doppler US'de spesifik bir bulgu görülmez. Hashimoto tiroiditi, en sık otoimmün tiroid hastalığıdır; bez hipoekoik, heterojen, psödonodüler görünümde olup "zürafa deseni" paterni tipiktir. Riedel tiroiditi, yoğun fibrozisle seyreden nadir bir tiroidit formu olup bez sert ve çevre dokulara invazidir. İlaçlara bağlı tiroiditler ise özellikle amiodaron, lityum ve tirozin kinaz inhibitörleriyle ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Diffüz tiroid hastalıkları, Hashimoto hastalığı, de Quervain tiroiditi, tiroid ultrasonografisi

ABSTRACT

The thyroid gland is an endocrine organ located in the anteroinferior part of the neck, composed of two lobes connected by an isthmus. Due to its superficial position, ultrasonography (US) is the most effective imaging modality for its evaluation. The normal thyroid parenchyma appears homogeneous, moderately to highly echogenic, and is surrounded by a thin capsule. Computed tomography and magnetic resonance imaging are mainly used to assess its mediastinal extension and relationship with adjacent structures, and in the evaluation of suspected malignancies. In selected cases, scintigraphy and elastography can provide additional diagnostic information.

Diffuse thyroid diseases include diffuse simple goiter, Graves' disease, and various forms of thyroiditis. Diffuse simple goiter is characterized by uniform thyroid enlargement with normal vascularity. Graves' disease is autoimmune in origin; on US, the gland appears enlarged, hypoechoic, and markedly hypervascular ("thyroid inferno"). Acute suppurative thyroiditis is a rare bacterial infection presenting with hypoechoic abscess-like areas on US. Subacute granulomatous (de Quervain) thyroiditis usually follows a viral infection, is painful, and typically demonstrates patchy hypoechoic, hypovascular areas on US. Subacute lymphocytic (silent/postpartum) thyroiditis commonly occurs in the postpartum period and shows diffusely hypoechoic parenchyma without specific Doppler findings. Hashimoto's thyroiditis, the most common autoimmune thyroid disease, presents as a hypoechoic, heterogeneous, pseudonodular gland with the characteristic "giraffe pattern". Riedel's thyroiditis is a rare fibrosing form in which the gland becomes hard and invades surrounding tissues. Drug-induced thyroiditis is most often associated with amiodarone, lithium, and tyrosine kinase inhibitors.

Keywords: Diffuse thyroid diseases, Hashimoto's disease, de Quervain thyroiditis, thyroid ultrasonography



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Prof. Dr. Esra Özkavukçu, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cebeci Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: eozkavukcu@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-2202-7760

Geliş Tarihi/Received: 11.25.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 04.12.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Özkavukçu E, Haliloğlu N. Radiological evaluation in diffuse thyroid diseases. *Trd Sem.* 2025;13(3):334-342



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Graves hastalığının ultrasonografi (US) ve Doppler özelliklerini (tiroid inferno vs.) bilmek.
- Subakut lenfositik (sessiz ya da postpartum) tiroiditin klinik ve görüntüleme bulgularını anlayabilmek.
- De Quervain (subakut granülomatöz) tiroiditin tipik US bulgularını açıklayabilmek.
- Hashimoto tiroiditin tipik US bulgularını (zürafa deseni vs.) tanımlayabilmek, diffüz ve nodüler formlarını ayırt edebilmek.
- Riedel tiroiditin klinik bulgularını, US, US elastografi ve manyetik rezonans görüntüleme özelliklerini değerlendirebilmek.

GİRİŞ

Tiroid bezi boynun anteroinferiorunda, infrahyoid kompartmanda yerleşmekte olup trakeanın sağında ve solunda birer lobu ve orta hatta bu lobları birleştiren istmus yapısı bulunmaktadır. Erişkinlerde normal tiroid hacmi $10-11 \pm 3$ mL kadardır ve özellikle anteroposterior çapının 2 cm'nin altında olması beklenir.

Tiroid bezinin yüzeysel yerleşimi nedeniyle radyolojik değerlendirmede en önemli tanı aracı ultrasonografidir (US). **Normal tiroid parankimi US'de homojen, orta-yüksek ekojenisitede izlenir ve ince hiperekoik bir kapsül ile çevrilidir. Doppler US'de bezin kanlanması özellikle üst ve alt polde belirgindir [1].**

Tiroid hastalıklarında bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG); özellikle büyümüş tiroid bezinin mediastinal uzanımının değerlendirilmesi, büyük tiroid nodüllerinde ekstratiroidal uzanımın belirlenmesi, tiroid içi ve dışı boyun kitlelerin ayırıcı tanısı, malign nodüllerde vasküler, trakea ve özofagus invazyonu gibi çevre dokularla ilişkinin değerlendirilmesi ve metastaz araştırılması gibi endikasyonlarla çekilmektedir [2]. Kontrastsız BT'de tiroid bezi çevre kas dokuya göre hafif hiperdens, homojen bir görünüm sergiler ve atenüasyonu 80-100 HU kadardır. MRG'de ise tiroid bezi T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde çevre kas planlarına göre hafif hiperintens olarak izlenir. Tiroid parankimi, hem BT hem de MRG'de intravenöz kontrast madde enjeksiyonu sonrasında yoğun, homojen bir boyanma gösterir [3].

Diffüz tiroid hastalıkları akut, subakut ya da kronik olabilir ve farklı etiyolojilere bağlı olarak ortaya çıkıp çoğu zaman tiroid fonksiyonlarında bozulma ile seyreden geniş bir spektrumda olabilir. Tanıda klinik ve laboratuvar bulgular önemli bir yer tutmaktayken radyolojik değerlendirmede temel yöntem US olup BT ve MRG'nin rolü sınırlıdır [4, 5].

DİFFÜZ TİROİD HASTALIKLARI

1. Diffüz basit guatr
2. Graves hastalığı
3. Tiroiditler

- a. Akut süpüratif tiroidit
- b. Subakut granülomatöz tiroidit (de Quervain tiroiditi)
- c. Subakut lenfositik tiroidit (postpartum tiroidit/sessiz tiroidit)
- d. Kronik lenfositik tiroidit (Hashimoto tiroiditi)
- e. Kronik sklerozan tiroidit (Riedel tiroiditi)
- f. İlaçlara bağlı tiroidit.

DİFFÜZ BASİT GUATR

Tiroid bezi boyutlarının diffüz olarak artması guatr olarak adlandırılır. Tiroid fonksiyon testlerinin normal olduğu bu tabloya diffüz ötiroid guatr da denmektedir. Ülkemizde olduğu gibi iyot eksikliği olan bölgelerde endemik olarak görülebileceği gibi tiroid hormonogenezinde bozukluk ya da iyot metabolizmasının bozulması durumlarında sporadik olarak da ortaya çıkabilir. Kadınlarda erkeklere göre üç kat daha fazla görülmekte olup 35-50 yaşta pik yapmaktadır [6, 7].

Diffüz basit guatrda büyümüş olan tiroid bezinde nodül bulunmaz ve Doppler US'de tiroid kanlanması normaldir. Diffüz basit guatr devamlılığında nodüllerin ortaya çıkması ile multinodüler guatr gelişebilir [7].

GRAVES HASTALIĞI

Graves hastalığı daha çok kadınlarda görülen ve sıklıkla hipertiroidi ile seyreden otoimmün bir hastalıktır. Tiroid uyarıcı hormon (TSH) reseptör antikoru tiroid parankiminde TSH uyarısını taklit ederek artmış tiroid hormon üretimine neden olur. Bu durumda serum T3 ve T4 değerleri normal ya da yükselmiş iken TSH değerinde belirgin düşme görülür. Tanıda tiroid reseptör antikoru tanısının saptanması önemlidir. Görüntüleme özellikle antikoru negatif olduğu hastalarda önem kazanmaktadır [8]. Görüntüleme yöntemleri ile büyümüş tiroid bezinin yanı sıra piramidal lob da görüntülenebilir. **US'de, bezde büyümenin yanı sıra özellikle anteriorda olmak üzere konturunda makronodülasyon, parankimde kabalaşma, artmış parankimal kanlanma ve azalmış kolloid içeriğine bağlı ekojenisite azalması görülür. Artmış kanlanma ve intraparakimal arteriyovenöz şantlar Doppler US'de hipervasküler bir görünüme (tiroid inferno) neden olur**

(Resim 1a, b) [9]. Radyologların US raporunda parankimin kanlanmasını tanımlaması, hipertiroidi etiyolojisi araştırılan hastalarda hipertiroidi ile seyreden subakut sessiz tiroiditler ile Graves hastalığının ayırıcı tanısında özellikle önemlidir [8].

Literatürde yapılan birçok çalışmada inferior tiroidal arter (İTA) kan akımı, tirotoksikozun ayırıcı tanısında yararlı bir parametre olarak gösterilmiş olup Graves hastalığı ile diğer otoimmün tiroiditler arasında ayırım yapmada yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olduğu vurgulanmıştır. **Graves hastalığı olan bireylerde İTA'nın pik sistolik hız (PSV), diyastol sonu hızı (EDV) ve ortalama hız değerleri tiroiditli hastalara göre anlamlı derecede yüksek olmaktadır.** Literatürde, Graves hastalığı ile tiroidit arasında ayırım yapmak için 40 cm/sn'lik bir eşik değeri kullanılmıştır (Resim 1c). Zuhur ve ark.'ın [10] yaptığı bir çalışmada ise Graves hastalığını subakut tiroiditten ayırt etmek için, ortalama İTA-PSV ve EDV değerleri için üst sınırlar sırasıyla 30 cm/sn ve 13,2 cm/sn alındığında her ikisi için yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri gösterilmiştir [10]. Sonuç olarak Doppler US ile özellikle İTA-PSV ölçümünün yararlı bir tanı aracı olduğunu ve bu iki hastalığın ayırıcı tanısı için tiroid reseptör antikorları ve teknesyum-^{99m} (Tc-^{99m}) perteknetat uptake yöntemlerini tamamlayabileceğini savunmuşlardır [10].

Hipertiroidi etiyolojisi araştırılırken, Graves hastalığının tanısını koymada ve özellikle akut tiroiditten ayırt etmede radyonüklid sintigrafi (çoğunlukla Tc-^{99m}) kullanılabilir. Graves hastalığında tipik olarak büyümüş tiroid bezinde 24 saatte %80'e kadar çıkan artmış homojen tutulum görülürken akut tiroiditte tutulum %10'un altındadır [3, 11].

Sessiz tiroiditler ile Graves hastalığının ayırımında kullanılabilecek bir başka yöntem de diffüzyon ağırlıklı MRG'dir. Sessiz tiroiditlerde lenfosit infiltrasyonu ve artmış hücresel elemanlar su moleküllerinin diffüzyonunu kısıtlayarak düşük görünür diffüzyon katsayısı (ADC) değerlerine neden olur. Graves hastalığında ise yüksek ADC değerleri beklenir [12].

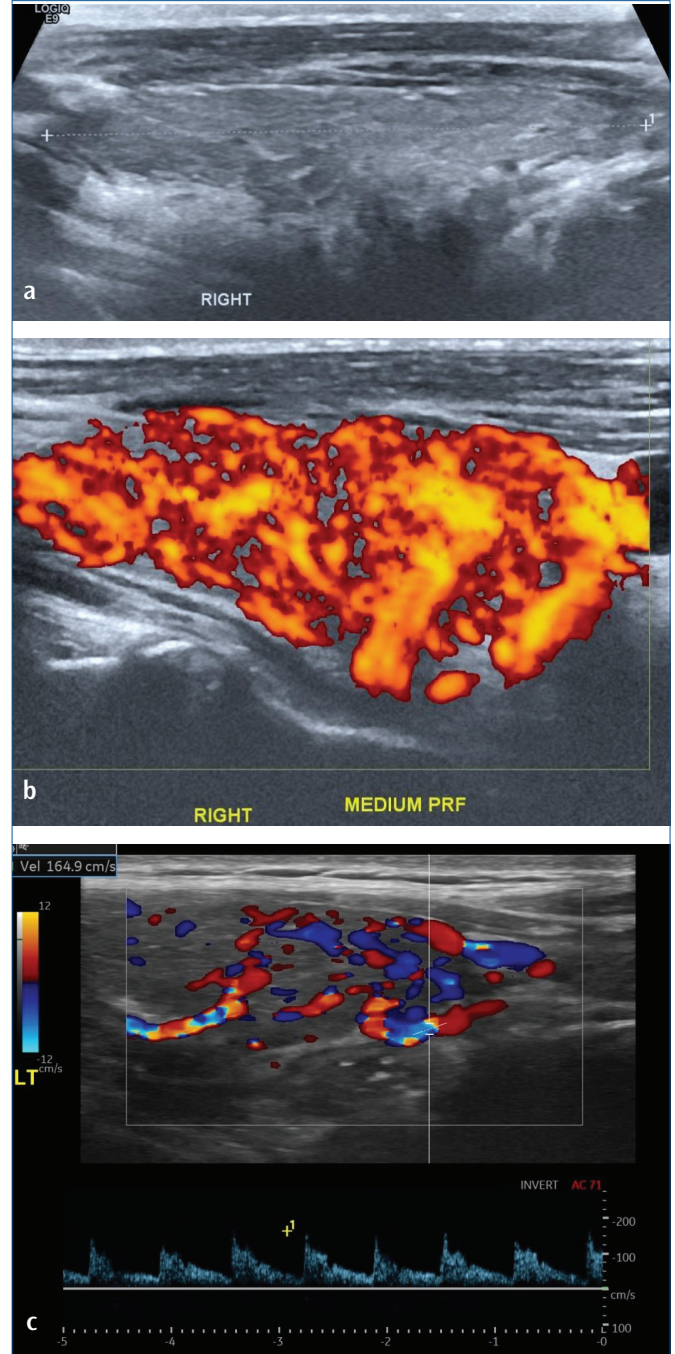
Son yıllarda kullanımı gittikçe artan US elastografi çalışmalarında Graves hastalığında tiroid parankim sertliğinin arttığı bildirilmiştir. Gri skala ve Doppler US bulgularının yanı sıra "strain" ya da "shear wave" teknikleri ile parankim sertliğinin ölçülmesinin tanıya katkı sağlayacağı öne sürülmüştür [13].

TIROIDİTLER

a) Akut Süpüratif Tiroidit

Tiroid bezi; kalın fibröz kapsülü, yüksek iyot içeriği ve zengin damar ağı nedeniyle enfeksiyonlara karşı oldukça dirençlidir. Günümüzde antibiyotiklerin etkin kullanımının da etkisi ile çoğunlukla bakteriyel enfeksiyonların neden olduğu akut süpüratif tiroiditlerin görülme sıklığı azalmıştır [14]. **Daha çok immünsuprese bireylerde ve çocuklarda görülür ve sol**

lob sağa göre daha sık etkilenir. Doğumsal piriform sinüs fistülü etiyolojide rol oynayabilir. Klasik tabloda ateş, bölgesel



Resim 1a-c. Graves hastalığı. İki farklı hastanın ultrasonografi (US) ve Doppler US görüntüleri. İlk hastanın tiroid bezi sağ lobuna ait sagittal US (a) ve power Doppler US (b) görüntüleri. Sagittal gri skala US görüntüsünde (a) bez parankiminin düşük ekoda ve heterojen olduğu izleniyor. Power Doppler US (b) görüntüsünde belirgin artmış kanlanma ("tiroid inferno") dikkati çekiyor. Farklı bir hastanın dupleks Doppler US (c) görüntüsünde inferior tiroidal arterde, 150 cm/sn'ye varan artmış pik sistolik hızlar izleniyor.

Prof. Dr. Adnan Kabaaloğlu'nun izniyle.

hassasiyet, kızarıklık ve ısı artışı, boyunda şişlik ve yutma güçlüğü bulunur. Başın öne fleksiyonu ile hassasiyetin azalması da tanıyı destekleyen bir bulgudur.

US'de apse ile uyumlu, kistik komponenti olan hipoekoik/heterojen bir lezyon görülebilir ve internal septa, debri ya da hava içeriği saptanabilir. Tiroid komşuluğunda ise ödem ya da sıvı koleksiyonu ve reaktif lenfadenopati izlenebilir. Tedavi edilmeyen hastalarda selülit ve miyozit tabloya eklenebilir. US ile tanı konulamayan hastalarda ya da komplike olgularda BT ve MRG çekilebilir. Etiyolojiye yönelik olarak piriform sinüs fistülü araştırılması için ise kontrastlı özofagus grafisi ya da BT kullanılabilir [3, 8, 14].

b) Subakut Granümatöz Tiroidit (de Quervain Tiroiditi)

Subakut granümatöz tiroidit (SGT), dev hücreli ya da de Quervain tiroiditi gibi isimlerle de anılan, kendiliğinden iyileşen, enflamatuvar bir tiroid hastalığıdır. Ağrılı tiroid bezi hastalıklarının en sık nedenidir. Genellikle orta yaşlı, hafif ateş, yorgunluk, tiroid bezi üzerinde, hatta bazen kulak ve çeneye yayılan ağrı şikayetleri olan hipertiroid kadınlarda görülür. Tüm tiroid hastalıklarının yaklaşık %3-6'sını oluşturur. Genellikle viral bir üst solunum yolu enfeksiyonundan 2 hafta sonra ortaya çıkar ve 2-3 ay içinde kendiliğinden geriler. Tipik olarak (akut başlangıçtan 6-18 ay sonra) hasta iyileşir ve ötiroid hale gelir. Etiyolojisi bilinmemekle birlikte viral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Klinik bulgulara ek olarak laboratuvar ılımlı lökositoz, C-reaktif protein ve eritrosit sedimentasyon hızında artış, TSH baskılanması görülür. Yüksek serum sT4, sT3 değerleri, negatif ya da hafif titrede pozitif tiroid otoantikorları tanıda yardımcıdır. Tanıda sintigrafi ya da uptake şart değildir [9, 15].

Hastaların neredeyse yarısı ilk haftalarda tirotoksikoz semptomları gösterebilir. Genellikle birkaç ayda tiroid fonksiyonları normale döner [15].

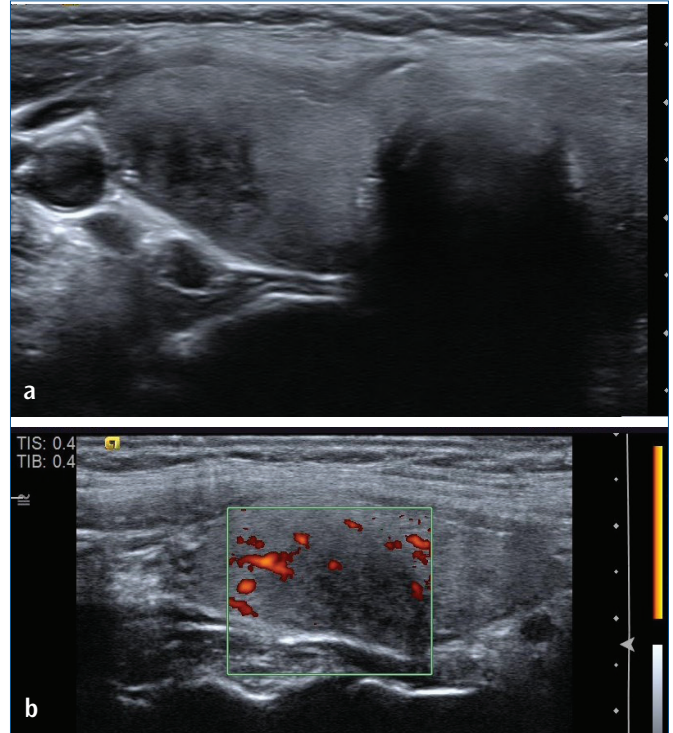
Gri skala US bulguları genelde tipiktir. Tiroid parankiminde; sınırları net olmayan, yamalı, tiroidin uzun eksenini boyunca uzanan hipoekoik alanlar mevcuttur. Renkli Doppler ultrasonografide (RDUS) bu bölgelerde parankim hemen hemen hiç kanlanmazken, geri kalan tiroid bezinin kanlanması normaldir. Şiddetli olgularda bez boyutları artar, heterojenleşir ve "lav akışı" olarak tanımlanan birleşik, sınırları belirsiz hipoekoik alanlar görülür (Resim 2, 3) [9, 15]. Kısaca, eğer klinik tablo tipikse gri skala US ile olguların %90'ında tanı koyulabilir [9]. Büyümüş, reaktif lenf nodları tabloya eşlik edebilir.

Elastografide, kronik tiroidite göre daha sert alanlar görülür ve bu durum, malign nodülleri taklit edebilir. Tiroid sertliği başlangıçta çok yüksek olup haftalar içerisinde azalır [9]. Hastalığın iyileşme döneminde bez tekrar izoekoik hale gelmekte ve vaskülarite normale dönmektedir [15].

Ayırıcı tanıda; tiroidin primer malignitelerinin yanı sıra metastatik kanserler ve akut süpüratif tiroiditler akılda bulundurulmalıdır. Akut süpüratif tiroiditlerde beze komşu alanlarda da ciddi enflamasyon ve yüksek ateş mevcuttur. US'de apse formasyonu görülebilir. Tiroid kanserleri ve meme, akciğer, rektum gibi tiroid dışı kanserlerin diffüz tiroid tutulumu "psödotiroidit" olarak tanımlanan nadir bir tabloya yol açabilir [9, 15].

c) Subakut Lenfositik Tiroidit (Postpartum Tiroidit/Sessiz Tiroidit)

Sessiz ya da ağrısız tiroidit olarak da adlandırılan subakut lenfositik tiroidit, kadınlarda daha sık görülmekte olup Hashimoto tiroiditi ile patolojileri benzerdir. Her ikisinde de serumda tiroid otoantikorları [anti-tiroid peroksidaz antikor (anti-TPO) ve anti-tiroglobulin antikor] yüksektir. Klinikte tirotoksikoz ya da hipotiroidi görülebilir. Tanı; klinik ve laboratuvar bulguları ve gerektiğinde tiroid sintigrafisi ile konmaktadır. Çoğu hastada tedavi gerekmez. Kendisini sınırlayan bir hastalıktır. Yine de hastaların %20-30'unda kalıcı hipotiroidi gelişebilir.

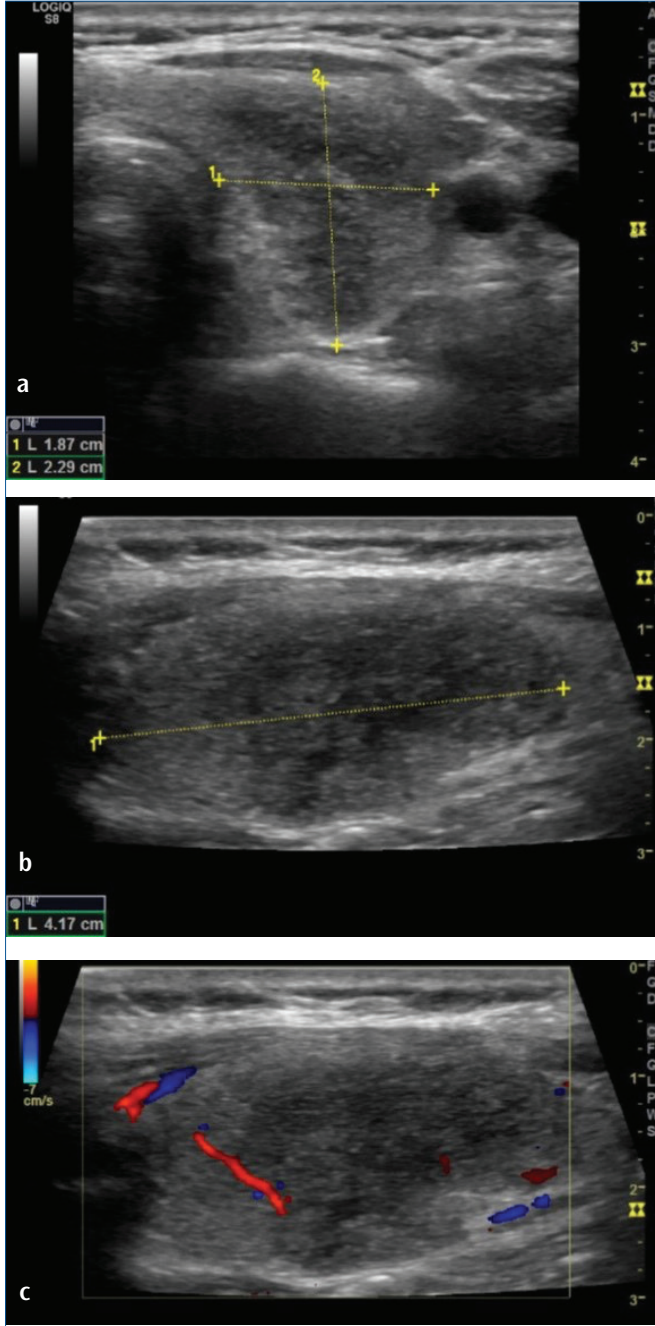


Resim 2 a, b. De Quervain tiroiditi. Tiroid lojunda lokal ağrı tarifleyen genç kadın hastanın tiroid bezi sağ lobunun transvers gri skala (a) ve sagittal power Doppler ultrasonografisi (b) görüntülerinde, bezin uzun aksına paralel seyreden, power Doppler'de hipovasküler karakterde, düşük ekolu tiroidit alanı izleniyor.

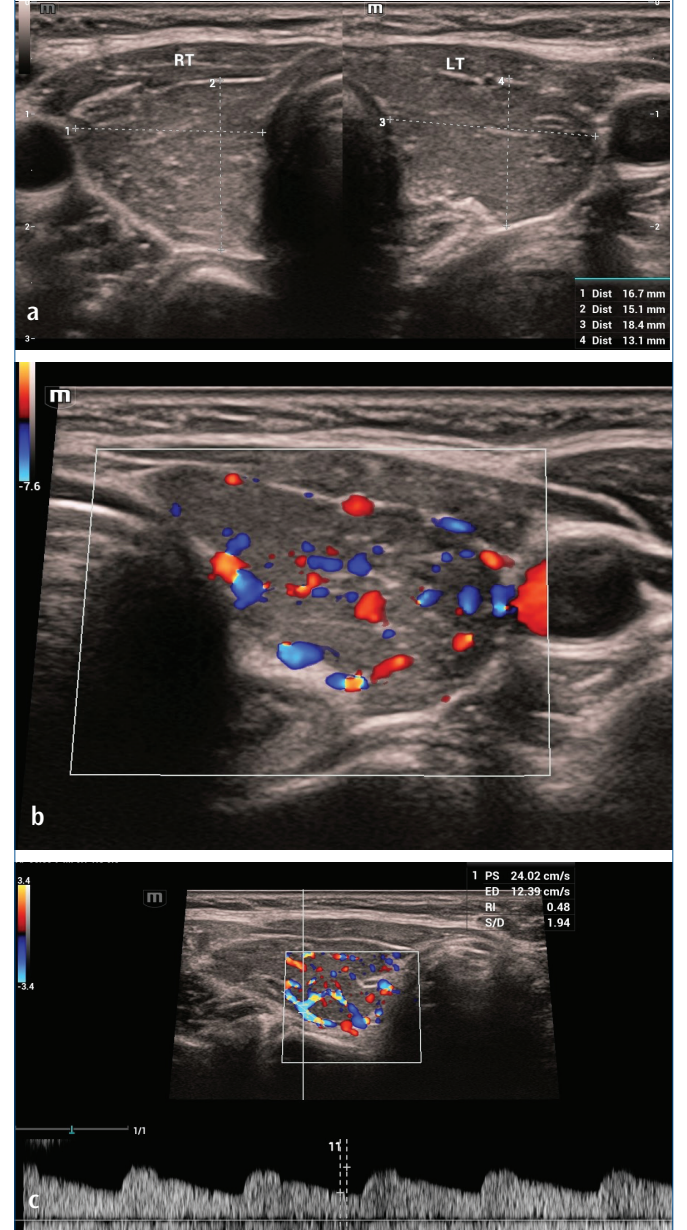
Sessiz tiroidit, doğum sonrası dönemde görüldüğünde postpartum tiroidit olarak da anılmaktadır. Postpartum tiroidit, doğumdan sonraki ilk 1 yıl içinde tiroidin otoimmün

hasarı ile oluşmakta ve gebeliklerin yaklaşık %8-10'unda görülebilmektedir. Klinik olarak hafif hipotiroidi görülür ve nadiren hipertiroidi gelişir. Anti-TPO antikorları genellikle düşük seviyededir ve sadece geçici olarak pozitif bulunur. Hastalık birkaç ay içinde kendiliğinden iyileşir [15, 16].

Postpartum tiroidit ve ağrısız tiroiditin US bulguları benzer olup diffüz hipoekoik bir bez veya tiroid parankiminde multipl hipoekoik odaklar izlenebilir. RDUS'de spesifik



Resim 3 a-c. De Quervain tiroiditi. Hafif ateş, yorgunluk, tiroid bezi üzerinde ağrı ve çarpıntı şikayeti olan, 35 yaş kadın hastanın sol tiroid lobu transvers ve ön arka çap ölçümleri (a). Tiroid bezi ön arka çapının artmış olduğu (2.3 cm) izlenmektedir. Sol loba ait sagittal ultrasonografi (b) ve Renkli Doppler ultrasonografi (c) görüntülerinde tiroid bezi uzun aksına paralel seyreden, düşük ekolu ve renkli Doppler ile kodlanmayan, net sınır vermeyen tiroidit alanları izlenmektedir. Tiroidit alanlarının görünümü bazı yazarlarca “lav akışına” benzetilmiştir.



Resim 4 a-c. Postpartum tiroidit. Dokuz ay önce doğum yapan ve hipotiroidi semptomlarıyla başvuran hastanın transvers planda gri skala ultrasonografisinde (US) (a) diffüz hipoekoik ve boyutları üst sınırdaki tiroid bezi izlenmektedir. Sol lobun renkli Doppler US görüntüsünde (b) hafif artmış kan akımı ve spektral incelemede (c) inferior tiroidal arter pik sistolik hızının 24 cm/sn olduğu izleniyor.

bir bulgu görülmezken bazı olgularda artmış kan akımı gözlemlenebilir (Resim 4). Sessiz tiroidite özgü elastografi bulgusu yoktur. Hipertiroid fazda yapılan sintigrafide radyoaktif iyot tutulumunun %1'den az olması Graves hastalığından ayırıcıdır [15-17].

d) Kronik Lenfositik Tiroidit (Hashimoto Tiroiditi)

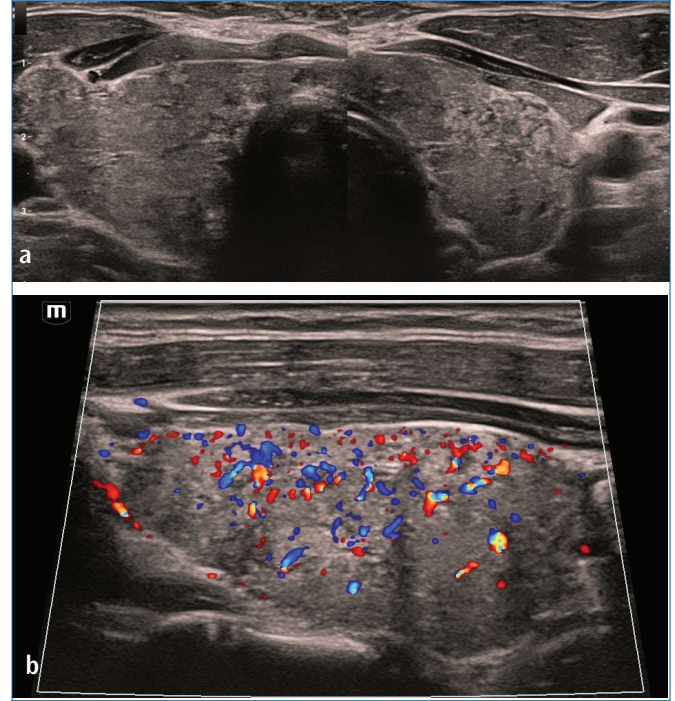
Hashimoto tiroiditi, tiroidin en sık görülen otoimmün hastalığı olup ülkemizde de bulunan iyot eksikliği bölgelerinde daha sık görülmektedir. Kadınlarda erkeklere göre 8-9 kat daha sıktır.

Hastalar sıklıkla hipotiroidi bulguları ve büyümüş ağrısız bir tiroid bezi ile başvururlar. Serumda tiroglobulin, TPO ve TSH reseptörlerine karşı otoantikorlar pozitifdir. Tiroid bezinde B ve T lenfositlerin infiltrasyonu söz konusu olup B lenfositler otoantikorların üretiminden, T lenfositler ise tiroid parankimindeki harabiyetten sorumludur [9, 18].

Ultrasonografi bulguları enflamatuvar değişikliklerin derecesine ve hastalığın evresine göre farklılık gösterebileceği gibi diffüz ya da nodüler formda olabilir.

Diffüz formda; büyümüş tiroid bezi parankiminde, belirgin sınır oluşturmeyen hipoekoik alanların arasındaki normal tiroid parankiminin varlığı heterojen ve psödonodüler bir görünüme neden olabilir. Ayrıca bazı hastalarda diffüz hipoekoik parankimde ekojen septasyonlar da nodüler görünümünden sorumlu olabilir (Resim 5). Çapları 1-7 mm arasında değişen hipoekoik mikronodüller Hashimoto tiroiditi için oldukça tipik bir bulgu olup pozitif prediktivite değeri %95 olarak bildirilmiştir. "Zürafa deseni" olarak da adlandırılan bu tür psödonodüler bir görünüm söz konusu olduğunda multinodüler guatrden ayırt etmek önemlidir (Resim 6). Çok sayıda hipoekoik alanın izlendiği diffüz olarak heterojen bir tiroid bezi multinodüler guatrden çok Hashimoto tiroiditini düşündürmeli ancak yine de serum otoantikorlarına da bakılarak tanı konulmalıdır [8].

Nodüler formda Hashimoto tiroiditinde ise diffüz heterojen ya da normal ekodaki tiroid parankiminde silik sınırlı nodüller görülür (Resim 7). Fokal lenfositik tiroidit ya da psödotümör görünümü olarak da adlandırılan bu görünümün biyopsi yapılan nodüller içindeki sıklığı yaklaşık %5 olarak bildirilmiştir. Nodüller farklı ekojenisitede olabilir ve kalsifikasyon da içerebilirler. Diffüz tiroidit zemininde gelişen nodüler formdaki tiroiditlerde; nodüllerin, ekojenisitesi lenfosit infiltrasyonuna ikincil azalmış olan parankime oranla daha hiperekoik görülmesi beklenen bir bulgudur. Özellikle normal tiroid parankimi zemininde gelişen nodüler Hashimoto tiroiditinde ise nodüllerde kistik komponentler ve yumurta kabuğu benzeri periferik kalsifikasyonlar izlenebileceği bildirilmiştir [18].



Resim 5a, b. Diffüz Hashimoto tiroiditi. Hipotiroidisi olan hastanın her iki tiroid lobuna ait transvers ultrasonografi (US) görüntüsünde (a), tiroid bezi boyutlarının arttığı ve parankim ekosunun azaldığı (lenfosit infiltrasyonuna ikincil), parankimin heterojen görünümde olduğu ve yer yer ekojen septasyonlar içerdiği görülmektedir. Sol lobun renkli Doppler US görüntüsünde (b) artmış kanlanma izlenmektedir. Bu görünüm Hashimoto hastalığında hipertiroidiye bağlı değildir, keza daha ziyade hipotiroidili hastalarda görülmektedir.

Hashimoto tiroiditinde bez parankimindeki lenfosit infiltrasyonuna ikincil ekojenite azalması sıklıkla hipotiroidi ile birlikte. Hipotiroidi ile ilişkili bir başka bulgu da tiroid bezindeki artmış kanlanmadır. Kanlanma artışı hafif ya da belirgin olabilir. Diffüz formdaki hastalıkta görülen artmış kanlanmanın tersine nodüler formdaki hastalıkta nodüller çoğunlukla hipervasküler değildir [18].

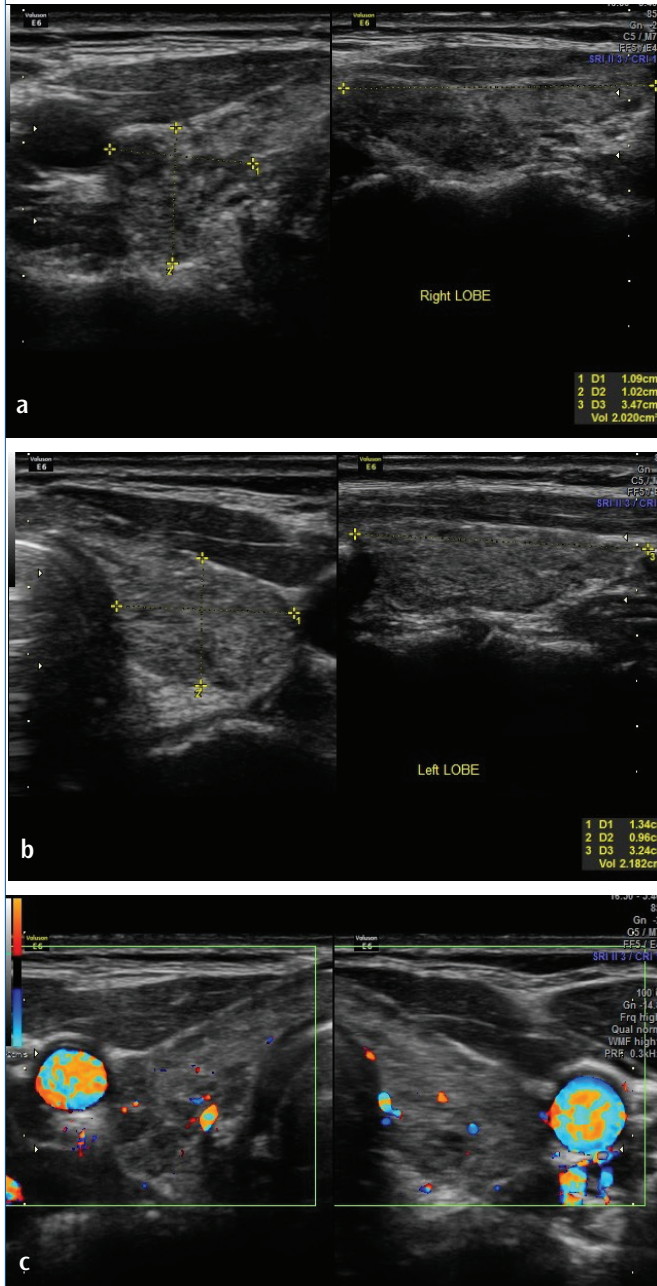
Graves hastalığında olduğu gibi kronik lenfositik tiroiditte de parankim sertliğinin arttığı ve US elastografi teknikleri ile parankim sertliğinin ölçülmesinin tanıya katkı sağlayacağı öne sürülmüştür [13].

Sessiz tiroiditlerde olduğu gibi Hashimoto tiroiditinde de artmış lenfosit infiltrasyonu nedeniyle diffüzyon ağırlıklı MRG'de diffüzyon kısıtlanması izlenebilir. Klinik, laboratuvar ve US bulguları genellikle tanıya yeterli olmakla birlikte ayırıcı tanının güç olduğu olgularda diffüzyon ağırlıklı MRG kullanılabilir [12].

e) Kronik Sklerozan Tiroidit (Riedel Struma)

Kronik sklerozan tiroidit olarak da adlandırılan Riedel struma, en nadir görülen tiroidit formudur. Etiyolojisi tam

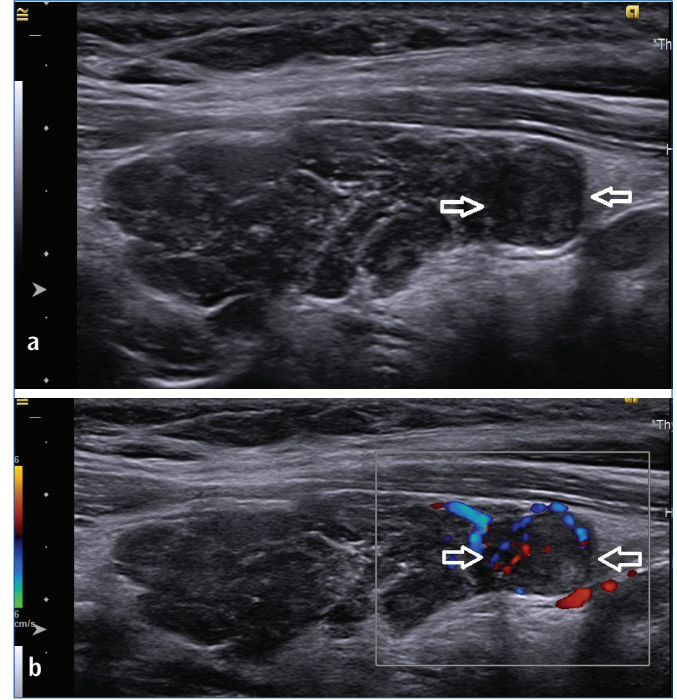
bilinmemekle beraber, otoimmün nedenler ve mediastinal ya da retroperitoneal fibrozis gibi immünoglobulin G4 aracılı hastalıklarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir [15-17].



Resim 6 a-c. Diffüz Hashimoto tiroiditi. Kronik Hashimoto hastalığı olan hastanın tiroid bezi sağ lob (a) ve sol lob (b) ölçümlerinde, bez hacminin belirgin azaldığı izlenmektedir. Parankimde, Hashimoto tiroiditi için oldukça tipik olan ve “zürafa deseni” olarak da adlandırılan küçük, hypoekoik mikronodüller izlenmektedir. Transvers renkli Doppler ultrasonografide (c) düşük PRF değerinde bile (0.3 kHz) parankim kanlanmasının belirgin azaldığı görülmektedir

Genellikle orta yaş ve üzeri kadınlarda görülür. Klinik olarak ileri derecede sert, ağrısız, asimetrik büyümüş ve çevre yapılara invaze bir tiroid kitlesi şeklindedir. **Riedel struma, tiroid bezinde yoğun fibroblast proliferasyonu ve bağ dokusu artışıyla karakterizedir. Tiroid kapsülünü aşarak çevre dokulara (larenks, trakea, özofagus, kaslar) yayılabilir [15-17].** Dispne, disfaji, disfoni, stridor gibi komşu yapıların tutulmasına bağlı şikayetler ortaya çıkabilir [15-17]. Sedimentasyon hızında artma ve lökositoz yoktur. Olguların %67’sinde tiroid otoantikorları pozitif olsa da Hashimoto’ya göre daha düşük titrededir [15].

Ultrasonografide tiroid bezi parankiminde heterojen, karmaşık ve düzensiz eko yapısı gözlenir. Fibrotik alanlarda bazen mikro/makro kalsifikasyonlar saptanabilir. **Yoğun fibrozis nedeniyle tiroid dokusunda geniş hypoekoik alanlar mevcuttur. Genellikle net sınır veren nodüller yerine yaygın ve infiltratif bir görünüm hakimdir. Tiroid genellikle sert ve boyutları artmıştır. Kapsülde kalınlaşma ve düzensizlik belirgindir. Fibrozis nedeniyle çevre dokulara yapışıklık oluşabilir. Bu bulgu US ile kısıtlı da olsa gözlemlenebilir.**



Resim 7 a, b. Nodüler Hashimoto tiroiditi. Bilinen Hashimoto tiroiditi olan 47 yaşında kadın hastanın sol lobuna ait sagittal ultrasonografi (US) (a) ve renkli Doppler US (b) görüntüleri. Sol lob inferior polünde yaklaşık 1 cm çapında hypoekoik solid nodül mevcuttur (oklar). Nodüler Hashimoto tiroiditinde izlenen nodüller psödonodüllere kıyasla daha büyük çaplarda olup genellikle diffüz Hashimoto tiroiditi zemininde gelişirler. Soliter ya da multipl olabilen bu nodüllerin tipik bir görünümü olmamakla birlikte en sık, bu hastada da görüldüğü gibi değişken vaskülariteye sahip kalsifiye olmayan hypoekoik nodüllerdir.

RDUS'de fibrozis nedeniyle tiroid parankiminde azalmış veya heterojen vaskülarizasyon gözlenir. Periferik kısımda sınırlı artmış vaskülarizasyon olabilir.

Elastografi, tiroid dokusunun normalden çok daha sert olduğunu gösterir. Fibrotik alanlar malign nodüller gibi sert olabilir, bu nedenle elastografi malignite ile ayırmada tek başına yeterli olmayabilir.

Riedel tiroiditi; nodüler tiroid hastalıkları, özellikle tiroid kanseriyle karışabilir. Tanıda US ve RDUS yanı sıra klinik bulgular ve diğer görüntüleme yöntemleri (MRG ve BT) de destekleyici olabilir. Kesin tanı için ince iğne aspirasyon biyopsisi yeterli olmayabilir. Genellikle açık biyopsi gerekmektedir [15, 16].

f) İlaçlara Bağlı Tiroidit

Amiodaron, hem hipertiroidi hem de hipotiroidi yan etkilerine sahip, kardiyak aritmilerin tedavisinde kullanılan iyot açısından zengin bir ilaçtır. Amiodaronun iki tip tirotoksikozu vardır; tip 1 aşırı hormon üretimi ile, tip 2 yıkıcı tiroidit şeklindedir. RDUS, amiodaron kaynaklı tip 1 ve tip 2 tiroiditin ayırımında faydalıdır. Tip 1'de tiroidde hafif artmış kan akımı gözlenirken, tip 2'de kan akımı azalmıştır. Power Doppler US yıkıcı tiroidit ile Graves hastalığını ayırt etmede güvenilirdir [15, 16].

Lityum, interferon alfa, immünoterapi ajanları, tirozin kinaz inhibitörleri (özellikle sunitinib) tedavileri sırasında da tiroid bezi etkilenebilir. İlaç kaynaklı tiroid hastalıklarında US bulguları benzerdir [15, 16].

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW, Levine D, editors. Diagnostic Ultrasound. St Louis: Mosby; 1998.p.704-5. [CrossRef]
2. Weber AL, Randolph G, Aksoy FG. The thyroid and parathyroid glands. CT and MR imaging and correlation with pathology and clinical findings. *Radiol Clin North Am.* 2000; 38: 1105-29. [CrossRef]

3. Loevner LA. Imaging of the thyroid gland. *Semin Ultrasound CT MR.* 1996; 17: 539-62. [CrossRef]
4. Ahn HS, Kim DW, Lee YJ, Baek HJ, Ryu JH. Diagnostic accuracy of real-time sonography in differentiating diffuse thyroid disease from normal thyroid parenchyma: a multicenter study. *AJR Am J Roentgenol.* 2018; 211: 649-54. [CrossRef]
5. Kim DW, Jung SJ, Ha TK, Park HK, Kang T. Comparative study of ultrasound and computed tomography for incidentally detecting diffuse thyroid disease. *Ultrasound Med Biol.* 2014; 40: 1778-84. [CrossRef]
6. Alkabban FM, Patel BC. Nontoxic goiter. 2023. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. [CrossRef]
7. Coşkun ZÜ, Seçil M, Karagöz E. Radiologic approach to thyroid gland pathologies. *Eur Arch Med Res.* 2012 ; 28: 56-70. [CrossRef]
8. Daniels GH, Li JH, Barbesino G. Imaging "thyroiditis": a primer for radiologists. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2021; 50: 937-45. [CrossRef]
9. Alexander LF, Patel NJ, Caserta MP, Robbin ML. Thyroid ultrasound: diffuse and nodular disease. *Radiol Clin North Am.* 2020; 58: 1041-57. [CrossRef]
10. Zuhur SS, Ozel A, Kuzu I, Erol RS, Ozcan ND, Basat O, et al. The diagnostic utility of color doppler ultrasonography, tc-99m pertechnetate uptake, and tsh-receptor antibody for differential diagnosis of Graves' disease and silent thyroiditis: a comparative study. *Endocr Pract.* 2014; 20: 310-9. [CrossRef]
11. Chaker L, Cooper DS, Walsh JP, Peeters RP. Hyperthyroidism. *Lancet.* 2024; 403: 768-80. [CrossRef]
12. Meng Z, Zhang G, Sun H, Tan J, Yu C, Tian W, et al. Differentiation between Graves' disease and painless thyroiditis by diffusion-weighted imaging, thyroid iodine uptake, thyroid scintigraphy and serum parameters. *Exp Ther Med.* 2015; 9: 2165-72. [CrossRef]
13. Kural Rahatlı F, Turnaoğlu H, Kırnap NG, Turhan İyidir Ö, Haberal KM, Soudman A, et al. Value of shear wave elastography by virtual touch tissue imaging quantification in patients with diffuse thyroid gland pathology. *Turk J Med Sci.* 2018; 48: 993-8. [CrossRef]
14. Yuen HY, Wong KT, Ahuja AT. Sonography of diffuse thyroid disease. *Australas J Ultrasound Med.* 2016; 19: 13-29. [CrossRef]
15. Tiroid Çalışma Grubu. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği Tiroid Hastalıkları Tanı ve Tedavi Kılavuzu®. Ankara; 2025. [CrossRef]
16. Dighe M, Barr R, Bojunga J, Cantisani V, Chammas MC, Cosgrove D, et al. Thyroid ultrasound: state of the art part 1 - thyroid ultrasound reporting and diffuse thyroid diseases. *Med Ultrason.* 2017; 19: 79-93. [CrossRef]
17. Takahashi MS, Moraes PHM, Chammas MC. Ultrasound evaluation of thyroiditis: a review. *J Otolaryngol Res.* 2019; 2: 127. [CrossRef]
18. Anderson L, Middleton WD, Teefey SA, Reading CC, Langer JE, Desser T, et al. Hashimoto thyroiditis: part 1, sonographic analysis of the nodular form of Hashimoto thyroiditis. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 195: 208-15. [CrossRef]

1. Tiroid bezinin görüntüleme yöntemleriyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
 - a. Ultrasonografi, tiroid parankiminin ve vaskülaritesinin değerlendirilmesinde en etkili yöntemdir.
 - b. Bilgisayarlı tomografi, tiroid bezinin mediastinal uzanımı ve çevre dokularla ilişkisini göstermede değerlidir.
 - c. Manyetik rezonans görüntüleme, tiroid nodüllerinin iç yapısını değerlendirmede ultrasonografiden üstündür.
 - d. Sintigrafi, tiroid fonksiyonları hakkında bilgi verebilir.
 - e. Elastografi, parankimdeki fibrotik değişiklikler hakkında bilgi sağlayabilir.
2. Graves hastalığı ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?
 - a. Tiroid bezinin bakteriyel enfeksiyonu sonucu gelişir.
 - b. Tiroid bezinde hiperekoik görünüm izlenir.
 - c. Renkli Doppler US'de "tiroid inferno" olarak tanımlanan belirgin hipervaskülarite görülür.
 - d. Genellikle ağırlı seyir gösterir ve viral enfeksiyonlardan sonra gelişir.
 - e. Hipotiroidi ile karakterizedir.
3. Subakut granülomatöz (de Quervain) tiroidit hakkında aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
 - a. Genellikle viral enfeksiyon sonrası ortaya çıkar.
 - b. Ağrılı bir tiroid hastalığıdır.
 - c. US'de yamalı hipoekoik, hipovasküler alanlar tipiktir.
 - d. Otoimmün kökenlidir ve anti-TPO antikorları pozitifdir.
 - e. Genellikle kendiliğinden iyileşir.
4. Hashimoto tiroiditinde ultrasonografik olarak en sık görülen özellik aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Hipoekoik, heterojen, psödonodüler görünüm ("zürafa deseni")
 - b. Diffüz hiperekoik homojen parankim
 - c. Belirgin apse formasyonu
 - d. Tamamen avasküler bez
 - e. Tek, düzgün sınırlı solid nodül
5. Aşağıdaki tiroid hastalıklarından hangisi yoğun fibrozis ve çevre dokulara invazyon ile karakterizedir?
 - a. Subakut lenfositik tiroidit
 - b. Diffüz basit guatr
 - c. Riedel tiroiditi
 - d. Hashimoto tiroiditi
 - e. Amiodarona bağlı tiroidit

Paratiroid Hastalıklarında Görüntüleme

Parathyroid Imaging: Review

Alper Özel, Sebam Sarıoğlu

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Paratiroid bezlerini etkileyen hastalık ya da bozukluklar arasında hiperparatiroidi, multipl endokrin neoplazi sendromları, paratiroid kistleri, paratiroid karsinomu sayılabilir. Hiperparatiroidide görüntülemenin amacı tanı olmayıp, en iyi tedavi yaklaşımı için hiperparatiroidiye neden olan bez ya da bezlerin yerlerini göstermektir. Primer hiperparatiroidiye yol açan nedenler soliter paratiroid adenomu, multipl adenomlar, paratiroid hiperplazisi ve paratiroid karsinomudur. Görüntüleme noktasında, radyologlar için tiroid nodülleri ya da lenf nodları gibi paratiroid lezyonları taklitçileri konusunda bilgili olmaları ve bunları görüntülemeye ayırt etmeleri son derece önemlidir. Paratiroid lezyon lokalizasyonu için eldeki görüntüleme yöntemleri; ultrasonografi, nükleer sintigrafi, multifazik bilgisayarlı tomografi (dört boyutlu bilgisayarlı tomografi), manyetik rezonans görüntüleme, pozitron emisyon tomografi-bilgisayarlı tomografi ve ven örneklemesidir. Bu yazıda paratiroid lezyonlarının saptanması için, farklı görüntüleme yöntemlerindeki teknik gereklilikler ile paratiroid lezyonlarının görüntüleme özelliklerinin gözden geçirilmesi ve bunları taklit eden durumlardan ayırt etmede yardımcı ipuçları gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hiperparatiroidizm, paratiroid, paratiroid ultrasonografi, paratiroid sintigrafi, 4DBT

ABSTRACT

Diseases or disorders affecting parathyroid glands are hyperparathyroidism, multiple endocrine neoplasia syndromes, parathyroid cysts, and parathyroid carcinoma. The goal of imaging in hyperparathyroidism is not the diagnosis, rather it is the localization of the gland(s) causing hyperparathyroidism for the best treatment approach. The causes resulting in primary hyperparathyroidism include solitary parathyroid adenoma, multiple adenomas, parathyroid hyperplasia, and parathyroid carcinoma. From the imaging perspective, it is extremely important for the radiologists to be cautious of the mimics of parathyroid lesions such as thyroid nodules and lymph nodes and be able to differentiate them on imaging. The available imaging tools for parathyroid lesion detection include ultrasonography, nuclear scintigraphy, multiphasic computed tomography, four-dimensional computed tomography, magnetic resonance imaging, positron emission tomography-computed tomography, and venous sampling. This article reviews the technical requirements of different imaging modalities for the detection of parathyroid lesions, the imaging features of parathyroid lesions, and helpful tips for distinguishing them from mimicking conditions.

Keywords: Hyperparathyroidism, parathyroid, parathyroid ultrasound, parathyroid scintigraphy, 4DCT

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Paratiroid hastalıklarının önemli bölümünü oluşturan primer hiperparatiroidide kullanılan görüntüleme yöntemlerini öğrenmek.
- Ultrasonografi, paratiroid sintigrafi, dört boyutlu bilgisayarlı tomografi ile diğer yöntemlerde, paratiroid lezyonlarının görüntüleme bulgularını ve bu yöntemlerin kullanım yerlerini öğrenmek.
- Paratiroid bezlerinin anatomi ve embriyolojisi hakkında bilgi sahibi olmak ve bu bilgilerin ışığında görüntülemeye ektopik yerleşimli paratiroid lezyonların potansiyel yerleşimlerini değerlendirebilmek.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Alper Özel Prof. MD, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

E-posta: dralperozel@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0001-6618-3725

Geliş Tarihi/Received: 16.08.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 14.10.2025 **Epub:** 17.11.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Özel A, Sarıoğlu S. Parathyroid imaging: review. *Trd Sem.* 2025;13(3):343-367



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

GİRİŞ

Paratiroid bezlerini etkileyen bozukluklar ya da hastalıklar; hiperparatiroidi, multipl endokrin neoplazi (MEN), paratiroid karsinomu, paratiroid kistleri olarak sayılabilir.

Hiperparatiroidi primer, sekonder ya da tersiyerdir. Primer hiperparatiroidi, normal kalsiyum homeostazisinin bozulmasıyla sonuçlanan, parathormonun (PTH) aşırı ve düzeni bozulmuş biçimde üretilmesi ile karakterize bir durumdur. PTH'nin aşırı üretimi hastaların büyük çoğunluğunda (yaklaşık %85) tek paratiroid bez adenomu nedeniyledir. Geride kalan olgularda neden diffüz hiperplazi (%10), multipl adenomlar (%4) veya nadiren paratiroid karsinom ya da kistlerine bağlıdır [1]. Sekonder hiperparatiroidi, PTH'ye karşı uç organ direnci sonucu gelişen belirgin paratiroid bez hiperfonksiyonuna bağlıdır ve en sık olarak kronik böbrek yetmezlikli hastalarda görülür. Primer hiperparatiroidinin aksine, artmış PTH seviyeleri hiperkalsemiye neden olmaz. Diğer sekonder hiperparatiroidi nedenleri azalmış kalsitriol seviyeleri, iskelet kaslarında PTH hormon direnci, raşitizm ve malabsorbsiyon sendromlarıdır. Uzun süreli hiperstimulasyon sonrası, paratiroid bezleri otonom fonksiyon kazanır ve altta yatan kronik hipokalseminin düzeltilmesine rağmen yüksek seviyede PTH üretirler. Tersiyer hiperparatiroidi, otonom paratiroid fonksiyonu nedeniyle gelişen hiperkalsemiyi ifade eder [2].

MEN iki veya daha fazla endokrin organın anormal fonksiyonu ile karakterize herediter bir sendromdur. MEN1 primer hiperparatiroidi, pankreasın endokrin tümörleri ve anterior hipofiz neoplazileri ile karakterize iken, MEN2A'da feokromositoma, medüller tiroid karsinomu ve hiperparatiroidi mevcuttur. Her iki sendromda da hiperparatiroidi multiglandülerdir [3, 4].

Paratiroid kistlerinin iki türü vardır. İlki üçüncü ve dördüncü brankial poşların embriyolojik artıklarına bağlı ya da paratiroid içerisindeki kolloid retansiyonu nedeniyle mikrokistlerin büyümesine bağlı tamamen kistik paratiroid lezyonlarıdır. İkinci tipi ise, paratiroid adenomlarının kistik nekrozu veya dejenerasyonu ile oluşan lezyonlardır. Her iki tipinde de kist sıvısı içerisindeki yüksek PTH nedeniyle hiperkalsemi görülebilir [5].

Paratiroid karsinomu primer hiperparatiroidili hastaların %0.5 ila %1'inde altta yatan nedendir. Klinik ve görüntüleme bulguları ile genellikle benign adenomdan ayırt edilemez. Ancak muayenede palpe edilebilir bir kitle ve görüntülemelerde komşu yapılarda invazyonun gösterilmesi karsinomu düşündürür. Klasik olarak paratiroid karsinomları, yavaş büyüyen ve hastalığın seyrinde geç metastazları ile bilinirler [5, 6].

Primer hiperparatiroidide geleneksel cerrahi yaklaşım, tüm paratiroid bezlerinin görülüp ve büyümüş olanların rezeke

edildiği bilateral servikal eksplorasyondur. Bu yaklaşımla tedavi oranı, tecrübeli cerrahların elinde %95'i geçmektedir [7]. Milenyumun başından itibaren minimal invaziv ve selektif paratiroid eksplorasyon teknikleri uygulanmaya başlamıştır [8]. Minimal invaziv paratiroidektomide, anormal bez ya da adenom küçük bir insizyondan selektif olarak çıkarılır ve böylelikle tecrübeli bir cerrahın elinde operatif başarıdan ödün verilmeden kozmetik durum iyileştirilir, komplikasyon riskleri düşürülür, ameliyat süreleri ile hastane yatış süreleri azaltılır. Buna ilaveten cerrahi sonrası fibrozis daha küçük bir cerrahi alana sınırlı kalarak sonrasında gerekebilecek olan tekrar cerrahiyi kolaylaştırır [9].

Minimal invaziv cerrahi tekniklerin yerleşebilmesi için de iki önemli şart bulunmaktadır:

- Odaklanmış cerrahi yaklaşıma kılavuzluk edecek doğru preoperatif görüntüleme yöntemleri,
- İntraoperatif PTH monitorizasyonu.

İntraoperatif PTH monitorizasyonu ile cerrah hızlı biçimde tek taraflı odaklanmış cerrahi yaklaşımın başarısını değerlendirebilir. İntraoperatif PTH düzeyleri normale dönmez ya da en azından %50 azalmaz ise multiglandüler hastalıktan şüphelenilir ve minimal invaziv paratiroidektomi bilateral diseksiyona çevrilir.

Minimal invaziv paratiroidektomi için %95'in üzerinde tedavi başarı oranı, bilateral boyun eksplorasyonundaki başarı oranı ile benzerdir [10]. Bilinen ya da kuşkuyla bilinen multiglandüler hastalıkta veya görüntüleme yöntemlerinin başarısız ya da tutarsız olduğu durumlarda bilateral boyun eksplorasyonu optimal tedavi gibi gözükmemektedir. "Dört-bez hiperplazisi", üç bezin tamamen ve bir bezin parsiyel olarak çıkarıldığı subtotal paratiroidektomi ile tedavi edilebilir [11]. Hastaların az bir kısmında eşlik eden tiroid hastalığı, karsinom şüphesinde veya intratiroidal paratiroid adenomunun çıkarılması ya da daha derin lezyonlara ulaşılabilmesi için tiroidektomi uygulanabilmektedir [12].

Anormal paratiroid bez(ler)ini ya da adenomu (paratiroid lezyonlarını) lokalize etmek için tercih edilebilecek lokalizasyon yöntemleri, ilgili kuruluştaki tecrübeye ve lokalizasyon için elde olan görüntüleme modalitelerine bağlıdır. Günlük pratikte nükleer sintigrafi incelemeleri ve ultrasonografi (US) görüntüleme en sık kullanılan birinci basamak görüntüleme yöntemleridir [13]. Ancak yakın zamanda yapılan bir anket çalışması, dört boyutlu bilgisayarlı tomografi (4DBT) incelemenin de ilk-basamak incelemelerde kabul görmeye başladığını ve faydalı olmasıyla yaygın bir şekilde kullanıldığını da göstermiştir [14]. Lokalize etmenin zor olduğu, tekrarlanan cerrahinin olduğu olgularda ve ilk basamak tetkiklere kontraendikasyon mevcut ise ikinci ve üçüncü basamak yöntemler düşünülmelidir. Bu yöntemler, manyetik rezonans

(MR) görüntüleme, flor 18 (¹⁸F) florokolin gibi pozitron emisyon tomografi-bilgisayarlı tomografi (PET-BT) ve ven örnekleme gibi yöntemleri içerir [15-17].

EMBRYOLOJİ VE ANATOMİ

Paratiroid bezleri, gestasyonun beşinci ve altıncı haftalarında farengial poşlardan gelişirler. Superior bezler ile tiroidin her ikisi de dördüncü farengial poştan kaynaklanır ve kısa bir göç yolunu izler. Inferior paratiroid bezler ise timus ile üçüncü farengial poştan kaynaklanır ve uzun bir göç yolunu takip eder. Migrasyonda normalden sapma, primer hiperparatiroidili hasta popülasyonunda %16'a varan sıklıkta ektopik paratiroid bez yerleşimine yol açar ve bu durum inferior paratiroid bezlerinde daha fazladır [18]. Superior paratiroid bezlerin %80'i krikotiroid bileşke düzeyinde tiroid lobunun orta bölümünün posteriorunda ve trakeoözofageal oluk boyunca yerleşimlidir. Nadiren superior bezler derin retrofarengial veya retroözofageal yerleşimlidir [1]. Inferior paratiroid bezlerin çoğu aynı taraf tiroid lobunun inferior, posterior veya lateralinde yerleşimlidir. Hemen alt pol komşuluğunda bulunmayan bezler ise sıklıkla daha kaudalde tirotimik ligaman boyunca veya anterior superior mediasteninin timus glandı içerisinde bulunur. Nadiren inferior bezler inişlerini tamamlayamaz ve karotis bifurkasyon yakınında karotis kılıfında bulunurlar [1]. **Ektopik inferior bezlerin en sık yerleşim yeri anterior mediasten ve superior bezlerin en sık ektopik yerleşimi ise trakeoözofageal oluk ve retroözofageal bölgedir [19]. Ektopik paratiroid bezi durumunda, embriyolojik superior ve inferior paratiroid bezleri arasındaki en güvenilir sınır trakeoözofageal oluktaki rekürren laringeal sinirin oluşturduğu plandır; superior bezler bu planın posterior ve inferior bezler ise anteriorda yerleşimlidir [20, 21].**

Erişkinlerin çoğunda her biri yaklaşık 5x3x1 mm boyutlarında ve ortalama 35-40 mg ağırlığında dört adet paratiroid bezi mevcuttur. İnsanda paratiroid bezlerinin sayıca fazla olması (>4) %2.5 ila %13 ve 4 bezden az olması ise %3 olarak bulunmuştur [19, 22].

ULTRASONOGRAFİ

Hiperparatiroidide paratiroid lezyonlarının yerinin saptanmasında görece maliyeti düşük olması, iyonizan radyasyon içermemesi ve zayıf hastalarda üstün görüntü kalitesi sağlamasıyla en sık kullanılan birinci basamak lokalizasyon yöntemidir. Boyun US mümkün olduğunca yüksek frekanslı lineer prob (8-15 MHz) ile yapılmalıdır, bazı hastalarda daha derin penetrasyon sağlayabilmek için daha düşük frekanslı prob kullanılabilir. Hasta, omuzlarının altına katlanmış havlu veya yastık konularak boyun hafif hiperekstansiyonda supin pozisyonda incelenmelidir. Hyoid kemikten klavikulara kraniokaudal aksta ve lateralde ana karotis arterlerden mediale tarama yapılarak transvers ve longitudinal görüntüler alınmalıdır. Klavikuların derininde yerleşmiş olan inferior

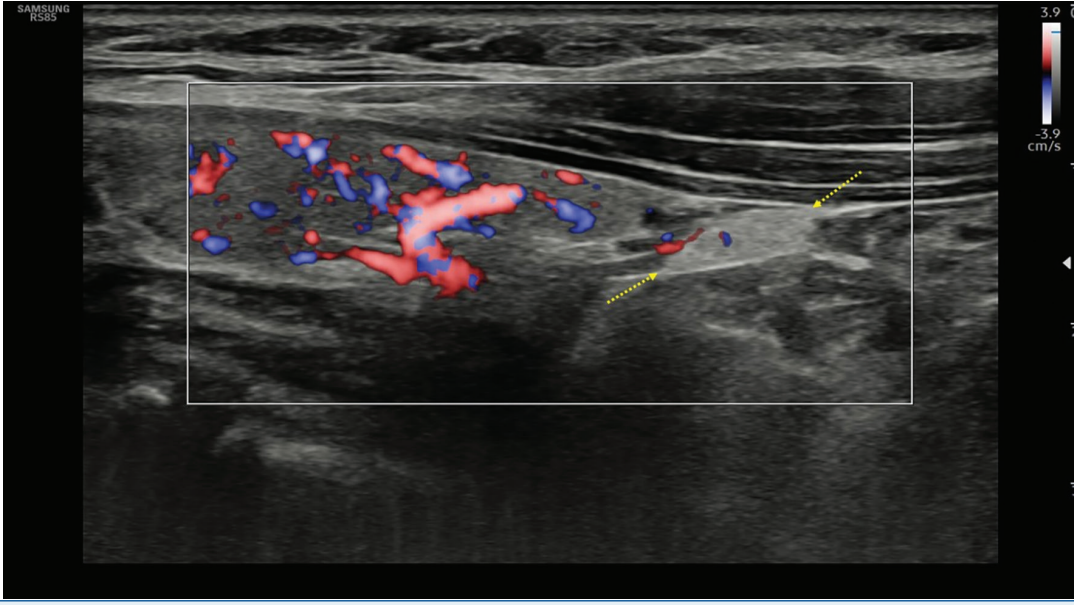
bezler, hastaya gerçek zamanlı incelemede yutkunmaları istenerek görülebilir hale getirebilir. Körvilineer veya sektör prob ile superior mediasteninin sınırlı bir görüntülemesi sağlanabilir. Hastanın başının karşı tarafa döndürülmesi, trakeo-özofageal oluk ya da derin para-özofageal alanlardaki ektopik bezlerin saptanmasını kolaylaştırabilir.

Şüphelenilen paratiroid lezyonların vaskülaritesini değerlendirmek ve besleyici damarına bakmak için renkli ve power Doppler inceleme yapılmalıdır. Lezyon vaskülaritesinin yeterli değerlendirmesinin yapılabilmesi için renkli Doppler kutusunun uygun boyutta seçilmesi, düşük puls tekrarlama hızı ayarlanması ve renk kazancının aşırı gürültü düzeyinin hemen alt seviyesine kadar artırılması gibi ayarlamalar ile optimal renkli Doppler tekniğine dikkat edilmelidir.

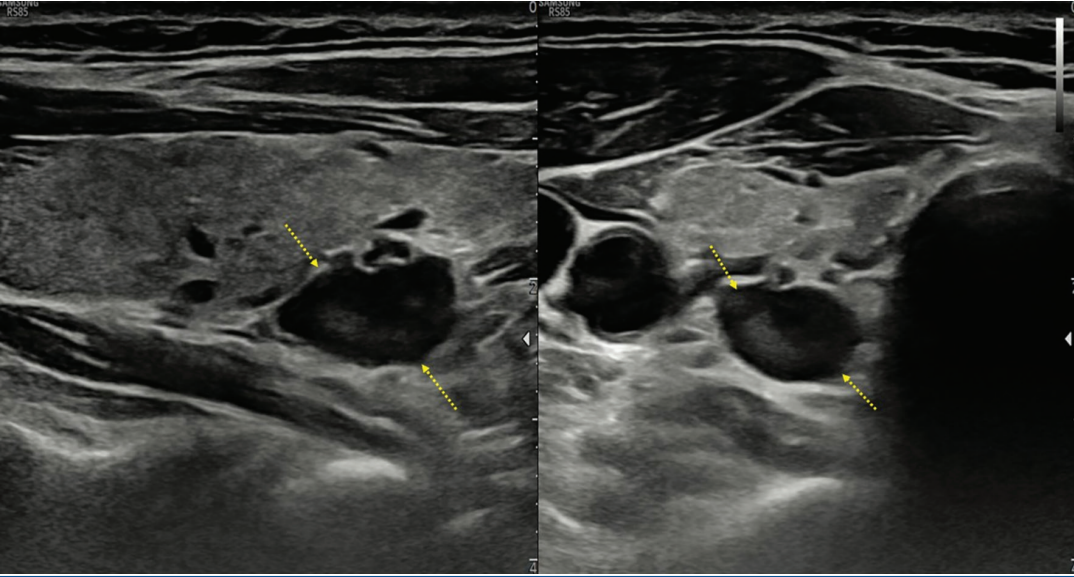
Tiroid bezi de detaylı biçimde incelenmelidir. Tiroiddeki nodüllerin boyutu, yerleşimi ve US özellikleri belirtilmelidir. Boyunda tekrarlayacak olası ikinci bir cerrahi gereksinimini minimize indirmek için paratiroid lezyonları ile birlikte olan tiroid nodülleri risk sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmelidir.

Normal paratiroid bezleri, konvansiyonel görüntüleme ile iyi görülememektedir. Ancak görüntülenemediğinde, olguların %91'nde homojen hiperekoik ve %9'nda ise homojen izoeoik yapılar olarak görülmektedir (Resim 1, Video 1.1 ve 1.2) [23]. Başka bir çalışmada paratiroid bezlerin karakteristik olarak iyi sınırlı, oval şekilli, homojen hiperekojenik görünümde olduğu bulunmuştur [24]. Paratiroid bezlerin stromal yağ komponentleri hiperekojenisiteden sorumlu iken peritiroidal yağ doku ise daha silik sınır vermesi ve heterojen olması ile ayırt edilir [24, 25].

Klasik paratiroid lezyonları, tipik olarak oval veya fasulye şeklinde hipoeoik lezyonlardır. Paratiroid lezyonları boyunda uzunlamasına yönelimli doku planları boyunca büyürler ve karakteristik olarak boyları enlerinden fazla bir şekil alırlar. Bu sürecin abartıldığı durumda tubuler, yassılmış veya solucan şeklini alabilirler. Büyümelerinde asimetri olursa kraniyal ya da kaudal uçları daha belirgin olarak üçgen, göz yaşı, bilobe ya multilobule olabilirler (Resim 2, 3) [1]. **Paratiroid lezyonları tipik olarak komşu tiroid bezinden ayrıdır ve bu yapıları birbirinden ayıran ekojen tiroid kapsülü görülebilir (Resim 4).** Çoğu paratiroid lezyonu, normal tiroid dokusuna göre daha düşük ekoludur ve bu hipoeoik görünüm, paratiroid bezlerin az yağ içerecek biçimde eş oranda hipersellüler olmalarından kaynaklanır. Bazen paratiroid lezyonları, artmış ve azalmış ekojenite (dual eko) alanları içerecek biçimde heterojen görünümündedir (Resim 5, 6, Video 2.1, 2.2, 3). Nadir olan paratiroid lipoadenomları, içerdikleri yağ içerikleri nedeniyle komşu tiroid bezinden daha ekojendir (Resim 7, Video 4). Paratiroid lezyonların büyük çoğunluğu solid olmakla birlikte,



Resim 1. Normal paratiroid. Uzun eksen power Doppler görüntüsü; sol tiroid lobunun inferior polü komşuluğunda paratiroid beklenen lokalizasyonunda hiperekoik normal paratiroid bezi görüntüsü (sarı kesik oklar).

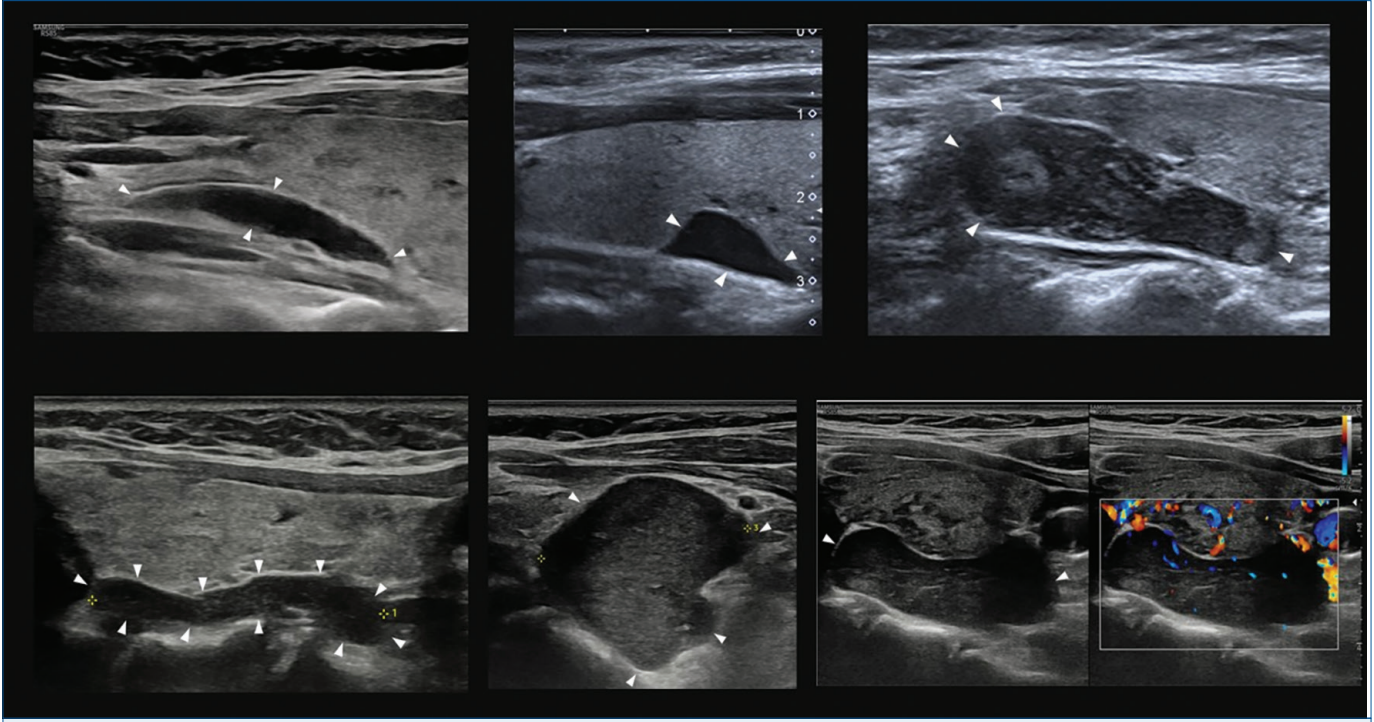


Resim 2. Klasik Paratiroid Adenom ultrasonografi görüntüsü: İkili ekran görüntüde; sağ tiroid lobunun uzun eksen ve transvers görüntülemelerinde bez 1/3 posteriorunda düzgün sınırlı, ovoid şekilli, hipoeikoik paratiroid lezyonu izlenmekte (sarı noktalı oklar).

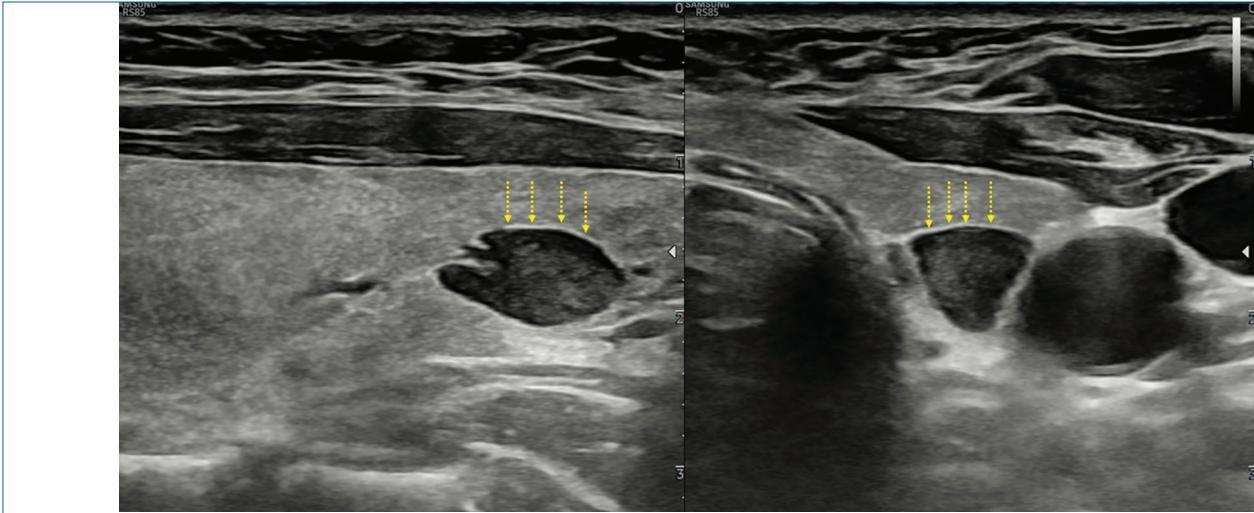
yaklaşık %2'si kistik dejenerasyon alanı içerir veya daha az olarak da gerçek basit kist görünümündedir (Resim 8) [1]. Nadiren de iç yapılarında kalsifikasyon içerebilirler. Renkli ve power Doppler inceleme, paratiroid lezyonlarında çoğunlukla inferior tiroid arterden ve daha az olarak superior tiroid arterden kaynaklanan belirgin besleyici arteri gösterir. Besleyici arter; paratiroid lezyonun herhangi bir polüne girmeden önce lezyon periferi boyunca seyreder (vasküler ark bulgusu) (Resim 9, Video 5). Bu tipte bir vasküler desen, paratiroid lezyonunun ilk saptanmasındaki duyarlılığı artıracak ve santral

hiler kanlanma deseni olan lenf nodlarından ayırılmasına yardımcı olacaktır [26-29].

Paratiroid bezler komşu yumuşak doku yapıları ile kıyaslandığında görece komprese edilememektedir. Böylelikle şüphelenilen lezyonlar üzerine veya paratiroid bezlerin sık yerleşimleri üzerine ultrason probu ile yapılacak kademeli kompresyon, küçük lezyonların ortaya çıkarılmasını kolaylaştıracaktır [29].



Resim 3. Paratiroid lezyon şekillerinin spektrumu. Üst sırada a, b, c sırasıyla iğsi şekilli, üçgen gözyaşı şekilli ve lobut şekilli paratiroid lezyonları. Altı sıra d, e, f sırasıyla tubuler solucan şekilli (*elonge*), multilobüle ve bumerang şekilli paratiroid lezyonları (ok başları).

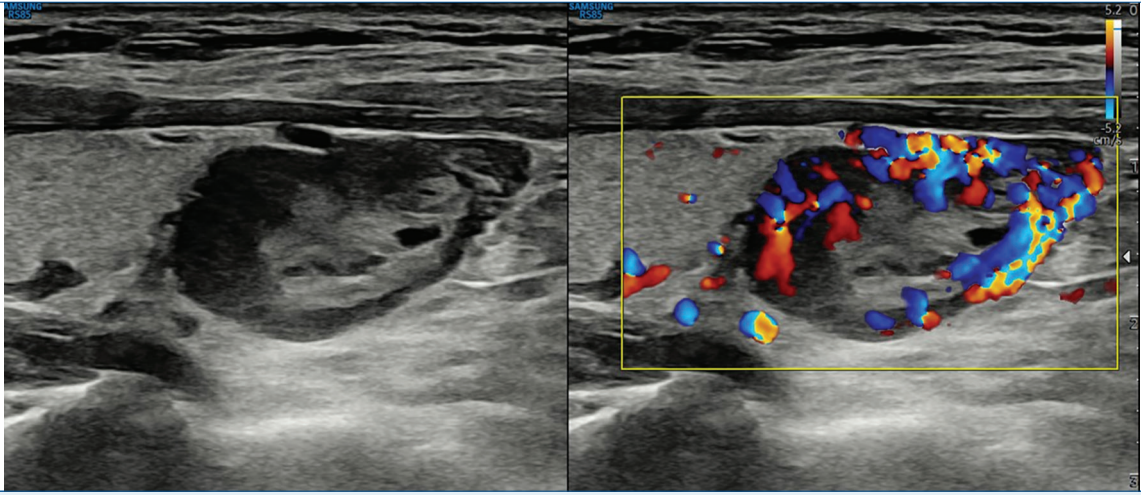


Resim 4. Ekojen Klevaj Planı: Tiroid sol lob inferior pol posteriorunda paratiroid lezyonunu, tiroid bezinden ayıran ekojen klevaj planı (sarı noktalı oklar).

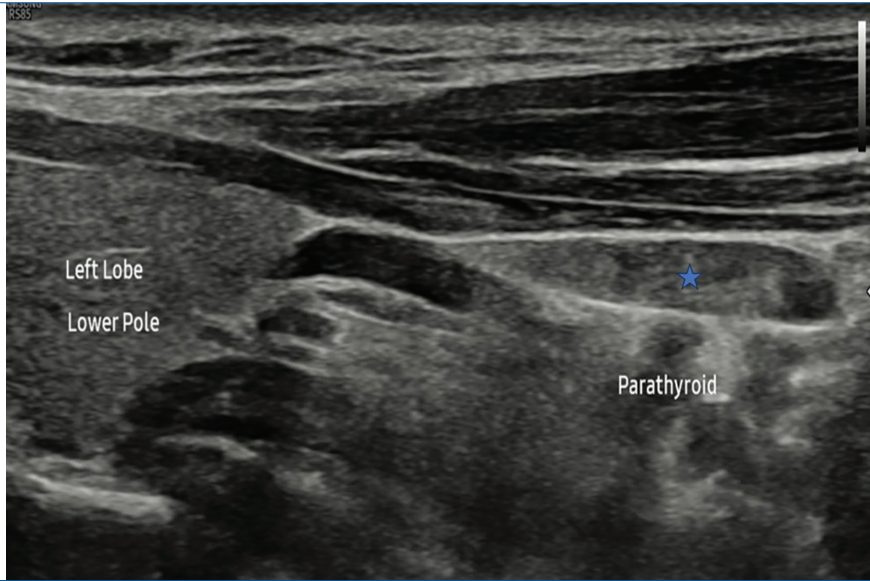
Bir dizi yeni gelişen US tekniklerinin paratiroid adenom tanısında faydalı olduğu gösterilmiştir. US-elastografi, akustik enerjiye cevabı analiz ederek dokunun mekanik özelliklerini değerlendiren ve böylelikle doku sertliği ve elastisitesi hakkında nicel ve nitel bilgiler oluşturabilen yeni bir tekniktir [30]. Yakın zamanlardaki bazı çalışmalarda lezyon sertlik ölçümü ile paratiroid adenomu ile benign ve malign tiroid nodülleri arasında ayırım yapılmasında yardımcı olabileceği gösterilmiştir [31]. Buna ek olarak; üç boyutlu (3D) US'nin konvansiyonel iki

boyutlu sonografi ile kıyaslandığında, özellikle küçük (<500 mg) lezyonların tanınabilmesi için paratiroid saptanmasında duyarlılığı iyileştirdiği gösterilmiştir (Resim 10) [32].

Ultrasonografinin paratiroid adenom saptamadaki duyarlılığının %65 ila %97 arasında değiştiği ve bir meta-analizde toplam duyarlılığının %80 olduğu bildirilmiştir [33]. Başka bir meta-analizde, US'nin paratiroid adenom saptamadaki toplam duyarlılık ve pozitif kestirim değerleri



Resim 5. Dual eko paratiroid adenom: Tiroid inferior pol hemen kaudal komşuluğunda santrali hiperekoik, periferi hipoekoik solid lezyon izlenmekte ("dual eko" görüntüsü), renkli Doppler incelemede periferik ark şeklinde vaskülerite izlenmekte.



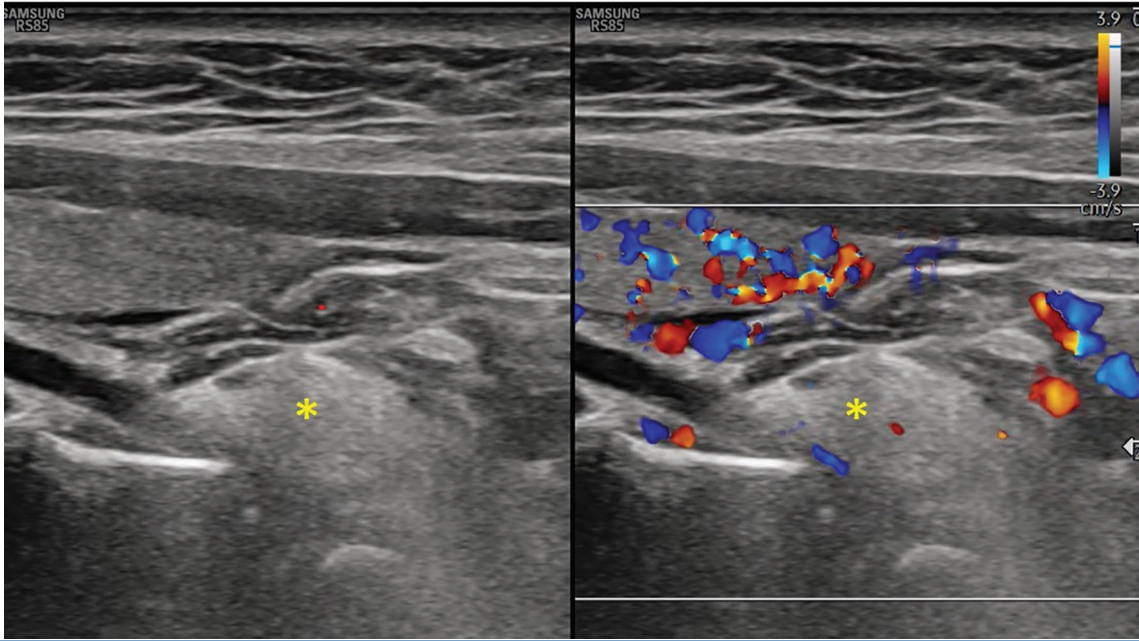
Resim 6. İzoekoik paratiroid lezyonu.

sırasıyla %76.1 ve %93.2 olarak bulunmuştur [34]. 54 çalışmayı içeren US'nin operasyon öncesi paratiroid lokalizasyonunu değerlendiren bir meta-analizde duyarlılık %79 (güven aralığı 77-80) olarak bulunmuştur. Aynı meta-analizde multiglandüler hastalık saptamadaki duyarlılık çok daha düşük olarak bulunmuştur duyarlılıklar hiperplazi için %35 ve çifte adenom için %16 olarak hesaplanmıştır (Resim 11) [35].

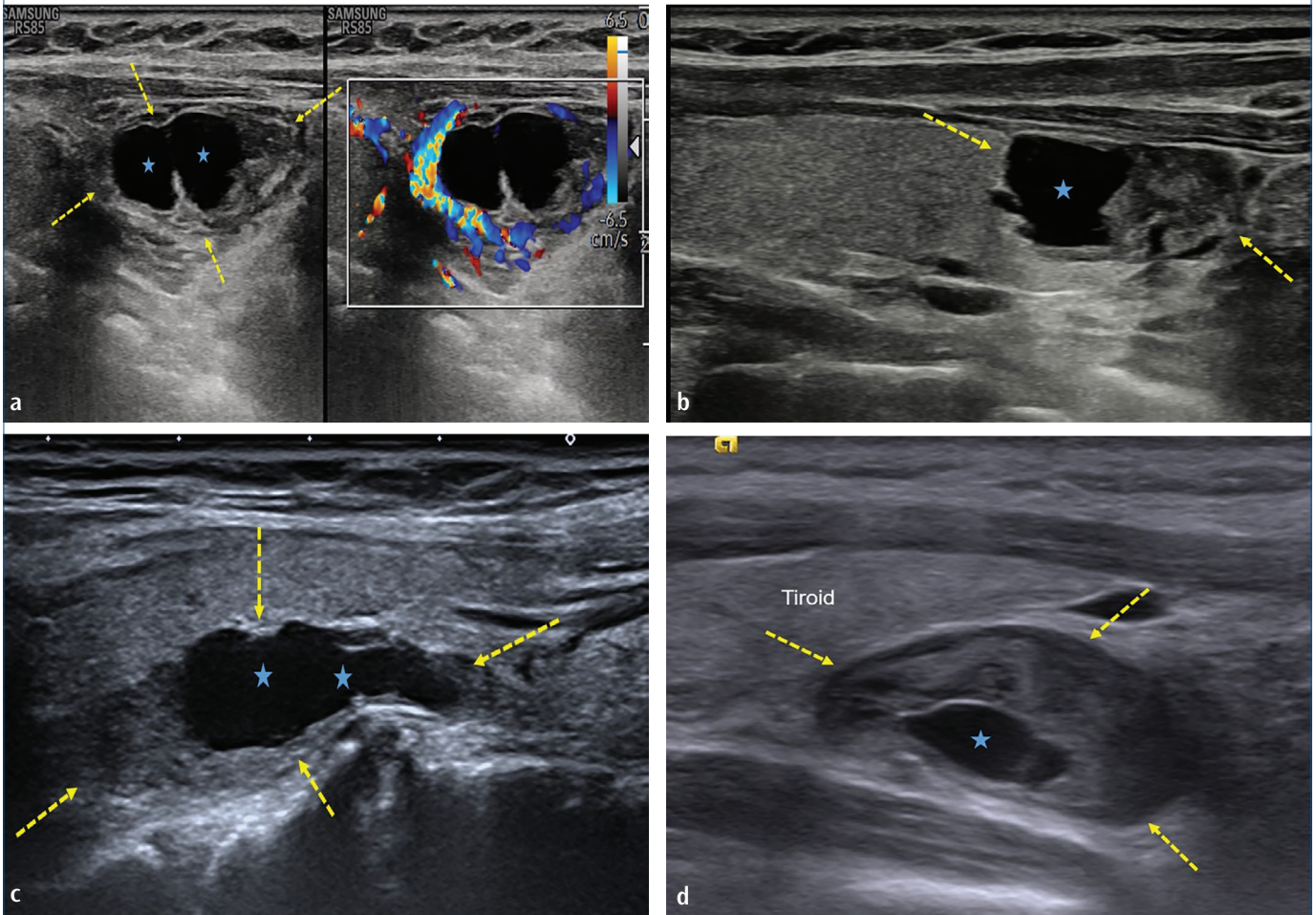
Multiglandüler hastalık kuşkusuna olduğunda veya US görüntüleme ile anormal paratiroid bezleri görüntülenemediğinde bile US'nin tiroid bezindeki eşlik eden tiroid nodüllerinin yönetimi açısından önemli bir yeri bulunmaktadır. Hiperparatiroidi varlığında, beraberinde US ile saptanan nodüler tiroid hastalığının insidansı büyük serilerde %29 ila %51 arasında değişmektedir [36-38]. Aynı seride

tiroid malignite insidansı %2 ila %6 arasında değişmektedir. Paratiroid cerrahisi öncesi tiroid bezinin değerlendirilmesi, bu hastaları tekrarlanabilecek boyun operasyonundan koruyacak ve gereksiz tiroid cerrahisini de önleyecektir (Resim 12).

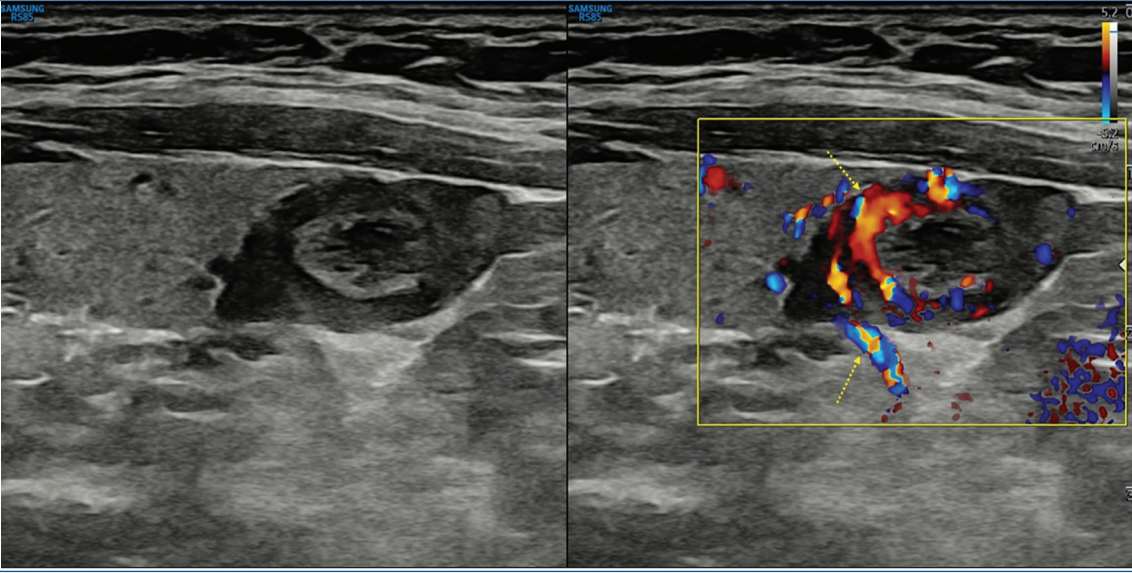
US ile paratiroid lezyonlarının görüntülenip lokalize edilebilmesinde birtakım sınırlamalar mevcuttur. Normal ve patolojik boyun yapıları, paratiroid adenomlarını taklit ederek US'da yalancı pozitif sonuçlara neden olabilir. Hashimoto tiroiditi gibi tiroid bezinde altta yatan enflamatuvar bozukluklarda, paratiroid lezyonlarının saptanması zorlaşır. Bu hastalardaki multipl sayıdaki santral kompartman lenf nodları, paratiroid lezyonlarını maskeleyebilir ya da onları taklit edebilir (Resim 13, Video 6) [6, 39].



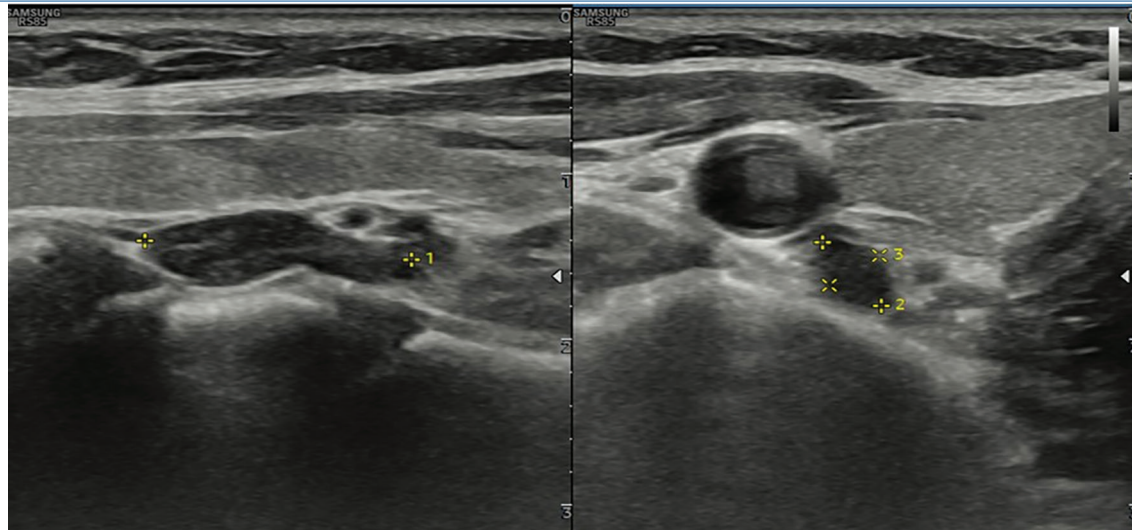
Resim 7. Paratiroid Lipoadenomu: Paratiroid lipoadenomunun uzun eksen ikili görüntülemesinde de tiroid bezine göre daha ekojen olduğu görünmektedir (sarı kar tanesi işareti).



Resim 8. Kistik komponent içeren paratiroid lezyonları. Farklı hastalarda (a,b,c,d) farklı oranda kistik komponent içeren paratiroid lezyonları (sarı çizgili oklar, kistik komponent: mavi yıldız).



Resim 9. Polar damar ve vasküler ark. Hareketsiz görüntü ve videoda uzun eksen B-mod ve renkli Doppler ultrasonografi incelemesinde; paratiroid lezyonunun kranial polünde belirgin besleyici damarı ve periferik ağırlıklı ark şeklindeki kanlanması görülmekte.



Resim 10.1. Multiparametrik ultrasonografi görüntüleme. Tiroid orta ve inferior zon komşuluğunda paratiroid lezyonunun uzun ve kısa eksen B-mod görüntüleri (imleçler).

Intratiroidal paratiroid adenomları tiroid nodüllerini taklit ederken eksofitik tiroid nodülleri de paratiroid adenomlarını taklit edebilir (Resim 14, Video 7). **Posterior yerleşimli nodüller ile paratiroid adenomunun ayrımında, paratiroid adenomu ile tiroid bezini birbirinden ayıran ince, ekojen kapsüler ayrışma çizgisi faydalı bir bulgudur.** Paratiroid adenomu tiroid nodülünden görüntüleme kriterleri ile ayırt edilemiyorsa US eşliğinde perkütan biyopsi gerekebilir. Paratiroid adenomları ile karışabilecek diğer normal boyun yapıları; tiroid bezinin komşuluğundaki tortuyöz küçük venler, özofagus ve longus kolli kaslarıdır [15].

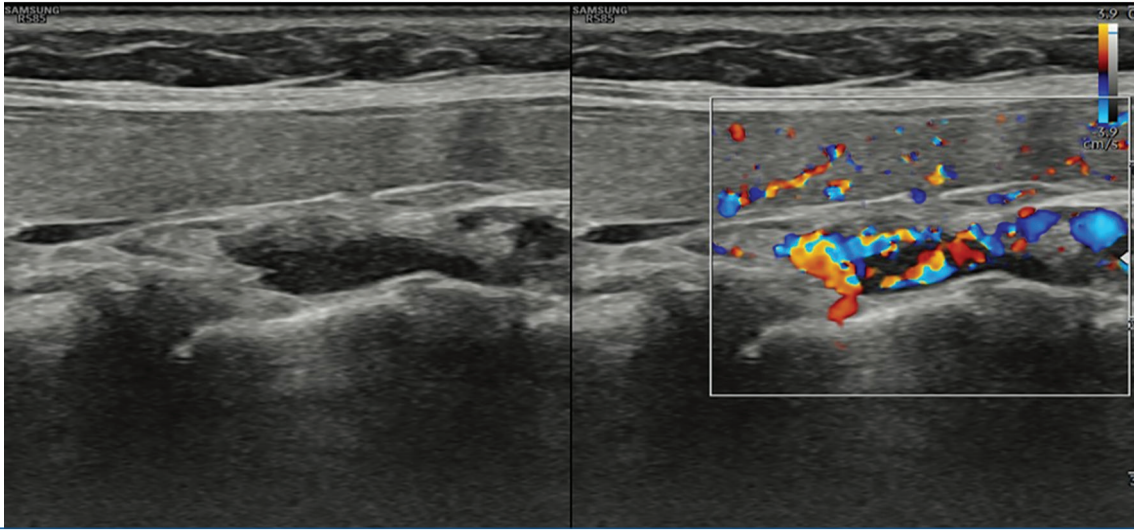
Tekli adenom ya da multiglandüler hastalıkta minimal büyümüş anormal bez, multinodüler guatr varlığı ve ektopik adenomlar, paratiroid lezyon saptanmasında yalancı negatif sonuçlara yol açabilir [22, 40].

PARATİROİD SİNTİGRAFI

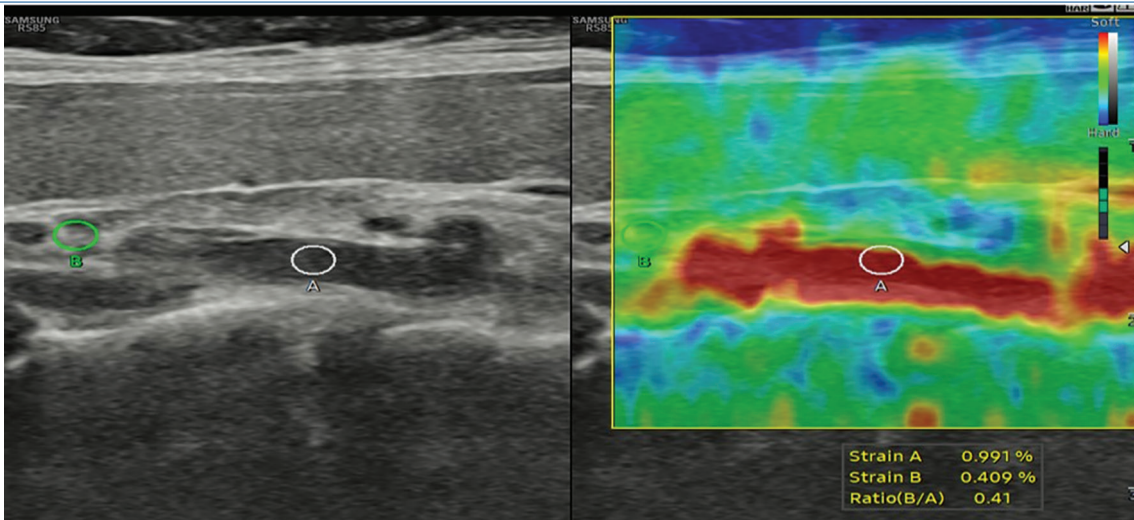
Paratiroid sintigrafisi, hiperfonksiyon gösteren paratiroid bezlerin tanınması ve operasyon öncesi lokalize edilmesi için önemli bir modalitedir [16, 41-44]. Paratiroid görüntüleme için en sık kullanılan radyofarmasötik ^{99m}Tc -sestamibi'dir. ^{99m}Tc -sestamibi tiroid, kalp, karaciğer, tükürük bezleri ve anormal

paratiroid bezlerin mitokondriden zengin hücrelerinde birikir. Paratiroid bezinin ^{99m}Tc -sestamibi tutması bezin oksifil hücre içeriği ile ilişkilidir [45]. Paratiroid lezyonlarının görüntülenmesi için tek radyofarmasötik ile ikili-faz görüntüleme veya ikili radyofarmasötik ile tek-faz görüntüleme yapılmaktadır. Her iki teknikten hangisinin daha üstün olduğuna dair net bir fikir birliği bulunmamaktadır. Ancak ikili-izotop tekniği, hastayı daha fazla radyasyon dozuna maruz bırakmakta ve tanışal açıdan hastanın her iki fazla aynı pozisyonda olmasını gerektirmektedir. Tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT) görüntülemenin kullanımı, paratiroid lezyon saptanmasını iyileştirmektedir. SPECT görüntülemeye düşük doz BT ilave edilmesiyle (SPECT-BT), artmış radyasyon dozuna karşın ilave anatomik bilgi elde edilir.

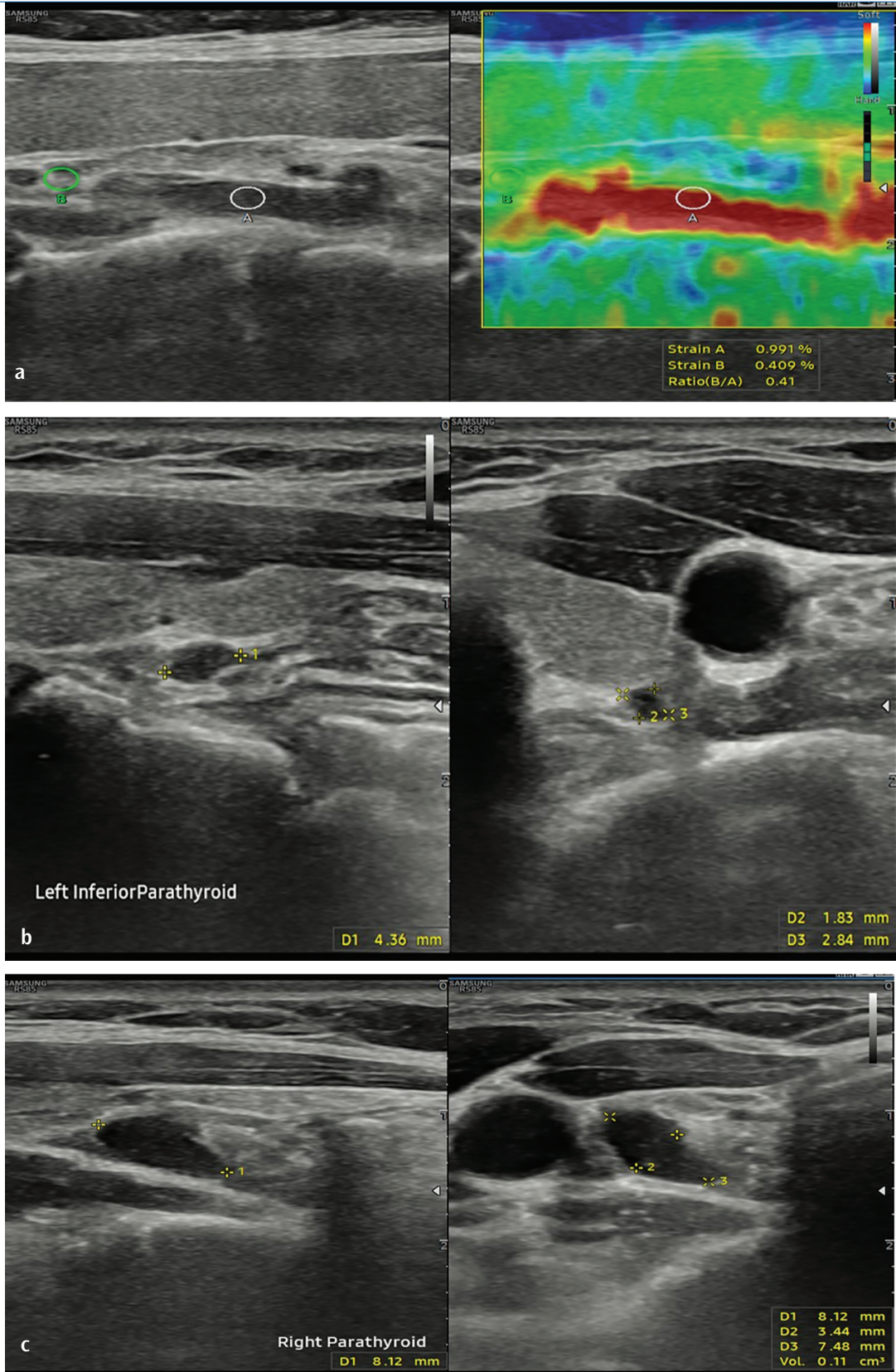
SPECT ve SPECT-CT incelemeler, özellikle mediastene uzananlar gibi ektopik lezyonların yerlerinin belirlenmesinde faydalıdır (Resim 15). ^{99m}Tc -sestamibi'nin kullanıldığı ikili-faz tek izotop tekniğinde, paratiroid adenomları tiroid bezi ile kıyaslandığında artmış ve geç fazda uzamış radyonüklid tutulumu olurken tiroid bezi tipik olarak 30 dakika içerisinde radyonüklid yıkanması (*washout*) gösterir. İkili faz görüntüleme protokolünde, ektopik dokuyu da saptamak için kafa tabanından karınaya uzanan bir tarama alanını kapsayacak şekilde 700-1100 MBq ^{99m}Tc -sestamibi uygulanır. Erken ve geç faz görüntüler sırasıyla, radyonüklidin uygulandıktan sonra 10-30 dakika ve 90-150 dakikalarda alınır. ^{99m}Tc -tetrafosmin, paratiroid tutulumu olan alternatif bir radyonüklid maddedir.



Resim 10.2. İkili ekran görüntüde paratiroid lezyon B-mod ve renkli Doppler görüntüsü.

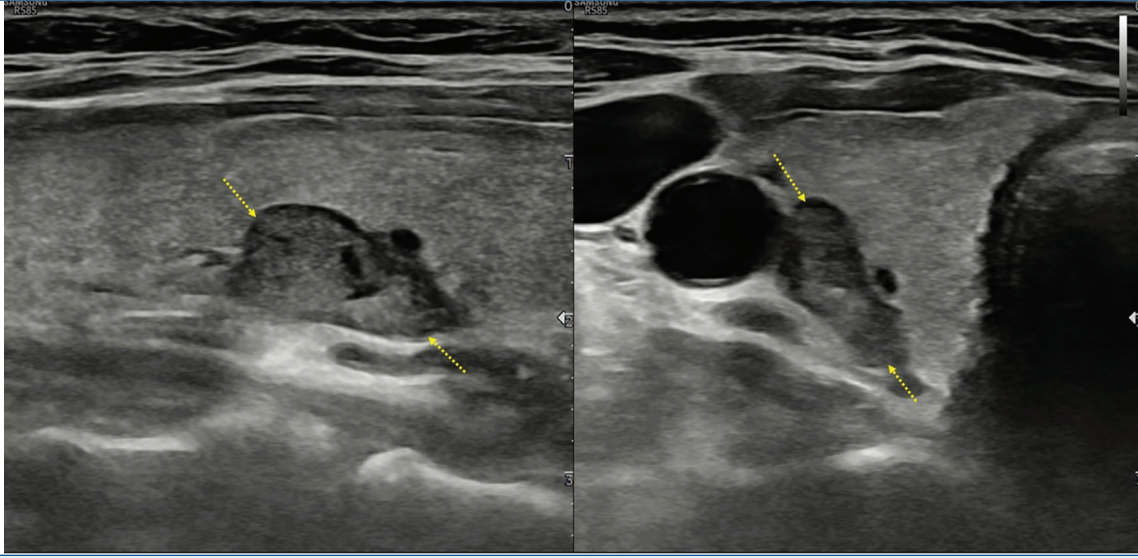


Resim 10.3. İkili ekran görüntüde paratiroid lezyonunun B-mod ve gerinim elastografi (strain elastografi) haritasında, lezyonun tiroid ve çevre dokuya görece yumuşak olduğu izlenmekte.



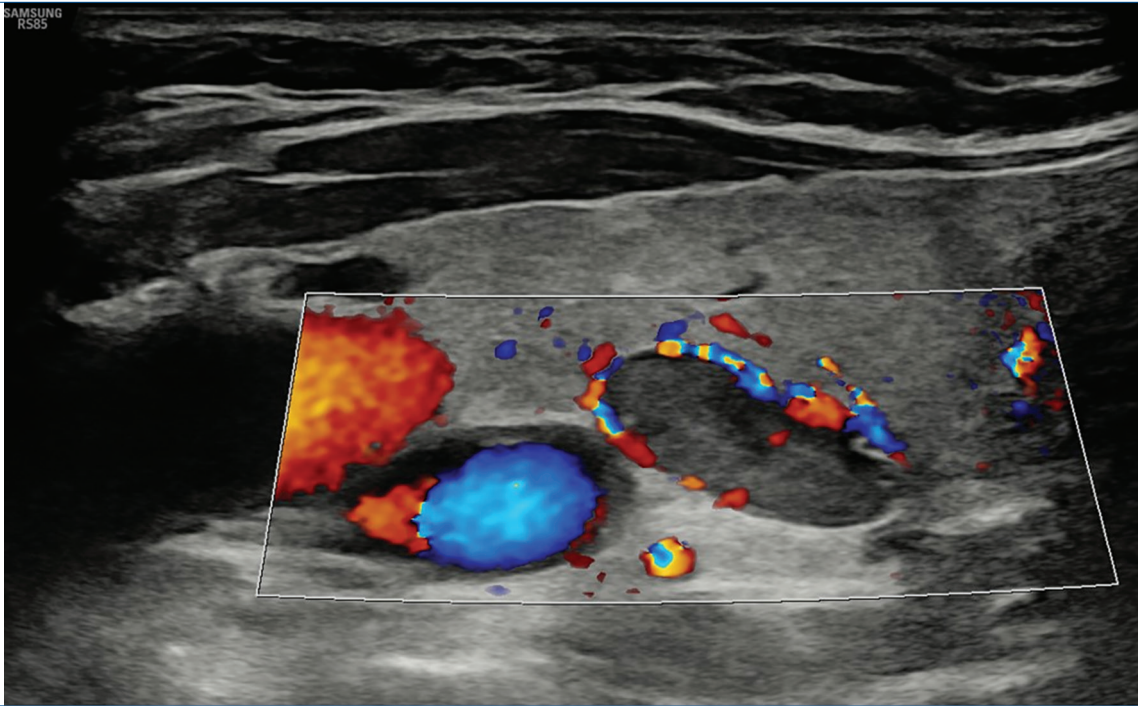
Resim 11. Multiglandüler Hastalık.

Resim 11a, 11b, 11c. Paratiroid hiperplazisine bağlı primer hiperparatiroidisi olan hastada ikili ekran görüntülerde sol superior, sol inferior, sağdaki paratiroid lezyonlarının uzun eksen ve transvers plan B-mod görüntüleri (Multiglandüler hastalık).



Resim 12. Paratiroid lezyonuna eşlik eden tiroid malignitesi.

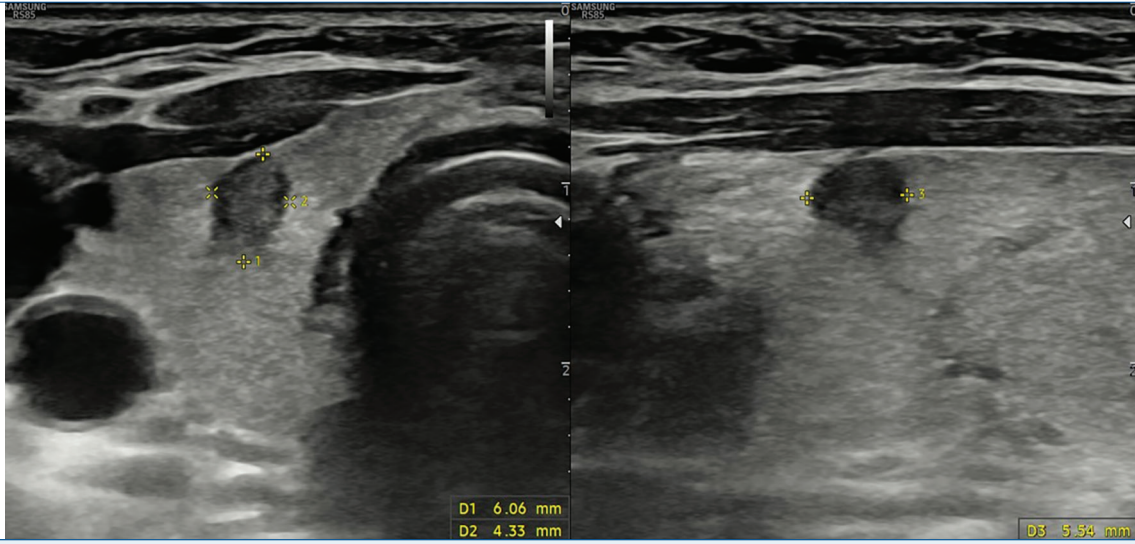
Resim 12.1. Sağ tiroid orta zon posteriorunda izlenen paratiroid lezyonunun uzun ve transvers plan B-mod görüntüleri (sarı kesintili oklar).



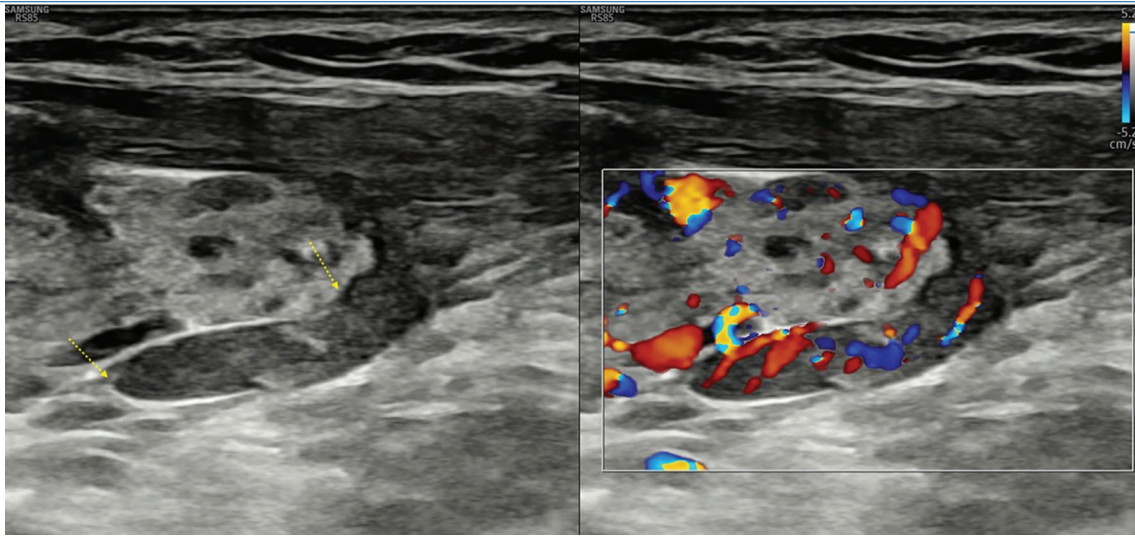
Resim 12.2. Paratiroid lezyonun renkli Doppler ultrason görüntüsü.

^{99m}Tc -sestamibi ile karşılaştırılabilir görüntüleme özelliklerine sahiptir, radyonüklid maddenin seçimi ulaşılabilir olmasına ve incelemeyi yorumlayan hekimin tercihinine bağlıdır [42]. İkili izotop tek faz tekniğinde, paratiroid tutulumu olan radyonüklidler (^{99m}Tc -sestamibi ve ^{99m}Tc -tetrofosmin) ve paratiroid tutulumu olmayan radyonüklidler (^{99m}Tc -perteknetate veya I-123) kullanılır. Tüm bu radyonüklidler fonksiyon gösteren tiroid dokusunda birikirler, perteknetate

veya iyot verilerinin sestamibi veya tetrofosmin verilerinden çıkarılması ile “sadece paratiroid” görüntüler elde edilir. Bu tekniğin multiglandüler hastalığı saptamada yüksek duyarlığa sahip olduğu bildirilmiştir [46]. Tek izotoplu teknikte, paratiroid lezyonlarının %15’i özellikle hiperplazik bezler, ^{99m}Tc -sestamibi incelemesinde tiroidde gözlenene benzer bir hızlı yıkanma deseni gösterebilirler [47]. Ayrıca tiroid hastalığı olan veya tiroid cerrahi geçirme öyküsü olan hastalarda, tek izotoplu



Resim 12.3. Paratiroid lezyonuyla aynı tarafta tiroid sağ lob-istmus bileşkesinde düzensiz sınırlı “Amerikan Radyoloji Koleji - Tiroid Görüntüleme Raporlama ve Veri Sistemi Kategori V” olarak raporlanan ve cerrahi sonrası papiller karsinom gelen tiroid nodülü.



Resim 13. Tuzaklar, otoimmün tiroiditte taklitçi lenf nodları.

Resim 13.1. “Mikronodüler pattern” gösteren tiroid bezi ve komşuluğunda paratiroid lezyonu uzun eksen B-mod ve renkli Doppler görüntüleri (noktalı sarı oklar).

protokolde tiroidden normalde görüldenden daha yavaş bir radyonüklid yıkanma görülebilir. Bu hastalarda paratiroid lezyonları ile tiroid dokusunun birbirinden ayırt edilebilmesi oldukça zordur. İkili izotop kullanılan çıkarmalı (*substraksiyon*) teknik bu sınırlamaların üstesinden gelebilir ancak buna karşın daha yüksek bir radyasyon maruziyeti ve teknik olarak da zorlayıcıdır [46].

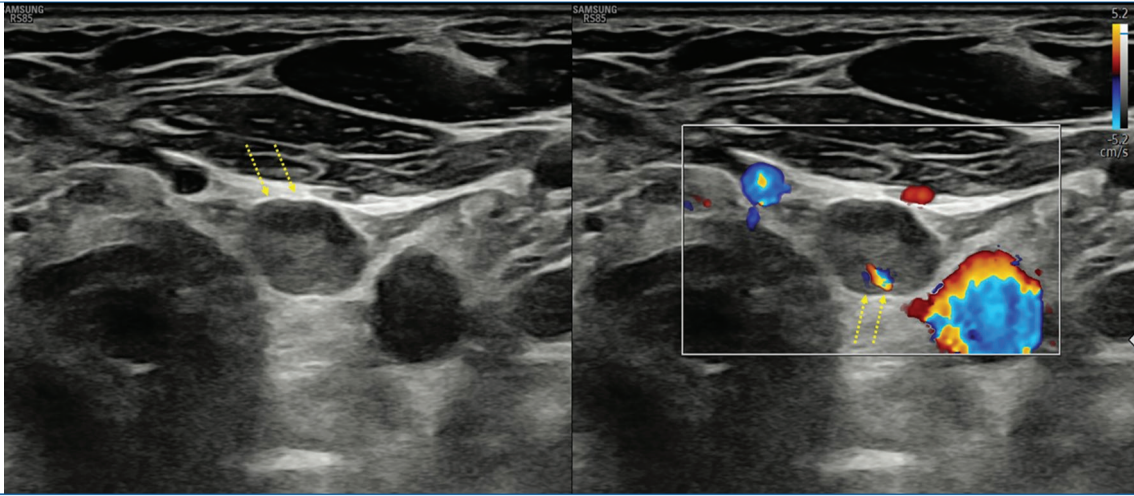
^{99m}Tc-sestamibi incelemesinde, paratiroid adenomları artmış mitokondrial aktivitelere bağlı olarak erken ve yoğun sestamibi tutulumu gösterirler. Bu tutulum tiroid bezindeki benzer tutulum nedeniyle maskelenebilir. Paratiroid

adenomlarının %60'ı tiroid bezinden daha yavaş yıkanma (*washout*) hızları nedeniyle, devamlılık arz eden bir tutulum gösterir ve 2 saatlik geç planar görüntülerde artmış ^{99m}Tc-sestamibi odağı olarak saptanır [48]. Paratiroid adenomlarının ikinci bir çeşidi, tiroid bezine benzer bir şekilde radyonüklidin hızlı yıkandığı bir özellik gösterir; bunları değerlendirmek zordur ancak ilk alınan planar görüntülerde tiroid konturunda fokal bir taşma olarak saptanabilir. Buna ilaveten bazı adenomlar erken faz görüntülerde tiroid bezinden daha yoğun bir tutulum göstermeleri ile saptanabilirler. Sestamibi incelemelerini raporlarken tüm fokal anormalliklerden bahsedilmesi ve tiroid bezinin anatomik görüntülenmesi ile

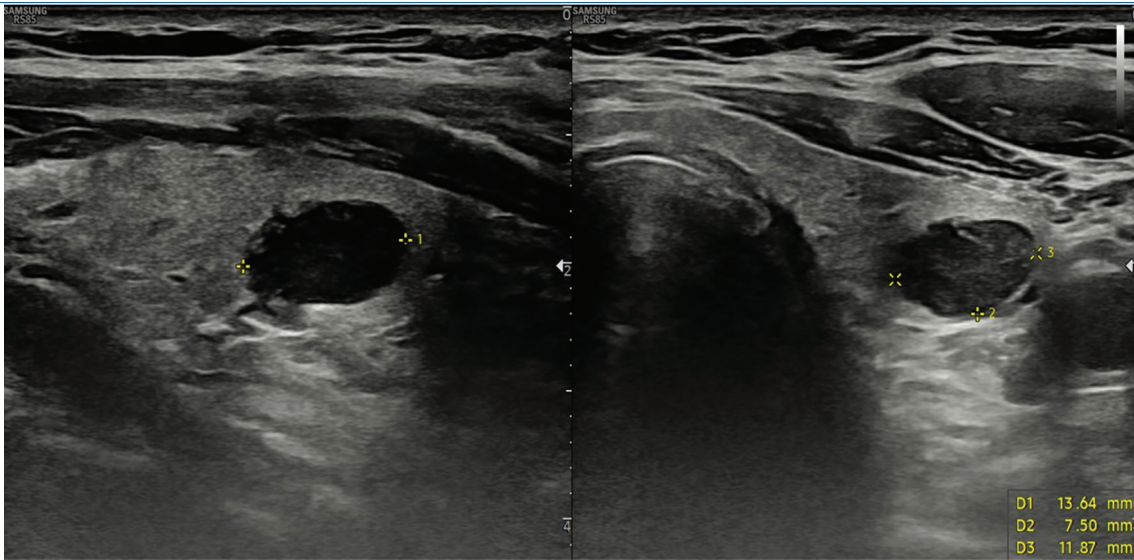
karşılığının bakılması önemlidir. SPECT görüntüler ilk planar görüntülerin sonrasında ya da 2 saatlik bir geç dönemde yapılabilir ve üç boyutlu görüntülere bağlı olarak paratiroid adenom saptanma duyarlılığını artırır. Sintigrafinin SPECT ile tanısall performansı, genellikle US ile karşılaştırılabilir düzeydedir ve mediastinal adenomların saptanması gibi ilave bir katkıları da bulunmaktadır. Bir meta-analizde duyarlılığın %57 ile %100 arasında değiştiği ve toplu duyarlılığın %84 olarak bulunmuştur [33]. Başka bir meta-analizde planar, SPECT ve SPECT-BT ile ^{99m}Tc-sestamibi'nin paratiroid adenomlarını saptamasında toplu duyarlılık değerleri sırasıyla %63, %66 ve %84 ile pozitif kestirim değerleri %90, %82 ve %95 olarak bulunmuştur [49]. Sintigrafinin US ile birlikte kullanılmasının,

paratiroid adenomlarının tanısında doğruluğu artırıcı bir değere sahip olduğu bulunmuştur [34].

Paratiroid sintigrafisindeki potansiyel yalancı pozitif durumlar, paratiroid adenomlarındaki tipik ^{99m}Tc-sestamibi ve ^{99m}Tc-tetrofosmin tutulumlarına benzer bir desen gösteren tiroid karsinom veya tiroid adenomlardır [16, 41-43]. Paratiroid adenomları ile olan olguların %30'unda beraberinde tiroid nodülleri de bulunur [44]. Radyonüklid maddenin boynun lateral tarafında ektopik olarak lokalize edilmesi, metastatik tiroid kanser olasılığını akla getirmelidir. Diğer paratiroid taklitçileri ise submandibuler bezlerdeki asimetrik fizyolojik aktivite, lenfadenopati, sarkoidoz veya Graves hastalığıdır [16, 42].



Resim 13.2. Aynı hastada tiroid sol lob kaudalinde paratrakeal alanda ikili ekran görüntüde ovoid-yuvarlak görünümlü hipoeoik nodüler yapı izlenmekte, renkli Doppler incelemesinde santral kanlanması lenf nodu olduğunu düşündürmektedir.



Resim 14. İntratiroidal paratiroid adenomu.

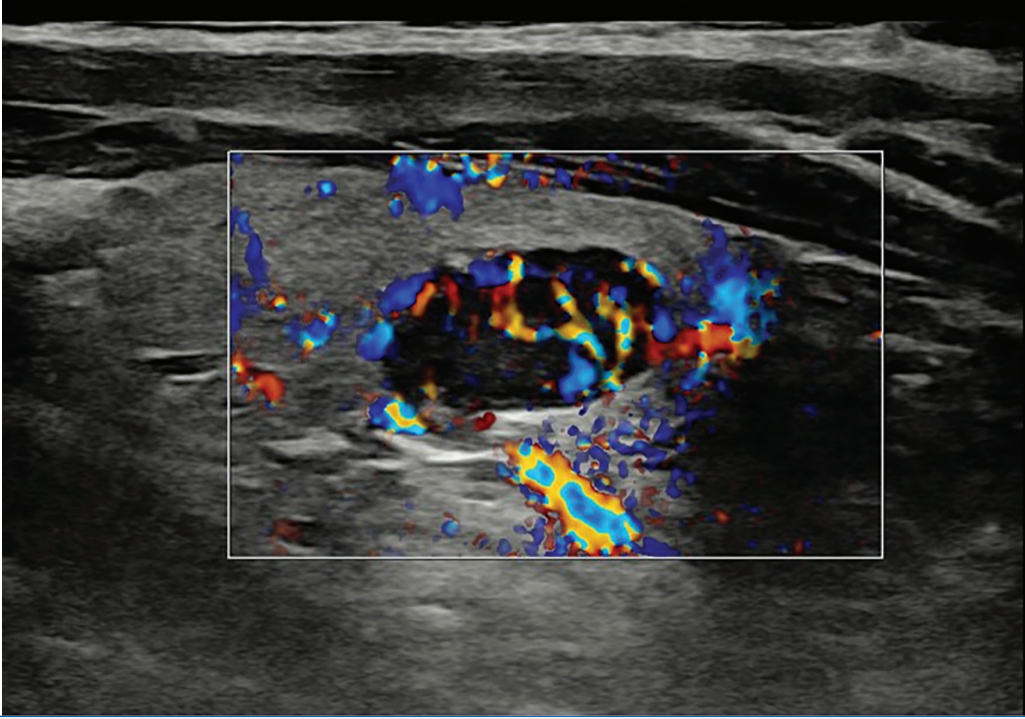
Resim 14.1. Primer hiperparatiroidili hastada; sol tiroid lobu ikili ekran görüntüsünde longitudinal ve transvers planda sefalokaudal yönde uzanımlı, düzgün sınırlı ovoid şekilli hipoeoik solid nodül izlenmekte.

Paratiroid adenomları tiroid bezleri gibi hızlı yıkanma gösterdikleri zaman yalancı negatif sonuçlar görülür.

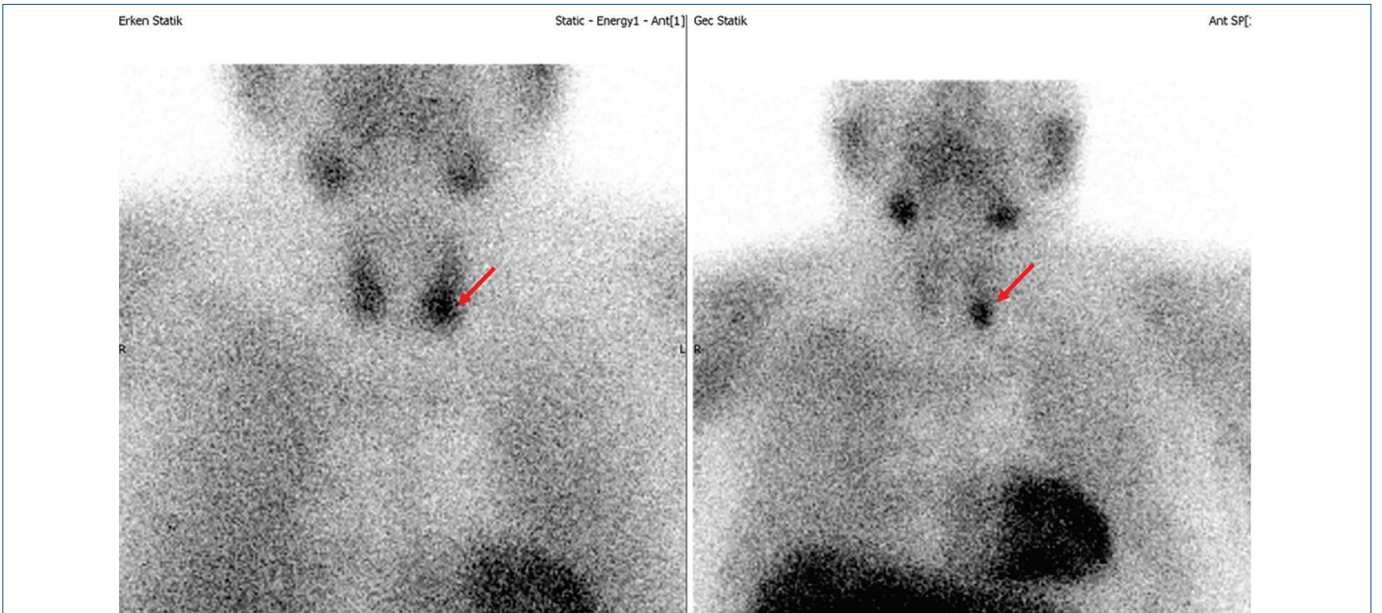
Bir çalışmada [^{99m}Tc] sestamibi SPECT-BT'nin soliter adenomların %90'ını, çifte-adenomların %73'ünü ve hiperplazik bezlerin %45'ini doğrulukla saptadığı bulunmuştur [50, 51].

4 BOYUTLU BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

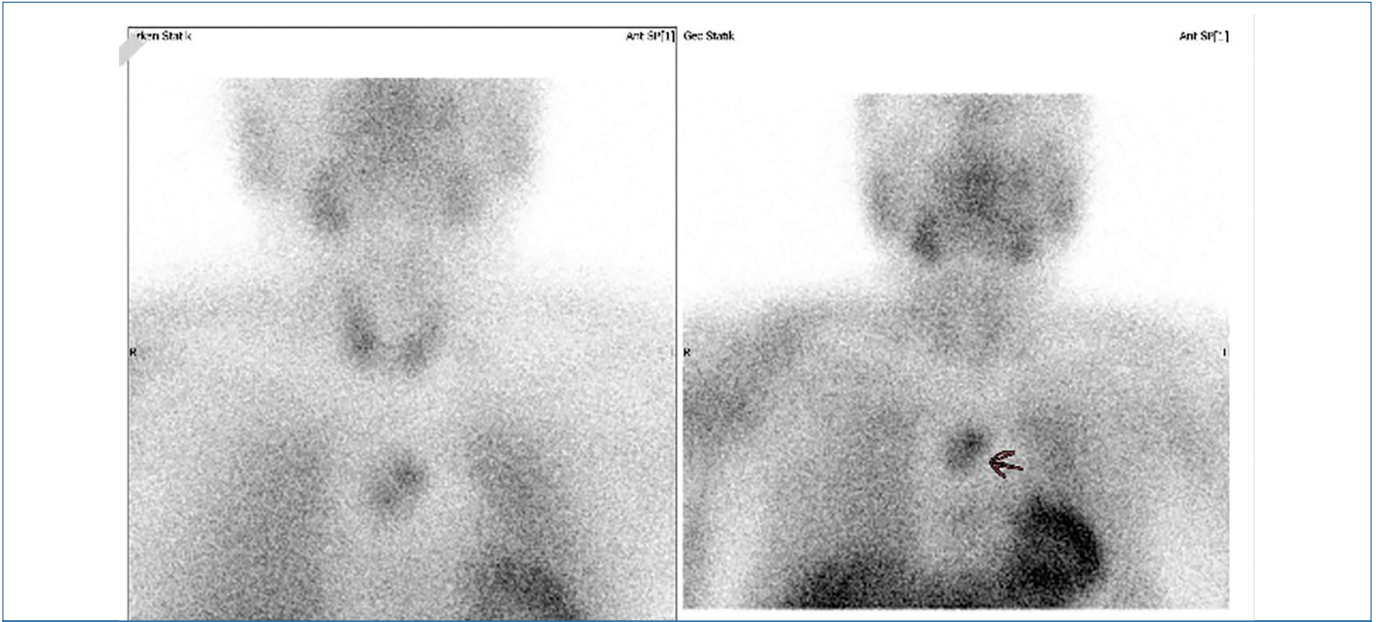
Multifaz paratiroid BT ya da 4DBT, US ve sintigrafi ile kıyaslandığında operasyon öncesi paratiroid görüntüleme yöntemleri açısından görece yeni bir tekniktir. 4DBT, literatürde ilk olarak 2006 yılında Rodgers ve ark. [52] tarafından



Resim 14.2. Aynı lezyonun power Doppler incelemesinde besleyici damarı ve periferik ağırlıklı mikst tipte hipervaskülaritesi görülmekte.

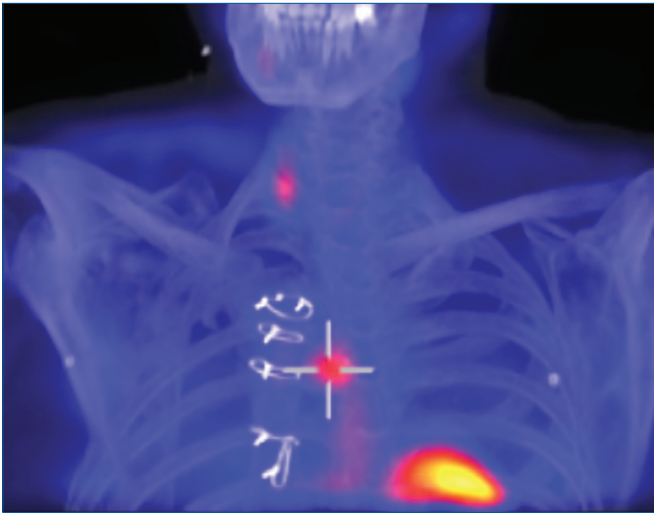


Resim 14.3. Erken ve geç koronal plan planar sintigrafi görüntülerinde, geç dönemde tiroid sol alt lojuna uyan lokalizasyonda *methoxyisobutylisonitrile* retansiyonu izlenmekte.



Resim 15. Mediastinal Paratiroid Adenomu.

Resim 15.1. Erken ve geç dönem planar sintigrafi görüntülerinde mediasten yerleşimli *methoxyisobutylisonitrile* retansiyonu ektopik paratiroid lezyonunu göstermektedir.

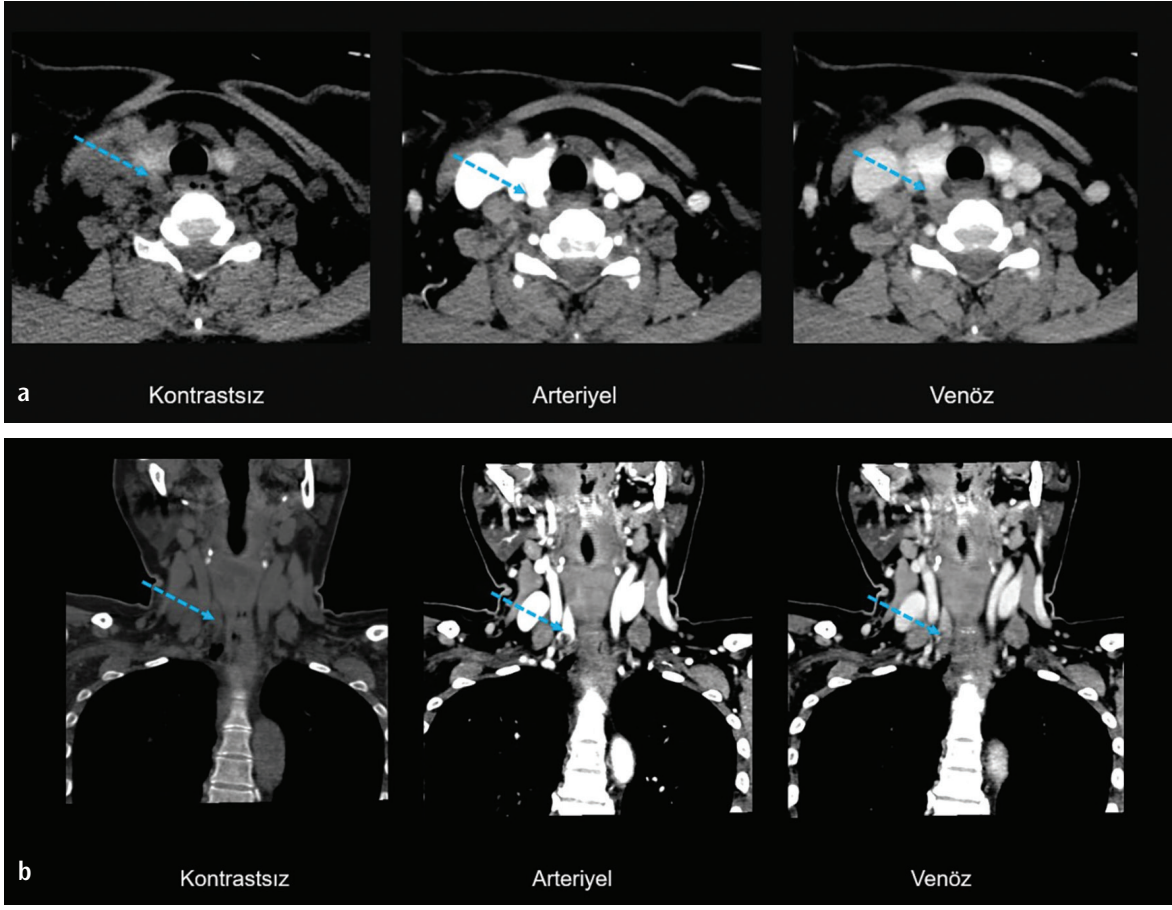


Resim 15.2. Aynı hastanın tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi görüntüsü.

tanımlanmış ve o zamandan beri yaygın olarak çalışılmıştır. 4DBT ismi, görüntüleme fazlarının sayısından (tipik olarak 3) ve zamanla değişiminden (dördüncü boyut) kaynaklanır. Sintigrafide olduğu gibi 4DBT protokolleri, uygulanan kurumlara göre değişebilir. Paratiroid BT incelemeleri yapılan birimlerin yarısında 3-faz protokolü uygulanırken geri kalanında 2 ya da 4 faz yapılmaktadır [14]. **3 fazlı protokolün ilk fazı olan kontrastsız fazın amacı, düşük atenüasyonlu paratiroid dokusunun, yüksek atenüasyonlu tiroid dokusundan ayrımının yapılabilmesidir.** 4 mL/s hızda intravenöz kontrast

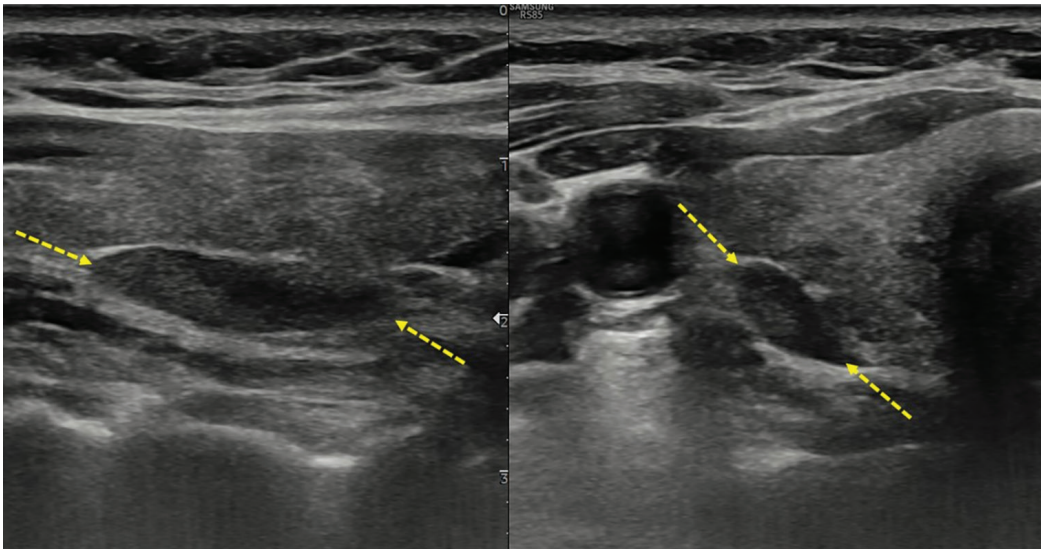
verilerek ve kontrast veriliminden sonraki 25 ve 80 saniyelerde arteriyel ve venöz fazların çekimi gerçekleştirilir. Arteriyel ve venöz fazlarda angulus mandibuladan karınaya kadar boyun ve toraksdaki potansiyel ektopik paratiroid yerleşimlerini içerecek şekilde görüntüleme yapılır [53]. **Klasik bir paratiroid adenomu kontrastsız seride tiroide göre hipoatenüasyonda, arteriyel fazda hiperatenüasyon ve venöz fazda tiroide göre hipoatenüasyon göstermektedir.** Klasik kontrastlanma deseni pHPT'li olguların %20'nde görülmektedir ve bu lezyon boyutu ile ilişkili olabilir. Büyük ($>1 \text{ cm}^3$) lezyonlar, daha küçük olan lezyonlara ($<1 \text{ cm}^3$) göre daha fazla olarak bu kontrastlanma desenini gösterme eğilimindedir [54]. Paratiroid adenomlarının çoğu (%57) arteriyel fazda tiroide göre daha fazla kontrastlanma göstermeyip venöz fazda yıkanma gösterirler (Resim 16). Paratiroid adenomların %22'si ise sadece kontrastsız fazda tiroide göre daha düşük atenüasyonda olup arteriyel fazda daha fazla boyanma ve venöz fazda yıkanma göstermezler. Kistik değişiklikler ve lezyon içi kanamalar, atipik kontrastlanmaya neden olabilir. Tiroid dokusu ve lenf nodları, 90 saniyeye kadar progresif kontrastlanma gösterirler [55]. Paratiroid lezyonun uç bölgelerinde polar damarlar veya hipertrofik inferior tiroid arter ile birliktelik gösteren belirgin arter ya da drene eden ven varlığı, paratiroid adenomuna yönlendirir ve olguların üçte ikisinde görülmektedir (Resim 17) [56].

Nükleer sintigrafik incelemelerde olduğu gibi 4DBT'nin bir avantajı ektopik paratiroid lezyonların boyun ve mediasteni içine alacak şekilde olası tüm yerleşimlerinin tek bir görüntüleme ile değerlendirilebildiği bir yöntemdir (Resim 18, 19, Video 8.1, 8.2, 9).

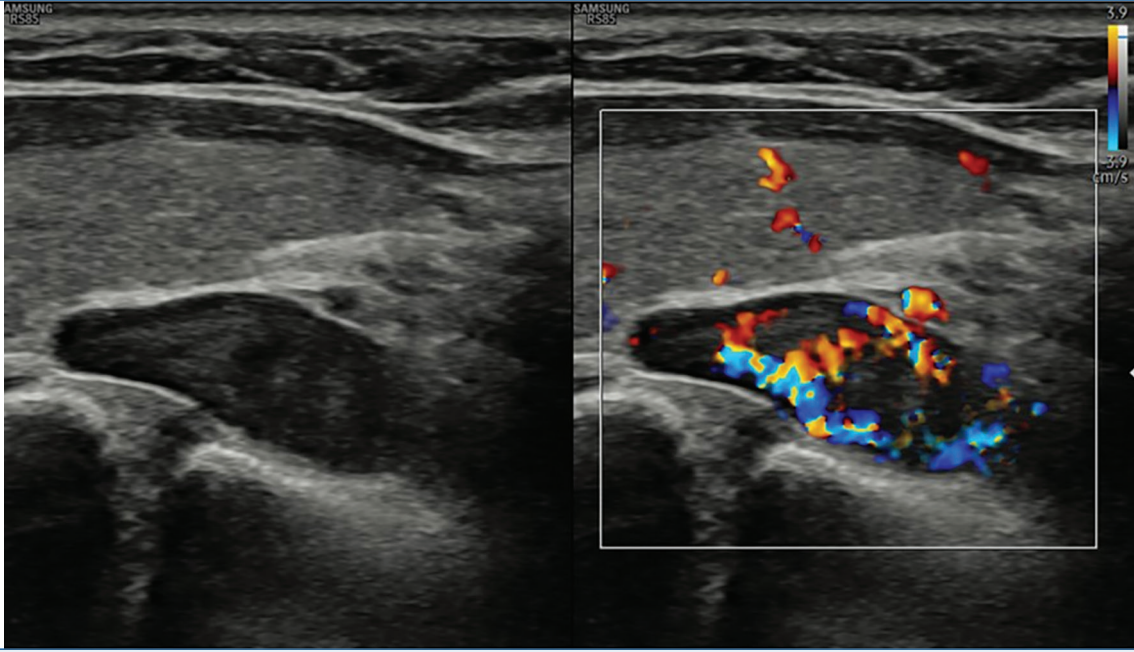


Resim 16. Dört boyutlu bilgisayarlı tomografide paratiroid adenom kontrastlanma paterni.

Resim 16.1A ve 16.1B: Kontrastsız, arteriyel ve venöz fazlarda aksiyel ve koronal dört boyutlu bilgisayarlı tomografi görüntülerinde sağ trakeaözofageal oluk yerleşimli kontrastsız fazda tiroide göre düşük atenuasyon gösteren arter fazında tiroid beziyle aynı dansitede kontrast tutan ve ven fazında yıkanma gösteren paratiroid lezyonu.

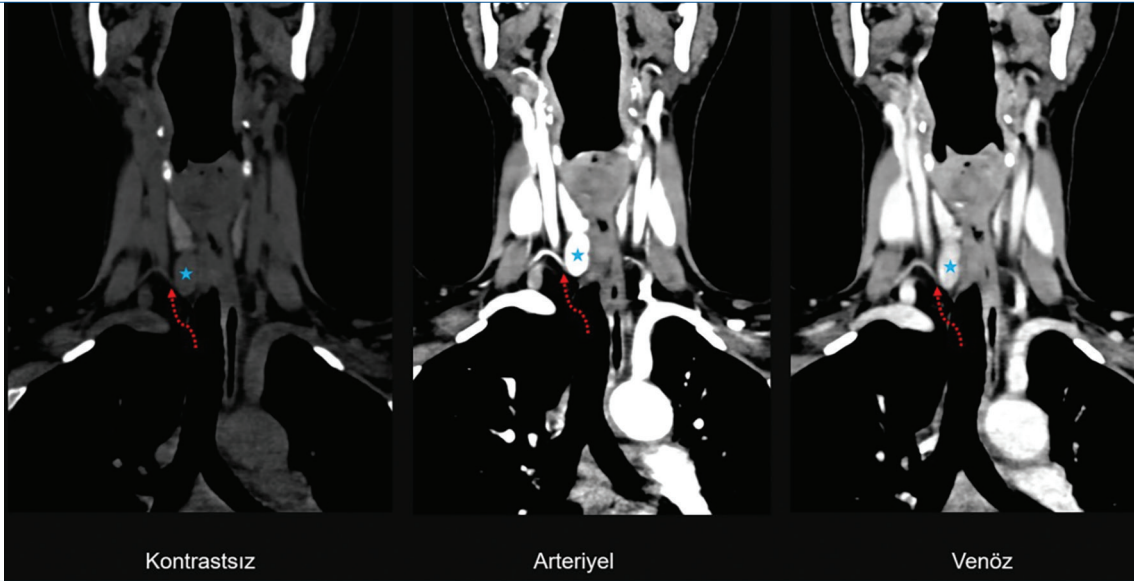


Resim 16.2. Aynı hastanın longitudinal ve transvers planda B-mod ikinci bakı ultrason görüntüsünde ovoid şekilli paratiroid lezyonu.



Resim 17. Dört boyutlu bilgisayarlı tomografi Polar damar işareti.

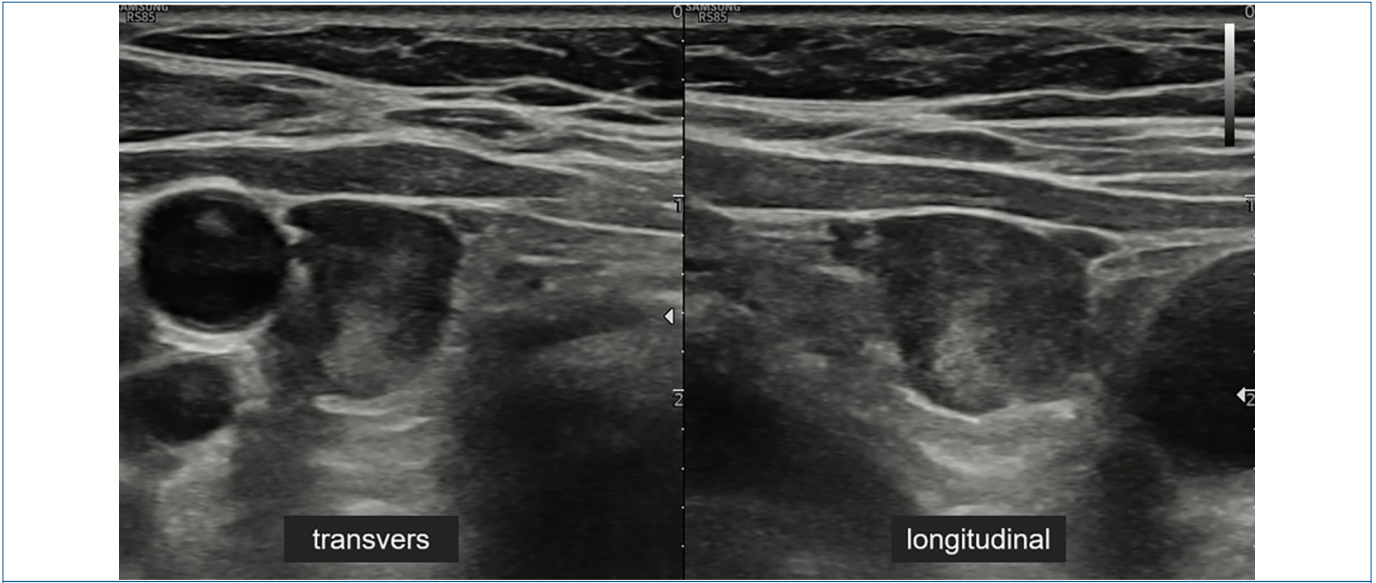
Resim 17.1. İkil ekran B-mod inceleme ve renkli Doppler incelemesinde paratiroid lezyonu izlenmekte.



Resim 17.2. Koronal dört boyutlu bilgisayarlı tomografi incelemesi kontrastsız, arteriyel ve venöz fazlar: Sağ lob inferior pol kaudalinde paratiroid lezyon (mavi yıldız) ve eşlik eden inferior tiroid arter kaynaklı polar arteri (kesikli kırmızı ok).

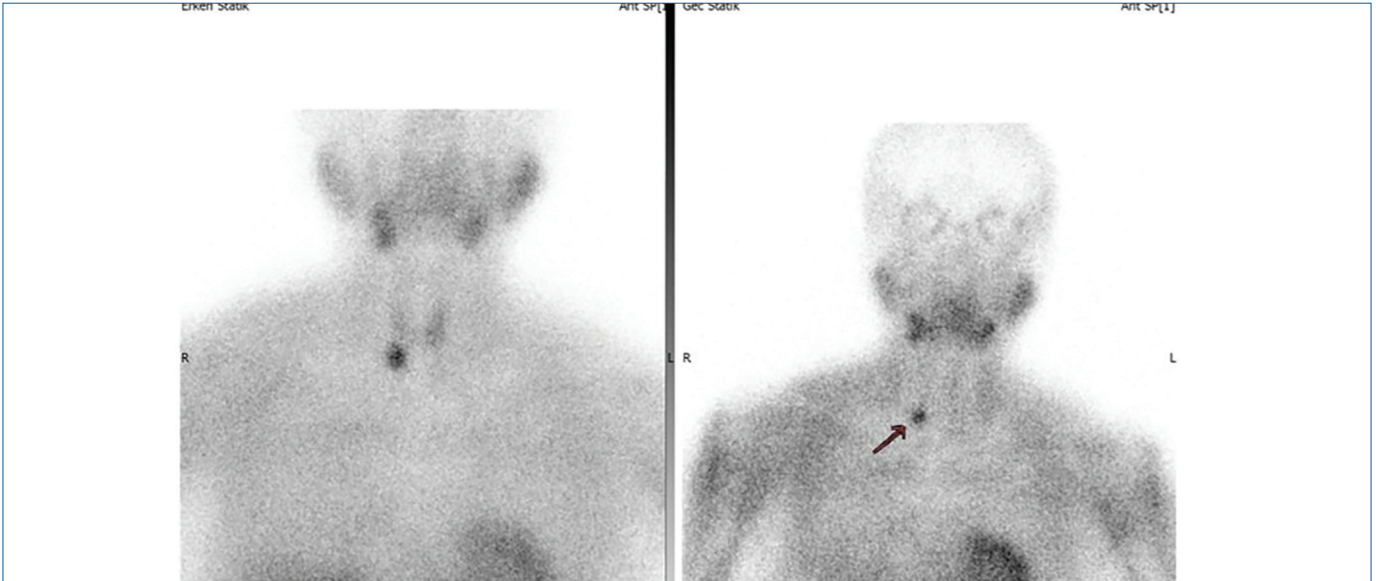
Primer hiperparatiroidili hastaların %10-%30'da multiglandüler hastalık görülür ve bu durumdan 4DBT'de ya multipl aday lezyonların saptandığı hallerde ya da hiç aday lezyon saptanmadığında şüphelenilir. Bir çalışmada multiglandüler hastalık olasılığını öngörmek için 4DBT ve klinik parametrelerin beraber kullanıldığı bir skrolama sistemi geliştirilmiştir [57]. Genel olarak multiglandüler hastalık lezyonları (ortalama boyut 7.5 mm), tek bez lezyonuna göre (ortalama 11.3 mm) daha

küçüktür ve multiglandüler hastalık 7 mm'den küçük multipl lezyonların olması ya da hiç aday lezyon olmaması durumunda düşünülmelidir [58]. 4DBT'deki ana endişe radyasyona maruz kalmaktır bu nedenle US ve sintigrafinin lokalize edemediği, sonuçlarının birbirleri ile uyummadığı veya boyun eksplorasyonu sonrası persistan ya da *rekürren* hiperparatiroidi olan hastalar daha uygundur [59, 60]. 4DBT'nin multiglandüler hastalığı tanımadaki duyarlılığı daha yüksektir [60].



Resim 18. Alt servikal bölgede ektopik paratiroid lezyonu.

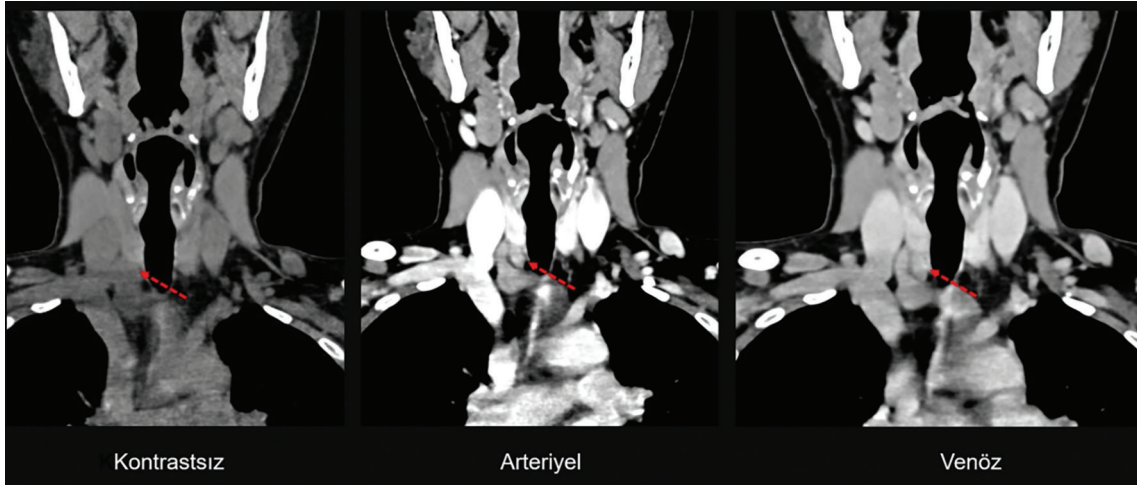
Resim 18.1. Alt servikal bölgenin transvers ve longitudinal plan görüntülemesinde ana karotis arter medialinde yuvarlak şekilli dual eko içeren ektopik yerleşimli paratiroid lezyonu.



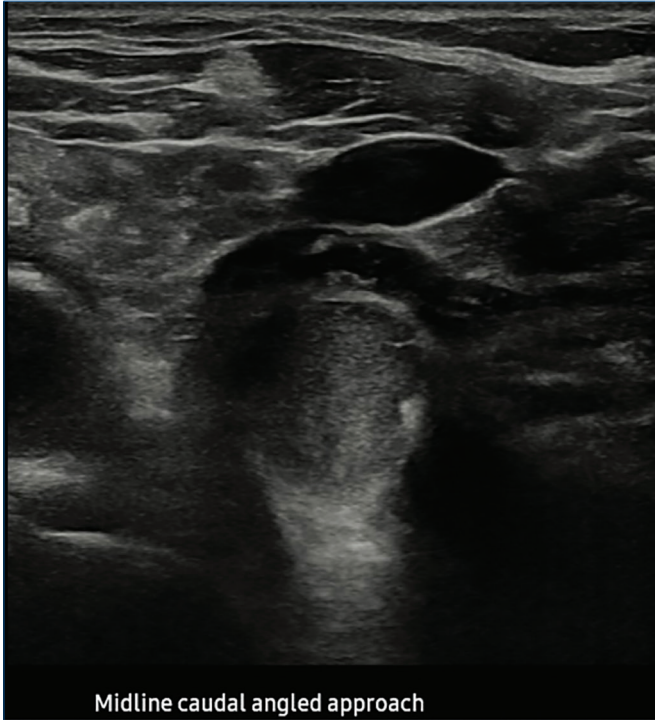
Resim 18.2. Aynı hastanın korelatif planar sintigrafi görüntüsünde geç dönemde alt servikal alanda artmış *methoxyisobutylisonitrile* retansiyonu izlenmekte.

Otuz dört çalışmayı içeren ve toplam 2563 primer hiperparatiroidili hastanın 4DBT ile değerlendirildiği meta-analizde paratiroid lezyonun doğru kadrana lokalizasyonu için toplu duyarlılık %73 iken paratiroid lezyonun doğru tarafa lateralizasyonunda bu oran %81'e çıkmaktadır. Bu meta-analizde ayrıca iki kontrast fazlı protokolün, radyasyona maruz kalma sınırlılığı ile kabul edilebilir bir tanı performansı arasında iyi bir denge kurduğu sonucu ortaya çıkmaktadır [61].

Dört boyutlu bilgisayarlı tomografi en önemli sınırlaması olan radyasyon maruziyeti için 3 faz protokolünün uygulandığı standart bir inceleme, sintigrafidekinin iki katından daha fazla olan 28 mSv'lik bir etkin dozla sonuçlanmaktadır [62]. Dual enerji BT incelemeleri gibi doz azaltıcı tekniklerin bu endişeleri giderme potansiyelleri olduğu görülmektedir. Yakın zamandaki bir çalışmada konvansiyonel 4DBT ile kıyaslandığında dual-enerji BT incelemede dozun %50 oranında azaldığı ve 4DBT ile benzer duyarlılık değerine ulaştığı bildirilmiştir [63].



Resim 18.3. Dört boyutlu bilgisayarlı tomografide ektopik yerleşimli paratiroid lezyonu (kırmızı çizgili oklar).



Resim 19. Anterior superior mediasten yerleşimli ektopik paratiroid lezyonu.

19.1. Suprasternal fossadan orta hat kaudal yaklaşımla semi-koronal planda B-mod ultrasonografi görüntüde yuvarlak şekilli hipoekoik solid lezyon izlenmekte.

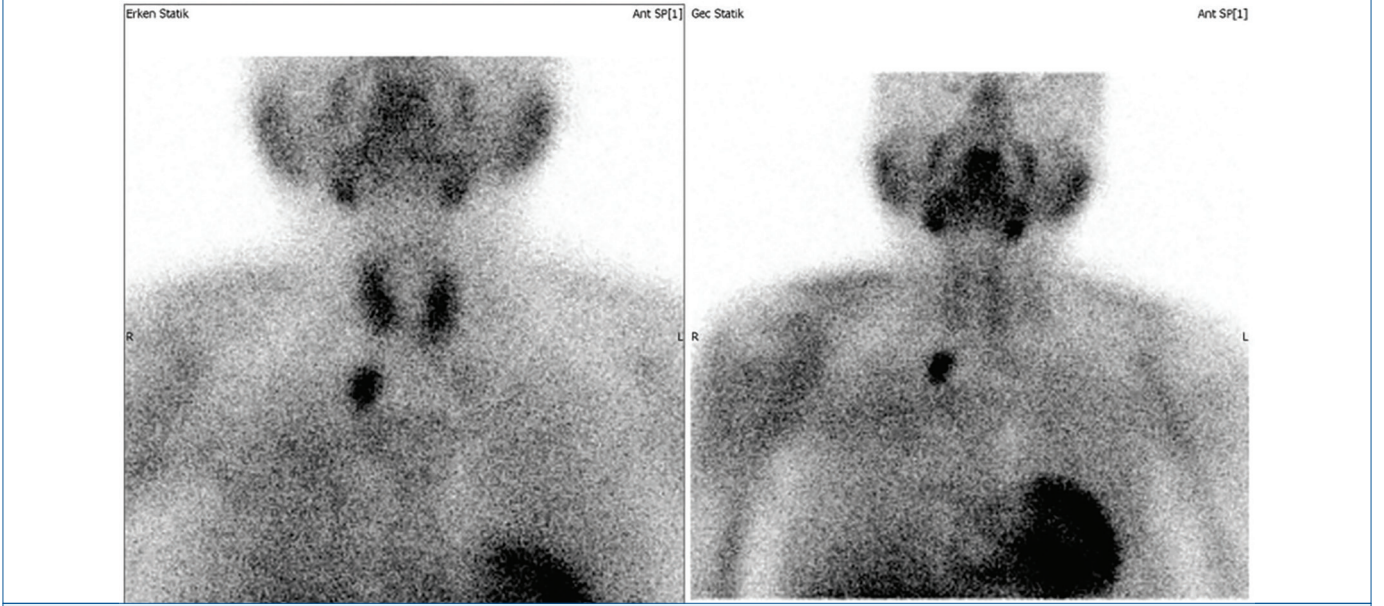
MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

Manyetik rezonans sıklıkla ilk basamak lokalizasyon yöntemi olarak kullanılmaz. Daha sıklıkla *rekürren* ve *rezidüel* hastalığı olanlarda problem çözme amaçlı kullanılır. 4DBT ve sintigrafiye göre iyonizan radyasyon içermemesi MR'ı daha güvenli kılar ancak çekim zamanının uzun olması ve her zaman kolay

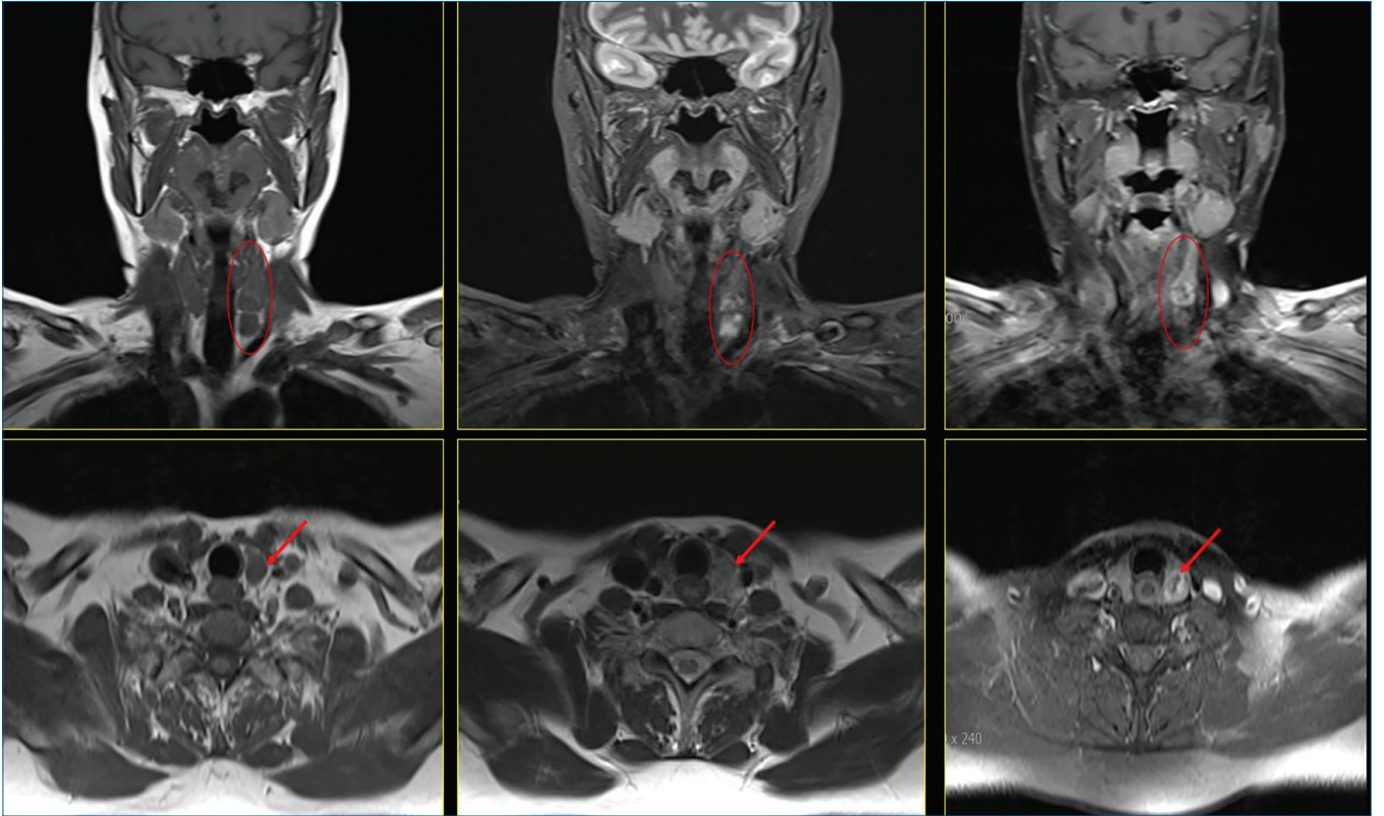
ulaşılabilir olmaması dezavantajıdır. Tarihsel olarak MR görüntüleme, daha düşük uzaysal çözünürlüğü ve yutkunmaya bağlı olası hareket artefaktları nedeniyle paratiroid adenom değerlendirmesinde suboptimal olarak görülmüştür. Paratiroid lezyon saptanmasında MR görüntülemenin literatürde bildirilen duyarlılığı %43 ila %94 arasında değişmektedir [12, 64-66].

Manyetik rezonans teknolojisindeki son gelişmeler ve 3T magnetlerin gittikçe daha fazla kullanımı sinyal-gürültü ve kontrast-gürültü oranlarını iyileştirerek duyarlılığı da artırmıştır [67]. **Konvansiyonel MR görüntülemede, paratiroid adenomları kraniokaudal aksta uzamış morfolojide, T2-ağırlıklı görüntülemede yüksek sinyal intensitede, T1-ağırlıklı görüntülemede ise ara-düşük sinyal intensitesinde olup ve yoğun kontrast tutulumu gösterirler [68].** Lezyonların bir kısmı da lezyon içi kanama, kolesterol yarıkları veya fibrozisi yansıtan ve lenf nodlarından ayrılma durumunu sağlayan T2-ağırlıklı seride “mermer benzeri” bir görünüm verirler (Resim 20).

Dinamik kontrast görüntüleme ve paralel görüntülemedeki gelişmeler, geleneksel kontrastlı görüntülemedeki bazı sınırlamalara çözümler sunmaktadır. Bu tekniklerin kullanılmasıyla paratiroid lezyonlarının çoğunda hızlı kontrastlanma ile tepeye ulaşma ve sonrasında yıkanma özellikleri gözlenmektedir [69]. Dinamik 4DMR uygulamada kontrast verilmesi sonrası inceleme devamlılık göstermesiyle kontrast zaman eğrilerinin oluşturulmasına ve tepe kontrastlanma zamanı, boyanma (*washin*) ve yıkanma (*washout*) gibi niceliksel parametrelerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Konsantrasyon zaman eğrisinde tepeye ulaşma zamanı, kontrast maddenin maksimum konsantrasyona ulaşması için gereken zamanı göstermektedir. Boyanma ve yıkanma, konsantrasyon zaman eğrisindeki sırasıyla başlangıçtaki yukarı ve sonrasındaki aşağı doğru eğimini ifade etmektedir.



19.2. Erken ve geç dönem sintigrafi görüntülerinde geç dönemde *methoxyisobutylisonitrile* retansiyonu mevcut.



Resim 20. Paratiroid lezyonunun manyetik rezonans görüntülemesi.

Üst sıra koronal manyetik rezonans görüntüler (a,b,c): T1, yağ baskılı T2, yağ baskılı kontrastlı T1 sekanslar. Alt sıra aksiyel manyetik rezonans görüntüler (d,e,f): T1, T2, kontrastlı T1 sekanslar; tiroid bezi inferiorunda T1 sekanslarda kasa göre izointens, T2 ağırlıklı sekanslarda hafif hiperintens ve kontrastlı serilerde periferik ağırlıklı heterojen kontrast tutulumu gösteren paratiroid lezyonu. (kırmızı işaretli).

Nael ve ark. [70] çalışmalarında, paratiroid adenomların boyun lenf nodları ile karşılaştırıldığında tepeye ulaşma zamanının daha hızlı olduğunu, boyanma ve yıkanmalarının daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Paratiroid adenomlarının tiroid dokusu ile karşılaştırıldığında ise yukarıdaki parametrelere ek olarak tepe konsantrasyon sinyal intensitesinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada tepeye ulaşma zamanı, boyanma ve yıkanma parametreleri kombine kullanıldığında paratiroid adenomlarının lenf nodları ve tiroid dokusundan ayırt edilmesinde %96 tanısal doğruluk bildirilmiştir [70]. Bu tekniğin kullanılmasıyla aynı grup, tek-bez hastalığında taraf ve kadran için sırasıyla %100 ve %92 ile multiglandüler hastalıkta taraf ve kadran için %74 ve %77 duyarlılık oranları bulmuşlardır [71]. Bu başarı yazarlarca yüksek-zamansal çözünürlüklü kontrastlı görüntüleme ve yağ baskılama için Dixon tekniğinin kullanılması ile açıklanmıştır. Henüz yaygın olarak kullanılmamakla beraber dinamik 4DMR paratiroid görüntüleme için umut verici yeni bir gelişme olarak gözükmemektedir.

KOLİN POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİ/ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

Kolin PET radyonüklidler, paratiroid adenom saptanmasında kullanışlı yöntemler olarak ortaya çıkmıştır. ¹⁸F-florokolin ¹¹C-kolin'e göre yarılanma ömrünün daha uzun olması ve düşük pozitron enerjisi nedeniyle daha fazla kullanılmaktadır. Görüntü alınması ¹⁸F-florokolin enjeksiyonundan 40 ila 60 dakika sonra hasta supin pozisyonunda iken olur. Hafif-orta derece tutulum olan tiroid bezine göre paratiroid lezyonları daha fazla kolin tutar [72]. On dört kolin PET çalışmasını içeren bir meta-analizde yüksek duyarlılık oranı (%95) bildirilmiştir [73]. 16 çalışmayı içeren ¹⁸F-florokolin PET/BT'nin kullanıldığı bir sistematik derlemede, duyarlılık oranının %80 ila %100 arasında değiştiği gösterilmiştir [74]. Son çalışmada ¹⁸F-florokolin PET/BT'nin, ilk basamak incelemelerin negatif ya da tutarsız sonuç vermiş olduğu hiperplazi veya multipl adenom tanısında ilk-basamak görüntüleme olarak karşılaştırıldığında daha başarılı olduğu ortaya konmuştur [74-76].

Bununla beraber kolin PET'in; maliyetli olması, her yerde ulaşılabilir olmaması, standardize edilmiş bir protokolün olmaması ve kolin radyonüklidlerin özgülüğünün düşük olması ile birtakım sınırlamaları bulunmaktadır.

PERKÜTAN BİYOPSİ

Ultrasonografi bulgularının kuşku veya diğer görüntüleme yöntemleri ile bulguların uyumluluğunun tutarsız olduğu olgularda, kuşku lezyonun US eşliğinde ince iğne aspirasyon biyopsisi ile gönderilen aspiratın PTH ölçümü yapılabilir. **Paratiroid bez aspiratında PTH konsantrasyonu, serum konsantrasyonundan defalarca kat yüksek çıkacaktır. Aspiratta yüksek oranda PTH olması, lezyonun paratiroid kökenli olduğunu ve tiroid nodülü, lenf nodu, kahverengi yağ ya**

da paratiroid ile karşılabilecek herhangi bir başka doku olmadığı konusunda özgül bir kanıttır [77, 78]. Teorik olarak iğne hattı üzerinde anormal paratiroid dokusunun ekilmesi ile oluşabilecek paratiromatozis, bir komplikasyon olarak görülmemektedir. Paratiroid İİAB'si yapılan 81 hastalık bir çalışmada, ortalama 5 yıllık bir takip sürecinde paratiromatozise rastlanmamıştır [79].

VEN ÖRNEKLEMESİ

Rekürren veya *persisten* hiperparatiroidisi olan ve anormal paratiroid dokusunun ilave görüntüleme yöntemleri ile saptanamadığı hastalarda, ven örneklemesi lokalizasyon için etkili ilave bir yöntem olduğu gösterilmiştir [80, 81]. Bu yöntemdeki prensip, boyun ve mediastendeki multipl venlerden kan örnekleri toplanmasıdır. Anormal paratiroid bezine en yakın venden kaynaklanan bir gradyan görülecek ve böyle bir gradyan tekrar ameliyat edilecek bölgeye odaklanmayı sağlayacaktır.

Paratiroid ven örneklemesinin duyarlılığı, çalışmalara alınan hasta popülasyonunun heterojen olması ve metodolojiye bağlı olarak %71 ila %90 arasında değişmektedir [82]. *Pesistent* veya *rekürren* hiperparatiroidili hastalarda ven örneklemesinin duyarlılığı ^{99m}Tc-sestamibi SPECT'e göre (sırasıyla %75 ve %30) anlamlı yüksek bulunmuştur [83].

Ven örneklemeni en önemli dezavantajı invaziv olmasıdır. Kanama, enfeksiyon, arteriyovenöz fistül ve psödoanevrizma nadir görülebilen, ancak olası komplikasyonlardır [84]. Radyasyona maruziyet 1.26 mSv ila 5.3 mSv arasında değişmekte olup 4DBT'nin yarısı kadardır. Görece yüksek maliyet ve tecrübeli bir radyologa ihtiyaç duyulması da diğer dezavantajlardır [85].

SONUÇ

Paratiroid hastalıklarında görüntülemede açık arayla en sık endikasyon primer hiperparatiroididir. Paratiroid görüntülemesinin asıl amacı; anormal olan paratiroid bezinin yerinin tespit edilmesiyle cerraha minimal invaziv rezeksiyon imkanını sağlayabilmektir. Birçok birimde paratiroid lezyonlarını lokalize etmede tercih edilen görüntüleme yaklaşımı, US ile nükleer sintigrafi kombinasyonunun uygulanmasıdır. Bu yöntemler ile paratiroid lezyonlarının lokalize edilememesi ya da birbirleri ile tutarsız sonuçlar, 4DBT, MR görüntüleme veya kolin PET gibi diğer yöntemlerin kullanılmasını gerektirebilir. Her görüntüleme yönteminin sınırlılıklarının bilinmesi, özellikle multiglandüler hastalık, anatomik varyasyonlar ve daha önce opere edilen olgularda tanısal yaklaşım oluşturulmasını sağlayabilir. Normal paratiroid anatomisinin yanında ektopik paratiroid yerleşimleri için olası yerlerinin bilinmesi, teknikten bağımsız olarak paratiroid adenom ya da paratiroid hiperplazi için başarılı operasyon öncesi görüntüleme başarılı bir değerlendirmeye yardım edebilir.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Kaynaklar

- Johnson NA, Carty SE, Tublin ME. Parathyroid imaging. *Radiol Clin N Am*. 2011; 49: 503-23. [CrossRef]
- Braunwald E. Harrison's principles of internal medicine. 15th edition. New York: McGraw-Hill; 2001. [CrossRef]
- Herfarth KK, Wells SA Jr. Parathyroid glands and the multiple endocrine neoplasia syndromes and familial hypocalciuric hypercalcemia. *Semin Surg Oncol*. 1997; 13: 114-24. [CrossRef]
- Mallette LE. Management of hyperparathyroidism in the multiple endocrine neoplasia syndromes and other familial endocrinopathies. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 1994; 23: 19-36. [CrossRef]
- Barracough BM, Barracough BH. Ultrasound of the thyroid and parathyroid glands. *World J Surg*. 2000; 24: 158-65. [CrossRef]
- Meistrup JW. Ultrasound examination of the parathyroid glands. *Otolaryngol Clin North Am*. 2004; 37: 763-78, ix. [CrossRef]
- Lew JI, Solorzano CC. Surgical management of primary hyperparathyroidism: state of the art. *Surg Clin North Am*. 2009; 89: 1205-25. [CrossRef]
- van Heerden JA, Grant CS. Surgical treatment of primary hyperparathyroidism: an institutional perspective. *World J Surg*. 1991; 15: 688-92. [CrossRef]
- Udelsman R, Lin Z, Donovan P. The superiority of minimally invasive parathyroidectomy based on 1650 consecutive patients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg*. 2011; 253: 585-91. [CrossRef]
- Bunch PM, Kelly HR. Preoperative imaging techniques in primary hyperparathyroidism: a review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018; 144: 929-37. [CrossRef]
- Moffett JM, Suliburk J. Parathyroid autotransplantation. *Endocr Pract*. 2011; 17: 83-9. [CrossRef]
- Wilhelm SM, Wang TS, Ruan DT, Lee JA, Asa SL, Duh QY, et al. The American Association of Endocrine surgeons guidelines for definitive management of primary hyperparathyroidism. *JAMA Surg*. 2016; 151: 959-68. [CrossRef]
- Itani M, Middleton WD. Parathyroid imaging. *Radiol Clin North Am*. 2020; 58: 1071-83. [CrossRef]
- Hoang JK, Williams K, Gaillard F, Dixon A, Sosa JA. Parathyroid 4D-CT: multi-institutional international survey of use and trends. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016; 155: 956-60. [CrossRef]
- Naik M, Khan SR, Owusu D, Alsafi A, Palazzo F, Jackson JE, et al. Contemporary multimodality imaging of primary hyperparathyroidism. *Radiographics*. 2022; 42: 841-60. [CrossRef]
- Kuzminski SJ, Sosa JA, Hoang JK. Update in parathyroid imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2018; 26: 151-66. [CrossRef]
- Lee JH, Anzai Y. Imaging of thyroid and parathyroid glands. *Semin Roentgenol*. 2013; 48: 87-104. [CrossRef]
- Strauss SB, Roytman M, Phillips CD. Parathyroid imaging: four-dimensional computed tomography, sestamibi, and ultrasonography. *Neuroimaging Clin N Am*. 2021; 31: 379-95. [CrossRef]
- Akerström G, Malmaeus J, Bergström R. Surgical anatomy of human parathyroid glands. *Surgery*. 1984; 95: 14-21. [CrossRef]
- Mohebbati A, Shaha AR. Anatomy of thyroid and parathyroid glands and neurovascular relations. *Clin Anat*. 2012; 25: 19-31. [CrossRef]
- Morris MA, Saboury B, Ahlman M, Malayeri AA, Jones EC, Chen CC, et al. Parathyroid imaging: past, present, and future. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022; 12: 760419. [CrossRef]
- Fakhran S, Branstetter BF 4th, Pryma DA. Parathyroid imaging. *Neuroimaging Clin N Am*. 2008; 18: 537-49. [CrossRef]
- Xia C, Zhu Q, Li Z, Hu M, Fang J, Zhong Q, et al. Study of the ultrasound appearance of the normal parathyroid using an intraoperative procedure. *J Ultrasound Med*. 2019; 38: 321-7. [CrossRef]
- Paik W, Lee JC, Noh BJ, Na DG. US features of the parathyroid glands: an intraoperative surgical specimen study. *J Korean Soc Radiol*. 2023; 84: 596-605. [CrossRef]
- Li J, Yang X, Chang X, Ouyang Y, Hu Y, Li M, et al. A retrospective study of ultrasonography in the investigation of primary hyperparathyroidism: a new perspective for ultrasound echogenicity features of parathyroid nodules. *Endocr Pract*. 2021; 27: 1004-10. [CrossRef]
- Johnson NA, Yip L, Tublin ME. Cystic parathyroid adenoma: sonographic features and correlation with 99mTc-sestamibi SPECT findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2010; 195: 1385-90. [CrossRef]
- Wolf RJ, Cronan JJ, Monchik JM. Color Doppler sonography: an adjunctive technique in assessment of parathyroid adenomas. *J Ultrasound Med*. 1994; 13: 303-8. [CrossRef]
- Lane MJ, Desser TS, Weigel RJ, Jeffrey RB Jr. Use of color and power Doppler sonography to identify feeding arteries associated with parathyroid adenomas. *AJR Am J Roentgenol*. 1998; 171: 819-23. [CrossRef]
- Reeder SB, Desser TS, Weigel RJ, Jeffrey RB. Sonography in primary hyperparathyroidism: review with emphasis on scanning technique. *J Ultrasound Med*. 2002; 21: 539-52; quiz 553-4. [CrossRef]
- Ozturk A, Grajo JR, Dhyani M, Anthony BW, Samir AE. Principles of ultrasound elastography. *Abdom Radiol (NY)*. 2018; 43: 773-785. [CrossRef]
- Batur A, Atmaca M, Yavuz A, Ozgokce M, Bora A, Bulut MD, et al. Ultrasound elastography for distinction between parathyroid adenomas and thyroid nodules. *J Ultrasound Med*. 2016; 35: 1277-82. [CrossRef]
- Frank SJ, Goldman-Yassen AE, Koenigsberg T, Libutti SK, Koenigsberg M. Sensitivity of 3-dimensional sonography in preoperative evaluation of parathyroid glands in patients with primary hyperparathyroidism. *J Ultrasound Med*. 2017; 36: 1897-904. [CrossRef]
- Nafisi Moghadam R, Amlshahbaz AP, Namiranian N, Sobhan-Ardekani M, Emami-Meybodi M, Dehghan A, et al. Comparative diagnostic performance of ultrasonography and 99mTc-sestamibi scintigraphy for parathyroid adenoma in primary hyperparathyroidism: systematic review and meta-analysis. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2017; 18: 3195-200. [CrossRef]
- Treglia G, Trimboli P, Huellner M, Giovannella L. Imaging in primary hyperparathyroidism: focus on the evidence-based diagnostic performance of different methods. *Minerva Endocrinol*. 2018; 43: 133-43. [CrossRef]
- Ruda JM, Hollenbeck CS, Stack BC Jr. A systematic review of the diagnosis and treatment of primary hyperparathyroidism from 1995 to 2003. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2005; 132: 359-72. [CrossRef]
- Morita SY, Somervell H, Umbricht CB, Dackiw AP, Zeiger MA. Evaluation for concomitant thyroid nodules and primary hyperparathyroidism in patients undergoing parathyroidectomy or thyroidectomy. *Surgery*. 2008; 144: 862-6; discussion 866-8. [CrossRef]
- Milas M, Mensah A, Alghoul M, Berber E, Stephen A, Siperstein A, et al. The impact of office neck ultrasonography on reducing unnecessary thyroid surgery in patients undergoing parathyroidectomy. *Thyroid*. 2005; 15: 1055-9. [CrossRef]
- Adler JT, Chen H, Schaefer S, Sippel RS. Does routine use of ultrasound result in additional thyroid procedures in patients with primary hyperparathyroidism? *J Am Coll Surg*. 2010; 211: 536-9. [CrossRef]
- Kamaya A, Quon A, Jeffrey RB. Sonography of the abnormal parathyroid gland. *Ultrasound Q*. 2006; 22: 253-62. [CrossRef]

40. Rumack CM, Levine D. In: Rumack CM, Levine D, editors. *Diagnostic Ultrasound*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2024.p.730-52. [\[CrossRef\]](#)
41. Johnson NA, Tublin ME, Ogilvie JB. Parathyroid imaging: technique and role in the preoperative evaluation of primary hyperparathyroidism. *AJR Am J Roentgenol*. 2007; 188: 1706-15. [\[CrossRef\]](#)
42. Smith JR, Oates ME. Radionuclide imaging of the parathyroid glands: patterns, pearls, and pitfalls. *Radiographics*. 2004; 24: 1101-15. [\[CrossRef\]](#)
43. Zafereo M, Yu J, Angelos P, Brumund K, Chuang HH, Goldenberg D, et al. American Head and Neck Society Endocrine Surgery Section update on parathyroid imaging for surgical candidates with primary hyperparathyroidism. *Head Neck*. 2019; 41: 2398-409. [\[CrossRef\]](#)
44. Biersack H-J, Heiden U. Parathyroid imaging. 99mTc-Sestamibi. Berlin (Germany): Springer; 2012. p. 31-63. [\[CrossRef\]](#)
45. Stephen AE, Roth SI, Fardo DW, Finkelstein DM, Randolph GW, Gaz RD, et al. Predictors of an accurate preoperative sestamibi scan for single-gland parathyroid adenomas. *Arch Surg*. 2007; 142: 381-6. [\[CrossRef\]](#)
46. Petranović Ovcariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I, Hindié E, Huellner MW, Luster M, et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021; 48: 2801-22. [\[CrossRef\]](#)
47. Greenspan BS, Dillehay G, Intenzo C, Lavelly WC, O'Doherty M, Palestro CJ, et al. SNM practice guideline for parathyroid scintigraphy 4.0. *J Nucl Med Technol*. 2012; 40: 111-8. [\[CrossRef\]](#)
48. Eslamy HK, Ziessman HA. Parathyroid scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism: 99mTc sestamibi SPECT and SPECT/CT. *Radiographics*. 2008; 28: 1461-76. [\[CrossRef\]](#)
49. Wei WJ, Shen CT, Song HJ, Qiu ZL, Luo QY. Comparison of SPET/CT, SPET and planar imaging using 99mTc-MIBI as independent techniques to support minimally invasive parathyroidectomy in primary hyperparathyroidism: a meta-analysis. *Hell J Nucl Med*. 2015; 18: 127-35. [\[CrossRef\]](#)
50. Civelek AC, Ozalp E, Donovan P, Udelsman R. Prospective evaluation of delayed technetium-99m sestamibi SPECT scintigraphy for preoperative localization of primary hyperparathyroidism. *Surgery*. 2002; 131: 149-57. [\[CrossRef\]](#)
51. Lalonde MN, Correia RD, Syktiotis GP, Schaefer N, Matter M, Prior JO. Parathyroid imaging. *Semin Nucl Med*. 2023; 53: 490-502. [\[CrossRef\]](#)
52. Rodgers SE, Hunter GJ, Hamberg LM, Schellingerhout D, Doherty DB, Ayers GD, et al. Improved preoperative planning for directed parathyroidectomy with 4-dimensional computed tomography. *Surgery*. 2006; 140: 932-40; discussion 940-1. [\[CrossRef\]](#)
53. Hoang JK, Sung WK, Bahl M, Phillips CD. How to perform parathyroid 4D CT: tips and traps for technique and interpretation. *Radiology*. 2014; 270: 15-24. [\[CrossRef\]](#)
54. Lee EK, Yun TJ, Kim JH, Lee KE, Kim SJ, Won JK, et al. Effect of tumor volume on the enhancement pattern of parathyroid adenoma on parathyroid four-dimensional CT. *Neuroradiology*. 2016; 58: 495-501. [\[CrossRef\]](#)
55. Bahl M, Sepahdari AR, Sosa JA, Hoang JK. Parathyroid adenomas and hyperplasia on four-dimensional CT scans: three patterns of enhancement relative to the thyroid gland justify a three-phase protocol. *Radiology*. 2015; 277: 454-62. [\[CrossRef\]](#)
56. Bahl M, Muzaffar M, Vij G, Sosa JA, Choudhury KR, Hoang JK. Prevalence of the polar vessel sign in parathyroid adenomas on the arterial phase of 4D CT. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014; 35: 578-81. [\[CrossRef\]](#)
57. Sepahdari AR, Bahl M, Harari A, Kim HJ, Yeh MW, Hoang JK. Predictors of multigland disease in primary hyperparathyroidism: a scoring system with 4D-CT imaging and biochemical markers. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015; 36: 987-92. [\[CrossRef\]](#)
58. Sho S, Yilma M, Yeh MW, Livhits M, Wu JX, Hoang JK, et al. Prospective validation of two 4D-CT-based scoring systems for prediction of multigland disease in primary hyperparathyroidism. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2016; 37: 2323-7. [\[CrossRef\]](#)
59. Machado NN, Wilhelm SM. Diagnosis and evaluation of primary hyperparathyroidism. *Surg Clin North Am*. 2019; 99: 649-66. [\[CrossRef\]](#)
60. Tian Y, Tanny ST, Einsiedel P, Lichtenstein M, Stella DL, Phal PM, et al. Four-dimensional computed tomography: clinical impact for patients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol*. 2018; 25: 117-21. [\[CrossRef\]](#)
61. Kluijfhout WP, Pasternak JD, Beninato T, Drake FT, Gosnell JE, Shen WT, et al. Diagnostic performance of computed tomography for parathyroid adenoma localization; a systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol*. 2017; 88: 117-28. [\[CrossRef\]](#)
62. Hoang JK, Reiman RE, Nguyen GB, Januzis N, Chin BB, Lowry C, et al. Lifetime attributable risk of cancer from radiation exposure during parathyroid imaging: comparison of 4D CT and parathyroid scintigraphy. *AJR Am J Roentgenol*. 2015; 204: W579-85. [\[CrossRef\]](#)
63. Leiva-Salinas C, Flors L, Durst CR, Hou Q, Patrie JT, Wintermark M, et al. Detection of parathyroid adenomas using a monophasic dual-energy computed tomography acquisition: diagnostic performance and potential radiation dose reduction. *Neuroradiology*. 2016; 58: 1135-41. [\[CrossRef\]](#)
64. Lopez Hänninen E, Vogl TJ, Steinmüller T, Ricke J, Neuhaus P, Felix R. Preoperative contrast-enhanced MRI of the parathyroid glands in hyperparathyroidism. *Invest Radiol*. 2000; 35: 426-30. [\[CrossRef\]](#)
65. Michel L, Dupont M, Rosière A, Merlan V, Lacrosse M, Donckier JE. The rationale for performing MR imaging before surgery for primary hyperparathyroidism. *Acta Chir Belg*. 2013; 113: 112-22. [\[CrossRef\]](#)
66. Sacconi B, Argirò R, Diacinti D, Iannarelli A, Bezzi M, Cipriani C, et al. MR appearance of parathyroid adenomas at 3 T in patients with primary hyperparathyroidism: what radiologists need to know for pre-operative localization. *Eur Radiol*. 2016; 26: 664-73. [\[CrossRef\]](#)
67. Grayev AM, Gentry LR, Hartman MJ, Chen H, Perlman SB, Reeder SB. Presurgical localization of parathyroid adenomas with magnetic resonance imaging at 3.0 T: an adjunct method to supplement traditional imaging. *Ann Surg Oncol*. 2012; 19: 981-9. [\[CrossRef\]](#)
68. Kabala JE. Computed tomography and magnetic resonance imaging in diseases of the thyroid and parathyroid. *Eur J Radiol*. 2008; 66: 480-92. [\[CrossRef\]](#)
69. Aschenbach R, Tuda S, Lamster E, Meyer A, Roediger H, Stier A, et al. Dynamic magnetic resonance angiography for localization of hyperfunctioning parathyroid glands in the reoperative neck. *Eur J Radiol*. 2012; 81: 3371-7. [\[CrossRef\]](#)
70. Nael K, Hur J, Bauer A, Khan R, Sepahdari A, Inampudi R, et al. Dynamic 4D MRI for characterization of parathyroid adenomas: multiparametric analysis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015; 36: 2147-52. [\[CrossRef\]](#)
71. Becker JL, Patel V, Johnson KJ, Guerrero M, Klein RR, Ranvier GF, et al. 4D-dynamic contrast-enhanced MRI for preoperative localization in patients with primary hyperparathyroidism. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2020; 41: 522-8. [\[CrossRef\]](#)
72. Michaud L, Balogova S, Burgess A, Ohnona J, Huchet V, Kerrou K, et al. A Pilot comparison of 18F-fluorocholine PET/CT, ultrasonography and 123I/99mTc-sestaMIBI dual-phase dual-isotope scintigraphy in the preoperative localization of hyperfunctioning parathyroid glands in primary or secondary hyperparathyroidism: influence of thyroid anomalies. *Medicine (Baltimore)*. 2015; 94: e1701. [\[CrossRef\]](#)
73. Treglia G, Piccardo A, Imperiale A, Strobel K, Kaufmann PA, Prior JO, et al. Diagnostic performance of choline PET for detection of hyperfunctioning parathyroid glands in hyperparathyroidism: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019; 46: 751-65. [\[CrossRef\]](#)
74. Boccalatte LA, Higuera F, Gómez NL, de la Torre AY, Mazzaro EL, Galich AM, et al. Usefulness of 18F-fluorocholine positron emission tomography-computed tomography in locating lesions in hyperparathyroidism: a systematic review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019; 145: 743-50. [\[CrossRef\]](#)

75. Gulati S, Chumber S, Puri G, Spalkit S, Damle NA, Das CJ. Multi-modality parathyroid imaging: a shifting paradigm. *World J Radiol.* 2023; 15: 69-82. [CrossRef]
76. Graves CE, Duh QY, Suh I. Innovations in parathyroid localization imaging. *Surg Oncol Clin N Am.* 2022; 31: 631-47. [CrossRef]
77. Sacks BA, Pallotta JA, Cole A, Hurwitz J. Diagnosis of parathyroid adenomas: efficacy of measuring parathormone levels in needle aspirates of cervical masses. *AJR Am J Roentgenol.* 1994; 163: 1223-6. [CrossRef]
78. Stephen AE, Milas M, Garner CN, Wagner KE, Siperstein AE. Use of surgeon-performed office ultrasound and parathyroid fine needle aspiration for complex parathyroid localization. *Surgery.* 2005; 138: 1143-50; discussion 1150-1. [CrossRef]
79. Kendrick ML, Charboneau JW, Curlee KJ, van Heerden JA, Farley DR. Risk of parathyromatosis after fine-needle aspiration. *Am Surg.* 2001; 67: 290-3; discussion 293-4. [CrossRef]
80. Reidel MA, Schilling T, Graf S, Hinz U, Nawroth P, Büchler MW, et al. Localization of hyperfunctioning parathyroid glands by selective venous sampling in reoperation for primary or secondary hyperparathyroidism. *Surgery.* 2006; 140: 907-13; discussion 913. [CrossRef]
81. Ogilvie CM, Brown PL, Matson M, Dacie J, Reznick RH, Britton K, et al. Selective parathyroid venous sampling in patients with complicated hyperparathyroidism. *Eur J Endocrinol.* 2006; 155: 813-21. [CrossRef]
82. Ibraheem K, Toraih EA, Haddad AB, Farag M, Randolph GW, Kandil E. Selective parathyroid venous sampling in primary hyperparathyroidism: a systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope.* 2018; 128: 2662-7. [CrossRef]
83. Witteveen JE, Kievit J, van Erkel A, Morreau H, Romijn JA, Hamdy NAT. The role of selective venous sampling in the management of persistent hyperparathyroidism revisited. *Eur J Endocrinol.* 2010; 163: 945-52. [CrossRef]
84. Ho J, Kim D, Lee JE, Hong N, Kim BM, Kim DJ, et al. Parathyroid venous sampling for the preoperative localisation of parathyroid adenoma in patients with primary hyperparathyroidism. *Sci Rep.* 2022; 12: 7058. [CrossRef]
85. Mahajan A, Starker LF, Ghita M, Udelsman R, Brink JA, Carling T. Parathyroid four-dimensional computed tomography: evaluation of radiation dose exposure during preoperative localization of parathyroid tumors in primary hyperparathyroidism. *World J Surg.* 2012; 36: 1335-9. [CrossRef]

Video 1.1 ve Video 1.2. Aynı hastanın uzun eksen ve transvers B mod taramasında, normal paratiroid bezi video görüntüsü.

1.1 <https://youtu.be/iJN5YpcC9NA>

1.2 <https://youtu.be/XKPpgrnE5cA>

Video 2.1, 2.2. Tiroid sağ lob inferior pol kaudal komşuluğunda santral hiperekoik, periferi hipoekoik paratiroid lezyonu (dual eko) hareketli görüntüleri.

2.1 <https://youtu.be/tXxm64ISKW4>

2.2 <https://youtu.be/MQX84Dm3VLE>

Video 3. Tiroid sol lob longitudinal plan ultrason görüntüsünde inferior pol kaudal komşuluğunda düzgün sınırlı, ovoid şekilli paratiroid lezyonu ile uyumlu izoekoik solid lezyon (mavi yıldız).

<https://youtu.be/ywqafq5kVXQ>

Video 4. Aynı hastanın B-mod ve renkli Doppler video görüntüsünde; renkli Doppler incelemede lezyonun “periferik ark” şeklinde vaskülarizasyonu olduğu görülmekte.

<https://youtu.be/r8r7kQ9aYok>

Video 5. Hareketsiz görüntü ve videoda uzun eksen B-mod ve renkli Doppler US incelemesinde; Paratiroid lezyonunun kranial polünde belirgin besleyici damarı ve periferik ağırlıklı ark şeklindeki kanlanması görülmekte.

<https://youtu.be/2I62s98onxw>

Video 6. Aynı hastanın video görüntüsünde transvers B-Mod tarama videosunda sağda paratiroid lezyonu ve solda santral kompartmanda paratrakeal yerleşimli lenf nodu izlenmekte.

<https://youtu.be/V-5Bs25y-f8>

Video 7. Tiroid içi paratiroid adenomundan şüphelenilen olgunun video görüntüsü. Bu olgudan yapılan İİAB'deki PTH yıkaması pozitif gelmiştir.

<https://youtu.be/QM-PTaIV4PU>

Video 8.1. Alt servikal alanda transvers B-mod ultrason görüntülemde ektopik yerleşimli paratiroid lezyonu video görüntüsü.

<https://youtu.be/WTMbbP4LYUE>

Video 8.2. Longitudinal planda alt servikal yerleşimli paratiroid lezyonu B-mod ve renkli Doppler video görüntüsü.

<https://youtu.be/mFbnukGvm-Q>

Video 9. İkili ekran görüntüde B-mod ve renkli Doppler görüntülemde suprasternal fossada orta hat kaudal yaklaşımla semi-koronal plan B-mod ultrasonografide yuvarlak şekilli hipoekoik solid lezyonun video görüntüsü.

https://youtu.be/_qwuKxtsQSc

1. Paratiroid lezyonlarının ultrasonografik görüntü özellikleri için aşağıdakilerden hangisi YANLIŞTIR?
 - a. Paratiroid lezyonları sıklıkla tiroid bezine göre daha düşük ekojenitededir.
 - b. Tiroid bezi ile aralarında ekojen ayrışma planının görülmesi, lezyonun paratiroid kökenli olduğunu güvenle düşündürür.
 - c. Yağ içeriği yüksek olan paratiroid lipoadenomları hiperekoiktir.
 - d. Paratiroid lezyonları, sıklıkla kistik komponent içerirler.
 - e. Paratiroid lezyonları nadiren kalsifikasyon içerirler.
2. Ektopik superior paratiroid bezlerin en sık yerleşim yeri neresidir?
 - a. Anterior mediasten
 - b. Karotis kılıf
 - c. Trakeo-özofageal oluk
 - d. Timus içi
 - e. Tiroid içi
3. Paratiroid lezyonlarının 4DBT ile görüntülenmesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi YANLIŞTIR?
 - a. Paratiroid adenomunun klasik görüntüleme bulguları kontrastsız seride hipoatenüasyon, arter fazında hiperatenüasyon ve ven fazında tiroide göre hipoatenüasyon göstermesidir.
 - b. Kontrastsız serinin amacı düşük atenüasyonlu paratiroid dokusunun, yüksek atenüasyonlu tiroid dokusundan ayırt edilmesidir.
 - c. Paratiroid adenomlarının çoğunda arter fazında tiroid ile benzer atenüasyon olup, ven fazında yıkanma görülür.
 - d. Paratiroid adenomlarının az bir bölümünde arter ve ven fazında tedricen artan kontrastlanma görülür.
 - e. Polar damar varlığı, 4DBT incelemede de, paratiroid lezyon saptanmasına yardımcı bir bulgudur.
4. Primer hiperparatiroidide paratiroid lezyon lokalize etmede görüntüleme yöntemleri ile ilgili hangisi YANLIŞTIR?
 - a. Paratiroid lezyon lokalizasyonunun başlangıç görüntülenmesi olarak, genellikle ultrason ve nükleer sintigrafi kombinasyonu kullanılır.
 - b. Paratiroid lezyon lokalizasyonunda iyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle MR görüntüleme, başlangıç görüntüleme olarak kullanılmalıdır.
 - c. Ultrasonografi ve nükleer sintigrafi sonuçları arasında tutarsızlık varsa, 4DBT'nin paratiroid lezyon lokalizasyonda kullanılması uygundur.
 - d. Paratiroid lezyonlarının ek görüntüleme yöntemleri ile saptanamadığı rekürren veya persisten hiperparatiroidisi olan seçili hasta grubunda ven örnekleme lokalizasyon için etkin bir yöntemdir.
 - e. İntratiroidal ektopik yerleşimli paratiroid lezyonu olduğu düşünülen hastada, İİAB ile parathormon ölçümü yapılmalıdır.
5. 4DBT'de kontrastsız fazın amacı nedir?
 - a. Tiroid dokusunun arteriyel fazını değerlendirmek
 - b. Mitokondri yoğunluğunu ölçmek
 - c. Paratiroid lezyonunun tiroid dokusundan ayrımını sağlamak
 - d. Lenf nodlarını değerlendirmek
 - e. Kistleri göstermek

Adrenal Glandın Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme

Radiologic Evaluation of the Endocrine Disorders of Adrenal Gland

✉ Sabri Şirolu¹, ✉ Şükrü Mehmet Ertürk²

¹*İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

²*İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

ÖZ

Adrenal lezyonlar toplumda oldukça sıktır, özellikle artan yaşla birlikte %10'lara varan oranlar bildirilmektedir. Görüntüleme yöntemlerinin artan kullanımı ile birlikte saptanan adrenal lezyonların sayısı da artmaktadır. Bu lezyonların çoğunluğu klinik önemi olmayan benign patolojiler olmakla birlikte hormon aktif ya da malign potansiyel taşıyan lezyonların doğru karakterizasyonu büyük önem taşımaktadır. Olguların çoğunluğu bilgisayarlı tomografi ve/veya manyetik rezonans görüntüleme ile doğru karakterize edilebilmekte ve klinik yönetim buna göre şekillenmektedir. Endokrinolojik değerlendirme, hormon aktif lezyonların hem tanısında yardımcı olduğu hem de tedavi kararını etkilediğinden adrenal gland patolojilerinde multidisipliner yaklaşım hasta için en yüksek yararı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Adrenal gland, insidentaloma, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme

ABSTRACT

Adrenal lesions are common in the general population, with reported rates approaching 10% particularly with increasing age. With the expanding use of imaging, the number of detected adrenal lesions has also risen. Although most are benign and of limited clinical significance, accurate characterization of hormonally active lesions or those with malignant potential is critical. The majority of cases can be correctly characterized with computed tomography and/or magnetic resonance imaging, and clinical management is shaped accordingly. Because endocrine evaluation both aids in diagnosing hormonally active lesions and influences treatment decisions, a multidisciplinary approach to adrenal gland pathology provides the greatest benefit for patients.

Keywords: Adrenal gland, incidentaloma, computed tomography, magnetic resonance imaging

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Adrenal kitlelerde temel benignite ölçütlerini tanımak ve raporlamada standart biçimde uygulamak.
- Adrenal gland lezyonlarında tanısal görüntüleme yöntemlerini ve tanımlanan görüntüleme bulgularının olası tuzaklarını öğrenmek.
- Adenom tanısında *wash-out* bilgisayarlı tomografiyi doğru protokolle uygulayarak mutlak ve rölatif *wash-out* eşiklerini hesaplamak ve yorumlamak, hipervasküler taklitlerde yalancı pozitifliği ayırt etmek.
- Adrenal insidentalomada Amerikan Radyoloji Koleji 2021 Adrenal İnsidentaloma Yönetim Algoritmasına göre boyut (<1 cm, 1-4 cm, ≥4 cm) ve onkolojik öykü temelli izlem/tetkik/rezeksiyon kararlarını verebilmek.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr Sabri Şirolu, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: sabri.siro lu@iuc.edu.tr **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-8443-0838

Geliş Tarihi/Received: 13.10.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 05.11.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Şirolu S, Ertürk ŞM. Radiologic evaluation of the endocrine disorders of adrenal gland. *Trd Sem.* 2025;13(3):368-383



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

GİRİŞ

Adrenal gland korteks ve medulla olmak üzere farklı embriyolojik kökene sahip iki ana bölümden oluşan endokrin sistemin işleyişinde hayati rol oynayan bir glanddır. Her iki böbreğin superiorunda yerleşimlidir ve ters “Y” şeklindedir. Yenidoğanda rölatif olarak büyükken hayatın ilk 1 yılında boyutlarında belirgin azalma gözlenir. Küçük boyutlarına göre yoğun vaskülariteye sahip adrenal glandların her birinin 3 arteri, 1 veni bulunur [1].

Günümüzde görüntüleme yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, adrenal glandlarda rastlantısal olarak tespit edilen lezyonlar—diğer bir deyişle insidentalomalara—klinik pratikte önemli bir sorun haline gelmiştir. Geniş serili bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) çalışmalarında, insidentaloma prevalansı yaklaşık %4 olarak bildirilmekte, otopsi çalışmalarında prevalansın yaşla birlikte %10'a kadar çıkabildiği bildirilmektedir [2].

Adrenal insidentaloma, başka bir nedenle yapılan görüntüleme sırasında tesadüfen saptanan ve hastanın mevcut klinik şikâyetleriyle ilişkili olmayan adrenal kitle ya da lezyonlar için kullanılan bir terimdir [2, 3]. Bu lezyonların çoğu benign ve klinik olarak önemsiz olmakla birlikte, bir kısmı hormon üreten veya malignite riski taşıyan kitlelerdir. Bu nedenle, adrenal lezyonların doğru şekilde karakterize edilmesi ve yönetilmesi hem gereksiz ileri tetkiklerin önlenmesi hem de klinik olarak önemli olguların atlanmaması açısından büyük önem taşır.

Bu yazıda; adrenal glandlarda saptanan lezyonların radyolojik değerlendirilmesi, benign, malign ve neoplastik olmayan patolojiler ile insidentaloma yönetiminde güncel rehberler ışığında pratik yaklaşım sistematik biçimde ele alınacaktır.

ADRENAL GLAND LEZYONLARINDA GÖRÜNTÜLEME VE BİYOPSİ

Boyut

Adrenal glandın lezyonlarının değerlendirmesinde boyut malign potansiyelin belirlenmesinde önemli bir bulgudur. Kahramangil ve ark.'ın [4] geniş olgu serisinde 4 cm'den küçük, 4-6 cm arasında ve 6 cm'den büyük adrenal insidentalomalarda adrenokortikal karsinom (AKK) riski sırasıyla %0,1, %2,4 ve %19,5 olarak bulunmuştur.

Bilinen primer malignite öyküsü olmayan hastalarda 1 cm'den küçük boyutlu lezyonların malign potansiyeli çok düşük olmakla birlikte lezyon karakterizasyonunda görüntüleme yöntemlerinin spesifisitesi düşmekte bu da yalancı pozitif sonuçlara yol açmaktadır. **Bu nedenle Amerikan Radyoloji Koleji 1 cm'den küçük insidentalomaların benign kabul edilmesini ve ek tetkik yapılmamasını önerir [3].**

Benign lezyonların boyutları arttıkça hemoraji, kalsifikasyon, nekroz gibi ikincil değişikliklerin sıklığı da artmakta, bu da görüntülemede heterojeniteye ve karakteristik benign bulguların saptanmasında güçlüğü yol açmaktadır. Karakteristik benign bulguları içermeyen 4 cm'den büyük lezyonlarda rezeksiyon ön plana çıkmaktadır [3].

Ultrasonografi

Adrenal bezlerin değerlendirilmesinde ultrasonografinin (USG) yeri oldukça sınırlıdır. Erişkinlerde sağlıklı adrenal bezler genellikle abdominal USG ile görüntülenemez, yalnızca büyük boyutlu kitleler, hemoraji veya ileri evre patolojiler abdominal USG ile saptanabilir. Özellikle obezite, bağırsak gazı ve retroperitoneal yerleşim gibi anatomik faktörler nedeniyle adrenal insidentalomaların tespiti açısından USG'nin sensitivitesi düşüktür [5]. Bunun tek istisnası kistik lezyonlardır, herhangi bir görüntüleme ile kist olduğu düşünülen lezyonların değerlendirmesinde USG ucuz ve güvenilir bir yöntemdir [6].

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi adrenal gland lezyonlarının en sık rastlandığı görüntüleme yöntemlerindendir. Kontrast madde verilmeden yapılan BT incelemesinde lezyon içerisinde makroskopik yağ ya da mikro ya da makrokalsifikasyonların saptanması tanıda yardımcıdır. **Ayrıca lezyonun düşük dansiteye sahip olması (ortalama 10 hounsfield biriminden (HU) düşük dansite) adenom için tanısal bir bulgu olarak kabul edilir (Resim 1).** Dinamik kontrastlı incelemede kontrast tutulumunun olmaması kist ya da hemoraji düşündürürken erken fazda şiddetli kontrastlanma feokromositoma için şüpheli bir bulgudur.

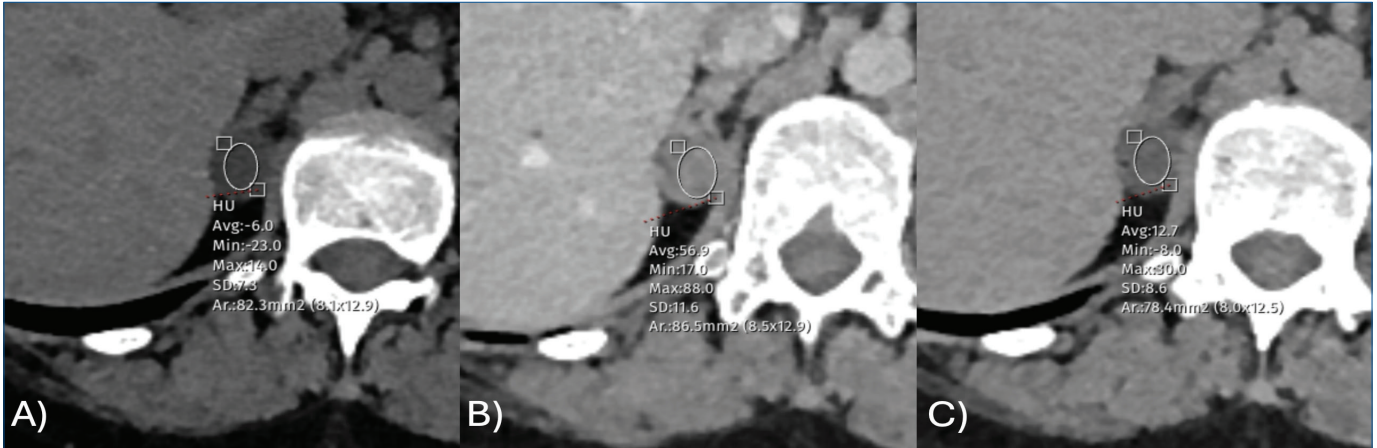
Adrenal adenomların *wash-out* kinetiği sergilemesi tanısal olmasa da spesifik bir bulgudur. Bunun için geliştirilen adrenal protokolünde BT incelemesi 3 fazdan oluşur, kontrast olmayan, portal venöz faz (60-70 sn) ve geç faz (10-15 dk) (Tablo 1). Bu fazlardan elde edilen dansite ölçümleri ile (HU) mutlak ve rölatif *wash-out* değerleri hesaplanır, mutlak *wash-out* değeri %60'tan, rölatif *wash-out* değeri %40'tan büyükse adenom lehine kabul edilir (Resim 1).

Mutlak wash-out oranı = (Portal venöz faz HU - Geç faz HU) / (Portal venöz faz HU - Non-kontrast HU) × 100

Rölatif wash-out oranı = (Portal venöz faz HU - Geç faz HU) / (Portal venöz faz HU) × 100

On beşinci dakika geç görüntülerin alınması özellikle yoğun hasta sirkülasyonu olan birimlerde iş akışına engel oluşturduğundan geç faz görüntünün kullanılmadığı rölatif kontrastlanma oranı öne sürülmüştür. %210'dan fazla rölatif kontrastlanma oranının adenom tanısında yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahip olduğu bildirilmekle birlikte bulguların çok merkezli çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir [1].

Rölatif kontrastlanma oranı = (Portal venöz faz HU - non-kontrast HU) / Non-kontrast HU × 100



Resim 1. Adrenal glandda hipodens bir kitlenin adrenal protokollü BT ile değerlendirmesi. A) Lezyonun ortalama dansite değeri -6 HU olarak ölçülmüştür. Prekontrast (A), venöz (B) ve 15. dakika geç faz (C) görüntülerinde elde edilen dansite değerleri ile yapılan hesaplamada mutlak *wash-out* %70, rölatif *wash-out* %77 olarak hesaplanmıştır.

BT, bilgisayarlı tomografi; HU, hounsfield birimi.

Tablo 1. Türk Radyoloji Derneği'nin 2018 yılı MRG ve BT İnceleme Standartları'na göre önerilen BT ve MRG çekim protokolleri

BT	kV	mAs	FOV	Kesit kalınlığı	İVKM	Faz
	120	150-200	30-40 cm	1 mm	+	Kontrastsız
						Venöz (70 sn)
MRG	Düzlem/sekans	TR (ms)	TE (ms)	FOV (cm)	Matriks	Kesit kalınlığı (mm)/
	Ağır T2A koronal	1000	150	30	256x256	4/0,5
	Ağır T2A aksiyal	1000	150	30	256x256	4/1
	T1A dual eko (faz içi/faz dışı)	100-200	2.2/4.4 (1,5 T)	30	256x256	3/0,5
	Aksiyal T1A nefes tutmalı		1.1/2.2 (3 T)			
	GRE					
	Ağır T2A aksiyal yağ baskılı	6000	150	30	256x256	4/1
	DAG (b500-1000)	5000	70	30	128x128	5/1
	T1A aksiyal yağ baskılı	4-5	2-3	30	256x256	4/1
	3B GRE					
	T1A aksiyal yağ baskılı	4-5	2-3	30	256x256	4/1
	3B dinamik kontrastlı					
	(30, 60, 90. sn, 3 dk)					

kV, kilovolt; mAs, miliamper-saniye; FOV, görüntüleme alanı (*field-of-view*); İVKM, intravenöz kontrast madde; TR, tekrar süresi (*time to repetition*); TE, eko süresi (*time to echo*); ms, milisaniye; GRE, gradient eko; DAG, diffüzyon ağırlıklı görüntüleme; BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme

Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme, adrenal gland lezyonlarının karakterizasyonunda özellikle BT'nin tanısız açıdan yeterli olmadığı veya kontrast madde kullanılamayan durumlarda öne çıkar. Radyasyon içermemesi, multiplanar görüntüleme ve yumuşak doku çözünürlüğünün yüksekliği gibi avantajları

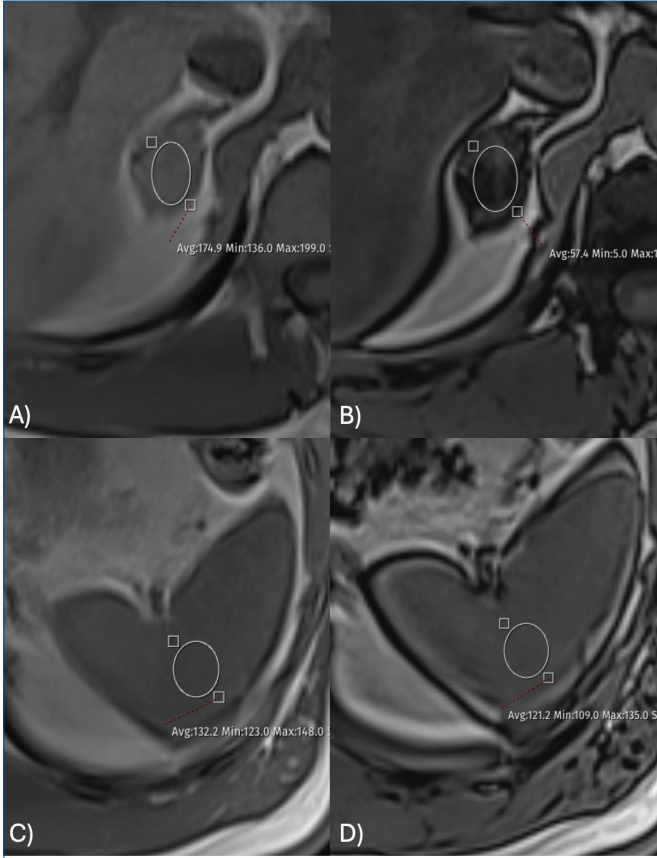
nedeniyle, özellikle çocuklar ve genç erişkinlerde tercih edilir. Yağ baskılı sekanslarla myelolipom, T2 ağırlıklı ve kontrast sonrası görüntülerle kist gibi lezyonların ayırıcı tanısı yapılabilir. Ayrıca feokromositoma gibi lezyonlarda tipik olarak T2 hiperintensitesi ve belirgin kontrast tutulumu tanıda yardımcıdır.

Adrenal adenomların tanısında ise kimyasal kayma görüntüleme (*chemical shift imaging*) kritik rol oynar. Lipid içeriği yüksek adenomlar, faz içi (*in-phase*) ve faz dışı (*out-of-phase*) sekanslarda değerlendirilir, faz dışı görüntülerde belirgin sinyal kaybı tipiktir. Böylece, intraselüler yağ varlığının saptanmasıyla adenomlar, diğer benign ve malign lezyonlardan yüksek doğrulukla ayırt edilebilir (Tablo 1).

Kimyasal kayma görüntülemde faz dışı seride sinyal kaybının gözle tespiti yüksek tanısal doğruluğa sahip olmakla birlikte standardizasyonun sağlanması için adrenal sinyal intansitesi indeksi (ASII) ve adrenal/dalak sinyal oranı (ASR) tanımlanmıştır. 1,5 T cihazlarda adenom için eşik değer ASII'de $>16,5$, ASR'de $<35,9$ olarak bildirilmiştir (Resim 2) [7].

Adrenal sinyal intansitesi indeksi (ASII) = (Lezyon faz içi - Lezyon faz dışı) / (Lezyon faz içi) $\times 100$

Adrenal/dalak oranı (ASR) = [(Lezyon faz dışı $\times$ Dalak faz içi) / (Lezyon faz içi $\times$ Dalak faz dışı) - 1] $\times 100$



Resim 2. Adrenal glandda faz içi ve faz dışı sekansların değerlendirmesi. Lezyon faz içi (A) görüntüde yüksek sinyal intansitesine sahipken faz dışı (B) görüntüde belirgin sinyal kaybı göstermektedir. Niceliksel incelemede adrenal sinyal intansitesi indeksi %67, adrenal/dalak oranı %-65 olarak hesaplanmıştır.

Nükleer Tıp Uygulamaları

Pozitron emisyon tomografi-BT (PET-BT) adrenal lezyonların malignite-potansiyelinin değerlendirilmesinde, özellikle primer malignite öyküsü olan hastalarda metastaz taramasında başvurulan ileri bir görüntüleme yöntemidir. 18-Fluorodeoksiglukoz (^{18}F -FDG) tutulumu, malign lezyonlarda genellikle artmış olarak izlenirken benign adenomlar çoğunlukla düşük düzey FDG tutulumu gösterir. ^{18}F -FDG PET-BT'nin malignite için sensitivitesi ve spesifitesi yaklaşık %90 olarak bildirilmiştir. Yalancı pozitif olguların büyük kısmı adenom iken yalancı negatiflik küçük malignitelerde, FDG avid olmayan primerin (berrak hücreli böbrek hücreli karsinom gibi) metastazlarında ya da nekrotik/hemorajik kitlelerde görülmektedir [3]. Bu nedenle PET-BT, adrenal lezyonların primer tanı modalitesi olarak önerilmez; endikasyonu genellikle onkolojik hastalarda ayırıcı tanının güçleştiği ve sistemik hastalık varlığının araştırıldığı özel klinik durumlarla sınırlıdır.

^{123}I -metaiodobenzilguanidine (MIBG) sintigrafisi ve 68-Galyum DOTA-peptid PET (^{68}Ga -DOTA PET) feokromositoma tanısında ve nöks ya da metastaz taramasında yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahip görüntüleme yöntemleridir [6].

Biyopsi

Adrenal gland lezyonlarında biyopsi birkaç nedenden ötürü rutinde kullanılmamakta, istisnai durumlarda son tanısal yöntem olarak saklanmaktadır. Öncelikle biyopsinin (özellikle ince iğne aspirasyon biyopsisi) AKK tanısında sensitivitesi düşüktür ve %50-70 arasında olduğu tahmin edilmektedir [8]. Ayrıca adrenokortikal adenom ile karsinom ayırımında tanısal tutarlılık yeterli ölçüde değildir. Pnömotoraks, hemoraji ve tümör ekilimi göz ardı edilemeyecek komplikasyonlardır. Son olarak feokromositomanın biyopsi sırasında hipertansif krize yol açma riski yüksektir. Bu nedenlerle adrenal gland biyopsisi yalnızca invaziv olmayan tanısal yöntemlerin başarısız kaldığı metastaz şüphesi yüksek olgularda, biyopsi için uygun ek metastatik odak bulunmadığında tercih edilebilir [3] ve olguların hepsinde feokromositomanın biyokimyasal olarak ekartasyonu önerilir [8].

BENİGN NEOPLAZİLER

Adenom

Adrenokortikal adenomlar adrenal glandın en sık lezyonudur. Toplumda sıklık tahminleri değişkenlik göstermekle birlikte otopsi serilerinde %8,9'a kadar varan ve yaşla artan oranlar ortaya konmaktadır [9]. Hormonal aktif ya da inaktif olabilirler, hormonal aktif olanlar klinik tablo oluşturabilir ya da subklinik olarak laboratuvar incelemelerinde saptanabilirler. En sık üretilen hormonlar kortizol ve aldosterondur, kortizol üreten

adenom adrenokortikotrop hormon (ACTH)-bağımsız Cushing hastalığının en sık nedenidir [10].

Adenomlar, köken aldıkları adrenokortikal hücrelerle benzer şekilde lipid damlacıkları içermeye ve artmış vaskülariteye sahip olma eğilimindedirler, bu da adrenal adenomların radyolojik tanısında kullanılan en önemli 2 özelliğini oluşturur.

Tipik adrenal adenom 3 cm'den küçük boyutludur, homojen yapıdadır ve yüksek intraselüler yağ içeriğine sahiptir. Adenomların yaklaşık %70'inde kontrastsız BT incelemesinde 10 HU altında dansite ölçümü yapılabilir ve bu bulgu tek başına %98 spesifisiteye sahiptir [11]. Dansite ölçümünde göz önünde bulundurulması gereken önemli nokta seçilecek ölçüm alanının lezyonun santralinde yaklaşık 2/3'ünü kaplaması ve olası parsiyel volüm artefaktını önlemek için lezyon periferinden ölçüm yapmaktan kaçınılması gerektiğidir. Küçük (<1 cm) boyutlu adenomlarda parsiyel volüm artefaktı riski doğmakta ve ölçümün gerçekte olduğundan daha düşük elde edilmesi riski ortaya çıkmaktadır [12].

Manyetik rezonans incelemede intraselüler yağ göstermede kimyasal kayma görüntüleme yüksek tanısal doğruluk sağlamaktadır. Yağdan zengin adenomlarda intraselüler yağ MRG'de faz dışı görüntülerde sinyal kaybı ile başarıyla gösterilebilmektedir (Resim 2). MRG'nin bu konuda BT'ye göre üstünlüğü bilinmektedir, öyle ki BT'de 10-20 HU arası değerlere sahip yağdan fakir adenomlarda bile MRG ile faz dışı görüntülerde intraselüler yağ tespiti yapılabilmektedir. 20 HU'dan fazla atenüasyona sahip adenomların yağ içeriği MRG ile saptanamayacak kadar azdır ve bu hastalarda MRG'nin adenom tanısında değeri sınırlıdır [13]. Küçük adenomlarda faz dışı seride komşu yağ ile lezyonun arayüzünde oluşan çini mürekkebi artefaktının lezyonda yalancı bir sinyal kaybı görünümü oluşturabileceği akılda tutulmalıdır [12].

Yağdan zengin adenomların ayırıcı tanısında intraselüler yağ içerebilen malignitelerin metastazları [hepatoselüler karsinom (HSK), renal hücreli karsinom (RHK) vb.] ve AKK bulunmaktadır. Bu lezyonların lipid içeriği heterojen ve sınırlı bir alanda olma eğilimindedir, yine de yağdan zengin primer malignite varlığında metastaz ayırıcı tanıda bulundurulmalıdır [7].

Yağdan fakir adenomların tanısında yüksek vaskülaritenin değerlendirilmesinde adrenal protokollü BT yol gösterici olabilmektedir. Kontrast olmayan, portal venöz faz (60-70 sn) ve geç faz (15 dk) görüntüler alınarak dansite ölçümleri yapılır ve mutlak *wash-out* hesaplaması yapılır. %60'ın üzerinde mutlak *wash-out* değeri adenom için yüksek sensitiviteye ve spesifisiteye sahiptir (Resim 1). Kontrast olmayan fazın alınmadığı durumlarda rölaf *wash-out* hesaplaması yapılabilir ve %40 ve üzeri rölaf *wash-out* değerinin mutlak *wash-out*'a yakın tanısal değeri olduğu bilinmektedir. 15 dakikalık geç faz görüntüler yüksek volümlü BT ünitelerinde gecikmelere

yol açabildiğinden 10 dakikalık görüntüler üzerinden *wash-out* hesaplaması yapılabilmeyle birlikte sensitiviteden feragat edilebileceği ve bazı adenomların yalnızca 15. dakikada *wash-out* sergileyeceği akılda tutulmalıdır [14].

Erken dönem çalışmalarda yüksek *wash-out* değerlerinin adenom tanısında %100'e varan spesifisiteye ulaşabildiği söylene de [11] yakın zamanlı çalışmalarda spesifisitenin %70'e kadar düşebileceği bildirilmektedir [15]. Feokromositomaların ve AKK'lerin yaklaşık 1/3'ünün *wash-out* ölçümlerinde bu sınırları geçebileceği bilinmektedir. Ayrıca HSK ve berrak hücreli RHK gibi hipervasküler primer malignite varlığında adrenal lezyonda metastaz değerlendirmesi yalnızca *wash-out* ölçümü ile yapılmamalıdır.

Özellikle yoğun iş akışının olduğu BT ünitelerinde 15. dakika geç faz görüntülerinin alınmadığı rölaf kontrastlanma oranı hesaplamasında %210 eşik değerinin yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahip olduğu bildirilmekle birlikte bu yöntemin güvenilirliğinin ortaya konması için çok merkezli ve yüksek hasta popülasyonlarını içeren çalışmalara ihtiyaç vardır [1].

Adrenal adenomlarda makroskopik yağ nadiren görülebilmektedir. Myelolipomlardan farklı olarak lezyonun küçük bir kısmında ortaya çıkar ve lipomatöz/myelolipomatöz metaplaziyi yansıtır [16]. Özellikle büyük adenomlarda hemoraji görülebilen kalsifikasyon adenomlarda nadiren raporlanmıştır.

Adrenal adenomların yaklaşık 2/3'ü takipte stabil seyrederken yaklaşık 1/3'ü boyut artışı gösterebilir. Maligniteden ayırıcıda boyut artış hızı tanımlanmıştır, adenomların neredeyse hepsi 3 mm/yıl'dan daha yavaş büyümeye eğilimliken malign kitlelerle 5 mm/yıl'dan hızlı boyut artışı gözlenmiştir [17].

Adenomlar sıklıkla düşük düzey FDG tutulumu gösterdiklerinden PET-BT incelemelerde AKK ya da FDG avid primer tümörlerin metastazlarından ayırımı kolay olmakla birlikte küçük lezyonlarda ya da FDG avid olmayan primer varlığında PET-BT'nin adenom ayırıcı tanısında kullanımı sınırlıdır [3].

Myelolipom

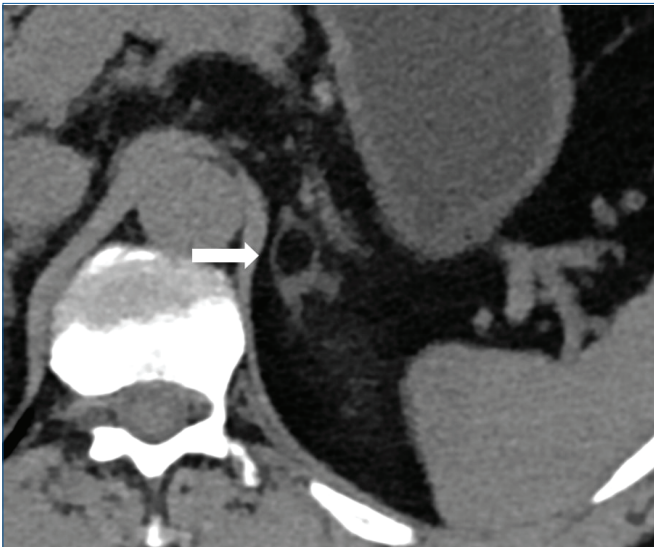
Myelolipom, adrenokortikal hücrelerden köken alan, hematopoetik ve adipöz komponentlerden oluşan benign neoplazidir. Otopsi serilerinde sıklığı 500-1250 olguda bir (%0,2-0,08) olarak bildirilmekle birlikte adrenal insidentalomaların yaklaşık %6-16'sını oluşturmaktadır [18]. Myelolipomlar unilateral olma eğilimindedir, yeterli tedavi edilmemiş konjenital adrenal hiperplazi (KAH) hastalarında bilateral dev myelolipomlar görülebilir [6].

Adrenal myelolipomlar genelde asemptomatiktir ve hormonal inaktiftir. Büyük boyutlara ulaştığında ağrı ya da bası semptomlarına yol açabilir [19]. Histolojik incelemede hemoraji

sıklıkla eşlik etmekle birlikte bu kanama alanları nadiren akut kliniğe yol açabilecek kadar büyük boyutlara ulaşabilir.

Myelolipomların görüntüleme bulguları esas olarak makroskopik yağ içeriğine dayanır. Tamamen yağdan ya da tamamen yumuşak doku (myeloid) komponentinden oluşan kitleler görülebilmekle birlikte sıklıkla %50'den fazlası yağ dokudan oluşan kitle şeklindedir ve bu görünüm myelolipom için tanısal kabul edilir [19]. BT'de makroskopik yağ içeriği -20'den düşük HU değerine sahip alanlar ile değerlendirilir (Resim 3). MRG'de ise yağ baskılı sekanslarda sinyal kaybı gösteren alanlar makroskopik yağ komponentini yansıtır (Resim 4). MRG'de makroskopik yağ değerlendirmesinde yararlı bir başka yöntem de lezyonun içerisinde faz dışı görüntülerde yağ-su arayüzlerinde görülen çini mürekkebi artefaktının oluşmasıdır. Bu artefakt normal adrenal gland parankimi ya da myeloid komponent ile lipomatöz komponent arayüzünde oluşur [6]. Myelolipomlarda görece sık rastlanan hemoraji alanları T1A incelemelerde hiperintens olarak görülebilir. Ayrıca myelolipomların yaklaşık 4'te 1'i kalsifikasyonlar içerebilir.

Myelolipomların tanısı makroskopik yağ içerikleri nedeniyle genellikle kolaydır ancak bazı olgularda ayırıcı tanı güçlükleri ortaya çıkabilir. Ayırıcı tanıda en önemli sorun adenom ya da AKK'de myelolipomatöz metaplazi olgularıdır. Nadir görülmekle birlikte özellikle %10'dan az oranda makroskopik yağ içeren adrenal kitlelerin ayırıcı tanısında mutlaka akılda tutulmalıdır [20]. Büyük myelolipomların ayırıcı tanısında retroperitoneal liposarkomlar da düşünülebileceğinden ve artan hemoraji riski nedeniyle 7 cm'den büyük myelolipomlarda cerrahi eksizyon seçenekleri arasında bulunmaktadır [9]. Myelolipomların ayırıcı tanısına giren diğer lezyonlar adrenal lipom ve anjiolipomdur ancak bu lezyonların benign seyri ve myelolipomlarla benzer yönetimi nedeniyle bu ayırıcı tanının klinik bir karşılığı yoktur.



Resim 3. Yumuşak doku dansitesinde adrenal gland içerisinde yağ dansitesinde myelolipom (ok).

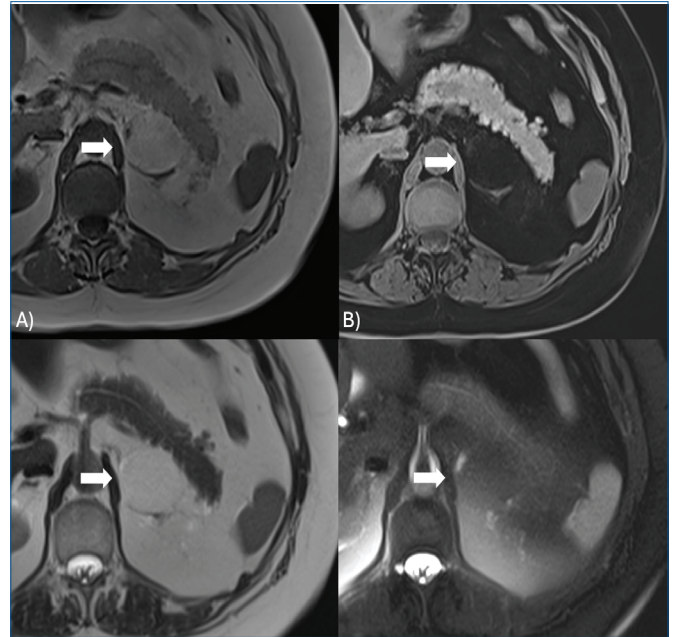
Myelolipomlar takipte benign seyrlidir, ya hiç büyümmez ya da çok yavaş büyüme gösterirler. Semptomatik myelolipomlar genelde büyük boyutları nedeniyle baskı bulgusuna yol açanlar ya da hemoraji ile akut boyut artışı gösterenlerdir. Patolojik incelemede olguların yaklaşık 5'te 1'inde hemoraji saptanmakla birlikte hemorajik şoka yol açabilecek kanama nadirdir ve genelde büyük kitlelerde görülür [21]. Malign transformasyon göstermediği kabul edilir ve myelolipom tanısı konan olguların görüntüleme ile takip endikasyonu yoktur [2].

Ganglionörom

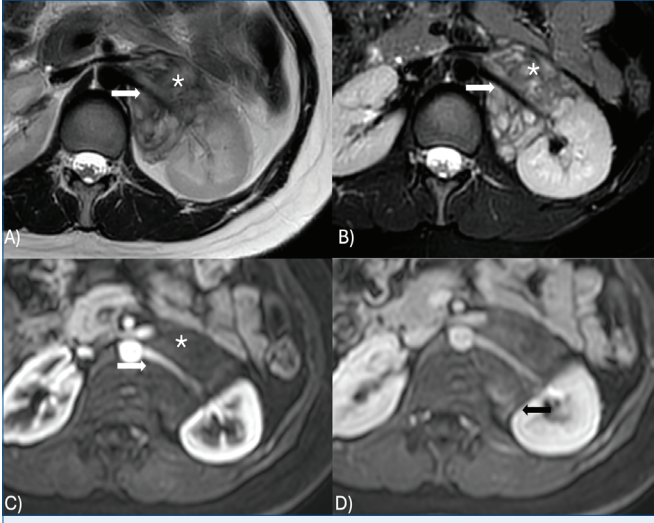
Sempatik zincirin nöroblastik tümörlerinden nöroblastom, ganglionöroblastom ve ganglionörom sırasıyla azalan malign potansiyeline sahiptir ve ganglionörom benign kabul edilir. Nöroblastom ve ganglionöroblastom pediatrik yaş grubunda görülürken ganglionörom genç erişkinlerde de görülebilir [9].

Ganglionöromların yaklaşık %20'si adrenal glandda görülür. Büyük boyutlara ulaşabilmekle birlikte genelde asemptomatiktir ve hormonal aktivite göstermez [6].

Bilgisayarlı tomografide genelde homojen yumuşak doku dansitesinde görülen ganglionöromlar sıklıkla punktate kalsifikasyon içerir. MRG'de iç içe geçmiş kolajen lifleri ile Schwann hücreleri girdap benzeri T2A heterojen sinyal oluşumundan sorumludur [6]. BT ve MRG'de dinamik kontrastlı incelemede gecikmiş persistan kontrast tutulumu gösterirler (Resim 5).



Resim 4. Yağ baskısız (A) ve yağ baskılı (B) T1A görüntülerde ve yağ baskısız (C) ve yağ baskılı (D) T2A görüntülerde sinyal kaybı gösteren myelolipom (ok) ve çevresinde ince rim şeklinde adrenal gland dokusu seçilmekte.



Resim 5. Adrenal glandda yerleşimli, renal arteri çepeçevre saran (beyaz ok) kitlenin içinde (yıldız) yağ baskısız (A) ve yağ baskılı (B) T2A kesitlerde girdap benzeri iç içe geçmiş, heterojen sinyal intansitesi seçilmekte. C ve D) Dinamik kontrastlı incelemede lezyon içerisinde gecikmiş persistan kontrast tutulumu mevcut (siyah ok). Radyolojik görünüm ganglionörom düşündürmekle birlikte patognomonik olmadığından eksizyon uygulanmış ve histopatolojik olarak ganglionörom tanısı doğrulanmıştır.

Ganglionöromların radyolojik görünümü spesifik olmadığından ayırıcı tanıda birçok benign ve malign adrenal lezyon düşünülebilir. Lezyonlar genelde büyük boyutta olduklarından ve malignite ekartasyonunu görüntüleme ile yapmak mümkün olmadığından tercih edilen tedavi yöntemi genelde cerrahidir [9].

MALİGN NEOPLAZİLER

Adrenokortikal Karsinom

Adrenokortikal karsinom adrenokortikal hücrelerden köken alan, nadir ve agresif seyirli malignitedir. Yıllık insidansı 0,5-2 milyondur [22]. Yaş gruplarında iki modlu dağılım tanımlanmakla birlikte güncel literatür riskin yaşla birlikte arttığını ve 6. ve 7. dekalarda pik yaptığını ortaya koymaktadır [23]. AKK genelde sporadik bir hastalık olmakla birlikte Li-Fraumeni, Multipl Endokrin Neoplazi tip 1 (MEN tip 1), Beckwith-Wiedemann gibi sendromlarda artmış risk bulunmaktadır [8].

Adrenokortikal karsinom olgularının yaklaşık %60'ı hormonal aktiftir, en sık üretilen hormonlar kortizol ya da kortizol+seks hormonlarıdır. Aldosteron üretimi nadirdir. Seks hormonu üretimi adenomda nadir görüldüğünden feminizasyon/virilizasyona yol açan adrenal lezyonlar AKK için yüksek şüpheli kabul edilir [24]. Fonksiyone tümörler daha erken belirti verdiğinden sıklıkla 5 cm'den küçük boyutta tanı alırken fonksiyone olmayan tümörler genelde 10 cm'den büyük boyutta saptanırlar.

Artan görüntüleme talebi ile korele olarak AKK'lerin yaklaşık %40'ı günümüzde insidental olarak saptanmaktadır [25]. Spesifik bir bulgu olmamakla birlikte kitle boyutu, AKK tanısında öneme sahiptir, AKK'ların yaklaşık %70'i 6 cm'den büyük boyutta iken 6 cm'den büyük adrenal kitlelerin de yaklaşık %20'si AKK'dir [6].

Adrenokortikal karsinomun radyolojik görünümü agresif davranışını yansıtır niteliktedir. Kitle içerisinde sıklıkla kistik/nekrotik değişiklikler, hemoraji ve/veya kalsifikasyon seçilir. Kitle konturları düzensizdir ve erken dönemde komşu organ invazyonu ya da venöz invazyon gösterir [6].

Bilgisayarlı tomografi incelemede kitle yumuşak doku dansitesindedir, nadiren 20 HU'nun altında dansiteye sahip fokal alanlar içerebilir. Wash-out yapma eğiliminde olmakla birlikte mutlak ve rölatif wash-out değerleri sıklıkla eşik değerinin altındadır. MRG'de hemorajik alanlar T1A hiperintens, nekrotik alanlar T2A hiperintens olarak seçilir. Postkontrast kesitlerde kistik/nekrotik alanlar dışında kontrast tutulumu beklenir (Resim 6). Yağ baskılı serilerde ya da kimyasal kayma görüntülemesinde sinyal kaybı beklenmemekle birlikte nadiren fokal myelolipomatöz metaplazi alanları görülebilir [20].

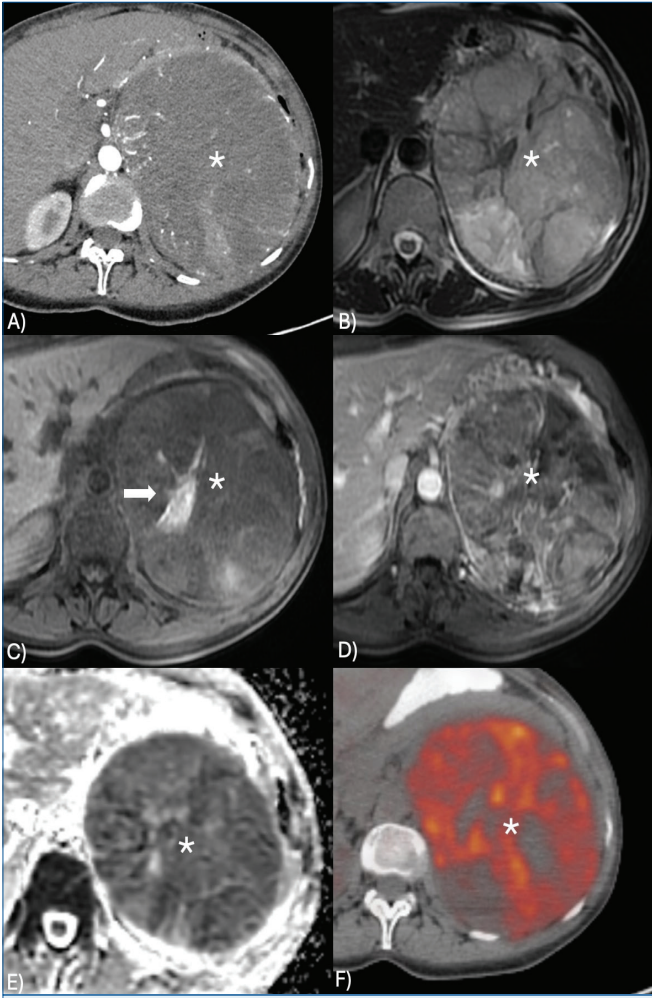
Adrenokortikal karsinom FDG avid bir tümördür, bu nedenle PET-BT AKK'nin tanısında ve nüks/metastaz taramasında etkili bir yöntemdir (Resim 6) [6].

Adrenokortikal karsinom için tek küratif tedavi yöntemi cerrahi rezeksiyondur. Nüks oranları yüksek olup %70'e varan oranlarda nüks bildirilmektedir. İzlemede radyolojik yöntemlerin yanı sıra fonksiyone AKK'lerde hormonların eş zamanlı izlemi, nükslerin erken yakalanmasında yardımcıdır [26]. En sık metastazlar akciğer ve karaciğere görülür.

Feokromositoma

Feokromositoma adrenal medullada katekolamin sentezleyen kromaffin hücrelerinden köken alan paragangliomalardır. Neredeyse her zaman hormonal aktif olmakla birlikte artan görüntüleme yöntemleriyle birlikte insidental olarak yakalanan ve henüz semptom oluşturmayan kitleler "sessiz feokromositoma" olarak adlandırılır [27]. Feokromositoma/paragangliomalarda metastatik davranış öngörecektir güvenilir özellikler bulunmadığından benign-malign dikotomisi terk edilmiş ve genel olarak metastaz potansiyeli olan tümörler spektrumu olarak ele alınmaya başlanmıştır [24].

Feokromositoma adrenal insidentalomaların yaklaşık %3-5'ini oluşturur. Olguların çoğunluğu sporadik olmakla birlikte yaklaşık 1/3 olguda *germline* mutasyon saptanır. En sık saptanan sendromlar MEN tip 2, Neurofibromatozis Tip 1, von Hippel-Lindau sendromu ve herediter paraganglioma sendromlarıdır.



Resim 6. Adrenal glandda dev kitle lezyonu (yıldız). (A) Bilgisayarlı tomografi incelemede artmış vaskülarite gösteren heterojen kitle lezyonu seçilmekte. Manyetik rezonans görüntüleme incelemede kitlenin T2A (B) heterojen hiperintens olduğu, prekontrast T1A (C) görüntülerde içerisinde hemoraji alanları bulunduğu görülmekte. Postkontrast T1A (D) kesitlerde kitlede heterojen kontrastlanma, ADC (E) haritada diffüzyon kısıtlanmasına bağlı sinyal kaybı seçilmekte. (F) Evreleme için yapılan pozitron emisyon tomografi-bilgisayarlı tomografi incelemede heterojen artmış fluorodeoksiglukoz tutulumu görülen olguda rezeksiyon sonucunda adrenokortikal karsinom saptanmış.

Sporadik olgularda yaklaşık %10, herediter olgularda %50'ye yakın bilateral tutulum mevcuttur [28].

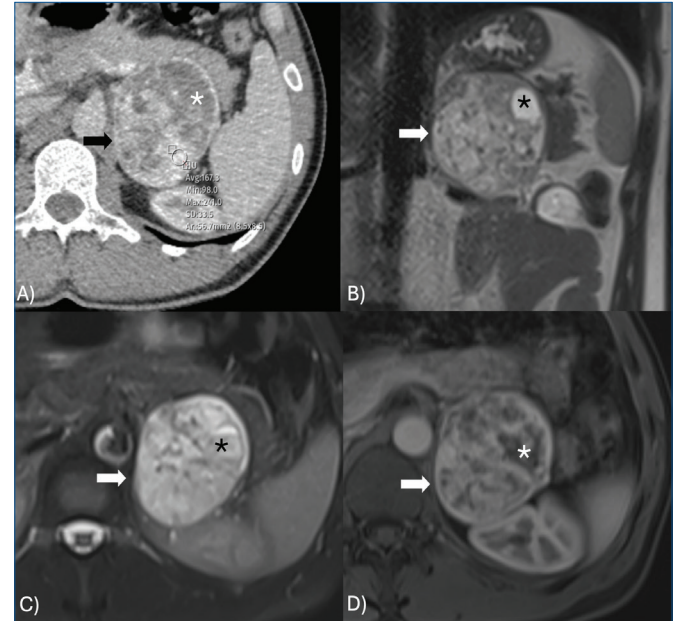
Feokromositomanın klasik klinik triadı baş ağrısı, terleme ve palpasyondur. Hastalarda sıklıkla paroksizmal ya da kalıcı hipertansiyon eşlik eder [28]. Plazmada serbest ve 24 saatlik idrarda metanefrin çalışmaları yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahiptir.

Görüntüleme feokromositomalar genelde iyi sınırlı, yuvarlak kitleler şeklinde seçilir, boyutları genelde 3 cm'den fazladır. Kistik/nekrotik değişiklikler sıklıkla eşlik etmektedir, ayrıca

primer adrenal neoplaziler arasında hemoraji riski en sık olanıdır [6]. Kalsifikasyon sık görülmez.

Bilgisayarlı tomografi incelemede lezyonun dansitesi neredeyse her zaman 10 HU'nun üzerindedir [29]. 20 HU'nun altındaki dansite değerleri ise genelde kistik/nekrotik komponentten yapılan ölçümlerden elde edilir. **Dinamik kontrastlı incelemede en sık rastlanan kontrastlanma paterni portal venöz fazda zirve yapan yoğun kontrast tutulumu ve geç wash-out olmakla birlikte 3'te 1 olguda adenomla benzer wash-out değerleri gösterilebileceği akılda tutulmalıdır [19].** Bu olgularda portal venöz fazdaki yüksek dansite değerleri tanıda yardımcıdır, 130 HU'dan yüksek portal venöz faz dansitesi tanısal kabul edilir, 85 HU eşik değeri ise %88 sensitivite ve %84 spesifisite ile en yüksek tanısal doğruluğu sağlamıştır (Resim 7) [30].

MRG incelemede feokromositomaların yaklaşık 2/3'ü, ampul bulgusu olarak isimlendirilen, kiste yakın yüksek T2 sinyali intansitesi sergiler. Kistik/nekrotik değişiklikler bazen lezyonun büyük kısmını kaplayabilir, bu durumlarda kontrast madde tutulumu gösteren kalın kist duvarı feokromositoma şüphesi uyandırmalıdır [6]. Faz dışı seride sinyal kaybı gösteren yağlı dejenerasyon çok nadir bir bulgudur (Resim 7).



Resim 7. Hipertansiyon nedeniyle tetkik edilirken adrenal kitle (siyah ve beyaz oklar) saptanan olgunun intravenöz kontrastlı bilgisayarlı tomografi incelemesinde (A) kistik alanların (yıldız) arasında yoğun kontrast tutulumu gösteren alanlar görülmekte. Venöz fazda 130 hounsfield biriminden fazla dansite değeri feokromositoma için yüksek spesifisiteye sahiptir. Koronal yağ baskısız (B) ve aksiyal yağ baskılı (C) T2A görüntülerde lezyonun içinde kistik alanların (yıldız) yanı sıra solid komponentinin yüksek T2 sinyali değerine sahip olduğu görülmekte (ampul bulgusu). D) Postkontrast T1A görüntülerde lezyonda yoğun kontrast tutulumu mevcut.

Feokromositoma/paraganglioma tanısında ve nüks ya da metastaz taramasında ^{123}I -MIBG sintigrafisi ve ^{68}Ga -DOTA PET yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahiptir [6].

Metastaz

Adrenal metastazlar, glandın yoğun vaskülaritesi nedeniyle sıklıkla karşılaşılan bir durumdur ve adrenal glandın en sık malignitesi metastazlardır. Adrenal gland metastazına yol açan en sık primer tümörler akciğer, kolon, meme ve pankreas karsinomlarıdır (Resim 8).

İnsidentalomalar arasında metastaz sıklığı değişen hasta popülasyonlarında ~%0-3 olarak bildirilmekle birlikte bilinen malignite varlığında %72'ye ulaşan oranlar bildirilmiştir [3]. Olguların neredeyse yarısında tutulum bilateral olma eğilimindedir [31].

Adrenal metastazların görüntüleme bulguları primer tümöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Adrenal metastazların primer tümörle benzer görüntüleme özellikleri sergilemesi beklendiğinden, şüpheli adrenal lezyonun ayırıcı tanısında

primer tümörün karakteristik görüntüleme bulguları yol gösterici olabilir. Bilinen bir malignite varlığında adrenal glandlarda yeni gelişen lezyon metastaz kabul edilmelidir [9]. Bilinen primer yokluğunda metastaz açısından kuşku uyandıracak bulgular bilateral ya da multifokal tümör varlığı, lezyonun hızlı büyüme göstermesi ya da yeni gelişmesidir [6].

Metastazların ayırıcı tanısında, istatistiksel olarak sık olmaları nedeniyle öncelikle adenomlar düşünülmeyle birlikte büyük metastazların AKK'yi taklit edebileceği akılda bulundurulmalıdır ve bu ayırım hastanın yönetiminde önemlidir. AKK'de biyopsi yapmaksızın cerrahi eksizyon tercih edilirken metastaz olgularında yönetim klinik senaryoya göre biyopsi yaparak ya da yapmadan sistemik tedavi uygulamaştır [6].

Bilgisayarlı tomografi incelemede metastazlar neredeyse her zaman 10 HU değerinin üzerinde bir dansiteye sahiptir ve 10 HU eşik değeri adenom için neredeyse tanısaldır. Benzer şekilde MRG'de faz dışı sekansta sinyal kaybı adenom için yüksek spesifisiteye sahip bir bulgudur. Bu konuda istisnalar mikroskopik yağ içerebilen HSK, berrak hücreli RHK metastazları ve nadiren AKK'dir [7].

Adrenal protokolünde BT'de yüksek mutlak ve rölatif *wash-out* değerleri adenom açısından anlamlıdır ancak HSK, berrak hücreli RHK, medüller tiroid karsinomu, nöroendokrin tümörler gibi hipervasküler tümörlerin metastazlarının ve AKK ve feokromositomanın hipervasküler olabileceği akılda tutulmalıdır (Resim 8) [7].

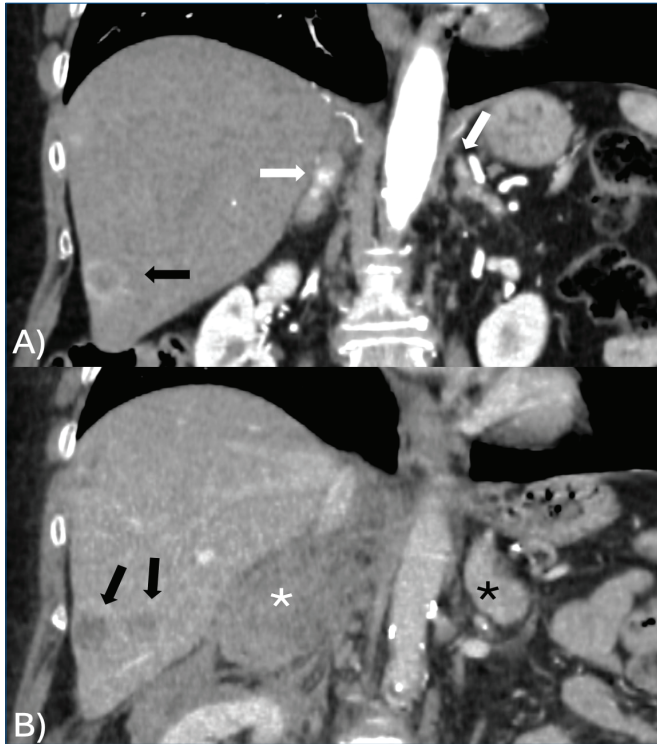
Pozitron emisyon tomografi-BT, FDG avid primer varlığında adrenal metastaz taraması ve ayırıcı tanısında yüksek öneme sahiptir ancak AKK, feokromositoma gibi malign lezyonların yüksek FDG afinitesi gösterebileceği ve adenomların düşük de olsa FDG afinitesi gösterebileceği unutulmamalıdır. Bilinen primer varlığında PSMA-PET ya da DOTA-PET gibi spesifik PET incelemeleri tanıda yüksek spesifisiteye sahiptir [6].

Lenfoma

Adrenal glandın lenfomatöz tutulumu nadirdir. Primer tutulumdan daha sık olanı sekonder/metastatik tutulumdur. İleri evre lenfoma hastalarının otopsi serilerinde adrenal gland tutulumu %25'e varan oranlarda bildirilmiştir [9].

İnsidansı 6. ve 7. dekadlarda pik yapar, erkeklerde daha sıktır. Olguların büyük çoğunluğu diffüz büyük B hücreli lenfomadır [32]. Olguların yaklaşık %50'sinde bilateral tutulum görülür.

Adrenal lenfomaların görüntüleme bulguları lenfomaların genel görüntüleme bulguları ile benzerdir. Fokal/multifokal kitleler olarak ya da glandın diffüz infiltratif genişlemesi şeklinde görülebilirler. Tanı anında sıklıkla büyük boyutlardadır. BT incelemede homojen yumuşak doku dansitesinde kitle şeklinde görülürler, kalsifikasyon ve nekroz gelişimi



Resim 8. Küçük hücreli akciğer kanseri tanılı olguda (A) postkontrast BT'nin koronal reformat incelemesinde her iki adrenal glandda (beyaz oklar) ve karaciğerde (siyah ok) kontrast tutulumu gösteren metastazlar. B) 3 ay sonra akut karın ağrısı nedeniyle elde edilen BT incelemede sağ adrenal glanddaki metastazlar düzeyinde hematoma alanı (beyaz yıldız) izlenmekte. Ayrıca sol adrenal glanddaki (siyah yıldız) ve karaciğer parankimindeki (siyah ok) metastazlarda progresyon dikkati çekmekte.

BT, bilgisayarlı tomografi.

nadirdir. MRG incelemede homojen T1A iso-hipointens, T2A iso-hiperintens kitlelerdir. Dinamik kontrastlı incelemede hafif kontrast tutulumu görülür. Sıklıkla belirgin diffüzyon kısıtlanması gösterirler. PET-BT incelemede FDG afinitesinin yüksek olması hastalığın evrelendirmesinde yardımcıdır (Resim 9) [6].

NEOPLASTİK OLMAYAN PATOLOJİLER

Hiperplazi ve Adrenal Kortikal Nodüler Hastalık

Adrenal glandın ters “Y” şeklini koruyarak bilateral diffüz genişlemesi (>10 mm) adrenal hiperplazi olarak adlandırılır. KAH dışında yalnızca ACTH uyarısı ile oluşur ve etyolojisinde 1) ACTH salgılayan hipofiz adenomu, 2) CRH-salgılayan hipotalamus lezyonu, 3) ektopik ACTH veya CRH salgılayan lezyonlar rol alabilir. Bunlardan en sık karşılaşılanı hipofiz

adenomudur ve Cushing hastalığı olarak adlandırılır. Ektopik ACTH salgısı ise sıklıkla paraneoplastik bir sendrom olarak görülür ve en sık kaynak küçük hücreli akciğer karsinomudur [24].

Konjenital adrenal hiperplazi en sık 21-hidroksilaz enzimi eksikliği sonucu ortaya çıkar ve kortizol ve aldosteron üretimi defektiftir. Bu olgularda artan ACTH baskısıyla seks hormonu üretimi artar ve hastalarda tuz kaybı ve kız çocuklarında ambiguus genitalya görülür [1]. Adrenal glandlarda diffüz hiperplazinin yanı sıra uzun süreli kontrolsüz KAH olgularında bilateral dev myelolipomlar görülebilir [6].

Dünya Sağlık Örgütü’nün 2022 sınıflamasıyla birlikte adrenal hiperplazi terimi, KAH dışında, yalnızca ACTH uyarımına bağlı olarak adrenal glandların fizyolojik kalınlaşması için saklanmıştır. Eskiden makronodüler ve mikronodüler adrenal hiperplazi olarak adlandırılan hastalıklar artık adrenokortikal nodüler hastalık başlığı altında toplanmıştır. Bunun en önemli nedeni bu nodüllerin hiperplastik bir yanıt değil, klonal proliferasyonlar sonucu oluşan benign neoplaziler olmasıdır. Bu grup hastalık 3 ana başlıkta incelenmektedir: sporadik nodüler adrenokortikal hastalık, bilateral mikronodüler adrenokortikal hastalık ve bilateral makronodüler adrenokortikal hastalık [24].

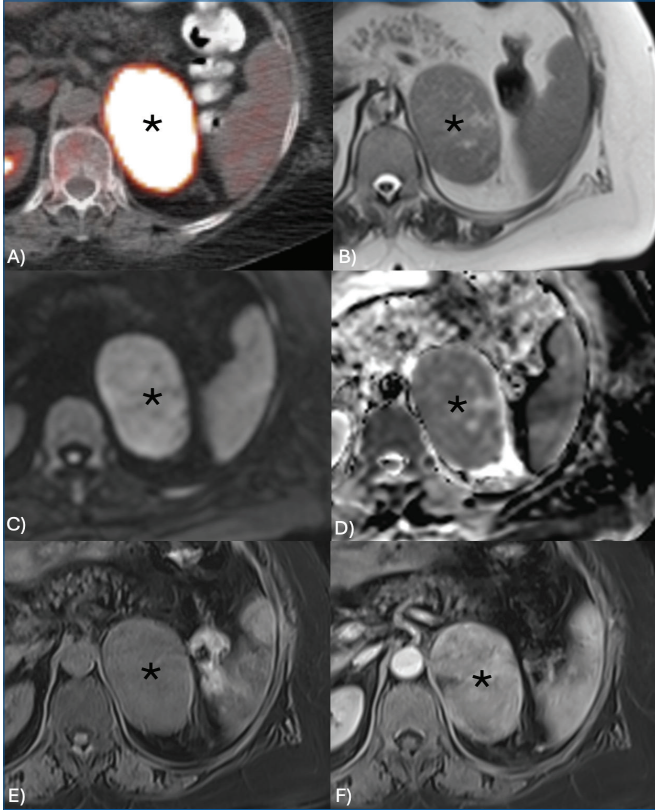
Sporadik nodüler adrenokortikal hastalık, tek ya da seyrek dağılım gösteren birden fazla fonksiyone olmayan mikronodül (<1 cm) ile karakterizedir. Fonksiyone olmayan adenomdan ayrımı yalnızca immünohistokimyasal olarak mümkündür.

Bilateral mikro- ve makronodüler adrenokortikal hastalık (eski adıyla ACTH-bağımsız mikro- ve makronodüler adrenal hiperplazi) sıklıkla endojen Cushing sendromu ile ilişkilidir ancak nadir görüldüklerinden endojen hiperkortizolizmin yaklaşık %2’sinden sorumludurlar. Mikronodüler hastalık neredeyse her zaman genetik temele sahiptir ve çocuklarda ve genç erişkinlerde görülür, makronodüler hastalık da çoğunlukla genetik yatkınlıkla ortaya çıkar ve olgular erişkin yaşta tanı alır. Mikronodüler hastalık Carney kompleksi olgularında sıklıkla rastlanır, makronodüler hastalık ise ailesel adenomatöz polipozis, MEN tip 1 gibi sendromlarda daha sık görülür [24].

Bilateral mikronodüler adrenokortikal hastalıkta nodüller genelde yağdan fakirdir, bu nedenle ve mikronodüllerden oluştuğu için nodülleri radyolojik olarak saptamak zordur. Öte yandan bilateral makronodüler adrenokortikal hastalıkta büyük boyutlara ulaşan gland yapısı ve yağdan zengin nodüler görünüm sayesinde tanıda radyolojik bulgular önem kazanmaktadır (Resim 10) [24].

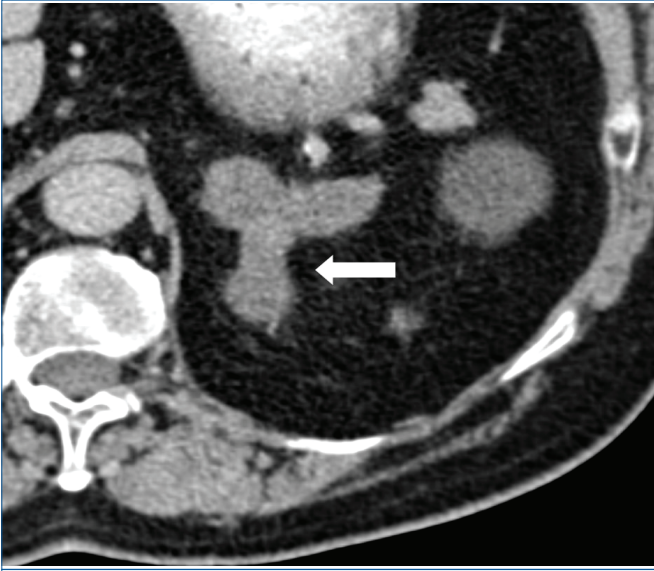
Hemoraji

Adrenal hemoraji travmatik ve travmatik olmayan olarak 2 grupta incelenir. Travmatik hemoraji genelde künt travma



Resim 9. Meme kanseri tanılı olguda sistemik tarama sırasında yapılan PET-BT (A) incelemede sol adrenal glandda insidental saptanan ve yoğun FDG hipermetabolizması gösteren kitle lezyonu izlenmekte (yıldız). Karakterizasyon için yapılan MRG incelemede (B) kitlenin T2A kesitlerde yumuşak doku sinyal intansitesinde olduğu, diffüzyon ağırlıklı görüntülerde (C) ve ADC haritada (D) kitlenin homojen diffüzyon kısıtlanması gösterdiği, dinamik kontrastlı incelemede (E ve F) homojen kontrast tutulumu seçilmesi üzerine yapılan histopatolojik incelemede diffüz büyük B hücreli lenfoma saptanmıştır.

FDG, fluorodeoksiglukoz; PET-BT, Pozitron emisyon tomografi-bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

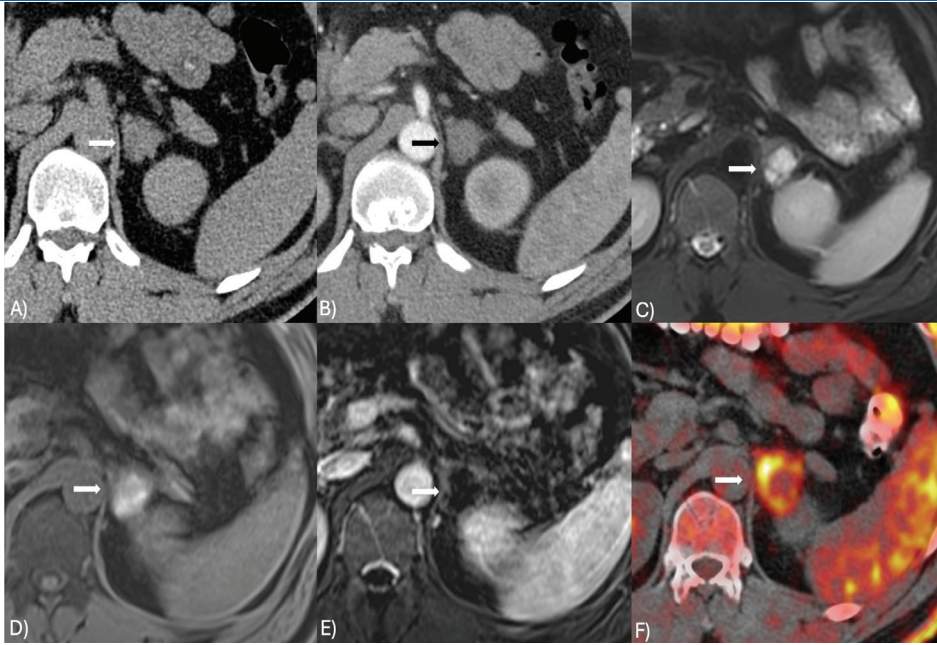


Resim 10. ACTH-bağımsız Cushing sendromu tanılı olguda yapılan BT incelemede adrenal glandda, glandın ters "Y" şeklinin korunduğu nodüler kalınlık artışı (ok) bilateral makronodüler adrenokortikal hastalık ile uyumlu bulunmuştur. Medikal tedaviye yeterli yanıt alınamayan olguda bilateral adrenalectomi uygulanmıştır.

ACTH, adenom adrenokortikotrop hormon; BT, bilgisayarlı tomografi.

sonrası oluşur ve tek taraflıdır. Hayatı tehdit edecek hemoraji olasılığı düşüktür ve bu hastalarda adrenal yetmezlik son derece nadirdir. Travmatik olmayan hemoraji ise yüksek fizyolojik stres durumlarında (sepsis, ağır yanık, postpartum vb.), kanama diyatezi/trombofil hastalarında ya da adrenal kitlenin kanaması şeklinde gerçekleşir. Stres durumlarında ve kanama diyatezi hastalarında bilateral olma eğilimindedir, sık olmamakla birlikte adrenal yetmezlik riski taşır [9].

Adrenal hemoraji BT incelemede akut dönemde yüksek dansiteye (50-90 HU) sahiptir. Takipte dansitesinde ve boyutunda giderek azalma beklenir. MRG incelemede hematoma beklenen evrimini takip eden sinyal değişimi gösterir. Görüntülemelerde altta yatabilecek kitle varlığı araştırılmalıdır (Resim 11). Adenom, myelolipom, feokromositoma, AKK ve metastazlarda hemoraji görülebilmekle birlikte kanama eğilimi en yüksek primer adrenal kitle feokromositomadır. Erken dönemde BT'de hiperdens ve MRG'de T1A hiperintens olması nedeniyle kontrast tutulumunun değerlendirmesi güç olmakla birlikte MRG'de çıkartma görüntüleri ile kontrast tutulumu gösteren solid komponent ortaya konabilir [12]. Kronik dönemde tamamen kaybolabilir ya da çepersel kalsifikasyon gösteren psödokist haline dönüşebilir.



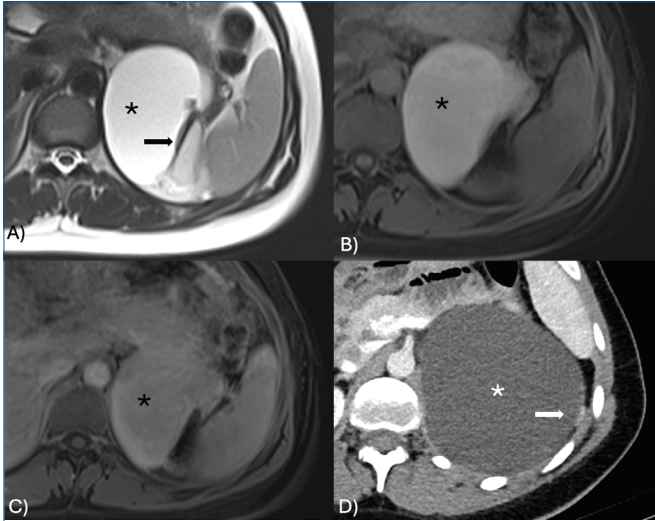
Resim 11. A ve B) Antifosfolipid sendromu tanılı hastada ani başlayan karın ağrısı nedeniyle yapılan BT incelemede sağ böbrekte segmenter enfarkt (gösterilmemiş) ve sol adrenal glandda postkontrast incelemede kontrast tutulumu göstermeyen lezyon (beyaz ve siyah oklar) izlenmiştir. Karakterizasyon amacıyla yapılan MRG incelemede lezyonun T2A (C) ve T1A (D) incelemelerde hiperintens olduğu, postkontrast çıkartma görüntülerde (E) lezyonda belirgin kontrastlanma izlenmemiş olup hemoraji lehine değerlendirilmiştir. Altta yatabilecek olası bir malignite değerlendirmesi için yapılan PET-BT incelemede (F) lezyon çevresinde hafif artmış FDG metabolizması saptanması üzerine rezeksiyon uygulanan olguda patolojik incelemede venöz tromboza sekonder hemorajik enfarkt saptanmıştır.

PET-BT, Pozitron emisyon tomografi-bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; FDG, fluorodeoksiglukoz.

Kist

Adrenal gland lezyonları arasında kistler nadir olarak görülür, genelde asemptomatiktirler. 4 patolojik alt tipte incelenirler: endotelyal (vasküler), epitelyal (gerçek), parazitik (enfektif) kistler ve psödokistler. Endotelyal kistler endotel ile döşeli, hemanjiomatöz-lenfanjiomatöz kistlerdir, dilate/tromboze kan ya da lenfatik damarlarından geliştiği düşünülür (Resim 12). Epitelyal (gerçek) kistler mezotelyal remnantlardan köken alır ve nadirdir [10]. Parazitik kistler ekinokok enfeksiyonunun adrenal gland tutulumudur ve sıklıkla ekstraadrenal hastalığa eşlik eder, izole adrenal hidatik kist oldukça nadirdir. Psödokistler tüm adrenal kistlerin yaklaşık %80'ini oluşturur, fibröz dokuyla çevrilidir ve geçirilmiş hemorajiye sekonder oluştuğu düşünülür (Resim 13). Olgularda geçmiş travmatik ya da spontan hemoraji öyküsü sıklıkla elde edilemez [10].

Adrenal kistler genelde insidentalomalar şeklinde görülürler. BT incelemede genelde 20 HU'dan az dansiteye sahip olmaları nedeniyle adenom ayırıcı tanısına girerler. Böbrek kistlerinden elde edilen deneyimle dinamik kontrastlı incelemede 10 HU'dan az dansite artımı komşu dokuların kontrastlanmasının yol açtığı ışın sertleşmesi ve parsiyel volüm artefaktı olarak değerlendirilir ve psödokontrastlanma olarak adlandırılır. Bu

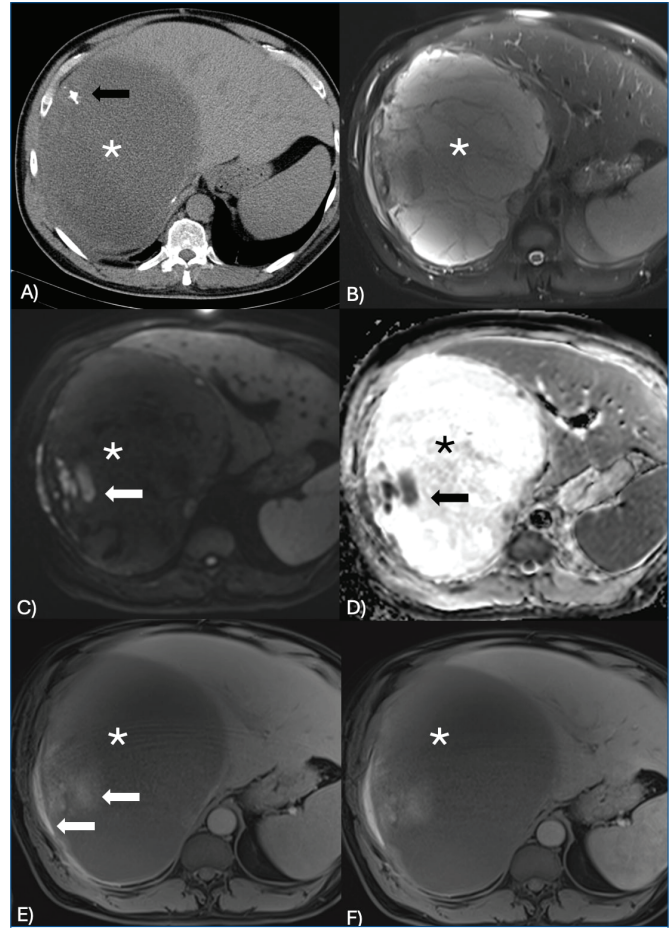


Resim 12. Başka amaçla yapılan abdomen MRG incelemede sol adrenal glandda kist (yıldız) saptanan olguda (A) kist duvarında T2A hipointens solid bir alan saptandı (ok). Prekontrast T1A incelemede (B) kist içerisinde muhtemel hemorajik-proteinöz içeriğe sekonder yüksek sinyal izlenirken postkontrast T1A incelemede (C) lezyon duvarında seçilen solid alanda, kist içeriğinden ayırt edilebilen kontrast tutulumu saptanmamıştır. D) 6 ay sonra yapılan kontrol BT görüntülemesinde kistin boyutunun arttığı ve solid komponentin (ok) görülmesi üzerine yapılan rezeksiyonda adrenal endotelyal kist saptanmış, lezyon duvarında seçilen solid yapının basıya uğramış adrenal gland parankimi olduğu görülmüştür.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

artefaktlar özellikle küçük kistlerde belirgin olup boyut arttıkça ölçüm güvenilirliği artacaktır [12]. Kontrastsız BT'de 20 HU'dan düşük dansiteye sahip lezyonda solid-kistik karakterizasyon için USG ucuz ve güvenilir bir yöntemdir [6].

Adrenal kistlerde kalsifikasyon görece sık bir bulgudur. Endotelyal kistlere genelde septal kalsifikasyon eşlik ederken psödokistlerde ve parazitik kistlerde çepersel kalsifikasyon daha sıktır. Parazitik kistler, diğer organların ekinokok tutulumu ile benzer radyolojik evrimi gösterir ve Dünya Sağlık Örgütü kontrast artışı (CE) 3 ve 4 kistler solidifiye alanlar, CE 5 kistler solidifiye ve kalsifik alanlar içerebilir, bazı olgularda maligniteden ayırım için MRG ile internal kontrast tutulumunun olmadığının gösterilmesi gerekebilir [6].



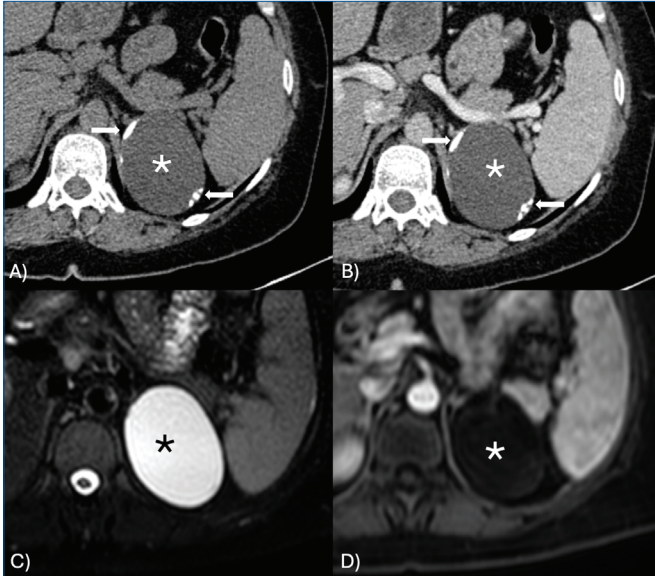
Resim 13. A) Aralıklı karın ağrısı ve ele gelen şişlik nedeniyle yapılan bilgisayarlı tomografi incelemede sağ adrenal glandda büyük kistik bir kitle (yıldız) ve içerisinde kaba kalsifikasyon alanı izlenmiştir. Manyetik rezonans görüntüleme incelemede T2A görüntülerde (B) kistin içerisinde retiküler septasyonlar görülmekte. Diffüzyon ağırlıklı görüntüde (C) ve ADC haritada (D) kistin içerisinde diffüzyon kısıtlanması gösteren odaklar izlenmiş olup prekontrast (E) ve postkontrast (F) T1A görüntülerde bu odaklarda ve kist periferinde kresantik bir alanda spontan yüksek sinyal intensitesi hemorajik alanlar lehine değerlendirilmiştir. Rezeksiyon sonucunda değişik kanama evreleri içeren psödokist saptanmıştır.

Bilgisayarlı tomografi ve MRG'de adrenal gland kistlerinde mural ve septal ince kontrastlanma görülebilir. Kalın mural/septal kontrastlanma ya da kontrast tutulumu gösteren solid nodülerite kistik/nekrotik maligniteler (AKK, feokromositoma, metastaz gibi) için kuşku bulgularıdır [9]. Kist boyutlarında interval değişiklik sık bildirilir, malignite için spesifik bir bulgu değildir.

Enfeksiyon

Adrenal glandın bakteriyel, viral, fungal ve parazitik enfeksiyonları görülebilir. Dünya'da primer adrenal yetmezliğin önde gelen nedeni enfeksiyonlarken gelişmiş ülkelerde bu oran %10'a düşmektedir, etyolojide en yüksek oranda rol oynayan organizma *Mycobacterium tuberculosis*'tir [33]. Ayrıca dissemine fungal enfeksiyon hastalarının yaklaşık %80'inin otopsisinde adrenal tutulum görülmüştür [9].

Bakteriyel sepsis hastalarında hipotalamus-hipofiz-adrenal aksında şiddetli uyarımın sonucu olarak adrenal hemoraji riski artmaktadır. Sepsis zemininde bilateral adrenal hemorajinin yol açtığı adrenal yetmezlik Waterhouse-Friderichsen sendromu olarak adlandırılır ve en sık meningokok, pnömokok ve *Haemophilus Influenza* enfeksiyonlarında görülür. Bunun dışında doğrudan bakteriyel adrenalit durumlarında adrenal glandlarda genişleme ve komşu yağ planlarında enflamatuvar bulgular-yoğunluk artışları saptanır. Adrenal abse nadirdir ve neredeyse her zaman hematogen yolla yayılım sonucu oluşur.



Resim 14. Spesifik olmayan karın ağrısı nedeniyle tetkik edilirken sol adrenal glandda kistik lezyon (yıldız) saptanan olguda prekontrast (A) ve postkontrast (B) bilgisayarlı tomografi incelemede kistin periferinde kalsifikasyonlar (ok) saptanmıştır. Manyetik rezonans görüntüleme incelemede T2A (C) hiperintens kistin içinde ve periferinde geç faz kontrastlı kesitlerde (D) dahi kontrast tutulumu izlenmeyen lezyonu rezeksiyonu sonucunda hemanjiom saptanmıştır.

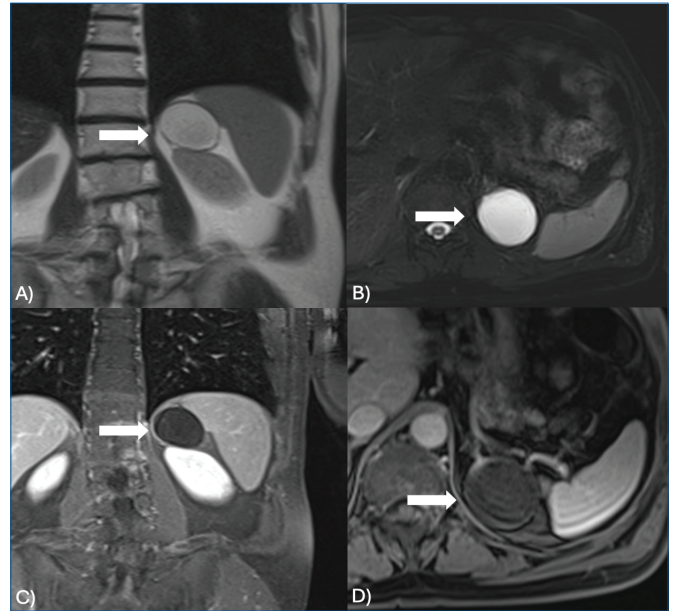
Bu durumda da uni/multiloküle kistik lezyon ve komşu yağ planlarında enflamatuvar değişiklikler seçilir. MRG incelemede santral diffüzyon kısıtlılığı eşlik eder [9]. Tüberkülozun adrenal tutulumu sıklıkla asemptomatik olabilmektedir. Görüntülemede erken dönemde adrenal glandda uni/bilateral genişleme, kronik dönemde atrofi ve kalsifikasyon tipiktir.

Viral adrenalitte en önemli etyolojik faktör insan bağışıklık yetmezlik virüsü (HIV) enfeksiyonudur. Glandda nekroz, fibrozis, hemoraji ya da neoplastik tutulum görülebilir. Enfeksiyon 3 mekanizma ile gerçekleşir, 1) HIV'in doğrudan tutulumu, 2) oportunistik enfeksiyonların tutulumu (en sık sito-megalovirüs), 3) Kaposi sarkomu ve *non-Hodgkin* lenfoma gibi eşlik eden neoplazilerin tutulumu. Ayrıca 2019 Koronavirüs hastalığı hastalarında tutulum bildirilmiş olup hemorajinin de eşlik edebildiği spesifik olmayan adrenalit bulguları tanımlanmıştır [33].

Adrenal glandın fungal tutulumu özellikle fungal sepsis hastalarında çok sıktır. En sık histoplazma enfeksiyonu görülür, görüntüleme bulguları tüberküloz enfeksiyonları ile benzerlik gösterir. Adrenal glandın paraziter enfestasyonu ekinokok tutulumudur ve adrenal kistler başlığında ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Hemanjiom ve Lenfanjiom

Adrenal glandın hemanjiom ve lenfanjiomu son derece nadirdir. Neredeyse her zaman asemptomatiktir.



Resim 15. Sol adrenal glandda yağ baskısız koronal (A) ve yağ baskılı aksiyal (B) T2A görüntülerde sol adrenal glandda ince duvarlı T2A hiperintens kistik lezyonda (C ve D) postkontrast T1A görüntülerde kiste belirgin kontrastlanma seçilmemekte. Rezeksiyon sonucunda patolojik değerlendirmede lenfanjiom saptandı.

Hemanjiom karaciğer hemanjiomları ile benzer patolojik ve radyolojik özelliklere sahiptir. Kapiller ya da kavernoöz venöz malformasyondur. BT'de düzgün konturlu hafif hipodens lezyon olarak görülür, MRG'de periferik kesintili kontrastlanma patonomonik olmakla birlikte sık değildir, T2A yüksek sinyal intansitesi tipiktir. Flebolit içerebilir (Resim 14). Lenfanjiom ise vücudun diğer kesimlerdeki lenfanjiomlar gibi uni/multiloküle ince duvarlı kistik lezyon şeklinde görülür. Adrenal kistlerden ayrımı her zaman mümkün değildir (Resim 15) [9].

Kollizyon Tümör

Kollizyon tümör aynı kitle içerisinde birbirinden farklı histolojiye sahip 2 ayrı neoplazinin bulunmasıdır. Adrenal glandın volümünün küçük olmasına rağmen benign ve malign patolojilerinin sık olması nedeniyle kollizyon tümör riski nadir de olsa bulunmaktadır. En sık rastlanan patolojiler adenom-myelolipom ve adenom-metastazdır. Görüntülemelerde 2 farklı patolojiye ait tipik bulgular olması tanıda yardımcı olabilir. Özellikle malignite tanılı olgularda adrenal glandda takip edilen benign bir lezyonda hızlı boyut artışı ve yeni gelişen yumuşak doku komponenti metastaz şüphesi uyandırabilir [7]. Adrenal kollizyon tümörlerinde intraselüler yağ adenom komponentinde bulunduğundan, lezyon içinde fokal yağ içeriği (BT'de düşük dansite ya da MRG'de faz dışı seride sinyal kaybı) saptanması kollizyonu akla getirir de, kollizyonların nadirliği ve adenomların yüksek prevalansı nedeniyle bu bulgu izole adenomlarda daha sık görülmektedir [12].

Adrenal İnsidentalomalara Yaklaşım

Adrenal insidentaloma, hastanın mevcut klinik yakınmalarıyla ilişkili olmayan ve başka bir nedenle yapılan görüntüleme sırasında tesadüfen saptanan kitle ya da lezyonlar olarak tanımlanır [2, 3].

Amerikan Radyoloji Koleji'nin 2017 yılında yayınlayıp 2021 yılında güncellediği insidental adrenal kitlelerin yönetimine dair yönergeleri bulunmaktadır [3, 34]. Bu yönergelere göre adrenal kitlelerin yönetiminde en önemli parametre tanısal benign bulguların belirlenmesidir. Bu bulgular; makroskopik yağ (myelolipom), kontrastsız BT'de 10 HU'dan düşük dansiteye sahip olma (adenom), kalsifik kitle görünümü (yüksek olasılıkla eski hematoma ya da kalsifiye granülom), dinamik kontrastlı BT incelemede 10 HU'dan daha az dansite artışı gösterme (kist ya da hematoma), MRG'de kimyasal kayma görüntü ile faz dışı seride sinyal kaybı gösterme (adenom) olarak sıralanabilir. Tanısal benign bulguların olduğu olgularda malignite kuşkusu boyuttan bağımsız olarak yok denecek kadar azdır ve ek tetkik gerekmemektedir.

Tanısal benign bulguların olmadığı adrenal kitleler belirsiz görüntüleme bulgusuna sahip kitleler olarak adlandırılır. Bu

lezyonlarda yönetim boyuta ve olgunun malignite öyküsüne göre yapılır. İnsidental saptanan 1 cm'den küçük lezyonlar benign kabul edilir ve ek tetkik gerektirmez.

Görüntüleme bulguları belirsiz kitlelerden 1-4 cm arası boyuta sahip olanlar malignite öyküsü yoksa neredeyse her zaman benigndir. Bu hastalardan eski görüntülemeleri elde edilebilenlerde 1 yıldan fazla boyut stabilitesi benignite kanıtı olarak değerlendirilir ve ek tetkike gerek görülmez. Eski tetkikine göre yeni gelişen ya da hızlı boyut artışı gösteren olgularda malignite öyküsü varsa PET-BT ve/veya biyopsi ile tetkik önerilir, malignite öyküsü yoksa biyokimyasal değerlendirmenin ardından AKK olasılığı da göz önünde bulundurularak rezeksiyon önerilir.

Görüntüleme bulguları belirsiz, 1-4 cm arası boyuta sahip, ilk görüntülemesi olan olgularda malignite öyküsü yoksa; 1-2 cm arası lezyonlar neredeyse her zaman benigndir ve 12 ay sonra kontrol görüntüleme önerilir. 2-4 cm arası lezyonlar için ise adrenal protokolünde BT ile *wash-out* değerlendirmesi önerilir, *wash-out* eşliğini geçen olgularda adenom kabul edilmesi, *wash-out* eşliğini geçmeyen olgularda ise 6-12 ay sonra kontrol görüntüleme önerilmektedir. Görüntüleme bulguları belirsiz, 1-4 cm arası boyuta sahip, ilk görüntülemesi olan olgularda malignite öyküsü varsa doğrudan adrenal protokolünde BT ve MRG çekilmesi önerilir. Bu görüntülemelerde lezyon karakterize edilemezse kitle içerisinde santral nekroz, kontur düzensizliği, kalın kontrast tutan çeper gibi malignite açısından kuşkulu bulgular araştırılmalı ve klinik senaryoya göre PET-BT ve/veya biyopsi açısından değerlendirilmelidir.

Görüntüleme bulguları belirsiz, 4 cm'den büyük lezyonlarda malignite olasılığı belirgin arttığından biyokimyasal değerlendirmenin ardından rezeksiyon önerilmektedir.

SONUÇ

Adrenal gland lezyonları günlük radyoloji pratiğinde sık karşılaşılan patolojilerdir, başka yakınma için yapılan görüntülemelerde rastlanan insidentalomalarda malignite riski çok düşükken büyük boyuta sahip ya da onkolojik hastalarda yapılan taramada saptanan adrenal lezyonlarda malignite riski artmaktadır. Lezyon karakterizasyonunun doğru yapılması, hastaları hem önemli patolojilerin atlanmasından korumak için hem de gereksiz tanısal işlemlerin hastalarda oluşturacağı riskleri minimize etmek için hayati önem taşımaktadır. BT ve MRG olguların büyük çoğunluğunda sorun çözücü olmakla birlikte ultrason ve nükleer tıp uygulamalarının akılcı kullanımı mümkün olan en yüksek tanısal doğruluğu sağlayacaktır. Endokrinolojik değerlendirmeler adrenal glandın benign ve malign lezyonlarında tanı ve tedaviyi yönlendirmede yol gösterici olmaktadır.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Referanslar

- Yokoyama K, Matsuki M, Isozaki T, Ito K, Imokawa T, Ozawa A, et al. Advances in multimodal imaging for adrenal gland disorders: integrating CT, MRI, and nuclear medicine. *Jpn J Radiol.* 2025; 43: 903-26. [CrossRef]
- Rowe NE, Kumar RM, Schieda N, Siddiqi F, McGregor T, McAlpine K, et al. Canadian Urological Association guideline: diagnosis, management, and followup of the incidentally discovered adrenal mass. *Can Urol Assoc J.* 2023; 17: 12-24. [CrossRef]
- Expert Panel on Urological Imaging; Mody RN, Remer EM, Nikolaidis P, Khatri G, Dogra VS, et al. ACR appropriateness criteria® adrenal mass evaluation: 2021 update. *J Am Coll Radiol.* 2021; 18: S251-67. [CrossRef]
- Kahramangil B, Kose E, Remer EM, Reynolds JP, Stein R, Rini B, et al. A Modern Assessment of Cancer Risk in Adrenal Incidentalomas: analysis of 2219 Patients. *Ann Surg.* 2022; 275: e238-44. [CrossRef]
- Bracci B, De Santis D, Del Gaudio A, Faugno MC, Romano A, Tarallo M, et al. Adrenal lesions: a review of imaging. *Diagnostics (Basel).* 2022; 12: 2171. [CrossRef]
- Chung R, Garratt J, Remer EM, Navin P, Blake MA, Taffel MT, et al. Adrenal neoplasms: lessons from adrenal multidisciplinary tumor boards. *Radiographics.* 2023; 43: e220191. [CrossRef]
- Adam SZ, Nikolaidis P, Horowitz JM, Gabriel H, Hammond NA, Patel T, et al. Chemical shift MR imaging of the adrenal gland: principles, pitfalls, and applications. *Radiographics.* 2016; 36: 414-32. [CrossRef]
- Sherlock M, Scarsbrook A, Abbas A, Fraser S, Limumpornpetch P, Dineen R, et al. Adrenal Incidentaloma. *Endocr Rev.* 2020; 41: 775-820. [CrossRef]
- Lattin GE Jr, Sturgill ED, Tujo CA, Marko J, Sanchez-Maldonado KW, Craig WD, et al. From the radiologic pathology archives: adrenal tumors and tumor-like conditions in the adult: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics.* 2014; 34: 805-29. [CrossRef]
- Mete O, Erickson LA, Juhlin CC, de Krijger RR, Sasano H, Volante M, et al. Overview of the 2022 WHO classification of adrenal cortical tumors. *Endocr Pathol.* 2022; 33: 155-96. [CrossRef]
- Johnson PT, Horton KM, Fishman EK. Adrenal imaging with multidetector CT: evidence-based protocol optimization and interpretative practice. *Radiographics.* 2009; 29: 1319-31. [CrossRef]
- Nandra G, Duxbury O, Patel P, Patel JH, Patel N, Vlahos I. Technical and interpretive pitfalls in adrenal imaging. *Radiographics.* 2020; 40: 1041-60. [CrossRef]
- Seo JM, Park BK, Park SY, Kim CK. Characterization of lipid-poor adrenal adenoma: chemical-shift MRI and washout CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2014; 202: 1043-50. [CrossRef] Erratum in: *AJR Am J Roentgenol.* 2019; 212: 232. [CrossRef]
- Sangwaiya MJ, Boland GW, Cronin CG, Blake MA, Halpern EF, Hahn PF. Incidental adrenal lesions: accuracy of characterization with contrast-enhanced washout multidetector CT--10-minute delayed imaging protocol revisited in a large patient cohort. *Radiology.* 2010; 256: 504-10. [CrossRef]
- Corwin MT, Badawy M, Caoili EM, Carney BW, Colak C, Elsayes KM, et al. Incidental adrenal nodules in patients without known malignancy: prevalence of malignancy and utility of washout CT for characterization-A multiinstitutional study. *AJR Am J Roentgenol.* 2022; 219: 804-12. [CrossRef]
- Guccione J, Soliman M, Zhang M, Habra MA, Collins K, Zhao J, et al. Imaging characteristics of pathologically proven adrenal adenomas with myelolipomatous degeneration: correlation with clinical and pathologic features. *Br J Radiol.* 2022; 95: 20210555. [CrossRef]
- Corwin MT, Navarro SM, Malik DG, Loehfelm TW, Fananapazir G, Wilson M, et al. Differences in growth rate on CT of adrenal adenomas and malignant adrenal nodules. *AJR Am J Roentgenol.* 2019; 213: 632-6. [CrossRef]
- Hamidi O, Raman R, Lazik N, Iniguez-Ariza N, McKenzie TJ, Lyden ML, et al. Clinical course of adrenal myelolipoma: a long-term longitudinal follow-up study. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2020; 93:11-8. [CrossRef]
- Schieda N, Siegelman ES. Update on CT and MRI of adrenal nodules. *AJR Am J Roentgenol.* 2017; 208: 1206-17. [CrossRef]
- Ranathunga DS, Cherpak LA, Schieda N, Flood TA, McInnes MDF. Macroscopic fat in adrenocortical carcinoma: a systematic review. *AJR Am J Roentgenol.* 2020; 214: 390-4. [CrossRef]
- Decmann Á, Perge P, Tóth M, Igaz P. Adrenal myelolipoma: a comprehensive review. *Endocrine.* 2018; 59: 7-15. [CrossRef]
- Howard B, Elsayed A, Klimkowski S, Lee J, Elsayes K. Imaging of adrenocortical carcinoma: an update. *Semin Roentgenol.* 2025; 60: 78-87. [CrossRef]
- Lam AK. Adrenocortical carcinoma: updates of clinical and pathological features after renewed World Health Organisation classification and pathology staging. *Biomedicine.* 2021; 9: 175. [CrossRef]
- Mete O, Erickson LA, Juhlin CC, de Krijger RR, Sasano H, Volante M, et al. Overview of the 2022 WHO classification of adrenal cortical tumors. *Endocr Pathol.* 2022; 33: 155-96. [CrossRef]
- Fassnacht M, Puglisi S, Kimpel O, Terzolo M. Adrenocortical carcinoma: a practical guide for clinicians. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2025; 13: 438-52. [CrossRef]
- Bedrose S, Daher M, Altameemi L, Habra MA. Adjuvant therapy in adrenocortical carcinoma: reflections and future directions. *Cancers (Basel).* 2020; 12: 508. [CrossRef]
- Constantinescu G, Preda C, Constantinescu V, Siepmann T, Bornstein SR, Lenders JWM, et al. Silent pheochromocytoma and paraganglioma: Systematic review and proposed definitions for standardized terminology. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022; 13: 1021420. [CrossRef]
- Neumann HPH, Young WF Jr, Eng C. Pheochromocytoma and paraganglioma. *N Engl J Med.* 2019; 381: 552-65. [CrossRef]
- Buitenwerf E, Korteweg T, Visser A, Haag CMSC, Feelders RA, Timmers HJLM, et al. Unenhanced CT imaging is highly sensitive to exclude pheochromocytoma: a multicenter study. *Eur J Endocrinol.* 2018; 178: 431-7. [CrossRef]
- Araujo-Castro M, García Centeno R, Robles Lázaro C, Parra Ramírez P, Gracia Gimeno P, Rojas-Marcos PM, et al. Predictive model of pheochromocytoma based on the imaging features of the adrenal tumours. *Sci Rep.* 2022; 12: 2671. [CrossRef]
- Alshahrani MA, Bin Saeedan M, Alkhunaizan T, Aljohani IM, Azzumee FM. Bilateral adrenal abnormalities: imaging review of different entities. *Abdom Radiol (NY).* 2019; 44: 154-79. [CrossRef]
- Wang Y, Ren Y, Ma L, Li J, Zhu Y, Zhao L, et al. Clinical features of 50 patients with primary adrenal lymphoma. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020; 11: 595. [CrossRef]
- Abreu-Gomez J, Murad V, Ezzat S, Navin PJ, Westphalen AC. Adrenal infections update: how radiologists can contribute to patient care. *Br J Radiol.* 2025; 98: 496-508. [CrossRef]
- Mayo-Smith WW, Song JH, Boland GL, Francis IR, Israel GM, Mazzaglia PJ, et al. Management of incidental adrenal masses: a white paper of the ACR incidental findings committee. *J Am Coll Radiol.* 2017; 14: 1038-44. [CrossRef]

1. Adrenal protokollü BT'de hangi wash-out değerleri adenom lehine değerlendirilir?
 - a. Mutlak ≥ 40 , rölatif ≥ 20
 - b. Mutlak ≥ 50 , rölatif ≥ 30
 - c. Mutlak ≥ 80 , rölatif ≥ 60
 - d. Mutlak ≥ 30 , rölatif ≥ 15
 - e. Mutlak ≥ 60 , rölatif ≥ 40
2. Dinamik kontrastlı BT incelemede adrenal gland lezyonunda 10 HU'dan az dansite artışı en çok hangisini düşündürür?
 - a. Adenom
 - b. Kist veya hemoraji
 - c. Metastaz
 - d. Feokromositoma
 - e. AKK
3. BT'de feokromositoma tanısında aşağıdaki bulgulardan hangisi tipiktir?
 - a. 10 HU'dan düşük dansite değeri
 - b. Erken fazda kontrast tutulumu olmayan kitle
 - c. Portal fazda >130 HU dansite değeri
 - d. 15. dakikada belirgin wash-out
 - e. Faz dışı sekanslarda sinyal kaybı
4. Adrenal glandda küçük lezyonlarda kimyasal kayma görüntülemeye yalancı sinyal kaybına yol açabilen tuzak aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Parsiyel volüm artefaktı
 - b. Faz içi sinyal düşüşü
 - c. Yağ-su arayüzünde çini mürekkebi artefaktı
 - d. Aşırı uzun TR seçimi
 - e. Faz kaydırma artefaktı
5. Adrenal glandda geçirilmiş hemoraji sonucu geliştiği düşünülen kist tipi hangisidir?
 - a. Endotelyal (vasküler) kist
 - b. Epitelyal (gerçek) kist
 - c. Parazitik (hidatik) kist
 - d. Psödokist
 - e. Lenfanjiom

Cevaplar: 1e, 2b, 3c, 4c, 5,d

Pankreasın Endokrin Hastalıklarında Radyolojik Değerlendirme

Radiological Evaluation in Endocrine Diseases of the Pancreas

Elif Gündoğdu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

ÖZ

Bu yazı, pankreasın nöroendokrin neoplazilerinin (PanNEN) radyolojik değerlendirmesini, tanı ve evrelemede görüntüleme tekniklerinin rollerini ele almaktadır. PanNEN'lerin en belirgin radyolojik özellikleri arteriyel fazda hipervasküler olmalarıdır. Bu özelliği nedeniyle PanNEN'ler ile karışabilecek ayırıcı tanı olasılıkları değerlendirilmiş, bu durumların radyolojik ayırımı açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel pankreas tümörleri, fonksiyonel olmayan pankreas tümörleri, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme

ABSTRACT

This article discusses the radiological evaluation of pancreatic neuroendocrine neoplasms (PanNEN), focusing on the role of imaging techniques in diagnosis and staging. The most characteristic radiological feature of PanNENs is their hypervascularity in the arterial phase. Due to this feature, potential differential diagnoses that may be confused with PanNENs are evaluated, and the radiological distinctions of these conditions are explained.

Keywords: Functional pancreatic tumors, non-functional pancreatic tumors, computed tomography, magnetic resonance imaging

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Pankreasın nöroendokrin neoplazilerinin (PanNEN) sınıflamasını bilmek.
- PanNEN'lerin alt tiplerine göre görüntüleme özelliklerini tanımlamak.
- PanNEN tanısında kullanılan radyolojik yöntemleri karşılaştırarak uygun görüntüleme yaklaşımını belirleyebilmek.
- PanNEN'lerin ayırıcı tanısında karşılaşılan başlıca lezyonları ve onların görüntüleme bulgularını tanımlayabilmek.

GİRİŞ

Pankreasın endokrin hastalıklarını, diabetes mellitus (DM) ve pankreasın nöroendokrin neoplazileri (panNEN) oluşturmaktadır. DM, klasik semptomların varlığında laboratuvar bulgularıyla kolaylıkla tanı konulabilen bir hastalık olup glukagonoma şüphesi dışında tanı sürecinde radyolojik görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Buna karşılık panNEN'ler, tanı sürecinde klinik bulgular, biyokimyasal testler ve görüntüleme yöntemlerinin bir arada

değerlendirilmesini gerektiren, daha karmaşık patolojilerdir. Bu nedenle, bu yazıda esas olarak panNEN'lerin radyolojik değerlendirilmesi üzerinde durulacaktır.

Pankreasın Nöroendokrin Neoplazileri

Pankreatik nöroendokrin neoplaziler, duktal pluripotent kök hücrelerden köken alan, nadir görülen tümörlerdir ve tüm pankreas neoplazilerinin yaklaşık %1-10'unu oluştururlar [1]. Son yıllarda görüntüleme tekniklerindeki teknolojik gelişmeler ve klinik farkındalığın artması, panNEN'lerin tanı sıklığında



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Elif Gündoğdu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

E-posta: elif_basbay@hotmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-1729-6958

Geliş Tarihi/Received: 03.06.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 05.08.2025 **Epub:** 15.10.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Gündoğdu E. Radiological evaluation in endocrine diseases of the pancreas. *Trd Sem.* 2025;13(3):384-396



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

artışa neden olmuştur. PanNEN'lerin büyük bir bölümü sporadik olarak görülürken, yaklaşık %10'u multipl endokrin neoplazi tip 1 (MEN1), MEN4, Von Hippel-Lindau sendromu (VHL) (Resim 1), tuberoskleroz kompleksi (TSK), nörofibromatoz tip 1 (NF1) ve Mahvash hastalığı gibi kalıtsal sendromlarla ilişkilidir [2].

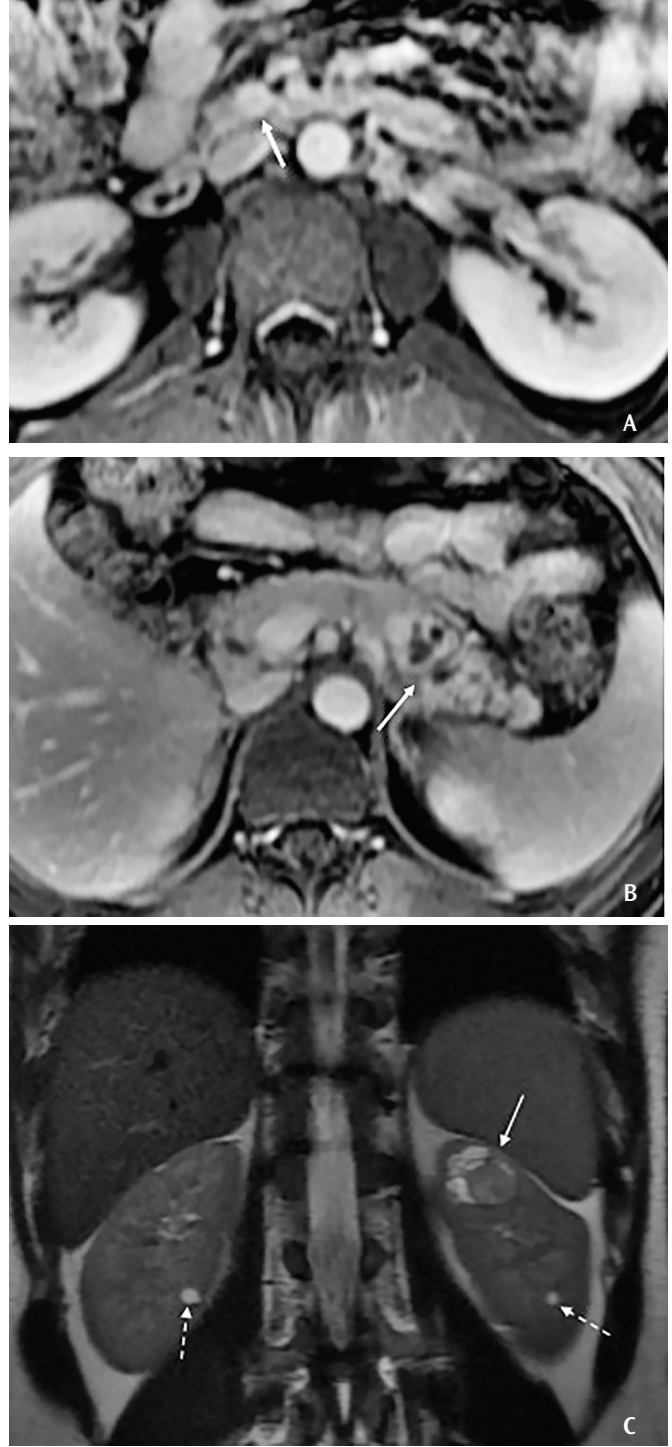
Pankreasın nöroendokrin neoplazileri klinik olarak fonksiyonel ve fonksiyonel olmayan olarak; patolojik olarak ise diferansiyasyon derecesine göre sınıflandırılmaktadır [3]. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2022 yılında güncellenen patolojik sınıflandırma sisteminde, tümör hücrelerinin morfolojisi, proliferasyon hızı, mitotik aktivite ve Ki-67 indeksi temel alınarak tümörler, iyi ve kötü diferansiye olmak üzere iki ana gruba ayrılmış ve bu gruplar alt sınıflar halinde tanımlanmıştır (Tablo 1) [4]. Bu sınıflandırma, hastanın prognozu ve tedavi stratejisinin belirlenmesi açısından öneme sahiptir. Fonksiyonel sınıflama ise tümörün hormon salgılayıp salgılamamasına göre yapılan bir sınıflamadır. Uygunsuz yüksek hormon salınımına bağlı olarak gelişen semptom ve bulgular, patolojik değerlendirmeden önce klinikte tanısıl bir yol gösterici olarak değerlendirilmektedir.

Fonksiyonel Olmayan PanNEN'ler

Fonksiyonel olmayan panNEN'ler, tüm panNEN'lerin %50-85'ini oluşturmaktadır [5]. Fonksiyonel olan tümörler salgıdıkları hormonların neden olduğu özgün klinik tablolar nedeniyle erken dönemde semptom verirken; fonksiyonel olmayanlar genellikle insidental olarak saptanmakta veya ileri evrede metastatik yayılım ya da lokal kitle etkisi sonucu semptomatik hale gelmektedir. Tanı anında büyük boyutlarda ve ileri evrede olma eğilimindedir [5]. Bu grup panNEN'lerin malignite potansiyeli oldukça yüksektir (%85-100) ve genel sağkalım süreleri, fonksiyonel panNEN'lere kıyasla daha düşüktür [6].

Tanı sürecinde başlıca görüntüleme yöntemleri arasında multifazik kontrastlı bilgisayarlı tomografi (BT), dinamik kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve endoskopik ultrasonografi (EUS) yer almaktadır [5]. Transabdominal US, düşük duyarlılığı nedeniyle genellikle tercih edilmez; bu yöntemin katkısı, insidental lezyon saptamasıyla sınırlıdır [5].

Fonksiyonel olmayan panNEN'lerin değerlendirilmesinde ilk tercih edilen yöntem, invaziv olmaması ve evreleme açısından etkinliği nedeniyle multifazik BT'dir [7]. Ancak primer tümör duyarlılığı açısından en yüksek başarı oranı EUS'a aittir [5]. Metastazların en sık görüldüğü organ olan karaciğerde, MRG görüntüleme BT'ye göre daha üstündür. Özellikle cerrahi açısından değerlendirilen rezektabl oligometastatik karaciğer tutulumlarında, hepatobilier kontrast ajanların geç faz görüntüleri ve difüzyon ağırlıklı sekansların görüntüleme protokolüne dâhil edilmesi önerilmektedir.



Resim 1. Yirmi iki yaşında VHL tanılı hastada, histopatolojik olarak doğrulanmış non-fonksiyone panNEN'ler ile renal hücreli karsinom. Yağ baskılı T1A MRG'de geç arteriyel fazda A) ünsinat süreçte hipervasküler homojen kitle (beyaz ok), B) pankreas kuyruk kesiminde solid kısmı hipervasküler, santralinde kistik alanlar bulunan ikinci bir kitle (beyaz ok), C) Yağ baskılı T2A MRG'de her iki böbrekte kistler (kesikli oklar) ile sol böbrek üst polde heterojen kistik-solid alanlar içeren renal hücreli karsinom (beyaz ok) izlenmekte.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme; VHL, Von Hippel-Lindau (sendromu); panNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi.

Tablo 1. DSÖ 2022 sınıflamasına göre pankreatik nöroendokrin neoplaziler

Nöroendokrin neoplazi (NEN)	Sınıflama	Tanımlayıcı özellikler
İyi diferansiye NET	NET, evre 1	<2 mitoz/2 mm ² ve/veya Ki67 <%3
	NET, evre 2	2-20 mitoz/2 mm ² ve/veya Ki67 %3-20
	NET, evre 3	>20 mitoz/2 mm ² ve/veya Ki67 >%20
Kötü diferansiye NEK	Küçük hücreli NEK	Küçük hücreli morfoloji ve >20 mitoz/2 mm ² ve/veya Ki67 >%20 (sıklıkla >%70)
	Büyük hücreli NEK	Büyük hücreli morfoloji ve >20 mitoz/2 mm ² ve/veya Ki67 >%20 (sıklıkla >%70)

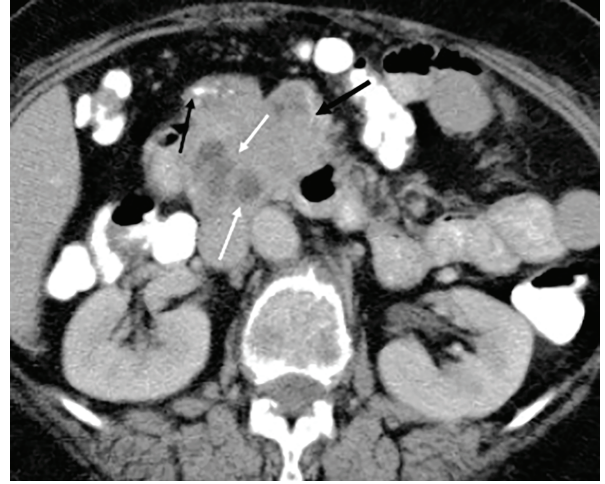
NEN, nöroendokrin neoplazi; NET, nöroendokrin tümör; NEK, nöroendokrin karsinom.

Metastatik yayılımı değerlendirmek amacıyla ⁶⁸Ga ile işaretlenmiş somatostatin analogları (örneğin; DOTATATE, DOTANOC, DOTATOC) kullanılarak yapılan pozitron emisyon tomografisi (PET)-BT veya PET-MRG incelemeleri tercih edilmektedir. Literatürde panNEN'lerde en sık eksprese edilen somatostatin reseptörünün tip 2 olduğu ve bu reseptöre en yüksek afinitiyi DOTATATE'in gösterdiği bildirilmektedir [8]. Somatostatin reseptör ekspresyonu, tümör derecesiyle ters orantılıdır; düşük dereceli tümörlerde ekspresyon oranı yüksekken, derecesi arttıkça ekspresyon düzeyi azalır. Bu nedenle yüksek dereceli tümörlerin görüntülenmesinde florodeoksiglukoz (¹⁸F-FDG) PET-BT daha uygun bir seçenek olarak önerilmektedir [9].

Fonksiyonel olmayan PanNEN'lerin çoğu solid yapıdadır; ancak %7-17'si kistik formda izlenebilir [10]. İnsidental olarak saptanan lezyonlar genellikle küçük ve homojen iken semptomatik lezyonlar daha büyük boyutta ve heterojen iç yapıdadır. Solid tümörlerde iskemi, nekroz veya intratümöral hemorajiye bağlı kistik dejenerasyon ve kalsifikasyon görülebilir (Resim 2). Solid lezyonlar sıklıkla pankreasın baş kısmında lokalize olurken, kistik lezyonlar genellikle gövde ve kuyruk bölgelerinde yer almaktadır [10].

Adenokarsinomlardan farklı olarak, panNEN'lerde pankreatik kanal dilatasyonu sık gözlenen bir bulgu değildir. Bu tümörler genellikle düzgün konturlu, iyi sınırlı ve kapsüllü yapıda olup çevre yapılara invazyondan ziyade ekstrensek baskı etkisi yaratırlar. **En belirgin radyolojik özellikleri, hipervasküler olmaları ve kontrastlı incelemede erken arteriyel fazda yoğun kontrast tutulumu göstermeleridir [5, 10].** Ancak bu kontrastlanma rutin pankreas incelemelerinde alınan geç arteriyel fazdan farklı olarak erken arteriyel fazda daha belirgindir. Bu nedenle panNEN şüphesi bulunan olgularda **erken arteriyel faz görüntülemenin planlanması önerilmektedir.** Portal venöz fazda kontrastlanma devam edebilir, yıkanma veya progresif artış da görülebilmektedir (Resim 3).

Lezyonların MRG kontrastlanma özellikleri BT ile benzerlik göstermektedir. Dinamik MRG incelemelerinde arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu, T1 ağırlıklı görüntülerde (AG) hipointens, T2 AG'lerde ise hafif hiperintens sinyal özellikleri



Resim 2. Karın ağrısı şikayeti nedeniyle tetkik edilen 56 yaş kadın hastada histopatolojik olarak doğrulanmış non-fonksiyonel panNEN. Kontrastlı BT kesitinde pankreas baş ve boyun kesiminde yerleşimli, lobüle konturlu, büyük boyutlu, heterojen iç yapılı kitle izlenmekte. Kitle içinde kistik alanlar (beyaz oklar) ve periferik kesimlerde kalsifikasyonlar (siyah oklar) var. Büyük boyutlara rağmen çevre yapılara belirgin invazyon bulgusu yok.

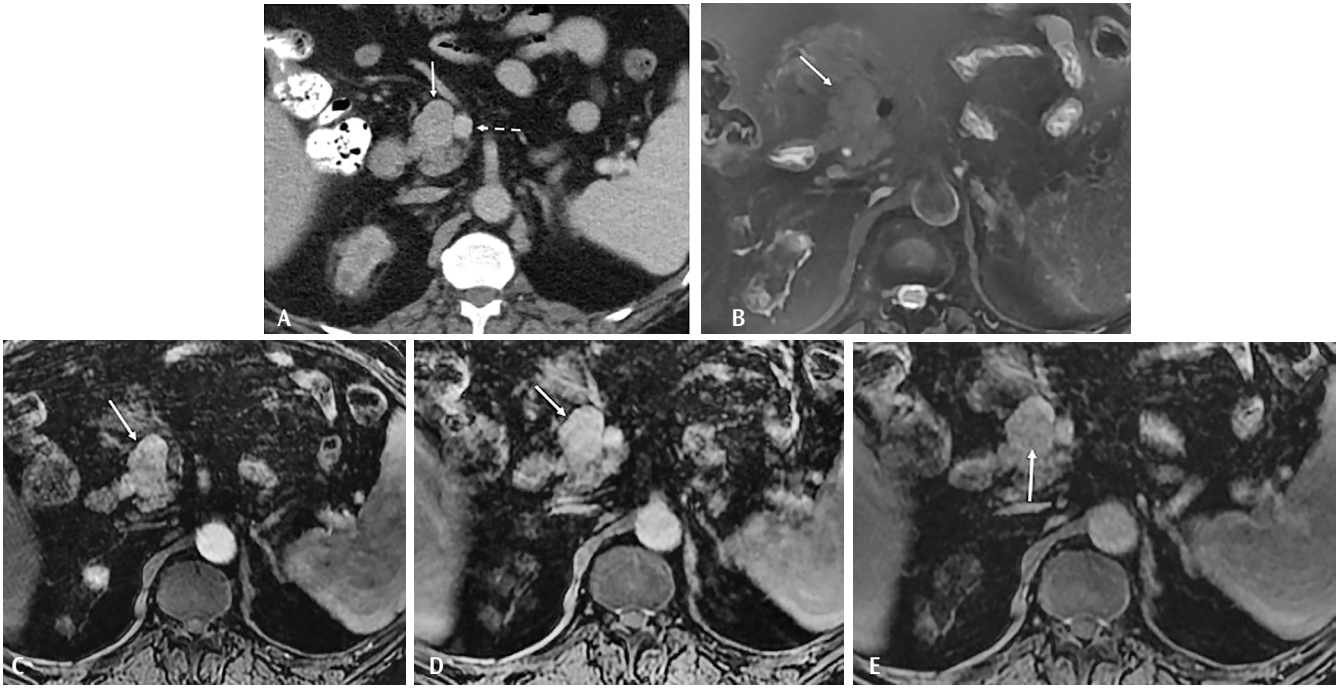
BT, bilgisayarlı tomografi; panNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi.

izlenir. Diferansiyasyon derecesi ile korele difüzyon kısıtlılığı da gösterirler (Resim 4)[11].

Kistik panNEN'ler, hem BT hem MRG'de santrali kistik yapılar olup, arteriyel fazda çevresel ve halkasal tarzda kontrast tutulumu göstermektedirler (Resim 5) [12].

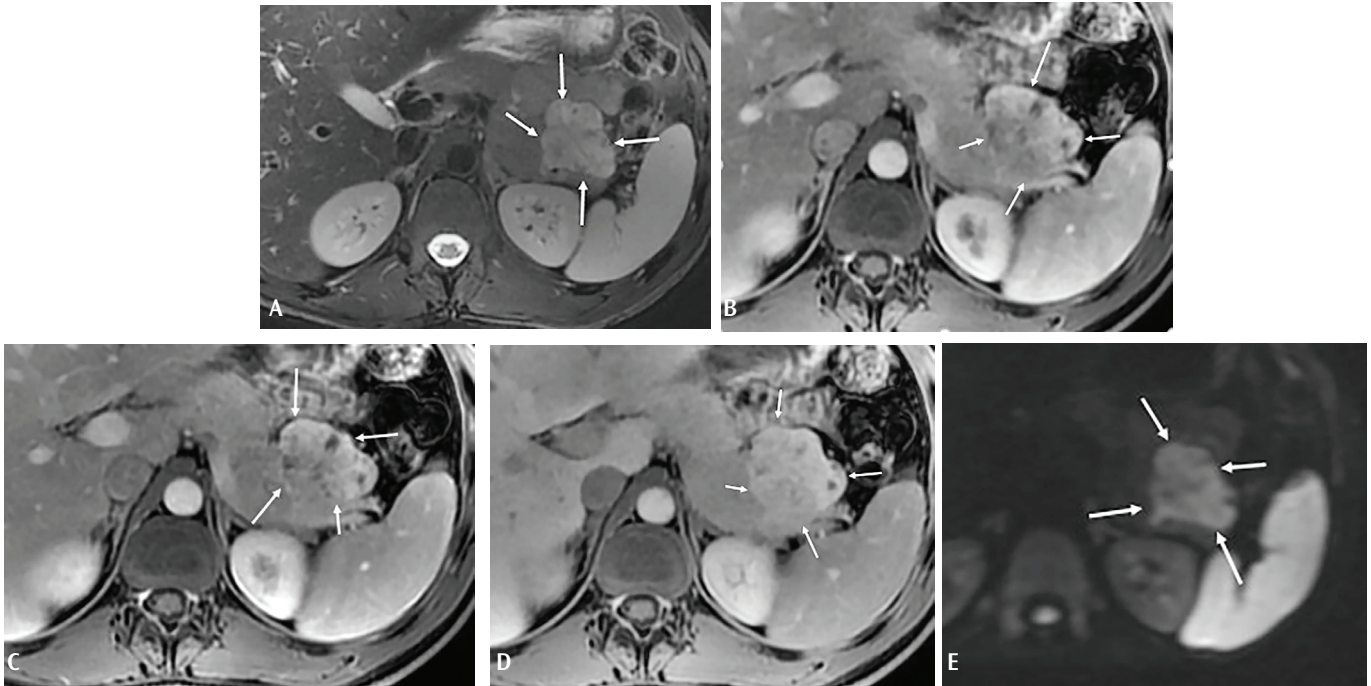
Fonksiyonel PanNEN'ler

Fonksiyonel panNEN'ler, klinik sendrom varlığı ile birlikte salgılanan hormonların biyokimyasal olarak doğrulanması ile tanımlanır. **Salgıladıkları hormonların neden olduğu spesifik klinik tablolar nedeniyle, fonksiyonel olmayan panNEN'lere kıyasla daha erken semptom verir ve dolayısıyla erken dönemde tanı alırlar.** Nadir de olsa birden fazla biyoaktif hormonun salgılanması sonucu aynı hastada birden fazla sendrom bir arada bulunabilir veya hastalık ilerledikçe %3-6 oranında metakron sendromlar gelişebilir [13].



Resim 3. Altmış iki yaş erkek hastada histopatolojik olarak doğrulanmış non-fonksiyone iyi diferansiye evre 1 panNEN. A) Portal faz BT kesitinde; pankreas başında, SMV (kesik ok) komşuluğunda, invazyon göstermeyen, iyi sınırlı, homojen izodens kitle (beyaz ok). B) T2A MRG'de kitle izointens (beyaz ok), Yağ baskılı T1A MRG'de C) arteriyel fazda hiperintens (beyaz ok), D) portal fazda homojen izointens (beyaz ok) izlenmekte; E) geç fazda kitle santralinde hafif yılanma (beyaz ok) var.

BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; panNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi; SMV, superior mezenterik ven.



Resim 4. Yirmi dört yaş erkek hastada histopatolojik olarak doğrulanmış non-fonksiyone iyi diferansiye evre 2 panNEN. A) T2A MRG'de pankreas kuyruk kesiminde hiperintens kitle (beyaz oklar), Yağ baskılı T1A MRG'de B) geç arteriyel fazda kitle hipervasküler olup heterojen hiperintens (beyaz oklar) izlenmekte, C) portal fazda ve D) geç fazda kontrastlanma devam etmekte, kitle hiperintens (beyaz oklar) izlenmekte; E) difüzyon ağırlıklı MRG'de kitlede difüzyon kısıtlılığı (beyaz oklar) var.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme; panNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi.

Fonksiyonel panNEN'lerin yaklaşık %17'si kalıtsal olup, monogenik ailesel endokrin tümör sendromlarının parçası olarak ortaya çıkar [14]. Bu hastalarda birden fazla organda çoklu primer tümörler ve daha erken yaşta (<40 yıl) hastalık başlangıcı gözlenir, bu durum sporadik olgulara kıyasla daha sık görülür [13]. Fonksiyonel panNEN ile ilişkili başlıca sendromlar arasında hepsi otozomal dominant geçiş gösteren MEN1, MEN4, NF1 ve TSK yer alır [13]. Bu sendromlarda sık görülen panNEN'ler Tablo 2'de özetlenmiştir.

Fonksiyonel panNEN'ler, salgıladıkları hormonlara göre insülinoma, gastrinoma, glukagonoma gibi alt tiplere ayrılır ve adlandırılır.

İnsülinoma

İnsülinomalar, fonksiyonel panNEN'lerin en sık görülen tipidir ancak buna rağmen nadir olup, yıllık insidansı milyonda 0,7-4 arasında değişmektedir [13]. Lezyonların %99'dan fazlası pankreasta yer alırken, çok nadiren akciğer, mide veya ince bağırsak gibi ekstrapankreatik yerleşimler bildirilmiştir. Olguların yaklaşık %90'ı sporadik ve soliterdir; %10'u ise çoklu lezyonlar şeklindedir ve bu durum çoğunlukla MEN1 ile ilişkilidir [15]. Sporadik insülinomalar genellikle 5. dekada ortaya çıkarken, MEN1 ilişkili olgular daha erken yaşlarda görülür [16]. Yaklaşık %10-15'i malign potansiyele sahiptir ve metastatik yayılım gösterebilir. Ancak malign tanımı belirsiz olduğundan; günümüzde metastatik olmayanlar için "indolan", metastatik olanlar için ise "agresif" tabiri kullanılmaktadır.

İnsülinomalar semptomatik lezyonlardır. Klinik, ataklar halinde kendini gösteren hiperinsülinemik hipoglisemiye bağlıdır. Bu tablo, klasik olarak Whipple triyadı ile tanımlanır: düşük plazma glukoz seviyesi, hipoglisemiye bağlı semptom ve bulguların varlığı ve glukozun normal seviyeye yükseltilmesiyle semptomların gerilemesi [17]. **Semptomatik olmaları nedeniyle genellikle küçük boyutlarda saptanırlar; tanı anında %30'u 1 cm'den, %90'ı ise 2 cm'den küçüktür [16].** Tanı, klinik ve biyokimyasal bulgulara dayanır. Tek küratif tedavi tam cerrahi rezeksiyondur. Hem tanıyı desteklemek hem de tümörün lokalizasyonunu belirlemek için görüntüleme yöntemleri oldukça önemlidir. Bu amaçla hem preoperatif hem de intraoperatif çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır.

Görüntülemelerde ilk tercih edilen yöntem dinamik BT'dir. İnsülinomalar hipervasküler lezyonlar olup, arteriyel ve/veya pankreatik fazlarda hiperdens görünürler (Resim 6) ancak nadiren bazı lezyonlar tüm fazlarda hipodens olabilir. Genellikle küçük ve homojendir, bazen kalsifikasyon ya da kistik komponent içerebilir. Lezyonlar pankreasın baş, gövde ve kuyruk bölgelerinde eşit dağılım gösterir. Arteriyel ya da pankreatik fazı içeren multifazik BT'nin duyarlılığı tek portal venöz fazdan daha fazla olup %90'nın üzerindedir [18]. Lin ve arkadaşları [19] çalışmalarında, dual enerjili BT'nin daha üstün ve duyarlılığının % 95,7 olduğunu bildirmiştir.



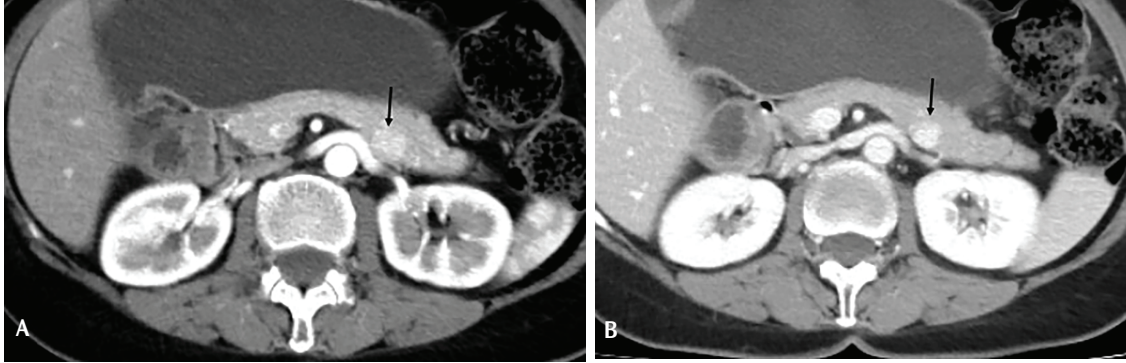
Resim 5. Elli dokuz yaş erkek hastada insidental olarak saptanan, histopatolojik olarak doğrulanmış non-fonksiyone iyi diferansiye evre 1 panNEN. A) T2A MRG'de pankreas boyun-proksimal gövde kesiminde kalın ve düzensiz duvarlı kistik kitle (beyaz oklar) izlenmekte. Dinamik BT'de B) erken arteriyel fazda çevresel halka tarzında kontrastlanma gösteren santrali kistik kitle C) portal fazda kistik kitlenin progresif periferik halkasal kontrastlanması izlenmekte.

BT, bilgisayarlı tomografi; panNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

Tablo 2. Monogenik ailesel endokrin tümör sendromlarında sık görülen PanNEN'ler

Hastalık	Fonksiyonel panNEN sıklığı	En sık gözlenen panNEN tipi
MEN1	%30-80	Gastrinoma, insülinoma
MEN4	%8	Gastrinoma
NF1	<%2	İnsülinoma, somatostatinoma
TSK	%1-2	İnsülinoma

PanNEN, pankreatik nöroendokrin neoplazi; MEN1, multipl endokrin neoplazi tip 1; MEN4, multipl endokrin neoplazi tip 4; NF1, nörofibromatoz tip 1; TSK, tuberoskleroz kompleksi.



Resim 6. Hipoglisemi semptomları olan 53 yaş erkek hastada, histopatolojik olarak doğrulanmış insülinoma. Kontrastlı multifazik BT'de pankreas gövde kesiminde A) geç arteriyel fazda homojen hafif hiperdens kitle (siyah ok) B) portal fazda kitlede (siyah ok) progresif kontrastlanma artışı var.

BT, bilgisayarlı tomografi.

Bilgisayarlı tomografiyi takiben en sık kullanılan ikinci yöntem MRG olup, insülinoma tespitinde duyarlılık %40 ile %90 arasında değişmektedir [20]. MRG'de insülinomalar T1 AG'lerde düşük, T2 AG'lerde ise yüksek sinyal verirler ve dinamik incelemelerde arteriyel fazlarda hipervasküler görünüm sergilerler.

Transabdominal US'nin tanıya katkısı sınırlıdır, duyarlılık oranları %9-65 arasında değişmektedir [16]. Non-invaziv yöntemlerle tümörün tespit edilemediği durumlarda EUS tercih edilir; duyarlılığı %75-90'dır [16]. EUS'ta lezyonlar genellikle homojen, hipoekoik, düzgün sınırlı ve solid yapıdadır. Preoperatif tümörün tespit edilemediği durumlarda ya da tespit edildiği halde küçük tümör boyutu nedeniyle, intraoperatif US'ye ihtiyaç duyulabilir. Intraoperatif US kullanımı duyarlılığı %85-95'e çıkarır ve palpasyon ile birlikte kullanıldığında duyarlılık daha da yükselir.

Glukagon benzeri peptid 1 reseptörü (GLP-1R), pankreas beta hücrelerinde bulunur ve yemek sonrası GLP-1 aracılığıyla insülin salınımını uyarır. Bu nedenle indolan insülinomaların görüntülenmesinde GLP-1R PET-BT kullanılabilir [21]. Agresif insülinomalar ise genellikle GLP-1R'den yoksun olup somatostatin reseptör 2 ekspres ederler; bu yüzden ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT agresif insülinoma değerlendirmesinde tercih edilir [21].

Gastrinoma

Gastrinoma, insülinomadan sonra ikinci en sık görülen fonksiyonel panNEN'dir. Yıllık insidansı milyonda 0,5-2'dir, fonksiyonel panNEN'lerin yaklaşık %15'ini oluşturur [22]. Gastrinomaların %80'i sporadik olarak görülürken, %20'si MEN1 sendromu ile ilişkilidir [22]. MEN1 ilişkili olgular daha erken yaşta ortaya çıkma eğilimindedir.

Gastrinomalar, gastrik pariyetal hücrelerden asit sekresyonunu artırarak Zollinger-Ellison sendromu (ZES) tablosuna yol açar. ZES; tekrarlayan ve tedaviye dirençli peptik ülserler, gastroözofageal reflü, kronik ishal, karın ağrısı ve kilo kaybı gibi klinik bulgularla karakterizedir. Tanıda gastrin düzeyinin 1000 pg/mL'nin üzerinde olması veya normal üst sınırın 10 katını aşması ile birlikte gastrik pH'nın 2'nin altında olması anlamlı kabul edilir [13]. **Ancak proton pompa inhibitörlerinin yaygın kullanımı, gastrik pH ölçümünü zorlaştırmakta ve tanıyı güçleştirmektedir.** Bu nedenle bazı durumlarda sekretin stimülasyon testi veya özofageal pH izlemi gibi ileri testlere başvurulabilir.

Gastrinomaların %60-90'ı malign davranış gösterir ve bu özellik, özellikle sporadik olgularda belirgindir [22]. En sık görülen fonksiyonel malign panNEN gastrinomadır. Tanı sonrası primer tümör lokalizasyonunun belirlenmesi ve evreleme için çeşitli görüntüleme yöntemlerine başvurulur.

Gastrinomalar farklı anatomik bölgelerde bulunabilse de, %60-90'ı "gastrinoma üçgeni" olarak adlandırılan bölgede yer alır [13, 22]. Bu üçgen; süperiorda sistik kanal ile ana safra kanalının birleşimi, inferiorda duodenumun ikinci ve üçüncü kısımlarının birleşim yeri, medialde ise pankreas boynu ve gövdesinin birleşim noktasıyla sınırlıdır. Bu alan içinde duodenal gastrinomalar, pankreatik olanlara kıyasla 2-10 kat daha sık görülür.

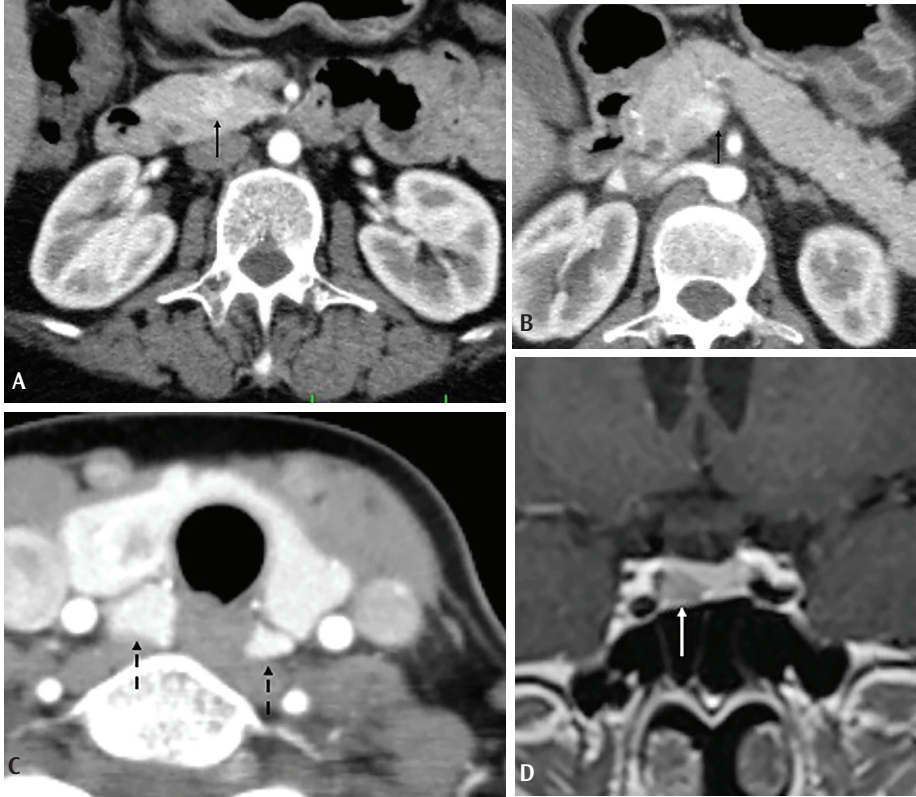
Tümörün tespitinde BT'nin duyarlılığı boyutuna bağlıdır. Tümör boyutu 3 cm'den büyükse duyarlılık %95'e kadar çıkabilirken, 1-3 cm aralığındaki lezyonlar için bu oran %30'a düşmektedir [22]. **Duodenal gastrinomalar genellikle 1 cm'den küçük olduğundan BT ile saptanmaları zordur. Buna karşın pankreatik gastrinomalar genellikle daha büyük boyutludur ve saptanma olasılıkları daha yüksektir.** MRG'nin primer tümör tespitindeki duyarlılığı %25-85 arasında değişirken, karaciğer metastazlarını saptamada duyarlılık %83'tür [23].

Endoskopik ultrasonografi, özellikle küçük pankreatik tümörlerde en yüksek duyarlılığa sahip yöntemdir (%75-100); özgüllüğü ise %95'e ulaşmaktadır [22, 23]. Ancak erişilebilirliğin kısıtlı olması, uygulayıcı deneyimine bağlılığı

ve invaziv yapısı nedeniyle BT sonrası ikinci basamak olarak önerilmektedir. Ayrıca EUS duodenal lezyonları saptamada pankreatik lezyonlar kadar etkili değildir. EUS'un önemli avantajlarından biri, lezyonlardan biyopsi alınmasına olanak sağlamasıdır. Bu yöntemin tanısallık duyarlılığı %80-90, özgüllüğü ise %96'dır [24].

Diğer yöntemlerle lokalize edilemeyen olgularda Seçici Arteriyel Sekretin Enjeksiyonu testi kullanılabilir. Bu yöntemde pankreası besleyen arterlere sekretin enjeksiyonu yapılır ve hepatik venöz kandaki gastrin seviyesinin 40 saniye içinde ≥ 80 pg/mL artış göstermesi tanı için anlamlı kabul edilir [25]. **^{68}Ga -DOTATATE PET-BT, hem primer tümörün hem de metastatik odakların saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.** Görüntüleme yöntemleri ile lezyonun gösterilemediği durumlarda tanısallık laparotomi gerekebilir. Palpasyonla birlikte intraoperatif US kullanımı tümör saptama oranlarını %83-100'e kadar artırır [22].

Gastrinomalar, diğer panNEN'ler gibi hipervasküler tümörlerdir. Dinamik BT'de arteriyel ve pankreatik fazlarda belirgin kontrast tutulumu gösterirler (Resim 7). MRG'de ise T1 AG'lerde hipointens, T2 AG'lerde ise hiperintens olarak izlenirler [22, 23].



Resim 7. Otuz sekiz yaş MEN1 tanılı kadın hastada, hipofizer mikroadenom ile histopatolojik olarak doğrulanmış gastrinoma ve paratiroid hiperplazisi. Ardısk kesit kontrastlı multifazik BT'de A, B) pankreas baş kesim ve unsinat proçeste homojen hiperdens kitle (siyah ok) izlenmekte. C) Boyun BT'de her iki tarafta homojen hiperplazik paratiroid bezleri (siyah kesikli oklar), D) dinamik kontrastlı T1A MRG'de hipofiz bez sağ yarımında erken fazlarda glanda göre daha az kontrastlanma gösteren mikroadenom (beyaz ok) var.

MEN1, multipl endokrin neoplazi tip 1; BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

Vazoaktif İntestinal Peptit Salgılayan Neoplazi

Vazoaktif intestinal polipeptit (VIP); merkezi sinir sisteminde, intestinal nöronlarda, akciğerlerde, adrenal bezlerde, karaciğer ve pankreastaki nöroendokrin hücrelerde bulunan bir nörotransmitterdir. VIP salgılayan panNEN'ler VIPoma olarak adlandırılır. VIPoma, hipokalemi ve metabolik asidozla sonuçlanabilen şiddetli, sulu, sekretuar diyareye neden olur. Olguların %15-30'unda bu tabloya *fasiyal flushing* eşlik edebilir [26]. VIPomalar, fonksiyonel panNEN'lerin yaklaşık %2-6'sını oluşturur ve yıllık insidansı milyonda 0,05-0,2'dir [27]. Olguların %95'i sporadik, %5'i ise MEN1 sendromu ile ilişkilidir [26, 27]. Tanı anında olguların %50'sinden fazlası metastatik hastalık evresindedir [28].

Vazoaktif intestinal peptit salgılayan neoplazi tanısı, klinik bulgularla birlikte serum VIP düzeyinin 60 nmol/L'nin üzerinde olmasıyla konur [13]. Tümörün lokalizasyonu için görüntüleme yöntemleri kullanılır. **VIPoma'ların yaklaşık %70'i pankreasın gövde ve kuyruk bölgelerinde, %30'u ise baş bölgesinde yer alır** [26]. Ortalama tümör çapı 4,5-5,5 cm'dir ve hastaların %80'inde 2 cm'den büyük lezyonlar görülür; bu durum da tespit edilmelerini kolaylaştırır.

Tanıda genellikle sırasıyla kontrastlı BT, MRG ve EUS tercih edilir. Taktipte ilk seçenek yine kontrastlı BT olup, karaciğer metastazlarının tespiti açısından MRG daha duyarlıdır. EUS hem tümörün saptanmasını sağlar hem de doku örneklemesi için olanak sunar. Metastatik yayılımın değerlendirilmesinde ise ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT önerilmektedir.

Bilgisayarlı tomografi görüntülemesinde VIPomalar genellikle sferik, iyi sınırlı ve homojen kitleler olarak izlenir. Büyük boyutlu tümörlerde santral nekroz görülebilir ve olguların yaklaşık %50'sinde kalsifikasyon mevcuttur. **VIPomalar, neoplastik hücreler ve fibröz doku açısından zengindir.** Tümör hücreleri arteriyel fazda yoğun kontrast tutarken, daha az vaskülarize olan fibröz stroma dinamik incelemelerde progresif kontrastlanma gösterir [26, 29].

Manyetik rezonans görüntülemesinde de tümör hücreleri arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu gösterir. T2 AG'lerde, lezyonun bileşimine göre sinyal özellikleri değişiklik gösterir. **Kollajen ve fibröz dokudan zengin alanlar T2 AG'de hipointens sinyal özelliğindedir** [29].

Glukagonoma

Glukagon; glukoz, protein ve lipid metabolizmasını düzenleyen; pankreasın alfa hücrelerinden salgılanan polipeptit yapıda bir hormondur. Glukagonoma, glukagon ve preproglukagon türevi peptitleri salgılayan bir panNEN'dir. Bu tümörler, glukagonoma sendromu olarak bilinen özgün bir klinik tabloya neden olur. "4D sendromu" olarak da adlandırılan bu sendromda; dermatit,

yeni başlangıçlı veya kötüleşen diyabet, derin ven trombozu ve depresyon görülür. Bunlara ek olarak sık karşılaşılan semptomlar arasında kilo kaybı, glossit, kronik diyare, anemi ve hip aminoasidemi yer alır.

Glukagonomaların yaklaşık %90'ı sporadik olup, %10'u MEN1 sendromuyla ilişkilidir. Yıllık insidansı 20 milyonda 1 olarak bildirilmektedir [30]. Tanı anında olguların %50'sinden fazlası metastatik evrededir. Klinik şüphe durumunda, açlık plazma glukagon seviyesinin 500 pg/mL'nin üzerinde olması tanı koydurucudur [13]. **Glukagonomalar genellikle 3 cm'den büyük boyutlardadır ve pankreasın, alfa hücrelerinin yoğunlukta olduğu kuyruk ve gövde bölgelerinde yer alır** [30].

Kontrastlı BT'de diğer panNEN'lerde olduğu gibi arteriyel fazda hipervasküler görünüm sergiler; santralinde kistik alanlar bulunabilir. Portal fazda genellikle kontrast yıkanması izlenir. MRG'de lezyonlar T1 AG'lerde hipointens, T2 AG'lerde ise hafif hiperintens olarak gözlenir. BT'de olduğu gibi arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu ve portal fazda yıkanma izlenebilir [30].

Glukagonomalar, diğer panNEN'lere kıyasla daha yoğun somatostatin reseptörü ekspresyonu gösterir. Bu nedenle, somatostatin reseptör sintigrafisi, olguların %97'sinde pozitif sonuç verir. Ancak günümüzde, daha yüksek uzaysal çözünürlük sunan ve küçük lezyonların saptanmasında daha duyarlı olan ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT tercih edilmektedir [30].

Somatostatinoma

Somatostatin, pankreasın hem endokrin hem de ekzokrin fonksiyonlarını inhibe eden peptit yapıda bir hormondur. Somatostatinoma, panNEN'ler arasında oldukça nadir görülen bir alt tip olup, tüm panNEN'lerin %1'inden azını oluşturur. Yıllık insidansı 40 milyonda 1 olarak bildirilmektedir [31]. Çoğunlukla sporadik görülmekle birlikte NF1, MEN1 ve VHL sendromlarıyla ilişkili olabilir [32].

Fonksiyonel bir tümör olmasına rağmen, yüksek somatostatin düzeyine bağlı klinik bulgular yalnızca olguların %5'inden azında ortaya çıkar ve bu yönüyle diğer fonksiyonel panNEN'lerden ayrılır [33]. Semptomatik olgularda "somatostatinoma sendromu" olarak bilinen tablo gelişir. Bu sendromda diyare, diyabet, safra kesesi taşları, hiperglisemi ve hipoklorhidri gibi semptom ve bulgular yer alır. Bu semptomlar dışında esas semptomlar genellikle kitle etkisi veya komşu yapıların invazyonu ile ilgilidir. Başta karın ağrısı olmak üzere; bulantı, kusma, sarılık ve kilo kaybı gibi belirtiler görülebilir [31].

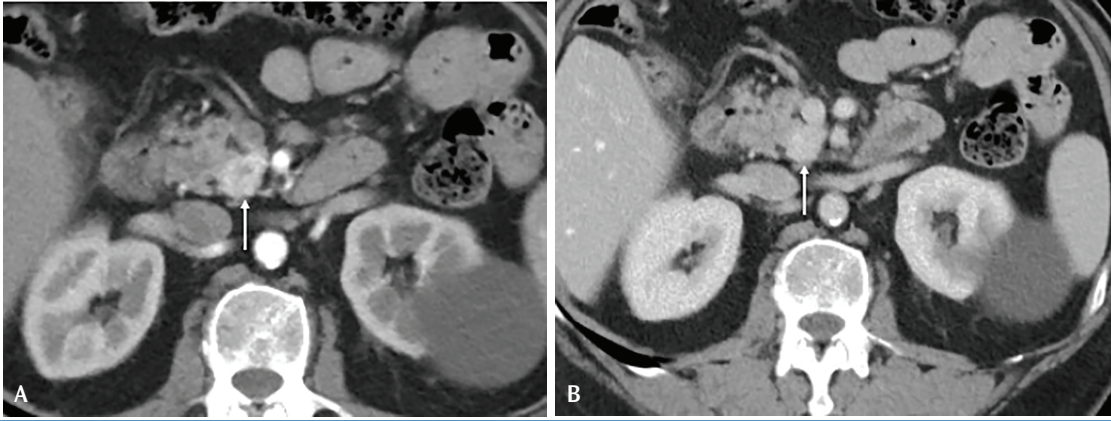
Tanı için yalnızca serum somatostatin düzeyinin yüksek olması yeterli değildir; seviyenin normalin en az üç katı yüksek (>60 pg/mL) olması ve klinik belirtilerle desteklenmesi gerekmektedir. Çünkü somatostatin, pankreas dışındaki bazı dokulardan da salgılanabilir ve diğer neoplastik süreçlerde de düzeyi artabilir [33].

Görüntüleme yöntemleri, somatostatinomaların lokalizasyonunun belirlenmesinde ve metastazların değerlendirilmesinde önemlidir. **Bu tümörler pankreasın her bölgesinde görülebilmekle birlikte, yaklaşık üçte ikisi pankreas başında lokalizedir [33].** Çoğu zaman sessiz seyrettiklerinden tanı anında genellikle büyük boyutlardadırlar. Görüntülemelerde soliter ve iyi sınırlı lezyonlar olarak izlenir (Resim 8); çevre dokulara bası bulguları saptanabilir.

Nadir tümörler olduğundan spesifik görüntüleme bulguları ile ilgili sınırlı bilgi olsa da diğer panNEN'lerle benzer şekilde arteriyel fazda hipervasküler özellik gösterirler. Metastazların değerlendirilmesinde somatostatin reseptör sintigrafisi önerilmekle birlikte, günümüzde ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT en yüksek duyarlılığa sahip yöntem olarak kullanılmaktadır [33].

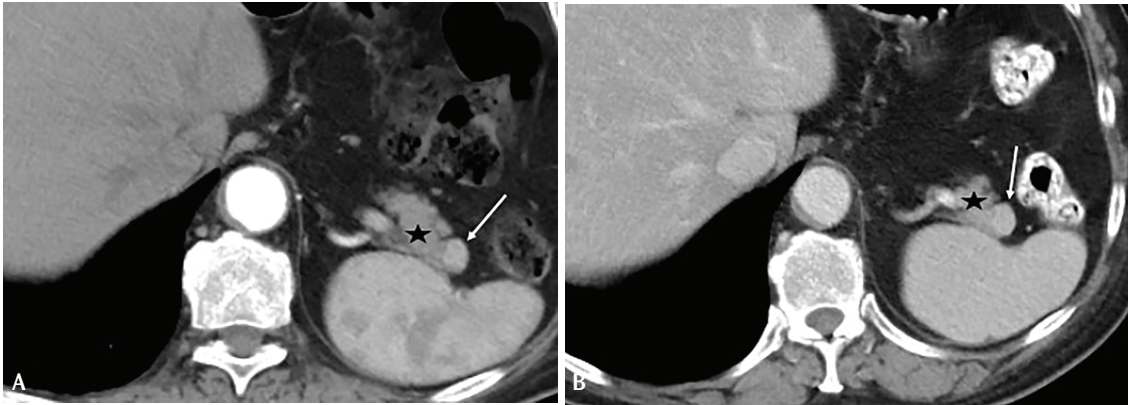
Diğer Nadir PanNEN'ler

Serotoninoma, adrenokortikotropik hormon (ACTHoma), growth hormone-releasing factor (GRFoma) ve parathormon-related protein (PTHrPoma), yukarıda belirtilen fonksiyonel panNEN'lerden daha nadir izlenen ve salgıladıkları hormona göre adlandırılan tümörlerdir. Bu tümörler, nadir görülmelerine rağmen özgün klinik sendromlara neden olabilirler ve çoğu zaman ileri evrede veya metastatik hastalık tablosuyla tanı alırlar. Serotoninoma, serotonin salgılayarak karsinoid sendromuna yol açabilir. ACTHoma, ektopik ACTH üretimiyle Cushing sendromu kliniğine neden olur. GHRHoma, büyüme hormonu salınımını uyarak akromegali benzeri bir tabloya yol açabilir. PTHrPoma ise PTH-benzeri protein salgılayarak hiperkalsemi semptomlarına neden olur. Nadir görüldüklerinden görüntüleme bulguları ile ilgili bilgi de oldukça sınırlıdır.



Resim 8. Altmış üç yaş erkek hastada insidental olarak saptanmış ve histopatolojik olarak doğrulanmış somatostinoma. Kontrastlı multifazik BT'de pankreas baş kesimindeki kitle (beyaz oklar), A) arteriyel ve B) portal fazda homojen hiperdens olarak izlenmekte ve plato tarzında kontrastlanma göstermekte.

BT, bilgisayarlı tomografi.



Resim 9. Elli altı yaşında akciğer kanseri nedeniyle tetkik edilen hastada insidental saptanan intrapancreatik aksesuar dalak. Kontrastlı BT'de pankreas kuyruk kesiminde (siyah yıldız) A) arteriyel ve B) portal fazda dalak ile benzer dansite değerleri gösteren iyi sınırlı lezyon (beyaz oklar) izlenmekte.

BT, bilgisayarlı tomografi.

Ayırıcı Tanı

Pankreasın nöroendokrin neoplazileri arteriyel ve/veya pankreatik fazda genellikle hipervasküler olan neoplazilerdir. Portal venöz fazda yıkanma gösterir ya da pankreas parankimi ile izodens/izointens hale gelir. Bu görüntüleme özellikleri nedeniyle bazı neoplazik ve non-neoplazik süreçler panNEN'lerin görüntüleme özelliklerini taklit edebilir.

Intrapankreatik Aksesuar Dalak

Pankreas parankimi içinde ektopik dalak dokusu bulunması durumudur. Aksesuar dalakların en sık ikinci yerleşim yeri pankreastır ve tüm lokalizasyonların yaklaşık %17'sini oluşturur [34]. Genellikle insidental olarak saptanır. **Pankreas kuyruğunda yer alır ve çoğunlukla 3 cm'den küçüktür [1].** Dinamik görüntülemenin tüm fazlarında dalak parankimi

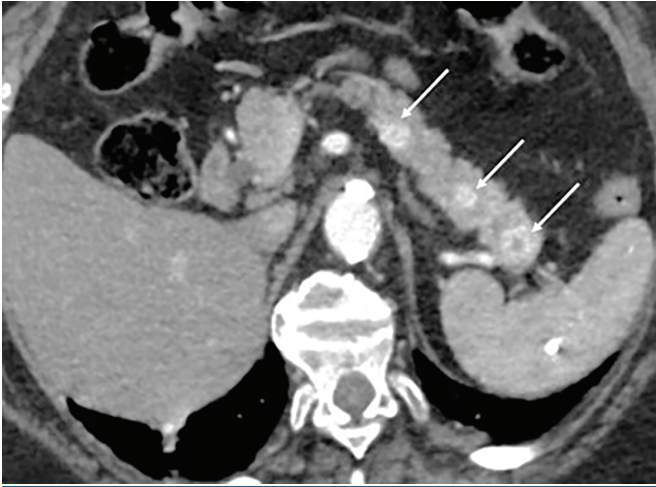
ile benzer kontrastlanma paterni gösterir. **Arteriyel fazda panNEN'ler gibi hipervasküler olsa da kontrastlanmanın serpiginöz tarzda olması ayırıcı tanıya yardımcıdır [1, 34].** Portal ve geç fazlarda dalak gibi homojen kontrastlanma izlenir (Resim 9). MRG, homojen sinyal içeriğini ve dalakla benzer sinyal özelliklerini göstermede BT'ye göre daha üstündür. Tanının netleştirilemediği olgularda sülfür kolloid veya eritrosit sintigrafileri kesin tanı sağlayabilir [1].

Pankreatik Metastaz

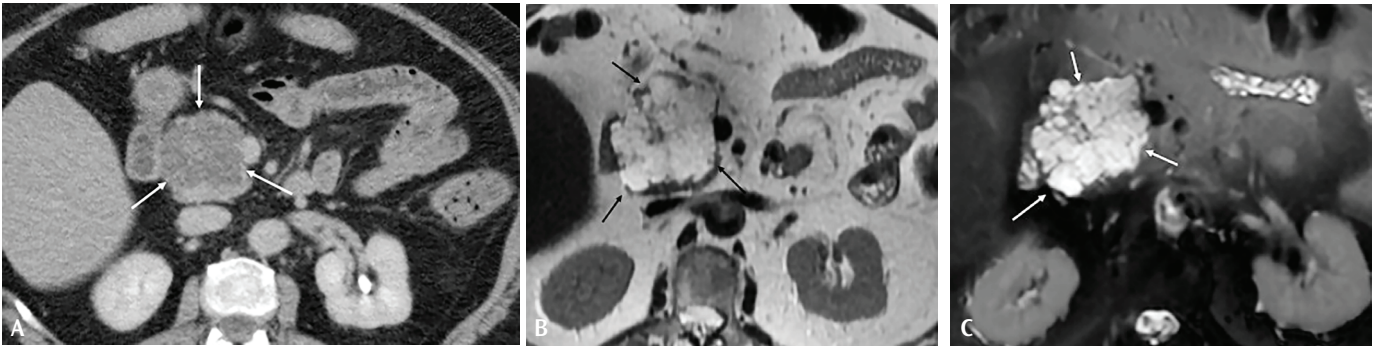
Pankreas metastazları nadirdir ve tüm pankreas kitlelerinin %2-4'ünü oluşturur [1]. En sık renal hücreli karsinomdan kaynaklanır; bunun dışında malign melanom, meme ve akciğer kanserleri de diğer kaynaklardır. Birden fazla sayıda olmaları, hastanın bilinen primer tümör öyküsü, lezyonların primer tümörle benzer kontrastlanma paterni göstermesi ve eşzamanlı başka organ metastazlarının varlığı ayırıcı tanıya yardımcıdır. **Ancak renal hücreli karsinom metastazları panNEN'ler gibi hipervasküler olabilir (Resim 10). Ayrıca diğer fazlarda yıkanma, soliter lezyon oluşturabilme ve primer tümörden uzun süre sonra metastaz yapabilme özellikleriyle panNEN'leri en sık taklit eden malignitedir [34].**

Seröz Kistadenom

Seröz kistadenomlar genellikle 2 cm'den küçük çok sayıda mikrokistik yapılardan oluşan benign tümörlerdir. Klasik BT görünümü, kalsifikasyon içerebilen santral skar ve çevresinde septa içeren çok sayıda küçük kistten oluşur [1]. Ancak bu tipik bulgular her zaman görülmeyebilir. **Ayrıca küçük kistler net olarak seçilemeyebilir ve yoğun kontrastlanan stroma BT'de hiperdens solid kitle gibi izlenebilir (Resim 11).** Bu durumda MRG ayırıcı tanı açısından daha değerlidir; küçük kistler T2 ağırlıklı sekanslarda belirgin hiperintens görünür [1]. PanNEN'ler de T2 AG'lerde hiperintens olabilir ancak bu parlaklık seröz kistadenomdaki kadar belirgin değildir.

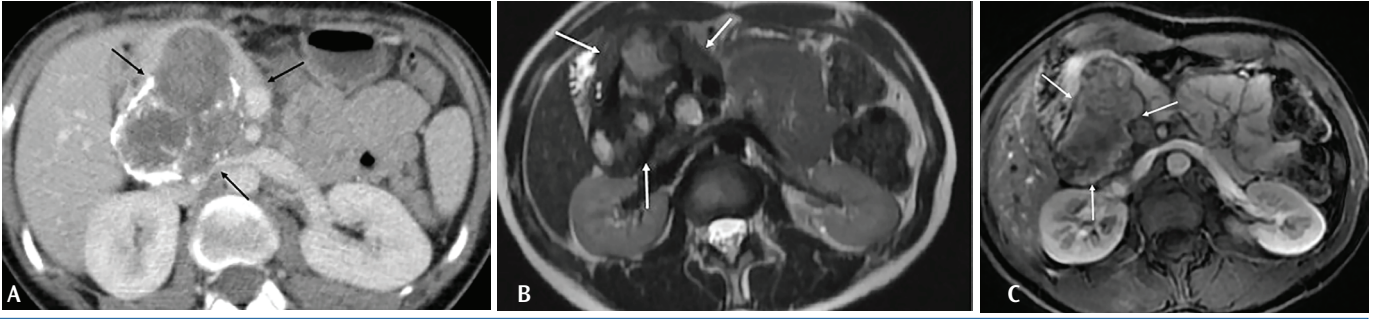


Resim 10. Yetmiş sekiz yaşında renal hücreli karsinom nedeniyle sağ nefrektomi yapılan kadın hastada operasyondan yıllar sonra pankreas gövde ve kuyruk kesiminde iyi kontrastlanan metastatik hiperdens kitleler (beyaz oklar).



Resim 11. Yetmiş üç yaş kadın hastada seröz kistadenom. A) Kontrastlı BT'de pankreas baş kesiminde yerleşimli santral kesiminde daha belirgin olarak izlenen lineer kontrastlanmalar içeren hipodens kitle (beyaz oklar), B) yağ baskısız ve C) yağ baskılamalı T2A MRG'de kitlenin ince septalı multipl kistlerden oluştuğu gözlenmekte (beyaz oklar).

BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.



Resim 12. Karın ağrısı nedeniyle tetkik edilen 21 yaş kadın hastada histopatolojik olarak doğrulanmış solid psödopapiller neoplazi. Pankreas baş kesiminde A) kontrastlı BT'de periferinde kalsifikasyonlar ve solid komponent barındıran santralinde yoğun içerikli kistler barındıran, heterojen iç yapı kitle (siyah oklar), B) yağ baskısız T2A MRG'de periferik solid komponentler ve kistik alanlar içerdiği gözlenmekte (beyaz oklar), C) yağ baskılı kontrastlı T1A MRG'de kitlenin periferik solid alanlarında kontrastlanma (beyaz oklar) var.

BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

Solid Psödopapiller Epitelyal Neoplazi

Solid psödopapiller epitelyal neoplazi, pankreatik pluripotent kök hücrelerinden köken alan ve sıklıkla genç kadınlarda görülen bir tümördür. Genellikle 2. veya 3. dekada saptanır. BT ve MRG'de genellikle büyük boyutlu, hemorajik içeriğe bağlı heterojen, nekrotik veya kistik alanlar içeren lezyonlar olarak izlenir (Resim 12). Solid kısımlar genellikle periferik yerleşimlidir. Solid alanlarda kalsifikasyon da izlenebilir. **Kontrastlanmanın panNEN'lere göre daha az olması ve panNEN'lerin daha küçük boyutlu olma eğilimi ayırıcı tanıda önemlidir [1].**

Intraduktal Papiller Müsinöz Neoplazm

Intraduktal papiller müsinöz neoplazmlar (İPMN), pankreatik kanal sisteminde gelişen ve özellikle yan dal tipi ile kistik panNEN'lerin ayırıcı tanısında önemli rol oynayan lezyonlardır. **MR kolanjyografi, pankreatik kanal ile ilişkisini göstermesi nedeniyle ayırıcı tanıda en değerli yöntemdir [10]. Ayrıca İPMN'lerde arteriyel fazda halkasal kontrastlanmanın olmaması, İPMN'ler üzüm salkımı morfolojisinde izlenirken kistik panNEN'lerin üniloküler ve sferik olma eğilimi gibi özellikler tanısal ayırmada yardımcıdır [10].** Non-invaziv incelemelerin yetersiz kaldığı durumlarda EUS eşliğinde aspirasyon kesin tanıya olanak sağlar.

Diğer

Pankreasta yer almamalarına rağmen, retroperitoneal paragangliomalar, soliter fibröz tümörler, gastrointestinal stromal tümörler ve splenik arter anevrizmaları; yakın komşulukları ve hipervasküler özellikleri nedeniyle panNEN'leri taklit edebilir.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Singh A, Hines JJ, Friedman B. Multimodality imaging of the pancreatic neuroendocrine tumors. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019; 40: 469-82. [CrossRef]
2. Geurts JL. Inherited syndromes involving pancreatic neuroendocrine tumors. *J Gastrointest Oncol*. 2020; 11: 559-66. [CrossRef]
3. Ji S, Cao L, Gao J, Du Y, Ye Z, Lou X, et al. Proteogenomic characterization of non-functional pancreatic neuroendocrine tumors unravels clinically relevant subgroups. *Cancer Cell*. 2025; 43: 776-96. [CrossRef]
4. Rindi G, Mete O, Uccella S, Basturk O, La Rosa S, Brosens LAA, et al. Overview of the 2022 WHO classification of neuroendocrine neoplasms. *Endocr Pathol*. 2022; 33: 115-54. [CrossRef]
5. Kos-Kudła B, Castaño JP, Denecke T, Grande E, Kjaer A, Koumarianou A, et al. European Neuroendocrine Tumour Society (ENETS) 2023 guidance paper for nonfunctioning pancreatic neuroendocrine tumours. *J Neuroendocrinol*. 2023; 35: e13343. [CrossRef]
6. Kasumova GG, Tabatabaie O, Eskander MF, Tadikonda A, Ng SC, Tseng JF. National rise of primary pancreatic carcinoid tumors: comparison to functional and nonfunctional pancreatic neuroendocrine tumors. *J Am Coll Surg*. 2017; 224: 1057-64. [CrossRef]
7. Sundin A, Arnold R, Baudin E, Cwikla JB, Eriksson B, Fanti S, et al. ENETS consensus guidelines for the standards of care in neuroendocrine tumors: radiological, nuclear medicine & hybrid imaging. *Neuroendocrinology*. 2017; 105: 212-44. [CrossRef]
8. Reubi JC. Peptide receptors as molecular targets for cancer diagnosis and therapy. *Endocr Rev*. 2003; 24: 389-427. [CrossRef]
9. Binderup T, Knigge U, Johnbeck CB, Loft A, Berthelsen AK, Oturai P, et al. ¹⁸F-FDG PET is superior to WHO grading as a prognostic tool in neuroendocrine neoplasms and useful in guiding PRRT: A prospective 10-year follow-up study. *J Nucl Med*. 2021; 62: 808-15. [CrossRef]
10. Mitrovic-Jovanovic M, Grubor N, Milosevic S, Jankovic A, Stosic K, Ostojic S, et al. Total pancreatectomy for multicentric cystic neuroendocrine tumor of the pancreas: a case report. *Diagnostics (Basel)*. 2022; 12: 1003. [CrossRef]

11. Kartalis N, Mucelli RM, Sundin A. Recent developments in imaging of pancreatic neuroendocrine tumors. *Ann Gastroenterol.* 2015; 28: 193-202. [\[CrossRef\]](#)
12. Singh R, Calhoun S, Shin M, Katz R. Pancreatic neuroendocrine tumor with atypical radiologic presentation. *Radiol Case Rep.* 2015; 3: 162. [\[CrossRef\]](#)
13. Hofland J, Falconi M, Christ E, Castaño JP, Faggiano A, Lamarca A, et al. European Neuroendocrine Tumor Society 2023 guidance paper for functioning pancreatic neuroendocrine tumour syndromes. *J Neuroendocrinol.* 2023; 35: e13318. [\[CrossRef\]](#)
14. Scarpa A, Chang DK, Nones K, Corbo V, Patch AM, Bailey P, et al. Whole-genome landscape of pancreatic neuroendocrine tumours. *Nature.* 2017; 543: 65-71. [\[CrossRef\]](#)
15. de Herder WW, Niederle B, Scoazec JY, Pauwels S, Kloppel G, Falconi M, et al. Well-differentiated pancreatic tumor/carcinoma: insulinoma. *Neuroendocrinology.* 2006; 84: 183-8. [\[CrossRef\]](#)
16. Rayamajhi SJ, Lee J, Mittal BR, Jessop AC, Chasen B, Bhosale P. Cross sectional and nuclear medicine imaging of pancreatic insulinomas. *Abdom Radiol (NY).* 2017; 42: 531-43. [\[CrossRef\]](#)
17. Whipple AO, Frantz VK. adenoma of islet cells with hyperinsulinism: a review. *Ann Surg.* 1935; 101 :1299-335. [\[CrossRef\]](#)
18. Gouya H, Vignaux O, Augui J, Dousset B, Palazzo L, Louvel A, et al. CT, endoscopic sonography, and a combined protocol for preoperative evaluation of pancreatic insulinomas. *AJR Am J Roentgenol.* 2003; 181: 987-92. [\[CrossRef\]](#)
19. Lin XZ, Wu ZY, Tao R, Guo Y, Li JY, Zhang J, et al. Dual energy spectral CT imaging of insulinoma-value in preoperative diagnosis compared with conventional multi-detector CT. *Eur J Radiol.* 2012; 81: 2487-94. [\[CrossRef\]](#)
20. McAuley G, Delaney H, Colville J, Lyburn I, Worsley D, Govender P, et al. Multimodality preoperative imaging of pancreatic insulinomas. *Clin Radiol.* 2005; 60: 1039-50. [\[CrossRef\]](#)
21. Hofland J, Refardt JC, Feelders RA, Christ E, de Herder WW. Approach to the patient: insulinoma. *J Clin Endocrinol Metab.* 2024; 109: 1109-18. [\[CrossRef\]](#)
22. Chatzipanagiotou O, Schizas D, Vailas M, Tsoli M, Sakarellos P, Sotiropoulou M, et al. All you need to know about gastrinoma today | Gastrinoma and Zollinger-Ellison syndrome: a thorough update. *J Neuroendocrinol.* 2023; 35: e13267. [\[CrossRef\]](#)
23. Krampitz GW, Norton JA. Current management of the Zollinger-Ellison syndrome. *Adv Surg.* 2013; 47: 59-79. [\[CrossRef\]](#)
24. Rossi RE, Elvevi A, Citterio D, Coppa J, Invernizzi P, Mazzaferro V, et al. Gastrinoma and Zollinger Ellison syndrome: a roadmap for the management between new and old therapies. *World J Gastroenterol.* 2021; 27: 5890-907. [\[CrossRef\]](#)
25. Hussain JS, Srinivasa RN, Hage A, Pampati R, Chick JFB. Bringing SASI back: single session selective arterial secretin injection and transarterial embolization of intrahepatic pancreatic neuroendocrine metastasis in a MEN-1 patient. *Radiol Case Rep.* 2018; 13: 333-5. [\[CrossRef\]](#)
26. de Herder WW, Hofland J. Vasoactive intestinal peptide-secreting tumor (VIPoma). Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. [\[CrossRef\]](#)
27. Karele EN. All you need to know about VIPoma: Review on the latest studies. *Presse Med.* 2024; 53: 104222. [\[CrossRef\]](#)
28. Perry RR, Vinik AI. Clinical review 72: diagnosis and management of functioning islet cell tumors. *J Clin Endocrinol Metab.* 1995; 80: 2273-8. [\[CrossRef\]](#)
29. Una Cidon E. Vasoactive intestinal peptide secreting tumour: an overview. *World J Gastrointest Oncol.* 2022; 14: 808-19. [\[CrossRef\]](#)
30. Menon G, Jialal I. Glucagonoma. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. [\[CrossRef\]](#)
31. Elangovan A, Zulfiqar H. Somatostatinoma. [Updated 2023 Jun 25]. In: statpearls [Internet]. Treasure island (FL): StatPearls publishing; 2025. [\[CrossRef\]](#)
32. Nesi G, Marcucci T, Rubio CA, Brandi ML, Tonelli F. Somatostatinoma: clinico-pathological features of three cases and literature reviewed. *J Gastroenterol Hepatol.* 2008; 23: 521-6. [\[CrossRef\]](#)
33. de Herder WW, Hofland J. Somatostatinoma. Endotext [Internet]. South dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000. [\[CrossRef\]](#)
34. Barral M, Faraoun SA, Fishman EK, Dohan A, Pozzessere C, Berthelin MA, et al. Imaging features of rare pancreatic tumors. *Diagn Interv Imaging.* 2016; 97: 1259-73. [\[CrossRef\]](#)

1. Fonksiyonel olmayan panNEN'lerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?
 - a. Tanı anında genellikle küçük boyutlu ve sınırlı evrededirler.
 - b. En sık kullanılan ilk görüntüleme yöntemi MRG'dir.
 - c. EUS, metastaz taramasında ilk tercih edilen yöntemdir.
 - d. Hipervasküler yapıları nedeniyle erken arteriyel fazda kontrast tutulumu gösterirler.
 - e. Sıklıkla pankreatik kanal dilatasyonu ile birlikte izlenirler.
2. Aşağıdakilerden hangisi insülinoma hakkında doğru bir ifade değildir?
 - a. Fonksiyonel bir panNEN alt tipi olan insülinoma, genellikle hipoglisemiye bağlı semptomlarla erken dönemde tanı alır.
 - b. Sporadik insülinomalar genellikle multipldir ve 3. dekatta ortaya çıkar.
 - c. Tanı anında insülinomaların çoğu 2 cm'den küçüktür ve hipervasküler özellik gösterir.
 - d. Dual enerjili BT'nin insülinoma saptamada duyarlılığı %95'in üzerindedir.
 - e. GLP-1 reseptör PET-BT, indolan insülinomaların görüntülenmesinde kullanılabilir.
3. Gastrinomalar için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
 - a. En sık gastrinoma üçgeninde yerleşirler.
 - b. Duodenal gastrinomalar genellikle 1 cm'den küçük oldukları için BT ile tespitleri zor olabilir.
 - c. Proton pompa inhibitörü kullanımı gastrin düzeyinin tanısal değerini artırır.
 - d. EUS, küçük pankreatik tümörlerde yüksek duyarlılığa sahiptir.
 - e. MRG, karaciğer metastazlarını saptamada BT'ye göre daha duyarlıdır.
4. Aşağıdakilerden hangisi somatostinoma ile ilgili doğru bir ifadedir?
 - a. Tanı anında genellikle küçük ve semptomatik lezyonlardır.
 - b. En sık pankreasın baş bölgesinde yer alır.
 - c. Somatostatin düzeyinin üst sınırı geçmesi tanı için yeterlidir.
 - d. MRG'de T2 AG'lerde fibröz stroma nedeniyle hipointenstir.
 - e. GLP-1R PET-BT, metastaz değerlendirmesinde tercih edilir.
5. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi kistik panNEN ile intraduktal papiller müsinöz neoplazmin (IPMN) ayırıcı tanısında kullanılan kriterlerden biri değildir?
 - a. Arteriyel fazda halkasal kontrast tutulumu
 - b. Lezyonun üniloküler ve sferik yapıda olması
 - c. Üzüm salkımı morfolojisi
 - d. MR kolanjiyografide pankreatik kanal ilişkisi
 - e. Yüksek Ki-67 proliferasyon indeksi

Gastrointestinal Nöroendokrin Neoplazmalar

Gastrointestinal Neuroendocrine Neoplasms

Canan Altay, Sefer Teymuroğlu

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

ÖZ

Nöroendokrin neoplazmalar (NEN), diffüz endokrin sistemden köken alan tümörlerdir ve en sık gastrointestinal sistem (GİS) yerleşimlidir. Dünya Sağlık Örgütü'nün sınıflamasına göre NEN'ler; iyi diferansiye, kötü diferansiye ve karışık nöroendokrin-nöroendokrin olmayan neoplazmalar olmak üzere üç ana gruba ayrılır. GİS NEN'leri çeşitli biyolojik olarak aktif maddeleri sentezleyip salgılayarak özgün klinik sendromlara yol açabilir. Bu tümörler GİS'in herhangi bir segmentinde yerleşebilir; klinik seyir, prognoz ve metastaz riski tümörün lokalizasyonuna göre değişkenlik gösterir. Bazı olgular ailesel sendromlarla (Multipl endokrin neoplazi tip 1, Nörofibromatozis tip 1) ilişkili olabilir. Tanı, lokalizasyon ve evrelemede ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme ve pozitron emisyon tomografi-BT gibi görüntüleme yöntemleri kullanılır. Tedavi tümörün lokalizasyonu, boyutu, derecesi ve evresine göre şekillendirilir. Bu derlemede GİS NEN'lerinin radyolojik değerlendirilmesi ve bu bağlamda radyoloğun yönetim sürecindeki rolü ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nöroendokrin neoplazma, karsinoid tümör, gastrointestinal karsinoid, nöroendokrin karsinom, gastrinoma, görüntüleme

ABSTRACT

Neuroendocrine neoplasms (NENs) are tumors originating from the diffuse endocrine system, most commonly located in the gastrointestinal (GI) tract. According to the World Health Organization classification, NENs are categorized into three main groups: well-differentiated, poorly differentiated, and mixed neuroendocrine-non-NEN. GI NENs can synthesize and secrete various biologically active substances, leading to characteristic clinical syndromes. These tumors may arise in any segment of the GI tract, and their clinical course, prognosis, and metastatic potential vary depending on the tumor location. In some cases, they may be associated with hereditary syndromes such as multiple endocrine neoplasia type 1 and neurofibromatosis type 1. Imaging modalities including ultrasonography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging and positron emission tomography-CT are employed for diagnosis, localization, and staging. Treatment strategies are tailored according to the tumor's location, size, *grade*, and stage. This review focuses on the radiologic evaluation of GI NENs and emphasizes the role of the radiologist in their clinical management.

Keywords: Neuroendocrine neoplasm, carcinoid tumor, gastrointestinal carcinoid, neuroendocrine carcinoma, gastrinoma, imaging

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Nöroendokrin tümörlerin sınıflaması ve radyolojik görüntüleme yöntemlerinde davranışı.
- Nöroendokrin tümörlerin gastrointestinal sistemde dağılım sıklığı.
- Nöroendokrin tümörlerin, tümörün yerleşim yerine göre tercih edilmesi gereken radyolojik görüntüleme yöntemi ve radyolojik bulguları.
- Nöroendokrin tümörlerde tedavi seçenekleri.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Canan Altay, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

E-posta: drcananaltay@gmail.com, canan.altay@deu.edu.tr **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-0417-7770

Geliş Tarihi/Received: 15.09.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 13.10.2025 **Epub:** 17.11.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Altay C, Teymuroğlu S. Gastrointestinal neuroendocrine neoplasms. *Trd Sem.* 2025;13(3):397-416



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

GİRİŞ

Nöroendokrin neoplazmalar (NEN), belirgin nöroendokrin farklılaşma gösteren epitelyal kaynaklı tümörlerdir. Bu tümörler, diffüz endokrin sistem hücrelerinden köken alır. NEN'ler hem nöral krest hem de endokrin hücre farklılaşma özellikleri sergiler ve çeşitli farmakolojik olarak aktif peptid ve aminleri sentezleyip salgılayabilirler [1, 2]. Bu özellikleri sayesinde, salgıladıkları hormonlara bağlı olarak gelişen klinik sendromlar diğer lezyonlardan ayırt edilmelerine yardımcı olur. Ayrıca nöroendokrin belirteçlere karşı gösterdikleri immünreaktivite, immünohistokimya ve fonksiyonel görüntüleme teknikleri tanıları kolaylaştırır [2, 3].

NEN'ler, vücudun nöroendokrin sistemi bulunan herhangi bir bölgesinde gelişebilir ancak en sık görüldüğü yer gastrointestinal sistemdir (GIS) (%67). Bu bölgeyi sırasıyla trakeobronşiyal sistem (%25) ve pankreas izler [4]. GIS içinde ise en sık yerleşim yerleri literatürde, sıkkık sırası ile; rektum (%34), ince bağırsak (%26), mide (%12), kolon (%8), duodenum (%8), çekum (%6) ve apendiks (%6) olarak bildirilmiştir [5].

Embriyolojik gelişim temel alınarak GIS NEN'leri şu şekilde sınıflandırılır:

- Ön bağırsak (*foregut*): mide, duodenum, pankreas, trakeobronşiyal ağaç
- Orta bağırsak (*midgut*): jejunum, ileum, çekum, apendiks, çıkan kolon
- Son bağırsak (*hindgut*): transvers kolon, inen kolon, rektum

Bu tümörler topluca gastroenteropankreatik (GEP)-NEN olarak adlandırılır.

GIS NEN'lerin Sınıflandırılması ve Adlandırılması

2019 Dünya Sağlık Örgütü sınıflaması, GEP-NEN isimlendirmesinde temel olarak histopatolojik özellikleri esas alır. Bu sınıflamada başlıca dikkate alınan kriterler şunlardır: tümörün diferansiyasyon düzeyi, mitotik aktivite ve Ki-67 proliferasyon indeksi [6, 7].

NEN'ler üç ana gruba ayrılır

- İyi diferansiye NEN'ler
- Kötü diferansiye NEN'ler [nöroendokrin karsinom (NEK)]
- Mikst tip nöroendokrin-nöroendokrin olmayan neoplazmalar (MiNEN)

İyi diferansiye NEN'ler, tümör derecesine (evre) göre üç alt gruba ayrılır

- Evre 1 (G1): Mitotik oran $<2/2 \text{ mm}^2$, Ki-67 indeksi $<\%3$
- Evre 2 (G2): Mitotik oran $2-20/2 \text{ mm}^2$, Ki-67 indeksi $\%3-20$
- Evre 3 (G3): Mitotik oran $>20/2 \text{ mm}^2$, Ki-67 indeksi $>\%20$

Mitotik oran, 2 mm^2 'lik alanda sayılan mitoz sayısını ifade ederken; Ki-67 proliferasyon indeksi, en yüksek boyanma gösteren alanda en az 500 hücrenin sayılmasıyla hesaplanır.

Kötü diferansiye NEN'ler, Ki-67 proliferasyon indeksi $\%20$ 'nin üzerinde ve mitotik aktivite 10 büyük büyütme alanında 20 'nin üzerinde olan tümörlerdir. Bu tümörler, NEK olarak da adlandırılır ve küçük hücreli ve büyük hücreli olmak üzere iki alt tipe ayrılır. Tanım gereği, bu tümörlerin nöroendokrin komponenti tümörün en az $\%30$ 'unu oluşturmaktadır [7].

MiNEN, farklı histolojik kökenli hücrelerden oluşur

MiNEN'lerde hem nöroendokrin hem de nöroendokrin olmayan komponentin her biri tümörün en az $\%30$ 'unu oluşturmaktadır [8].

G3 tümörler, prognostik açıdan iyi diferansiye (G1-G2) ve kötü diferansiye tümörler arasında ara bir grup olarak değerlendirilir. Ancak son yıllarda, iyi diferansiye olup yüksek proliferatif aktiviteye sahip G3 NEN'ler de tanımlanmış ve bu alt grup klinik anlamda giderek önem kazanmaya başlamıştır [9, 10].

Klinik sınıflamaya göre NEN'ler ikiye ayrılır

- Fonksiyonel NEN'ler: Hormon üreterek spesifik klinik sendromlara neden olurlar.

- Fonksiyonel olmayan NEN'ler: Hormon salgılamazlar veya salgıladıkları hormonlar klinik belirti oluşturmaz.

Fonksiyonel tümörlerde klinik tabloya neden olan hormonlar arasında serotonin, gastrin, insülin, glukagon, somatostatin ve vazoaaktif intestinal peptid (VIP) sayılabilir.

Fonksiyonel olmayan tümörler sıklıkla geç evrede, metastaz yaptıktan sonra tanı alır ve bu grup özellikle multipl endokrin neoplazi tip 1 (MEN-1) sendromuyla ilişkilidir [11].

KLİNİK BULGULAR

Nöroendokrin neoplazmaların klinik belirtileri, tümörün lokal invazyonuna, uzak metastaz varlığına veya biyolojik olarak aktif hormon üretimine bağlı olarak değişkenlik

gösterir. Klinik tablo büyük ölçüde tümörün yerleşim yeri, büyüklüğü ve fonksiyonel durumuna göre şekillenir.

Karsinoid sendrom: İyi diferansiye GIS NEN'li hastaların yaklaşık %40'ında görülür. Serotonin ve diğer vazodilatör maddelerin aşırı salınımına bağlı gelişen bu sendrom;

- Yüzde ani kızarma (*flushing*)
- Diyare
- Bronkospazm

gibi semptomlarla karakterizedir [4].

İnce bağırsak yerleşimli NEN'lerde, serotonin karaciğerde metabolize edildiğinden sistemik etkiler genellikle görülmez. Ancak karaciğer metastazı mevcutsa, hormonlar sistemik dolaşıma geçerek karsinoid sendroma neden olabilir.

Karsinoid sendromun uzun vadeli komplikasyonları arasında şunlar yer alır

- Kardiyak kapak hastalıkları (özellikle sağ kalp kapaklarında fibrozis)
- Mezenterik fibrozis
- Niasin (vitamin B3) eksikliğine bağlı pellegra (demans, ishal, dermatit)
- Triptofan eksikliği sonucu ortaya çıkan nöropsikiyatrik semptomlar [12, 13]

Karsinoid kriz: Biyolojik aktif aminlerin aniden ve yüksek miktarda salınımı sonucu ortaya çıkan, hızlı gelişen ve yaşamı tehdit eden hemodinamik instabilite durumudur. Cerrahi, endoskopik işlem veya anestezi gibi tetikleyici olaylarla ilişkili olabilir. Oktreotid, bu tür hastalarda hem profilaktik hem de tedavi edici amaçla kullanılabilir [14].

Genetik Sendromlarla İlişkili NEN'ler

Gastrointestinal sistem NEN'lerinin bazı kalıtsal hastalıklarla birlikte görülebileceği bilinmektedir:

- MEN-1: Gastrinomaların yaklaşık %25'i, mide kaynaklı karsinoid tümörlerin %1-10'u bu sendromla ilişkilidir.
- Von Hippel-Lindau Sendromu: Sıklıkla çoklu fonksiyonel olmayan pankreatik NEN'ler ile ilişkilidir.
- Nörofibromatozis Tip 1: Duodenal ve periampuller yerleşimli NEN'lerle birlikte görülebilir [4].

ENDOSKOPI VE LABORATUVAR BİYOMARKERLERİ

Gastrointestinal sistem NEN'lerinin tanısında endoskopik inceleme, özellikle mide, duodenum, kolon ve rektum yerleşimli lezyonlar açısından kritik öneme sahiptir [15]. Ancak ince bağırsak kaynaklı NEN'lerde konvansiyonel endoskopik yöntemlerin erişimi sınırlıdır. Bu durumda çift balon enteroskopi ve kapsül endoskopi gibi ileri teknikler fayda sağlayabilir.

Endoskopik Görüntüleme

Nöroendokrin neoplazma'lar endoskopide tek ya da çok sayıda, submukozal yerleşimli nodüler veya polipoid lezyonlar olarak izlenebilir. Lezyonlar üzerinde ülserasyon, mukozal kanama ve intestinal striktür gözlemlenebilir. Fonksiyonel tümör varlığında (örneğin gastrinoma), mukozada atrofi ya da hipertrofi gibi ikincil değişiklikler de endoskopik olarak değerlendirilebilir [15].

Endoskopik Ultrasonografi

Gastrointestinal sistem NEN'lerinin preoperatif lokal evrelemesi, tümör invazyon derinliğinin belirlenmesi, lenf nodu tutulumunun saptanması ve biyopsi alınması açısından önemli bir görüntüleme yöntemidir [16-19].

Yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayan endoskopik ultrasonografi (EUS), özellikle diğer yöntemlerle saptanamayan küçük NEN'lerin lokalizasyonunda oldukça etkilidir. Ancak EUS operatör bağımlı bir yöntemdir ve yalnızca lokal alanı değerlendirebilir.

- Duodenal lezyonlar için EUS duyarlılığı: %45-60
- Pankreatik NEN'ler için EUS duyarlılığı: %95 ve üzeri (oldukça yüksek) [4, 20].

İntraoperatif Ultrasonografi

Cerrahi sırasında, özellikle karaciğerdeki küçük ve çok odaklı metastazların tespitinde etkin bir yöntemdir [19]. Radyolojinin bu konudaki rolü oldukça değerlidir.

Laboratuvar Biyomarkerleri

Nöroendokrin tümörlerin tanısında, hastalığın takibinde ve tedaviye yanıt değerlendirmesinde çeşitli biyomarkerlerden yararlanılır.

5-Hidroksiindolasetik Asit

Serotonin karaciğerdeki metabolitidir. Yirmi dört saatlik idrar örneğinde değerlendirilir.

- Tanısal duyarlılık: %73
- Özgüllük: %100

Karsinoid sendrom düşünülen olgularda tercih edilen ilk biyokimyasal testtir [16].

Kromogranin A

Nöroendokrin hücrelerden salınan glikoprotein yapıdaki bir biyomoleküldür.

- Duyarlılık: %60-100 arasında değişken
- Özgüllük: düşüktür (%10-35)

Proton pompa inhibitörleri (PPI) kullanımı, böbrek yetmezliği, enflamatuvar bağırsak hastalıkları ve bazı maligniteler kromogranin A (CgA) düzeylerini yanlış pozitif şekilde artırabilir. Bu nedenle özellikle kolorektal NEN'lerde sınırlı tanısal değer taşır [17].

Pankreastatin

Kromogranin A'nın parçalanma ürünüdür ve bazı çalışmalarda daha özgül bir tümör belirtici olduğu gösterilmiştir. Ancak halen araştırma aşamasındadır ve rutin klinik kullanımda yerini tam olarak almamıştır [18].

GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Nöroendokrin neoplazmaların tanısı, tümörün anatomik lokalizasyonu ve evrelemesi için kullanılan görüntüleme teknikleri, morfolojik ve fonksiyonel olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Morfolojik Görüntüleme

Anatomik yapıyı gösteren ve tümörün yerleşim, boyut, invazyon ve metastaz varlığını değerlendiren kesitsel görüntüleme yöntemleri şunlardır:

- Ultrasonografi (USG)
- Kontrastlı bilgisayarlı tomografi (BT)
- Kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme

Bu teknikler, hastalığın tanısı ve tedavisinin planlanmasında temel araçlardır [4].

Fonksiyonel Görüntüleme

Tümörün biyolojik davranışını değerlendirmeye, evrelemede ve morfolojik yöntemlerle saptanamayan odakların tespitine yönelik nükleer tıp temelli görüntüleme yöntemlerini içerir. Başlıcaları:

- Somatostatin reseptör sintigrafisi (SRS)
- Flor-18 florodeoksiglukoz (^{18}F -FDG) pozitron emisyon tomografisi (PET)
- ^{68}Ga -Galyum (^{68}Ga) DOTA-peptit PET

Bu yöntemler, özellikle tümör reseptör ekspresyonunu hedef alır ve morfolojik görüntülemenin tamamlayıcısıdır [4].

Ultrasonografi

Transabdominal USG, GİS NEN'lerinin tanısında, spesifik olmayan karın şikayetleri nedeniyle sıklıkla kullanılan ilk tarama yöntemidir. Özellikle pankreatik NEN'lerin değerlendirilmesinde yüksek radyolojik doğruluk sağlar [19].

Lezyonlar, GİS duvarından kaynaklanan hipoeoik alanlar şeklinde veya çevresinde hiperekoik halka bulunan nodüller olarak gözlemlenebilir. Karaciğerdeki metastazlar genellikle değişken boyutlarda, hipoeoik halo çevresinde ekojenik özellikler taşır. Ayrıca primer tümörün lokalizasyonuna bağlı olarak mezenterik, periportal ve peripankreatik lenfadenopatiler görülebilir. Bu lezyonlar renkli Doppler USG'de artmış vaskülarite gösterebilir.

Transabdominal USG'nin nöroendokrin tümörleri saptama duyarlılığı, tümörün yerleşim bölgesine göre değişkenlik gösterir; genel olarak %13-27 arasında iken, karaciğer metastazlarının tespitinde duyarlılık %85-90 civarındadır [19].

Endoskopik Ultrasonografi

Endoskopik ultrasonografi, üst GİS ve kolorektal NEN'lerin kesin lokalizasyonu, detaylı morfolojik tanımlanması, doku örneklemesi ve lokal evrelemede kritik bir yöntemdir [19].

Yüksek çözünürlüğü sayesinde, diğer görüntüleme yöntemleriyle saptanamayan küçük tümörlerin belirlenmesinde EUS'nin duyarlılığı oldukça yüksektir. Ancak operatör bağımlılığı ve sınırlı görüntüleme alanı nedeniyle sadece lokal bölgeyi değerlendirebilir.

- Duodenal lezyonların tespitinde EUS duyarlılığı %45-60 arasında değişirken,
- Pankreatik lezyonlarda duyarlılık çok daha yüksektir [4, 20].

Intraoperatif Ultrasonografi

Cerrahi sırasında kullanılan intraoperatif ultrasonografi, küçük ve multifokal karaciğer metastazlarının saptanmasında faydalıdır [19].

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi, GİS NEN'lerinin tanı ve evrelemede temel görüntüleme yöntemlerinden biridir. **Tümörün saptanma duyarlılığı, büyük ölçüde kullanılan protokolün uygunluğuna bağlıdır [4]. Şüpheli NEN olgularında, IV kontrastlı dinamik çok fazlı BT protokolü uygulandığında tanısız duyarlılık yüksektir.**

NEN'ler, kontrastsız abdomen BT'de genellikle izodens ya da hafif hiperdens görünümündedir ve saptanması zordur. Özellikle NEK'lerde kalsifikasyonlar gözlenebilir [20].

Tümörler, yüksek vaskülarite özellikleri nedeniyle özellikle erken arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu gösterir ve çoğunlukla hipervasküler boyanma paterni sergiler.

Küçük tümörler (<3 cm) homojen kontrastlanırken daha büyük lezyonlarda nekroz ve kistik dejenerasyon nedeniyle heterojen kontrastlanma izlenir [20].

Metastazlar da genellikle hipervasküler olup bazen yalnızca arteriyel fazda saptanabilir. Bu nedenle karaciğer görüntülemesinde özellikle geç arteriyel fazın değerlendirilmesi önerilir. **Portal venöz faz ise, tümörün çevre organ ve damarlarla olan ilişkisini değerlendirmek için önem taşır, lezyonlar bu fazda izodens olarak izlenmektedir. Kesin tanı için çok fazlı BT protokolü uygulanması gereklidir.**

İnce Kesitli Multidetektör Bilgisayarlı Tomografi

İnce kesitli görüntüleme ve uygun negatif oral kontrast ajanları kullanılarak bağırsakların optimum distansiyonu sağlanır. Bu sayede küçük mukozal lezyonların tespit oranı önemli ölçüde artar [21].

Kamaoui ve arkadaşlarının [22] çalışmasında, BT enteroklizisinin ince bağırsak NEN'lerini %100 duyarlılık ve %96 özgüllükte saptadığı gösterilmiştir.

Çift Enerjili Bilgisayarlı Tomografi

Çift enerjili BT, ince bağırsak NEN'lerinin kontrastını artırarak tespit oranını yükseltebilir. 55 keV sanal monokromatik görüntüler ve iyot üst üste bindirme (*overlay*) teknikleri, lezyonların daha belirgin hale gelmesini sağlar [23].

Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme, uzun tarama süreleri ve hareket artefaktlarına duyarlılığı nedeniyle GİS NEN'lerinin değerlendirilmesinde BT'ye göre daha az tercih edilmektedir.

Optimal MRG protokolü, geleneksel T1 ve T2 ağırlıklı sekansların yanı sıra, nötr oral kontrast sonrası dinamik kontrastlı görüntülemeyi içerir [24].

Manyetik Rezonans Enterografi

İnce bağırsak NEN'lerinin tanısında BT enterografinin radyasyonsuz alternatifi olarak kullanılabilir. Ancak zaman alıcı, maliyetli olması ve artefaktlara daha yatkın olması nedeniyle sınırlı kullanımı vardır, küçük mukozal lezyonların gözden kaçırılabilmesi unutulmamalıdır [4].

Dinamik kontrastlı MRG, BT'nin dinamik protokolüne benzer kontrastlanma paterni sergiler ve NEN'lerin saptanmasında oldukça doğru sonuçlar verir.

Sinyal Özellikleri

NEN'ler genellikle;

- T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens
- T2 ağırlıklı görüntülerde ise hiperintens olarak izlenir.

Ancak mezenterik desmoplazi varlığında sinyal karakteristikleri değişkenlik gösterebilir. Dinamik MRG'de kontrastlanma paterni dinamik BT'ye benzer özellikler taşır [4].

Manyetik Rezonans Görüntüleme'nin Avantajları

Bilgisayarlı tomografide saptanamayan veya şüpheli lezyonların (hem primer hem metastatik) tespitinde ek avantaj sağlar.

Manyetik rezonans enterografinin, 10 mm'den büyük ince bağırsak NEN'lerinde duyarlılığı %94 olarak bildirilmiştir [25].

Diffüzyon Ağırlıklı Görüntüleme

Nöroendokrin tümörler yüksek hücresellik nedeniyle diffüzyon kısıtlanması gösterir. Diffüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG), özellikle kistik veya hipovasküler atipik NEN'lerin solid karakterini doğrulamada yardımcı olabilir.

Ayrıca DAG karaciğer metastazları ile hemanjiomları (ikisi de T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens) ayırt etmekte faydalıdır, metastazlarda çoğunlukla diffüzyon kısıtlanması saptanır [4, 26].

Fonksiyonel Görüntüleme

Fonksiyonel görüntüleme (nükleer tıp görüntülemesi), GİS NEN'lerinin yönetiminde morfolojik görüntülemeye tamamlayıcı olarak kullanılır. Bu yöntemler tümörün biyolojik aktivitesi ve fizyolojik durumu hakkında bilgi sağlar ve özellikle 1 cm'den büyük, fonksiyonel neoplazmaların lokalizasyonunda kritik öneme sahiptir. Ayrıca bazı konvansiyonel görüntüleme teknikleriyle görülemeyen tümörlerin tespitinde oldukça değerlidir [4].

Fonksiyonel görüntüleme teknikleri, sintigrafi veya PET tabanlı olabilir. PET, daha yüksek mekânsal çözünürlük ve hızlı görüntü

alma avantajı sunar. Kullanılan radyofarmasötik analoglar ise NEN hücreleri tarafından eksprese edilen reseptörlere veya üretilen metabolitlere yöneliktir. Başlıca kullanılan analoglar; somatostatin, guanidin [¹²³I] -etiketli noradrenalin analogu metaiyodobenzilguanidin ve glukoz (¹⁸F-FDG PET) bazlıdır.

Somatostatin Reseptör Sintigrafisi

Nöroendokrin tümörlerde somatostatin reseptörlerinin aşırı ekspresyonu yaygın olup özellikle iyi diferansiye NEN'lerin yaklaşık %80-100'ünde tip 2 somatostatin reseptörleri ifade edilir [27, 28].

Somatostatin reseptör sintigrafisi, ¹¹¹In- etiketli oktreotid kullanılarak yapılır ve günümüzde iyi diferansiye G1 ile G2 NEN'lerin tespiti ve lokalizasyonunda altın standart kabul edilir. Yaklaşık %80 duyarlılığa sahiptir [29].

68-Galyum-DOTATATE ve Benzeri Pozitron Emisyon Tomografisi Yöntemleri

Somatostatin analoglarıyla işaretlenmiş (⁶⁸Ga-DOTANOC, ⁶⁸Ga-DOTATOC, ⁶⁸Ga-DOTATATE) PET yöntemleri, giderek yaygınlaşmakta ve klinikte tercih edilmektedir [30].

⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT, yüksek doğruluğu nedeniyle şüpheli NEN olgularında birinci basamak görüntüleme yöntemi olabilir. GEP NEN'lerin değerlendirilmesinde %93 duyarlılık ve %95 özgüllük sağlamaktadır [31].

Bu yöntem metastatik NEN'lerde primer tümör lokalizasyonu, cerrahi öncesi metastazların tespiti ve oktreotid tedavisinden fayda görecektir hastaların seçimi için önemlidir. Ayrıca diğer sintigrafi yöntemlerine kıyasla hedef-arka plan kontrastı çok yüksektir ve subsantimetrik lezyonları saptayabilir [31].

Karaciğer metastazlarının tespitinde ⁶⁸Ga-DOTANOC PET-CT (%93.5 duyarlılık), ⁶⁸Ga-DOTATATE PET-BT'den (%85.5 duyarlılık) biraz daha üstündür [32].

Metaiyodobenzilguanidin Sintigrafisi

Metaiyodobenzilguanidin, norepinefrin analogudur ve NEN hücreleri tarafından alınarak metabolize edilir. Ancak GIS NEN'lerinde genel duyarlılığı SRS'ye kıyasla daha düşüktür (yaklaşık %50) [31].

Flor-18 Florodeoksiglukoz Pozitron Emisyon Tomografisi

Flor-18 florodeoksiglukoz PET, özellikle yavaş büyüyen, düşük proliferasyon indeksli G1 ve G2 NEN'lerde düşük duyarlılığa sahiptir. Ancak yüksek dereceli NEN'lerde ve somatostatin reseptörü negatif olgularda tanı ve evrelemede faydalıdır [31].

Yeni Teknikler ve Hibrit Görüntüleme

Fonksiyonel (Sintigrafi/PET) ve anatomik (BT/MRG) görüntülemenin birleştirildiği hibrit yöntemler, daha yüksek uzaysal çözünürlük ve somatostatin reseptör duyarlılığı sağlar. Bu teknikler, SRS-tek foton emisyonlu BT'nin yerini alarak giderek daha yaygın kullanıma girmekte ve hastalar için daha konforlu, görüntüleme süresini 1-3 saate kadar azaltmaktadır [30, 31].

Flor-18 Florodeoksiglukoz -3,4-Dihidroksifenilalanin Pozitron Emisyon Tomografisi / Bilgisayarlı Tomografi

Flor-18-3,4-dihidroksifenilalanin PET/BT, dopamin ortak salınımına dayanan bir yöntem olup, gastrointestinal NEN'lerin tespitinde %98 duyarlılığa sahiptir [33].

TANI

Fonksiyonel NEN tanısı esas olarak klinik ve biyokimyasal bulgulara dayanır. Serum CgA seviyesi, GEP NEN'lerin %60-80'inde yükselir ancak spesifik değildir ve NEN alt tiplerinin ayırımında yardımcı olmaz [34]. Serum CgA düzeyleri tümör yükü ve histolojik diferansiyasyon derecesi ile korelasyon gösterir, büyük ve iyi diferansiye tümörlerde daha yüksek değerler saptanır.

Endoskopik ya da bazen perkütan yolla elde edilen doku örneğinin histopatolojik olarak incelenmesi ve nöroendokrin belirteçlere karşı gösterdiği immünohistokimyasal pozitiflik, NEN'lerin tanısında altın standart olarak kabul edilmektedir. En sık eksprese edilen tümör belirteçleri CgA, sinaptofizin, nöron-spesifik enolaz ve sinaptik proteindir [35, 36].

Görüntüleme yöntemleri, kontrastlanma özelliklerine dayanarak NEN tanısını destekleyebilir ancak kesin tanı koyduramaz. Çoğu fonksiyonel olmayan NEN, genellikle rastlantısal olarak veya bası semptomları nedeniyle yapılan görüntülemelerde ilk kez teşhis edilir [4].

YERLEŞİME ÖZGÜ GÖRÜNTÜLEME ÖZELLİKLERİ

Gastrik Nöroendokrin Neoplazma

Mide karsinoidleri, tüm GIS NEN'lerinin yaklaşık %12'sini oluşturur [5]. Bu tümörlerin çoğu asemptomatiktir ve endoskopi sırasında rastlantısal olarak saptanır. Patogenezlerine göre dört alt tipe (Tip 1-4) ayrılırlar [37, 38].

- Tip 1: En sık (%80 civarı) olup otoimmün kronik atrofik gastrit ile ilişkilidir. Genellikle asemptomatik, mide korpus ve fundusunda çoklu küçük (<2 cm) submukozal lezyonlar şeklinde endoskopide görülür. Sıklıkla lokalize kalır, bölgesel lenf nodu metastazı nadiren (%~5) görülür [39].

- Tip 2: Genellikle multiple endokrin neoplazi tipi 1 (MEN-1) ile ilişkilidir ve *Zollinger-Ellison* sendromuna yol açar. Tip 1'e benzer şekilde multifokal, küçük (<2 cm) lezyonlardır. Ancak Tip 2 daha agresiftir ve metastaz oranı %10-30 arasındadır [38].
- Tip 3: Sporadiktir ve genellikle mide fundus ve gövdesinde tekil, büyük (>2 cm) kitle şeklinde görülür. Malignite potansiyeli en yüksek olan tiptir, lokal invazyon ve uzak metastaz riski yüksektir. Endokrin spesifik belirtiler genellikle yoktur [38, 39].
- Tip 4: Kötü diferansiye olup mide kansinomunu taklit eder ve kötü prognoz ile ilişkilidir [37].

Karsinoid sendrom, mide NEN'lerinde ince bağırsak NEN'lerine kıyasla nadirdir çünkü az sayıda tümör serotonin salgılar. Tip 1 ve 2 tümörler, enterokromafin hücre hiperplazisi nedeniyle serum gastrin düzeylerinde yükselme ile ilişkilidir; Tip 3 ve 4 ise normal gastrin seviyelerine sahiptir [37].

Görüntüleme histolojik diferansiasyon derecesine bağlı olarak farklı morfolojik paternler gözlenir [38]. Erken iyi diferansiye lezyonlar nodül veya polip (sesil ya da pedinküllü) şeklindedir. BT veya MRG'de Tip 1 ve 2 lezyonlar mide duvarına sınırlı, fokal kontrastlanan lezyonlar olarak görünür ve lümeneye doğru protrüde olurlar (Resim 1). Tip 2'de ayrıca mide mukozal kıvrımlarında yaygın kalınlaşma ve artmış kontrastlanma eşlik edebilir.

Tip 3 mide NEN'leri, genellikle büyük kitleler şeklinde izlenir; sıklıkla merkezinde nekroz bulunur ve komşu organlara invazyon, lenf nodu ve karaciğer metastazları ile birlikte seyreder. Tip 4 veya kötü diferansiye NEN'ler ise büyük ülseratif kitleler veya yaygın infiltratif duvar kalınlaşması şeklindedir ve mide adenokarsinomundan ayırt edilemez. Lokal invazyon, lenfadenopati ve metastaz riski kötü diferansiye NEN'lerde daha yüksektir [38, 39].

Tip 1 ve 2 mide NEN'in ayırıcı tanısında polipler ve metastazlar düşünülürken, Tip 3 ve 4 için adenokarsinom, lenfoma ve gastrointestinal stromal tümör akla gelmelidir [40, 41].

Gastrik NEN'lerde, lokalize hastalıkta 5 yıllık sağkalım oranı %73, bölgesel yayılımda %65, metastatik hastalıkta ise %25 olarak bildirilmiştir [5].

Duodenal Nöroendokrin Neoplazma

Duodenal NEN'ler nadirdir ve GİS NEN'lerinin yaklaşık %2-3'ünü oluşturur [5]. Histolojik olarak G-hücre, D-hücre, fonksiyonel olmayan tümörler, gangliositik paragangliomlar veya kötü diferansiye ampuller karsinomlar şeklinde sınıflanabilir [41].

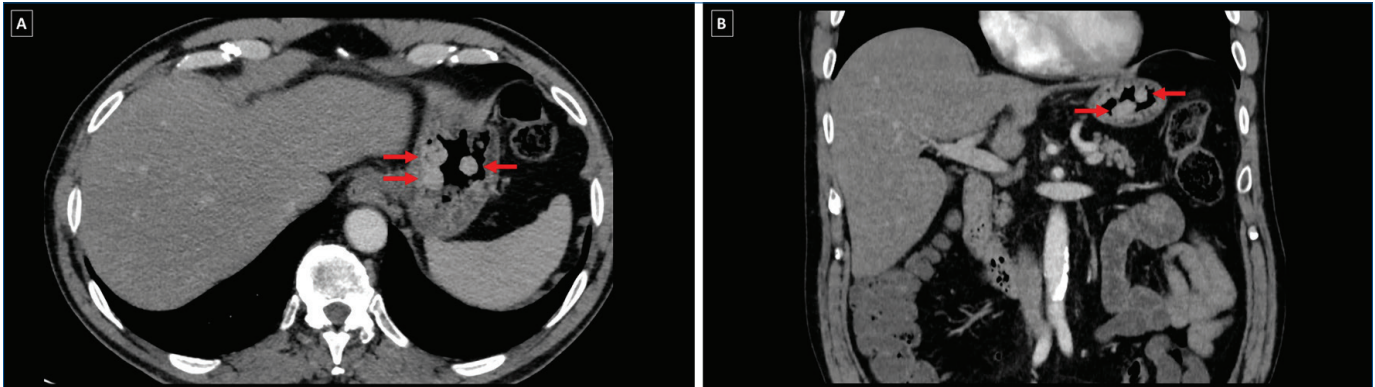
G-hücre veya gastrin hücresi tümörleri en yaygın alt tiptir. Tüm histolojik tiplerde MEN-1 ile ilişki yüksektir; gastrinoma en sık ilişkilendirilen alt tiptir. MEN-1'de duodenal gastrinomalar genellikle multiple, küçük (<1 cm) ve proksimal duodenumda lokalizedir [42].

Bu sendromda gastrinomanın, küçük ve mukozaya/submukozaya sınırlı olsa bile lenfatik yayılım riski yüksektir ve hepatik metastazlardan önce gerçekleşir. **Sporadik gastrinoma genellikle tekildir ve çoğunlukla (%85) gastrinoma üçgeninde (duodenumun ikinci bölümünü kapsayan bölgede) yer alır [41].**

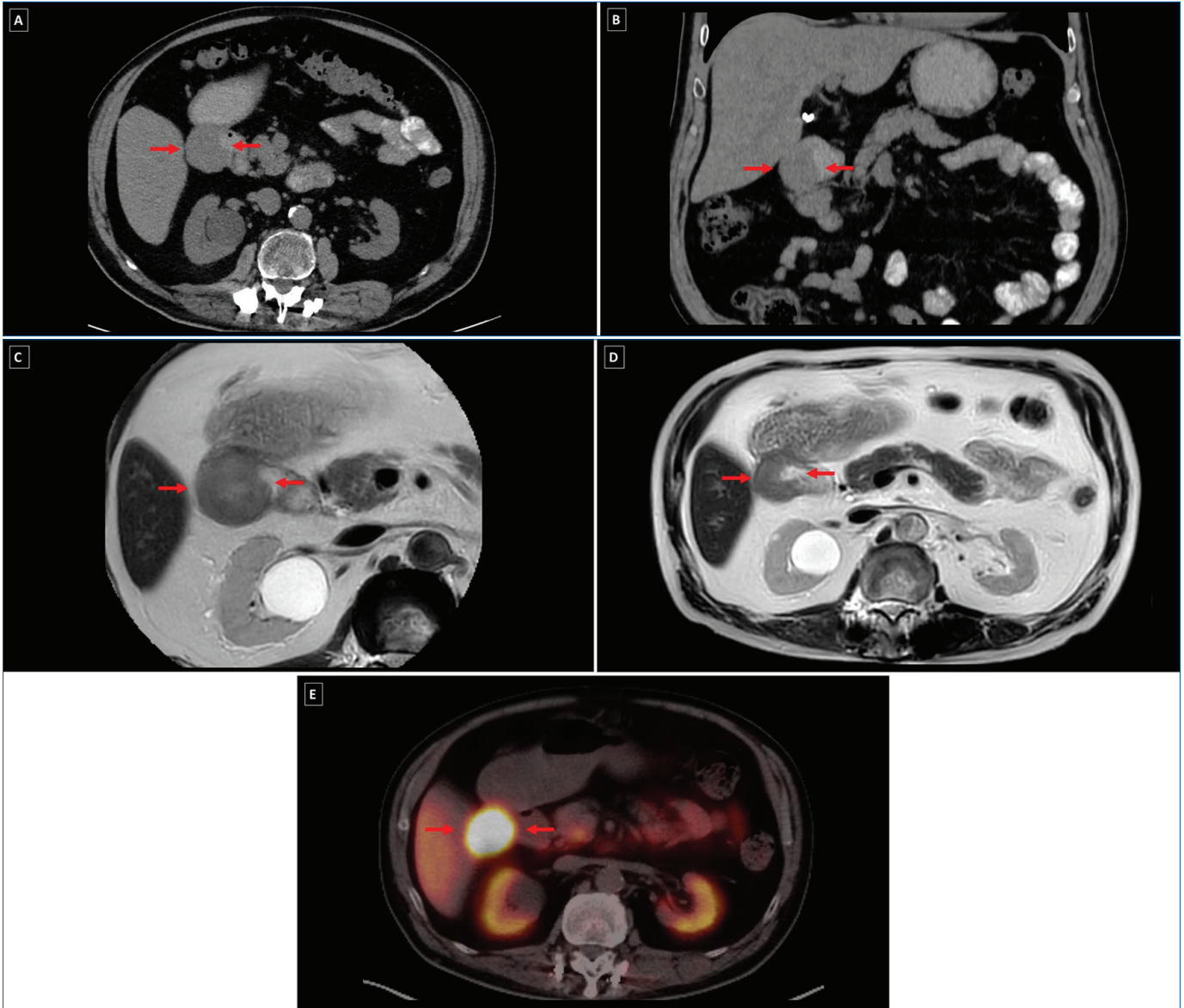
Nörofibromatozis tip 1, periampuller bölgede başlayan D-hücre tümörleri veya somatostatinoma ile ilişkilendirilebilir. Somatostatinoma obstrüktif sarılık veya pankreatit tablosuyla kendini gösterebilir.

Bilgisayarlı tomografi veya MRG'de duodenal NEN'ler, intraluminal polipler veya intramural kitleler olarak, yoğun kontrast tutan ya da çevresel duodenal duvar kalınlaşması şeklinde görülür (Resim 2) [41]. Görüntüleme farklı duodenal NEN alt tiplerinin ayırımına yardımcı olmaz. Ayırıcı tanıda duodenal adenom ve adenokarsinom düşünülmelidir.

Duodenal karsinoid için lokalize hastalıkta 5 yıllık sağkalım %68, bölgesel yayılımda %55, metastatik hastalıkta ise %46'dır [5].



Resim 1. Elli yedi yaş erkek hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen bilgisayarlı tomografi (A) ve koronal reformat görüntülerde (B) midede çok sayıda polipoid yapıda tip I iyi diferansiye nöroendokrin tümör (kırmızı oklar).



Resim 2. Yetmiş bir yaş erkek hastada kontrastsız abdomen BT (A) ve koronal reformat görüntülerde (B) duodenum 1. ve 2. segment düzeyinde, ağırlıklı olarak duodenum lateral duvarda yerleşimli, homojen iç yapıda iyi diferansiye nöroendokrin tümör (kırmızı oklar). Duodenum kaynaklı kitle mide pasajında daralmaya sebep olmaktadır. MRCP incelemeye ait yüksek rezolüsyonlu T2AG (C) ve TSE T2AG (D) görüntülerde kitlenin *medialinde* mikrokistik odaklar izlenmektedir ve kitle ağırlıklı olarak duodenum duvarı ile izointens sinyaldedir. Ga^{68} DOTATATE PET-BT incelemede (E) kitle diffüz tarıda yüksek metabolik aktivite (SUV_{max} : 12.9) göstermektedir.

BT, bilgisayarlı tomografi; MRCP, manyetik rezonans kolanjiyopankreatografi; T2AG, T2 ağırlıklı görüntü; TSE, turbo spin-echo; PET-BT, pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi; Ga^{68} DOTATATE, Galyum-68 DOTATATE (DOTA-[Tyr3]-octreotate); SUV_{max} , maksimum standardize tutulum değeri.

Jejunum ve İleum

Distal ileum, GiS NEN'lerinin en sık görüldüğü bölge olup tüm olguların yaklaşık %30'unu oluşturur [5]. Olguların %40'ına kadar çoklu lezyon olabilir [43]. Diğer GiS bölgelerine kıyasla, NEN adenokarsinomdan sonra en sık görülen ince bağırsak malignitesidir.

Olguların yaklaşık %40'ı spesifik olmayan abdominal ağrı ile başvurur. Dörtte birinde aralıklı ince bağırsak obstrüksiyonu görülebilir [44]. Ağrı, invajinasyon, bağırsak obstrüksiyonu, tümörün kitle etkisi veya mezenterik iskemiye bağlı olabilir [4, 44].

Karaciğer metastazı olan lezyonlar karsinoid sendrom ile prezente olabilir. Boyutlarına bağlı olarak, ince bağırsak NEN'leri görüntülemeye genellikle fokal kontrastlanan submukozal nodül veya polipoid kitle olarak izlenir (Resim 3). Bazen invajinasyonla ilişkili olabilirler.

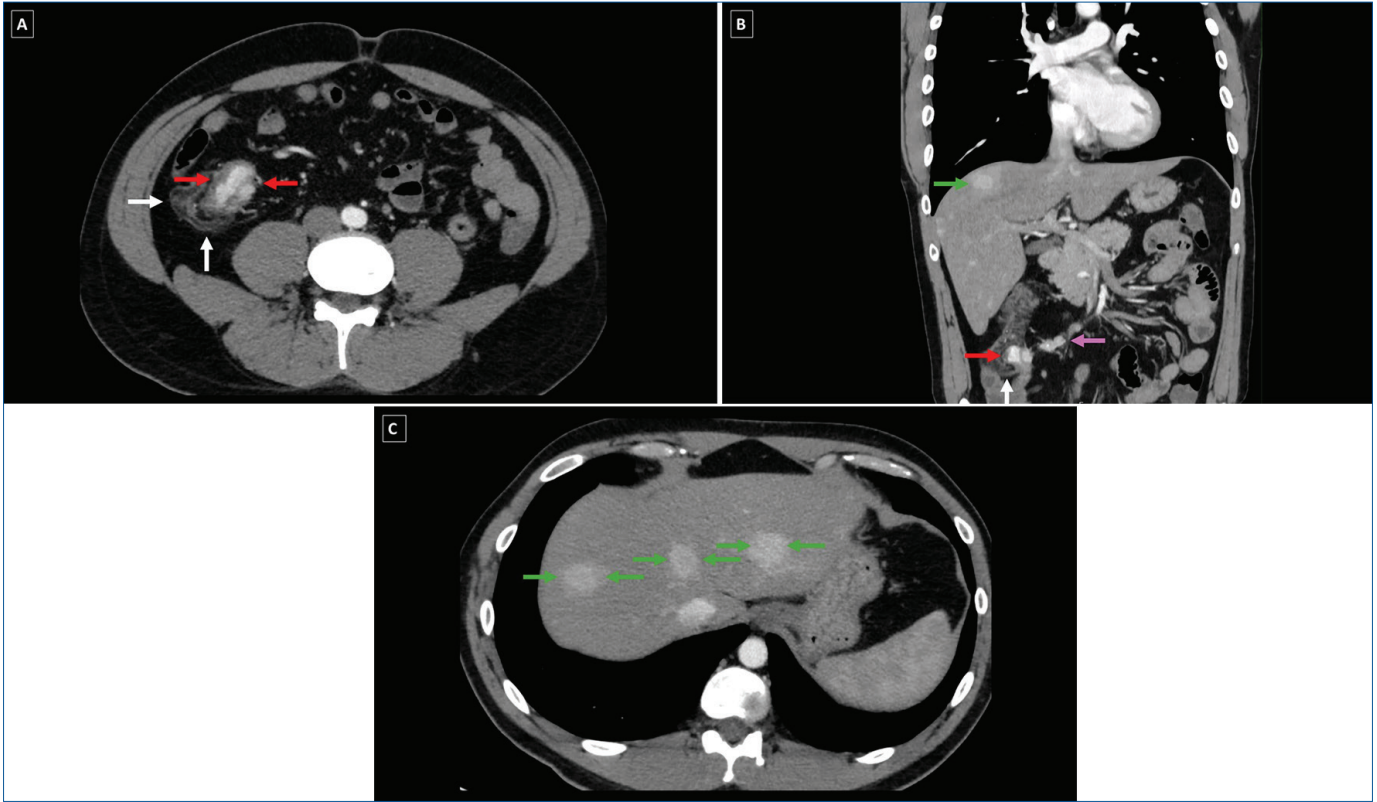
Büyük tümörlerde, duvar transgresyonu ile birlikte seroza ve mezenter invazyonu görülebilir; bu durum salınan vazoaktif

aminler nedeniyle desmoplaziye yol açar [45]. Sonuçta mezenterik çizgilenme, kalınlaşma ve fibrozis gelişir, bu fibrotik kitleler sıklıkla kalsifikasyon (%70 civarı) ve çevresel lenfadenopati ile birlikte olabilir (Resim 4) [4].

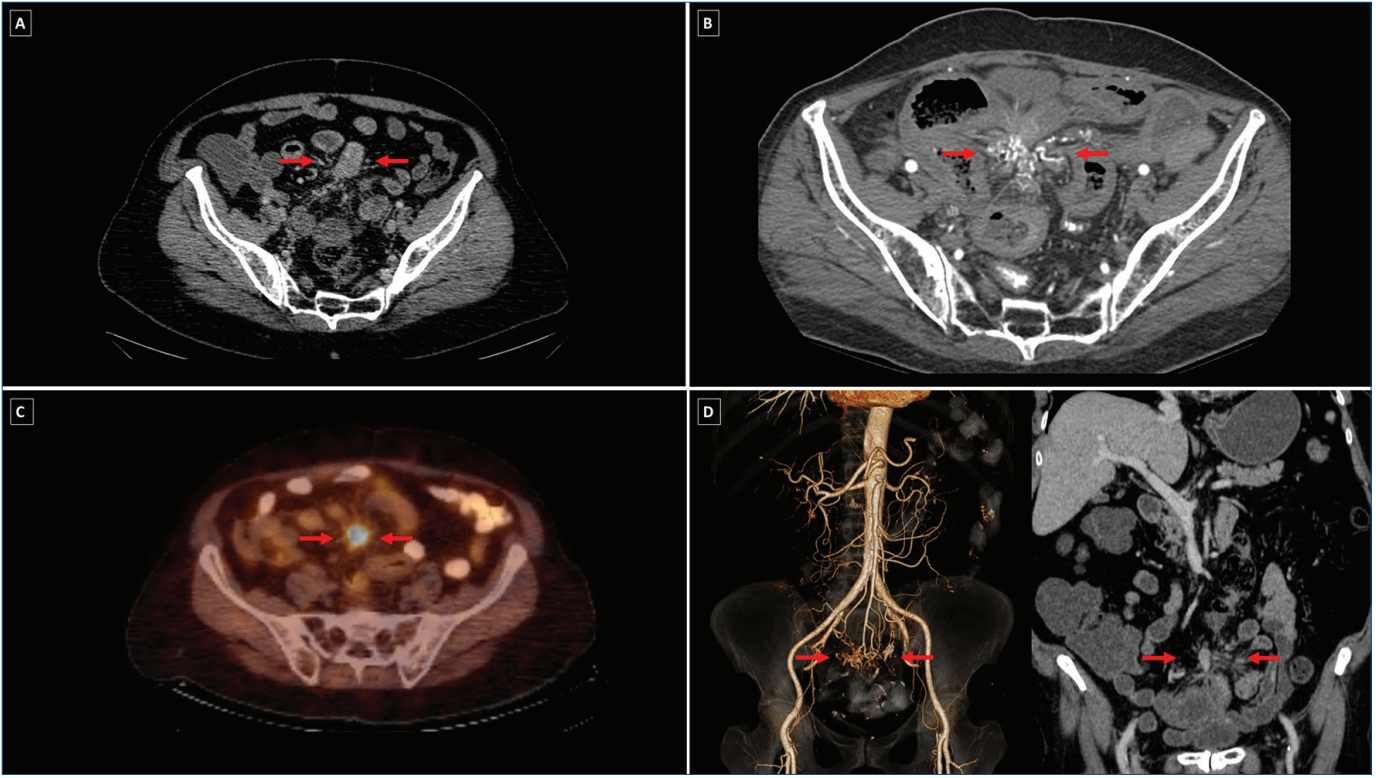
Mezenterik kitlelerin bu karakteristik görüntüleri, primer bağırsak lezyonu küçük veya fibrozis nedeniyle görünmez olsa dahi altta yatan bağırsak NEN'leri için neredeyse tanısaldır.

Fibrozis ayrıca komşu bağırsak segmentlerinde kalınlaşma, kıvrılma, hareket kısıtlılığı ve retraksiyona neden olur [45, 46]. Ayrıca fibrozisin yol açtığı vasküler stenoz veya oklüzyon mezenterik iskemiye ve buna bağlı bağırsak değişikliklerine yol açabilir.

Bu tümörler genellikle kötü diferansiye olup ekstraluminal invazyon gösterir. Olguların %20'sinde tanı anında karaciğer metastazı vardır ve prognoz kötü seyredir. İleal-jejunal NEN için 5 yıllık sağkalım oranları lokalize hastalıkta %65, bölgesel yayımda %71, metastatik hastalıkta %54'tür [5].



Resim 3. Yirmi altı yaş erkek hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen bilgisayarlı tomografi sağ alt kadranda geçen aksiyel kesit (A), koronal reformat görüntüleri (B) ve karaciğer düzeyinden geçen aksiyel görüntülerde (C) terminal ileumda yerleşimli hipervasküler karakterde iyi diferansiye nöroendokrin tümör (kırmızı oklar). Kitle çekumun (beyaz oklar) lümenine hafif indentedir ancak invazyon izlenmemiştir. Çekum mezosunda kalsifik odaklar içeren lenfadenopatiler (pembe ok) ve karaciğerde hipervasküler metastaz ile uyumlu kitle lezyonları (yeşil oklar) izlenmektedir.



Resim 4. Yetmiş üç yaş kadın hastada 4 kontrastlı abdomen BT (A) ve BT anjiyografi (B) aksiyel görüntülerde mezenterde desmoplastik metastatik lenfadenopati (kırmızı oklar) ve vasküler angorjman ve artmış arteriyel çok sayıda besleyici arter (kırmızı oklar) ile karakterize, cerrahi ile küçük bir odakta izlenen ileal iyi diferansiye nöroendokrin tümör. Ga⁶⁸ DOTATATE PET-BT incelemede (C) mezenterik desmoplastik lenfadenopatide diffüz tarda yüksek metabolik aktivite (SUV_{max} : 10.7) göstermektedir. 3D anjiyografik görüntüler ve koronal düzlem reformat abdomen BT görüntülemesinde (D) kitlenin superior mezenterik arter dallarından beslendiği görülmektedir.

BT, bilgisayarlı tomografi; Ga⁶⁸ DOTATATE, Galyum-⁶⁸ DOTATATE (DOTA-[Tyr³]-octreotate); SUV_{max} maksimum standardize tutulum değeri

Apendiks

Apendiks NEN'leri, apendiks tümörleri arasında en sık görülen tümör olup tüm apendiks tümörlerinin %60-88'ini oluşturur [47]. Çoğu tümör, apandisit nedeniyle yapılan apendektomi sonrası patoloji ile rastlantısal olarak tanımlanır. Hastaların çoğu asemptomatiktir çünkü tümörler apendiksin distal üçte birlik bölümünde yer alır ve lümen obstrüksiyonuna yol açmaz. Yaklaşık %10'u akut apandisit ile başvurur [4].

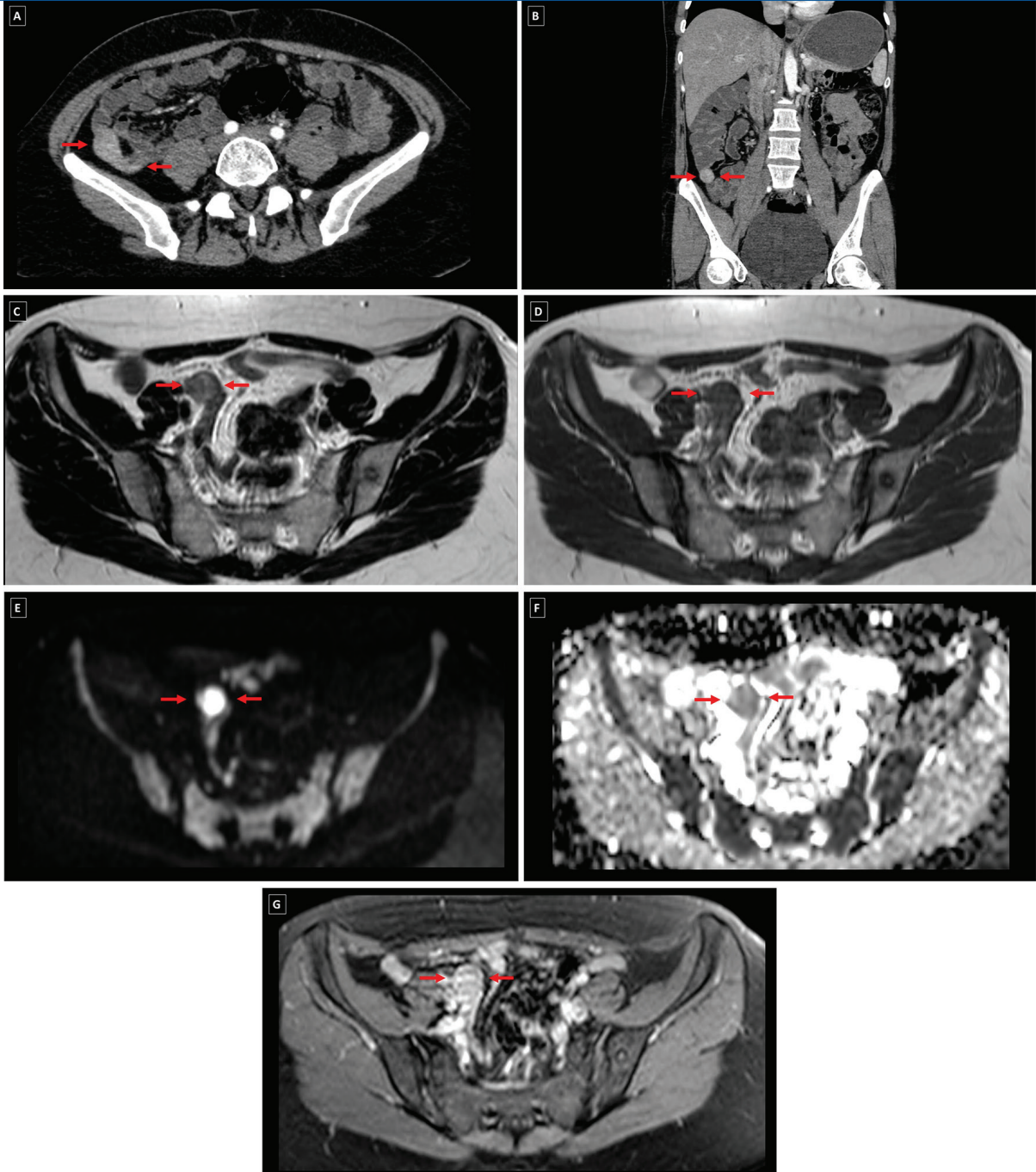
Apendiks NEN'leri genellikle apendiks duvarında sınırlı kalır, bölgesel infiltrasyon veya metastaz yapmaz ve bu nedenle bağırsak NEN'leri arasında en iyi prognoza sahiptir. BT'de, tümör nedeniyle lümen obstrüksiyonu ve buna bağlı enflamatuvar değişiklikler apendiks çevresinde apandisite benzer görüntü verir. Nadir olarak belirgin yumuşak doku kitlesi veya çevresel duvar kalınlaşması görülebilir (Resim 5) [48].

Rastlantısal bulunan apendiks NEN'leri için spesifik takip protokolü mevcuttur [49]:

- <1 cm çapındaki rastlantısal lezyonlarda basit apendektomi yeterlidir ve takip görüntülemeye gerek yoktur.
- 2 cm ve üzerindeki tümörlerde sağ hemikolektomi önerilir ve en az 7 yıl boyunca yıllık kesitsel görüntüleme ile takip edilir.
- 1-2 cm arasındaki tümörlerde kötü prognostik faktörlerin (lenfovasküler invazyon, nodal metastaz, mezoapendiks invazyonu) varlığına göre tedavi ve takip kararı verilir.

Bu faktörlerden biri varsa >2 cm tümörlerde uygulanan tedavi ve takip planı uygulanır [49].

Apendiks NEN'leri için 5 yıllık sağkalım oranları lokalize hastalıkta %88, bölgesel yayılda %78, metastatik hastalıkta ise %25 olarak bildirilmiştir [5].



Resim 5. Kırk bir yaş kadın hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen BT (A) ve koronal reformat görüntülerde (B) retroçekal yerleşimli apendiks düzeyinde, homojen iç yapıda ve hipervasküler olarak kontrastlanan, apendikte çap artışı oluşturan, iyi diferansiye nöroendokrin tümör (kırmızı oklar). MRG incelemeye ait TSE T2AG (C) incelemede kas palnlarına kıyasla hafif hiperintens ve inhomojen sinyalde, TSE T1AG (D) görüntülerde kas yapılar ile izointens nodüler lezyon izlenmektedir. Diffüzyon MR incelemede (E) ve görünür diffüzyon katsayısı haritada (F) kitlenin diffüzyon kısıtladığı ve post-kontrast yağ baskılı T1AG görüntüde (G) yoğun kontrastlanma gösterdiği anlaşılmaktadır (kırmızı oklar).

BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; TSE, turbo spin-echo; T2AG, T2 ağırlıklı görüntü; T1AG, T1 ağırlıklı görüntü; ADC görünür difüzyon katsayısı; Post-kontrast T1AG, kontrast madde sonrası T1.

Kolon ve Rektum

Kolonik NEN'ler en sık asendan kolonda görülür. Genellikle kötü diferansiye ve agresif seyirlidir, yaklaşık %40'ı yüksek evre'dir [50]. Görüntülemeye büyük ülseratif kitleler şeklindedir ve tanı anında %40 oranında metastaz saptanabilir (Resim 6). Lezyonlar kolonik intussusepsiyon öncüsü olabilir. Daha nadir morfolojik paternler arasında halka biçiminde (anüler) ve infiltratif görünüm yer alır [51, 52].

Rektal NEN'ler çoğunlukla asemptomatik, küçük (<1 cm) ve orta rektumda lokalizedir (Resim 7) [53]. Klinik olarak rektal kanama, ağrı ve bağırsak alışkanlıklarında değişiklik görülebilir. Küçük ve submukozal yapıları nedeniyle BT'de görünmeyebilirler. Transrektal EUS, küçük tümörlerde lokal evreleme ve boyut değerlendirmesinde faydalıdır [54]. Büyük tümörler polipoid, ülseratif kitle şeklinde olup BT ve MRG ile lokal ve uzak metastaz değerlendirilmelidir [50]. Rektal tümörler melanom ve sarkomu taklit edebilir [55].

Rektal NEN'ler, kolonik NEN'lere kıyasla daha iyi prognoza sahiptir ve genellikle rektum duvarına sınırlıdır. 5 yıllık sağkalım oranları lokalize hastalıkta %90, bölgesel yayımda %62, metastatik hastalıkta %24'tür [5].

Pankreatik Nöroendokrin Neoplazmalar

Pankreatik nöroendokrin neoplazmalar (PNEN'ler), pankreas tümörlerinin yaklaşık %1-2'sini oluşturur ve nadir görülen neoplazmalar arasında yer alır [7]. Klinik davranışları ve histopatolojik özelliklerine göre PNEN'ler iki ana gruba ayrılır: iyi diferansiye nöroendokrin tümörler (PanNET) ve kötü diferansiye nöroendokrin karsinomlar (PanNEK). Bu iki alt tip, farklı hücresel özellikler ve proliferatif aktiviteler sergiler; dolayısıyla klinik seyirleri ve prognozları belirgin şekilde farklılık gösterir (Resim 8, 9) [7].

Pankreatik nöroendokrin neoplazmalar ayrıca hormonal aktivite durumuna göre fonksiyonel ve fonksiyonel olmayan şeklinde sınıflandırılır. Fonksiyonel tümörler, aktif olarak hormon salgılar ve özgün klinik sendromlarla kendini gösterir. Buna karşın, fonksiyonel olmayan PNEN'ler genellikle hormon üretmezler ve çoğu olgu, geç evrede, tümör kitlesine bağlı spesifik olmayan semptomlarla tanı alır [56].

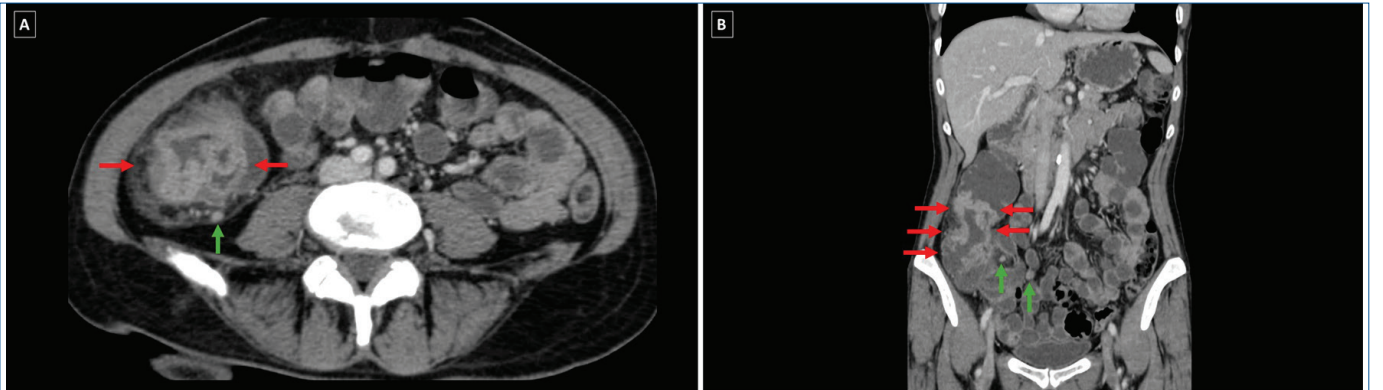
Fonksiyonel PNEN'ler arasında en sık rastlananlar: insülinoma, gastrinoma, VIPoma ve glukagonomadır.

- İnsülinoma, pankreasın beta hücrelerinden köken alır ve hipoglisemi atakları ile karakterizedir.
- Gastrinoma, Zollinger-Ellison sendromuna neden olur, aşırı gastrik asit salınımı sonucu dirençli peptik ülserler ve diyare görülebilir.
- VIPoma, VIP salınımına bağlı olarak şiddetli ishal ve hipokalemiye yol açar.

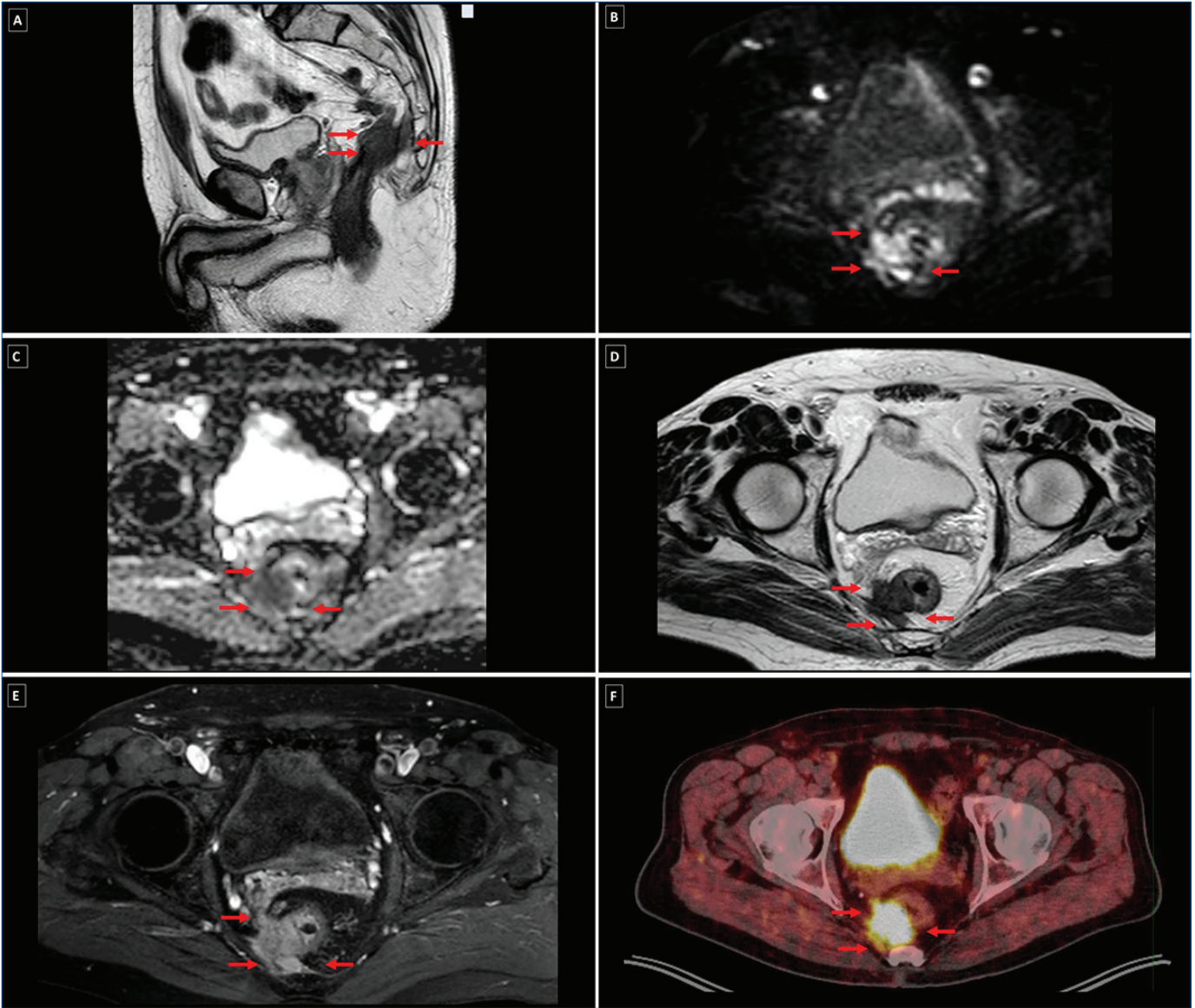
Glukagonoma, nekrotik migratuar eritem, kilo kaybı ve diyabet ile kendini gösterir [56].

Görüntüleme yöntemleri; PNEN'lerin tanı, lokalizasyon ve evrelemesinde kritik öneme sahiptir.

- Bilgisayarlı tomografi, özellikle arteriyel fazda belirgin kontrast tutulumu gösteren hipervasküler nodüller şeklinde görüntü verir.
- Manyetik rezonans görüntüleme, yumuşak doku çözünürlüğü açısından üstündür ve diffüzyon ağırlıklı sekanslarla tümör karakterizasyonuna katkı sağlar.
- Fonksiyonel görüntüleme kapsamında, iyi diferansiye PNEN'lerde ⁶⁸Ga-DOTATATE

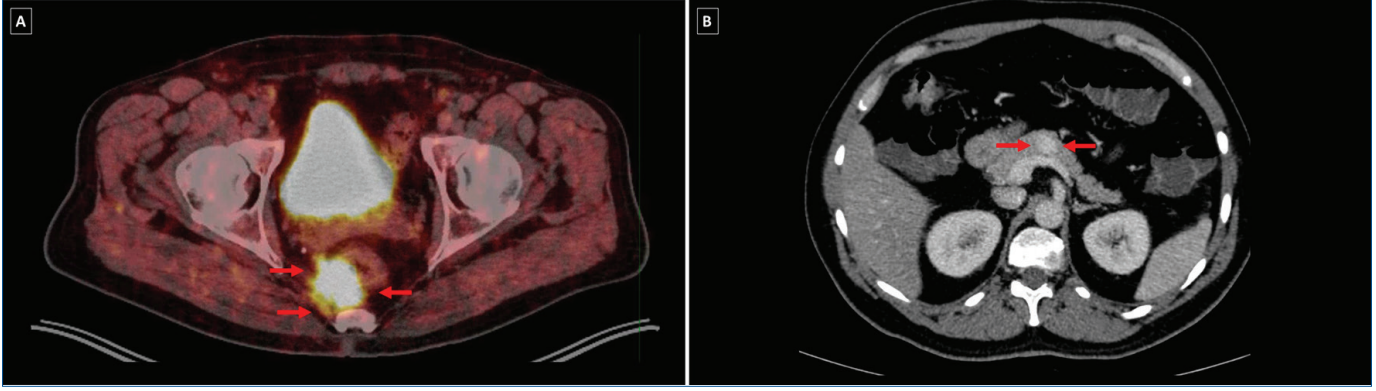


Resim 6. Elli yedi yaş kadın hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen bilgisayarlı tomografi (A) ve koronal reformat görüntülerde (B) çıkan kolonda ülseratif yapıda, büyük boyutlu büyük hücreli nöroendokrin tümör (kırmızı oklar) ve mezokolon içinde metastatik lenf nodları (yeşil oklar).



Resim 7: Altmış beş yaş erkek hastada alt abdomen MRG incelemede, sagittal TSE T2 görüntülerde (A) orta rektum düzeyinde, ağırlıklı olarak sağ lateral duvarda yerleşimli, homojen hipointens iç yapıda ve presakral alanda invazyon oluşturmuş kötü diferansiye nöroendokrin tümör (kırmızı oklar). Diffüzyon MR incelemede (B) ve görünür diffüzyon katsayısı haritada (C) kitlenin diffüzyon kısıtladığı ve TSE T2 aksiyel görünülerde (D) kitlenin rektum duvarını aşarak, sağ yanda mezorektumda invazyon oluşturduğu görülmektedir (kırmızı oklar). Kitle bu düzeyde peritoneal refleksiyon hattına da invazidir. Post-kontrast T1 ağırlıklı görüntülerde (E) bu düzeyde heterojen ve yoğun kontrastlanma izlenmektedir (kırmızı oklar). Ga⁶⁸ DOTATATE PET-BT incelemede (F) kitle diffüz tarda yüksek metabolik aktivite (SUV_{max} : 15.5) göstermektedir.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme; TSE, turbo spin-echo; T2AG, T2 ağırlıklı görüntü; Ga⁶⁸ DOTATATE, Galyum-⁶⁸ DOTATATE (DOTA-[Tyr³]-octreotate); SUV_{max} maksimum standardize tutulum değeri; PET-BT, pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi; MR, manyetik rezonans.



Resim 8. Elli yedi yaş erkek hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen BT (A) ve portal faz abdomen BT (B) panreas gövde düzeyinde, hipervasküler kitlesel lezyon (kırmızı oklar); Tanı: İnsülinoma, nöroendokrin tümör.

BT, bilgisayarlı tomografi.

PET/BT, somatostatin reseptör ekspresyonunu değerlendirmek amacıyla tercih edilirken kötü diferansiye ve yüksek *evre*'li tümörlerde ^{18}F -FDG PET/BT daha uygundur [56].

Pankreatik nöroendokrin neoplazmalarının prognozu; diferansiyasyon düzeyi, fonksiyonel özellikleri ve evresi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir.

İyi diferansiye, fonksiyonel ve erken evrede tanı almış olgularda 5 yıllık sağkalım oranı

%60-90 arasında bildirilirken kötü diferansiye ve ileri evre tümörlerde bu oran anlamlı şekilde düşmektedir. Özellikle fonksiyonel PNEN'lerde erken tanı, hastaların yaşam süresi ve kalitesinde belirgin iyileşme sağlamaktadır [7, 56].

NADİR LOKALİZASYONLAR

Gastrointestinal sistem NEN'leri nadiren özofagus, enterik duplikasyon kisti ve Meckel divertikülünde de görülebilir [57-59]. Özofagus NEN'leri çok nadirdir ve genellikle lümeni genişleten kitleler, ülseratif lezyonlar ya da varikoid görünümde şeklinde olabilir. Tedavi genellikle cerrahidir [60].

Enterik duplikasyon kistlerinde nadiren NEN gelişebilir, duplikasyon kisti duvarında eksantrik kontrastlanan nodül tespit edilmesi neoplazma gelişimini işaret eder [58].

Meckel divertikülünde NEN insidansı rezeksiyonlarda yaklaşık %10 olup hastaların üçte birinde karsinoid sendrom görülür. Küçük tümörlerde dahi sıkça lenf nodu tutulumları ve karaciğer metastazları gözlenir [61].

METASTATİK HASTALIK

Nöroendokrin tümörlerin en sık metastaz yaptığı organ karaciğerdir. İkinci en sık metastaz alanı kemik olup bunun %68'i omurgadadır. Diğer metastaz bölgeleri adrenal bez, akciğer ve beyin gibi organlardır [62].

Apendiks, gastrik ve rektal NEN'lerde metastaz nadiren görülür [61]. Kolonik NEN'lerde metastaz oranı %44, jejunoleal bölgede %30, rektal NEN'de ise %5'tir. Yüksek histolojik *evre* ve artmış invazyon derinliği metastaz riskini artırır [63].

Karaciğer ve lenf nodları metastaz için en sık yerlerdir [24]. Ayrıca periton (özellikle apendiks tümörlerinde), akciğer, kemik, beyin ve overler de metastaz alanlarıdır [64].

Karaciğer metastazları genellikle arteriyel fazda hipervasküler lezyonlar olarak görülür. Yaklaşık %6-20'si ise hipovasküler olabilir. Yaklaşık %15'i sadece arteriyel fazda tespit edilir. Bu nedenle multifazik kontrastlı BT ve MRG yapılması önerilir.

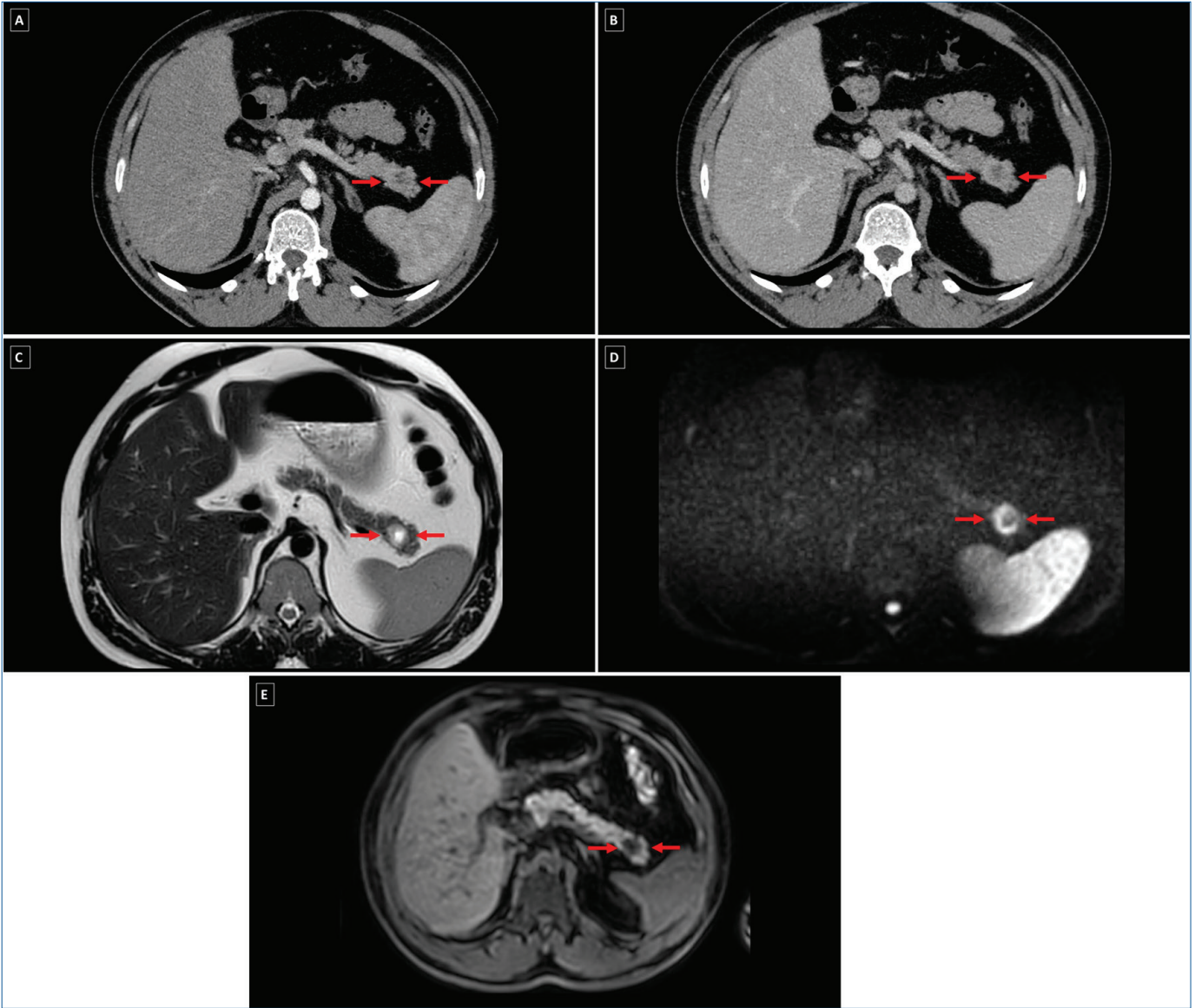
Multifaz kontrastlı MRG, karaciğer metastazlarının saptanmasında BT ve somatostatin sintigrafisine göre üstünlük sağlar [64]. Dinamik MRG'de metastazlar T1 ağırlıklı görüntülerde izointens, T2'de hiperintens olup arteriyel fazda yoğun kontrastlanma gösterir, venöz ve geç fazlarda yıkama (washout) gösterebilir veya göstermeyebilir [65].

Karaciğer metastazlarının saptanmasında MRG, planar SRS ve BT'nin duyarlılık oranları sırasıyla %95, %79 ve %49'dur [64]. Hipervasküler yapılarından dolayı bu lezyonlar USG'de genellikle ekojeniktir [66].

Kemik metastazları olguların yaklaşık %15'inde görülür ve özellikle ön bağırsak (*foregut*) tümörlerinde daha yaygındır. BT'de genellikle sklerotik lezyonlar şeklinde izlenir. MRG, kemik metastazlarının saptanmasında neredeyse %100 duyarlılığa sahiptir [67].

TEDAVİ

Gastrointestinal NEN'lerde küratif tedavi seçeneği cerrahidir. Metastatik olgularda dahi (özellikle oligometastatik durumlarda) primer tümör ve metastazların cerrahi rezeksiyonu başarıyla uygulanabilir ve sağkalımı artırır [13]. Cerrahi yönetim aşağıda özetlenmiştir.



Resim 9. Otuz üç yaş erkek hastada 4 kontrastlı arteriyel faz abdomen BT (A) ve portal faz abdomen BT (B) pankreas gövde düzeyinde, santral kesimde kistik/nekrotik bileşen barındıran solid lezyon (kırmızı oklar); Tanı: fonksiyonel olmayan nöroendokrin tümör. MRG incelemede, aksiyal düzlem TSE T2 görüntülerde (C) santral kesimi kistik/nekrotik karakterde, periferik solid bileşeni pankreas parankimine kıyasla hafif hiperintens lezyon (kırmızı oklar). Diffüzyon MR incelemede (D) kitlenin solid bileşeninde difüzyon kısıtlılığına bağlı sinyal artışı izlenmektedir. Prekontrast yağ baskılı T1AG (E) kitle pankreasın olağan zemin hiperintens sinyaline kıyasla keskin sınırlı ve hipointens olarak izlenmektedir (kırmızı oklar). Böbrek fonksiyon testi bozuk olan hastada kontrast kullanılmamıştır.

BT, bilgisayarlı tomografi; MRG, manyetik rezonans görüntüleme; TSE, turbo spin-echo; T2AG, T2 ağırlıklı görüntü; T1AG, T1 ağırlıklı görüntü.

Sistemik kemoterapi (cisplatin, streptozotosin, 5-florourasil) genellikle etkisizdir ve palyatif amaçla kullanılır. Karaciğer metastazları için transarteriyel kemoterapi embolizasyonu (TAKE), radyofrekans ablasyon veya cerrahi rezeksiyon uygulanabilir [50, 68-70].

Gastroenteropankreatik-NEN tedavisindeki yenilikler arasında somatostatin reseptör analogları ve moleküler hedefe yönelik ajanlar yer almaktadır.

Food and Drug Administration onaylı uzun etkili oktreotid ve lanreotid, özellikle iyi diferansiye metastatik NEN alt tiplerinde kullanılan somatostatin reseptör analoglarıdır.

Peptid reseptör radyo nükleid tedavisi (PRRT), radyoaktif işaretlenmiş somatostatin analoglarını kullanarak metastatik ve rezektabl olmayan gastrointestinal NEN'lerin tedavisinde uygulanmaktadır [68].

Moleküler hedefe yönelik tedaviler arasında sunitinib ve everolimus gibi tümör büyümesini hedef alan reseptör ve sinyal yollarını engelleyen ilaçlar yer almaktadır [13, 68].

Gastrointestinal Nöroendokrin Neoplazmalarda Cerrahi Tedavi Yaklaşımları

Mide Tip 1 Nöroendokrin Neoplazma

Tümör çapı 2 cm'den küçük olanlarda *wedge* rezeksiyon veya endoskopik rezeksiyon [polipektomi, endoskopik mukozal rezeksiyon (EMR) veya endoskopik submukozal diseksiyon (ESD)] uygulanabilir.

Tümör çapı 2 cm'den büyük olanlarda anatomic cerrahi rezeksiyon önerilir.

• Mide Tip 2 Nöroendokrin Neoplazma

Gastrinoma rezeksiyonu yapılmalı, polipoidal tümörlerde endoskopik rezeksiyon tercih edilir ve PPI ile medikal tedavi desteklenir.

• Mide Tip 3 ve Tip 4 Nöroendokrin Neoplazma

Parsiyel veya total gastrektomi ile birlikte lenfadenektomi yapılması gerekmektedir.

• Duodenal Nöroendokrin Neoplazma

Tek, 1 cm'den küçük ve ampulla dışında yerleşen lezyonlarda endoskopik rezeksiyon uygulanabilir.

Vater ampulü kaynaklı, 2 cm'den büyük lezyonlarda pankreatikoduodenektomi tercih edilir.

• Jejunoileal Nöroendokrin Neoplazma

İlgili ince bağırsak segmenti ve mezosunun rezeksiyonu yapılır. Ayrıca intraoperatif evreleme ile peritoneal veya karaciğer metastazı olup olmadığı değerlendirilir ve lenfadenektomi gerçekleştirilir.

• Apendiks Nöroendokrin Neoplazma

1 cm'den küçük lezyonlarda basit apendektomi yeterlidir. 2 cm'den büyük tümörlerde sağ hemikolektomi uygulanır.

1-2 cm arasında olup kötü prognostik faktörler (lenfovasküler invazyon, nodal metastaz veya mezoappendiks invazyonu) saptanan hastalarda da sağ hemikolektomi tercih edilir.

• Kolorektal Nöroendokrin Neoplazma

Kolonda parsiyel kolektomi ve bölgesel lenfadenektomi yapılırken rektal NEN'de 1 cm'den küçük ve mukoza/submukoza ile sınırlı tümörlerde EMR, ESD veya transanal endoskopik mikro cerrahi önerilir.

2 cm'den büyük veya muskularis propriya ya da daha derine invaze olan tümörlerde düşük anterior rezeksiyon veya abdominoperineal rezeksiyon yapılmalıdır.

1-2 cm arası rektal tümörlerde pozitif endoskopik rezeksiyon sınırları veya lenfovasküler invazyon varsa aynı cerrahi yöntemler uygulanır.

• Pankreas Nöroendokrin Neoplazmalar

Lokale ve iyi diferansiye PNEN'lerde cerrahi küratif tedavi olarak önceliklidir. Tümörün lokalizasyonuna göre distal pankreatektomi, pankreatikoduodenektomi (*Whipple*) veya enükleasyon yapılabilir [7, 56].

• Metastatik Hastalıkta Yönetim

Oligometastaz durumunda metastaz rezeksiyonu veya ablasyonu yapılabilir. Karaciğer metastazlarında karaciğer transplantasyonu, TAKE veya radyoembolizasyon uygulanabilir. Sistemik tedavide somatostatin analogları (PRRT), everolimus, sorafenib ve interferon alfa kullanılmaktadır.

TEDAVİ SONRASI TAKİP

Tedavi sonrası takibinde ince bağırsak, rektum, mide ve apendiks (>2 cm) NEN olgularında ilk yıl 6 aylık, sonraki 10 yıl boyunca ise yıllık triple-faz BT veya MRG önerilmektedir [70].

Apendiks tümörleri <2 cm ve rektal tümörler <1 cm için rutin takip önerilmez. Tip 1 gastrik NEN'lerde ise 3 yıl süreyle yıllık endoskopik takip yapılmalıdır [70]. Serum CgA seviyeleri de benzer aralıklarla takip için kullanılabilir.

Pankreas NEN'lerinde, düşük riskli, iyi diferansiye ve tam rezeksiyon uygulanmış olgularda, nüks ve progresyonun erken saptanabilmesi amacıyla genellikle 5 yıl boyunca 6-12 aylık aralıklarla radyolojik takip önerilmektedir. Buna karşılık, yüksek riskli, yüksek *evre* veya metastatik PNEN olgularında ise takip daha kısa aralıklarla (3-6 ayda bir) yapılmalı ve izlem ömür boyu sürdürülmelidir [56].

SONUÇ

Nöroendokrin neoplazmalar, yavaş büyüyen malign tümörler olup çeşitli farmakolojik olarak aktif maddeler sentezleme eğilimindedirler. Bu özellik immünohistokimya ile tanımlanmalarını ve eğer hormonlar dolaşıma salınıyorsa klinik tanımı kolaylaştırır.

Her ne kadar nadir görülse de GİS NEN'leri, özellikle özgül klinik sendromlarla ve/veya karakteristik görüntüleme bulguları ile başvuran hastalarda, gastrointestinal tümörlerin ayırıcı tanısında mutlaka düşünülmelidir.

Bu tümörler hipervaskülariteleri nedeniyle kontrastlı görüntülemeye yoğun ve erken kontrast tutulum gösterirler. Tanı, tedavi ve takip süreçleri multidisipliner bir ekip yaklaşımını gerektirir; bu ekipte onkolog, endokrinolog, radyolog, patolog ve cerrah yer almalıdır.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

- Zheng Z, Chen C, Jiang L, Zhou X, Dai X, Song Y, et al. Incidence and risk factors of gastrointestinal neuroendocrine neoplasm metastasis in liver, lung, bone, and brain: a population-based study. *Cancer Med.* 2019; 8: 7288-98. [CrossRef]
- Reznek RH. CT/MRI of neuroendocrine tumours. *Cancer Imaging.* 2006; 6: S163-77. [CrossRef]
- Binderup T, Knigge U, Loft A, Mortensen J, Pfeifer A, Federspiel B, et al. Functional imaging of neuroendocrine tumors: a head-to-head comparison of somatostatin receptor scintigraphy, 123I-MIBG scintigraphy, and 18F-FDG PET. *J Nucl Med.* 2010; 51: 704-12. [CrossRef]
- Sahani DV, Bonaffini PA, Fernández-Del Castillo C, Blake MA. Gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors: role of imaging in diagnosis and management. *Radiology.* 2013; 266: 38-61. [CrossRef]
- Yao JC, Hassan M, Phan A, Dagohoy C, Leary C, Mares JE, et al. One hundred years after "carcinoid": epidemiology of and prognostic factors for neuroendocrine tumors in 35,825 cases in the United States. *J Clin Oncol.* 2008; 26: 3063-72. [CrossRef]
- Păun I, Becheanu G, Costin AI, Constantin VD, Mihai GM, Radu L, et al. Aspects regarding nomenclature, classification and pathology of neuroendocrine neoplasms of the digestive system - a review. *Rom J Morphol Embryol.* 2018; 59: 673-8. [CrossRef]
- Rindi G, Klimstra DS, Abedi-Ardekani B, Asa SL, Bosman FT, Brambilla E, et al. A common classification framework for neuroendocrine neoplasms: an International Agency for Research on Cancer (IARC) and World Health Organization (WHO) expert consensus proposal. *Mod Pathol.* 2018; 31: 1770-86. [CrossRef]
- La Rosa S, Marando A, Sessa F, Capella C. Mixed adenoneuroendocrine carcinomas (MANECs) of the gastrointestinal tract: an update. *Cancers (Basel).* 2012; 4: 11-30. [CrossRef]
- Coriat R, Walter T, Terris B, Couvelard A, Ruszniewski P. Gastroenteropancreatic well-differentiated grade 3 neuroendocrine tumors: review and position statement. *Oncologist.* 2016; 21: 1191-9. [CrossRef]
- Vélayoudom-Céphise FL, Duvillard P, Foucan L, Hadoux J, Chougnet CN, Lebouilleux S, et al. Are G3 ENETS neuroendocrine neoplasms heterogeneous? *Endocr Relat Cancer.* 2013; 20: 649-57. [CrossRef]
- Patel N, Barbieri A, Gibson J. Neuroendocrine tumors of the gastrointestinal tract and pancreas. *Surg Pathol Clin.* 2019; 12: 1021-44. [CrossRef]
- Amin MB, Greene FL, Edge SB, Compton CC, Gershenwald JE, Brookland RK, et al. The eighth edition AJCC Cancer Staging Manual: continuing to build a bridge from a population-based to a more "personalized" approach to cancer staging. *CA Cancer J Clin.* 2017; 67: 93-9. [CrossRef]
- Wang R, Zheng-Pywell R, Chen HA, Bibb JA, Chen H, Rose JB. Management of gastrointestinal neuroendocrine tumors. *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes.* 2019; 12: 1179551419884058. [CrossRef]
- Tapia Rico G, Li M, Pavlakis N, Cehic G, Price TJ. Prevention and management of carcinoid crises in patients with high-risk neuroendocrine tumours undergoing peptide receptor radionuclide therapy (PRRT): Literature review and case series from two Australian tertiary medical institutions. *Cancer Treat Rev.* 2018; 66: 1-6. [CrossRef]
- Cerwenka H. Neuroendocrine liver metastases: contributions of endoscopy and surgery to primary tumor search. *World J Gastroenterol.* 2012; 18: 1009-14. [CrossRef]
- Carling RS, Degg TJ, Allen KR, Bax ND, Barth JH. Evaluation of whole blood serotonin and plasma and urine 5-hydroxyindole acetic acid in diagnosis of carcinoid disease. *Ann Clin Biochem.* 2002; 39: 577-82. [CrossRef]
- Di Giacinto P, Rota F, Rizza L, Campana D, Isidori A, Lania A, et al. Chromogranin a: from laboratory to clinical aspects of patients with neuroendocrine tumors. *Int J Endocrinol.* 2018; 2018: 8126087. [CrossRef]
- Rustagi S, Warner RR, Divino CM. Serum pancreastatin: the next predictive neuroendocrine tumor marker. *J Surg Oncol.* 2013; 108: 126-8. [CrossRef]
- Walczyk J, Sowa-Staszczak A. Diagnostic imaging of gastrointestinal neuroendocrine neoplasms with a focus on ultrasound. *J Ultrason.* 2019; 19: 228-35. [CrossRef]
- Hyrdel R, Reznák I, Hyrdel P, Poláček jr H, Poláček H, Hladká M, et al. Neuroendocrine tumours of the upper gastrointestinal tract, characteristics and comparison of localization diagnostics. *Vnitr Lek.* 2011; 57: 1017-24. [CrossRef]
- Paulsen SR, Huprich JE, Fletcher JG, Booya F, Young BM, Fidler JL, et al. CT enterography as a diagnostic tool in evaluating small bowel disorders: review of clinical experience with over 700 cases. *Radiographics.* 2006; 26: 641-57; discussion 657-62. [CrossRef]
- Kamaoui I, De-Luca V, Ficarella S, Mennesson N, Lombard-Bohas C, Pilleul F. Value of CT enteroclysis in suspected small-bowel carcinoid tumors. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 194: 629-33. [CrossRef]
- Ali IT, Thomas C, Elbanna KY, Mohammed MF, Berger FH, Khosa F. Gastrointestinal imaging: emerging role of dual-energy computed tomography. *Curr Radiol Rep.* 2017; 5: 31. [CrossRef]
- Bader TR, Semelka RC, Chiu VC, Armao DM, Woosley JT. MRI of carcinoid tumors: spectrum of appearances in the gastrointestinal tract and liver. *J Magn Reson Imaging.* 2001; 14: 261-9. [CrossRef]
- Dohan A, El Fattach H, Barat M, Guerrache Y, Eveno C, Dautry R, et al. Neuroendocrine tumors of the small bowel: evaluation with MR-enterography. *Clin Imaging.* 2016; 40: 541-7. [CrossRef]
- Kim KW, Krajewski KM, Nishino M, Jagannathan JP, Shinagare AB, Tirumani SH, et al. Update on the management of gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors with emphasis on the role of imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2013; 201: 811-24. [CrossRef]
- Kayani I, Bomanji JB, Groves A, Conway G, Gacinovic S, Win T, et al. Functional imaging of neuroendocrine tumors with combined PET/CT using ⁶⁸Ga-DOTATATE (DOTA-DPhe1,Tyr3-octreotate) and 18F-FDG. *Cancer.* 2008; 112: 2447-55. [CrossRef]
- Bakker WH, Krenning EP, Reubi JC, Breeman WA, Setyono-Han B, de Jong M, et al. In vivo application of [¹¹¹In-DTPA-D-Phe1]-octreotide for detection of somatostatin receptor-positive tumors in rats. *Life Sci.* 1991; 49: 1593-601. [CrossRef]
- Taniyama Y, Suzuki T, Mikami Y, Moriya T, Satomi S, Sasano H. Systemic distribution of somatostatin receptor subtypes in human: an immunohistochemical study. *Endocr J.* 2005; 52: 605-11. [CrossRef]
- Virgolini I, Ambrosini V, Bomanji JB, Baum RP, Fanti S, Gabriel M, et al. Procedure guidelines for PET/CT tumour imaging with ⁶⁸Ga-DOTA-conjugated peptides: ⁶⁸Ga-DOTA-TOC, ⁶⁸Ga-DOTA-NOC, ⁶⁸Ga-DOTA-TATE. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2010; 37: 2004-10. [CrossRef]

31. de Herder WW. GEP-NETS update: functional localisation and scintigraphy in neuroendocrine tumours of the gastrointestinal tract and pancreas (GEP-NETS). *Eur J Endocrinol.* 2014; 170: R173-83. [\[CrossRef\]](#)
32. Wild D, Bomanji JB, Benkert P, Maecke H, Ell PJ, Reubi JC, et al. Comparison of ⁶⁸Ga-DOTANOC and ⁶⁸Ga-DOTATATE PET/CT within patients with gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors. *J Nucl Med.* 2013; 54: 364-72. [\[CrossRef\]](#)
33. van Essen M, Sundin A, Krenning EP, Kwekkeboom DJ. Neuroendocrine tumours: the role of imaging for diagnosis and therapy. *Nat Rev Endocrinol.* 2014; 10: 102-14. [\[CrossRef\]](#)
34. Modlin IM, Oberg K, Chung DC, Jensen RT, de Herder WW, Thakker RV, et al. Gastroenteropancreatic neuroendocrine tumours. *Lancet Oncol.* 2008; 9: 61-72. [\[CrossRef\]](#)
35. Lloyd RV. Practical markers used in the diagnosis of neuroendocrine tumors. *Endocr Pathol.* 2003; 14: 293-301. [\[CrossRef\]](#)
36. Wiedenmann B, Huttner WB. Synaptophysin and chromogranins/secretogranins-widespread constituents of distinct types of neuroendocrine vesicles and new tools in tumor diagnosis. *Virchows Arch B Cell Pathol Incl Mol Pathol.* 1989; 58: 95-121. [\[CrossRef\]](#)
37. Crown A, Kennecke H, Kozarek R, Lopez-Aguilar AG, Dillhoff M, Beal EW, et al. Gastric carcinoids: does type of surgery or tumor affect survival? *Am J Surg.* 2019; 217: 937-42. [\[CrossRef\]](#)
38. Rindi G, Bordi C, Rappel S, La Rosa S, Stolte M, Solcia E. Gastric carcinoids and neuroendocrine carcinomas: pathogenesis, pathology, and behavior. *World J Surg.* 1996; 20: 168-72. [\[CrossRef\]](#)
39. Norton JA, Melcher ML, Gibril F, Jensen RT. Gastric carcinoid tumors in multiple endocrine neoplasia-1 patients with Zollinger-Ellison syndrome can be symptomatic, demonstrate aggressive growth, and require surgical treatment. *Surgery.* 2004; 136: 1267-74. [\[CrossRef\]](#)
40. Johnson PT, Horton KM, Fishman EK. Hypervascular gastric masses: CT findings and clinical correlates. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 195: W415-20. [\[CrossRef\]](#)
41. Levy AD, Sobin LH. From the archives of the AFIP: gastrointestinal carcinoids: imaging features with clinicopathologic comparison. *Radiographics.* 2007; 27: 237-57. [\[CrossRef\]](#)
42. Levy AD, Taylor LD, Abbott RM, Sobin LH. Duodenal carcinoids: imaging features with clinical-pathologic comparison. *Radiology.* 2005; 237: 967-72. [\[CrossRef\]](#)
43. Maggard MA, O'Connell JB, Ko CY. Updated population-based review of carcinoid tumors. *Ann Surg.* 2004; 240: 117-22. [\[CrossRef\]](#)
44. Eckhauser FE, Argenta LC, Strodel WE, Wheeler RH, Bull FE, Appelman HD, et al. Mesenteric angiopathy, intestinal gangrene, and midgut carcinoids. *Surgery.* 1981; 90: 720-8. [\[CrossRef\]](#)
45. Sugimoto E, Lörelius LE, Eriksson B, Oberg K. Midgut carcinoid tumours. CT appearance. *Acta Radiol.* 1995; 36: 367-71. [\[CrossRef\]](#)
46. Woodard PK, Feldman JM, Paine SS, Baker ME. Midgut carcinoid tumors: CT findings and biochemical profiles. *J Comput Assist Tomogr.* 1995; 19: 400-5. [\[CrossRef\]](#)
47. Hrahe J. Neuroendocrine tumors of the appendix, colon, and rectum. *Surg Oncol Clin N Am.* 2020; 29: 267-79. [\[CrossRef\]](#)
48. In't Hof KH, van der Wal HC, Kazemier G, Lange JF. Carcinoid tumour of the appendix: an analysis of 1,485 consecutive emergency appendectomies. *J Gastrointest Surg.* 2008; 12: 1436-8. [\[CrossRef\]](#)
49. Boudreaux JP, Klimstra DS, Hassan MM, Woltering EA, Jensen RT, Goldsmith SJ, et al. The NANETS consensus guideline for the diagnosis and management of neuroendocrine tumors: well-differentiated neuroendocrine tumors of the jejunum, ileum, appendix, and cecum. *Pancreas.* 2010; 39: 753-66. [\[CrossRef\]](#)
50. Anthony LB, Strosberg JR, Klimstra DS, Maples WJ, O'Dorisio TM, Warner RR, et al. The NANETS consensus guidelines for the diagnosis and management of gastrointestinal neuroendocrine tumors (nets): well-differentiated nets of the distal colon and rectum. *Pancreas.* 2010; 39: 767-74. [\[CrossRef\]](#)
51. Ballantyne GH, Savoca PE, Flannery JT, Ahlman MH, Modlin IM. Incidence and mortality of carcinoids of the colon. Data from the Connecticut Tumor Registry. *Cancer.* 1992; 69: 2400-5. [\[CrossRef\]](#)
52. Pickhardt PJ, Kim DH, Menias CO, Gopal DV, Arluk GM, Heise CP. Evaluation of submucosal lesions of the large intestine: part 1. Neoplasms. *Radiographics.* 2007; 27: 1681-92. [\[CrossRef\]](#)
53. Karahan OI, Kahriman G, Yikilmaz A, Ozkan M, Bayram F. Gastrointestinal carcinoid tumors in rare locations: imaging findings. *Clin Imaging.* 2006; 30: 278-82. [\[CrossRef\]](#)
54. Kobayashi K, Katsumata T, Yoshizawa S, Sada M, Igarashi M, Saigenji K, et al. Indications of endoscopic polypectomy for rectal carcinoid tumors and clinical usefulness of endoscopic ultrasonography. *Dis Colon Rectum.* 2005; 48: 285-91. [\[CrossRef\]](#)
55. Purysko AS, Coppa CP, Kalady MF, Pai RK, Leão Filho HM, Thupili CR, et al. Benign and malignant tumors of the rectum and perirectal region. *Abdom Imaging.* 2014; 39: 824-52. [\[CrossRef\]](#)
56. Falconi M, Eriksson B, Kaltsas G, Bartsch DK, Capdevila J, Caplin M, et al. ENETS consensus guidelines update for the management of patients with functional pancreatic neuroendocrine tumors and non-functional pancreatic neuroendocrine tumors. *Neuroendocrinology.* 2016; 103: 153-71. [\[CrossRef\]](#)
57. Ye L, Lu H, Wu L, Zhang L, Shi H, Wu HM, et al. The clinicopathologic features and prognosis of esophageal neuroendocrine carcinomas: a single-center study of 53 resection cases. *BMC Cancer.* 2019; 19: 1234. [\[CrossRef\]](#)
58. Hata H, Hiraoka N, Ojima H, Shimada K, Kosuge T, Shimoda T. Carcinoid tumor arising in a duplication cyst of the duodenum. *Pathol Int.* 2006; 56: 272-8. [\[CrossRef\]](#)
59. Anderson DJ. Carcinoid tumor in Meckel's diverticulum: laparoscopic treatment and review of the literature. *J Am Osteopath Assoc.* 2000; 100: 432-4. [\[CrossRef\]](#)
60. Schizas D, Mastoraki A, Kirkilesis GI, Sioulas AD, Papanikolaou IS, Misiakos EP, et al. Neuroendocrine tumors of the esophagus: state of the art in diagnostic and therapeutic management. *J Gastrointest Cancer.* 2017; 48: 299-304. [\[CrossRef\]](#)
61. Sugezawa K, Saito H, Kono Y, Murakami Y, Shishido Y, Kuroda H, et al. Neuroendocrine tumor arising from Meckel's diverticulum unexpectedly diagnosed after diverticulectomy and in which multiple lymph node metastases were found after reoperation: a case report. *Yonago Acta Med.* 2018; 60: 251-4. [\[CrossRef\]](#)
62. Frilling A, Modlin IM, Kidd M, Russell C, Breitenstein S, Salem R, et al. Recommendations for management of patients with neuroendocrine liver metastases. *Lancet Oncol.* 2014; 15: e8-21. [\[CrossRef\]](#)
63. Zuetenhorst JM, Taal BG. Metastatic carcinoid tumors: a clinical review. *Oncologist.* 2005; 10: 123-31. [\[CrossRef\]](#)
64. Dromain C, de Baere T, Lumbroso J, Caillet H, Laplanche A, Boige V, et al. Detection of liver metastases from endocrine tumors: a prospective comparison of somatostatin receptor scintigraphy, computed tomography, and magnetic resonance imaging. *J Clin Oncol.* 2005; 23: 70-8. [\[CrossRef\]](#)
65. Elias D, Lefevre JH, Duvillard P, Goéré D, Dromain C, Dumont F, et al. Hepatic metastases from neuroendocrine tumors with a "thin slice" pathological examination: they are many more than you think. *Ann Surg.* 2010; 251: 307-10. [\[CrossRef\]](#)
66. Baxi AJ, Chintapalli K, Katkar A, Restrepo CS, Betancourt SL, Sunnapwar A. Multimodality imaging findings in carcinoid tumors: a head-to-toe spectrum. *Radiographics.* 2017; 37: 516-36. [\[CrossRef\]](#)

67. Scarsbrook AF, Ganeshan A, Statham J, Thakker RV, Weaver A, Talbot D, et al. Anatomic and functional imaging of metastatic carcinoid tumors. *Radiographics*. 2007; 27: 455-77. [\[CrossRef\]](#)
68. Loughrey PB, Zhang D, Heaney AP. New treatments for the carcinoid syndrome. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2018; 47: 557-76. [\[CrossRef\]](#)
69. Martínez J, Besa S, Arab JP, Quintana JC, Regonesi C, Huete A, et al. Gastrointestinal neuroendocrine tumor with unresectable liver metastases: an example of multimodal therapeutic approach. *Ann Hepatol*. 2015; 14: 752-5. [\[CrossRef\]](#)
70. Strosberg J. Neuroendocrine tumours of the small intestine. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2012; 26: 755-73. [\[CrossRef\]](#)

1. Dünya Sağlık Örgütü'nün (2019) sınıflandırmasına göre gastrointestinal nöroendokrin neoplazmlar (GEP-NEN) hangi üç ana gruba ayrılır?
 - a. İyi diferansiye, kötü diferansiye, adenokarsinom
 - b. İyi diferansiye, kötü diferansiye, mikst nöroendokrin-nöroendokrin olmayan neoplazmlar
 - c. İyi diferansiye, adenokarsinom, stromal tümör
 - d. Kötü diferansiye, mikst tip, metastatik tümör
 - e. İyi diferansiye, düşük dereceli, yüksek dereceli
2. Karsinoid sendromun en sık görülen klinik bulgusu aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Karında kitle hissi
 - b. Yüzde ani kızarma (flushing)
 - c. Karın ağrısı
 - d. Obstrüktif sarılık
 - e. Hipertansiyon
3. Gastrointestinal sistemde nöroendokrin tümörlerin en sık görüldüğü lokalizasyon aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Mide
 - b. Rektum
 - c. İnce bağırsak (özellikle ileum)
 - d. Kolon
 - e. Apendiks
4. ^{68}Ga -DOTATATE PET/BT'nin gastrointestinal nöroendokrin tümörlerdeki en önemli avantajı aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Yalnızca karaciğer metastazlarını gösterebilmesi.
 - b. Yüksek doğruluk oranı, subsantimetrik lezyonları saptayabilmesi.
 - c. Düşük maliyet ve yaygın erişim.
 - d. Nöroendokrin olmayan tümörleri de gösterebilmesi.
 - e. Kontrast maddeye ihtiyaç duymaması.
5. Apendiks nöroendokrin tümörleri ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
 - a. En sık lokal invazyon ve metastazla başvururlar.
 - b. Tüm apendiks tümörlerinin %10'undan azını oluştururlar.
 - c. Çoğu akut apandisit nedeniyle yapılan cerrahi sırasında rastlantısal olarak tanınır.
 - d. Prognozu barsak NEN'leri arasında en kötüsüdür.
 - e. Tedavide her zaman sağ hemikolektomi gerekir.

Cevaplar: 1b, 2b, 3c, 4b, 5c

Endokrin Hastalıklarda Kemik Bulgularının Radyolojik Değerlendirmesi

Radiological Evaluation of Bone Findings in Endocrine Disorders

Eda Cingöz¹, Memduh Dursun²

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Endokrin sistem kemik metabolizmasını etkileyen hormonları düzenler; bu dengenin bozulması çeşitli iskelet hastalıklarına yol açar. Radyolojik yöntemlerden konvansiyonel radyografi, dual enerji X-ray absorpsiyometri, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme bu hastalıkların tanı ve değerlendirilmesinde önemli rol oynar.

Anahtar Kelimeler: Diabetes mellitus, osteoporoz, hiperparatiroidi, brown tümör, akromegali, gigantizm, Cushing hastalığı, feokromositoma, Addison hastalığı

ABSTRACT

The endocrine system regulates hormones that influence bone metabolism; disruption of this balance can lead to various skeletal disorders. Radiological techniques such as conventional radiography, dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, and magnetic resonance imaging play a key role in the diagnosis and assessment of these conditions.

Keywords: Diabetes mellitus, osteoporosis, hyperparathyroidism, brown tumor, acromegaly, gigantism, Cushing's disease, pheochromocytoma, Addison's disease

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Endokrin hastalıklarda kemik metabolizmasındaki bozulmaların radyolojik yöntemlerle nasıl değerlendirildiğini anlamak ve tanıya yönelik tipik radyolojik bulguları tanımlayabilmek.
- Diabetes mellitusun kemik kalitesi üzerine etkilerini ve diabetes mellitus ilişkili diffüz idiopatik iskelet hiperostozu ile Charcot eklemi karakteristik radyolojik özelliklerini tanıyabilmek.
- Hipotiroidizm ve hipertiroidizmin kemik gelişimi, mineralizasyonu ve kırık riski üzerine etkilerini, özellikle çocukluk ve erişkin dönemindeki farklı radyolojik bulgularıyla birlikte değerlendirebilmek.
- Hiperparatiroidizme ait subperiosteal rezorpsiyon, brown tümörü, kalvaryumda tuz-biber görünümü ve *rugger-jersey spine* gibi spesifik radyolojik bulguları tanımlayarak ayırıcı tanıda kullanabilmek.
- Hipofiz ve adrenal bez hastalıklarının neden olduğu kemik yoğunluğu değişikliklerini ve buna bağlı gelişen osteoporoz, kırık ve avasküler nekroz gibi komplikasyonları radyolojik görüntüleme yöntemleri ile değerlendirebilmek.

GİRİŞ

Endokrin sistemin işleyişinde meydana gelen bozukluklar, kemik dokusunun yapısını ve dayanıklılığını çeşitli yollarla etkileyebilir. Hormon düzeylerindeki değişiklikler; kemik mineral yoğunluğu, mikrostrüktürel yapı, kemik döngüsü

ve kırık riski üzerinde belirleyici rol oynar. Bu değişikliklerin çoğu, radyolojik yöntemlerle değerlendirilebilir nitelikte olup, kemik patolojilerinin tanı ve izleminde önemli ipuçları sunar. Bu bağlamda, diabetes mellitusta kemik kırıklarına yatkınlık, diffüz idiopatik iskelet hiperostozis (DISH) ve Charcot eklemi



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Eda Cingöz, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

E-posta: edacaniepek@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-0814-4597

Geliş Tarihi/Received: 11.04.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.08.2025 **Epüb:** 15.10.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Cingöz E, Dursun M. Radiological evaluation of bone findings in endocrine disorders. *Trd Sem.* 2025;13(3):417-427



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

gibi iskelet sistemiyle ilişkili komplikasyonlar öne çıkar. Tiroid hormonlarının yetersizliği ya da fazlalığı çocukluk ve erişkin dönemlerinde kemik mineralizasyonu, büyüme ve yeniden şekillenme süreçlerini etkilerken, paratiroid hastalıklarında subperiostal rezorpsiyon, brown tümörler ve karakteristik vertebra değişiklikleri gibi özgül iskelet bulguları izlenir. Hipofiz ve adrenal bez kökenli bozukluklarda ise büyüme hormonu (GH) ve kortizol düzeylerindeki dengesizlikler hem aksiyel hem de periferik iskelette morfoloji ve dansite değişikliklerine yol açar. Ayrıca hipogonadizmde hormon eksikliğine bağlı kemik kaybı ve kas gücünde azalma; D vitamini eksikliğinde ise osteomalaziye bağlı yaygın ağrı ve kırık eğilimi görülebilir.

Bu yazı, endokrin hastalıkların kemik yapısında yol açtığı değişimleri ve bunların radyolojik yöntemlerle nasıl saptanabildiğini özetlemektedir.

DIABETES MELLİTUSTA İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Diabetes mellitusun renal ve kardiyovasküler komplikasyonları iyi bilinen sonuçlar arasında yer alsa da, son yıllarda kemik kırık riskinin hem tip 1 hem de tip 2 diyabet için önemli bir komplikasyon olduğu anlaşılmıştır [1]. Tip 1 diyabet hastalarında kemik mineral yoğunluğu düşük olup, kırık riski altı ile yedi kat artarken, tip 2 diyabet hastalarında kemik mineral yoğunluğu normal ya da yüksek olmasına rağmen kırık riski üç kata kadar yükselebilmektedir [2, 3]. Diyabetli bireylerde kırık sonrası iyileşme süreci daha zor olmakta ve mortalite riski daha yüksek seyretmektedir. Bu durum, diyabet hastalarını kırık komplikasyonları açısından önemli bir risk grubuna yerleştirmektedir [4]. Tip 2 diyabetin kemik kalitesi ve dayanıklılığı üzerindeki olumsuz etkileri, diyabetik kemik hastalığının uzun süreli diyabetin ciddi bir komplikasyonu olarak kabul edilmesine yol açmıştır. **Özellikle DISH tip 2 diyabetlilerde daha yaygın olarak gelişmektedir. Buna karşın osteopeni ve Charcot eklemi tip 1 diyabette daha sık gözlenmektedir.** Bu hastalıkların gelişiminde olgunun yaşı ve diyabet süresi büyük oranda belirleyicidir. Diyabetin metabolik kontrolünün bu hastalıkların ortaya çıkmasını önleyip önleyemeyeceği konusunda kesin bir sonuca varılamamıştır [5]. Diyabetik kemik hastalıklarının patogenezi üzerine yapılan çalışmalar ilerleme kaydetmiş olsa da altta yatan mekanizmalar henüz tam olarak aydınlatılamamıştır [6].

Diffüz İdiopatik İskelet Hiperostozis

Diffüz idiyopatik iskelet hiperostozis, bağ ve entezislerin anormal kemikleşmesi ile karakterize kronik bir hastalıktır [7]. DISH, sıklıkla hiperinsülinemi ve buna bağlı metabolik hastalıklarla, özellikle glukoz intoleransı, tip 2 diyabet ve obezite ile ilişkilendirilmektedir [8]. İnsülinin, GH artışıyla birlikte mezenkimal hücrelerin kondrositlere dönüşümünü teşvik ettiği, kemik farklılaşmasını uyardığı ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 üretimini indükleyerek osteoblast

proliferasyonunu artırdığı düşünülmektedir [9]. DISH hastalarında fragilité kırıkları, özellikle omurgada sıklıkla görülmektedir [10]. DISH, radyolojik olarak tendon ve bağların kemik yapıya tutunduğu bölgelerde belirgin kemik proliferasyonu ile karakterize edilen bir hastalıktır. Forestier hastalığı olarak da bilinen bu durum, görüntülemeye en sık torasik omurgada izlenen anterior vertebral osteofitler ve pelvik bölgede entezopati ile kendini gösterir (Resim 1). DISH tanısında, en az dört ardışık vertebrada anterior ossifikasyon varlığı ve intervertebral disk mesafelerinin korunması önemli radyolojik bulgulardır. Hastalığın değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan Resnick ve Niwayama [11] kriterleri, radyolojik tanıyı destekleyen temel ölçütleri belirlemiştir [12]. Bu kriterler arasında torasik omurgada ardışık dört veya daha fazla vertebrayı içeren akıcı osteofitlerin varlığı, belirgin dejeneratif değişiklikler olmadan intervertebral disk mesafelerinin korunması, faset ve kostovertebral eklemlerde ankiloz bulunmaması ile sakroiliak eklemlerde erozyon, skleroz veya füzyon olmaması yer almaktadır. Radyolojik incelemelerde bu karakteristik bulguların saptanması, DISH'in diğer dejeneratif ve enflamatuvar omurga hastalıklarından ayırımında kritik rol oynamaktadır.



Resim 1. Kırk altı yaşında diyabetik erkek hastada sagittal BT kesitinde distal servikal ve proksimal torakal vertebra korpus anterior köşelerindeki köprüleşmeler ve eşlik eden osseöz hipertrofi, diffüz idiyopatik iskelet hiperostoz ile uyumludur.

BT, bilgisayarlı tomografi.

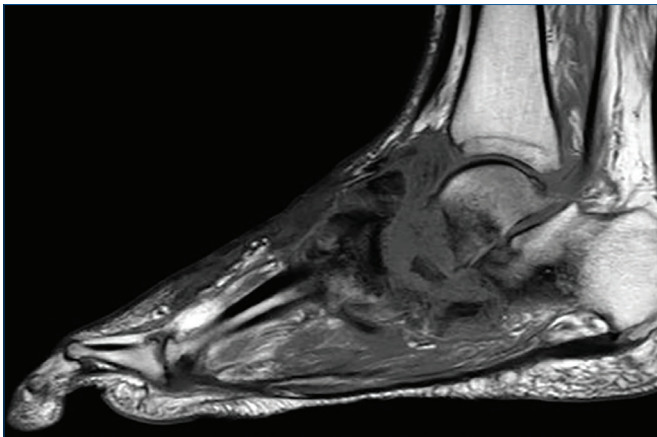
Charcot Eklemi

Charcot eklemi, nöropatik eklem hastalığı olarak da bilinen, periferik nöropati sonucu gelişen ilerleyici dejeneratif bir eklem hastalığıdır. En yaygın nedeni diabetes mellitus olup, özellikle ayak ve ayak bileğinde görülür. Hastalık genellikle ağrısızdır, eklemden şişlik ve deformite ile kendini gösterir ancak enflamatuvar belirteçlerde artış görülmez [13, 14]. Patogenezinde, minör travmalara karşı gelişen enflamatuvar yanıtın osteolize yol açması ve nöropati nedeniyle bu sürecin hasta tarafında fark edilmemesi yer alır. Hastalık atrofik ve hipertrofik olmak üzere iki formda görülür. **Atrofik form daha akut seyirli olup, kemik uçlarının rezorpsiyonu ile karakterizedir. Hipertrofik form ise yavaş ilerler, eklemden osteoskleroz, osteofitler ve periartiküler kemik fragmanları oluşumu ile kendini gösterir [14].** Direkt grafi ve bilgisayarlı tomografi (BT), Charcot artropatisinin tanısında temel görüntüleme yöntemleri olmakla birlikte eklemden destrüktif ve irregüler süreci göstererek ileri osteoartrit veya septik artriti taklit edebilir [14]. Manyetik rezonans görüntüleme tanıda ziyade ise komplikasyonların saptanmasında, hastalığın yaygınlığının değerlendirilmesinde ve osteomyelit varlığının belirlenmesinde kritik rol oynar; sinüs traktı, yaygın kemik iliği değişiklikleri, yumuşak doku yağ kaybı, eklem erozyonları ve kalın cidsal kontrastlanma gibi bulgular osteomyelit varlığını destekler (Resim 2) [15].

TIROID BEZİ HASTALIKLARINDA İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Tiroid hormonları, iskelet sisteminin gelişiminde ve kemik dengesinin korunmasında kritik bir rol oynar. **Çocukluk çağında eksikliği, endokondral ve intramembranöz ossifikasyon süreçlerini bozarak iskelet gelişiminin gerilemesine ve kemik**

mineralizasyonunun gecikmesine yol açar. Bu durum, büyüme geriliği, kısa boy, epifiz displazisi ve konjenital kalça çıkığı gibi radyolojik bulgularla kendini gösterir [16]. Kranial kemiklerde, fontanellerin geç kapanması ve sütürlerin açık kalması gibi değişiklikler de izlenebilir. Şiddetli olgularda, postnatal büyümenin tamamen durması ve iskelet displazisi meydana gelebilir. Radyolojik olarak noktasal epifiz oluşumu, vertebral immatürite, skolyoz ve gecikmiş diş sürmesi gibi karakteristik bulgular saptanır [16]. Hipotiroidizmin erken tedavisi, hızlı bir büyüme atağını tetikleyerek iskelet matürasyonunu hızlandırır ve kemik mineral yoğunluğunun normale dönmesini sağlar. Ancak tedavi başlangıcındaki gecikme, nihai yetişkin boyunun beklenen düzeye ulaşamamasına neden olabilir ve bu durum, hipotiroidizmin şiddeti ve süresi ile doğrudan ilişkilidir [17]. Yetişkinlerde hipotiroidizm, kemik döngüsünü yavaşlatarak hem osteoblastik kemik yapımını hem de osteoklastik kemik yıkımını azaltır [18]. Bu süreç, sekonder mineralizasyon süresinin uzamasına ve kemik mineral içeriğinin artmasına yol açarak kemik yoğunluğunu artırabilir. Ancak, kemik hacmi değişmez ve kemik yapısının yeniden şekillenme sürecindeki yavaşlama nedeniyle, uzun vadede kemik bütünlüğünün zayıflaması riski ortaya çıkabilir. Klinik olarak belirgin kemik kaybına yol açan bulgular radyolojik olarak net bir şekilde gösterilememiştir ve mevcut veriler, hipotiroidizmin erişkin kemik sağlığı üzerindeki etkilerine dair kesin bir sonuç sunmamaktadır [18]. Buna karşılık, hipertiroidizm iskelet sistemi üzerinde tam tersi bir etkiye sahiptir. **Tiroid hormonlarının aşırı üretimi, kemik döngüsünü hızlandırarak osteoklastik aktivitenin artmasına ve kemik kaybının belirginleşmesine neden olur [19].** Çocukluk döneminde, kemik mineralizasyonunun hızlanması ve büyüme plağının erken kapanması nedeniyle uzun kemiklerde büyüme tamamlanmadan durabilir ve sonuç olarak boy kısalığı gelişebilir [20]. Şiddetli hipertiroidi olgularında, özellikle küçük çocuklarda, kraniyosinostoz gelişebilir ve bu durum nörolojik komplikasyonlara yol açabilir. Aynı zamanda, hamilelik sırasında tedavi edilmemiş hipertiroidizm de fetüste kraniyosinostoz riskini artırabilir [21]. Yetişkinlerde hipertiroidizm, yüksek hızlı kemik devirdaimi ile karakterizedir ve bu süreç, kemik rezorpsiyonu ile yapım arasındaki dengenin bozulmasına neden olur. Kemik yapım süresi kıaldığı için, her döngüde net kemik kaybı meydana gelir ve bu durum, uzun vadede osteoporoz gelişimine yol açar [19]. Hipertiroidizme bağlı osteoporotik değişiklikler, özellikle menopoz sonrası kadınlarda belirginleşir ve kırık riskinde artışa neden olur [22]. Tedavi edilmemiş şiddetli tirotoksikozda, ileri derecede kemik kaybı ve kırık riski artmış olmakla birlikte, erken tanı ve uygun tedavi ile bu komplikasyonlar büyük ölçüde önlenir [23]. Ancak, tanı konulmamış hipertiroidizm, özellikle osteoporozun altta yatan nedeni olarak değerlendirilmeyen hastalarda kırıklarla ortaya çıkabilir ve bu da tiroid fonksiyonlarının iskelet sağlığı üzerindeki kritik etkisini vurgular. Radyolojik değerlendirmeler, tiroid hastalıklarının kemik yapısı üzerindeki



Resim 2. Altmış iki yaşında diyabetik erkek hastada sagittal T1A MRG kesitinde midfoot-hindfoot düzeyinde kemik diziliminde bozulma ve yaygın destrüktif değişiklikler Charcot eklemi ile uyumludur.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

etkilerini gözlemlemek açısından büyük önem taşımaktadır. Hipotiroidizmde kemik mineralizasyonundaki gecikme ve epifiz matürasyonunun bozulması belirgin radyografik bulgular olarak öne çıkarken, hipertiroidizmde kortikal incelme, trabeküler yapı bozulması ve kemik yoğunluğundaki azalma gibi bulgular dikkat çekicidir. Görüntüleme, osteoporoz ve kırık riskinin belirlenmesine katkı sağlar ve bu nedenle, tiroid hastalığı olan bireylerde, kemik sağlığının takibinde radyolojik değerlendirme önemli bir rol oynamaktadır.

PARATİROİD BEZİ HASTALIKLARINDA İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Hiperparatiroidizm, paratiroid bezlerinin aşırı paratiroid hormonu (PTH) üretmesiyle ortaya çıkan bir endokrin hastalıktır. Primer hiperparatiroidizm genellikle tek bir paratiroid adenomundan, nadiren ise paratiroid hiperplazisi veya paratiroid karsinomundan kaynaklanır [24]. Sekonder hiperparatiroidizm, düşük kalsiyum seviyelerine yanıt olarak paratiroid bezlerinin kronik olarak uyarılması sonucu gelişirken, tersiyer hiperparatiroidizm, sekonder hiperparatiroidizmin sürekli uyarısıyla bezlerin otonomi kazanmasıyla ortaya çıkar. Hiperparatiroidizmin klasik belirtileri; kemik ağrısı, böbrek taşları, yorgunluk, hiperkalsemi, karın krampları ve bazı olgularda mental bozuklukları içerir. Non-invaziv görüntüleme teknikleri, hiperparatiroidizmin yönetiminde önemli bir rol oynar. [(99m)Tc]Tc-sestamibi tek foton emisyon BT ve ¹⁸F-fluorokolin pozitron emisyon tomografisi/BT, hiperfonksiyone paratiroid lezyonlarını belirlemede yüksek duyarlılığa sahiptir [25-27].

Subperiostal Kemik Rezorpsiyonu

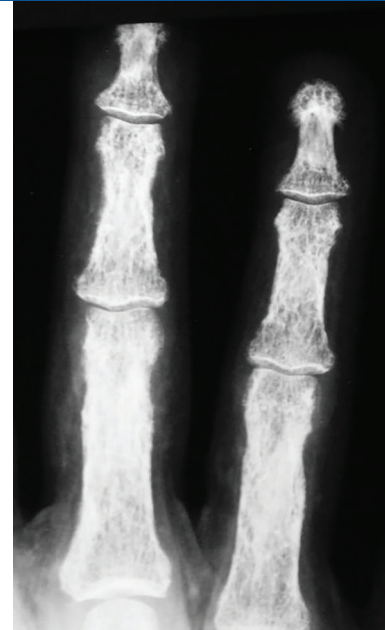
Hiperparatiroidizmin bulgularından biri olan subperiostal kemik rezorpsiyonu, uzun kemiklerin kortikal periostu altındaki kemik dokusunun artmış kemik yıkımı sonucu kaybıyla karakterizedir (Resim 3) [28]. En sık ikinci ve üçüncü parmakların radial kenarlarında olmak üzere proksimal ve orta falankslarda görülür. Çözünürlüğünün yüksek olması sebebiyle en iyi düz grafi ile demonstre edilir. Görüntülemelerde, falanks korteksinde dantel benzeri, incelmış ve tüylenmiş subperiostal düzensizlik şeklinde görülür [28]. Klinik olarak primer hiperparatiroidi şüphesi varsa, subperiostal rezorpsiyon açısından özellikle el grafisi tercih edilir. Radyolojik bulgular arasında falanks uçlarında yıkım, yumuşak doku incelməsi, distal falanks kısalığı, orta falanksta radyolusent çizgi, kalsifikasyonlar ve artritik değişiklikler yer alır. Bu bulgular sadece hiperparatiroidiye özgü olmayıp; skleroderma, vasküler, enfeksiyöz, enflamatuvar, termal ya da travmatik nedenlerle de görülebilir. Bu nedenle hastalar ve radyolojik bulguları, hiperparatiroidi ile ilişkili diğer klinik ve görüntüleme bulgularıyla birlikte değerlendirilmelidir.

Subkondral Rezorpsiyon

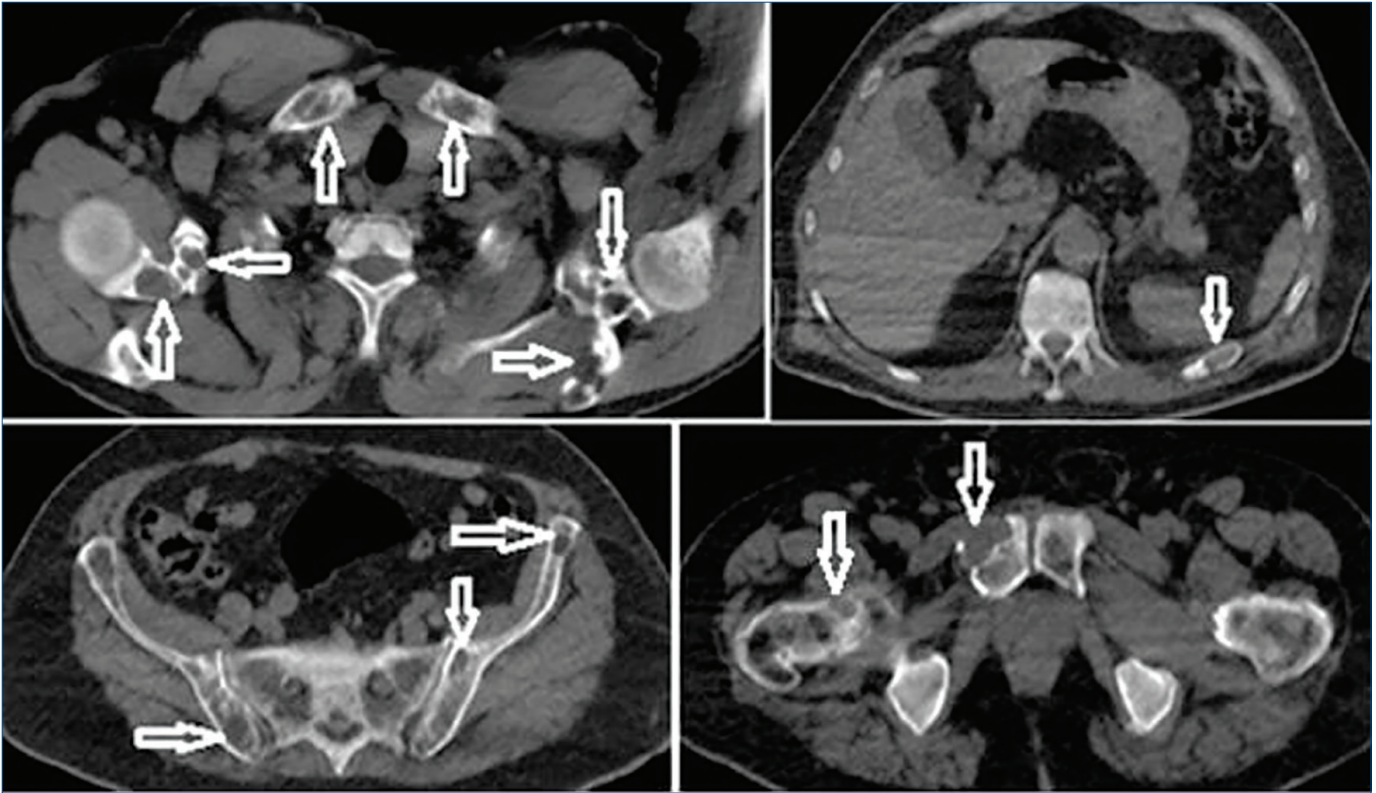
Diğer bir hiperparatiroidi bulgusu olan subkondral rezorpsiyon, genellikle akromioklaviküler, sternoklaviküler eklemler, pubik simfizis ve sakroiliak eklemleri tutan, eklem yüzeylerinin düzensizleşmesine ve artiküler aralığın genişlemesine yol açan bir kemik değişikliğidir. Bu bulgular, altta yatan kemik dokunun yıkımı ve yer yer yeni kemik oluşumu ile ilişkilidir. Sakroiliak eklemden erozyonlar daha çok iliak tarafta görülürken, akromioklaviküler eklemden klavikula tarafı daha belirgin etkilenir. Görüntüleme bulguları, seronegatif spondiloartropatiler gibi bazı diğer romatolojik hastalıklarla benzerlik gösterebildiğinden, ayırıcı tanıda dikkatli yorum gerektirir.

Brown Tümör

Kronik hiperparatiroidi zemininde ortaya çıkan, artmış osteoklastik aktivite nedeniyle oluşan litik kemik lezyonlarıdır. İçerdikleri yoğun vaskülarite ve reküren kanamalar nedeniyle kahverengimsi görünürler. Primer hiperparatiroidizm hastalarının yaklaşık %3'ünde görülen bu lezyonlar, sıklıkla pelvis, mandibula, kaburga, vertebralar ve uzun kemiklerde gelişir; lezyonlar tek veya birden fazla olabilir [29]. Görüntülemelerde genellikle korteks incelməsiyle birlikte düzgün sınırlı, genişleyici karakterde, sabun köpüğüne benzer litik görünüm gösterirler (Resim 4) [30, 31]. BT korteks bütünlüğünü ve patolojik kırıkları net bir şekilde gösterir; solid alanlar yüksek, kistik alanlar ise daha düşük dansiteli olup, taze kanama odakları daha belirgin hiperdens olabilir [30]. MR incelemede



Resim 3. Hiperparatiroidizmli olguda el grafisinde orta ve distal falankslarda subperiostal kemik rezorpsiyonu izlenmektedir.



Resim 4. Bilinen paratiroid adenomu bulunan 53 yaş erkek hastanın toraks ve batin tomografisindeki aksiyel kesitlerde klavikula, skapula, kostalar, iliak ve pubik kemikler ile femurda çok sayıda keskin sınırlı litik lezyon mevcut olup (beyaz oklar) hastanın klinik öyküsü-laboratuvar bulguları ve radyolojik görüntüleri birlikte değerlendirildiğinde bu lezyonların brown tümöre ait olduğu sonucuna varılmıştır.

ise genellikle heterojen sinyal özellikleri izlenir; kanama alanlarına bağlı T1'de hiperintens alanlar ve T2'de değişken sinyal intensitesi görülür. Solid kısmın sinyali kas intensitesine benzerken, kistik alanlar T2 sekanslarında hiperintens görünür ve bazen sıvı-sıvı seviyelenmeleri oluşabilir; kontrast madde sonrası tutulum genellikle düzensiz ve periferik dağılımdadır [31]. Brown tümörünün ayırıcı tanısında dev hücreli tümör, fibröz displazi, multiple myelom ve metastatik kemik tutulumları önemlidir; tanıyı netleştirmek için serum kalsiyumu ve sintigrafi kullanılabilir [32]. Soliter spinal lezyon varlığında ayırıcı tanıda metastaz, dev hücreli tümör, anevrizmal kemik kisti ve dev hücreli reparatif granülom gibi lezyonlar bulunur; bu lezyonlar klinik ve görüntüleme bulgularıyla birlikte hiperparatiroidi tanısını düşündürebilir [29]. Bilinen primer hiperparatiroidi olan hastalarda saptanan litik kemik lezyonlarında, BT ve MR görüntülemelerinde tipik özelliklerin izlenmesi, multiple myelom gibi diğer hastalıklardan ziyade brown tümörü tanısını güçlü şekilde destekler [33, 34]. Bilinen hiperparatiroidi tanılı bir hastada brown tümör ile uyumlu alanlardan alınacak biyopsi örneği patolojide dev hücreli tümör ile karışabileceğinden bu hastalarda kemik lezyonlarından histopatolojik örneklemeye yapılmamalıdır. Semptomatik primer

hiperparatiroidi olgularında paratiroidektominin brown tümörlerinde tam regresyon sağladığı gösterilmiştir [35].

Kalvaryumda Tuz-Biber Görünümü

Hiperparatiroidi nedeniyle kalvaryumdaki kemik yapısının düzensiz, granüler şekilde görünmesidir ve çok sayıda küçük litik odakların normal kemik dokusuyla iç içe geçmesi sonucu oluşur [36]. Bu durum, trabeküler kemikteki artmış rezorpsiyonun kalvaryumdaki iç-dış tabula ve diploik mesafede oluşturduğu değişimlerle ilişkilidir [28]. Direkt grafi ve BT'de kemik yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak diffüz dağılımlı küçük radyolüsent alanlar, düzensizleşmiş kemik trabekülleri ve yer yer sklerotik odaklar izlenir ve bu heterojen görünüm "tuz-biber" olarak tanımlanır (Resim 5) [28]. Özellikle kalvaryumda tuz-biber görüntüsü hiperparatiroidiye bağlı kemik tutulumunun en erken bulgularından biri olabilir veya osteitis fibroza sistika gibi ileri durumlarla birlikte görülebilir [37]. Bu görünümün ayırıcı tanısında osteoporoz, orak hücreli anemi, talasemi, multiple myelom, Paget hastalığının litik fazı ve metastazlar akla gelmelidir. Tuz-biber görünümünün hiperparatiroidi ile ilişkili olup olmadığı klinik özellikler, biyokimyasal testler ve ek görüntüleme yöntemleriyle birlikte değerlendirilerek netleştirilir [36].

RUGGER FORMASI OMURGASI (RUGGER-JERSEY SPINE)

Spinal grafilerde birden çok vertebrada ardışık olarak izlenen, süperior ve inferior end platolarda sklerotik bantlar ile orta kısımda radyolusent görünümün birleşmesi sonucu oluşan çizgili görünümü ifade eder ve rugby forması desenini anımsatır. Bu spesifik radyolojik görünüm genellikle hiperparatiroidi için tipiktir [38]. Görüntünün altında yatan patoloji, yüksek PTH seviyesine bağlı kemik rezorpsiyonundaki artışa osteoblastların yanıt olarak fazla miktarda mineralize olmayan osteoid üretmesidir. Bu osteoid doku birikimi radyografide opak alanlar şeklinde görünür [38]. *Rugger-jersey spine* görünümünün ayırıcı tanısında Paget hastalığına bağlı resim çerçevesi vertebra (*picture frame vertebra*), osteopetrozide görülen sandviç vertebra, osteoporoza bağlı ters rugger forması omurgası (*reverse rugger jersey spine*) ve kompresyon kırıkları bulunur. Görünüm, çoğunlukla osteoblastik metastazlar ile lenfomada görülebilen fildişi vertebra (*ivory vertebra*) ile karıştırılmamalıdır.



Resim 5. Hiperparatiroidinin klasik düz grafi bulgularından biri olan tuz-biber görüntüsü.

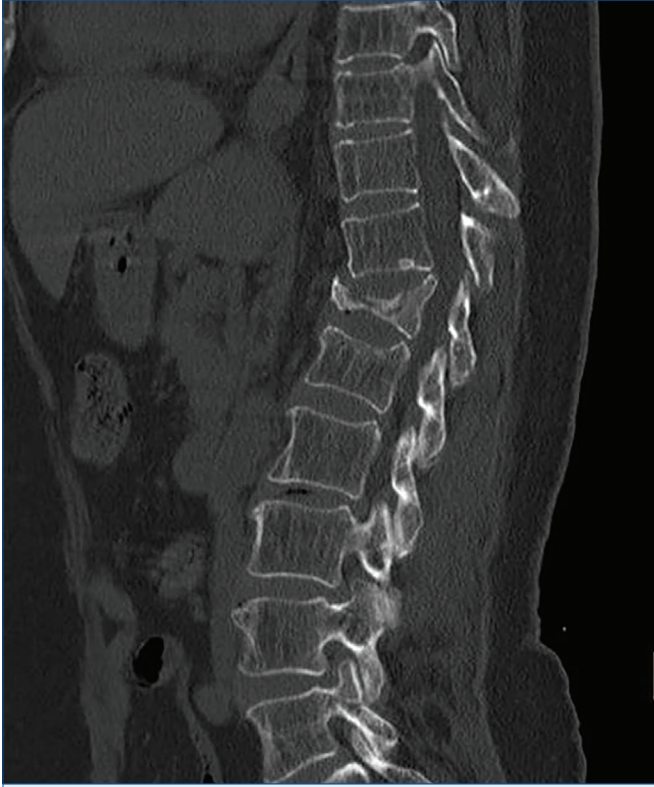
HİPOFİZ BEZİ HASTALIKLARINDA İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Büyüme Hormonu Fazlalığı

Büyüme hormonu, hipofiz bezindeki somatotrop hücrelerden salgılanan ve hipotalamustan salınan GH salıcı hormon ile somatostatin tarafından kontrol edilen bir hormondur [39]. GH'nin aşırı üretimi, büyüme plakları kapanmadan önce gerçekleşirse "gigantizm", büyüme tamamlandıktan sonra gerçekleşirse "akromegali" tablosuna neden olur [2]. Olguların %90'dan fazlasında aşırı GH salgılanmasının nedeni iyi huylu hipofiz adenomlarıdır; malign GH salgılayan adenomlar ise oldukça nadirdir [39]. Gigantizm, iskelet gelişimi devam eden kişilerde endokondral kemik oluşumunun aşırı uyarılmasına bağlı olarak belirgin boy uzaması ile karakterizedir [40]. Akromegali ise iskelet olgunlaşmasından sonra oluşur; bu dönemde artan GH, kıkırdak dokularını tekrar aktive ederek yeni kemik oluşumunu ve yumuşak doku hipertrofisini uyarır. Hastalığın belirtileri genellikle yavaş ilerleyen yüz hatlarında kabalaşma, el ve ayaklarda büyüme ve yumuşak dokuda kalınlaşmadır. Hastaların yaklaşık %70'inde akromegalik artropati olarak bilinen eklem tutulumu görülür. Bu artropatide başlangıçta eklem aralıklarında genişleme olurken, uzun dönemde kıkırdak dejenerasyonu gelişir, osteoartrite benzer eklem daralması ve osteofit oluşumu izlenebilir [41, 42]. Bu değişiklikler sıklıkla el ve ayaklardaki küçük eklemlerde gözlenir [43]. Omurgada intervertebral disk yüksekliğinin artması ve vertebra arka kenarında çentiklenme tipik radyolojik bulgulardandır [43]. GH fazlalığı mandibula ve mental bölgede kemik büyümesini uyarak prognatizm, alın kemiği ve paranasal sinüslerde genişleme sonucu frontal kabalaşmaya yol açar.

Hiperkortizolizm

Kortizol düzeyindeki artışlar, adrenokortikotrop hormon'ye (ACTH) bağımlı veya bağımsız olmak üzere iki ana gruba ayrılır. ACTH'ye bağımlı nedenlerin başında, endojen hiperkortizolizmin en sık nedeni olan ACTH salgılayan hipofiz adenomları gelir. Kortizol kemik yapımını azalttığından uzun süreli kortizol fazlalığı osteoporoza yol açar. **Hiperkortizolizm durumunda görülen kas-iskelet sistemi radyolojik bulguları arasında kemik mineral yoğunluğunda azalma, osteonekroz, kas atrofisi ve yağ infiltrasyonu bulunur.** Kortizol hem kemik yıkımını artırarak hem de yapımını azaltarak osteoporoza neden olur; trabeküler kemik, kortikal kemiğe göre daha sık etkilenir [44]. Radyografi ve BT'de uzun kemiklerde osteopeni, kortikal incelme ve radyolusent görünüm; vertebra korpuslarında ise trabeküler kemik yapısının kaybı ve end platolarda belirginleşme izlenir (Resim 6). Bu değişimler sonucu vertebra ve pelvis gibi bölgelerde yetmezlik kırıkları gelişebilir [44]. Osteoporoz bulguları genellikle diğer osteoporoz nedenlerinden

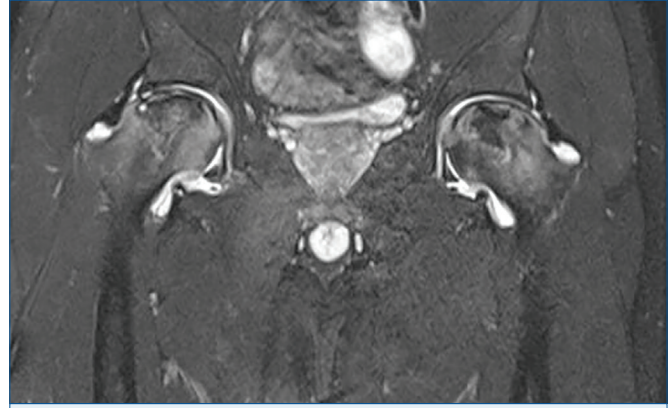


Resim 6. Osteoporozda sekonder vertebra korpuslarında dansite düşüşü ve eşlik eden çökme fraktürü.

farklı değildir, ancak vertebralarda çökme sonrası üst ve alt end platolarda skleroz artışı, kafatası veya kostalarda tutulum (postmenopozal osteoporozda beklenmez) ya da protrüzyo asetabuli varlığı, hiperkortizolizme özgü olabilir [40]. Artmış kortizol, femur ve humerus başında avasküler nekroz (AVN) ve intramedüller kemik infarktlarına da neden olabilir. Direkt radyografilerde AVN alanları serpijinöz sınırlı, yamalı tarzda sklerotik lezyonlar olarak izlenir. MR görüntülemesinde AVN alanının merkezinde korunmuş yağ dokusu görülür; periferde ise T1 ve T2 sekanslarında düşük sinyalli, sklerotik bir sınır çizgisi izlenir. Ayrıca MR'da osteonekroza spesifik ancak sensitivitesi düşük olan “çift çizgi işareti” görülür; bu görünümde T2'de iç kısımda granülasyon dokusuna bağlı hiperintens hat, dış kısımda ise sklerotik kemiğe bağlı hipointens hat bulunur (Resim 7).

ADRENAL BEZ HASTALIKLARINDA İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Adrenal bez, çeşitli hormonların üretimi ve bu hormonların dokulardaki etkileri aracılığıyla kemik dokusu üzerinde önemli bir rol oynar. Adrenal steroidlerin kemik üzerindeki etkisi, salgılanan hormon miktarına, hormonların salgılanma ritmine, dokularda metabolize edilme şekline ve hormon reseptörlerinin dokulardaki ekspresyon düzeyi ile afinitesine bağlıdır. Bu hormonlar kemik gelişimi ve büyümesinin yanı sıra olgun kemik dokusunun korunmasında da etkilidir.



Resim 7. Kortizol yüksekliği bulunan 40 yaşında erkek hastada yağ baskılı koronal MRG görüntüsünde bilateral femur başında avasküler nekroz ile uyumlu sinyal değişiklikleri mevcut.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

Adrenal bezin korteks kısmı kortizol, aldosteron ve adrenal androjenler gibi steroid hormonları üretirken, medulla kısmı ise başta adrenalin olmak üzere katekolaminleri üretir. Bu hormonlar arasında kemik üzerine en belirgin etkiyi kortizol göstermektedir. Endojen olarak fazla salgılanan glukokortikoidlerin kemik fizyolojisi üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmekte olup bu durum osteoporoz ile kemik kırıklarına yol açmaktadır. Glukokortikoidler kemik üzerindeki etkilerinin hücre bazdaki mekanizmalarında; kemik dokusunda bulunan başta kemik yapımından sorumlu osteoblastlar, mekanik uyarıları algılayan osteositler ve kemik rezorpsiyonunu gerçekleştiren osteoklastlar olmak üzere hem doğrudan hem de dolaylı yollarla etki eder. Ayrıca, kırıklardan korunmada postüral stabiliteyi sağlayarak düşme riskini azaltan kas dokusu üzerinde de önemli rol oynar.

Adrenal hastalıkların kemik bulguları adrenal hormonların olması gerekenden fazla ya da az salgılanması sonucu ortaya çıkar. Fazla hormon salgılanan durumlardan çoğunlukla adrenal bezin tümöral lezyonları, az hormon salınımından ise adrenal yetmezlik sorumludur. Adrenal tümörler içerisinde en sık kortikal adenomlara rastlanır. Bu adenomların bir kısmı hormonal açıdan sessiz olabilirken, bir kısmında kortizolün aşırı salgılanmasına bağlı olarak Cushing sendromu veya aldosteronun aşırı salgılanmasına bağlı olarak primer aldosteronizm gelişebilir. Daha az sıklıkta ise feokromositoma görülür ve bu tümörler sıklıkla katekolamin hormonlarının aşırı salınımıyla ilişkili klinik bulgular oluştururlar.

Cushing

Endojen kortizol fazlalığı kemik kitlesini azaltır, kemik metabolizmasını bozar ve kemik mikro-mimarisini değiştirerek kırık riskini belirgin olarak artırır. Bu hastalarda sıklıkla torakal ve lomber vertebralarda düzeyinde spontan ya da düşük enerjili travmalara bağlı kırıklar gelişebilir; ayrıca vertebra

dışındaki bölgelerde de kırık oluşumu görülebilir. Rutin radyolojik değerlendirmelerde, endojen Cushing sendromlu bireylerin yaklaşık dörtte üçünde vertebral kırıkların saptandığı bildirilmektedir [44]. Cushing sendromunda kemik mineral yoğunluğundaki azalma, ekstremitelerde kemiklerinde aksiyel iskelete göre daha az belirgindir. Bu bulgu, sendromun yol açtığı kemik kaybının daha çok trabeküler kemikte yoğunlaştığını ortaya koymaktadır [45].

Primer Aldosteronizm

Primer aldosteronizm, adrenal bezin aldosteronu otonom şekilde üretmesiyle ortaya çıkar ve sekonder hipertansiyonun en sık nedenidir [46]. Bunun yanı sıra, bu hastalarda tip 2 diyabet, metabolik sendrom ve osteoporoz gelişme olasılığının arttığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir [47, 48]. **Primer aldosteronizme sahip bireylerde vertebral kırıklarının daha sık görüldüğü de bildirilmiştir [49]. Osteoporoz insidansının artışına yönelik olarak, primer aldosteronizmde aldosteron fazlalığının kalsiyumun idrarla atılımını artırarak sekonder hiperparatiroidizm ve dolayısıyla kemik rezorpsiyonunun artmasına yol açtığı düşünülmektedir [47, 50].**

Feokromasitoma

Feokromositoma, adrenal medulladaki kromaffin hücrelerinden kaynaklanan, katekolamin salgılayan nöroendokrin bir tümör olup endojen katekolamin fazlalığına neden olur [51]. **Katekolaminler, sempatik sinir sistemini aktive eder ve kemik metabolizmasında sempatik aktivite artışıyla osteopeni veya osteoporoz gelişimi için zemin hazırlayabilir.** Feokromositomaya bağlı katekolamin fazlalığının, tedavi edilmediğinde lomber vertebralarda kemik mineral yoğunluğunda ve trabeküler kemik skorunda azalma ile artmış kemik rezorpsiyonuna yol açtığına dair kanıtlar mevcuttur [52, 53]. Bu süreç, sekonder osteoporoz ve kırık riskini artırabilir.

Addison Hastalığı

Adrenal yetmezlik olarak da bilinen Addison hastalığında düşük kemik mineral yoğunluğu ve kalça kırığı riskinde artış mevcuttur. Bu durumun ortaya çıkmasında adrenokortikal hormon eksikliği, elektrolit bozuklukları ve bazı hastalarda çok yüksek dozda uygulanan glukokortikoid replasmanı gibi çeşitli faktörler rol oynar. Öte yandan, mineralokortikoid ve PTH etkisi altındaki sodyum-kalsiyum dengesinin kemik sağlığı üzerindeki etkilerine dair karmaşık ilişkiler de mevcuttur. Addison hastalığı prevalansındaki artışla birlikte, osteoporoz ve kırıkların oluşturduğu morbidite ve mortalite dikkate alındığında, bu hasta grubunda kemik mineral dansitesinin korunması klinik açıdan önemli hale gelmektedir.

HIPOGONADİZMDE İSKELET SİSTEMİ TUTULUMU

Hipogonadizm, cinsiyet hormonlarının yetersizliğiyle seyreden bir durumdur ve bu hormonal dengesizlik yalnızca üreme sağlığını değil, kas-iskelet sistemini de doğrudan etkiler. Özellikle testosteron ve östrojen düzeylerindeki azalma, kemik mineral yoğunluğu ve kas gücü üzerinde olumsuz sonuçlara yol açabilir. Erkeklerde testosteron, kemik yapımını destekleyen önemli bir hormondur. Bu hormonun eksikliği durumunda, kemiklerde yıkım artarken yapım azalır ve zamanla osteoporoz riski yükselir [54]. Kadınlarda ise özellikle postmenopoz döneminde östrojenin azalması, benzer şekilde kemik yoğunluğunda belirgin azalmaya yol açabilir [55]. Bu durum, vertebra ve kalça kırıkları gibi ciddi sonuçlarla kendini gösterebilir. Kas dokusu açısından bakıldığında, testosteronun anabolik etkileri sayesinde normalde kas kütlesi korunur. Ancak hipogonadal bireylerde, bu hormonun düşüklüğü sarkopeniye neden olabilir [56]. Buna bağlı olarak fiziksel kapasite azalır, denge bozulur ve düşme riski artar. Özellikle ileri yaş grubundaki hastalarda bu durum, yaşam kalitesini doğrudan etkileyen önemli bir sağlık sorununa dönüşebilir. Bu nedenle hipogonadizmin tanısı konan bireylerde yalnızca hormonal değil, aynı zamanda kas ve kemik sağlığına yönelik değerlendirmelerin yapılması büyük önem taşır.

D VİTAMİNİ EKSİKLİĞİNİN İSKELET SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

D vitamini eksikliği, halen küresel ölçekte sık karşılaşılan bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Bu eksiklik, yalnızca kalsiyum ve fosfor metabolizmasını değil, aynı zamanda kemik mineralizasyonunu da bozarak erişkinlerde osteomalaziye yol açabilir [57]. Osteomalazi, özellikle nonspesifik kemik ağrıları, yorgunluk ve kas güçsüzlüğü ile başvuruda bulunan hastalarda çoğu zaman tanı koymayı güçleştiren, klinik olarak sessiz seyredebilen ancak radyolojik olarak tanımlanabilen bir tablodur. D vitaminine bağlı hipomineralizasyon süreci, kemik yapısında mikroskobik düzeyde yumuşamaya neden olur. Bu durum, MRI ve dual-enerji X-ray absorptiometri gibi görüntüleme yöntemleriyle indirekt olarak saptanabilir. Özellikle pelvik kemikler ve femur proksimali gibi ağırlık taşıyan bölgelerde stress fraktürleri gelişebilir; bu lezyonlar T1-hipointens ve T2-kısa tau inversiyonu hiperintens sinyal artışıyla karakterize olabilir [58]. Klinik olarak açıklanamayan yaygın ağrıları olan bireylerde, metabolik kemik hastalıklarına yönelik görüntüleme dikkatli planlanmalıdır. Ayrıca D vitamini reseptörlerinin iskelet kaslarında da ekspresye olması, eksiklik durumunda yalnızca iskelet değil, kas sisteminin de etkilendiğini ortaya koymaktadır. Proksimal miyopati ve düşme öyküsü olan bireylerde, kas gücü kaybının altında yatan nedenlerden biri olarak D vitamini eksikliği düşünülmelidir [59]. Bu grup hastalarda, radyolojik değerlendirme yalnızca kemik değil, kas yapılarının da bütüncül olarak analizini gerektirir. Sonuç olarak, D vitamini eksikliği ve

osteomalazi, radyolojik değerlendirmede dikkat gerektiren metabolik kemik hastalıkları arasında yer alır. Klinik-radyolojik korelasyonun iyi kurulması, özellikle tanısız belirsizlik taşıyan olgularda erken tanı ve uygun tedavi açısından kritik öneme sahiptir.

SONUÇ

Endokrin bozukluklar kemik metabolizmasını çok yönlü etkileyerek kemik kalitesi, mineral yoğunluğu ve kırık riskini değiştirir. Diyabette DISH ve Charcot artropatisi; tiroid hastalıklarında kemik mineralizasyon bozuklukları; hiperparatiroidide subperiosteal rezorpsiyon, brown tümör, tuz-biber kalvaryum; hipofizer ve adrenal kökenli hastalıklarda osteoporoz, vertebral kırıklar ve AVN öne çıkar. Hipogonadizm ve D vitamini eksikliği de kemik kaybını ve osteomalaziye bağlı kırıkları artırır. Klinik-radyolojik korelasyonun güçlendirilmesi ve özgül görüntüleme bulgularının erken tanınması, uygun tedavinin zamanında planlanmasını sağlar.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Napoli N, Chandran M, Pierroz DD, Abrahamsen B, Schwartz AV, Ferrari SL, et al. Mechanisms of diabetes mellitus-induced bone fragility. *Nat Rev Endocrinol*. 2017; 13: 208-19. [CrossRef]
2. Napoli N, Schwartz AV, Black DM, for the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Study Research Group. Reply to: indications of increased vertebral fracture risk in patients with type 2 diabetes. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2018; 33: 183. [CrossRef]
3. Napoli N, Strotmeyer ES, Ensrud KE, Sellmeyer DE, Bauer DC, Hoffman AR, et al. Fracture risk in diabetic elderly men: the MrOS study. *Diabetologia*. 2014; 57: 2057-65. [CrossRef]
4. Sheu A, White CP, Center JR. Bone metabolism in diabetes: a clinician's guide to understanding the bone-glucose interplay. *Diabetologia*. 2024; 67: 1493-506. [CrossRef]
5. Arkila PE, Gautier JF. Musculoskeletal disorders in diabetes mellitus: an update. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2003; 17: 945-70. [CrossRef]
6. Picke AK, Campbell G, Napoli N, Hofbauer LC, Rauner M. Update on the impact of type 2 diabetes mellitus on bone metabolism and material properties. *Endocr Connect*. 2019; 8: R55-R70. [CrossRef]
7. Mader R, Verlaan JJ, Buskila D. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: clinical features and pathogenic mechanisms. *Nat Rev Rheumatol*. 2013; 9: 741-50. [CrossRef]
8. Littlejohn GO, Smythe HA. Marked hyperinsulinemia after glucose challenge in patients with diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *J Rheumatol*. 1981; 8: 965-8. [CrossRef]
9. Mueller MB, Blunk T, Appel B, Maschke A, Goepferich A, Zellner J, et al. Insulin is essential for in vitro chondrogenesis of mesenchymal progenitor cells and influences chondrogenesis in a dose-dependent manner. *Int Orthop*. 2013; 37: 153-8. [CrossRef]
10. Belanger TA, Rowe DE. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: musculoskeletal manifestations. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001; 9: 258-67. [CrossRef]
11. Resnick D, Niwayama G. Radiographic and pathologic features of spinal involvement in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH). *Radiology*. 1976; 119: 559-68. [CrossRef]
12. Clavaguera T, Reyner P, Buxó M, Valls M, Armengol E, Juanola X. Identifying clinicoradiological phenotypes in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: a cross-sectional study. *Medicina (Kaunas)*. 2021; 57: 1005. [CrossRef]
13. Mautone M, Naidoo P. What the radiologist needs to know about Charcot foot. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015; 59: 395-402. [CrossRef]
14. Jones EA, Manaster BJ, May DA, Disler DG. Neuropathic osteoarthropathy: diagnostic dilemmas and differential diagnosis. *Radiographics*. 2000; 20 Spec No: 279-93. [CrossRef]
15. Ahmadi ME, Morrison WB, Carrino JA, Schweitzer ME, Raikin SM, Ledermann HP. Neuropathic arthropathy of the foot with and without superimposed osteomyelitis: MR imaging characteristics. *Radiology*. 2006; 238: 622-31. [CrossRef]
16. Bassett JH, Williams GR. Role of thyroid hormones in skeletal development and bone maintenance. *Endocr Rev*. 2016; 37: 135-87. [CrossRef]
17. Rivkees SA, Bode HH, Crawford JD. Long-term growth in juvenile acquired hypothyroidism: the failure to achieve normal adult stature. *N Engl J Med*. 1988; 318: 599-602. [CrossRef]
18. Eriksen EF, Mosekilde L, Melsen F. Kinetics of trabecular bone resorption and formation in hypothyroidism: evidence for a positive balance per remodeling cycle. *Bone*. 1986; 7: 101-8. [CrossRef]
19. Mosekilde L, Eriksen EF, Charles P. Effects of thyroid hormones on bone and mineral metabolism. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 1990; 19: 35-63. [CrossRef]
20. Segni M, Gorman CA. The aftermath of childhood hyperthyroidism. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2001; 14 Suppl 5: 1277-82; discussion 1297-8. [CrossRef]
21. Rasmussen SA, Yazdy MM, Carmichael SL, Jamieson DJ, Canfield MA, Honein MA. Maternal thyroid disease as a risk factor for craniosynostosis. *Obstet Gynecol*. 2007; 110(2 Pt 1): 369-77. [CrossRef]
22. Blum MR, Bauer DC, Collet TH, Fink HA, Cappola AR, da Costa BR, et al. Subclinical thyroid dysfunction and fracture risk: a meta-analysis. *JAMA*. 2015; 313: 2055-65. [CrossRef]
23. Patel KV, Brennan KL, Brennan ML, Jupiter DC, Shar A, Davis ML. Association of a modified frailty index with mortality after femoral neck fracture in patients aged 60 years and older. *Clin Orthop Relat Res*. 2014; 472: 1010ve-7. [CrossRef]
24. Younes NA, Shafagaj Y, Khatib F, Ababneh M. Laboratory screening for hyperparathyroidism. *Clin Chim Acta*. 2005; 353: 1-12. [CrossRef]
25. Broos WAM, Wondergem M, Knol RJJ, van der Zant FM. Parathyroid imaging with ¹⁸F-fluorocholine PET/CT as a first-line imaging modality in primary hyperparathyroidism: a retrospective cohort study. *EJNMMI Res*. 2019; 9: 72. [CrossRef]
26. Zhang R, Zhang Z, Huang P, Li Z, Hu R, Zhang J, et al. Diagnostic performance of ultrasonography, dual-phase ^{99m}Tc-MIBI scintigraphy, early and delayed ^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT in preoperative parathyroid gland localization in secondary hyperparathyroidism. *BMC Med Imaging*. 2020; 20: 91. [CrossRef]
27. Petranović Ovčariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I, Hindié E, Huellner MW, Luster M, et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021; 48: 2801-22. [CrossRef]
28. Chang CY, Rosenthal DI, Mitchell DM, Handa A, Kattapuram SV, Huang AJ. Imaging findings of metabolic bone disease. *Radiographics*. 2016; 36: 1871-87. [CrossRef]

29. Solmaz B, Tatarlı N, Günver F, Emre T. A thoracic vertebral brown tumor presenting with paraparesis in a patient with end-stage renal disease. *Br J Neurosurg*. 2017; 31: 635-7. [\[CrossRef\]](#)
30. Khalatbari MR, Moharamzad Y. Brown tumor of the spine in patients with primary hyperparathyroidism. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39: E1073-9. [\[CrossRef\]](#)
31. Hong WS, Sung MS, Chun KA, Kim JY, Park SW, Lee KH, et al. Emphasis on the MR imaging findings of brown tumor: a report of five cases. *Skeletal Radiol*. 2011; 40: 205-13. [\[CrossRef\]](#)
32. Vaishya R, Agarwal AK, Singh H, Vijay V. Multiple 'brown tumors' masquerading as metastatic bone disease. *Cureus*. 2015; 7: e431. [\[CrossRef\]](#)
33. Fargen KM, Lin CS, Jeung JA, Yachnis AT, Jacob RP, Velat GJ. Vertebral brown tumors causing neurologic compromise. *World Neurosurg*. 2013; 79: 208. e1-6. [\[CrossRef\]](#)
34. Knowles NG, Smith DL, Outwater EK. MRI diagnosis of brown tumor based on magnetic susceptibility. *J Magn Reson Imaging*. 2008; 28: 759-61. [\[CrossRef\]](#)
35. Yang Q, Sun P, Li J, Yang Z, Li X, Li Z, et al. Skeletal lesions in primary hyperparathyroidism. *Am J Med Sci*. 2015; 349: 321-7. [\[CrossRef\]](#)
36. Gomez CK, Schiffman SR, Bhatt AA. Radiological review of skull lesions. *Insights Imaging*. 2018; 9: 857-82. [\[CrossRef\]](#)
37. Bilezikian JP, Cusano NE, Khan AA, Liu JM, Marcocci C, Bandeira F. Primary hyperparathyroidism. *Nat Rev Dis Primers*. 2016; 2: 16033. [\[CrossRef\]](#)
38. Wittenberg A. The rugger jersey spine sign. *Radiology*. 2004; 230: 491-2. [\[CrossRef\]](#)
39. Melmed S. Medical progress: acromegaly. *N Engl J Med*. 2006; 355: 2558-73. Erratum in: *N Engl J Med*. 2007; 356: 879. [\[CrossRef\]](#)
40. Kerslake R. Diagnosis of Bone and Joint Disorders (4th edn) 5 Volume Set. Edited by D Resnick, pp. xx+4944, 2002 (WB Saunders Co. Ltd, Philadelphia, PA), £590 ISBN 0721689213. *British Journal of Radiology*. 2003; 76: 144. [\[CrossRef\]](#)
41. Colao A, Ferone D, Marzullo P, Lombardi G. Systemic complications of acromegaly: epidemiology, pathogenesis, and management. *Endocr Rev*. 2004; 25: 102-52. [\[CrossRef\]](#)
42. Killinger Z, Kužma M, Sterančáková L, Payer J. Osteoarticular changes in acromegaly. *Int J Endocrinol*. 2012; 2012: 839282. [\[CrossRef\]](#)
43. Tagliafico A, Resmini E, Ferone D, Martinoli C. Musculoskeletal complications of acromegaly: what radiologists should know about early manifestations. *Radiol Med*. 2011; 116: 781-92. English, Polish. [\[CrossRef\]](#)
44. De Martino MC, Camera L, Klain M, Salvatore M, Lombardi G, Colao A. Bone demineralization and vertebral fractures in endogenous cortisol excess: role of disease etiology and gonadal status. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006; 91: 1779-84. [\[CrossRef\]](#)
45. Godang K, Ueland T, Bollerslev J. Decreased bone area, bone mineral content, formative markers, and increased bone resorptive markers in endogenous Cushing's syndrome. *Eur J Endocrinol*. 1999; 141: 126-31. [\[CrossRef\]](#)
46. Young WF. Primary aldosteronism: renaissance of a syndrome. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2007; 66: 607-18. [\[CrossRef\]](#)
47. Petramala L, Zinamosca L, Settevendemmie A, Marinelli C, Nardi M, Conciatrè A, et al. Bone and mineral metabolism in patients with primary aldosteronism. *Int J Endocrinol*. 2014; 2014: 836529. [\[CrossRef\]](#)
48. Hanslik G, Wallaschofski H, Dietz A, Riestner A, Reincke M, Allolio B, et al. Increased prevalence of diabetes mellitus and the metabolic syndrome in patients with primary aldosteronism of the German Conn's Registry. *Eur J Endocrinol*. 2015; 173: 665-75. [\[CrossRef\]](#)
49. Notsu M, Yamauchi M, Yamamoto M, Nawata K, Sugimoto T. Primary aldosteronism as a risk factor for vertebral fracture. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017; 102: 1237-43. [\[CrossRef\]](#)
50. Ceccoli L, Ronconi V, Giovannini L, Marcheggiani M, Turchi F, Boscaro M, et al. Bone health and aldosterone excess. *Osteoporos Int*. 2013; 24: 2801-7. [\[CrossRef\]](#)
51. Lenders JW, Eisenhofer G, Mannelli M, Pacak K. Pheochromocytoma. *Lancet*. 2005; 366: 665-75. [\[CrossRef\]](#)
52. Kim BJ, Kwak MK, Kim JS, Lee SH, Koh JM. Higher sympathetic activity as a risk factor for skeletal deterioration in pheochromocytoma. *Bone*. 2018; 116: 1-7. [\[CrossRef\]](#)
53. Kim BJ, Kwak MK, Ahn SH, Kim H, Lee SH, Song KH, et al. Lower bone mass and higher bone resorption in pheochromocytoma: importance of sympathetic activity on human bone. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017; 102: 2711-8. [\[CrossRef\]](#)
54. Antinozzi C, Marampon F, Corinaldesi C, Vicini E, Sgrò P, Vannelli GB, et al. Testosterone insulin-like effects: an in vitro study on the short-term metabolic effects of testosterone in human skeletal muscle cells. *J Endocrinol Invest*. 2017; 40: 1133-43. [\[CrossRef\]](#)
55. Riggs BL, Khosla S, Melton LJ 3rd. Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocr Rev*. 2002; 23: 279-302. [\[CrossRef\]](#)
56. Wang C, Swerdloff RS. Testosterone replacement therapy in hypogonadal men. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2022; 51: 77-98. [\[CrossRef\]](#)
57. Arbolea L, Braña I, Pardo E, Loredó M, Queiro R. Osteomalacia in adults: a practical insight for clinicians. *J Clin Med*. 2023; 12: 2714. [\[CrossRef\]](#)
58. Kanberoglu K, Kantarci F, Cebi D, Yilmaz MH, Kurugoglu S, Bilici A, et al. Magnetic resonance imaging in osteomalacic insufficiency fractures of the pelvis. *Clin Radiol*. 2005; 60: 105-11. [\[CrossRef\]](#)
59. Rizzoli R, Biver E, Brennan-Speranza TC. Nutritional intake and bone health. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2021; 9: 606-21. [\[CrossRef\]](#)

1. Aşağıdakilerden hangisi diyabetik hastalarda görülebilen diffüz idiopatik iskelet hiperostoz (DISH) hastalığına ait radyolojik bulgular arasında yer almaz?
 - a. Torasik omurgada ardışık dört veya daha fazla ardışık vertebrayı içeren osteofitlerin varlığı
 - b. Sakroiliak eklemden erozyon ve füzyon görülmesi
 - c. İntervertebral disk mesafelerinin korunması
 - d. Faset ve kostovertebral eklemlerde ankiloz olmaması
 - e. Pelvik bölgede entezopati ile birlikte anterior vertebral osteofitlerin görülmesi
2. Aşağıdakilerden hangisi hipertiroidizme bağlı iskelet sistemi bulgularından biri değildir?
 - a. Kortikal kemiklerde incelme
 - b. Trabeküler kemik yapısında bozulma
 - c. Kemik mineral yoğunluğunda artış
 - d. Kemik döngüsünde hızlanma
 - e. Osteoporoz ve kırık riskinde artış
3. Aşağıdakilerden hangisi hiperparatiroidiye bağlı kemik tutulumunda gözlenen radyolojik bulgulardan biri değildir?
 - a. Subperiostal kemik rezorpsiyonu
 - b. Kalvaryumda tuz-biber görünümü
 - c. Brown tümör oluşumu
 - d. Vertebralarda bal peteği görünümü
 - e. Rugger-jersey spine
4. Aşağıdakilerden hangisi akromegaliye bağlı iskelet sistemi değişikliklerinden biri değildir?
 - a. El ve ayaklardaki küçük eklemlerde osteofit oluşumu
 - b. Vertebra arka kenarında çentiklenme
 - c. Kemik mineral yoğunluğunda azalma
 - d. İntervertebral disk yüksekliğinde artış
 - e. Mandibular kemikte büyüme ve prognatizm
5. Aşağıdaki ifadelerden hangisi adrenal bez hastalıklarının iskelet sistemi üzerindeki etkileri açısından yanlıştır?
 - a. Feokromositomada artmış katekolamin düzeyleri sempatik aktiviteyi artırarak osteopeniye zemin hazırlar.
 - b. Primer aldosteronizmde artmış kalsiyum atılımı sekonder hiperparatiroidizme neden olabilir.
 - c. Cushing sendromunda kemik kaybı özellikle trabeküler kemikte yoğun olup vertebral kırık riski yüksektir.
 - d. Addison hastalığında, düşük kortizol düzeyleri kemik yoğunluğunu artırarak kırık riskini azaltır.
 - e. Glukokortikoidler hem osteoblastlar hem de osteoklastlar üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler gösterir.

Pediatric Endocrine Disorders Radiological Evaluation

Radiological Evaluation in Pediatric Endocrine Disorders

● Zuhale Bayramoğlu¹, ● Eda Cingöz²

¹*İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

²*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye*

ÖZ

Radyolojik görüntüleme, pediatrik endokrin hastalıklarının tanısında biyokimyasal testleri tamamlayıcı bir rol oynar. Endokrin organlardan özellikle tiroid, paratiroid ve adrenal gland, testis, over ve pankreas ultrasonografi, sintigrafi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilebilir. Doğru görüntüleme kullanımı erken tanı ve gereksiz girişimlerin önlenmesini sağlar.

Anahtar Kelimeler: Pediatrik endokrin hastalıklar, ultrasonografi, tiroid görüntüleme, over patolojileri, adrenal bez hastalıkları

ABSTRACT

Radiological imaging plays a complementary role in the diagnosis of pediatric endocrine disorders alongside biochemical tests. Endocrine organs-particularly the thyroid, parathyroid, adrenal glands, testes, ovaries, and pancreas-can be evaluated using ultrasonography, scintigraphy, computed tomography, and magnetic resonance imaging. Proper imaging utilization enables early diagnosis and prevents unnecessary interventions.

Keywords: Pediatric endocrine disorders, ultrasonography, thyroid imaging, ovarian pathology, adrenal gland disorders.

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Pediatric endocrine disorders diagnosis and follow-up radiological imaging, biochemical tests as complementary role play an important role; especially structural anomalies are identified.
- Imaging findings should be interpreted correctly according to age, sex and development stage. Referential values should be taken into account.
- Endocrine disorders are not only target organs but also other systems can be affected, therefore imaging should be planned accordingly.
- Thyroid, adrenal gland, parathyroid, testis and ovary are endocrine organs; congenital, neoplastic or inflammatory processes can be detected by imaging.
- Especially in children, benign variants should be distinguished from malignant ones to avoid unnecessary surgical and interventional procedures.

GİRİŞ

Endokrin hastalıkların değerlendirilmesinde görüntüleme yöntemleri, tanı sürecinde önemli bir tamamlayıcıdır. Biyokimyasal ve hormonal testler çoğu zaman temel teşhis aracı olsa da bazı durumlarda kesin tanı koymak veya hastalığın yaygınlığını ve lokalizasyonunu belirlemek için görüntüleme gereklidir. Klinik belirtiler ve hastanın genel fenotipi, altta yatan bir endokrin bozukluğa işaret edebilir ve bu gibi durumlarda görüntüleme, tanıyı destekleyen kritik bir rol üstlenir.

Pediatric endocrine disorders diagnosis and follow-up radiological imaging, biochemical tests as complementary role play an important role; especially structural anomalies are identified. Imaging findings should be interpreted correctly according to age, sex and development stage. Referential values should be taken into account. Endocrine disorders are not only target organs but also other systems can be affected, therefore imaging should be planned accordingly. Thyroid, adrenal gland, parathyroid, testis and ovary are endocrine organs; congenital, neoplastic or inflammatory processes can be detected by imaging. Especially in children, benign variants should be distinguished from malignant ones to avoid unnecessary surgical and interventional procedures.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Eda Cingöz, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

E-posta: edacaniepe@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-0814-4597

Geliş Tarihi/Received: 05.07.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.08.2025 **Epub:** 15.10.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Bayramoğlu Z, Cingöz E. Radiological evaluation in pediatric endocrine disorders. *Trd Sem.* 2025;13(3):428-440



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

referans değerlerle karşılaştırılmalı ve gerekirse cinsiyete veya gelişim sürecine özgü standartlar dikkate alınmalıdır.

Endokrin hastalıkların tanı ve takibinde görüntüleme, hastalığın doğumsal mı yoksa edinsel mi olduğunu ayırt etmede, anatomik değişiklikleri detaylı bir şekilde ortaya koymada ve hastalığın seyrini takip etmede kritik bir rol oynar. Özellikle belirli hastalık gruplarında yapılan görüntüleme, klinik ve biyokimyasal bulgularla birlikte yorumlandığında daha doğru ve kapsamlı bir değerlendirme yapılmasını sağlar.

Görüntüleme, sadece doğrudan glandüler değişiklikleri değil, aynı zamanda dolaylı etkileri de gösterebilir. Bu sebeple bazı endokrin hastalıklarda görüntüleme, farklı anatomik bölgeleri kapsayacak şekilde planlanmalıdır. Bu tür incelemeler, hastalığın tanısı ve yönetimi açısından kritik bilgiler sunarak multidisipliner yaklaşıma katkıda bulunur. Görüntüleme yöntemlerinin etkin kullanımı, endokrin hastalıkların daha iyi anlaşılmasını sağlarken, hasta yönetiminde de önemli bir yol gösterici olmaktadır.

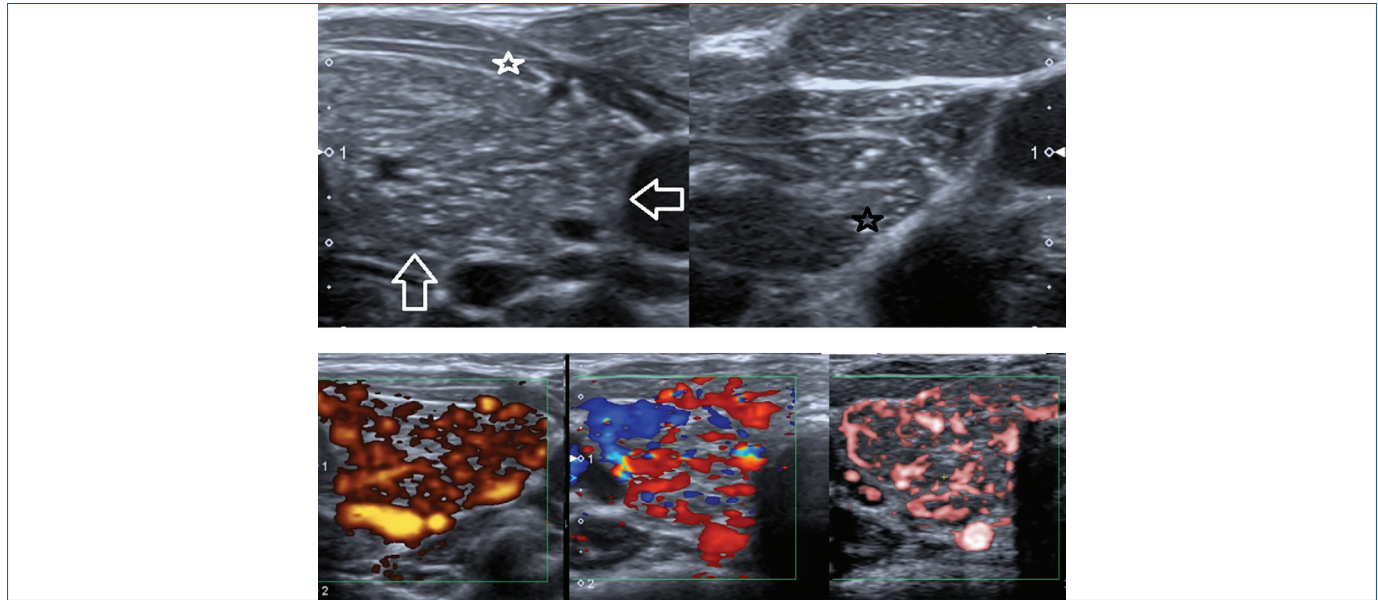
TİROİD

Çocukluk çağının tiroid hastalıkları konjenital ve edinsel olarak sınıflandırılabilir. Yenidoğan ve bebeklerde görülen hipo-veya hipertiroidi ile guatr genellikle konjenitaldir, buna karşın çocukluk ve ergenlik döneminde ortaya çıkan benzer hastalıklar çoğunlukla edinseldir. Bu hastalıkların tanısı öncelikle laboratuvar testleri ile doğrulanır. Hormon seviyelerinin değerlendirilmesi tanıda kritik bir rol oynarken,

bazı yapısal değişikliklerin varlığı ise görüntüleme yöntemleri ile ortaya konulabilir.

Konjenital Hipotiroidi

Konjenital hipotiroidi, tiroidin gelişimsel bozuklukları, hormon sentezindeki aksaklıklar veya santral regülasyon bozukluklarından kaynaklanır. Santral hipotiroidi konjenital hipotiroidi olgularının %10'unda görülmektedir [1]. Konjenital hipotiroidisi olan çocuklarda ultrasonografi (USG), tiroid bezinin yerleşimini ve yapısal özelliklerini değerlendirmek için kullanılır. Tiroid disgenezisinde bez tamamen yok olabilir, ektopik konumda bulunabilir veya hipoplastik olabilir. Buna karşılık, hormon sentez bozukluğu olan olgularda tiroid bezi normal yerleşimde olup genellikle büyüktür ve USG'nin temel rolü bu iki durumu ayırt etmektir [2]. **Ultrasonografi normal anatomik bölgede tiroid dokusunun varlığını veya yokluğunu değerlendirmede yüksek duyarlılığa sahiptir. Ancak iki temel tanısal zorluk söz konusudur. Bunlardan biri ektopik tiroid bezidir. Tiroid bezi, embriyolojik gelişim sürecinde hareket ettiği tiroglossal yol boyunca herhangi bir noktada bulunabilir, bu nedenle USG sırasında tüm yolun detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekir [3]. İkinci tanısal zorluk, tiroid lojunda bulunan ancak tiroid dokusu olmayan yapılar sebebi ile displastik tiroid bezinin varlığı şeklinde yorumlanabilmesidir. Sintigrafik incelemelerin USG'ye kıyasla ektopik tiroid dokusunu tespit etmede daha yüksek duyarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir ve bu sebeple konjenital hipotiroidi olgularının değerlendirilmesinde USG ve sintigrafi birbirini tamamlayan yöntemler olarak kullanılmalıdır [3, 4].**



Resim 1. İki aylık erkek hastada her iki tiroid lob ekojenitesi strap kas gruplarına (beyaz yıldız) benzer görünümde ve azalmış olup mikrovasküler incelemede diffüz artmış vaskülarizasyon izlenmektedir. Bulgular dishormonogenetik gland ile uyumludur. Dishormonogenetik tiroid glandda punktat ekojeniteler (siyah yıldız) ve retiküler paternde ince lineer çizgilenmeler (oklar) seçilmektedir.

Dishormonogenez olarak adlandırdığımız tiroid dokusunun var olduğu ancak boyutunun normal ya da büyük olabileceği olgularda tiroid ekojenitesinin belirgin azalıp vaskülaritesinin ise belirgin arttığı izlenir (Resim 1). Dishormonogenetik dokunun ekojenitesi kas ve timus dokusu kadar hipoeoik olabileceği için strap kasları ve ektopik servikal timus dokusundan ayırt edilmesi için Doppler USG ile hipervaskülaritenin gösterilmesi kıymetli olacaktır.

Ektopik Tiroid Dokusu

Ektopik tiroid dokusu, konjenital hipotiroidinin en sık görülen nedenlerinden biridir [5]. Embriyonik gelişimde tiroid tomurcuğu, dördüncü haftada oluşarak ilkel tiroid formunu alır ve boynun orta hattında aşağı doğru hareket eder [6]. Önce hyoid kemiğin önüne, ardından infrahyoid bölgeye ilerler. Yedinci haftanın sonunda trakeanın önünde son konumuna ulaşır [6]. Tiroidin embriyolojik gelişimi sırasında göç sürecinin tamamlanamaması ektopik tiroid dokusunun oluşmasına neden olabilir. Ektopik tiroid genellikle orta hat boyunca yerleşir ve farklı seviyelerde duraksayarak lingual, sublingual, suprahoid, prelaringeal veya mediastinal bölgelerde görülebilir. Nadir durumlarda akciğer, kalp, meme, özofagus ve diyafram altı organlarda da yerleşim gösterebilir [7]. Olguların %90'ında lingual yerleşimli olan ektopik tiroid dokusu, mikroskobik boyuttan birkaç santimetreye kadar değişebilir ve görülme sıklığı 1/3000 ile 1/100.000 arasında bildirilmiştir [8]. USG tiroid bezinin anatomisini değerlendirmede genellikle yeterli duyarlılığa sahiptir ve tiroid dokusunun yerleşimini, ekojenitesini ve vaskülaritesini belirlemeye yardımcı olur. Yenidoğanlarda tiroid bezi homojen, hiperekojen bir görünüme sahiptir. Konjenital hipotiroidi tanısı alan ve henüz tedavi almamış bebeklerde ektopik tiroid dokusu hiperekojen ve hipervasküler olarak izlenir. Ancak uzun yıllar tedavi gören daha büyük çocuklarda ektopik tiroid dokusu giderek hipoeoik hale gelir ve belirgin vaskülarite kaybı gösterir [3].

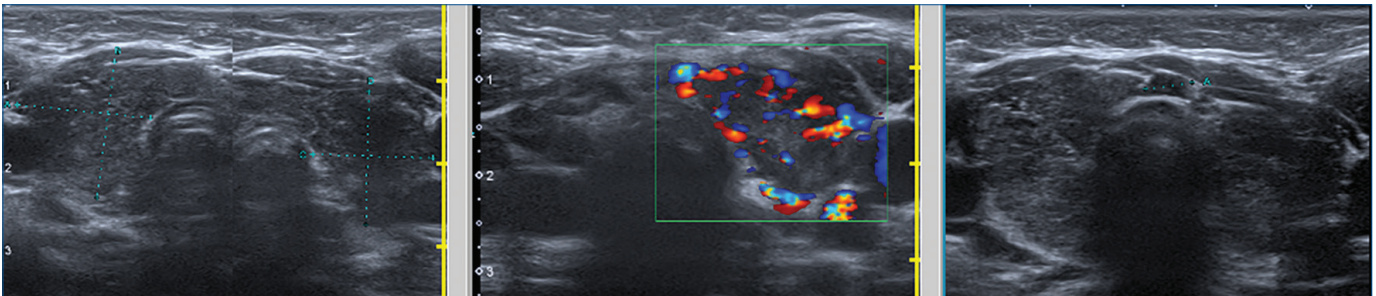
Tiroid Hipoplazisi ve Agenezisi

Tiroid hipoplazisi, bezin normal konumda bulunmasına rağmen hacminin belirgin şekilde azaldığı bir durumdur. Bu küçülme tek loba sınırlı olabileceği gibi tüm bezi de kapsayabilir. Tiroidin gelişim sürecinde farklı derecelerde ageneziler görülebilir; bez hiçbir şekilde oluşmayabilir, tek lob gelişebilir ya da her iki lob mevcutken istmus olmayabilir. **Tiroid agenezisinde ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi USG'dir.** Total agenezide tiroid lojunda doku izlenmez. Hemiagenezide ise mevcut lob ve isthmusun birleşimi sintigrafide hokey sopasına benzer bir görünüm oluşturduğu için bu bulgu "hockey stick sign" olarak tanımlanır [9]. **USG'de tiroid lojunun boş olması her zaman tiroid agenezisi anlamına gelmez.** Trakeanın iki yanında küçük ekojenik üçgenler görülebilir ancak bunlar hipoplazik tiroid dokusu ile karıştırılmamalıdır [10]. Bu yapıların belirgin vaskülarizasyon göstermemesi ve mikrokistler içermesi, bağ dokusu ya da ultimobrankial kalıntılar olabileceğini düşündürmelidir [11, 12]. Hemiagenezis genellikle tesadüfen fark edilir veya ergenlikte tiroidin artan yükü nedeniyle belirgin hale gelir [13, 14]. USG'de bir tarafta agenezik lob görülürken, karşı tarafta tiroid uyarıcı hormon uyarısıyla büyümüş veya normal bir lob izlenebilir. Sintigrafi, varsa ek fonksiyonel ortotopik veya ektopik tiroid dokusunu ortaya koymada yardımcıdır. Tiroid dokusunun görülemediği durumlarda, tanı sürecinde embriyolojik gelişim yolu boyunca dil kökünden üst mediastene kadar olan bölge dikkatlice incelenmelidir [15].

Otoimmün Tiroid Hastalıkları

Hashimoto tiroiditi (lenfositik tiroidit/kronik otoimmün tiroidit)

Hashimoto tiroiditi, çocuklarda en sık görülen tiroidit türü olup hem hipotiroidi hem de ötiroidi durumlarında ortaya çıkabilir. **USG'de tiroid bezi diffüz olarak büyümüşür, parankim heterojen ve kaba bir eko paternine sahiptir.** Bu heterojen görünüm, bez içerisinde dağınık yerleşen hipoeoik mikronodüllerden kaynaklanmaktadır. Nodüler tutulumda ve hastalığın ilerleyen dönemlerinde daha belirgin olmak üzere kontur lobulasyonu görülmektedir (Resim 2). Otoimmün



Resim 2. Hipotiroidi sebebi ile tetkik edilen 6 yaş kız hastada her iki tiroid lobunda kontur küntlüğü, parankimde azalmış ekojenite ve artmış vaskülarite ile birlikte peritiroidal lenf ganglionları otoimmün tiroid hastalığını desteklemektedir. Olgu otoantikör korelasyonu ile birlikte Hashimoto tiroiditi tanısı almıştır.

zeminde görülebilecek reaktif görünümdeki sayıca artmış lenf ganglionları özellikle level 6'da saptanabilir.

Graves hastalığı

Graves hastalığı çocuklarda nadir görülsede hipertiroidinin en yaygın nedenidir. USG'de tiroid bezinin diffüz olarak büyüdüğü ve hipoekojen paterne sahip olduğu izlenir. Doppler USG'de ise belirgin vaskülarite artışı mevcuttur ve bu belirgin hipervaskülarite "tiroid inferno" olarak adlandırılır (Resim 3).

Ektopik timus

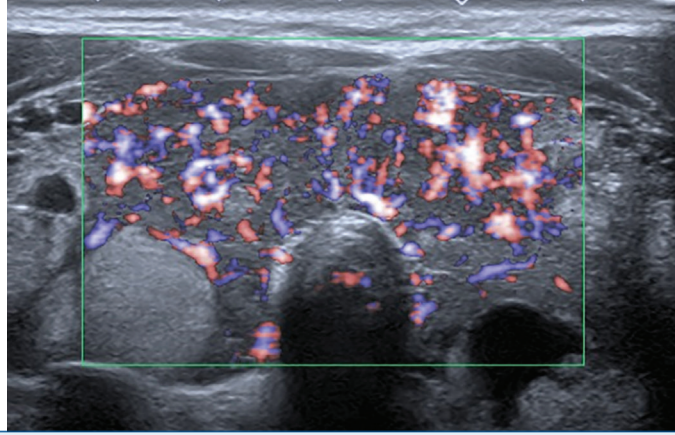
Timus, gebeliğin yaklaşık 5. haftasında üçüncü farengel poşlardan gelişerek anterior mediastine doğru hareket eder [16]. Ektopik timus, bu iniş sürecindeki anormallik nedeniyle gelişen nadir bir boyun lezyonu olup, çocukluk çağı servikal lezyonlarının %1'inden azını oluşturur [17]. Lezyon, solid, kısmen kistik veya tamamen kistik olabilir. USG'de normal timus dokusuna benzer özellikler gösterir ve tipik olarak "starry sky" (yıldızlı gökyüzü) görünümü ile tanınır [18]. Tiroid içinde yerleşmiş ektopik timus dokusu ise nadir bir konjenital varyant olup çocukluk çağında tiroid nodülü ile karıştırılmamalıdır.

Doğru tanı için ultrason görüntüsü temel kriter olup, gereksiz biyopsi veya cerrahiden kaçınılmasını sağlar. Punktat ekojenitelerin mikrokalsifikasyon ile karıştırılmaması için ektopik timus dokusunun tiroid dokusundan daha az vasküler olacağı, papiller karsinom kuşkusunda ise lezyonda normal tiroid parenkimine göre neovaskülarizasyon dolayısı ile vaskülarite artışı olacağı akılda tutulmalıdır (Resim 4, 5).

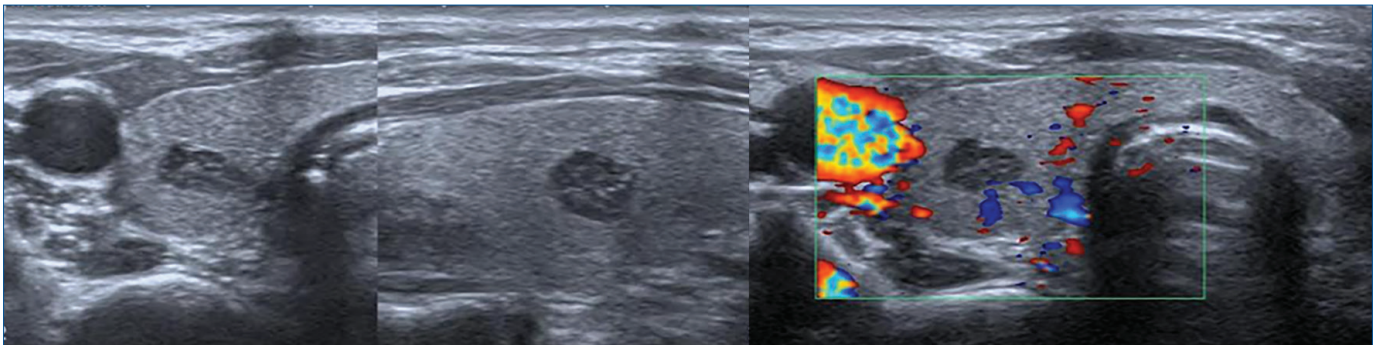
PARATİROİD GLANDI

Hiperparatiroidi

Hiperparatiroidizm (HPT), çocuklarda nadir görülen bir durum olup en sık primer HPT olarak karşımıza çıkar. Çocukluk çağında primer HPT'nin temel nedeni genellikle tek bir paratiroid adenomu olup (Resim 6), daha nadir olarak dört gland hiperplazisi veya paratiroid karsinomu görülebilir [19, 20]. Kalıtsal sendromlar, özellikle multipl endokrin neoplazi tip 1, dört gland hiperplazisi ile ilişkilidir [21]. Sekonder HPT, kronik böbrek yetmezliği ve D vitamini eksikliği sonucu gelişir; düşük kalsiyum seviyeleri nedeniyle paratiroid bezleri sürekli uyarılarak dört gland hiperplazisine yol açar. Tersiyer HPT ise uzun süreli sekonder HPT sonrasında paratiroid bezlerinin



Resim 3. On iki yaş kız hastada her iki tiroid lob boyutları ve vaskülaritesi artmış olup her iki lobda ayrıca hiperekojen nodul imajları izlenmektedir. Tiroid fonksiyon testleri ve otoantikörler Graves hastalığını desteklemektedir.



Resim 4. Altı yaşında erkek hastada yapılan tiroid USG'de sağ lob orta kesimde, içerisinde multipl punktate ekojen odaklar barındıran hipoekojen solid nodüller alan intratiroidal ektopik timus ile uyumludur.

USG: ultrasonografi.

kontROLSÜZ paratroid hormon (PTH) üretmeye başlamasıyla ortaya çıkar ve genellikle böbrek nakli sonrası gelişir.

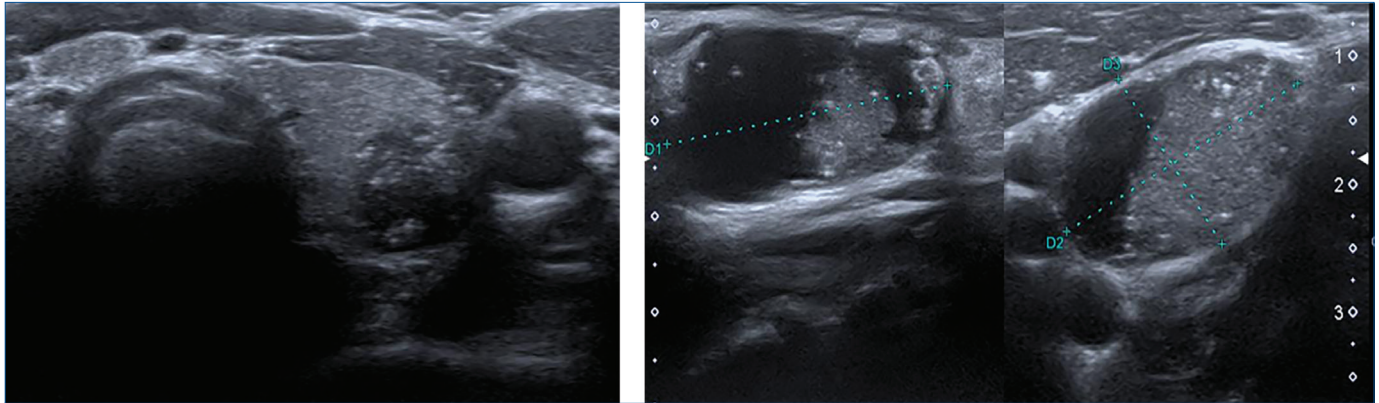
Hipoparatiroidi

Çocuklarda hipoparatiroidizm çeşitli nedenlere bağlı olarak gelişebilir. **En sık görülen nedenlerden biri, tiroid veya paratiroid cerrahisi sonrası gelişen postoperatif hipoparatiroidizmdir.** Bunun dışında boyun bölgesindeki kanserlerde postoperatif sebeplerle ya da radyoterapiye sekonder paratiroid bez ışınlanması sonrası paratiroid bezlerinin fonksiyonu bozularak PTH üretimi azalabilir. Genetik sendromlar da hipoparatiroidi sebepleri içinde önemli bir rol oynar; DiGeorge sendromu, Sandaj-Sakati sendromu, CHARGE sendromu, Kenney-Caffey sendromu (tip 1 ve 2), Dubowitz sendromu gibi durumlar hipoparatiroidizme yol açabilir. İnfiltratif hastalıklar arasında hemokromatoz, hemosideroz ve Wilson hastalığı hipoparatiroidizm gelişimine katkıda bulunabilir.

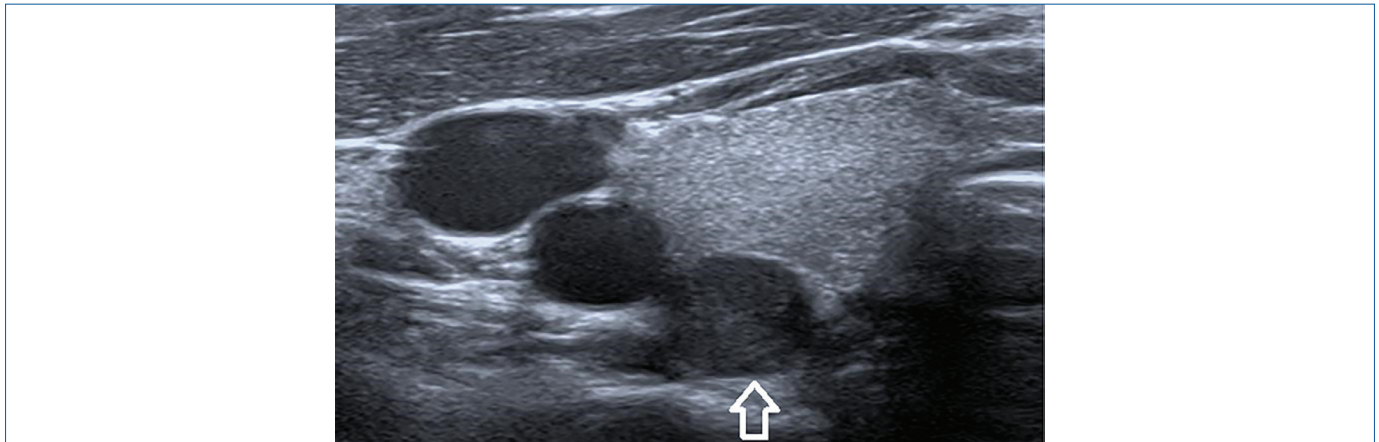
ADRENAL GLAND

Konjenital Adrenal Hiperplazi

Konjenital adrenal hiperplazi (KAH), otozomal resesif geçiş gösteren bir grup genetik hastalık olup hem kızları hem de erkekleri etkiler. Adrenal steroid sentezinde görevli bir enzimin eksikliği nedeniyle adrenal yetmezlik gelişir, bu da aşırı adrenokortikotropik hormon (ACTH) salgılanmasına, adrenal korteksin hiperplazisine ve androjen fazlalığına yol açar. Kız bebeklerde klitoris büyümesi görülürken iç genital organlar normaldir. Erkek bebekler doğumda normal dış genital yapıya sahip olduğundan hastalık erken bebeklik döneminde fark edilmeyebilir. KAH'lı bireyler çocukluk döneminde hızlı büyür, ancak erişkin dönemde boyları kısa kalır. En sık görülen enzim eksikliği 21-hidroksilaz olup, kızlarda virilizasyon, erkeklerde erken puberte ile ilişkilidir. Bazı olgularda aldosteron eksikliği de eşlik ederek tuz kaybı sendromuna neden olabilir. **USG ile adrenal bezlerde hipertrofi gösterilebilir ancak gland hacimleri normal de olabilir; adrenallerde nodüler-serebriform kontur tanısız özellikler arasında yer alır.**



Resim 5. On dört yaş erkek hastada tiroid sol lobda mikrokalsifikasyon içeren hipoekoik solid nodül ve lateral servikal istasyonlarda mikrokalsifikasyon, solid komponent ve nekroz içeren lezyonlar papiller karsinom ve lenfatik metastazı ile uyumludur.



Resim 6. On dört yaş erkek hastada hiperkalsemi sebebi ile yapılan tetkiklerde sağ inferior paratiroid lojunda hipoekoik ovoid şekilli solid lezyon (ok) izlenmiş olup bulgular paratiroid adenomu ile uyumludur.

Aksesuar Adrenal Doku

Aksesuar adrenal doku, fetal gelişim sırasında adrenal bezden küçük parçaların ayrılmasıyla oluşur ve yenidoğanların yaklaşık yarısında görülür ancak, çoğu durumda zamanla atrofiye uğrayarak erişkinlerde sadece %1 oranında rastlanır [22]. Genellikle adrenal bezin yakınında, çölyak plexusu çevresinde yer alır ancak bazen inen gonadlarla birlikte hareket ederek böbrek korteksi, retroperitoneum, testisler veya overlerde de bulunabilir. Testis içinde görülen adrenal kalıntıları genellikle küçük, çift taraflı ve birden fazla odaklı olup, çoğunlukla erken bebeklik döneminde kendiliğinden gerileme eğilimindedir (Resim 7) [23].

Wolman Hastalığı

Wolman hastalığı, lizozomal asit lipaz eksikliğine bağlı olarak hücre içinde trigliserid ve kolesterol esterlerinin birikmesiyle ortaya çıkan nadir otozomal resesif bir hastalıktır. Hayatın ilk haftalarında belirti vermeye başlar ve hepatosplenomegali, kusma, ishal, steatore ve anemi ile kendini gösterir. USG'de adrenal korteks lipid birikimi nedeniyle büyümüş olsa da bezin genel şekli korunur. Adrenaller yüksek ekojeniteye sahip olup, kalsifikasyonlar nedeniyle akustik gölgelenme gösterir. Bilgisayarlı tomografide (BT) bilateral sürrenalde yoğun kalsifikasyon görülür (Resim 8).

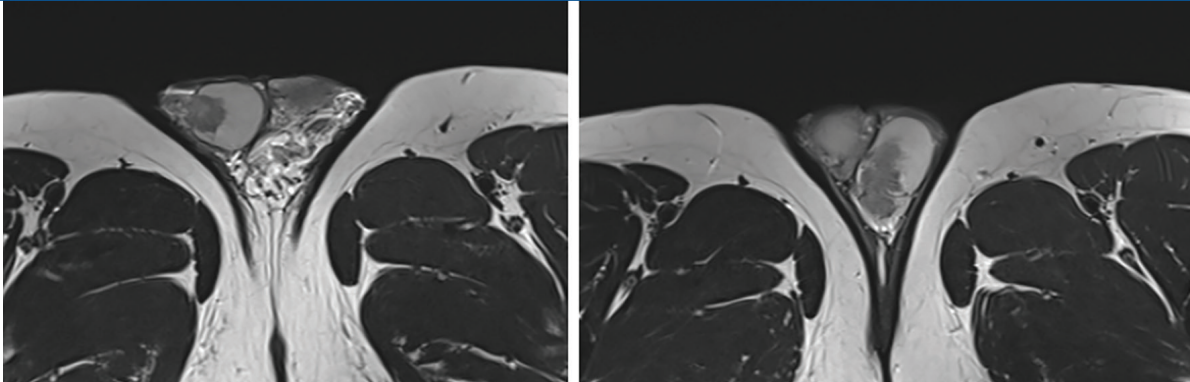
Adrenal Nöroblastom

Nöroblastom (NB), çocukluk çağında en sık görülen ekstrakraniyal solid tümör olup çocukluk çağı kanserlerinin %7-10'unu oluşturur [24]. En sık adrenal bezde yerleşim gösteren NB, adrenal dışı bölgelere kıyasla daha kötü bir prognoza sahiptir [25]. Çoğunlukla sporadik olmakla birlikte nadiren Beckwith-Wiedemann sendromu, DiGeorge sendromu, Hirschsprung hastalığı ve nörofibromatozis tip 1 ile ilişkili olabilir [26]. USG'de heterojen iç yapıya sahip, vasküler bir kitle olarak izlenir ve nekrotik alanlar düşük ekojenite ile ayırt edilebilir; BT'de

ise tümör heterojen yapıda olup olguların büyük kısmında kalsifikasyon izlenir (Resim 9) [27]. NB'nin Wilms tümöründen ayrımı önemlidir. NB'de kalsifikasyon sık görülür (%90) ve tümör, vasküler yapıları sarmasına rağmen invazyon göstermeden aorta vertebral kolondan uzaklaştırılabilir [27]. Genellikle <2 yaş grubunda, kötü sınırlı bir kitle olarak ortaya çıkar, orta hattı geçme eğiliminde olup sıklıkla toraksa uzanır [28]. Kemik metastazları yaygın olup, spinal kanala invazyon gösterebilir ve retroperitoneal lenfadenopati sık izlenir [28]. Wilms tümöründe ise kalsifikasyon nadir görülür (%10-15) ve tümör, çevre dokuları iter ancak aralarına girmez [28]. Daha büyük yaş grubunda (3-4 yaş) ortaya çıkan bu tümör, iyi sınırlıdır ve böbrekte "pençe işareti" (*claw sign*) oluşturur. Inferior vena kava veya renal vene uzanım gösterebilirken, spinal kanala invazyon yapmaz ve retroperitoneal lenfadenopati nadiren görülür [28]. Wilms tümöründe kemik metastazları seyrek olup, akciğer metastazı daha yaygındır ve kanama riski daha yüksektir [28].

Adrenokortikal Kanser

Adrenokortikal karsinom, çocukluk çağı malignitelerinin %1'inden azını oluşturur ve genellikle aşırı hormon üretimine bağlı klinik bulgularla seyreder [29, 30]. Kızlarda virilizasyon, erkeklerde psödupuberte ve bazen Cushing sendromu görülebilirken; hastalar nadiren karın ağrısı veya abdominal kitle ile başvurabilirler. Bimodal dağılım gösteren bu tümör, en sık 5 yaş altı ve 10 yaş üzerindeki çocuklarda izlenir ve kızlarda erkeklere kıyasla daha sık görülür [31]. Adrenokortikal karsinom, Beckwith-Wiedemann sendromu, Li-Fraumeni sendromu, Carney kompleksi, multipl endokrin neoplazi tip 1 ve ailesel adenomatoz polipozis gibi bazı genetik hastalıklarla ilişkili olabilir [32]. Ayırıcı tanıda, adrenal adenom, adrenal hemoraji ve bilinen primer tümörü olan hastalarda adrenal metastazlar da düşünülmelidir. Feokromositoma radyolojik bulgular açısından benzerlik gösterebilir; kesin ayırıcıda histopatoloji, biyokimya ve lezyonun fonksiyonel durumu göz önüne alınır [33].



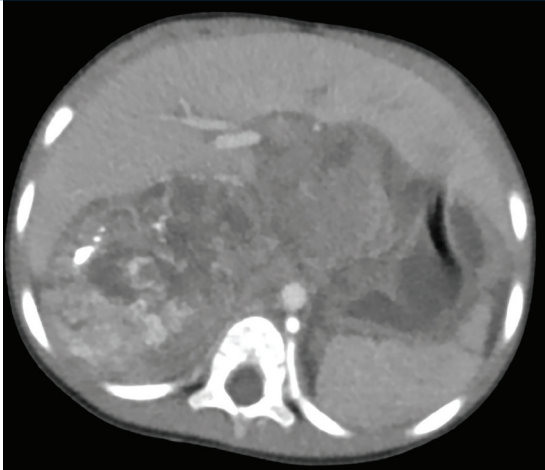
Resim 7. On sekiz yaş erkek olguda skrotal MRG'de aksiyel T2A sekansta bilateral rete testis komşuluğunda adrenal rest doku görülmekte.

MRG, manyetik rezonans görüntüleme.

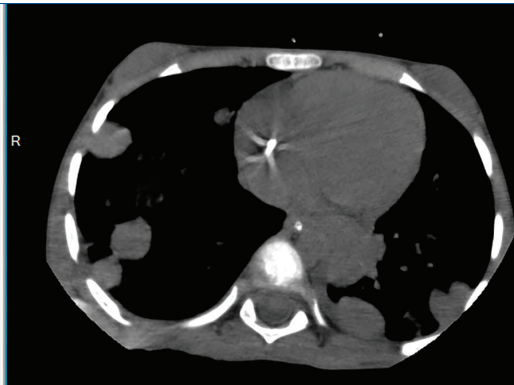
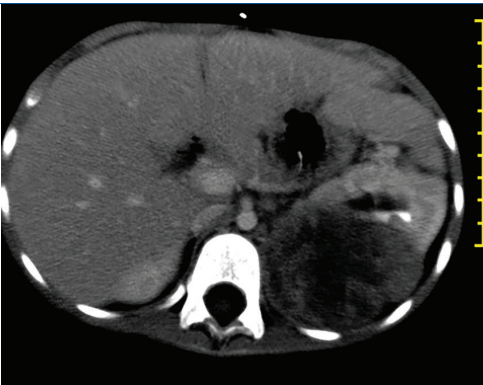


Resim 8. Wolman hastalığı tanılı 16 aylık erkek hastada koronal BT kesitinde bilateral sünrenallerde yoğun kalsifikasyonlar izlenmiştir.

BT, bilgisayarlı tomografi.



Resim 9. İki yaş kız hastada sağ sünrenal lojdan orijinli kalsifikasyon ve nekroz içeren lobüle kontürlü tümör ve eşlik eden paraaortokaval alandaki lenfadenopatiler, lenfatik metastazı ile birlikte noroblastom tanısı almıştır.



Resim 10. Yedi yaş kız hasta virilizasyon şikayeti ile başvurmuş olup tetkiklerinde sol sünrenal orijinli nekroz içeren heterojen kontrastlanan kitlesel lezyon ve akciğer metastazları izlenmektedir. Olgu adrenokortikal karsinom tanısı almıştır.

USG'de sünrenal bölgede iyi sınırlı bir kitle izlenir; küçük lezyonlar homojen, büyük olanlar ise nekroz veya hemorajiye bağlı heterojen görünümde olur. BT'de lezyonlar büyük, düzensiz şekilli, nekroz ve hemoraji içeren heterojen kontrastlanma gösteren kitlelerdir; geç fazda kontrast tutulumunun devam etmesi (washout $<40\%$) tipiktir ve 30% 'a kadar olguda kalsifikasyon izlenebilir (Resim 10) [34]. MR, özellikle BT'nin yetersiz kaldığı durumlarda karaciğer invazyonunu değerlendirmede kullanılır; T2 ağırlıklı sekanslarda yüksek sinyal veren heterojen kitle ve gadolinyum sonrası heterojen kontrastlanma izlenir.

TESTİS

İnmemiş Testis

İnmemiş testis, testisin skrotal keseye ulaşamaması durumu olup tek ya da çift taraflı testis yokluğu ile karakterizedir. En sık inguinal kanalda yerleşim gösterirken, böbrekten inguinal kanala kadar herhangi bir noktada bulunabilir ve bilateral olabilir. Ultrason, inmemiş testisin lokalizasyonunda 45% duyarlılık, 78% özgüllük ve 88% doğruluk oranına sahiptir [35]. USG görüntülemeye inmemiş testis, normal testise kıyasla daha küçük, oval, homojen ve hipoeoik, iyi sınırlı bir yapı olarak izlenir. Değerlendirmeye öncelikle skrotal bölgenin üst kısmından başlanmalıdır. Sonrasında spermatik kord yukarıya doğru takip edilmeli ve kasık, iliak fossa, pelvis ve böbrek seviyesine kadar uzanan batin bölgesi detaylı olarak taranmalıdır. Ancak, USG ile saptanamayan intraabdominal testislerin belirlenmesinde manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yüksek bir duyarlılık oranına sahip olup testisin değerlendirilmesinde BT'nin yerini almıştır [36]. Özellikle diffüzyon ağırlıklı görüntülemenin eklendiği MRG protokolleri ile inmemiş testisin lokalize edilebilirliği gösterilmiştir [37-39]. İnmemiş testiste; testis malignitesi, torsiyon, atrofi gelişme riski ve bireyde infertilite görülme riski yüksektir [40, 41]. Bu nedenle, erken tanı ve doğru lokalizasyon tespiti, uygun yönetim planının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

MİKROLİTİYAZİS

Testiküler mikrolitiazis, her iki testiste çok sayıda küçük kalsifikasyon birikimi ile karakterize bir durum olup USG tanıda ilk tercihtir. **USG'de gölgelenme yapmayan küçük ekojen odaklar izlenir (Resim 11). Bu odaklar genellikle eşit boyutlarda olup çoğunlukla homojen dağılım gösterse de bazı olgularda kümelenmiş, periferik veya segmental dağılımda olabilir.** Tanı kriteri, bir testiste en az beş mikro kalsifikasyonun bulunmasıdır ancak Avrupa Ürogenital Radyoloji Derneği (ESUR), USG'de tek bir kesit alanında en az beş mikro kalsifikasyon olmasını önermektedir [42]. ESUR, inmemiş testis öyküsü, orşiopeksi, testis atrofi (hacmi 12 cc'den küçük), geçirilmiş germ hücreli tümör veya aile öyküsü pozitifliği gibi malignite risk faktörleri bulunan bireylerde 55 yaşına kadar yıllık USG takibi önermektedir [42]. Risk faktörü bulunmayan erkekler aylık testis muayenesi önerilmektedir. Testiküler mikrolitiazis, germ hücreli tümörlü erkeklerin yaklaşık %50'sinde görülse de kanser olmayan bireylerde de mevcuttur ve doğrudan bir ilişki olup olmadığı netlik kazanmamıştır.

LÖSEMİK İNFİLTRASYON

Pediatrik akut lenfoblastik lösemi tanısı konan erkek çocuklarda testis tutulumu %1,1-2,4 oranında görülürken, erişkinlerde oldukça nadirdir [43]. Fizik muayenede testis boyutunda artış, düzensiz şişlik ve sert kıvam testis tutulumunu düşündürülebilir. Doppler USG hem tanıyı doğrulamada hem de hidrosel, varikosel, ekstraparatestiküler kitle veya torsiyon gibi diğer skrotal büyüme nedenlerini ayırt etmede faydalıdır. **Gri skala USG görüntülerinde tek veya iki taraflı testis büyümesiyle birlikte diffüz veya fokal hipoekojenite alanları izlenirken, Doppler incelemede tutulum bölgelerinde artmış vaskülarite gözlenir.**

Adrenal Rest

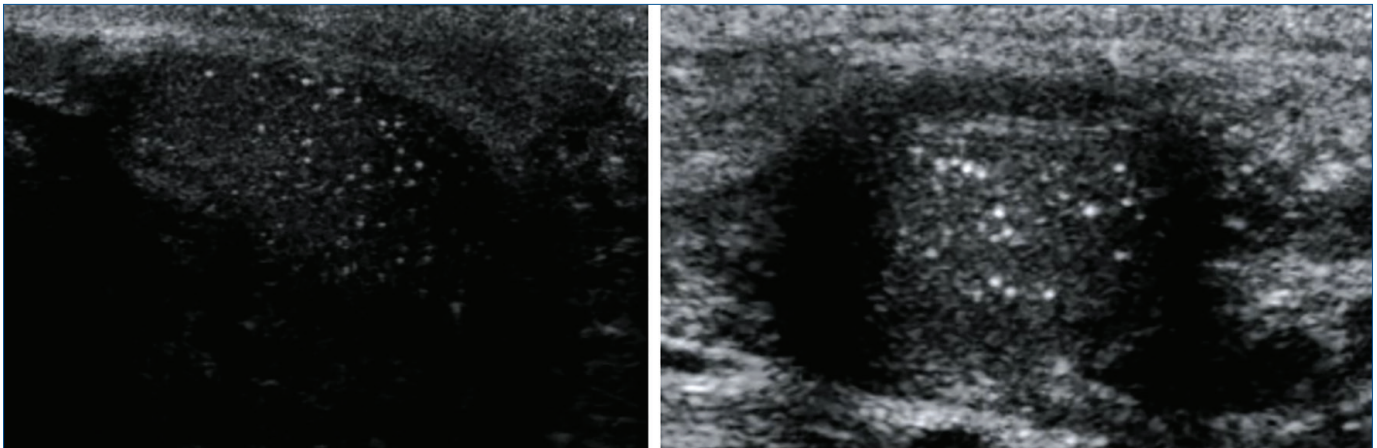
Testiküler adrenal rest dokusu, testis kitlesinin nadir sebeplerinden biridir. Terminoloji olarak testiküler adrenal rest tümörü, testiküler adrenal benzeri doku veya adrenogenital sendromun testiküler tümörü gibi çeşitli isimler tanımlanmaktadır. Genellikle adrenal restler asemptomatik seyretmekle birlikte, bu hücreler yüksek ACTH düzeylerine maruz kaldıklarında büyüyerek kitleler oluşturabilirler. Bu durum çoğunlukla KAH'lı hastalarda, nadiren de Cushing sendromu bulunan olgularda görülmektedir. Görüntülemeye ilk tercih USG'dir. USG bulguları değişkenlik göstermekle beraber, bazı olgularda ağırlıklı olarak hipoekoik kitleler, bazı serilerde ise heterojen hiperekoik yapıda ve gölge veren lezyonlar tarif edilmiştir. **Bu lezyonlar genellikle multipl, bilateral ve testis mediastinumu içinde eksantrik yerleşimlidir. Doppler USG'de vaskülarizasyonları değişkenlik gösterebilir ancak genellikle hipovaskülerdir [44].**

Manyetik rezonans görüntülemeye adrenal rest dokuları, T1 ağırlıklı sekanslarda izointens veya hafif hiperintens sinyal, T2 ağırlıklı sekanslarda hipointens sinyal göstermektedir (Resim 7). Kontrastlı T1 sekanslarında lezyonlarda belirgin **homojen kontrastlanma izlenir.** Bu lezyonların iyi huylu olması nedeniyle doğru tanının konması, gereksiz orşiektominin önüne geçilmesini sağlar. Ayırıcı tanıda testis malignitesi, absesi ve Leydig hücre hiperplazisi düşünülmelidir [45].

OVER

Torsiyon

Over torsiyonu, over ve fallop tüpünün kısmi veya tam dönmesiyle gelişir ve dolaşım bozukluğuna yol açar. İlk olarak



Resim 11. Dokuz yaşında erkek hastada yapılan testis USG'de testiste dağınık yerleşen multipl ekojen odaklar testiküler mikrolitiazis ile uyumludur.

USG, ultrasonografi.

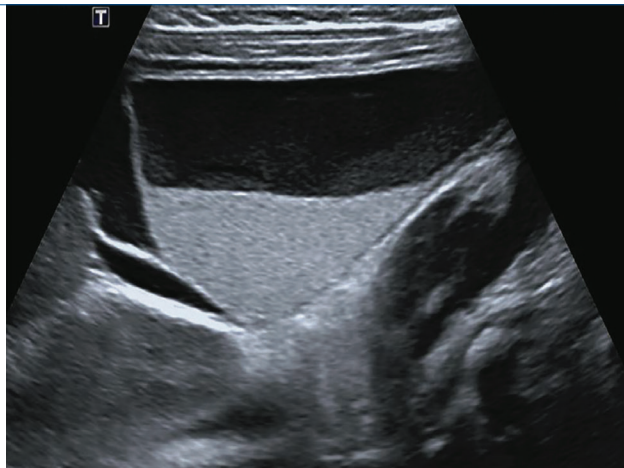
lenfatik drenaj bozulur, ödem gelişir ve over büyür. Venöz tıkanıklık ve hemorajik infarktı arteriyel akımın kesilmesi izler. Torsiyon normal overlerde de görülebilir ancak bir over kisti veya kitle varlığı riski artırır. Neonatal dönemde, over kistleri torsiyona uğrayarak hızla büyüyebilir ve ultrason görüntüsü kompleks hale gelir [46]. **Over kisti içinde sıvı-debris seviyesinin görülmesi, neonatal over torsiyonu için spesifik bir bulgu olup, kist sıvısının hemorajik bileşenlerden ayrışmasıyla oluşur (Resim 12) [47].** Adölesanlarda, torsiyonun en sık USG bulgusu tek taraflı büyümüş overdir. Erken dönemde *over solid* bir görünüm sergileyebilirken, nekroz geliştiğinde heterojen veya anekoik hale gelebilir [48]. **Büyümüş ödemli overde periferik yerleşimli çok sayıda folikül varlığı, adölesanlarda over torsiyonu ile ilişkilendirilen spesifik bir bulgudur.** Tanıda Doppler USG kullanılsa da yeterince güvenilir değildir. Kan akımının olmaması torsiyon için belirleyicidir ancak kan akımının varlığı torsiyonu dışlamaz. Doğru tanı için en önemli kriter, torsiyondan şüphelenilen overin karşı taraftaki over ile boyut açısından karşılaştırılmasıdır.

MRG, over torsiyonunda rutin kullanımda olmayıp, daha çok diğer görüntüleme yöntemlerinde şüpheli veya atipik bulguların netleştirilmesi, anatomik lokalizasyonun belirlenmesi ve spontan detorsiyon sonrası semptomların düzeldiği ya da torsiyonun kompleks adneksiyal kitle ile karıştırıldığı durumlarda tanının doğrulanması amacıyla tercih edilmektedir [49]. Ovaryan torsiyonun MRG bulguları içinde en sık karşılaşılan ancak spesifik olmayan bulgu, büyümüş overdir (>4,0 cm). Over stromasında ödem veya hemoraji gelişmesiyle overin santral bölümünde T2 ağırlıklı sekanslarda yüksek sinyal izlenirken, foliküller periferik yerleşim gösterir. **Over torsiyonuna özgü patognomonik bulgular arasında “whirlpool sign” veya ovaryan vasküler pedikülün rotasyonu bulunur ancak bu bulgu bilgisayarlı tomografi ya da MRG ile görüntülenen hastaların üçte birinden daha azında tespit edilebilmektedir**

[50, 51]. Vasküler pedikülün torsiyonu, özellikle T2 ağırlıklı MRG sekanslarında daha iyi karakterize edilir. **Over stromasının kontrast tutmaması, stromada hemorajik alanların varlığı ve overin 5,0 cm'den büyük olması, torsiyon tanısını güçlendiren ek bulgulardır. Ayrıca torsiyon durumunda over genellikle orta hatta doğru yer değiştirme eğilimindedir. T1 ağırlıklı sekanslarda over içerisinde hiperintens rim şeklinde izlenebilen over hemorajisi, hematosalpinks veya hemoperitoneum şeklinde saptanan hemorajiler de tanıyı önemli ölçüde destekler.** Hemorajinin boyutu ve şiddeti torsiyonun derecesi ve süresiyle ilişkilidir.

Puberte Prekoks

Erken çocukluk döneminde uterus ve over boyutlarındaki artış, hipotalamik-hipofiz-gonadal aksın aktivasyonu ile ortaya çıkan östrojenik etkileri gösterir ve bu durum erken ergenliği düşündürür. **Sekiz yaşından önce meme gelişimi nedeniyle değerlendirilen kız çocuklarında, uterin uzunluğun 3,2 cm'den büyük olması, 3,2 cm veya daha kısa olanlara kıyasla yaklaşık 17 kat daha yüksek erken ergenlik riski taşır [52].** Bu nedenle, erken ergenlik şüphesiyle başvuran çocuklarda, yüksek risk taşıyanları belirlemek için USG önerilir. Fundus-Serviks oranı (FCR) da ergenlik değerlendirmesinde önemli bir göstergedir. **Orta çocukluk döneminde, uterusun fundus ve serviks anteroposterior çapları birbirine yakın olup FCR ≤ 1 olarak ölçülür. Ergenlik başladığında ise hormonal etkilerle fundus genişler ve FCR >1 seviyesine ulaşır [53].** Ancak, 7 yaşından büyük hastalarda FCR'nin farklı erken ergenlik türlerini ayırt etmede güvenilir olmadığı gösterilmiştir [54]. Prekoks puberte değerlendirilmesinde overlerin boyutları ve over kistlerinin özellikleri önem taşımaktadır. Ovaryan ölçümler genellikle volüm olarak bildirilmekte olup folikül sayısı ile büyüklüklerine göre de değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirmede görünür folikül bulunmaması durumunda



Resim 12. Üç aylık kız hastada, antenatal saptanan debris içerikli sağ adneksiyal lojdan başlayan kistik lezyon kronik over torsiyonuna sekonder hemorajik kist ile uyumlu olup sağ overe ait foliküller ayrıca seçilememektedir.

over homojen olarak değerlendirilir. Çapı 4 mm'den küçük en az bir folikül varlığında mikrokistik, 4-9 mm arasında çaplı 6'dan az folikül varlığında pausistik, 4-9 mm çaplı 6'dan fazla folikül varlığında multikistik, 9 mm'den büyük en az bir folikül varlığında makrokistik ve 2 cm'den büyük izole kist varlığında ise majör izole kist olarak değerlendirme yapılır [55]. **Prepubertal kız çocuklarında çapı 1 cm'den küçük küçük tek bölmeli kistler klinik olarak önemsiz kabul edilirken, prekoks puberte ile ilişkili over kistleri genellikle 2 cm'den daha büyük olmaktadır [56]. Ayrıca altı veya daha fazla folikülün yani multikistik overin varlığı, erken telarş ve prekoks pubertede pubertal uyarılarla ilişkili bulunmuştur [57].**

Dermoid Kist

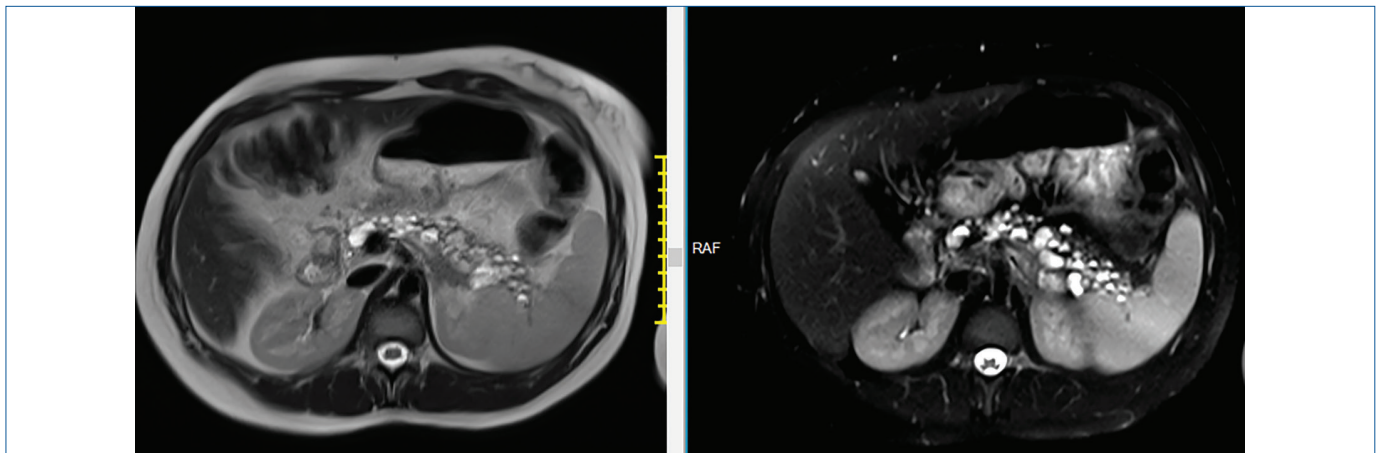
Over dermoid kisti ve matür kistik teratom terimleri sıklıkla eş anlamlı kullanılsa da histolojik olarak farklıdır. Dermoid kistler sadece ektodermal elemanlardan oluşurken, matür kistik teratomlar ektoderm, mezoderm ve endoderm içerir. Matür kistik teratomlar tüm over neoplazmalarının %10-20'sini oluşturur ve 20 yaş altındaki en yaygın over tümörüdür [58]. Dermoid kistler genellikle asemptomatik olup, çoğu tesadüfen saptanır ancak over torsiyonuna yatkınlık yaratarak akut pelvik ağrıya da neden olabilir. **USG tanıda en sık kullanılan yöntem olup, çoğunlukla uniloküle kistik adneksiyal kitle olarak izlenir. Kist içeriğindeki yağ ve kıl nedeniyle posterior akustik gölgelenme, buzdağının ucu (tip of the iceberg) bulgusu, hiperekojen Rokitansky nodülü ve nokta-çizgi (dermoid mesh) paterni gibi karakteristik USG bulguları görülebilir. Kist içindeki sıvı-debris seviyeleri veya intrakistik yüzen bilye bulgusu, daha nadir ancak tanıya özgü özelliklerdendir [59].** Doppler görüntülemeye internal vaskülarite izlenmez, ancak mevcutsa malignite açısından kontrastlı yağ baskılı pelvik MRG ile ek değerlendirme gerekir. BT, tanıda yüksek duyarlılığa sahiptir ancak iyonizan radyasyon nedeniyle rutin olarak önerilmez. Düşük Hounsfield değerleri ile yağ içeriği, yağ-sıvı seviyeleri, kalsifikasyonlar (diş benzeri

yapılar) ve Rokitansky nodülü tipik bulgular arasında yer alır. **Kistin 10 cm'den büyük olması, düzensiz yumuşak doku alanları veya karnabahar benzeri çıkıntılar içermesi malign dönüşüm şüphesi doğurur.** Kist rüptüre olduğunda, yayılan yağ içeriği genellikle sağ hemidiyafram altında hipodens sıvı olarak görülür ve kimyasal peritonite yol açabilir. MRG, zor olgularda tercih edilir, yağ bileşenlerini yüksek hassasiyetle gösterir. Yağ baskılama teknikleri ve kimyasal kayma artefaktı ile yağ varlığı doğrulanabilir. Kontrast tutulumu, malign değişimlerin saptanmasında ve lokal evrelemede önemli bir rol oynar. Komplikasyonlar arasında en sık görüleni over torsiyonu olup, bunu rüptür, malign transformasyon (özellikle endodermal sinüs tümörü), ve enfeksiyon izler. Struma ovarii içeren olgularda hipertiroidizm, nadiren karsinoid sendrom, paraneoplastik limbik ensefalit ve gliomatozis peritonei gibi durumlar gelişebilir. Ayırıcı tanıda hemorajik over kisti, endometrioma (yağ baskılanmasına dirençli yüksek T1 sinyali), uterus kaynaklı pedinküllü lipoleiomyom, immatür teratom ve over seröz/müsinöz kistadenom/kistadenokarsinom yer alır. Yağ içeriği bulunmayan kitleler malignite açısından dikkatle değerlendirilmelidir.

PANKREAS

Kistik Fibrozis

Kistik fibroziste en sık tutulan abdominal organ pankreas olup hastaların çoğunda pankreas dokusu zamanla fibrozis ve yağ ile yer değiştirir. En sık bulgu yağlı değişiklik olup durum total lipomatozise ilerleyebilir. Kalsifikasyon, mikroskobik kistler, kistozis ve kanal darlığı izlenebilir. Pankreatik kistozis, kistik fibrozisin pankreastaki çeşitli bulgularından biri olup pankreas parankimi içinde farklı boyutlarda makrokistlerle karakterizedir. Bu kistler; USG'de genellikle uniloküle, BT'de kontrastlanmayan, düşük dansiteli, T2 ağırlıklı MRG'de ise ince duvarlı, hiperintens kistler olarak izlenir (Resim 13).



Resim 13. On dört yaş kız hasta kistik fibrozis zemininde gelişen tekrarlayan pankreatitlere sekonder pankreasta atrofi ve milimetrik kistik dilatasyonlar izlenmektedir.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

- Paul van Trotsenburg AS, Vulsma T. Thyroid disease in newborns, infants, and children. In: *Oxford Textbook of Endocrinology and Diabetes*. 2011; 557-71. [CrossRef]
- Ogawa E, Kojima-Ishii K, Fujiwara I. Ultrasound appearance of thyroid tissue in hypothyroid infants. *J Pediatr*. 2008; 153: 101-4. [CrossRef]
- Marinovic D, Garel C, Czernichow P, Léger J. Ultrasonographic assessment of the ectopic thyroid tissue in children with congenital hypothyroidism. *Pediatr Radiol*. 2004; 34: 109-13. [CrossRef]
- Chang YW, Lee DH, Hong YH, Hong HS, Choi DL, Seo DY. Congenital hypothyroidism: analysis of discordant US and scintigraphic findings. *Radiology*. 2011; 258: 872-9. [CrossRef]
- Castanet M, Polak M, Bonaïti-Pellié C, Lyonnet S, Czernichow P, Léger J, et al. Nineteen years of national screening for congenital hypothyroidism: familial cases with thyroid dysgenesis suggest the involvement of genetic factors. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001; 86: 2009-14. [CrossRef]
- Pierro A, Cilla S, Modugno P, Sallustio G. Incidental finding of dual ectopic thyroid on computed tomography angiography. *J Clin Imaging Sci*. 2017; 7: 30. [CrossRef]
- Toso A, Colombani F, Averono G, Aluffi P, Pia F. Lingual thyroid causing dysphagia and dyspnoea. Case reports and review of the literature. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2009; 29: 213-7. [CrossRef]
- Policeni BA, Smoker WR, Reede DL. Anatomy and embryology of the thyroid and parathyroid glands. *Semin Ultrasound CT MR*. 2012; 33: 104-14. [CrossRef]
- Damle NA, Bal C, Sahoo M, Jain T, Mishra A. 'Hockey stick' sign on 99m technetium pertechnetate thyroid scan. *Indian J Endocrinol Metab*. 2012; 16: 1056. [CrossRef]
- Tritou I, Vakaki M, Sfakiotaki R, Kalaitzaki K, Raissaki M. Pediatric thyroid ultrasound: a radiologist's checklist. *Pediatr Radiol*. 2020; 50: 563-74. [CrossRef]
- Ruchała M, Szczepanek E, Sowiński J. Diagnostic value of radionuclide scanning and ultrasonography in thyroid developmental anomaly imaging. *Nucl Med Rev Cent East Eur*. 2011; 14: 21-8. [CrossRef]
- Karakoc-Aydiner E, Turan S, Akpınar I, Dede F, Isgüven P, Adal E, et al. Pitfalls in the diagnosis of thyroid dysgenesis by thyroid ultrasonography and scintigraphy. *Eur J Endocrinol*. 2012; 166: 43-8. [CrossRef]
- Hong HS, Lee EH, Jeong SH, Park J, Lee H. Ultrasonography of various thyroid diseases in children and adolescents: a pictorial essay. *Korean J Radiol*. 2015; 16: 419-29. [CrossRef]
- Williams JL, Paul DL, Bisset G 3rd. Thyroid disease in children: part 1: State-of-the-art imaging in pediatric hypothyroidism. *Pediatr Radiol*. 2013; 43: 1244-53. [CrossRef]
- Goldis M, Waldman L, Marginean O, Rosenberg HK, Rapaport R. Thyroid imaging in infants. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2016; 45: 255-66. [CrossRef]
- Sadler TW. Langman's medical embryology. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2018. [CrossRef]
- Hsieh YY, Hsueh S, Hsueh C, Lin JN, Luo CC, Lai JY, et al. Pathological analysis of congenital cervical cysts in children: 20 years of experience at Chang Gung Memorial Hospital. *Chang Gung Med J*. 2003; 26: 107-13. [CrossRef]
- Chu WC, Metreweli C. Ectopic thymic tissue in the paediatric age group. *Acta Radiol*. 2002; 43: 144-6. [CrossRef]
- Li CC, Yang C, Wang S, Zhang J, Kong XR, Ouyang J. A 10-year retrospective study of primary hyperparathyroidism in children. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2012; 120: 229-33. [CrossRef]
- Durkin ET, Nichol PF, Lund DP, Chen H, Sippel RS. What is the optimal treatment for children with primary hyperparathyroidism? *J Pediatr Surg*. 2010; 45: 1142-6. [CrossRef]
- Roizen J, Levine MA. Primary hyperparathyroidism in children and adolescents. *J Chin Med Assoc*. 2012; 75: 425-34. [CrossRef]
- Souverijns G, Peene P, Keuleers H, Vanbockrijck M. Ectopic localisation of adrenal cortex. *Eur Radiol*. 2000; 10: 1165-8. [CrossRef]
- Kim HK, Crotty E. Bilateral testicular adrenal rests in a boy with congenital adrenal hyperplasia. *Pediatr Radiol*. 2010; 40 Suppl 1: S25. [CrossRef]
- Gurney JG, Ross JA, Wall DA, Bleyer WA, Severson RK, Robison LL. Infant cancer in the U.S.: histology-specific incidence and trends, 1973 to 1992. *J Pediatr Hematol Oncol*. 1997; 19: 428-32. [CrossRef]
- Vo KT, Matthay KK, Neuhaus J, London WB, Hero B, Ambros PF, et al. Clinical, biologic, and prognostic differences on the basis of primary tumor site in neuroblastoma: a report from the international neuroblastoma risk group project. *J Clin Oncol*. 2014; 32: 3169-76. [CrossRef]
- Woodward PJ, Sohaey R, Kennedy A, Koeller KK. From the archives of the AFIP: a comprehensive review of fetal tumors with pathologic correlation. *Radiographics*. 2005; 25: 215-42. [CrossRef]
- Lonergan GJ, Schwab CM, Suarez ES, Carlson CL. Neuroblastoma, ganglioneuroblastoma, and ganglioneuroma: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics*. 2002; 22: 911-34. [CrossRef]
- Dickson PV, Sims TL, Streck CJ, McCarville MB, Santana VM, McGregor LM, et al. Avoiding misdiagnosing neuroblastoma as Wilms tumor. *J Pediatr Surg*. 2008; 43: 1159-63. [CrossRef]
- Siegel MJ. MR imaging of pediatric abdominal neoplasms. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2000; 8: 837-51. [CrossRef]
- Özcan HN, Tan AA, Ardıçlı B, Oguz B, Ekinci S, Kutluk T, et al. Imaging findings of primary adrenal tumors in pediatric patients. *Diagn Interv Radiol*. 2021; 27: 811-5. [CrossRef]
- Lalli E, Figueiredo BC. Pediatric adrenocortical tumors: what they can tell us on adrenal development and comparison with adult adrenal tumors. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2015; 6: 23. [CrossRef]
- Else T, Kim AC, Sabolch A, Raymond VM, Kandathil A, Caoili EM, et al. Adrenocortical carcinoma. *Endocr Rev*. 2014; 35: 282-326. [CrossRef]
- Mayo-Smith WW, Boland GW, Noto RB, Lee MJ. State-of-the-art adrenal imaging. *Radiographics*. 2001; 21: 995-1012. [CrossRef]
- Slattery JM, Blake MA, Kalra MK, Misdraji J, Sweeney AT, Copeland PM, et al. Adrenocortical carcinoma: contrast washout characteristics on CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2006; 187: W21-4. [CrossRef]
- Adesanya OA, Ademuyiwa AO, Evbuomwan O, Adeyomoye AA, Bode CO. Preoperative localization of undescended testes in children: comparison of clinical examination and ultrasonography. *J Pediatr Urol*. 2014; 10: 237-40. [CrossRef]
- Kantarci M, Doganay S, Yalcin A, Aksoy Y, Yilmaz-Cankaya B, Salman B. Diagnostic performance of diffusion-weighted MRI in the detection of nonpalpable undescended testes: comparison with conventional MRI and surgical findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2010; 195: W268-73. [CrossRef]
- Naz N, Walid A, Rahim A, Lajpat K. Utility of diffusion weighted magnetic resonance imaging to detect non-palpable undescended testis. *Pak J Med Sci*. 2024; 40: 2069-73. [CrossRef]
- Emad-Eldin S, Abo-Elnagaa N, Hanna SA, Abdel-Satar AH. The diagnostic utility of combined diffusion-weighted imaging and conventional magnetic resonance imaging for detection and localization of non

- palpable undescended testes. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2016; 60: 344-51. [\[CrossRef\]](#)
39. Mohammed NEA, Badwey ME, Nagla SA, Dawoud RM. Diffusion-weighted imaging and conventional magnetic resonance imaging for detection of non-palpable undescended testis. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2022; 53: 169. [\[CrossRef\]](#)
40. Sinisi AA, Pasquali D, Papparella A, Valente A, Orio F, Esposito D, et al. Antisperm antibodies in cryptorchidism before and after surgery. *J Urol.* 1998; 160: 1834-7. [\[CrossRef\]](#)
41. Braga LH, Lorenzo AJ, Romao RLP. Canadian Urological Association-Pediatric Urologists of Canada (CUA-PUC) guideline for the diagnosis, management, and followup of cryptorchidism. *Can Urol Assoc J.* 2017; 11: E251-60. [\[CrossRef\]](#)
42. Richenberg J, Belfield J, Ramchandani P, Rocher L, Freeman S, Tsili AC, et al. Testicular microlithiasis imaging and follow-up: guidelines of the ESUR scrotal imaging subcommittee. *Eur Radiol.* 2015; 25: 323-30. [\[CrossRef\]](#)
43. Sirvent N, Suci S, Bertrand Y, Uyttebroeck A, Lescoeur B, Otten J. Overt testicular disease (OTD) at diagnosis is not associated with a poor prognosis in childhood acute lymphoblastic leukemia: results of the EORTC CLG Study 58881. *Pediatr Blood Cancer.* 2007; 49: 344-8. [\[CrossRef\]](#)
44. Yılmaz R, Şahin D, Aghayev A, Erol OB, Poyrazoğlu Ş, Saka N, et al. Sonography and magnetic resonance imaging characteristics of testicular adrenal rest tumors. *Pol J Radiol.* 2017; 82: 583-8. [\[CrossRef\]](#)
45. Engels M, Span PN, van Herwaarden AE, Sweep FCGJ, Stikkelbroeck NMML, Claahsen-van der Grinten HL. Testicular adrenal rest tumors: current insights on prevalence, characteristics, origin, and treatment. *Endocr Rev.* 2019; 40: 973-87. [\[CrossRef\]](#)
46. Bascietto F, Liberati M, Marrone L, Khalil A, Pagani G, Gustapane S, et al. Outcome of fetal ovarian cysts diagnosed on prenatal ultrasound examination: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2017; 50: 20-31. [\[CrossRef\]](#)
47. Kiechl-Kohlendorfer U, Maurer K, Unsinn KM, Gassner I. Fluid-debris level in follicular cysts: a pathognomonic sign of ovarian torsion. *Pediatr Radiol.* 2006; 36: 4215. [\[CrossRef\]](#)
48. Servaes S, Zurakowski D, Laufer MR, Feins N, Chow JS. Sonographic findings of ovarian torsion in children. *Pediatr Radiol.* 2007; 37: 446-51. [\[CrossRef\]](#)
49. Dawood MT, Naik M, Bharwani N, Sudderruddin SA, Rockall AG, Stewart VR. Adnexal torsion: review of radiologic appearances. *Radiographics.* 2021; 41: 609-24. [\[CrossRef\]](#)
50. Singh T, Prabhakar N, Singla V, Bagga R, Khandelwal N. Spectrum of magnetic resonance imaging findings in ovarian torsion. *Pol J Radiol.* 2018; 83: e588-99. [\[CrossRef\]](#)
51. Rha SE, Byun JY, Jung SE, Jung JJ, Choi BG, Kim BS, et al. CT and MR imaging features of adnexal torsion. *Radiographics.* 2002; 22: 283-94. [\[CrossRef\]](#)
52. Nguyen NN, Huynh LBP, Do MD, Yang TY, Tsai MC, Chen YC. Diagnostic accuracy of female pelvic ultrasonography in differentiating precocious puberty from premature thelarche: a systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2021; 12: 735875. [\[CrossRef\]](#)
53. Binay C, Simsek E, Bal C. The correlation between GnRH stimulation testing and obstetric ultrasonographic parameters in precocious puberty. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2014; 27: 1193-9. [\[CrossRef\]](#)
54. Herter LD, Golendziner E, Flores JA, Becker E Jr, Spritzer PM. Ovarian and uterine sonography in healthy girls between 1 and 13 years old: correlation of findings with age and pubertal status. *AJR Am J Roentgenol.* 2002; 178: 1531-6. [\[CrossRef\]](#)
55. Smets AM, Sofia C, Bruno C, Ključevšek D, Lobo ML, Napolitano M, et al. Abdominal imaging in precocious puberty in girls: can imaging determine onset of puberty? *Pediatr Radiol.* 2025; 55: 660-73. [\[CrossRef\]](#)
56. Millar DM, Blake JM, Stringer DA, Hara H, Babiak C. Prepubertal ovarian cyst formation: 5 years' experience. *Obstet Gynecol.* 1993; 81: 434-8. [\[CrossRef\]](#)
57. Herter LD, Golendziner E, Flores JA, Moretto M, Di Domenico K, Becker E Jr, et al. Ovarian and uterine findings in pelvic sonography: comparison between prepubertal girls, girls with isolated thelarche, and girls with central precocious puberty. *J Ultrasound Med.* 2002; 21: 1237-46. [\[CrossRef\]](#)
58. Park SB, Kim JK, Kim KR, Cho KS. Imaging findings of complications and unusual manifestations of ovarian teratomas. *Radiographics.* 2008; 28: 969-83. [\[CrossRef\]](#)
59. Gürel H, Gürel SA. Ovarian cystic teratoma with a pathognomonic appearance of multiple floating balls: a case report and investigation of common characteristics of the cases in the literature. *Fertil Steril.* 2008; 90: 2008.e17-9. [\[CrossRef\]](#)

1. Aşağıdakilerden hangisi konjenital hipotiroidi olgularında ultrasonografi bulguları ile ilgili olarak yanlıştır?
 - a. Tiroid disgenezisinde bez tamamen yok olabilir, ektopik yerleşimli ya da hipoplastik olabilir.
 - b. Dishormonogenezde tiroid bezi normal veya büyük olabilir, ekojenite azalır, vaskülarite artışı görülebilir.
 - c. Uzun süreli tedavi görmüş çocuklarda ektopik tiroid dokusu ultrasonografide hiperekojen ve hipervasküler görünür.
 - d. Ultrasonografi ile ektopik tiroid dokusunun değerlendirilmesinde tiroglossal yol boyunca detaylı inceleme yapılmalıdır.
 - e. Tiroid lojundaki bağ dokusu veya ultimobrankial kalıntılar hipoplazik tiroid ile karıştırılabilir.
2. Aşağıdaki ifadelerden hangisi adrenal bez patolojilerinin görüntüleme bulguları açısından yanlıştır?
 - a. Wolman hastalığında adrenal bezler ultrasonografide genişlemiş, yüksek ekojenitede ve kalsifikasyonlara bağlı akustik gölgelenme gösterir.
 - b. Aksesuar adrenal doku yenidoğanlarda sıktır ancak erişkinlerde nadiren kalıcıdır.
 - c. Konjenital adrenal hiperplazide adrenal bezler serebriform-nodüler kontur özelliği gösterebilir.
 - d. Aksesuar adrenal doku testis içinde bilateral ve küçük nodüller halinde izlenip zamanla küçülebilir.
 - e. Konjenital adrenal hiperplazide adrenal bezler her zaman belirgin hipertrofik ve normal boyutta izlenmez.
3. Aşağıdaki testis patolojilerinin ultrasonografi bulgularıyla ilgili ifadelerden hangisi yanlıştır?
 - a. İnmemiş testis genellikle inguinal kanal seviyesinde yerleşim gösterir ve ultrasonografide normal testise göre daha küçük, oval ve hipoeoik yapıdadır.
 - b. Testiküler mikrolitiazis tanısı için genellikle bir testiste en az beş adet küçük ekojen odak izlenmelidir ve bunlar akustik gölge vermez.
 - c. Lösemik infiltrasyon, testiste diffüz veya fokal hipoeoik alanlarla karakterize olup Doppler ultrasonografide tutulan bölgede artmış vaskülarite ile ilişkilidir.
 - d. Testiküler adrenal rest dokuları çoğunlukla unilateral, tek lezyon şeklinde olup Doppler ultrasonografide hipervasküler görünür.
 - e. İnmemiş testis ultrasonografide görüntülenemediğinde, lokalizasyon belirlemek için difüzyon ağırlıklı MRG protokolü kullanılabilir.
4. Aşağıdaki görüntüleme bulgularından hangisi over torsiyonunda beklenmez?
 - a. Büyümüş over içinde periferik yerleşimli çok sayıda folikül.
 - b. Ovaryan stromada heterojen veya anekoik görünüm.
 - c. Overin orta hatta doğru yer değiştirmesi.
 - d. "Whirlpool sign" olarak tanımlanan dönmüş ovarian vasküler pedikül görüntüsü.
 - e. Geç dönemde stromada artmış homojen kontrastlanma.
5. Prekoks puberte şüphesiyle değerlendirilen kız çocuklarında ultrasonografik bulgular ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
 - a. Fundus-serviks oranının (FCR) ≤ 1 olması pubertal aktivasyonu gösterir.
 - b. Uterusun uzunluğunun 3,2 cm'den küçük olması erken ergenlik riskini artırır.
 - c. Çapı 1 cm'den küçük tek bölmeli over kistleri klinik olarak prekoks puberte ile ilişkilidir.
 - d. Overde 4 mm'den küçük en az bir folikül varlığı, overin multikistik olduğunu gösterir.
 - e. Multikistik over (≥ 6 folikül) varlığı puberte prekoks ile ilişkilidir.

Endokrin Hastalıkların Tanı ve Tedavisinde Radyolojik Girişimler

Interventional Radiology in Diagnosis and Treatment of Endocrine Diseases

Ömer Faruk Topaloğlu¹, Onur Taydaş²

¹Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

²Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

ÖZ

Endokrinolojik hormonal bozukluklarda ve endokrin bezlerdeki lezyonlarda tanı ve tedavide girişimsel radyolojinin rolü giderek artmaktadır. Hormonal patolojilerin tespitinde rutin testlerin yetersiz kaldığı durumlarda venöz örnekleme yöntemleri faydalı olabilir. Endokrin bezlerdeki lezyonların tanısında görüntüleme yöntemlerine ek olarak perkütan biyopsiler temel yer tutmaktadır. Uygun hasta gruplarında son yıllarda minimal invaziv yöntemlere olan ilgi ile birçok endokrin bez lezyonu için ablasyon yöntemleri tedavide önemli bir seçenek haline gelmiştir. Bu derlemenin amacı, endokrin hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılan yöntemleri özetlemektir.

Anahtar Kelimeler: Venöz örnekleme, biyopsi, ablasyon, embolizasyon

ABSTRACT

The role of interventional radiology in the diagnosis and treatment of endocrinological hormonal disorders and lesions in endocrine glands is increasing. Venous sampling methods may be helpful in cases where routine tests are insufficient to detect hormonal pathologies. In addition to imaging methods, percutaneous biopsies are essential in diagnosing lesions in endocrine glands. With the interest in minimally invasive methods in appropriate patient groups in recent years, ablation methods have become an important option in the treatment of many endocrine gland lesions. This review aims to summarize the methods used to diagnose and treat endocrine diseases.

Keywords: Venous sampling, biopsy, ablation, embolization

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Hipofiz ve adrenal bezde ayırıcı tanı için önemli olan venöz örneklemeler hakkında bilgi sahibi olmak.
- Endokrin organların görüntüleme eşliğinde biyopsileri hakkında bilgi sahibi olmak.
- Endokrin organlarda görülen hastalıklarda kullanılan başta ablasyon ve embolizasyon olmak üzere girişimsel radyolojik tedaviler konusunda bilgi sahibi olmak.

GİRİŞ

Güncel tüm tıbbi alanlarda tanıdan tedaviye geniş bir yer tutan girişimsel radyoloji uygulamaları, endokrinolojik hastalıkların tanı ve tedavisinde de giderek artan öneme sahip olmaktadır. Parankim-lezyon biyopsileri ve spesifik intravasküler örneklemeler patolojilerin tanısında önemli yer tutarken, farklı

ablasyon ve embolizasyon yöntemleri ile de tedavide alternatif girişimsel yaklaşımlar sunulabilmektedir [1].

VENÖZ ÖRNEKLEME

Endokrinopatiler, genellikle hormon üretim kaskadındaki bozukluktan kaynaklanan heterojen bir hastalık grubudur.



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Onur Taydaş, Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

E-posta: taydasonur@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-9881-7240

Geliş Tarihi/Received: 23.05.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.08.2025 **Epub:** 15.10.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Topaloğlu ÖF, Taydaş O. Interventional radiology in diagnosis and treatment of endocrine diseases. *Trd Sem.* 2025;13(3):441-449



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.
Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Klinik öykü, laboratuvar testleri ve invaziv olmayan görüntüleme yöntemleri, hormon bozukluğunun kaynağının güvenilir bir şekilde tespitinde yeterli olmadığında, endokrin venöz örnekleme, sonraki tedaviye rehberlik etmek için faydalı olabilir. Endokrin venöz örnekleme, belli bir hormonda göreceli yükselme gösteren hastalığı ilgili organa lokalize ederek cerrahiye rehberlik edilebileceği ilkesine dayanır. Görüntüleme yöntemlerindeki gelişmeler nedeniyle venöz örnekleme için ihtiyaç ve ilgi giderek azalmıştır. Buna rağmen görüntüleme yöntemleri, klinik bilgi ve laboratuvar testlerinin yeterli olmadığı durumlarda gerçekleştirilen cerrahilerde başarısızlık oranları yüksek olabilmektedir. Bu olgularda, venöz örnekleme tedaviyi yönlendirmedeki etkinliğini korumaktadır [2, 3].

İNFERİOR PETROSAL SİNÜS ÖRNEKLEME

Cushing sendromu (CS), olguların çoğunluğunun ekzojen glukokortikoid kullanımından kaynaklandığı, artmış glukokortikoid seviyeleriyle karakterize bir hastalıktır. Ancak bunlar dışlandığında, aşırı endojen kortizol seviyeleri hipotalamo-hipofiz-adrenal aks işlev bozukluğundan kaynaklanır [4]. Endojen nedenler arasında, adrenokortikotropik hormona (ACTH) bağlı durumlar baskındır, bunlara hipofiz hastalığı (%85) ve ektoptik sekresyon (%15) dahildir. Hipofiz aşırı sekresyonundan kaynaklanan CS'ye Cushing hastalığı denir ve bu olguların çoğu ACTH salgılayan hipofiz adenomlarından kaynaklanır [5-7]. Cushing hastalığını ektoptik bir kaynaktan ayırt etmek için birçok dinamik test tasarlanmıştır ancak hemen hemen hepsinin duyarlılığı ve özgüllüğü nispeten sınırlıdır [4]. Görüntüleme için hipofiz manyetik rezonans (MR) görüntüleme kullanılır. Ancak MR görüntülemesinde yanlış negatiflik oranı %40'lara kadar çıkmaktadır. Ek olarak, sağlıklı bireylerin %10'una kadarında MR görüntülemesinde non-fonksiyone insidentaloma saptanabilmektedir [3, 8]. **Tanımlanan bu kısıtlamalar sebebiyle bilateral inferior petrosal sinüs (IPS) örnekleme Cushing hastalığının ACTH'ye bağlı alt tiplerinin ayırıcı tanısı için hala altın standart olup, yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahiptir [9].**

Teknik

Bilateral femoral ven erişimi 5-6 F kılıflar ile elde edilir. Heparinizasyon sonrası bilateral internal juguler vene 4-5 F açılı kateter (multipurpose, cobra) ilerletilir ve daha sonra mikrokater bilateral IPS'lere yerleştirilir. Kontrast enjeksiyonu sırasında kontralateral petrosal sinüse çapraz akışın gösterilmesiyle iyi kateter pozisyonu doğrulanır. Bazal 5 mL kan örnekleri, kortikotropin salgılatıcı hormon uyarısından 5 dakika ve 1 dakika önce her iki taraflı IPS'den ve periferik lokasyondan eş zamanlı olarak alınır. Eş zamanlı iki taraflı periferik ve IPS örnekleri, uyarıdan 2, 5 ve 10 dakika sonra tekrar alınır. Santral-periferik ACTH değerlerinin oranının 2'den büyük olması Cushing hastalığına güçlü bir şekilde işaret eder [3, 10].

ADRENAL VENÖZ ÖRNEKLEME

Hiperaldosteronizm tanısında çeşitli hormonal testler ve görüntüleme yöntemleri kullanılsa da bu yöntemlerin bir nodülün hormonal aktivitesini karakterize etme yeteneği sınırlıdır. Ameliyatın endike olduğu hastalarda, adenom veya primer adrenal hiperplazinin, bilateral adrenal hiperplaziden ayırt edilmesi hayati önem taşır. Sadece görüntüleme temelinde hiperaldosteronizm için cerrahi müdahale yüksek oranda yanlış taraflı adrenalectomiye yol açabilir [3, 11]. **Adrenal venöz örnekleme, uygunsuz aldosteron üretiminin lateralize edici adrenal kaynağını belirlemede özellikle preoperatif dönemde altın standart olarak kabul edilen yöntemdir [2].** Teknik başarı oranı %90'ın üzerindedir. Sağ adrenal ven normalde doğrudan inferior vena kavaya (İVK) açılırken %10 oranında renal, frenik veya hepatik vene drene olabilir, sol adrenal ven ise frenikoadrenal trunka boşalır. Hormon salgılanmasındaki epizodik varyasyon için 5 dakikalık aralıklarla bir dizi örnek alınmalıdır ve ACTH stimülasyonu aldosteronoma ile bilateral adrenal hiperplazi arasındaki ayrımı yapmada yardımcı olabilir. Hastalara işlemden 4-6 hafta önce antimineralokortikoid tedavisine ara vermeleri söylenmelidir; alfa1-adrenerjik reseptör blokerleri ve bazı kalsiyum kanal blokerleri tercih edilebilir alternatiflerdir [1, 12].

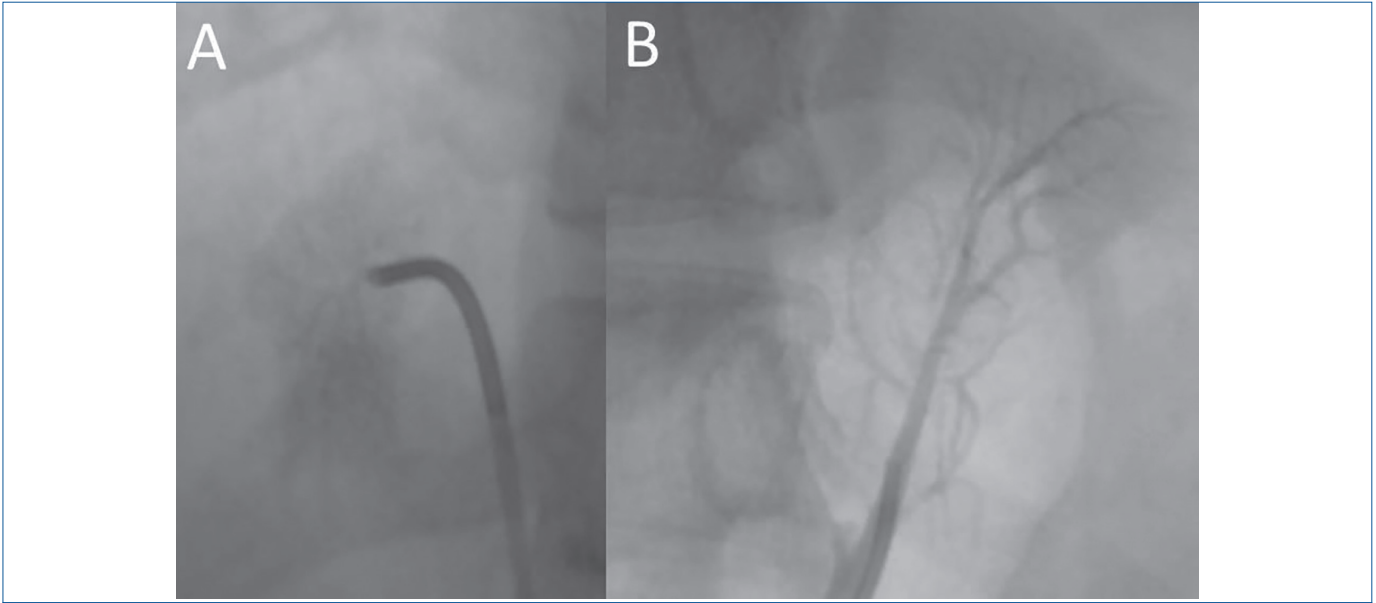
Teknik

Ana femoral vene 5-6 F vasküler kılıf yerleştirilir ve heparinizasyondan sonra açılı kateterler yardımıyla (Cobra, Mikaelsson ve Simmons 1-2 vb.) sağ adrenal ven İVK'nın sağ posterolateralinde drene olduğu yerde aranır ve kateterizasyon sonrası karakterize etmek için az basınçlı bir venogram alınır. Adrenal venin üçgen yıldız biçimli dolumu, küçük hepatik venlerin kateterizasyonundan kaynaklanan hepatik parankim boyanmasından ayırt edilmelidir (Resim 1). Benzer açılı kateterlerle sol renal ven ve ardından adrenal ven kateterizasyonu, sağa göre görece daha kolaydır [13]. Her bir lokasyondan (periferik vasküler kılıftan, İVK'dan, sağ ve sol adrenal venden) alınan kan örnekleri laboratuvara iletilir. Her adrenal vendeki aldosteron/kortizol (A/K) oranı İVK'daki A/K oranından yüksekse bilateral adrenal hiperplazi tanısı konur. Unilateral adenom veya primer adrenal hiperplaziyi teşhis etmek için, etkilenen taraftaki vende kontralateral vene göre üç-dört kat daha yüksek bir A/K oranı ve/veya kontralateral tarafta baskılanmış bir A/K oranı olması gerekir. Baskılanmış A/K oranı, İVK'daki A/K oranından daha düşük bir A/K oranı olarak tanımlanır [2, 3].

GLANDÜLER TANI VE TEDAVİ YÖNTEMLERİ

Tiroid Bezi

İnce iğne aspirasyon biyopsisi (İİAB), perkütan doku tanısı elde etmek için kullanılan primer teknik olup nodüller için altın



Resim 1. Elli üç yaşında erkek hasta, hiperaldosteronizm nedeniyle tarafımıza yönlendirildi. Sağ (A) ve sol (B) adrenal venler ayrı ayrı kateterize edilerek adrenal venöz örnekleme yapıldı.

standart yöntemdir. İİAB, hasta sırtüstü pozisyonda ve boyun hiperekstansiyonda iken yapılır. Boynun alkol veya betadin ile temizlenmesinin ardından lokal anestezi uygulanır. İşlem sırasında, genellikle 10 cc'lik bir şırıngaya bağlı 21-27 gauge çapındaki iğneler kullanılır. Ultrasonografi (USG) rehberliğinde hedef nodüle ulaşıldıktan sonra, iğne ucu negatif aspirasyon uygulanırken ileri geri hareket ettirilir ve hücre çekilir. Alınan materyal fikse edildikten sonra patoloji laboratuvarına transfer edilir. Kalın iğne biyopsisi (KİB), şüpheli USG bulguları ve negatif İİAB sonuçları olan nodüllerin tanısında kullanılabilen başka bir yöntemdir. İİAB, olguların yaklaşık %30'unda tanısız olmayan veya belirsiz sitoloji sonuçları (Bethesda kategorileri 3-5) verir. Bu klinik olgularda KİB, tekrarlayan İİAB veya cerrahiye alternatif bir tanı yöntemi olarak faydalı olabilir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, başlangıçta tanısız olmayan veya belirsiz İİAB sonuçları olan nodüllerde tekrarlanan İİAB'nin, olguların neredeyse yarısında yine kesin olmayan sonuçlar üretmesidir. Bir diğer neden ise, belirsiz sitoloji sonuçları olan ve cerrahiye sevk edilen nodüllerde patoloji sonucunun önemli ölçüde benign olmasıdır. İİAB'nin tanısız doğruluğu foliküler lezyonlarda azalır ve bu grupta KİB'in olguların %90'ında tanısız olduğu gösterilmiştir [14, 15].

İyi huylu tiroid nodülleri genellikle tedavi gerektirmez ancak büyük boyutlu veya takip sırasında boyutunda artış olan kompresyon ve hipertiroidizm gibi klinik semptomaya veya kozmetik sorunlara neden olan nodüller için tedavi endikedir.

Geçmişte tiroid nodülleri için standart tedavi cerrahi iken, son yıllarda minimal invaziv teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında en yaygın tedavi yöntemleri basit aspirasyon, perkütan etanol enjeksiyonu (PEE) ve termal ablasyon (TA) ve tiroid arter embolizasyonudur (TAE). Perkütan yöntemler genellikle ayakta

tedavi ortamında lokal anestezi altında gerçekleştirilir. İyi huylu, semptomatik veya otonom fonksiyonel tiroid nodüllerinin tedavisinde etkinlikleri kanıtlanmıştır. Primer veya tekrarlayan papiller tiroid kanserinin tedavisinde de kullanılmalarına rağmen henüz yeterli kanıt düzeyine ulaşılmamıştır. TAE, tiroid arterlerinin süper seçici kateterizasyonundan sonra gerçekleştirilen bir embolizasyon prosedürüdür [16].

Basit Aspirasyon

Total veya predominant kistik nodüllerde, sıvı içeriği basit aspirasyon olarak bilinen prosedürle boşaltılır. Predominant kistik nodüller çoğunlukla %50'den fazla sıvı bileşeni içeren iyi huylu nodüllerdir. Bu nodüllerin, kompresyona veya kozmetik sorunlara neden olabileceği için tedavi edilmesi gerekebilir. Basit aspirasyon, kistik ve predominant kistik nodüllerin tedavisinde ilk adımdır. Sklerozan materyal enjeksiyonu yapılmadan aspirasyon yapıldığında, yüksek oranda (%95-98) rekürrens görülür [17].

Perkütan Etanol Enjeksiyonu

Basit aspirasyonu takip eden PEE teknik olarak, kist içeriğinin neredeyse tamamının aspirasyonundan sonra, aspire edilen miktarın %30-50'si oranında etanol enjeksiyonu ile yapılır. Verilen alkolün geri aspire edilmesi ile ilgili bir konsensus yoktur, eğer aspirasyon yapılmayacaksa total alkol miktarının 10 mL'yi geçmemesi önerilir. Bu, etanol enjeksiyonundan sonra kist epitelinde reaktif fibrozis gelişimini ve rekürrensi önlemeyi amaçlar. PEE prosedürünün saf kistik nodüllerin %85-90'ında ve predominant kistik nodüllerin %60-90'ında etkili olduğu gösterilmiştir [18]. PEE genel olarak güvenli bir tedavi olarak kabul edilse de lokal ağrı, baş dönmesi, lokal hematoma,

sinir felci ve nodül etrafındaki etanol ekstrevasiyonuna bağlı periglandüler fibrozis gibi bazı nadir komplikasyonlarla ilişkilendirilmiştir. Lauromakrogol (polioksietilen lauril eter) enjeksiyonu, etanole yeni bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. İşlem sırasında, PEE'de olduğu gibi görüntüleme rehberliğinde nodülün kistik içeriği aspire edildikten sonra, aspire edilen miktarın %30-50'si kadar lauromakrogol uygulanır. Verilen toplam lauromakrogol miktarının 20 mL'yi geçmemesi ve nodülden sızıntıyı önlemek için iğnenin negatif aspirasyonla geri çekilmesi önerilir. PEE ile karşılaştırmalı az sayıda çalışmada etkinlik olarak benzer bulunmuş olup, komplikasyon oranı daha az ancak maliyeti daha yüksektir [19, 20].

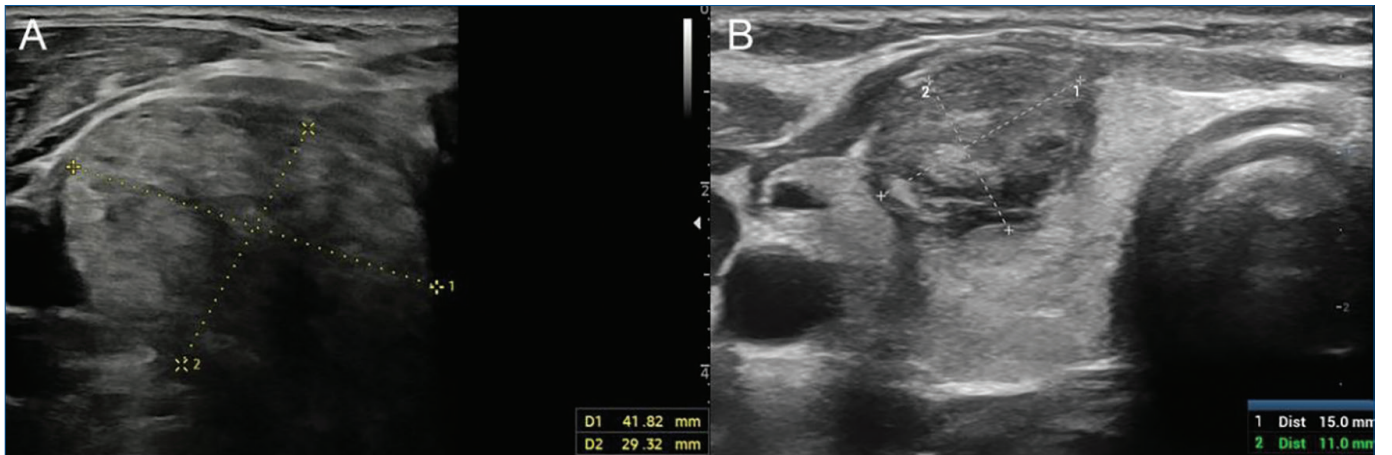
Termal Ablasyon

TA yöntemleri teknik olarak hedef dokuda ısı aracılığıyla koagülasyon nekrozunu indüklemek için iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik enerji kullanır. TA genellikle lokal anestezi altında, USG rehberliğinde bilinçli sedasyon altında gerçekleştirilir. İşlem, optik fiber veya propların perkütan yolla yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir. TA için en sık kullanılan temel yöntemler transistmik yaklaşım ve "moving-shot" tekniğidir (Resim 2). Tiroid nodüllerinin ablasyonu sırasında, diğer organların ablasyonunda olduğu gibi fiber optik veya probun aktif ucunun sabit bir pozisyonda tutulması yerine kademeli olarak geri çekilmesi önerilir. "Moving-shot" adı verilen bu teknikte, ablasyon en uzak alandan başlar. Güvenlik nedeniyle, elektrodun distal ucu ile nodülün kenarı arasında 1-2 mm'lik bir mesafe bırakılması önerilir. Bu teknikte, tiroid nodülü ablasyon ünitesine bölünür ve elektrot çekilirken her bir üniteye birkaç saniye boyunca ablasyon uygulanır. Genel olarak işlem öncesinde kritik yapıların zarar görmemesi için bariyer olarak hidrodiseksiyon yöntemi kullanılır. Bu yöntemde diseksiyon solüsyonuna %5 dekstroze eklenmesi ve 40 mL'den fazla solüsyon hacmi kullanılması önerilir. Dekstroze, normal salin yerine kullanılır çünkü normal

salin, elektriği ileten ve sürtünme ısısı oluşturarak çevredeki yapılara zarar verme potansiyeline sahip iyonik bir solüsyondur [21]. TA yöntemleri, tiroid nodülleri için geleneksel tedavi olan cerrahiye göre çeşitli avantajlar sunar. Birincisi, TA prosedürleri hastaneye yatmayı veya genel anesteziyi gerektirmez. İkincisi, majör komplikasyon oranları düşüktür. Üçüncüsü, prosedürden sonra hipotiroidizm gelişme olasılığını azaltır. En sık kullanılan TA yöntemlerinden radyofrekans (RF) ve mikrodalga (MW) ablasyon yöntemlerinin farklı avantaj ve dezavantajları mevcuttur ancak etkinlik ve komplikasyon oranlarında anlamlı farklılık mevcut değildir. Benign nodüllerde TA endikasyonları genel olarak iki gruba ayrılabilir; estetik ve fonksiyonel. Bu nedenle büyüyen ve/veya hipertiroidizmi tetikleyen nodüller tedavi edilmelidir. Toksik multinodüler guatr (MNG), dominant nodülsüz MNG ve Graves hastalığı TA için kontrendikasyonlar olarak listelenmiştir. Nodülün iyi huylu olduğunu doğrulamak için ablasyondan önce iki kez İİAB yapılması önerilir. Son zamanlarda TA, iyi huylu tiroid nodüllerinin ötesinde primer ve nüks papiller tiroid kanseri ve foliküler neoplazilerin tedavisinde de kullanılmaya başlanmıştır [15].

Tiroid Arter Embolizasyonu

Tiroid arter embolizasyonu (TAE), perkütan arteriyel erişim sonrasında tiroid arterlerinin selektif kateterizasyonu ve embolizasyonu anlamına gelir. Arteriyel ponksiyon ve vasküler kılıf yerleştirilmesinden sonra, süperior ve/veya inferior tiroid arterleri tel ve kateter manipülasyonları kullanılarak seçici olarak kateterize edilir. Partikül embolizasyonu, prosedürün spesifik endikasyonuna (tüm bezin embolizasyonu veya nodül embolizasyonu) bağlı olarak dört besleyici arterden üçüne kadar dahil edilerek bir mikrokater aracılığıyla gerçekleştirilir. Tiroid nodülleri dışında Graves hastalığı, Graves dışı hipertiroidizm, tiroid fırtınası, tiroid cerrahisi öncesi pre-rezeksiyon embolizasyonu, intratorasik yayılımı olan



Resim 2. Otuz beş yaşında kadın hasta, iki biyopsi sonucu benign olan bası semptomları bulunan tiroid bezi sağ lobda 41 mm nodül sebebiyle yönlendirildi (A). Hastaya transisthmik yaklaşımla mikrodalga ablasyon yapıldı. Üç ay sonraki kontrol ultrasonografide nodül boyutu ve ekojenitesinde belirgin azalma saptandı (B).

guatr ve tiroid kanserlerinde palyatif amaçlı embolizasyon kullanılabilir. Tiroid nodüllerinin tedavisinde TAE çoğunlukla büyük boyutlu nodüller için kullanılır. Araştırmalar, hacmi 20-30 mL'nin üzerinde olan nodüllerde ablasyon tekniklerinin daha az etkili olduğunu veya uzun bir işlem süresi gerektirdiğini göstermektedir [22]. Bu nedenle, çoklu, büyük ve/veya servikomediastinal uzantıya sahip nodüller, TAE'nin TA ve cerrahiye üstün olabileceği klinik olgulardır. Bu gibi durumlarda, radyoaktif iodin (RAI) uygulanabilir bir tedavi yöntemidir. Ancak RAI tedavisi tüm tiroid bezini etkiler ve sıklıkla hipotiroidizm gelişimine neden olur. Buna karşılık, TAE tedavisi hastaya özgüdür. Soliter nodüllerin tedavisinde tek bir artere embolizasyon yapılırken, Graves hastalığı ve MNG tedavisinde iki veya üç arterin embolizasyonu gerekir. Böylece diğer loba kıyasla normal veya daha az etkilenen tiroid lobu kısmen veya tamamen sağlam kalır [16]. Literatürde embolizasyon için en sık kullanılan ajan standart polivinil alkol (PVA) partikülleridir. Partikül boyutu konusunda çalışmalar arasında bir fikir birliği olmasa da 150 ila 700 µm aralığındaki partiküller kullanılmıştır. Küçük partiküllerin kullanımı daha belirgin iskemi ve nekroz oluşturma avantajına sahip olsa da hedef dışı embolizasyon riski vardır. Öte yandan, partikül boyutu arttıkça embolizasyonun etkinliğinin azalabileceği bilinmektedir [23].

Paratiroid Bezi

Hiperparatiroidizm, aşırı parathormon (PTH) üretimi olarak tanımlanır. En yaygın form olan primer hiperparatiroidizm (PHPT), paratiroid bezinin otonom olarak aşırı PTH üretmesi ve bunun sonucunda tipik olarak hiperkalsemiye yol açmasıdır. PHPT, biyokimyasal testlerle, özellikle serum kalsiyumu ve PTH'ı ile teşhis edilir. Genellikle tek bir paratiroid adenomu (%80) nedeniyle oluşan PHPT, birden fazla adenomdan, paratiroid hiperplazisinden veya nadiren paratiroid karsinomundan (<%1) da kaynaklanabilir. Çoklu bez hastalığı, çoklu adenom veya çoklu bez hiperplazisi olarak tanımlanır ve PHPT'li hastaların yaklaşık %15 ila %20'sini oluşturur. PHPT'nin tedavisi, anormal şekilde çalışan paratiroid dokusunun cerrahi olarak çıkarılmasıdır ve uzun vadeli hiperkalseminin olası olumsuz etkileri göz önüne alındığında, asemptomatik olsa bile endikedir. PHPT için kabul görmüş 2 küratif cerrahi strateji vardır: bilateral boyun eksplorasyonu (BBE) ve minimal invaziv paratiroidektomi (MİP). BBE, tüm paratiroid bezlerinin cerrah tarafından incelendiği, hastalıklı bezlerin çıkarıldığı bilateral bir operasyonu ifade eder. MİP etkilenen bezin çıkarılması için sınırlı diseksiyon kullanan tek taraflı bir operasyonu ifade eder. Bu nedenle PHPT'de görüntülemenin rolü, anormal işlev gösteren bezi veya bezleri yüksek doğruluk ile lokalize ederek küratif cerrahiyi kolaylaştırmaktır [24]. Sekonder hiperparatiroidizm (SHPT), hipokalsemiye (ve/veya hiperfosfatemiyeye) yanıt olarak artan PTH üretiminin, organ yetmezliği veya azalmış kalsiyum seviyeleri nedeniyle plazma kalsiyumunu düzeltilmediği bir

kalsiyum homeostazının başarısızlığıdır. Bu durum çoğunlukla kronik böbrek hastalığından kaynaklanır ancak malabsorpsiyon veya D vitamini eksikliğinin de görülebilir. Nadiren, uzun süreli SHPT'si olan hastalarda üçüncül hiperparatiroidizm (THPT) ortaya çıkabilir ve artan serum kalsiyum seviyelerine rağmen PTH baskılanmasının olmamasıyla karakterize edilir ve hiperkalsemik hiperparatiroidizm olarak kendini gösterir. Bu durum en sık uzun süreli kronik böbrek hastalığı olan hastalarda böbrek naklinden sonra görülür. Tıbbi olarak dirençli SHPT ve THPT olgularında cerrahi eksizyon önerilir. Bunlar tipik olarak çoklu bez bozuklukları (yani paratiroid hiperplazisi) olduğundan, görüntülemenin amacı cerrahi yaklaşımı yönlendirmektir [25].

Teknesyum 99 m sestamibi sintigrafisi (Tc99 m-MIBI), paratiroid bezlerinin değerlendirilmesinde altın standarttır. Diğer tanı seçenekleri arasında USG, bilgisayarlı tomografi (BT), MR ve pozitron emisyon tomografisi bulunur. USG ve Tc99 m-MIBI paratiroid adenomu lokalizasyonu tespitinde ilk kullanılan yöntemlerdir. Ancak küçük lezyonlarda her iki görüntüleme yönteminde de başarı oranı düşer [26]. USG rehberliğinde paratiroid İİAB, paratiroid lezyonlarının tanısı için minimal invaziv, güvenli ve etkili bir yöntemdir. Ameliyat öncesi İİAB kullanımı, paratiroid bezi lokalizasyonunun doğruluğunu önemli ölçüde artırabilir. Ancak hiperplazi, adenom ve karsinom dahil olmak üzere farklı paratiroid lezyonlarının ayırımı yalnızca sitolojiye göre yapılamaz. İİAB yıkama sıvılarında iPTH ölçümü (intakt parathormon yıkama konsantrasyonu), paratiroid dokusunun tanımlanması için sitolojiyi tamamlar. Ameliyat öncesi İİAB, daha önce başarısız paratiroidektomi öyküsü olan hastalarda, özellikle USG bulguları kesin olmadığında paratiroid dokusunun ektopik yerlerini belirlemek için de yararlı olabilir. Çeşitli doku sıvılarındaki iPTH düzeylerinin ameliyat sırasında kantifikasyonu, tiroidektomi sırasında paratiroid bezlerinin tanımlanması ve ameliyat sonrası hipoparatiroidizmin önlenmesi için de kullanılabilir. Ancak literatürde paratiroid yıkama sonuçlarının cut-off değerleri ile ilgili uzlaşma henüz mevcut değildir [27].

Paratiroidektomi operasyonları günümüze kadar etkili bir tedavi olarak kullanılmıştır. Yaşlı hastalarda artan morbidite ve mortalite nedeniyle daha az invaziv tedavilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, RF ve MW gibi TA yöntemlerinin tiroid nodülleri tedavisinde kılavuzlarda yer edinmesinden sonra, bu ablasyon yöntemleri ameliyat için uygun olmayan hastalarda iyi huylu paratiroid lezyonları için cerrahiye alternatif tedaviler olarak önerilmeye başlandı. TA yöntemlerinin transistmik yaklaşım ve hidrodiseksiyon kullanılarak gerçekleştirilmesi daha güvenlidir. Hidrodiseksiyon, hedef nodül ile kritik yapılar arasına %5'lik soğuk dekstroze enjekte ederek nodülü izole etmek ve bitişik yapılara termal hasarı önlemek için bir güvenlik marjı oluşturmayı amaçlar [28-31]. Hasta sırtüstü pozisyona boynu hafifçe hiper ekstansiyona getirildikten sonra, lokal anestezi uygulanır. Daha sonra adenom

etrafına %5 dekstroz ile hidrodiseksiyon yapılır. Tiroid MW veya RF ablasyon probu, USG rehberliğinde transistmik veya lateral servikal yaklaşımla paratiroid adenomu içine yerleştirilir ve ablasyon işlemine USG izlemi ile nodülün tamamı ablate edilene kadar devam edilir [29].

Pankreas

Pankreas tümörlerinde doku örneklemesi için seçenekler cerrahi eksplorasyon, endoskopik ultrason biyopsisi ve görüntü kılavuzluğunda perkütan biyopsidir. **Görüntü kılavuzluğunda perkütan biyopsi, solid veya kistik pankreas kitlelerinin tanısında önemli bir araçtır. Tümör ekilimini önlemek için koaksiyel sistemler tercih edilmelidir.** KİB 17 veya 19 gauge ve İİAB ise 21 veya 22 gauge Chiba iğnesi kullanılarak gerçekleştirilir. Zamanla, düşük risk profiline rağmen yüksek teknik başarı oranına sahip olduğu saptanan KİB, İİAB'ye tercih edilir hale gelmiştir. KİB'in, doku mimarisinin incelenmesine, tümör alt tiplendirmesine ve immünohistokimyanın gerçekleştirilmesine olanak tanınması gibi avantajları vardır. İİAB bir alternatiftir ancak işlem anında bir sitopatoloğun olmaması durumunda doğruluk oranı düşer, ayrıca İİAB ile, deneyimli bir sitopatolog bile sitolojik örneklerden pankreas adenokarsinomunu teşhis etmekte zorlanabilmektedir [32-34].

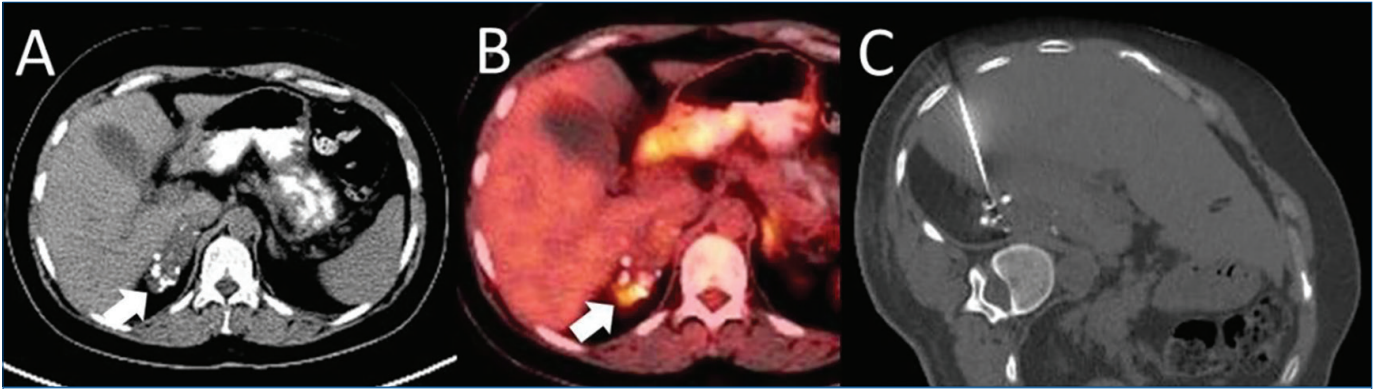
Pankreas kanseri genellikle hastalığın yaygınlığına göre dört kategoriye ayrılır: rezeke edilebilir, sınırda rezeke edilebilir, lokal ileri ve metastatik. Pankreas kanser hastalarında uzun vadeli sağ kalım tümörün cerrahi olarak çıkarılmasına bağlıdır. Ne yazık ki hastaların yalnızca çok azında (%2-3) tanı anında cerrahi mümkündür. Görüntü kılavuzluğunda ablasyon tedavileri, neoadjuvan kemoradyoterapiye yanıt vermeyen ve cerrahiye uygun olmayan lokal ileri pankreas kanseri hastalarında endikedir. RF ve MW ablasyon dokuyu ablate etmek için ısı kullanır. Kriyoablasyon, donma-çözülme döngüleri boyunca gaz basıncını değiştirerek dokuyu dondurur ve yok eder. Bu dört modalitenin en yenisi olan irreversible elektroporasyon (IRE), hücre zarlarında kalıcı gözenekler oluşturmak ve hücrel apoptozu başlatmak için kısa-yüksek voltajlı akım kullanır, "heat-sink" etkisi izlenmediği için vasküler yapılar çevresinde daha iyi ablasyon sağlar. Tüm bu ablasyon prosedürleri, tümör nekrozu nedeniyle antijen salınımını tetikler ve bu da tümör hücrelerini immünoterapiye daha duyarlı hale getirebilir. Bu tekniklerin temel sınırlaması, pankreasın birçok hayati yapıya yakın olmasıdır; bu durum, onları termal yaralanma riskine sokar ve tam ablasyonun elde edilmesini zorlaştırır. Bu ablasyon yöntemleri ile ilgili literatür henüz kısıtlı olsa da, neoadjuvan kemoterapi ve immünoterapiler ile birlikte kullanımlarında fayda sağlayabileceği yönünde veriler mevcuttur [35, 36].

Adrenal

Adrenal bez lezyonlarının, özellikle benign adenomların, daha doğru ve spesifik non-invaziv karakterizasyonuna olanak

tanıyan BT ve MR protokollerindeki teknik ilerlemeler, adrenal lezyon biyopsi gerekliliğini azaltmıştır. BT ve MR bulguları adrenal kitleleri genellikle benign olarak nitelendirebilir ancak maligniteyi teşhis etmede görece düşük özgüllüğe sahiptirler. Görüntüleme bu gelişmelere rağmen bazı lezyonların tanısı için biyopsi tek seçenek olabilir. Görüntüleme kılavuzluğunda perkütan adrenal biyopsi genellikle güvenli bir prosedür olarak kabul edilir. Bilinen primer tümörleri olan hastalarda bile adrenal kitlelerin çoğu fonksiyonel olmayan benign adenomdur. Biyopsi, olası adrenal korteks karsinomu olgularında, ekilim riski ve dejenere adenom ile patolojik ayrımının mümkün olmaması nedeniyle nispeten kontrendike olarak kabul edilir. Adrenal bezin feokromositoma gibi fonksiyonel tümörlerinin tanısı için biyopsi önerilmez, klinik ve laboratuvar bulguları tanı için kullanılır. Feokromositoma şüpheli lezyonlarda biyopsi kontrendikedir çünkü bu tümörlerin manipülasyonu hemodinamik instabilite riski taşır, adrenal biyopsilerden önce feokromositoma rutin olarak sorgulanmalı ve dışlanmalıdır [37]. Adrenal biyopsisi için klinik endikasyonlar, onkolojik bir hastada adrenal kitle varlığı ve görüntüleme bulgularının kesin olmadığı durumlarda malign-benign lezyon ayrımıdır. Hastaların neredeyse üçte birinde, kesin doku tanısı temelinde yönetim tamamen değişebilir. **Bazı olgularda, adrenal biyopsi, nadir patolojileri (lenfoma, enfeksiyon veya hemoraji) belirleyerek gereksiz cerrahi önleyebilir. BT adrenal biyopsi için en sık kullanılan kılavuz yöntemdir (Resim 3).** Çoğu adrenal lezyon pron pozisyonunda posterior yaklaşıma olanak tanır ancak hastaya göre dekübit pozisyonlamaya ihtiyaç duyulabilir. İİAB, adrenal adenom ile adrenal kortikal karsinomu arasında ayırım yapmada yetersizdir. İİAB birçok yazar tarafından yalnızca şüpheli metastatik adrenal lezyonlar için önerilir [38].

Laparoskopik adrenalectomi adrenal tümörlerinin tedavisinde standart tedavi yöntemidir. Metastatik lezyonların tedavisi tümör tipine özgü kemoterapi ve radyoterapi seçeneklerine dayanmaktadır. Lokal kontrol için cerrahi metastazektomi tartışmalıdır ancak adrenal bezde izole metastatik hastalığı olan seçilmiş hastalarda adrenalectomi sonrası sağ kalım süreleri uzayabilmektedir. Adrenal ablasyonlar sıklıkla hastanın eşlik eden hastalığı olması veya cerrahi reddetmesi nedeniyle cerrahiye uygun olmayan lezyonların tedavisi için önerilmektedir. Ablasyon tedavisi hem fonksiyonel olmayan-fonksiyonel adenomlarda hem de primer adrenal karsinom ve metastaz dahil olmak üzere malign tümörleri tedavi etmek için kullanılabilir. Fonksiyonel adenomu olan hastalarda ablasyondan sonra %96 ila %100 oranında biyokimyasal ve semptomatik iyileşme bildirilmiştir. Malign adrenal neoplazmlı hastalarda ablasyon tedavisinin sağkalım faydası belirsizliğini korumaktadır. Metastatik lezyonlarda iyi bir lokal kontrol olmasına rağmen, nihai sonuç primer tümörün prognozuna bağlıdır. RF, MW, kriyoablasyon, kimyasal ablasyon ve IRE kullanılabilir ablasyon yöntemleridir



Resim 3. Duktal meme karsinomu nedeniyle takip edilen 49 yaşında kadın hasta, BT'de (A) sağ adrenal bezinde fokal kalsifik lezyon (ok) ve PET-BT'de (B) periferik FDG tutulumu (ok) nedeniyle biyopsi için yönlendirildi. Transhepatik BT kılavuzluğunda biyopsi (C) sonucu metastaz olarak raporlandı.

PET-BT, pozitron emisyon tomografisi-bilgisayarlı tomografi; FDG, fluorodeoksiglukoz.

ve prosedürleri diğer organ kullanımlarından farklı değildir. RF ablasyon adrenal kullanımı en fazla bildirilen ablasyon yöntemidir ancak diğer yöntemlerle ilgili veriler de giderek artmaktadır. Ablasyon işlemi esnasında diğer bölgelerde olduğu gibi çevre organları korumak için hidrodiseksiyon yöntemi hastaya göre uygulanmalıdır. Ablasyon işleminin olası majör komplikasyonları hemoraji ve hipertansif krizdir. Bazı yazarlar hipertansif krizi önlemek için işlem öncesi ve işlem sırasında adrenerjik blokaj önermektedir. Tedavi için eşik lezyon boyutu konusunda henüz bir fikir birliğine varılmamış olsa da maksimum lezyon çapı ne kadar küçükse, lokal tümör kontrolüne ulaşma olasılığının o kadar yüksek olduğu iyi bilinmektedir, özellikle ≤ 5 cm lezyonlar için daha iyi tedavi yanıtı bildirilmiştir. Ablasyondan önce doku biyopsi gerekliliği ile ilgili konsensus mevcut değildir. Literatürde adrenal lezyonlarda kullanılan ablasyon yöntemlerinin etkinliği ile ilgili retrospektif sınırlı sayıda umut verici çalışma mevcuttur, prospektif çalışmalara olan ihtiyaç devam etmektedir. Cerrahiye uygun olmayan hastalarda adrenal ablasyon yöntemleri seçenek olabilir, en iyi tedavi için nihai karar, girişimsel radyolog, cerrah, endokrinolog ve onkologdan oluşan multidisipliner bir ekip tarafından alınmalıdır [38-40].

Adrenal arter embolizasyonu farklı amaçlar için kullanılmıştır. Ağrı palyasyonu, tümör hacminin ve tümör vaskülaritesinin preoperatif azaltılması gibi palyatif onkolojik yaklaşımlar uygulama alanlarıdır. Retroperitoneal hemorajisi olan rüptüre tümörlerin hemostazı için acil embolizasyon ek bir onkolojik uygulamadır. Adrenal arter embolizasyonu hiperaldosteronizm, travmatik yaralanmalar ve adrenal arter anevrizmalarının tedavisi için de tanımlanmıştır. Genel olarak, böbrek üstü bezleri üç ana arter grubu tarafından beslenir: süperior, orta ve inferior suprarenal arterler. Süperior dalı genellikle ipsilateral inferior frenik arterden kaynaklanır. Orta dalı sıklıkla aort veya inferior frenik arterden kaynaklanır. Inferior dal ise genellikle ipsilateral renal arterin dallarıdır. Uygun kateterizasyon ile koil,

PVA partikülleri, gelfoam ve sıvı embolizan ajanların kullanımı tercih edilebilir [38].

SONUÇ

Endokrin sistemde girişimsel radyoloji, venöz örnekleme ve biyopsiler ile tanıda yardımcı olduğu gibi ablasyon ve embolizasyonlar ile tedavide de alternatif yöntemler sunmaktadır.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Ghanaati H, Firouznia K, Larijani B, Jalali AH. Role of interventional radiology in endocrine diseases-review article. *Iranian Journal of Public Health*. 2014; 43: 112-26. [CrossRef]
2. Monroe EJ, Carney BW, Ingraham CR, Johnson GE, Valji K. An interventionist's guide to endocrine consultations. *Radiographics*. 2017; 37: 1246-67. [CrossRef]
3. Lau JH, Drake W, Matson M. The current role of venous sampling in the localization of endocrine disease. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2007; 30: 555-70. [CrossRef]
4. Valizadeh M, Abiri B, Hosseiniapanah F, Grossman A. Bilateral inferior petrosal sinus sampling in the differential diagnosis of ACTH-dependent Cushing's syndrome: a reappraisal. *J Intern Med*. 2024; 296: 2-23. [CrossRef]
5. Abbas AK, Fausto N, Robbins SL. Robbins and Cotran pathologic basis of disease: Elsevier Saunders; 2005. [CrossRef]
6. Goncalves LF, Lindblade CL, Cornejo P, Patel MC, McLaughlin ES, Bardo DME. Contribution of fetal magnetic resonance imaging in fetuses with congenital heart disease. *Pediatr Radiol*. 2022; 52: 513-26. [CrossRef]
7. Kaskarelis IS, Tsatalou EG, Benakis SV, Malagari K, Komninos I, Vassiliadi D, et al. Bilateral inferior petrosal sinuses sampling in the routine investigation of Cushing's syndrome: a comparison with MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2006; 187: 562-70. [CrossRef]

8. Grossman AB, Kelly P, Rockall A, Bhattacharya S, McNicol A, Barwick T. Cushing's syndrome caused by an occult source: difficulties in diagnosis and management. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab.* 2006; 2: 642-7. [\[CrossRef\]](#)
9. Wang H, Ba Y, Xing Q, Cai RC. Differential diagnostic value of bilateral inferior Petrosal sinus sampling (BIPSS) in ACTH-dependent Cushing syndrome: a systematic review and Meta-analysis. *BMC Endocr Disord.* 2020; 20: 143. [\[CrossRef\]](#)
10. Bonelli FS, Huston J 3rd, Carpenter PC, Erickson D, Young WF Jr, Meyer FB. Adrenocorticotrophic hormone-dependent Cushing's syndrome: sensitivity and specificity of inferior petrosal sinus sampling. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000; 21: 690-6. [\[CrossRef\]](#)
11. Kempers MJ, Lenders JW, van Outheusden L, van der Wilt GJ, Schultze Kool LJ, Hermus AR, et al. Systematic review: diagnostic procedures to differentiate unilateral from bilateral adrenal abnormality in primary aldosteronism. *Ann Intern Med.* 2009; 151: 329-37. [\[CrossRef\]](#)
12. White ML, Gauger PG, Doherty GM, Cho KJ, Thompson NW, Hammer GD, et al. The role of radiologic studies in the evaluation and management of primary hyperaldosteronism. *Surgery.* 2008; 144: 926-33. [\[CrossRef\]](#)
13. Daunt N. Adrenal vein sampling: how to make it quick, easy, and successful. *Radiographics.* 2005; 25 Suppl 1: S143-58. [\[CrossRef\]](#)
14. Gupta N, Gupta P, Rajwanshi A. Trucut/core biopsy versus FNAC: who wins the match? Thyroid lesions and salivary gland lesions: an overview. *J Cytol.* 2018; 35: 173-5. [\[CrossRef\]](#)
15. Taydas O, Arik E, Sevinc OF, Kara AB, Ozdemir M, Cengiz H, et al. Current role of interventional radiology in thyroid nodules. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2024; 15: 1405705. [\[CrossRef\]](#)
16. Yilmaz S, Habibi HA, Yildiz A, Altunbas H. Thyroid embolization for nonsurgical treatment of nodular goiter: a single-center experience in 56 consecutive patients. *J Vasc Interv Radiol.* 2021; 32: 1449-56. [\[CrossRef\]](#)
17. Baldwin CK, Natter MB, Patel KN, Hodak SP. Minimally invasive techniques for the management of thyroid nodules. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2022; 51: 323-49. [\[CrossRef\]](#)
18. Hahn SY, Shin JH, Na DG, Ha EJ, Ahn HS, Lim HK, et al. Ethanol ablation of the thyroid nodules: 2018 consensus statement by the Korean Society of Thyroid Radiology. *Korean J Radiol.* 2019; 20: 609-20. [\[CrossRef\]](#)
19. Dong YJ, Liu ZH, Zhou JQ, Zhan WW. Efficacy of lauromacrogol injection for ablation of benign predominantly cystic thyroid nodules and related factors: a prospective study. *Korean J Radiol.* 2022; 23: 479-87. [\[CrossRef\]](#)
20. Yang CC, Hsu Y, Liou JY. Efficacy of ethanol ablation for benign thyroid cysts and predominantly cystic nodules: a systematic review and meta-analysis. *Endocrinol Metab (Seoul).* 2021; 36: 81-95. [\[CrossRef\]](#)
21. Park HS, Baek JH, Park AW, Chung SR, Choi YJ, Lee JH. Thyroid radiofrequency ablation: updates on innovative devices and techniques. *Korean J Radiol.* 2017; 18: 615-23. [\[CrossRef\]](#)
22. Cheng KL, Liang KW, Lee HL, Wang HY, Shen CY. Thyroid artery embolization of large solitary symptomatic benign thyroid nodules through transradial approach. *Quant Imaging Med Surg.* 2023; 13: 5355-61. [\[CrossRef\]](#)
23. Xiao H, Zhuang W, Wang S, Yu B, Chen G, Zhou M, et al. Arterial embolization: a novel approach to thyroid ablative therapy for Graves' disease. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002; 87: 3583-9. [\[CrossRef\]](#)
24. Expert Panel on Neurological Imaging; Zander D, Bunch PM, Policeni B, Juliano AF, Carneiro-Pla D, et al. ACR appropriateness criteria® parathyroid adenoma. *J Am Coll Radiol.* 2021; 18: S406-22. [\[CrossRef\]](#)
25. Fraser WD. Hyperparathyroidism. *Lancet.* 2009; 374: 145-58. [\[CrossRef\]](#)
26. Witteveen JE, Kievit J, Stokkel MP, Morreau H, Romijn JA, Hamdy NA. Limitations of Tc99m-MIBI-SPECT imaging scans in persistent primary hyperparathyroidism. *World J Surg.* 2011; 35: 128-39. [\[CrossRef\]](#)
27. Obolończyk Ł, Karwacka I, Wiśniewski P, Sworczak K, Oseka T. The current role of parathyroid fine-needle biopsy (P-FNAB) with iPTH-washout concentration (iPTH-WC) in primary hyperparathyroidism: a single center experience and literature review. *Biomedicines.* 2022; 10: 123. [\[CrossRef\]](#)
28. Ha EJ, Baek JH, Baek SM. Minimally invasive treatment for benign parathyroid lesions: treatment efficacy and safety based on nodule characteristics. *Korean J Radiol.* 2020; 21: 1383-92. [\[CrossRef\]](#)
29. Urfali FE, Aydin B, Zeren S, Cansu GB, Algin MC, Korkmaz M. Effectiveness and safety of microwave ablation therapy in parathyroid adenomas. *Arab J Intervent Radiol.* 2023; 7: 39-43. [\[CrossRef\]](#)
30. Hussain I, Ahmad S, Aljammal J. Radiofrequency ablation of parathyroid adenoma: a novel treatment option for primary hyperparathyroidism. *Aace Clin Case Rep.* 2021; 7: 195-9. [\[CrossRef\]](#)
31. Khandelwal AH, Batra S, Jajodia S, Gupta S, Khandelwal R, Kapoor AK, et al. Radiofrequency ablation of parathyroid adenomas: safety and efficacy in a study of 10 patients. *Indian J Endocrinol Metab.* 2020; 24: 543-50. [\[CrossRef\]](#)
32. Stella SF, Van Borsel M, Markose G, Nair SB. Image-guided percutaneous biopsy for pancreatic lesions: 10-year experience in a tertiary cancer center. *Can Assoc Radiol J.* 2019; 70: 199-203. [\[CrossRef\]](#)
33. Paulsen SD, Nghiem HV, Negussie E, Higgins EJ, Caoili EM, Francis IR. Evaluation of imaging-guided core biopsy of pancreatic masses. *AJR Am J Roentgenol.* 2006; 187: 769-72. [\[CrossRef\]](#)
34. Uysal A, Unal E, Karaosmanoglu AD, Arellano R, Gıftci TT, Akinci D, et al. The role of interventional radiology in the treatment of patients with pancreatic cancer. *Br J Radiol.* 2021; 94: 20200702. [\[CrossRef\]](#)
35. Punzi E, Carrubba C, Contegiacomo A, Posa A, Barbieri P, De Leoni D, et al. Interventional radiology in the treatment of pancreatic adenocarcinoma: present and future perspectives. *Life (Basel).* 2023; 13: 835. [\[CrossRef\]](#)
36. Narayanan G, Jivani GG, Mahendra AM, Gentile N. A narrative review of interventional oncology approaches to treating pancreatic cancer. *Digestive Medicine Research.* 2024; 7: 12. [\[CrossRef\]](#)
37. Paulsen SD, Nghiem HV, Korobkin M, Caoili EM, Higgins EJ. Changing role of imaging-guided percutaneous biopsy of adrenal masses: evaluation of 50 adrenal biopsies. *AJR Am J Roentgenol.* 2004; 182: 1033-7. [\[CrossRef\]](#)
38. Ierardi AM, Petrillo M, Patella F, Biondetti P, Fumarola EM, Angileri SA, et al. Interventional radiology of the adrenal glands: current status. *Gland Surg.* 2018; 7: 147-65. [\[CrossRef\]](#)
39. Yamakado K. Image-guided ablation of adrenal lesions. *Semin Intervent Radiol.* 2014; 31: 149-56. [\[CrossRef\]](#)
40. Uppot RN, Gervais DA. Imaging-guided adrenal tumor ablation. *AJR Am J Roentgenol.* 2013; 200: 1226-33. [\[CrossRef\]](#)

1. Tiroid bezinin kistik nodüllerinde perkütan etanol enjeksiyonu için aspire edilen içeriğin yüzde kaç kadar alkol enjeksiyonu yapılır?
 - a. %10-20
 - b. %20-30
 - c. %30-50
 - d. %50-70
 - e. %70-90
2. Termal ablasyon yöntemleri öncesi uygulanan hidrodiseksiyon yönteminde tercih edilen solüsyon nedir?
 - a. %0.9 Serum fizyolojik
 - b. %5 dextroz
 - c. %3 Serum fizyolojik
 - d. Ringer laktat
 - e. %0.45 NaCl
3. Tiroid arter embolizasyon yöntemi için hangisi yanlıştır?
 - a. Dört besleyici arterden üçüne kadar embolizasyon yapılabilir
 - b. En sık kullanılan ajan standart polivinil alkol (PVA) partikülleridir.
 - c. 150 ila 700 µm aralığındaki partiküller kullanılabilir.
 - d. Partikül boyutu azaldıkça embolizasyonun etkinliği azalır.
 - e. İşlem sonrası hipotiroidi gelişme riski RAI tedavisine göre daha azdır.
4. Endokrinolojik girişimsel yaklaşımlarla ilgili hangisi yanlıştır?
 - a. Cerrahiye uygun olmayan hastalarda paratiroid adenomlarında ablasyon etkin bir tedavi yöntemidir.
 - b. Pankreas biyopsilerinde kalın iğne biyopsisi yüksek komplikasyon oranı nedeniyle kullanılmaz.
 - c. Kriyoablasyon, donma-çözülme döngüleri boyunca gaz basıncını değiştirerek dokuyu dondurur ve yok eder.
 - d. Tiroid-paratiroid ablasyon yöntemleri hasta sırtüstü pozisyona boynu hafifçe hiperekstansiyona getirildikten sonra yapılır.
 - e. Pankreasın birçok hayati yapıya yakın olması ablasyon için sınırlayıcı faktörlerden biridir.
5. Adrenal lezyonlarda girişimsel işlemlerle ilgili hangisi yanlıştır?
 - a. Görüntüleme bulgularının kesin olmadığı durumlarda malign-benign lezyon ayırımında biyopsi yapılabilir.
 - b. Feokromositoma, adrenal biyopsi öncesi dışlanmalıdır.
 - c. Adrenal arter embolizasyonu hiperaldosteronizm, travmatik yaralanmalar ve adrenal arter anevrizmalarının tedavisi için uygulanabilir.
 - d. Ablasyon işleminin olası major komplikasyonları hemoraji ve hipertansif krizdir.
 - e. Adrenal girişimsel işlemlerde en sık kullanılan görüntüleme yöntemi floroskopidir.

Yapay Zeka ve Endokrin Radyolojisi

Artificial Intelligence and Endocrine Radiology

Utku Şenol

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

ÖZ

Endokrin radyoloji, nöroradyolojiden abdominal radyolojiye dek birçok radyoloji alt uzmanlığı ilgilendiren geniş bir alandır. Son yıllarda, bilgi işleme donanımları ve özellikle derin öğrenme yöntemlerinin hızla gelişmesi ve bu sayede gerçekleşen yapay zeka (YZ) araştırma ve uygulamaları ile radyolojide hızlı değişimler yaşanmaya başlamıştır. Buna paralel olarak dünyada çeşitli bilimsel kurum ve kuruluşlar çok sayıda kılavuz ve kaynak yayımlamıştır. Bu bağlamda YZ'nin "oyun değiştirici" olduğunu belirten yeni fırsatlar yaratma gücüne odaklanılması ve hasta yararını gözeterek etik kullanımının sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Radyoloji YZ alanında sağlık disiplini öncü konumundadır. Tıbbi görüntüleme alanında YZ bilimsel araştırmalarının yanı sıra çok sayıda günlük pratikte kullanılan Avrupa Uygunluk İşareti ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi onaylı YZ ürünü bulunmaktadır. Bu uygulamalar, görüntü yorumlamada doğruluğu artırarak tanısal süreçleri dönüştürme potansiyeline sahiptir. Endokrin radyolojide de YZ'den yararlanılabilecek birçok alan bulunmaktadır. Bu alanlar içerisinde şu an itibarı ile tiroid nodülleri ve hipofiz adenomları ön plana çıkmaktadır. Paratiroid adenomları, adrenal bezler ve nöroendokrin tümörleri diğer çalışılan alanlardır. Bu yazıda, radyolojide YZ'nin genel durumu, endokrin sistem görüntülemesindeki spesifik YZ uygulamaları, etik ve yasal boyutları ile geleceğe yönelik öngörüler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, endokrin, tıbbi görüntüleme

ABSTRACT

Endocrine radiology is a broad field that encompasses many subspecialties of radiology, ranging from neuroradiology to abdominal radiology. In recent years, rapid advances in information processing hardware and, in particular, deep learning methods have led to artificial intelligence (AI) research and applications, triggering rapid changes in radiology. In parallel, various scientific institutions and organizations around the world have published numerous guidelines and resources. In this context, it is emphasized that the focus should be on the power of AI to create new opportunities, describing it as a "game changer," and ensuring its ethical use with patient benefit in mind. Radiology is at the forefront of AI in the health discipline. In addition to scientific research on AI in medical imaging, there are numerous Conformité Européenne and Food and Drug Administration approved AI products used in daily practice. These applications have the potential to transform diagnostic processes by increasing accuracy in image interpretation. There are also many areas in endocrine radiology where AI can be utilized. Within these areas, thyroid nodules and pituitary adenomas are currently at the forefront. Parathyroid adenomas, adrenal glands, and neuroendocrine tumors are other areas being studied. This article discusses the general status of AI in radiology, specific AI applications in endocrine system imaging, ethical and legal dimensions, and future projections.

Keywords: Artificial intelligence, endocrine, medical imaging



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Utku Şenol Prof MD, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

E-posta: utkusenol@gmail.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-1159-6386

Geliş Tarihi/Received: 28.09.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 30.10.2025 **Epub:** 18.11.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Şenol U. Artificial intelligence and endocrine radiology. *Trd Sem.* 2025;13(3):450-458



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Endokrin radyoloji; hipofiz, tiroid, paratiroid, adrenal bezler, pankreas ve gonadlar gibi çok sayıda endokrin organın görüntülenmesini içerir. Bu nedenle farklı alt uzmanlık dallarındaki radyologlar için ortak bir kesişim noktasıdır.
- Yapay zeka (YZ) teknolojileri radyolojide giderek yaygınlaşmakta olup, 2020'lerin ortalarında yüzlerce Avrupa Uygunluk İşareti ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi onaylı görüntüleme YZ uygulaması klinik kullanıma girmiştir. YZ, görüntü yorumlamada tanısallık doğruluğu ve verimliliği artırarak hasta bakımında iyileşmeler vaat etmektedir.
- Türk Radyoloji Derneği'nin yayınladığı YZ Uygulamaları Rehberi, YZ'nin bir tehditten ziyade fırsat olarak görülmesi ve etik kurallar çerçevesinde, hasta yararını gözeterek uygulanması gerektiğini vurgular. Avrupa'da da "AI Act" gibi düzenlemeler ile YZ'nin güvenli ve sorumlu entegrasyonu için kurallar oluşturulmaktadır.
- Endokrin radyolojide YZ uygulamaları; hipofiz adenomlarının görüntülerinden invazyon tahmini, tiroid nodüllerinin ultrasonla değerlendirilmesi (örn. YZ destekli Tiroid Görüntüleme Raporlama ve Veri Sistemi klasifikasyonu ile gereksiz biyopsilerin azalması), adrenal lezyonların insidental saptanması ve benign-malign ayrımının otomasyonu, nöroendokrin tümörlerde görüntü tabanlı derece ve yayılım tahmini gibi birçok alanda umut vaat etmektedir.
- Yapay zekanın radyolojide kullanımıyla ilgili etik ve yasal konular kritik önem taşır. Hastaların YZ kullanımı hakkında bilgilendirilmesi ve onam alınması önerilir. Ayrıca YZ araçlarının güvenilirliği için kapsamlı valide edilmesi, sürekli izlenmesi ve insan denetimi altında kullanılması gereklidir. Öncü ve önemli bir gelişme olarak Avrupa Birliği'nin "AI Act" düzenlemesi, tıbbi görüntülemede YZ sistemlerini "yüksek riskli" kabul ederek insan gözetimi ve şeffaflık şartını getirmektedir.

GİRİŞ

Endokrin radyoloji merkezi sinir sistemi içinde hipotalamus ve hipofiz bezi, boyun bölgesinde tiroid ve paratiroid bezler, mediastende timus, abdominal bölgede adrenal bezler ve pankreasın endokrin kısmı, pelvik bölgede over ve testislerin görüntülenmesi gibi geniş bir alanı kapsar. Bu organların patolojilerinin tanı ve izleminde ultrasonografi (US), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi konvansiyonel yöntemlerden nükleer tıp görüntülemelerine kadar geniş bir yelpazede pek çok modalite kullanılır. Ayrıca beyin cerrahisi, endokrinoloji, onkoloji ve metabolizma gibi disiplinler arası etkileşim de gerektirir. Radyoloji içinde nöroradyoloji, baş-boyun, toraks, abdominal görüntüleme gibi alt dallarla kesişir. Ayrıca endokrin radyolojinin alanında olan endokrin tümörler fonksiyonel veya fonksiyonel olmayan olabilir ve tanısallık görüntülenmenin amacı sadece lezyonu saptamak değil, aynı zamanda hastanın klinik tablosuyla ilişkilendirerek fonksiyonellik ve malignite potansiyeli hakkında bilgi sağlamaktır. Bunlardan dolayı endokrin radyoloji, kapsamının genişliği nedeniyle radyoloji asistanlarından radyoloji yan dalından deneyimli uzmanlara kadar pek çok kişinin karşılaşabileceği ve sürekli öğrenmeyi gerektiren bir alandır.

Son yıllarda tıpta yapay zeka (YZ) uygulamalarının yükselişi özellikle radyoloji alanında çarpıcıdır ve endokrin radyoloji de dahil olmak üzere radyolojinin tüm alt dallarını hem araştırma hem de uygulamada etkilemeye başlamıştır [1-3]. Bilgisayar algoritmalarının büyük veri setlerinden karmaşık örüntüleri öğrenip tanı koyma süreçlerine entegre olması, tıbbi görüntüleme pratiğinde yeni bir dönemin habercisidir.

Türk Radyoloji Derneği (TRD) Görüntüleme Bilişimi Çalışma Grubu tarafından hazırlanan YZ Uygulamaları Rehberinde de belirtildiği üzere [1], yapay öğrenme algoritmalarının sağlık ve radyoloji alanında köklü değişiklikler getireceği öngörülmekte ve bu kaçınılmaz değişimin beklenenden hızlı

gerçekleşebileceği vurgulanmaktadır [1-6]. Bu rehber, benzer öncülleri gibi YZ teknolojilerinin bazı tehditler içerebileceğini belirtmekle birlikte esas olarak bu teknolojilerin sunabileceği yeni fırsatlara odaklanılması ve uygulamaların hasta yararına, etik kurallar çerçevesinde geliştirilip kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır [1]. Gerçekten de YZ uygulamaları doğru kullanıldığında radyologların iş yükünü azaltma, tanısallık doğruluğu artırma ve hastalık yönetimine önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Özellikle karmaşık ve çok sayıda organı içeren endokrin sistem gibi bir alanda YZ desteği ile görüntülerin ön değerlendirmesi, lezyon saptama ve karakterizasyonu gibi görevlerin otomasyonu, radyoloğun dikkatini daha kritik karar noktalarına odaklamasına yardımcı olabilir.

RADYOLOJİDE YAPAY ZEKA: GENEL BAKIŞ

Yapay zeka, insan zekası gerektiren görevleri bilgisayarların yerine getirmesini hedefleyen geniş bir kavram olup özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ile son yıllarda büyük ilerlemeler kaydetmiştir ve radyolojinin işlevi adeta yeniden tanımlanmıştır [3]. Makine öğrenmesi, bilgisayar algoritmalarının örnek veriler üzerinden öğrenerek karar vermeyi öğrenmesi prensibine dayanırken derin öğrenme bunun bir gelişmiş uygulaması olarak çok katmanlı sinir ağları ile büyük veri setlerinden yüksek düzeyli özellikler otomatik olarak çıkarıp kullanabilmektedir ve görüntüleme alanında oldukça etkilidir. Radyoloji, verinin dijital ve zengin olduğu bir alan olarak YZ uygulamalarının hızla yer bulduğu bir disiplindir. Son birkaç yıl içinde akademik araştırma ortamlarından çıkıp klinik uygulamaya giren çok sayıda YZ aracı mevcuttur. 2024 yılı itibarıyla, dünya çapında tıbbi görüntüleme alanında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) onaylı 700'e yakın ve Avrupa Uygunluk İşareti işaretli 220 civarı YZ tabanlı yazılım ürünü bulunmaktadır [2]. Bu rakamlar ticari YZ ürünlerinin klinik kullanıma önemli ölçüde girdiğini göstermektedir.

Yapay zeka uygulamaları radyolojide genel olarak görüntü yorumlama (yorumlayıcı) ve iş akışı/destek (yorumlayıcı olmayan) olarak iki ana gruba ayrılabilir [3-5]. Yorumlayıcı YZ araçları; lezyon tespiti (örn. nodül belirleme), karakterizasyon (*benign-malign* ayrımı gibi), segmentasyon (organı veya lezyonu piksel düzeyinde boyutlama) ve tanı/tahmin (bir görüntüden hastalık tanısı koyma veya prognostik öngörü) gibi işlevler üstlenebilir. Yorumlayıcı olmayan YZ ise görüntü rekonstrüksiyonundan (örn. düşük doz BT görüntülerinin kalite iyileştirmesi), hasta randevu planlaması veya rapor otomasyonu gibi idari süreçlere kadar uzanır [1-3, 5, 6].

Radyoloji, özellikle görüntü tanıma, bölütleme gibi uygulamaların yaygın kullanılması ile diğer sağlık disiplinleri arasında YZ kullanılması açısından öncüdür. Bunun önemli nedenlerinden biri radyoloji görüntülerinin uzun süredir DICOM formatı ile sayısallaştırılması ve bilişim yöntemleri ile veri analizine uygun olmasıdır. Genel olarak görüntü işleme için gereken derin öğrenme algoritmaları görece zor ve yeni olmakla birlikte bu teknolojinin gelişmesi ve güçlü işlemciler sayesinde popüler bir çalışma alanı olmuş ve hızla ilerlemiştir. Böylece radyolojide YZ, karmaşık ve yüksek hacimli görüntü verilerini hızlı biçimde analiz edebilmesini sağlamıştır. Özellikle tarama programları, afet ya da benzeri acil durumlarda YZ algoritmalarının küçük bulguları belirleyerek tanıda yardımcı olması önemli olabilir. Bu bağlamda pek çok uygulama halen günlük pratikte kullanılmaktadır. Ayrıca YZ'yi uygun kullanan diğer karar destek sistemleri, gereksiz tetkikleri ve girişimleri azaltarak hastaya yarar sağlayabilir. Literatürdeki güncel çalışmalar, YZ'nin radyologlarla birlikte kullanıldığında tanısallık doğruluğu yükselttiğini ve gereksiz işlemleri azaltabildiğini kabul etmektedir [1-6]. Karmaşık olan radyoloji iş akışında verimlilik artışı da radyolojide YZ'nin kullanıldığı bir diğer önemli alandır. Radyologların rutin iş yükündeki bazı görevleri (ölçümleme, önceki görüntülerle karşılaştırma, ön rapor taslağı oluşturma gibi) YZ ile otomatikleştirildiğinde, uzmanlar zamanlarını daha nitelikli işlere ve konsültasyonlara ayırabilir. Nitekim **Avrupa Radyoloji Topluluğu'nun (ESR) YZ konusunda yaptığı değerlendirmelerde YZ teknolojilerinin görüntü yorumlamayı zenginleştirip hasta bakım standartlarını yükselteceği, radyolojide tanı süreçlerini kökten dönüştürme potansiyeli olduğu vurgulanmıştır [2, 4].**

Bununla birlikte, YZ'nin radyoloji pratiğine entegrasyonu bazı zorlukları da beraberinde getirir. Altyapı ve entegrasyon sorunları, veri gizliliği ve güvenliği, algoritma performansının gerçek dünyada doğrulanması (*validasyon*) ve düzenleyici onay süreçleri önemli hususlardır [5, 6]. YZ araçlarının geliştirme aşamasındaki başarısı, farklı merkezlerde ve popülasyonlarda tekrarlanabilir olmalıdır, aksi takdirde genelleştirilebilirlik kısıtlı kalır. Örneğin tek bir kurumun verisiyle eğitilmiş bir model, başka bir kurumda farklı cihazlar veya hasta profilleri ile çalışırken aynı performansı göstermeyebilir. Bu nedenle,

çok merkezli ve bağımsız doğrulama setleriyle test edilmiş algoritmalar tercih edilmeli, mümkünse prospektif klinik çalışma verileriyle etkinlikleri kanıtlanmalıdır.

Avrupa Radyoloji Topluluğu tarafından 2024 yılında yapılan kapsamlı bir anket, radyologların %80'inin YZ yazılımlarının tıbbi cihaz regülasyonları ve piyasaya çıktıktan sonraki gözetim gereklilikleri konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığını ortaya koymuştur [4]. Ankete katılanların büyük bölümü, YZ'nin güvenli klinik uygulaması için eğitim ihtiyaçları olduğunu belirtmiş; YZ araçlarının eksiksiz değerlendirilmesi ve sürekli izlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Aynı ankette, katılımcıların yaklaşık yarısının (%48) halihazırda klinik pratiğinde YZ tabanlı bir ürünü kullandığı beş yıl öncesine göre (2018'de %20 idi) belirgin bir artış olduğu raporlanmıştır [4]. Yani **YZ kullanımı hızla yaygınlaşmakta ve radyologlar bu değişime adapte olmaya başlamaktadır.** %25'lik bir kesim yakın gelecekte YZ kullanmayı planladığını belirtirken yalnızca %27 civarında bir grup şimdilik YZ kullanmayı düşünmediğini ifade etmiştir. Bu bulgular, radyoloji camiasında YZ'ye karşı ilginin arttığını ve klinik pratiğe girişin hızlandığını göstermektedir.

ENDOKRİN RADYOLOJİ VE YAPAY ZEKA

Endokrin radyoloji alanında YZ uygulamaları, yukarıda genel hatlarıyla değinilen radyolojide YZ kullanımının, spesifik endokrin organ görüntülemelerine uyarlanması içerir. Endokrin sistem, farklı organlarda farklı görüntüleme modaliteleri gerektirdiğinden, her birine yönelik YZ yaklaşımları da değişiklik gösterebilir. Aşağıda başlıca endokrin organ gruplarında YZ'nin mevcut ve potansiyel kullanımları örneklerle verilmiştir.

Hipofiz Bezi ve Sellar Bölge

Hipofiz adenomu başta olmak üzere sellar bölge lezyonları, endokrin sistem içinde oldukça önemli bir yer tutar. Hipofiz adenomları intrakraniyal neoplazmların %15-20'sini oluşturur ve yaklaşık üçte ikisi hormonal olarak aktiftir ve en sık prolaktin salgılayan tümörler olarak karşımıza çıkmaktadır [7]. Tanıda en hassas ve doğru yöntem genellikle kontrastlı beyin MR görüntüleme olup özellikle mikroadenomlar (<10 mm) için kullanılır. **YZ ve makine öğrenmesi teknikleri, zaman zaman tanı ve görüntüleme sorunu olan hipofiz adenomlarının görüntülerinden tanı doğruluğunu artırma, bazı klinik öngörülerde ve hatta cerrahi planlamaya katkı potansiyeline sahiptir [7-11].** Örneğin, radyomik analiz ve derin öğrenme teknikleri kullanılarak MR görüntülerinden adenomun doku yapısı tahmin edilebilir, bu sayede tümörün sertlik (*konsistens*) veya invazyon potansiyeli hakkında çıkarımlar yapılabilir, preoperatif MR görüntülerinden hipofiz adenomunun kavernöz sinüs invazyonu yapıp yapmayacağını veya tümörün yüksek proliferatif indeks (Kiel-67) içerip içermediğini tahmin eden makine öğrenmesi modelleri mevcuttur [8-11]. Benzer

şekilde, fonksiyonel adenom alt tipleri arasında ayırım yapmak için de yapay öğrenme uygulamaları denenmiştir [7]. Örneğin “hormon üretmeyen null cell adenomu mu, yoksa somatostatin analoglarına yanıt verebilecek bir büyüme hormonu adenomu mu” olduğu ayrımında çalışılmıştır. Ameliyat öncesi bu tür bilgilerin varlığı cerrahi planlamada veya medikal tedavi stratejisinde önemli rol oynayabilir. Örneğin, invazyon ihtimali yüksek olan ve sert bir tümör, cerrahi zorluk derecesini artıracığından deneyimli cerrah ve uygun ekipman gereksinimini önceden düşündürebilir. Ayrıca, ameliyat sonrası dönemde de YZ ile rezeksiyonun tam olup olmadığı veya nüks riskinin öngörülmesi gibi uygulamalar araştırılmaktadır. Henüz bu çalışmalar rutin pratiğe girmemiş olsa da mevcut çalışmalar umut verici sonuçlar bildirmektedir ve bu konuda çalışmaların sürmesi beklenmektedir. Ancak diğer YZ çalışmalarında olduğu gibi burada da klinik uygulanabilirlik için modellerin daha geniş veri setlerinde çalışılması, validasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Tiroid ve Paratiroid Bezler

Tiroid nodülleri, endokrin radyolojide en sık karşılaşılan durumlardandır. Erişkin popülasyonda US ile taramada nodül oranı %50'lere kadar ulaşabilmektedir [12, 13]. Bu nodüllerin küçük bir kısmı *malign* olmasına karşın, hangi nodülün yüksek risk taşıdığını belirlemek klinik karar açısından kritiktir. Klasik olarak tiroid US görüntülerine dayanan Tiroid Görüntüleme Raporlama ve Veri Sistemi (TI-RADS) gibi sınıflama sistemleri geliştirilmiştir [14] ancak operatör bağımlılığı ve yorum farklılıkları zaman zaman bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. **YZ, tiroid nodüllerinin ultrason görüntülerini analiz ederek bu sınıflandırmada standardizasyon ve doğruluk artışı sağlayabilir [12-18].** Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, FDA onayı almış bir YZ yazılımı ile US görüntülerindeki nodüller otomatik olarak Amerikan Radyoloji Koleji TI-RADS kriterlerine göre skorlara ayrılmış ve malignite riski tahmininde bulunulmuştur [15]. Söz konusu çalışmada YZ aracının tek başına performansı, radyologların raporlarıyla benzer bir tanısal doğruluk [eğri altındaki alan (AUC) ~ 0.70] sergilemiştir; dikkat çekici olarak YZ, radyologlara kıyasla daha yüksek özgüllük ancak biraz daha düşük duyarlılık göstermiştir. En önemli bulgu ise radyolog değerlendirmesine YZ tahmininin eklenmesi ile sağlanmıştır: Radyolog ve YZ'nin kombine yorumunda AUC değeri 0,76'ya yükselmiş, duyarlılık sabit kalırken spesifite artarak gereksiz biyopsi önerilerinde %17'lik bir azalma sağlanmıştır [12, 15]. **Bu sonuç YZ'nin tiroid nodülü değerlendirmesinde radyoloğa karar desteği olarak kullanılmasıyla gereksiz ince iğne aspirasyon biyopsilerinin belirgin ölçüde azaltılabileceğini düşündürmektedir. Pratikte, bu tür bir uygulama ile iyi huylu olduğu yüksek olasılıkla saptanan nodüllerde gereksiz girişimler engellenerek maliyet ve iş yükünden tasarruf edecektir.**

Mevcut ticari YZ yazılımlar dışında da literatürde tiroid US görüntülerinde nodüllerin benign-malign ayrımını yapay sinir ağları ile otomatikleştirmeye çalıştıran çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu modeller genellikle patoloji sonucu bilinen olguların US görüntülerini kullanmış ve farklı görüntü özelliklerini (nodül içi ekojenite, kenar özellikleri, mikrokalsifikasyon varlığı vb.) sayısal olarak değerlendirerek eğitilmiştir. Bazı derin öğrenme modellerinin deneyimli radyologlarla kıyaslandığında eşdeğer performansa ulaştığı bildirilmektedir. Hatta YZ desteğinin, özellikle deneyimsiz radyologların veya radyoloji asistanlarının performansını anlamlı ölçüde yükselttiği gösterilmiştir. Bu bulgu, YZ'nin eğitim amacıyla da kullanılabileceğini akla getirmektedir. Genç hekimler, okuma seanslarında YZ'den aldıkları geri bildirim ile öğrenme süreçlerini hızlandırabilirler.

Paratiroid bezler açısından ise YZ uygulamaları nispeten erken aşamadadır. Primer hiperparatiroidi olgularında adenomu lokalize etmek için kullanılan sintigrafi ya Dört Boyutlu-BT gibi yöntemlerde YZ'nin lezyon tespitini otomatikleştirmesi potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle çok bezli hastalık veya ektopik paratiroid adenomu olgularında, YZ algoritmaları ince taramalarda normal dokudan farklı yoğunluk veya tutulum örüntülerini saptayarak cerrahın işini kolaylaştırabilir. Ancak bu konuya dair literatürde yayınlar sınırlıdır. Yine de tiroid bölgesi ultrasonda YZ ile taranırken, ektopik paratiroid adenomu gibi bulguların da tespit edilmesi teorik olarak mümkündür. Önümüzdeki dönemde, tiroide yönelik geliştirilen YZ algoritmalarının paratiroid patolojilerini de kapsayacak şekilde genişletilmesi beklenebilir.

Adrenal Bezler

Adrenal bez lezyonları, özellikle rastlantısal olarak saptanan adrenal insidentalomlar ile radyolojide sık karşılaşırlar. Genel popülasyonda batin BT/MR incelemelerinde adrenal lezyonlarına rastlanma oranı yaklaşık %3-7 olarak bildirilmektedir [19]. Bu lezyonların büyük çoğunluğu iyi huylu, işlevsel olmayan adenomlar olsa da adrenal korteks kaynaklı malign tümörler (adrenokortikal karsinom), metastazlar veya feokromositoma gibi klinik açıdan önemli lezyonlar da mevcuttur. Dolayısıyla adrenal bezde saptanan bir kitlede asıl zorluk, *benign* ile *malign/invaziv* lezyon ayrımının yapılması ve varsa hormon salgılayan tümörlerin belirlenmesidir. Konvansiyonel radyolojide, BT'de saptanan lipidden zengin adenomlar klasik olarak *benign* kabul edilir. Gri zonda kalan “lipidden fakir adenom ile metastaz” ayrımı veya atipik görünümlü lezyonların değerlendirilmesi için geç kontrastlı tarama ya da pozitron emisyon tomografisi/BT gibi ek tetkikler gerekebilir. Bu alanda YZ ile lezyon saptama, adenom ve metastaz ayrımı, hormon fazlalığı sendromlarının öngörüsü ve izlem gibi alanlarda katkı sağlayabilecek çalışmalar mevcuttur [19-24]. Yakın tarihli bir derleme, adrenal görüntülemeye YZ kullanımının henüz erken

aşamada olduğunu ancak lezyon saptama, karakterizasyon, hiperfonksiyonel sendrom yönetimi ve izlem gibi durumlarda teşvik edici sonuçlar alındığını belirtmektedir [20]. **Bu alanda henüz tüm bu basamakları kapsayan mükemmel bir YZ aracı olmasa da değişik araştırmalarda belirli alt sorunlar için başarılı algoritmalar geliştirilmiştir. Örneğin adrenal BT görüntülerinde radyomik özellikler kullanarak adenom ve metastatik lezyonları ayırt etmeye yönelik çalışmalar vardır. Bazı radyomik modeller tekstür analiz parametreleri kullanmak gibi yöntemlerle doku heterojenitesini ölçerek, klasik 10 HU eşik değerini aşan durumlarda dahi metastaza işaret eden bulguları tanımlamıştır. Bu bulgular ışığında YZ destekli analizlerin insan gözünün fark edemeyeceği multi-parametrik desenleri değerlendirerek atipik görünümlü adenom ve malign hastalık ayrımında yardımcı olabileceği söylenebilir [20, 22, 23].**

Hiperaldosteronizm gibi endokrin sendromlar, endokrin radyolojide tanıda zaman zaman güçlük olan başka bir alandır. Bu alanda YZ uygulamalarından yararlanma girişimleri olmuştur. Çalışmalar sınırlı olmakla birlikte ilk bulgular umut vericidir ve bu tür uygulamaların klinik uygulamada yer alması için daha fazla araştırmaya ve doğrulama çalışmasına ihtiyaç vardır.

Adrenal lezyonların izlemi ve prognoz öngörüsü de YZ'nin potansiyel katkı alanlarından biridir. Örneğin, adrenal adenomların boyut ve özellik değişimlerinin otomatik izlemi, görüntüler arası farkı saptayan algoritmalarla yapılabilir. Ayrıca nadir görülen adrenokortikal karsinom gibi malign tümörlerde, preoperatif görüntülerden tümörün agresiflik derecesini veya post-operatif nüks riskini öngören modeller geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Sonuç olarak YZ adrenal radyolojisinde, henüz rutin uygulama alanı çok bulamamış olsa da lezyon karakterizasyonu ve risk stratifikasyonu konuları başta olmak üzere önümüzdeki yıllarda daha somut araçlar görmeyi bekleyebiliriz.

NÖROENDOKRİN TÜMÖRLER

Nöroendokrin tümörler (NET), pankreas başta olmak üzere çeşitli gastrointestinal organlarında çıkabilen nadir ve heterojen bir tümör grubudur. Pankreatik NET'lerin (PanNET) insülinoma, gastrinoma, glukagonoma gibi hormon üreten tipleri olabileceği gibi işlevsel olmayan tipleri de vardır. Bu tümörlerin tanı ve takibinde radyolojik görüntüleme (MRG, kontrastlı BT) yanı sıra nükleer tıp görüntülemeleri önemli rol oynar. NET'lerin tanınması ve sınıflandırılmasında YZ araştırılan bir konudur. Ancak NET'ler nispeten nadir olduğu için büyük veri setleri oluşturmak güçtür. Yine de 2022 yılında yayınlanan derleme çalışması, gastroenteropankreatik NET'ler ile ilgili YZ uygulamalarını taramış ve 44 çalışmayı analiz etmiştir [25]. Bu derlemeye göre çalışmaların yaklaşık %60'ı pankreas NET'lerine odaklanmış olup farklı makine öğrenmesi

algoritmalarını kapsamaktadır. NET'lerde YZ kullanım alanları arasında; erken tanı (örn. endoskopik ultrason görüntülerinden pankreas tümörünü saptama), derece ve histolojik özellik tahmini (görüntüden Ki-67 proliferasyon indeksini öngörme gibi) ve tedavi yanıtının izlenmesi (tedavi öncesi ve sonrası görüntüleri kıyaslayarak tümör yükündeki değişimi otomatik hesaplama) sayılabilir [25-29]. Yi ve ark. [28] radyolojik görüntülerdeki belli özelliklere dayanarak PanNET'in düşük ya da yüksek derece olmasını tahmin etmeye çalışmış ve makine öğrenmesi modellerinin %70'ler civarı doğrulukla ayırım yapabildiğini raporlamıştır. Bir diğer YZ çalışmasında ise gastroenteropankreatik NET'lerde tedavi yanıtının volumetrik değerlendirmesi için bir yöntem geliştirilmiş ve tümör volümündeki değişime dayalı YZ analizinin, RECIST kriterlerine alternatif olabileceği öne sürülmüştür [25-30].

Bununla birlikte, **NET'lerde YZ uygulamalarının henüz emekleme aşamasında olduğu söylenebilir. Söz konusu derleme çalışması [25], yayınlar arasında ciddi heterojenite olduğunu, çoğu çalışmada yöntem ve veri seti tanımlarının standart olmadığını ve dış merkez validasyonu yapılmadığını vurgulamıştır. Bu da sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecekte, NET gibi nadir tümörlerde uluslararası çok merkezli ortak veri tabanları oluşturularak YZ modellerinin eğitilmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca YZ modellerinin çıktılarının klinisyenler için anlaşılabilir ve güvenilir olması da kritik bir husustur.**

Özetle endokrin sistemin pankreas ve sindirim sistemi gibi bölümlerindeki NET'lerde YZ'nin rolü konusunda araştırmalar artmaktadır. Tanı konulduğunda çoğunlukla ileri evrede olan bu tümörlerin, görüntü analizine dayalı erken tanı şansı veya mevcut olgulara prognoz tahmini YZ'nin katkı sağlayabileceği alanlardır. Ancak yaygın klinik uygulama için daha yapılacak adımlar vardır.

ETİK VE YASAL KONULAR

Diğer alanlarda olduğu gibi radyolojide YZ kullanımının yaygınlaşması, beraberinde çeşitli etik ve hukuki sorunları gündeme getirmiştir. Sağlık alanında YZ uygulamalarının mevzuatla düzenlenmesi, hasta güvenliği ve veri gizliliği açısından büyük önem taşır. Avrupa Birliği, bu konuda kapsamlı bir yasal çerçeve oluşturma yoluna gitmiş ve kısa süre önce **Avrupa Yapay Zeka Tüzüğü (AI Act) ile önemli bir adım atmıştır. Bu düzenlemede YZ sistemleri kullanım alanlarına göre risk seviyelerine ayrılmıştır ve tıbbi görüntüleme yazılımları "yüksek riskli" kategoride değerlendirilerek insan gözetimi altında çalışma şartı getirilmiştir [2, 31].** Bir başka deyişle bir radyoloji YZ aracı ne kadar başarılı olursa olsun tek başına karar vermesine izin verilmeyip mutlaka bir hekim tarafından denetlenmesi ve onaylanması gerekecektir. Buna paralel olarak ESR anketinde de radyologların %45'i YZ çıktılarının

sorumluluğunun hekime ait olması gerektiğini, %37'si ise “paylaşılan sorumluluk” modelini savunmuştur, hiçbir önemli kesim YZ'ye tamamen bağımsız bir rol biçmemiştir [4]. Yasal düzenlemeler de bu çizgide ilerlemektedir. “AI Act” taslağı YZ araçlarının piyasaya sürülmeden önce sıkı bir değerlendirme ve sonrasında da sürekli izleme süreçlerinden geçmesini, veri kalitesinin ve algoritma şeffaflığının sağlanmasını şart koşturmaktadır. Benzer şekilde Amerika Birleşik Devletleri'nde 2023 yılında yayınlanan bir Başkanlık Kararnamesi, sağlık hizmetlerinde kullanılan YZ için veri güvenliği, ayrımcılık yapmama ve etik kullanım standartları getirmeyi hedeflemiştir [32]. Bu gelişmeler gereksinimler doğrultusunda yasal düzenlemeler yapılmaya başladığını göstermektedir

Yapay zeka kullanımı ile ilgili etik ve yasal konular popüler bir başlık olup bunu ele alan dünyada çok sayıda çalışma ve kılavuz vardır. Türkiye’de de çeşitli girişimlerle bu konular ele alınmaktadır. Endokrin radyoloji hatta daha geniş ve genel olarak radyolojide YZ uygulamalarına ilişkin TRD Görüntüleme Bilişim Grubu tarafından hazırlanan TRD Yapay Zeka Uygulamaları Rehberi son derece kapsamlı bir rehber olup etik ve yasal konuları da içermektedir. Bu rehberde hastaların YZ kullanımı konusunda bilgilendirilmesi ve onam alınması özel bir madde olarak belirtilmiştir. Bu yaklaşım, aydınlatılmış onam sürecine YZ'nin de dahil edilmesini, hastaya görüntülerinin YZ ile de değerlendirileceğinin söylenmesini ve bu konuda rızasının alınmasını içerir. Bilgilendirme sırasında YZ sisteminin ne yaptığının, ne amaçla kullanıldığının ve verilerinin nasıl işlendiğinin açıkça anlatılması gerektiği vurgulanmıştır. Böylece hastalara, tanı ve tedavi sürecinde YZ'nin rolünü kavrayarak olası sorularını sorma fırsatı verilir. Ayrıca bu rehberde YZ uygulamalarının performansının sürekli olarak izlenmesi, kullanıcı geri bildirimlerinin toplanması ve yazılımların kalite denetimlerinin düzenli yapılması önerilmektedir. Bu süreç YZ sistemlerinin zamanla performansının bozulmaması veya hatalarının erkenden fark edilip giderilmesi açısından önemli bir adımdır.

Veri gizliliği ve güvenliği de özellikle sağlık alanı gibi “nitelikli veri” ile çalışılan bir alanda bir diğer önemli etik boyuttur. YZ modelleri genellikle büyük miktarda hasta verisi ile eğitilir. Eğitim sürecinde de verilerin anonimleştirilmesi, mahremiyetin korunması ve model geliştiricilerin yalnızca gereken asgari veri ile çalışması sağlanmalıdır. Avrupa’daki düzenlemeler (örn. Genel Veri Koruma Tüzüğü) kapsamında da YZ geliştirme süreçlerinde kullanılan tıbbi görüntülerin hasta kimlik bilgilerinden arındırılması ve amaç dışı kullanılmaması yasal zorunluluktur. Klinik uygulamada da hastaların görüntülerinin nasıl bir YZ işlemine tabi tutulacağı ve bu verilerin sonrasında nasıl yönetileceği (örn. bulutta depolanıp depolanmadığı) şeffaflıkla belirtilmiş olmalıdır.

Sorumluluk

Yapay zeka ile alınan kararlarda sorumluluk meselesi bir başka önemli konudur. **Radyolojide de YZ ile desteklenen tanılarda hatalı sonuç çıkması durumunda kimin sorumlu olacağı sorusu dikkatle ele alınmalıdır.** Genel kanı ve mevcut öncü yasal çerçevede bu sorumluluğun hekimde olduğu yönündedir. Yani YZ bir karar destek aracı olarak görülmekte, onay ve sorumluluk radyoloğa ait sayılmaktadır. Bu durum, TRD rehberinde de vurgulanmış ve YZ kullanılsa dahi nihai klinik sorumluluğun radyologda olduğu açıkça belirtilmiştir. Bu bakış açısı, en azından YZ sistemleri tam anlamıyla “özerk” hale gelip kendi başına tanı koyma yetkisi alana dek (mevcut düzenlemeler bunu engellemektedir) devam edecektir. Dolayısıyla YZ uygulamaları gibi hızlı gelişen ve dinamik alanda etik ve hukuk gibi konular da paralel olarak çalışılmalıdır.

GELECEK ÖNGÖRÜLER

Yapay zekanın radyolojideki rolünün giderek artacağı ve kaçınılmaz olduğu kabul edilmektedir [2-4, 27]. Ancak bu artışın hızı ve şekli, çeşitli faktörlere bağlıdır: Teknik açıdan algoritmaların güvenilirliği, klinik yararlılık kanıtı, regülasyonlara uyum; insani açıdan ise radyologların YZ'ye adaptasyonu, eğitim ve toplumun güveni gibi unsurlar belirleyici olacaktır. ESR 2024 anketine göre, radyologlar arasında YZ'nin mesleki geleceğe etkisi konusunda 2018'e kıyasla daha dengeli ve iyimser bir tutum saptanmıştır. Çoğu katılımcı YZ'nin iş gücü kaybına yol açmasından endişe etmediğini aksine radyolog kimliğini daha klinik ve teknik açıdan yetkin hale getireceğini öngörmektedir. Bu “YZ radyologların yerini alacak mı?” tartışmasında pratik deneyimin korkuları azalttığı şeklinde yorumlanabilir. Nitekim YZ kullanan ve bu konuda araştırma yapan hekimlerin, hiç kullanmayanlara göre mesleki gelecek konusunda daha az endişeli olduğu raporlanmıştır .

Önümüzdeki yıllarda, endokrin radyoloji de dahil olmak üzere tüm radyoloji alt dallarında YZ'nin yardımcı bir araç olarak entegre edilmesi beklenmektedir. Halen endokrin radyolojide en çok tiroid nodül alanında yapılan çalışmaların diğer klinik durumlarda da yapılması ve kullanılabilir ürünlerin gelişmesi kuvvetle olasıdır. İdeal senaryoda YZ, rutin ve zaman alıcı işleri üstlenirken, radyologların daha kompleks olgulara, interdisipliner iletişime ve hastayla etkileşime daha çok zaman ayırabilmesi beklenmektedir. Gerçekten de YZ ile kazanılan zamanın klinisyen ve hastalarla iletişime harcanabileceği, böylece radyoloğun sağlık ekibindeki görünürlüğünün artacağı öngörülmektedir. Bunun gerçekleşebilmesi için YZ'nin sağlık kurumlarında verimli bir şekilde kurulum ve entegrasyonu (PACS entegrasyonu, iş akışı modifikasyonları) sağlanmalıdır. Ayrıca kurumlar bazında YZ için bütçe ayrılması gerekecektir. ESR anketinde katılımcıların sadece %9'u kurumlarında YZ'ye ayrılmış bir bütçe olduğunu belirtmiştir ki bu oldukça düşüktür [4].

Maliyet-etkinlik analizleri yapılarak YZ'nin gerçekten tanı değerine katkısı olan alanlara yatırım yapılması önemlidir. YZ'nin klinik yararını kanıtlamak üzere randomize kontrollü çalışmalar dahi önerilmektedir. Bu şekilde YZ'nin hasta çıktıları üzerindeki gerçek etkisini ortaya koyabilir.

Eğitim ve Sürekli Gelişim

YZ dönüşümünde en kritik noktalardan biridir. Tıp eğitiminde olduğu gibi radyoloji uzmanlık eğitiminde de YZ konularına yer vermeye başlanmıştır. ESR, radyoloji uzmanlık eğitiminde YZ'nin temel prensipleri ve klinik uygulamaları konusunda yeterlilik kazanılmasını önermektedir. Buna paralel olarak Türk Radyoloji Yeterlik Kurulu da ilgili öğrenim hedeflerini program önerisine eklemiştir [1, 2]. Türkiye'de de gerek TRD gerek akademik kurumlar, kurslar ve seminerlerle radyologların YZ okur-yazarlığını artırmaya yönelik adımlar atmaktadır. Kuşkusuz ki radyolog eğitiminde YZ okuryazarlığından çok daha fazlası gereklidir ve sadece algoritmanın çıktısını görmek değil aynı zamanda nasıl çalıştığını, sınırlılıklarını ve yanılabilirliği durumları anlamayı içerir. Radyoloğun bu bilgiyle donanması, YZ'nin doğru alanlarda kullanılmasını ve hatalı çıktıları gerektiğinde müdahale edilmesini sağlar ve bu eğitim faaliyeti yaşam boyu süren dinamik bir süreç olduğu unutulmamalıdır.

SONUÇ

Endokrin radyoloji, vücudun farklı bölgelerindeki organları kapsayan ve pek çok radyoloji alt disiplini kapsayan geniş bir alandır. Diğer radyoloji alanlarda olduğu gibi endokrin radyoloji de YZ uygulamalarından büyük fayda sağlayabilecek potansiyele sahiptir. YZ uygulamaları endokrin sistem görüntülemesinde rutin iş akışını iyileştirip standardize edebilir ve tanısal doğruluğu artırabilir. Ayrıca izlem ve prognozda katkı potansiyeli vardır. Tiroid nodüllerinin değerlendirilmesinde gereksiz biyopsileri azaltması, hipofiz adenomlarında invazyon tahminiyle cerrahi planlamaya katkı sunması, adrenal kitlelerde *benign-malign* ayrımını objektifleştirmesi ve NET'lerde prognostik öngörü sağlaması bu potansiyelin öne çıkan somut örnekleridir. Ancak bu kazanımların gerçekle buluşması için kanıta dayalı tıp ilkeleri doğrultusunda hareket edilmelidir. Geliştirilen algoritmalar bağımsız veri setlerinde doğrulanmalı, klinik ortamda uygulanabilirlikleri ortaya konmalı ve hekimler tarafından benimsenmelidir. YZ hiçbir zaman insan aklının ve klinik yorumun yerine geçecek bir sihirli değnek olarak görülmemelidir. Aksine doğru ayarlandığında radyoloğun yeteneklerini genişleten bir "ortak çalışma arkadaşı" olarak düşünülmelidir. TRD'nin vizyonunda da ifade edildiği gibi önemli olan YZ'yi etik kurallar çerçevesinde, hasta yararını en üstte tutarak kullanmaktır.

Önümüzdeki dönemde, endokrin radyoloji pratiğinde YZ'nin rolü giderek artacaktır. Bu süreçte radyologlar, değişimin aktif bir parçası olmalı, algoritma geliştirme çalışmalarına rehberlik

etmeli, kendi verilerini bu amaçla kullanıma açabilmeli ve YZ araçlarını yakından tanımalıdır. Meslek örgütleri ve düzenleyici kurumlar, YZ'nin güvenli ve etkin kullanımını sağlamak adına rehberler ve standartlar yayınlamaya devam edecektir. Nihai hedef, YZ'nin hastalık teşhis ve tedavisinde gecikmeyi azaltan, doğruluğu artıran ve sağlık sistemine verimlilik katan bir araç olarak güvenli biçimde entegre edilmesidir. Endokrin radyolojide de bu hedefe yönelik adımlar atıldıkça, kazanımlar hem hastalar hem hekimler için belirgin hale gelecektir.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Türk Radyoloji Derneği (TRD). Yapay zeka uygulamaları rehberi. TRD Görüntüleme Bilişimi Eğitim ve Bilimsel Araştırma Grubu; 2022. [CrossRef]
2. Kotter E, D'Antonoli TA, Cuocolo R, Hierath M, Huisman M, Klontzas ME, et al. Guiding AI in radiology: ESR's recommendations for effective implementation of the European AI act. *Insights Imaging*. 2025; 16: 33. [CrossRef]
3. Najjar R. Redefining radiology: a review of artificial intelligence integration in medical imaging. *Diagnostics (Basel)*. 2023; 13: 2760. [CrossRef]
4. Zanardo M, Visser JJ, Colarieti A, Cuocolo R, Klontzas ME, Pinto Dos Santos D, et al. Impact of AI on radiology: a EuroAIM/EuSoMRI 2024 survey among members of the European Society of Radiology. *Insights Imaging*. 2024; 15: 240. [CrossRef]
5. Alis D, Tanyel T, Meltem E, Seker ME, Seker D, Karakaş HM, et al. Choosing the right artificial intelligence solutions for your radiology department: key factors to consider. *Diagn Interv Radiol*. 2024; 30: 357-65. [CrossRef]
6. Geis JR, Brady AP, Wu CC, Spencer J, Ranschaert E, Jaremko JL, et al. Ethics of artificial intelligence in radiology: summary of the joint European and North American multisociety statement. *Radiology*. 2019; 293: 436-40. [CrossRef]
7. Guerriero E, Ugga L, Cuocolo R. Artificial intelligence and pituitary adenomas: a review. *Artif Intell Med Imaging*. 2020; 1: 70-7. [CrossRef]
8. Zeynalova A, Kocak B, Durmaz ES, Comunoglu N, Ozcan K, Ozcan G, et al. Preoperative evaluation of tumour consistency in pituitary macroadenomas: a machine learning-based histogram analysis on conventional T2-weighted MRI. *Neuroradiology*. 2019; 61: 767-74. [CrossRef]
9. Lee DH, Park JE, Nam YK, Lee J, Kim S, Kim YH, et al. Deep learning-based thin-section MRI reconstruction improves tumour detection and delineation in pre- and post-treatment pituitary adenoma. *Sci Rep*. 2021; 11: 21302. [CrossRef]
10. Choi US, Sung YW, Ogawa S. deepPGSegNet: MRI-based pituitary gland segmentation using deep learning. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024; 15: 1338743. [CrossRef]
11. Zilka T, Benesova W. Radiomics of pituitary adenoma using computer vision: a review. *Med Biol Eng Comput*. 2024; 62: 3581-97. [CrossRef]
12. Ashton J, Morrison S, Erkanli A, Wildman-Tobriner B. Assessment of the diagnostic performance of a commercially available artificial intelligence algorithm for risk stratification of thyroid nodules on ultrasound. *Thyroid*. 2024; 34: 1379-88. [CrossRef]
13. Sorrenti S, Dolcetti V, Radzina M, et al. Artificial intelligence for thyroid nodule characterization: where are we standing? *Cancers (Basel)*. 2022; 14: 3357. [CrossRef]

14. Chen Y, Gao Z, He Y, Mai W, Li J, Zhou M, et al. An artificial intelligence model based on ACR TI-RADS characteristics for US diagnosis of thyroid nodules. *Radiology*. 2022; 303: 613-9. [\[CrossRef\]](#)
15. Barinov L, Jairaj A, Middleton WD, D M, Beland, Kirsch J, et al. Improving the efficacy of ACR TI-RADS through deep learning-based descriptor augmentation. *J Digit Imaging*. 2023; 36: 2392-401. [\[CrossRef\]](#)
16. Sharifi Y, Ashgari MD, Shafiei S, Zakavi RS, Eslami S. Using deep learning for thyroid nodule risk stratification from ultrasound images. *WFUMB Ultrasound Open*. 2025; 3: 100082. [\[CrossRef\]](#)
17. Tao Y, Yu Y, Wu T, Xu X, Dai Q, Kong H, et al. Deep learning for the diagnosis of suspicious thyroid nodules based on multimodal ultrasound images. *Front Oncol*. 2022; 12: 1012724. [\[CrossRef\]](#)
18. Abdolali F, Shahroudjeh A, Amiri S, et al. A systematic review on the role of artificial intelligence in sonographic diagnosis of thyroid cancer: past, present and future. *Front Biomed Technol*. 2021; 7(4): 266-280. [\[CrossRef\]](#)
19. Barat M, Gaillard M, Cottreau AS, Fishman EK, Assié G, Jouinot A, et al. Artificial intelligence in adrenal imaging: a critical review of current applications. *Diagn Interv Imaging*. 2023; 104: 37-42. [\[CrossRef\]](#)
20. Ferro M, Tataru OS, Carrieri G, Busetto GM, Falagario UG, Maggi M, et al. Artificial intelligence and radiomics applications in adrenal lesions: a systematic review. *Ther Adv Urol*. 2025; 17: 17562872251352553. [\[CrossRef\]](#)
21. Seow JH, Stella DL, Welman CJ, Somasundaram AJ, Gerstenmaier JF. Washed up: the end of an era for adrenal incidentaloma CT. *Insights Imaging*. 2025; 16: 136. [\[CrossRef\]](#)
22. Qi S, Zuo Y, Chang R, Huang K, Liu J, Zhang Z. Using CT radiomic features based on machine learning models to subtype adrenal adenoma. *BMC Cancer*. 2023; 23: 111. [\[CrossRef\]](#)
23. Altay C, Başara Akın I, Özgül AH, Adıyaman SC, Yener AS, Seçil M. Machine learning analysis of adrenal lesions: preliminary study evaluating texture analysis in the differentiation of adrenal lesions. *Diagn Interv Radiol*. 2023; 29: 234-43. [\[CrossRef\]](#)
24. Li C, Fu Y, Yi X, Guan X, Liu L, Chen BT. Application of radiomics in adrenal incidentaloma: a literature review. *Discov Oncol*. 2022; 13: 112. [\[CrossRef\]](#)
25. Pantelis AG, Panagopoulou PA, Lapatsanis DP. Artificial intelligence and machine learning in the diagnosis and management of gastroenteropancreatic neuroendocrine neoplasms-a scoping review. *Diagnostics (Basel)*. 2022; 12: 874. [\[CrossRef\]](#)
26. Lopez-Ramirez F, Yasrab M, Tixier F, Kawamoto S, Fishman EK, Chu LC. The role of AI in the evaluation of neuroendocrine tumors: current state of the art. *Semin Nucl Med*. 2025; 55: 345-57. [\[CrossRef\]](#)
27. Balma M, Laudicella R, Gallio E, Gusella S, Lorenzon L, Peano S, et al. Applications of artificial intelligence and radiomics in molecular hybrid imaging and theragnostics for neuro-endocrine neoplasms (NENs). *Life (Basel)*. 2023; 13: 1647. [\[CrossRef\]](#)
28. Yi N, Mo S, Zhang Y, Jiang Q, Wang Y, Huang C, et al. An endoscopic ultrasound-based interpretable deep learning model and nomogram for distinguishing pancreatic neuroendocrine tumors from pancreatic cancer. *Sci Rep*. 2025; 15: 3383. [\[CrossRef\]](#)
29. Merola E, Fanciulli G, Pes GM, Dore MP. Artificial intelligence for prognosis of gastro-entero-pancreatic neuroendocrine neoplasms. *Cancers (Basel)*. 2025; 17: 1981. [\[CrossRef\]](#)
30. Zhang T, Zhang Y, Liu X, Xu H, Chen C, Zhou X, et al. Application of radiomics analysis based on CT combined with machine learning in diagnostic of pancreatic neuroendocrine tumors patient's pathological grades. *Front Oncol*. 2021; 10: 521831. [\[CrossRef\]](#)
31. European Commission. Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (AI Act). Brussels; 2024. [\[CrossRef\]](#)
32. Biden JR. Executive order on the safe, secure, and srustworthy development and use of artificial intelligence. Exec Order No. Washington (DC): 30 Oct 2023. *Federal Register*. 2023;24283. [\[CrossRef\]](#)

1. Tiroid nodüllerinin ultrason değerlendirmesinde yapay zeka (YZ) ve radyolog iş birliğinin en önemli klinik sonucu nedir?
 - a. Gereksiz ince iğne aspirasyon biyopsisi önerilerinde belirgin bir azalma sağlaması
 - b. TI RADS sınıflandırma sisteminin kullanımını tamamen geçersiz kılması
 - c. Değerlendirme sürecini tamamen otomatize ederek radyoloğa olan ihtiyacı ortadan kaldırması
 - d. Malign nodüllerin saptanma oranında önemli bir artış sağlaması
 - e. Tanı sürecinde kısalma
2. Avrupa Birliği'nin "AI Act" düzenlemesi, tıbbi görüntülemede kullanılan YZ sistemlerini hangi risk kategorisine dahil etmekte ve kullanımı için temel şart olarak neyi getirmektedir?
 - a. Düşük riskli" kategorisindedir ve özel bir denetim gerektirmez.
 - b. "Yüksek riskli" kategorisindedir ve insan gözetimi altında çalışma şartı getirir.
 - c. "Kabul edilemez risk" kategorisindedir ve kullanımı tamamen yasaklanmıştır.
 - d. "Orta riskli" kategorisindedir ve sadece veri şeffaflığı gerektirir.
 - e. Bu durum kullanım alanına göre alt sınıflara ayrılmıştır
3. Metne göre, hipofiz adenomlarının MR görüntülerinin YZ ve radyomik tekniklerle analiz edilmesi, cerrahi planlamaya hangi konuda önemli bir katkı sunma potansiyeline sahiptir?
 - a. Ameliyat sonrası nüks olasılığını %100 doğrulukla tahmin etme
 - b. Malign/benign hastalık ayırımını yapma
 - c. Tümörün hormon salgılama seviyesini doğrudan ölçme
 - d. Tümörün sertliği (konsistensi) veya invazyon potansiyeli hakkında preoperatif bilgi sağlama
 - e. Hastanın anesteziye vereceği yanıtı öngörme
4. Adrenal bezlerde rastlantısal olarak saptanan kitlelerin (insidentalom) değerlendirilmesinde YZ'nin potansiyel kullanım alanları arasında aşağıdakilerden hangisi vurgulanmaktadır?
 - a. Lipidden zengin adenom ile metastaz gibi lezyonların ayırımına yardımcı olma
 - b. Tüm kitlelerin cerrahi olarak çıkarılması gerekip gerekmediğine tek başına karar verme
 - c. Adrenal bezlerin anatomik yerleşimini değiştiren algoritmalar geliştirme
 - d. Sadece BT görüntülerindeki radyasyon dozunu azaltma
 - e. Operasyon sonrası nüks olasılığını
5. Türk Radyoloji Derneği tarafından hazırlanan YZ Uygulamaları Rehberi, YZ teknolojilerinin kullanımıyla ilgili olarak hangi temel ilkeyi ön plana çıkarmaktadır?
 - a. YZ uygulamalarında nihai yasal sorumluluğun yazılım geliştiricilere ait olduğu
 - b. Hastaların YZ kullanımı hakkında bilgilendirilmesine gerek olmadığı
 - c. Teknolojilerin öncelikle hasta yararı gözetilerek ve etik kurallar çerçevesinde kullanılması gerektiği
 - d. YZ'nin bir tehdit olarak görülmesi ve kullanımının kısıtlanması gerektiği
 - e. YZ'nin bilgi sistemlerine kolaylıkla entegre edilebileceği

Cevaplar: 1a, 2b, 3d, 4a, 5c

Cevaplar: 1a, 2b, 3d, 4a, 5c

Endokrin Hastalıklarda Fonksiyonel Görüntüleme - Nükleer Tıp

Functional Imaging in Endocrine Diseases - Nuclear Medicine

Emine Göknur Işık, Yasemin Şanlı

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Endokrin organ hastalıklarında fonksiyonel görüntüleme, anatomik yöntemlere ek olarak metabolik ve sekresyonel bilgi sağlar. Tiroid, paratiroid, adrenal bez ve pankreatik nöroendokrin tümörlerde kullanılan radyofarmasötikler, lezyonların fonksiyonel durumunu ortaya koyarak tanı, ayırıcı tanı ve tedavi planlamasına katkı sunar. Radyonüklid görüntüleme, özellikle çok bezli tutulum, reseptör ekspresyonu ya da hormon üretim kapasitesine dair bilgilerle klinik yönetimi destekler.

Anahtar Kelimeler: Tiroid sintigrafisi, [^{99m}Tc] sestamibi, [¹⁸F] FDG, MIBG, somatostatin reseptör görüntüleme, [⁶⁸Ga] DOTATATE, adrenal hastalıklar, nöroendokrin tümörler

ABSTRACT

Functional imaging plays a complementary role to anatomical methods by providing metabolic and secretory information in endocrine organ disorders. Radiopharmaceuticals used for the evaluation of the thyroid, parathyroid, adrenal glands, and pancreatic neuroendocrine tumors reveal the functional status of lesions, thereby contributing to diagnosis, differential diagnosis, and treatment planning. Radionuclide imaging supports clinical management, particularly by demonstrating features such as multiglandular involvement, receptor expression, or hormone production capacity.

Keywords: Thyroid scintigraphy, [^{99m}Tc] sestamibi, [¹⁸F] FDG, MIBG, somatostatin receptor imaging, [⁶⁸Ga] DOTATATE, adrenal disease, neuroendocrine tumors

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Tiroid, paratiroid, adrenal bezler ve pankreas görüntülemede kullanılan nükleer tıp yöntemlerini bilmek ve protokolleri tanımlayabilmek.
- Sintigrafik yöntemlerde görüntülemeyi etkileyebilecek faktörleri öğrenmek.
- Tiroid paratiroid, adrenal bezler ve pankreas nükleer tıp görüntülemesinde normal ve anormal bulguları ayırt edebilmek.
- Endokrin sistemle ilgili hastalıklarda nükleer tıp testlerinin gerektiği durumları anlayıp yönlendirebilmek.
- Multidisipliner klinik karar süreçlerinde görüntüleme uzmanlarının yaklaşımını destekleyebilmek.

GİRİŞ

Endokrin sistem hastalıkları, hormon üreten bezlerin fonksiyonel bozukluklarına bağlı olarak ortaya çıkan bir grup klinik tablodur. Bu hastalıkların tanısı çoğunlukla biyokimyasal testlerle konulup takipleri yapılsa da etkilenen bezin anatomik olarak lokalize edilmesi ve fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesi klinik yönetime katkıda bulunmaktadır. Anatomik görüntüleme yöntemleri, başta konvansiyonel ultrasonografi (USG) olmak üzere kesitsel incelemeler olan

bilgisayarlı tomografi (BT) ve magnetik rezonans görüntüleme (MRG) ile çoğu zaman yapısal bilgi sağlarken fonksiyonel görüntüleme, organ veya lezyonun metabolik ya da sekresyonel aktivitesine dair bilgi sunarak tanı ve ayırıcı tanıyı kolaylaştırır. Özellikle tiroid, paratiroid ve adrenal bezler gibi endokrin organlarda, nükleer tıp teknikleri bu değerlendirmede önemli avantajlar sağlar.

Günümüzde radyonüklid görüntüleme, sadece nodül veya lezyon varlığını değil, fonksiyonunu, hormon üretim



Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Emine Göknur Işık Dr, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: egoknur@istanbul.edu.tr **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-3786-8052

Geliş Tarihi/Received: 01.12.2025 **Kabul Tarihi/Accepted:** 09.12.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 17.12.2025

Cite this article as: Işık EG, Şanlı Y. Functional imaging in endocrine diseases - nuclear medicine. *Trd Sem.* 2025;13(3):459-473



Copyright© 2025 Yazar(lar). Türk Radyoloji 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.

kapasitesini, organifikasyon yeteneğini ve hatta multiglandüler tutulum gibi karmaşık senaryoları değerlendirebilme kapasitesiyle klinik pratiğin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Ayrıca, tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT)/BT ve pozitron emisyon tomografisi (PET)/BT gibi hibrit teknolojiler sayesinde hem anatomik hem fonksiyonel veriler aynı anda elde edilebilmekte, bu da cerrahi planlamada ve tedaviye yanıt değerlendirmede üstünlük sağlamaktadır.

Bu derleme makalesinde, endokrin hastalıkların tanısında kullanılan başlıca fonksiyonel görüntüleme yöntemleri gözden geçirilecek; kullanılan radyofarmasötikler, tutulum mekanizmaları, endikasyonlar, yorumlama kriterleri ve yorumlamada karşılaşılan başlıca zorluklara değinilecektir. Farklı ajanların histopatolojik alt türlere, fonksiyonel duruma ve tedavi planına göre değişen katkıları vurgulanacak böylece görüntüleme pratiğinde bu yöntemlerin yeri ve multidisipliner karar süreçlerindeki önemi ortaya konacak ve görüntüleme uzmanlarının kliniğe yaklaşımını destekleyecektir.

TIROID BEZİNİN FONKSİYONEL GÖRÜNTÜLEMESİ

Tiroid bezi hastalıkları, klinik pratikte en sık karşılaşılan endokrin bozukluklar arasında yer alır. Tiroid fonksiyonunun bozulduğu durumlarda, tanının doğrulanması ve uygun tedavi yaklaşımının belirlenmesinde fonksiyonel görüntüleme yöntemlerinin katkısı önemlidir. Anatomik görüntüleme modaliteleri (USG, BT, MRG) yapısal bilgi sunarken; nükleer tıp temelli fonksiyonel görüntüleme teknikleri tiroid bezinin iyot metabolizması, hormon sentezi ve fonksiyonel heterojenitesi gibi fizyolojik parametreleri ortaya koyar [1]. USG gibi anatomik yöntemler tiroide izlenen nodül yapısını ve vaskülaritesini ayrıntılı şekilde gösterse de fonksiyonel durum hakkında sınırlı bilgi verir. Bu nedenle sintigrafik yöntemler, özellikle düşük tiroid uyarıcı hormon düzeyine sahip hastalarda tiroid nodüllerinin fonksiyonunu belirlemek, hipertiroidi nedenlerini belirlemek ve konjenital hipotiroidi gibi durumlarda tiroid bezinin varlığını, yerleşimini ve fonksiyonunu saptamak amacıyla klinik olarak değerlidir [2].

Tiroid bezi normal fonksiyonu sırasında doğada bulunan I-127'yi kullanır. Sintigrafi veya uptake testinde ise doğal iyot yerine radyoaktif iyot formları (I-123 veya I-131) kullanılarak fonksiyon bilgisi elde edilir [2]. Radyoaktif iyot verildikten 2 saat sonra tiroid follikül hücreleri tarafından alınır (*uptake*) ve 24. saatte organifiye olur. Bu mekanizmadan yararlanarak görüntüleme yapılır. I-123 tiroid görüntülemede optimum enerji aralığı (159 KeV), yarı ömrü (13 saat) ve doğal iyotu taklit etmesi nedeniyle en ideal ajan olmakla birlikte pahalı olması ve erişiminin sınırlı olması nedeniyle günlük pratikte hızlı, ucuz, kolay uygulanabilir olması ve benzer molekül çapı nedeniyle Teknesyum-99m-perteknetat (^{99m}Tc) kullanılmaktadır [1, 2]. ^{99m}Tc perteknetat da tiroid bezi tarafından alınır, buradaki en önemli fark teknesyumun 15 dakikada tiroid hücresine alınması

ancak organifikasyona girmedeği için 20-30 dakika içinde tiroid bezinden atılmasıdır. ^{99m}Tc perteknetat hormon sentezini değerlendiremez, yalnızca sodyum iyot simporter ekspresyonunu gösterir [3]. I-131 ise uzun yarı ömrü (8,02 gün), beta radyasyon içeriği ve yüksek gama enerjisi (364 KeV) nedeniyle tanısıl amaçla genellikle tercih edilmez [2]. Ancak hipertiroidi ve diferansiye tiroid kanserlerinin tedavisinde tercih edilmektedir. Radyoaktif iyot tedavi sonrası tüm vücut görüntülemesi ve takipte düşük doz (2-5 mCi) tüm vücut tarama da yine kullanılan önemli bir fonksiyonel görüntüleme yöntemidir.

^{99m}Tc sestamibi, lipofilik yapısı sayesinde hücre membranını geçerek mitokondride birikir. Malign hücrelerdeki artmış mitokondriyal membran potansiyeli ve metabolik aktivite nedeniyle, bu ajanın tutulumu benign dokulara göre anlamlı şekilde artış gösterebilir. Bu özellik sayesinde malign tiroid nodüllerinin değerlendirilmesinde diagnostik fayda sağlayabilir [4]. Avrupa Tiroid Derneği tarafından soğuk nodüllerin benign/malign ayrımında kullanımı onaylanmıştır. Anatomik görüntülemenin de eklendiği SPECT-BT görüntüleri ile duyarlılık artmaktadır.

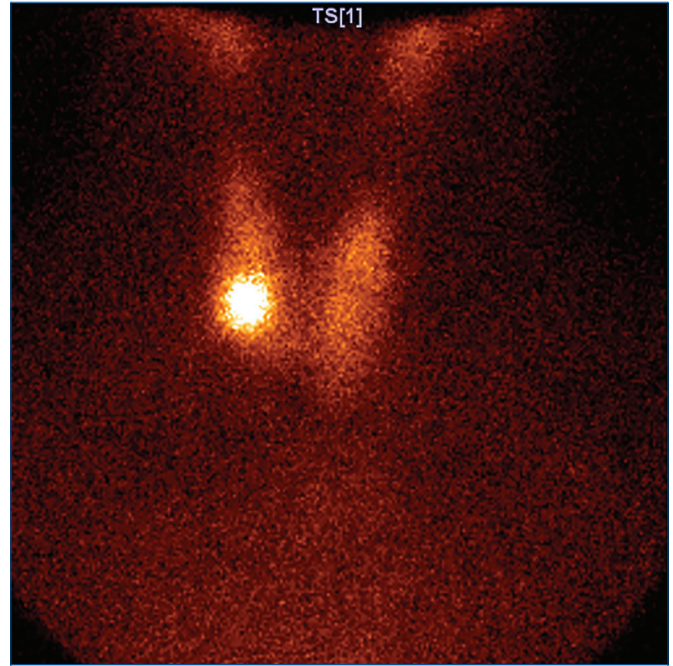
Flor-18 floro-deoksi-glukoz (^{18}F FDG) PET/BT ise özellikle dediferansiye tiroid kanserlerinde artmış glukoz metabolizmasını saptamak için kullanılır. Glukoz taşıyıcı proteinler (GLUT) ve heksokinaz (HK) enzimlerinin dediferansiye tiroid kanserlerinde artmış ekspresyonu, ^{18}F FDG'nin hücre içine alımını ve hücre içinde tutulmasını sağlar. Bu mekanizma, agresif ya da radyoiyota refrakter diferansiye tiroid kanserlerinde tanı ve evreleme açısından önemli bir avantaj sunar [4]. İnsidental saptanan nodüllerde ise %1-3 oranında ^{18}F FDG tutulumu görülebilir. Tiroid bezinde tespit edilen hipermetabolik nodüllerin %30-35'inde tiroid kanseri tespit edilmektedir [5, 6]. Ayrıca ^{18}F FDG PET/BT anaplastik veya medüller tiroid kanserinde evreleme ve takibin desteklenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Kullanılan radyofarmasötiklerin özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Ayrıca erişimi sınırlı olmakla birlikte yine diferansiye tiroid kanserlerinin görüntülemesinde bir PET ajanı olan I-124'ten yararlanılmaktadır [7, 8].

Tiroid Sintigrafisi Endikasyonları:

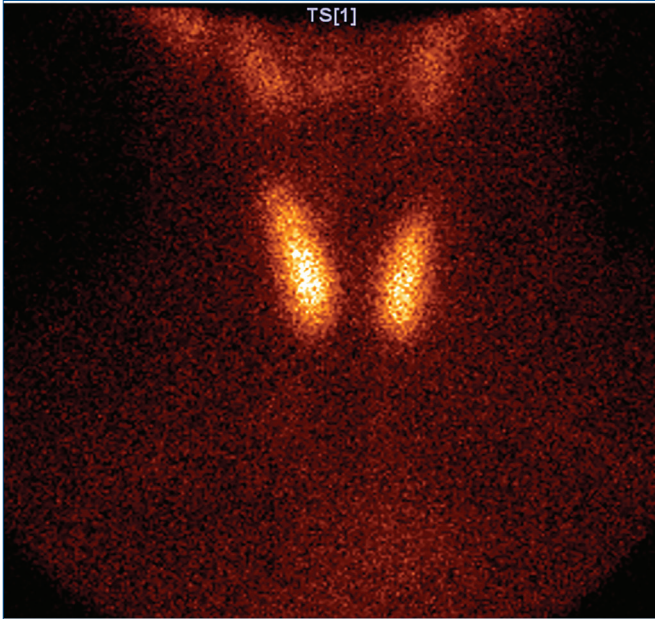
- Primer hipertiroidi nedenlerinin ayrımı (Graves, tiroitid, otonom nodül),
- Nodülün fonksiyonel karakterinin belirlenmesi (soğuk/sıcak),
- Konjenital hipotiroidide tiroidin yeri ve yapısının değerlendirilmesi,
- Tiroidektomi sonrası bakiye doku varlığının belirlenmesi olarak sıralanabilir.

Gebelik iyotlu görüntülemede kesin kontrendikasyon olup, teknesyumda ise rölatif kontraendikasyon olarak yer alır. Emziren annelerde kullanılan radyofarmasötiğe göre emzirmeye ara ya da son verilmelidir.

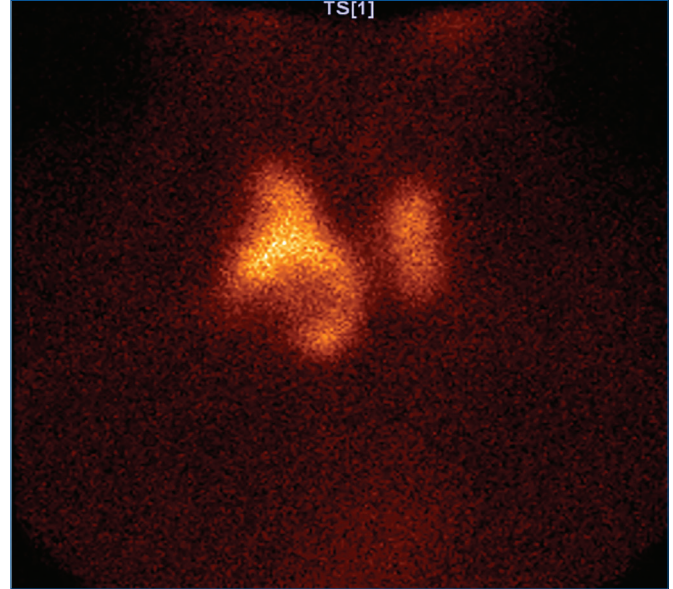
Görüntülemelerde tiroid ve tükürük bezleri görüntü alanında olacak şekilde hasta pozisyonlanır ve uygulanan radyofarmasötiğe göre görüntüleme için geçmesi gereken süre sonunda görüntü kaydedilir. Normal fonksiyon gösteren tiroid bezinde her iki lobda aktivite dağılımı homojendir ve lobların orta kısımlarında doku daha kalın olduğu için daha yoğun bir görünüm izlenir (Resim 1). Normalde sağ lob, sola göre hafifçe büyüktür. İsthmus çeşitli varyasyonlarda görülebilir. Hastaların %10-15'inde ise piramidal lob gözlenebilir. Normal tiroid glandı tükürük bezleri ile eş ya da daha yüksek aktiviteye sahiptir. Fonksiyon arttığında bezde tutulum oranı artarken bez fonksiyonu azaldığında tiroid aktivitesi azalır. Tiroid bezi içerisinde izlenen nodüller sıcak (hiperaktif) (Resim 2), ılık (normoaktif) ya da soğuk (hipoaktif) nodül (Resim 3) olarak değerlendirilir. Soğuk nodüllerin malignite potansiyeli normoaktif ve hiperaktif nodüllere göre daha yüksektir. Bu nedenle multinodüler guatrlarda hangi nodülden örnekleme yapılacağını belirlemede tiroid sintigrafisi önemli rol oynar. Biyokimyasal hipertiroidi durumunda ise Graves (Resim 4) ve toksik nodüler guatr (Resim 5) ile diğer tirotoksikoz nedenleri olan tiroiditin (Resim 6) ayırıcı tanısında kullanılır [1, 9].



Resim 2. Hiperaktif nodül, sağ lob alt pol yerleşimli hiperaktif nodül.



Resim 1. Normal tiroid sintigrafisi.

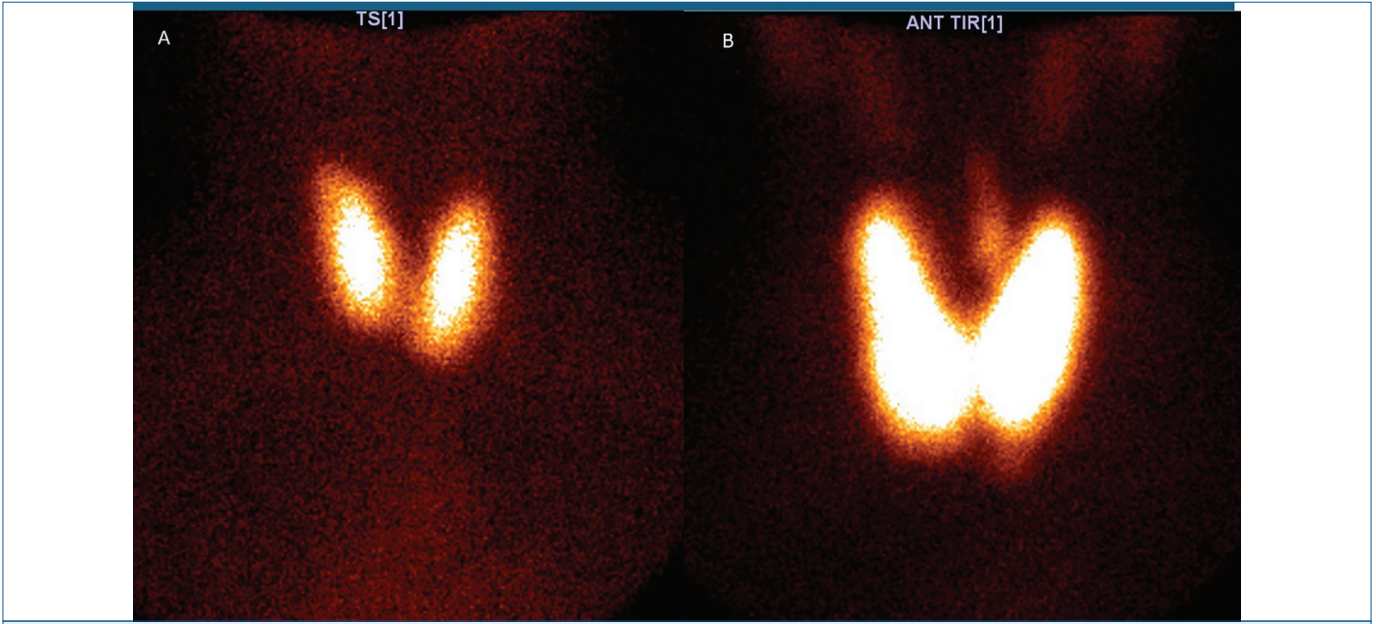


Resim 3. Hipoaktif nodül, sağ lob alt polde hipoaktif karakterde nodül.

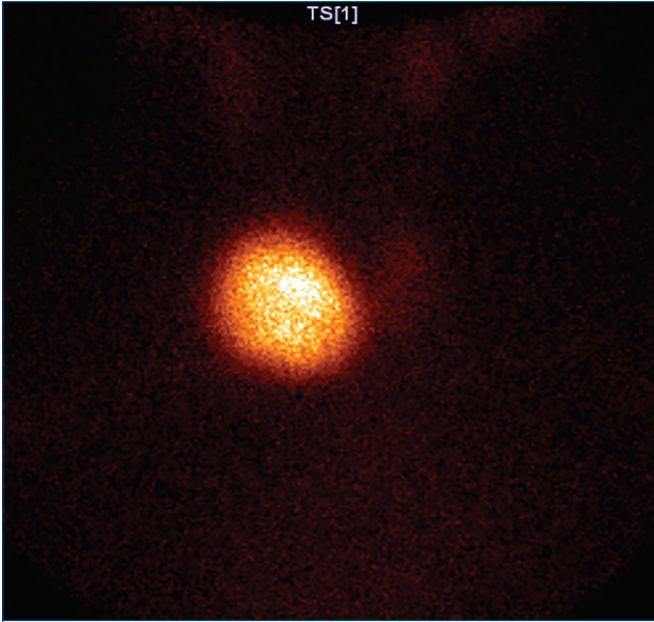
Tablo 1. Tiroid görüntülemelerde kullanılan radyofarmasötiklerin özellikleri

Radyofarmasötik	[¹³¹ I]	[¹²³ I]	[^{99m} Tc] Perteknetat	[^{99m} Tc] sestamibi	[¹⁸ F] FDG
Uygulama yolu	Oral	Oral	İntravenöz	İntravenöz	İntravenöz
Erişkin dozu (MBq)	0.15-0.37	7.4-14.8	74-111	185-370	200-370
Gamma enerjisi (keV)	364	159	140	140	511
Fiziksel yarı ömür	8.02 gün	13.2 saat	6.04 saat	6.04 saat	110 dakika
Efektif doz (mSv/MBq)	11	0.20	0.013	0.009	0.02 (PET)/ 0.04 (PET/BT)

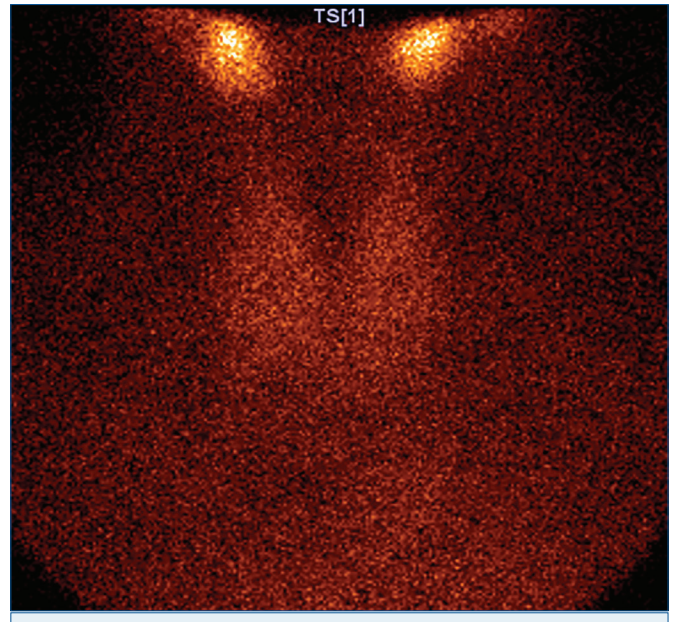
mSv, milisvert; MBq, megabekerel; PET/BT, pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi; [^{99m}Tc], Teknesyum99m; [¹⁸F] FDG, flor-18 floro-deoksi-glukoz.



Resim 4. Diffüz hiperplazi (A) ve Graves hastalığına bağlı (B) görünüm. Zemin aktivite ve tükrük bezi aktivitesi azalmış (B) görselinde piramidal loba ait sol lobdan yukarı uzanan aktivite izlenmekte.



Resim 5. Toksik nodüler guatr. Sağ lobda, lobu tamamen kaplayan hiperaktif tek nodül ve bezin diğer kısımlarında tam supresyon ile uyumlu görünüm.



Resim 6. Düşük uptake ile uyumlu tiroid sintigrafisi. Hipertiroidi kliniği olan hastada tiroidit ile uyumlu görünüm.

Ektopik tiroid doku araştırılmasında (mediasten, lingual ya da tiroglossal kistte tiroid varlığı) tiroid sintigrafisi önemli bir görüntüleme yöntemidir.

Tiroid tarafından iyot ve iyot analoglarının tutulumu, hastanın yakın dönemde maruz kaldığı iyot içeren ilaçlar, kontrast maddeler ve tiroid fonksiyonunu etkileyen tedavilerden önemli ölçüde etkilenir. Bu nedenle tiroid sintigrafisi veya radyoiyot

tedavisi planlanırken, bu maddelerin kullanım öyküsünün dikkatle sorgulanması ve uygun kesilme sürelerine uyulması gerekir. Amiodaron ve yağ bazlı iyotlu kontrast maddeler en uzun süre etki gösteren ajanlardır ve iyot tutulumu 3-6 ay boyunca baskılanabilir. Daha sık karşılaşılan intravenöz iyotlu kontrast maddeler ise genellikle 1-2 ay süreyle tiroide iyot alımını azaltır. İyot içeren ilaçlar, antiseptikler ve lugol gibi iyot solüsyonları ise genellikle 4 hafta kadar iyot alımını etkiler. Levotiroksin (LT4) 4 hafta, liotironin (LT3) ise görüntülemeye

2 hafta önce kesilmelidir. Anti-tiroid ilaçlar (metimazol, karbimazol veya propiltiourasil) daha kısa etkili olduğundan iyot izotopları ile yapılacak uptake ve görüntüleme öncesi genellikle 3-7 gün önceden bırakılması yeterlidir. Perklorat kullanımı ise tiroid tutulumunu baskıladığından, en az 1 hafta öncesinde kesilmelidir. Bu süreler, özellikle radyoaktif iyot tutulum testi, tanısal radyoiyot sintigrafisi veya ablasyon tedavisi öncesinde doğru hazırlığın yapılması açısından kritik öneme sahiptir [2].

Medüller Tiroid Kanseri Fonksiyonel Görüntüleme

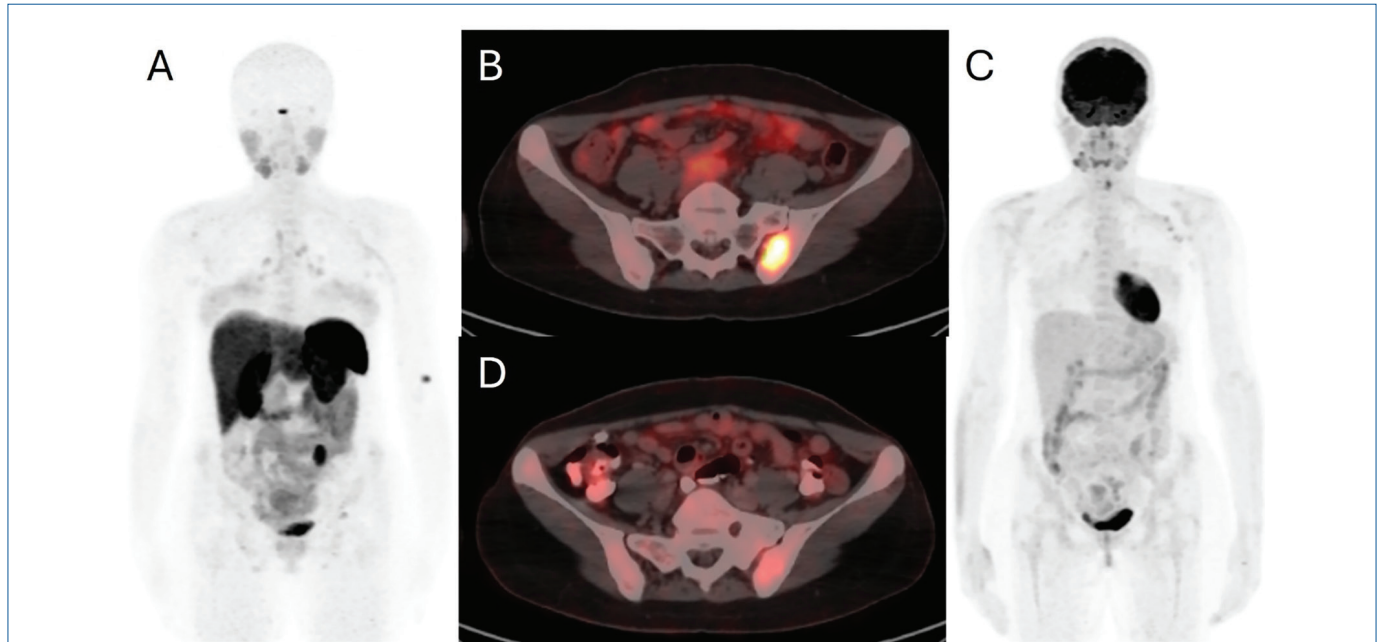
Medüller Tiroid kanseri parafoliküler C hücrelerinden kaynaklanan tiroid kanserlerinden biridir [10]. Görüntüleme konvansiyonel ve kesitsel radyolojik görüntülemeler ilk tercih olmakla birlikte özellikle operasyon sonrası nüks ve rekürrens hastalık tetkikinde nükleer tıp görüntüleme yöntemleri öne çıkmaktadır. [¹⁸F] FDG PET/BT özellikle glukoz metabolizması üzerinden görüntüleme sağlaması nedeniyle karsinoembriyonik antijen (CEA) ve kalsitonin yüksekliği olan medüller tiroid kanserli hastalarda olası lenf nodu metastazı ve uzak metastazları gösterebilir [11, 12]. Bunun dışında kılavuzlardaki ilk tercih [¹⁸F] dihidroksifenilalanin (FDOPA) PET/BT (DOPA) olarak bildirilmektedir [13, 14]. Bir diğer alternatif ise Galyum-68 ([⁶⁸Ga]) DOTATATE PET/BT [somatostatin reseptörü (SSTR)] görüntülemesidir [14]. Her bir görüntüleme yöntemi farklı mekanizmayla hastalık ile ilgili bilgi vermektedir (Resim 7). DOPA, erken nöroendokrin diferansiyasyonun; FDG

ise dediferansiyasyonun bir göstergesidir. Yapılan çalışmalar CEA'nın belirgin yüksek olduğu medüller tiroid kanseri hastalarında öncelikle FDG, kalsitoninin yüksekliğinde ise DOPA ve SSTR kullanımını önermektedir [15]. SSTR, peptid reseptör radyonüklid tedavi (PRRT) planlamasında belirleyici olabilir [16, 17]. Tiroid görüntülemede kullanılan radyofarmasötikler Tablo 2 de özetlenmiştir.

PARATİROİD BEZİNİN FONKSİYONEL GÖRÜNTÜLEMESİ

Paratiroid bezleri, kalsiyum fizyolojisinin ve kemik homeostazının anahtar düzenleyicileridir [18, 19]. Paratiroid bezleri genellikle tiroid bezinin her iki üst ve alt komşuluğunda yerleşimli kalsiyum metabolizmasından sorumlu endokrin bezidir [20]. Paratiroid bez sayısı genellikle dört olmakla birlikte hastaların %13'ünde 4'ten fazla %3 ünde ise 2'den az olabilmektedir. Boyutları genellikle 5 mm'yi ağırlığı ise 40 mg'ı geçmez. Büyümedikleri takdirde anatomik ve fizyolojik olarak görüntülenmezler. Primer hiperparatiroidi (pPHT) başta olmak üzere metabolik bozukluklarda gelişen boyut artışı ile tespit edilebilirler [19].

Parathormon (PTH) serum düzeylerinin artmasıyla tanımlanan hiperparatiroidizm (HPT), primer, sekonder veya tersiyer olabilir. pPHT'nin bilinen en sık sebebi %85 oranla soliter paratiroid adenomudur. Olguların %1 kadarı paratiroid karsinomundan kaynaklanır. Kalanlar ise çift adenom ya da



Resim 7. Medüller tiroid kanseri nedeniyle tetkik edilen hastada (Kalsitonin 25731 ng/dL ve CEA:28.8 ng/dL) [⁶⁸Ga] DOTATATE MIP (A), aksiyal füzyon (B) ve [¹⁸F] FDG PET/BT MIP (C), aksiyal füzyon (D) görüntülerinde sol iliak kemikte metastaza ait farklı oranlarda aktivite tutulumu.

CEA, karsinoembriyonik antijen; ⁶⁸Ga, Galyum 68; [¹⁸F] FDG, flor-18 işaretli florodeoksiglukoz; PET/BT, pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi; MIP, maksimum yoğunluk projeksiyonu

Tablo 2. Tiroid görüntülemelerde kullanılan radyofarmasötikler, endikasyon ve etki mekanizmaları

Yöntem	Radyofarmasötik	Hedef mekanizma	Başlıca endikasyonlar	Notlar/avantajlar
Perteknetat sintigrafisi	[^{99m} Tc] Perteknetat	NIS aracılığıyla hücre içine aktif geçiş	Nodül değerlendirmesi, Graves hastalığı	Hızlı, yaygın, hormon sentezini değerlendirmez
Radyoaktif iyot sintigrafisi	[¹²³ I], [¹³¹ I]	NIS+ organifikasyon	DTC tanı ve takip, ablasyon sonrası rezidü/metastaz	[¹²³ I], görüntüleme için ideal, [¹³¹ I] tedavi edici
Sestamibi sintigrafisi	[^{99m} Tc] Sestamibi	Mitokondriyal tutulum	Hürthle hücreli lezyonlar, paratiroid ayırıcı tanı	Tiroid dışı mitotik lezyonlarda da tutulabilir
FDG PET/BT	[¹⁸ F] FDG	Glukoz metabolizması	De-diferansiye tiroid kanseri, Tg(+)/I(-) olgular	Metastaz araştırması ve tedavi yanıtı için etkili
FDOPA PET/BT	[¹⁸ F] FDOPA	Amino asit prekürsör metabolizması	Medüller tiroid kanserinde (erken evre, iyi diferansiye)	Nöroendokrin diferansiyasyonu gösterir
DOTATATE PET/BT	[⁶⁸ Ga] DOTATATE	Somatostatin reseptörü ekspresyonu	Medüller tiroid kanseri, PRRT planlaması	SSTR pozitiflik tanımlamada ve tedavi seçimi için

PRRT, peptid reseptör radyonüklid tedavi; ^{99m}Tc, Teknesyum 99m; ⁶⁸Ga, Galyum 68; NIS, sodyum-iyot simporter; DTC, diferansiye tiroid kanseri; PRRT, peptid reseptör radyonüklid tedavi.

hiperplazi kaynaklıdır. Paratiroid bezlerinin embriyolojik göç yolu nedeniyle ektopik yerleşimler nadir değildir ve %15'i ektopik yerleşimli olup dil kökü ile mediasten arasında bir yerde bulunabilir [18, 19, 21].

Avrupa Nükleer Tıp Derneği'nin (EANM) 2021 yılında güncellediği paratiroid görüntüleme kılavuzu, hiperfonksiyonel paratiroid bezlerinin preoperatif lokalizasyonunda nükleer tıp yöntemlerinin belirleyici rolünü vurgulamaktadır [18]. Normal paratiroid bezlerinde sintigrafide aktivite tutulumu görülmez. pPHT'zmd minimal invaziv cerrahinin başarısı, en az bir veya birden fazla bezin doğru şekilde saptanmasına bağlıdır. Bu amaçla en yaygın kullanılan yöntem [^{99m}Tc] sestamibi sintigrafisidir; tek fazlı veya çift fazlı protokoller ve SPECT/BT ile birleştirildiğinde doğruluk oranı belirgin biçimde artmaktadır. Hiperfonksiyonel paratiroid dokularında artmış mitokondri yoğunluğu ve oksifil hücre içeriği, [^{99m}Tc] sestamibi ve [^{99m}Tc] tetrofosmin gibi lipofilik katyonik ajanların hücre içi tutulumu için temel biyokimyasal zemini oluşturur. Bu ajanlar mitokondriyal membran potansiyeline bağlı olarak pasif diffüzyonla hücre içine girer, paratiroid ve tiroid dokusunda tutulur ancak paratiroid dokuda tiroid dokusuna göre daha uzun süre kalır; böylece çift fazlı tek-tracer (*dual-phase*) veya çift-tracer (*dual-tracer*) protokollerle ayırıcı değerlendirme yapılabilir (Resim 8) [18]. EANM kılavuzu, erken (10-15 dk) ve geç (90-150 dk) fazların birlikte değerlendirilmesini, mümkünse SPECT/BT görüntülemesi ile anatomik lokalizasyonun daha duyarlı yapılabileceğini bildirmektedir [18]. Paratiroid sintigrafisi, boyun ve mediastenin aynı anda görüntülenmesi sayesinde ektopik adenomların saptanması açısından avantajlı bir yöntemdir. Ayrıca hastalığa bağlı oluşabilen Brown tümörleri de tüm vücut tarama ile tespit edilebilir. pPHT'li olgularda cerrahi planlama öncesi en uygun ilk basamak görüntüleme yaklaşımı, deneyimli bir radyolog tarafından yapılan servikal USG ile [^{99m}Tc] sestamibi SPECT

veya SPECT/BT'nin kombinasyonudur [22]. Yirmi üç çalışmanın değerlendirildiği 1236 hastalık bir meta-analizde pHPT'de [^{99m}Tc] MIBI deteksiyon oranı %88 olarak bildirilmiştir [23]. Ancak adenomda oksifilik hücre varlığının az olması, dolayısı ile mitokondri içeriğinin düşük olması, düşük PTH değerleri, multi-glandüler hastalık varlığı, p-glikoprotein ekspresyonu yöntemin duyarlılığını azaltır. Bununla birlikte multinodüler guatr varlığı ise yanlış pozitifliklere neden olabilir. Sekonder veya tersiyer HPT'de duyarlılık daha düşüktür. Özellikle klasik görüntüleme ile sonuç alınamayan olgularda, [¹⁸F] Florokolin PET/BT daha yüksek uzaysal çözünürlük, kısa çekim süresi ve daha düşük radyasyon dozu ile öne çıkmaktadır. [¹⁸F] Florokolin artmış kolin kinaz aktivitesi ile hiperaktif paratiroid dokuda birikir. Kolin, fosfolipid membranlara entegre olur. Tutulum düzeyi, kolin kinaz aktivitesine bağlıdır; bu enzimler proliferatif hücrelerde artmıştır. Aşırı çalışan paratiroid bezlerinde ve yüksek PTH varlığında tutulum artar. On dört çalışmanın meta-analizinde duyarlılık %95, hasta bazında duyarlılık: %85-100, lezyon bazında duyarlılık %71-100 ve özgüllük ise %95-100 bildirilmiştir [24]. [¹⁸F] Florokolin PET/BT, tek adenomu bulunan olgularda intraoperatif PTH ölçümüne gerek kalmadan minimal invaziv cerrahiye yönlendirebilecek düzeyde güvenilir bulunmuştur [24]. Enflamatuvar lezyonlar, benign/malign tümörlerde (tiroid kanseri, paratiroid karsinomu, lenf nodu metastazları) yanlış pozitiflikler görülebilenken cerrahi sonrası nüks HPT, multiglandüler hiperplazi (ör: MEN I), ektopik veya intratiroidal paratiroidlerde ise yanlış negatiflikler izlenebilir. Dolayısıyla EANM, pPHT'zmd ilk basamak olarak [^{99m}Tc] sestamibi SPECT/BT ve servikal USG'nin birlikte kullanılması, negatif veya şüpheli olgularda ise [¹⁸F] Florokolin PET/BT'nin ikinci basamak ya da alternatif bir görüntüleme seçeneği olarak değerlendirilmesini önermektedir [18].

Siklotron bulunan ünitelerde yerinde (on site) üretimle [^{11}C] kolin PET/BT [25] ve [^{11}C] methionine kullanılabilir. Her iki ajan da bu nedenle daha az yaygındır ve sınırlı merkezde erişilebilir. Duyarlılık ve doğruluk [^{18}F] Florokolin gibi yüksek bildirilmekle birlikte [25, 26] kısa yarı ömrü (20,4 dakika) ve yüksek maliyeti kısıtlılık yaratır. Nüks lezyonlar, küçük adenomlar, multiglandüler tutulumda faydalı olabilir.

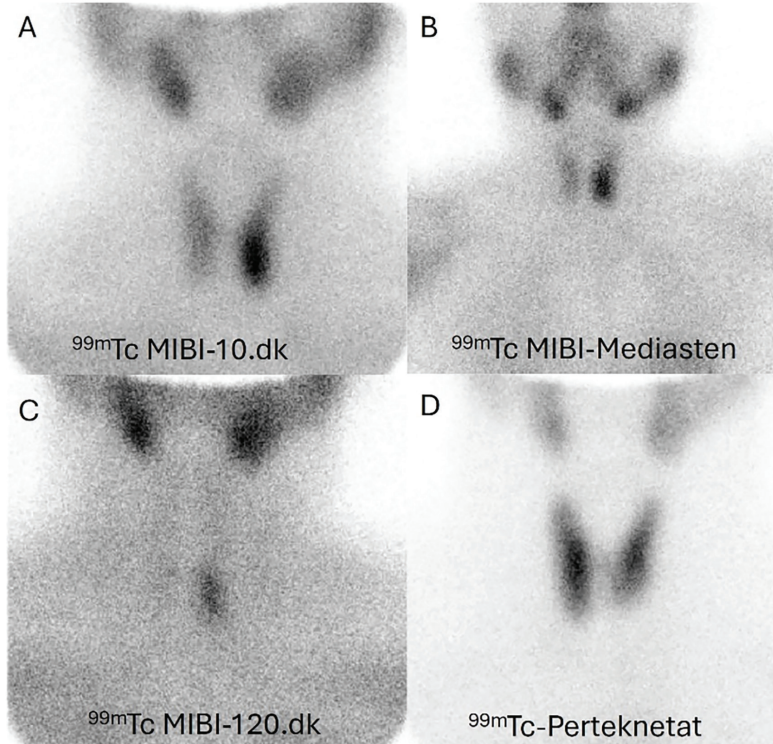
Son yıllarda geliştirilen ve $\alpha\text{v}\beta 6$ integrin ekspresyonunu hedefleyen [^{68}Ga] Trivehexin, epitel kaynaklı tümörlerin görüntülenmesinde kullanım alanı bulmuş ancak yakın zamanda yapılan çalışmalar bu ajanı paratiroid adenomlarının lokalizasyonunda da umut vadeden bir seçenek olarak ön plana çıkarmıştır. pPHT'li hastalarda [^{68}Ga] Trivehexin PET/BT ile yüksek tutulum gösteren paratiroid lezyonları tespit edilmiş; bu yöntemin, anatomik görüntüleme veya geleneksel radyonüklid görüntüleme yöntemlerine kıyasla üstün lokalizasyon başarısı sunduğu rapor edilmiştir. Bu öncül bulgular, özellikle tekrarlayan hastalık, çoklu gland tutulumu ya da konvansiyonel görüntülemenin yetersiz kaldığı olgularda [^{68}Ga] Trivehexin'in potansiyel kullanımını gündeme getirmektedir [27].

ADRENAL BEZLERİN FONKSİYONEL GÖRÜNTÜLEMESİ

Adrenal bezin korteksi ve medullası hem embriyolojik kökenleri hem de endokrin fonksiyonları bakımından belirgin farklılıklar gösterir. Bu ayırım, fonksiyonel görüntülemeye tercih edilen radyofarmasötik ajanların ve teknik yaklaşımların hastalığın kaynağına göre özelleştirilmesini gerekli kılar. **Medüller tümörlerde nöroendokrin aktivite veya SSTR aktivitesi görüntülenirken, kortikal patolojilerde steroid sentezine ilişkin metabolik yollar hedeflenmektedir** [28, 29].

Adrenal Medullanın Fonksiyonel Görüntülemesi

Adrenal medulladan kaynaklanan feokromositoma ve ekstra-adrenal yerleşimli feokromositoma ve paraganglioma, genellikle katekolamin üreten nadir nöroendokrin tümörlerdir (NET) [30, 31]. Hastalık katekolamin salınımının yol açtığı ataklarla seyreden şiddetli hipertansiyon, baş ağrısı, tremor, terleme ve çarpıntı gibi semptomlar oluşturur. Bu tümörlerin doğru tanısı ve lokalizasyonu, tedavi planlaması açısından kritik önem taşır. Görüntülenmesinde radyolojik yöntemler ilk planda yer alsa da fonksiyonelliğini değerlendirmek için nükleer tıp görüntülemelerinden yararlanılmaktadır. Fonksiyonel görüntülemeye başlıca iki adet radyonüklid görüntüleme kullanılmaktadır [28, 32, 33]. Bunlar katekolamin



Resim 8. Planar paratiroid sintigrafisi ve tiroid sintigrafisi (dual faz- ikili ajan görüntüleme, sol tiroid bezi alt polde erken ve geç statik görüntülerde sebat eden aktivitenin tiroid sintigrafisinde görülmemesi. Bulgular paratiroid adenomu ile uyumludur.

MIBI, metoksi-izobutil-izonitril

transport sistemleri (norepinefrin taşıyıcıları) ile görüntüleme sağlayan $[^{123}\text{I}]$ ve $[^{131}\text{I}]$ metaiodobenzylguanidine (MIBG) ve SSTR'leri üzerinden görüntüleme sağlayan $[^{68}\text{Ga}]$ DOTA bileşikler (en sık DOTATATE)'dir (Tablo 3). Ek olarak non-spesifik tümör görüntüleme ajanı olan $[^{18}\text{F}]$ FDG PET/BT adrenal tümörlerin metabolik karakterizasyonu, evreleme ve yeniden evrelemesinde kullanılmaktadır [33]. Rutin pratikte kullanılan ajanlara ek olarak endokrin patolojilerde kullanılan PET radyofarmasötikleri Tablo 4'te verilmiştir.

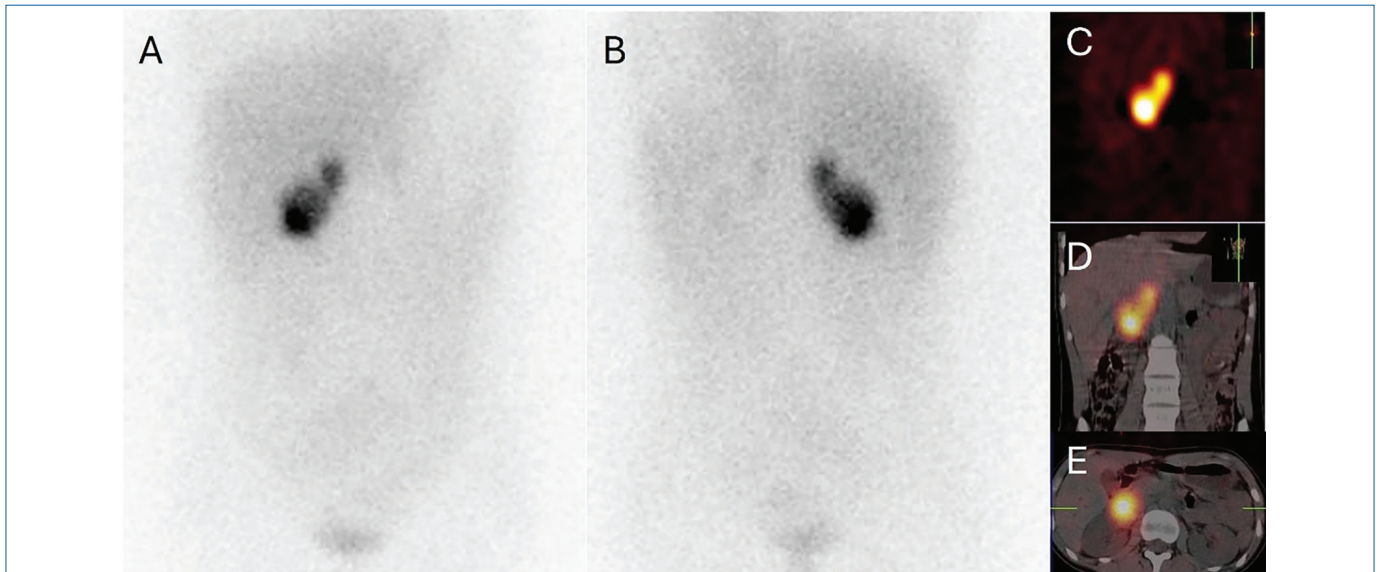
$[^{123}\text{I}]$ ve $[^{131}\text{I}]$ MIBG sintigrafisinde kullanılan MIBG, bir guanetidin analogudur ve norepinefrin benzeri bir yapı gösterir. MIBG benzoik halka ile iyot izotoplarına bağlanır ve kromafin hücrelerine girer. Hücre içi depo katekolamin granüllerinde birikir ve sinaptik boşluğa salınır [34, 35]. Norepinefrinden farklı olarak post-sinaptik adrenerjik reseptörlere bağlanmaz ve metabolize edilmez. Genellikle rezolüsyonu daha iyi olduğu ve yarı ömrü kısa olduğu için $[^{123}\text{I}]$ MIBG tercih edilir. Sintigrafinin duyarlılığı %80-90 özgülüğü ise %89-100 aralığındadır [36].

$[^{123}\text{I}]$ MIBG sintigrafisi yüksek özgülüğü nedeniyle spesifik bir görüntüleme yöntemidir. Görüntüleme ile tanı, evreleme, nüks araştırması ve tedaviye uygunluk değerlendirmesi yapılır. Görüntülemede anterior ve posterior tüm vücut ve statik batin görüntülemesine ek olarak SPECT-BT görüntüleri alınmaktadır (Resim 9). Her iki adrenal bezde düşük ve simetrik tutulum fizyolojik kabul edilirken asimetrik geç görüntülerde belirginleşen ve kitle ile uyumlu tutulum feokromositoma lehine yorumlanır. Paragangliomalarda görüntüleme yönteminin duyarlılığı daha düşük olup ekstra adrenal lezyonlarda daha çok $[^{18}\text{F}]$ FDOPA ve SSTR PET (SSTR) ($[^{68}\text{Ga}]$ DOTATATE, $[^{68}\text{Ga}]$ DOTATOC ve $[^{68}\text{Ga}]$ DOTANOC) görüntülemeler tercih edilmektedir [33]. EANM kılavuzunda hastalık bölge ve alt tipine göre seçilmesi gereken ilk görüntüleme yöntemleri belirtilmiş olup Tablo 5'te gösterilmiştir [33]. $[^{131}\text{I}]$ MIBG ise görüntülemeden ziyade inoperabl yaygın hastalıkta radyonüklid tedavi için kullanılmaktadır.

Tablo 3. Adrenal medulla görüntülemede kullanılan radyofarmasötiklerin özellikleri

Özellik	$[^{123}\text{I}]$ MIBG	$[^{131}\text{I}]$ MIBG	$[^{68}\text{Ga}]$ DOTATATE
Taşıyıcı	NET	NET	SSTR2
Sensitivite	Orta	Orta	Yüksek
Spesifite	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Mutasyonla ilişki	SDHB'de düşük	SDHB'de düşük	SDHx'de yüksek duyarlılık
Tedaviye katkı	$[^{131}\text{I}]$ MIBG tedavisine aday belirleme	Evet	PRRT aday belirleme
Görüntü kalitesi	Orta	Düşük	Yüksek (PET)

MIBG, metaiodobenzylguanidine; NET, norepinefrin taşıyıcısı; SSTR2, somatostatin reseptörü tip 2; SDHB, süksinat dehidrogenaz kompleks alt birimi B; SDHx, süksinat dehidrogenaz gen kompleksi; ^{68}Ga , Galyum 68.



Resim 9. Hipertansiyon ve katekolamin yüksekliği olan hastada, planar (A) ve (B), koronal SPECT (C) koronal füzyon (D) ve aksiyel füzyonda (E) sağ adrenal glandda yerleşimli heterojen $[^{123}\text{I}]$ MIBG tutulumu gösteren feokromositoma ile uyumlu lezyon.

MIBG, metaiodobenzylguanidine; SPECT, tek foton emisyon bilgisayarlı tomografisi

Doğal somatostatinlerin yeterli stabilitede olmaması ve kısa yarı ömrü nedeniyle sentetik analoglar tedavi ve görüntüleme için kullanılmaktadır. SSTR'leri ise başta gastro-entero-pankreatik (GEP)-NET'lerde olmak üzere, ön hipofiz tümörlerinde, feokromositoma, paraganglioma (Resim 10), nöroblastoma, medüller tiroid kanseri (Resim 7), küçük hücreli akciğer kanseri ve menengioma gibi tümörlerde çeşitli oranlarda bulunur. Ayrıca seçilmiş olgularda ve peptid reseptör radyonüklid tedavi düşünülen hastalarda reseptör yoğunluğunu değerlendirmek

için yapılabilir. SSTR'lerin 5 alt tipi mevcuttur. Bu analoglar da bazı alt tip reseptörlere daha fazla afinite göstermektedir. SSTR tip 2 ekspresyonu, özellikle baş-boyun paragangliomları ve süksinat dehidrogenaz gen kompleksi mutasyonu taşıyan tümörlerde belirgindir [33, 37, 38]. Rutin pratikte en sık kullanılan ^{68}Ga DOTATATE SSTR reseptör tip 2'ye kuvvetli ve tip 5'e zayıf afinite göstermektedir. Kullanılan diğer ajanlar arasında ^{68}Ga DOTATOC ve ^{68}Ga DOTANOC yer alır [33].

Tablo 4. Endokrin hastalıklarda kullanılan başlıca PET radyofarmasötikleri ve klinik uygulama alanları

Radyonüklid	Yarı ömür	Üretim yolu	Hedeflenen yolak	Klinik kullanım alanları	Teranostik potansiyel
^{18}F FDG	109.8 dk	Siklotron	Glukoz metabolizması (GLUT)	Anaplastik tiroid kanseri, farklılaşmamış DTC, MTC, paratiroid karsinomu, adrenal maligniteler (ACC, metastaz)	Hayır
^{18}F DOPA	109.8 dk	Siklotron	Dopamin sentezi (LAT1)	MTC, feokromositoma, paraganglioma, insulinoma	Hayır
^{11}C Metiyonin	20 dk	Siklotron	Amino asit transportu, protein metabolizması	Beyin tümörleri, hipofiz neoplazileri	Hayır
^{124}I Na	4.2 gün	Nükleer reaktör	İyot metabolizması (NIS)	DTC	Evet
^{18}F TFB	109.8 dk	Siklotron	İyot metabolizması (NIS)	Preklinik uygulama - DTC	Hayır
^{18}F FSO ₃	109.8 dk	Siklotron	İyot metabolizması (NIS)	Preklinik uygulama - DTC	Hayır
^{18}F Florokolin	109.8 dk	Siklotron	Hücre membranı metabolizması	Hiperparatiroidizm	Hayır
^{11}C Kolin	20 dk	Siklotron	Hücre membranı metabolizması	Hiperparatiroidizm	Hayır
^{68}Ga SST reseptör agonistleri	67.7 dk	Jeneratör	Somatostatin reseptör ekspresyonu	NET ve hipofiz neoplazileri	Evet
FAP-hedefli ajanlar	67.7 dk	Jeneratör	Aktif fibroblast metabolizması	Klinik araştırmalar	Evet
^{68}Ga PSMA	67.7 dk	Jeneratör	PSMA reseptör ekspresyonu	Klinik araştırmalar	Evet
^{68}Ga Pentixafor	67.7 dk	Jeneratör	CXCR4 reseptörü	Primer aldosteronizm	Evet
^{11}C Metomidat	20 dk	Siklotron	CYP11B enzimi	Primer aldosteronizm	Hayır

^{18}F FDG, flor-18 florodeoksiglukoz; GLUT, glukoz taşıyıcıları; DTC, diferansiye tiroid kanseri; MTC, medüller tiroid kanseri; ACC, adrenokortikal karsinom; DOPA, dihidroksifenilalanin; LAT1, L-tip amino asit taşıyıcısı 1; Na, sodyum iyodür; NIS, sodyum-iyot simporteri; TFB, tetrafluoroborat; FSO₃, florosülfonat; ^{68}Ga SST, Galyum-68 işaretli somatostatin reseptörü agonistleri; NET, nöroendokrin tümör; FAP, fibroblast aktivasyon proteini; PSMA, prostata özgü membran antijen.

Tablo 5. Feokromositoma (FEO) ve paragangliomalarda önerilen nükleer görüntüleme algoritması

Klinik Durum	1. Tercih	2. Tercih	3. Tercih (eğer ^{18}F FDOPA veya ^{68}Ga SSA mevcut değilse)
Sporadik Feokromositoma (PHEO)	^{18}F FDOPA veya ^{123}I MIBG	^{68}Ga SSA	^{18}F FDG
Kalıtsal Feokromositoma (SDHx dışı): NF1/RET/VHL/MAX	^{18}F FDOPA	^{123}I MIBG veya ^{68}Ga SSA	^{18}F FDG
Baş-boyun paragangliomasi (HNPGL)- sporadik	^{68}Ga SSA	^{18}F FDOPA	^{111}In SSA / $^{99\text{m}}\text{Tc}$ SSA
Ekstra-adrenal sempatik, çok odaklı, metastatik ve/veya SDHx mutasyonu taşıyan olgular	^{68}Ga SSA	^{18}F FDG ve ^{18}F FDOPA	^{18}F FDG ve ^{123}I MIBG veya ^{18}F FDG ve ^{111}In SSA/ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ SSA

RET/VHL/MAX, nörofibromin 1/transfeksiyon sırasında yeniden düzenlenmiş proto-onkogen/von Hippel-Lindau/myc ile ilişkili faktör X; SSA, somatostatin analogları; NF1, nörofibromatozis tip 1; FEO/PHEO, feokromositoma; HNPGL, baş-boyun paragangliomasi; SDHx, süksinat dehidrogenaz gen kompleksi mutasyonları; ^{18}F FDG, Flor-18 işaretli dihidroksifenilalanin; MIBG, metaiodobenzylguanidine; ^{68}Ga SSA, Galyum-68 işaretli somatostatin analogları; FDG, florodeoksiglukoz; SSA, somatostatin analogları.

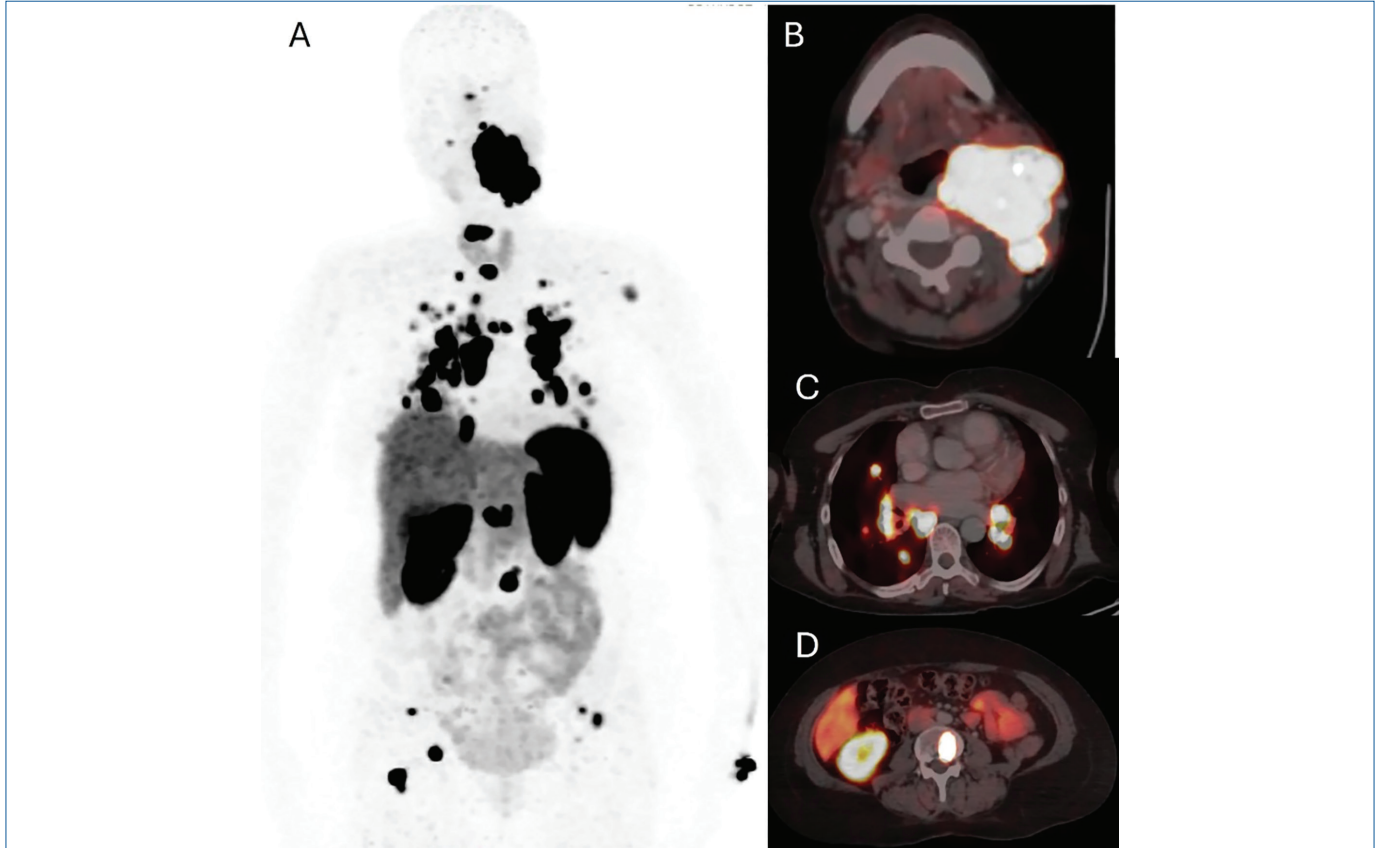
[¹⁸F] FDG, GLUT'ler aracılığıyla hücre içine giren bir glukoz analogudur. Tümör hücrelerinde artmış glukoz metabolizmasını görüntülemekte kullanılır. [¹⁸F] FDG, damar içine verildikten sonra hızla vücut sıvılarına dağılır ve GLUT'ler üzerinden hücre içine alınır. İçeri girdikten sonra HK enzimi tarafından fosforile edilerek hücre içinde tutulur [39]. Özellikle GLUT-1 taşıyıcılarının aşırı ekspresyonu, tümör dokularında [¹⁸F] FDG tutulumu ile yakından ilişkilidir. GLUT-1 ekspresyonu aynı zamanda hipoksi ile de ilişkilidir çünkü tümörlerdeki anormal damarlanma, lokal metabolik ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalır. Bu durum, hücrelerin anaerobik metabolizmaya geçmesine ve daha fazla [¹⁸F] FDG alımına neden olur. Dolayısıyla, yüksek GLUT-1 ekspresyonu hem artmış [¹⁸F] FDG tutulumu hem de hipoksinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir [40]. [¹⁸F] FDG PET/BT'nin tanısallı duyarlılığı değişkendir; malign feokromositomalarda benign olanlara kıyasla daha yüksektir (%82'ye karşı %58) [28]. Bu nedenle feokromositoma tanısında standart bir protokolün parçası olarak kabul edilmemektedir [28].

Flor-18 ([¹⁸F]) FDG düşük dereceli, iyi diferansiye pNET'lerde sınırlı duyarlılığa sahip olsa da yüksek dereceli (G3) veya dediferansiye tümörlerde önemli prognostik bilgiler sunar. [¹⁸F] FDG tutulumunun varlığı, hızlı proliferasyon, agresif biyolojik

davranış ve kötü prognoz ile ilişkilidir [39]. Bu nedenle [¹⁸F] FDG PET/BT özellikle heterojen tümörlerde biyolojik çeşitliliği saptamada ve tedavi yanıtını değerlendirmede tamamlayıcı rol oynar.

Adrenal Korteksin Fonksiyonel Görüntüleme

Adrenal korteksin hastalıkları genellikle hiper fonksiyonel durumlarla karakterizedir ve tanıda biyokimyasal testler temel alınsa da etkilenen bezin fonksiyonel durumu ve lateralizasyonunun belirlenmesi, özellikle cerrahi planlama açısından büyük önem taşır [28, 41, 42]. Primer aldosteronizm (PA) ise adrenal korteksin aşırı aldosteron üretimine bağlı olarak gelişen bir endokrin hipertansiyon formudur. En sık nedenleri bilateral adrenal hiperplazi ve aldosteron üreten adenomlardır [42]. PA, sekonder hipertansiyon nedenleri arasında en sık rastlananlardan biri olup hipokalemi ile seyredebilir ancak normokalemik formları da oldukça yaygındır. Tanıda temel olarak plazma aldosteron düzeyi ve plazma renin aktivitesine dayalı biyokimyasal testler kullanılır [28, 42]. Biyokimyasal doğrulamanın ardından, hastaların alt tipi belirlenerek tedavi planlaması yapılır. Bu aşamada görüntüleme yöntemleri önem kazanır. Anatomik görüntüleme ile morfolojik yapı saptanabilirken, fonksiyonel görüntüleme, lezyonun hormon



Resim 10. Metastatik paraganglioma hastasında PRRT öncesi evrelemede MIP (A), ve aksiyel füzyon (B,C,D) görüntülerde sol boyunda yerleşimli primer lezyon, akciğer ve kemik metastazları izlenmekte.

PRRT, peptid reseptör radyonüklid tedavisi; MIP, maksimum yoğunluk projeksiyonu

üretim kapasitesini değerlendirme konusunda benzersiz avantajlar sunar.

Adrenal korteks görüntülemesinde şu anda resmi EANM kılavuzu bulunmamaktadır. Bununla birlikte bu görüntüleme için geçmişte en sık kullanılan ajan [¹³¹I] 6β-iodomethyl-19-norcholesterol ([¹³¹I] norcholesterol)'dür [29]. Bu kolesterol türevi bileşik, steroid sentezi yapan hücreler içine alınır ve metabolize edilmeden adrenal kortekste tutulur. Radyofarmasötik uygulamasını takiben [¹³¹I]'un yapısı gereği geç görüntülemeler gereklidir. Genellikle planar imajlar yeterli olup doğruluk oranı %47-94 arasında değişmektedir [29]. Bununla birlikte, SPECT/BT ile anatomik korelasyon sağlanarak tanısal doğruluk artırılabilir. Özellikle kortizol, aldosteron veya androjen üreten hücrelerin görüntülenmesinde tercih edilir. Cushing sendromunda adenom ile bilateral hiperplazinin ayrımı, primer hiperaldosteronizmde aldosteronom ve hiperplazi ayrımı, hiperandrojenik durumlarda sekresyon yapan lezyonun lokalizasyonu ve adrenalectomi sonrası rezidüel doku değerlendirmesi en sık endikasyonlarıdır. Uygulanan 20 MBq/lık dozla etkin radyasyon dozu yaklaşık 36 mSv olup, nispeten yüksektir. En yüksek doz tiroid tarafından alınır (29 mGy/MBq), bu nedenle tiroid blokajı kritik öneme sahiptir [29]. Görüntülemenin öncesinde tiroid blokajı gerektirmesi, deksametazon supresyonu gerektirebilmesi ve görüntülemenin geç ve uzun sürmesi nedeniyle hızlı tanı gerektiren durumlar için uygun değildir ve günümüzde kısmen terkedilen bir görüntüleme yöntemidir [41]. Görüntülemeye; simetrik artmış tutulum bilateral hiperplaziyi düşündürürken (Cushing veya hiperaldosteronizm), tek taraflı artmış tutulum genellikle adenom lehine yorumlanır. Bilateral tutulum olmaması adrenal korteks karsinomu, yoğun lipid içerikli adenomlar ya da hormonal baskılanma (hormon tedavisi) durumlarını düşündürmelidir [29].

Bu yöntem yerine özellikle PA ve adrenokortikal karsinom gibi hormon üretim kapasitesi yüksek tümörlerde, kemokin reseptörü 4(CXCR4) yüksek düzeyde eksprese edilmesi nedeniyle [⁶⁸Ga] Pentixafor PET/BT görüntülemesi, CXCR4 pozitif adrenal korteks lezyonlarının invaziv olmayan olarak saptanmasında umut vadeden bir yöntem olarak öne çıkmaktadır [43]. PA tanısında birincil görüntüleme yöntemi kontrastlı adrenal BT'dir [44]. BT, adrenal nodüllerin saptanmasında ve anatomik ayırıcı tanıda yardımcı olur ancak tek başına lateralizasyon (tek taraflı veya bilateral tutulum ayrımı) için yeterli değildir. Bu nedenle alt tip ayırımında altın standart yöntem adrenal ven örneklemesidir (AVS) [44]. Ancak AVS invazif, teknik olarak zor ve sınırlı merkezlerde yapılabilen bir yöntemdir. Bu nedenle AVS'ye alternatif, invazif yöntemler üzerinde çalışmalar sürmektedir. Son yıllarda, özellikle CXCR4 ekspresyonunu hedefleyen [⁶⁸Ga] Pentixafor PET/BT gibi yeni moleküler görüntüleme teknikleri

umut verici sonuçlar vermiştir. [⁶⁸Ga] Pentixafor, unilateral aldosteron üreten nodüllerin saptanmasında potansiyel göstermekte ve AVS'nin uygulanamadığı durumlarda faydalı bir alternatif olarak değerlendirilmektedir [43].

PANKREAS BEZİNİN FONKSİYONEL GÖRÜNTÜLEMESİ

Pankreasın nöroendokrin tümörleri (PNET), fonksiyonel veya fonksiyonel olmayan, şeklinde ve klinik davranışları değişkenlik gösteren heterojen neoplazmlardır [45-47]. Fonksiyonel tümörler insülinoma, gastrinoma, VIPoma, glukagonoma ve somatostatinoma gibi hormon üreten tiplerden oluşur ve klinik olarak hiperfonksiyon bulguları ile seyreder [48]. Fonksiyonel olmayan tümörler ise genellikle geç tanı alır ve metastatik yayılım ile saptanır. Moleküler görüntüleme, bu tümörlerin tanı, evreleme ve tedavi yanıt takibinde önemli rol oynamaktadır. Bu yöntemle primer tümör odakları saptanabildiği gibi lenf nodu ve uzak metastazlar da etkin biçimde görüntülenebilir. Sıklıkla başvuru yöntemleri arasında [⁶⁸Ga]-DOTA-peptidler (TOC, -NOC veya -TATE) ve [¹⁸F] FDG PET/BT çalışmaları yer alır [45, 49].

Somatostatin reseptörü ekspresyonu, özellikle iyi diferansiye NET'lerde sık gözlenir ve bu reseptörleri hedefleyen [⁶⁸Ga]-DOTA-peptidler ile yapılan PET/BT çalışmaları yüksek sensitivite ve spesifite ile tanısal avantaj sağlar [45, 50].

Galyum 68 ([⁶⁸Ga])-DOTA-peptid PET/BT, PNET'lerde sensitivite açısından daha önce NET tanı ve takibinde kullanılan ve In111 ile işaretli [¹¹¹In]-pentetreotid'e (octreoscan) göre belirgin üstünlük sağlamış olup küçük lezyonların saptanmasında ve radyonüklid tedaviye uygunluk değerlendirmesinde özellikle önerilmektedir [49, 51]. Ayrıca theranostik yaklaşımlar için de temel oluşturan bu görüntüleme yöntemi olup, [¹⁷⁷Lu] veya [⁹⁰Y] DOTATATE tedavisinin endikasyonunu belirlemede yol göstericidir [52].

Yüksek dereceli, düşük diferansiyasyonlu ve hızlı proliferasyon gösteren PNET'lerde ise glukoz metabolizması daha baskındır ve bu nedenle [¹⁸F] FDG PET/BT daha faydalı olmaktadır. Hücre proliferasyon indeksi (Ki-67) yüksek tümörlerde [18F] FDG tutulumu artmakta ve bu durum prognozla korele görülmektedir [53].

Yeni çalışmalarda CXCR4 kemokin reseptörüne yönelik [⁶⁸Ga] Pentixafor PET/BT ile yüksek dereceli PNET'lerin görüntülenmesi araştırılmakta olup bu ajanın agresif tümör alt tiplerinin saptanmasında [¹⁸F] FDG ile benzer performans gösterdiği bildirilmiştir [54]. Özellikle SSTR negatif olan ama biyolojik aktivitesi yüksek tümörlerde alternatif olarak değerlendirilebilir [54].

Son zamanlarda geliştirilen [⁶⁴Cu]-DOTATATE, uzun yarı ömrü ve yüksek çözünürlük kapasitesi sayesinde merkezler arası nakil gereksinimi olan hastalarda da avantaj sağlamaktadır [45, 55]. Ayrıca bazı merkezlerde kullanılmaya başlanan [¹⁸F]-AIF-NOTA-octreotid gibi ajanlar da daha geniş dağıtım ağı ve görüntü kalitesi ile umut vadetmektedir [56, 57].

Ayrıca glukagon benzeri peptid-1 (GLP-1) reseptörlerini hedefleyen radyofarmasötikler ile yapılan görüntüleme, özellikle insülinomalarda selektif tutulum göstermekte ve cerrahi öncesi lokalizasyon için değerli bilgiler sunmaktadır. Bu amaçla geliştirilen [⁶⁸Ga]-NODAGA-exendin-4 PET/BT, insülinoma tanısı ve lokalizasyonunda oldukça yüksek doğrulukla bazı kliniklerde kullanılmaktadır [58].

Sonuç olarak, PNET'lerin değerlendirilmesinde moleküler görüntüleme, tümör diferansiyasyonuna, reseptör ekspresyonuna ve biyolojik davranışına göre seçilen uygun radyofarmasötikler ile kişiselleştirilmiş bir yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Hem tanı koydurucu hem de tedavi yönlendirici işleviyle NET'lerin yönetiminde son yıllarda vazgeçilmez hale gelmiştir. PNET'lerde kullanılan fonksiyonel görüntüleme yöntemleri ve klinik endikasyonları Tablo 6' da verilmiştir.

SONUÇ

Fonksiyonel görüntüleme, endokrin hastalıkların tanısında ve yönetiminde anatomik incelemeleri tamamlayan temel bir bileşen haline gelmiştir. Tiroid, paratiroid, adrenal ve pankreas dokularının özgün biyokimyasal süreçlerini hedefleyen radyofarmasötikler; hastalığın kaynağını, fonksiyonel aktivitesini ve olası yayılımını yüksek doğrulukla ortaya koymaktadır. Hibrit SPECT/BT ve PET/BT teknikleri, anatomik korelasyonla birlikte lokalizasyon doğruluğunu artırarak minimal invaziv cerrahi planlaması, nüks değerlendirmesi ve teranostik uygulamalara önemli katkı sağlamaktadır. Güncel literatür, özellikle DOTA-türevli PET ajanları, FDG ve kolin ile seçilmiş yeni hedefler (örneğin CXCR4, GLP-1, FAP) sayesinde fonksiyonel görüntülemenin kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinde belirleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu nedenle, radyoloji pratiğinde fonksiyonel görüntülemenin doğru endikasyon ve yorumlama ilkeleriyle entegrasyonu, multidisipliner klinik karar süreçlerini güçlendirmeye devam edecektir.

Tablo 6. Pankreatik nöroendokrin tümörlerde kullanılan fonksiyonel görüntüleme yöntemleri ve klinik endikasyonları

Görüntüleme yöntemi	Kullanılan radyofarmasötik	Endikasyon/tümör özelliği	Yorum/avantaj
Somatostatin reseptör PET/BT	[⁶⁸ Ga] DOTA-TATE /TOC/NOC [⁶⁴ Cu] DOTATATE [¹⁸ F]-AIF-NOTA-octreotid	İyi diferansiye, düşük Ki-67; reseptör (+) tümörler	Yüksek sensitivite, theranostik kılavuz
FDG PET/BT	[¹⁸ F] FDG	Yüksek Ki-67, düşük diferansiyasyon; agresif tümörler	Prognoz belirleyici, biyolojik davranış
GLP-1 PET/BT	[⁶⁸ Ga] NODAGA-exendin-4	İnsülinoma tanısı ve preoperatif lokalizasyon	Yüksek hedef seçicilik, cerrahi planlama
CXCR4 PET/BT	[⁶⁸ Ga] PentixaFor	SSTR-negatif, yüksek dereceli tümörler	Alternatif hedef, klinik araştırma aşamasında
SPECT/BT	[¹¹¹ In] pentetreotid (Octreoscan)	SSTR (+) tümörler	PET'e göre düşük rezolüsyon, sınırlı duyarlılık

PET/BT, pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi; SPECT/BT, tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi; ⁶⁸Ga, Galyum 68; Ki-67, hücre proliferasyon indeksi; SSTR, somatostatin reseptörü; [¹⁸F] FDG, flor-18 işaretli florodeoksiglukoz; GLP-1, glukagon benzeri peptid-1.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

- Intenzo C, Miller J, Gulati A, Colarossi D, Parekh M. The role of nuclear medicine in benign thyroid disease. *Semin Nucl Med.* 2023; 53: 469-74. [CrossRef]
- Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, Kwak J, Lawson SA, Lulaj E, et al. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019; 46: 2514-25. [CrossRef]
- Baker CH, Morris JC. The sodium-iodide symporter. *Curr Drug Targets Immune Endocr Metabol Disord.* 2004; 4: 167-74. [CrossRef]
- Bongiovanni M, Paone G, Ceriani L, Pusztaszeri M. Cellular and molecular basis for thyroid cancer imaging in nuclear medicine. *Clinical and Translational Imaging.* 2013;1(3):149-61. [CrossRef]
- Bertagna F, Treglia G, Piccardo A, Giubbini R. Diagnostic and clinical significance of F-18-FDG-PET/CT thyroid incidentalomas. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012; 97: 3866-75. [CrossRef]
- Familiar C, Merino S, Valhondo R, López C, Pérez X, De Los Monteros PE, et al. Prevalence and clinical significance in our setting of incidental uptake in the thyroid gland found on 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography (PET-CT). *Endocrinol Diabetes Nutr (Engl Ed).* 2023; 70: 171-8. [CrossRef]
- Grewal RK, Lubberink M, Pentlow KS, Larson SM. The role of iodine-124-positron emission tomography imaging in the management of patients with thyroid cancer. *PET Clin.* 2007; 2: 313-20. [CrossRef]
- Rault E, Vandenberghe S, Van Holen R, De Beenhouwer J, Staelens S, Lemahieu I. Comparison of image quality of different iodine isotopes (I-123, I-124, and I-131). *Cancer Biother Radiopharm.* 2007; 22: 423-30. [CrossRef]
- Surks MI, Ortiz E, Daniels GH, Sawin CT, Col NF, Cobin RH, et al. Subclinical thyroid disease: scientific review and guidelines for diagnosis and management. *JAMA.* 2004; 291: 228-38. [CrossRef]
- Saltiki K, Simeakis G, Karapanou O, Alevizaki M. MANAGEMENT OF ENDOCRINE DISEASE: Medullary thyroid cancer: from molecular biology and therapeutic pitfalls to future targeted treatment perspectives. *Eur J Endocrinol.* 2022; 187: R53-63. [CrossRef]
- Treglia G, Villani MF, Giordano A, Rufini V. Detection rate of recurrent medullary thyroid carcinoma using fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography: a meta-analysis. *Endocrine.* 2012; 42: 535-45. [CrossRef]
- Trimboli P, Mian C, Piccardo A, Treglia G. Diagnostic tests for medullary thyroid carcinoma: an umbrella review. *Endocrine.* 2023; 81: 183-93. [CrossRef]
- Jayasinghe R, Basnayake O, Jayarajah U, Seneviratne S. Management of medullary carcinoma of the thyroid: a review. *J Int Med Res.* 2022; 50: 3000605221110698. [CrossRef]
- Treglia G, Castaldi P, Villani MF, Perotti G, de Waure C, Filice A, et al. Comparison of 18F-DOPA, 18F-FDG and 68Ga-somatostatin analogue PET/CT in patients with recurrent medullary thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2012; 39: 569-80. [CrossRef]
- Kaliszewski K, Ludwig M, Ludwig B, Mikuła A, Greniuk M, Rudnicki J. Update on the diagnosis and management of medullary thyroid cancer: what has changed in recent years? *Cancers (Basel).* 2022; 14: 3643. [CrossRef]
- Giovanella L, Treglia G, Iakovou I, Mihailovic J, Verburg FA, Luster M. EANM practice guideline for PET/CT imaging in medullary thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2020; 47: 61-77. [CrossRef]
- Treglia G, Rufini V, Piccardo A, Imperiale A. Update on management of medullary thyroid carcinoma: focus on nuclear medicine. *Semin Nucl Med.* 2023; 53: 481-9. [CrossRef]
- Petranović O, Čariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I, Hindié E, Huellner MW, Luster M, et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021; 48: 2801-22. [CrossRef]
- Lalonde MN, Correia RD, Syktiotis GP, Schaefer N, Matter M, Prior JO. Parathyroid imaging. *Semin Nucl Med.* 2023; 53: 490-502. [CrossRef]
- Yeh MW, Iuarte PH, Zhou HC, Nishimoto S, Liu IL, Harari A, et al. Incidence and prevalence of primary hyperparathyroidism in a racially mixed population. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013; 98: 1122-9. [CrossRef]
- Taterra D, Wong LM, Vikse J, Sanna B, Pękala P, Walocha J, et al. The prevalence and anatomy of parathyroid glands: a meta-analysis with implications for parathyroid surgery. *Langenbecks Arch Surg.* 2019; 404: 63-70. [CrossRef]
- Treglia G, Trimboli P, Huellner M, Giovanella L. Imaging in primary hyperparathyroidism: focus on the evidence-based diagnostic performance of different methods. *Minerva Endocrinol.* 2018; 43: 133-43. [CrossRef]
- Treglia G, Sadeghi R, Schalin-Jäntti C, Caldarella C, Ceriani L, Giovanella L, et al. Detection rate of (99m) Tc-MIBI single photon emission computed tomography (SPECT)/CT in preoperative planning for patients with primary hyperparathyroidism: a meta-analysis. *Head Neck.* 2016; 38: E2159-72. [CrossRef]
- Treglia G, Piccardo A, Imperiale A, Strobel K, Kaufmann PA, Prior JO, et al. Diagnostic performance of choline PET for detection of hyperfunctioning parathyroid glands in hyperparathyroidism: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019; 46: 751-65. [CrossRef]
- Saha S, Vierkant RA, Johnson GB, Parvinian A, Wermers RA, Foster T, et al. C¹¹ choline PET/CT succeeds when conventional imaging for primary hyperparathyroidism fails. *Surgery.* 2023; 173: 117-23. [CrossRef]
- Weber T, Smaxwil C, Hermann M, Lenschow C, Lorenz K, Steinmüller T, et al. Results of ¹⁸F-choline and ¹¹C-methionine positron emission tomography/computed tomography for the preoperative localization of hyperfunctional parathyroid glands in primary hyperparathyroidism. *Surgery.* 2025; 180: 109056. [CrossRef]
- Kuyumcu S, Denizmen D, Has-Simsek D, Poyanli A, Uzum AK, Buyukkaya F, et al. ⁶⁸Ga-Trivehexin PET/CT: a promising novel tracer for primary hyperparathyroidism. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2024; 51: 3912-23. [CrossRef]
- Werner RA, Schirbel A, Buck AK, Fassnacht M, Hahner S. Adrenal functional imaging. *Presse Med.* 2022; 51: 104114. [CrossRef]
- Avram AM, Fig LM, Gross MD. Adrenal gland scintigraphy. *Semin Nucl Med.* 2006; 36: 212-27. [CrossRef]
- Lenders JWM, Kerstens MN, Amar L, Prejbisz A, Robledo M, Taieb D, et al. Genetics, diagnosis, management and future directions of research of pheochromocytoma and paraganglioma: a position statement and consensus of the Working Group on Endocrine Hypertension of the European Society of Hypertension. *J Hypertens.* 2020; 38: 1443-56. [CrossRef]
- Ebbehoj A, Stochholm K, Jacobsen SF, Trolle C, Jepsen P, Robaczky MG, et al. Incidence and clinical presentation of pheochromocytoma and sympathetic paraganglioma: a population-based study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2021; 106: e2251-61. [CrossRef]
- Zhang X, Wakabayashi H, Hiromasa T, Kayano D, Kinuya S. Recent advances in radiopharmaceutical theranostics of pheochromocytoma and paraganglioma. *Semin Nucl Med.* 2023; 53: 503-16. [CrossRef]
- Taieb D, Hicks RJ, Hindié E, Guillet BA, Avram A, Ghedini P, et al. European Association of Nuclear Medicine Practice Guideline/Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Procedure Standard 2019 for radionuclide imaging of pheochromocytoma and paraganglioma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019; 46: 2112-37. [CrossRef]

34. Bomanji J, Levison DA, Flatman WD, Horne T, Bouloux PM, Ross G, et al. Uptake of iodine-123 MIBG by pheochromocytomas, paragangliomas, and neuroblastomas: a histopathological comparison. *J Nucl Med.* 1987; 28: 973-8. [\[CrossRef\]](#)
35. Jaques S Jr, Tobes MC, Sisson JC. Sodium dependency of uptake of norepinephrine and m-iodobenzylguanidine into cultured human pheochromocytoma cells: evidence for uptake-one. *Cancer Res.* 1987; 47: 3920-8. [\[CrossRef\]](#)
36. Berglund AS, Hulthén UL, Manhem P, Thorsson O, Wollmer P, Törnquist C. Metaiodobenzylguanidine (MIBG) scintigraphy and computed tomography (CT) in clinical practice. Primary and secondary evaluation for localization of pheochromocytomas. *J Intern Med.* 2001; 249: 247-51. [\[CrossRef\]](#)
37. Kan Y, Zhang S, Wang W, Liu J, Yang J, Wang Z. ⁶⁸Ga-somatostatin receptor analogs and ¹⁸F-FDG PET/CT in the localization of metastatic pheochromocytomas and paragangliomas with germline mutations: a meta-analysis. *Acta Radiol.* 2018; 59: 1466-74. [\[CrossRef\]](#)
38. Naji M, Zhao C, Welsh SJ, Meades R, Win Z, Ferrarese A, et al. ⁶⁸Ga-DOTA-TATE PET vs. ¹²³I-MIBG in identifying malignant neural crest tumours. *Mol Imaging Biol.* 2011; 13: 769-75. [\[CrossRef\]](#)
39. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2015; 42: 328-54. [\[CrossRef\]](#)
40. Cao L, Zhang D, Yang H, Xu W, Liu Y. ¹⁸F-FDG-PET/CT-based machine learning model evaluates indeterminate adrenal nodules in patients with extra-adrenal malignancies. *World J Surg Oncol.* 2023; 21: 305. [\[CrossRef\]](#)
41. Werner RA, Hartrampf PE, Schirbel A, Hahner S. Adrenal functional imaging - which marker for which indication? *Curr Opin Urol.* 2022; 32: 585-93. [\[CrossRef\]](#)
42. Terzolo M, Bovio S, Pia A, Osella G, Borretta G, Angeli A, et al. Subclinical Cushing's syndrome. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2007; 51: 1272-9. [\[CrossRef\]](#)
43. Hu J, Xu T, Shen H, Song Y, Yang J, Zhang A, et al. Accuracy of Gallium-68 pentixafor positron emission tomography-computed tomography for subtyping diagnosis of primary aldosteronism. *JAMA Netw Open.* 2023; 6: e2255609. [\[CrossRef\]](#)
44. Fassnacht M, Arlt W, Bancos I, Dralle H, Newell-Price J, Sahdev A, et al. Management of adrenal incidentalomas: European Society of Endocrinology Clinical Practice Guideline in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. *Eur J Endocrinol.* 2016; 175: G1-34. [\[CrossRef\]](#)
45. Bozkurt MF, Virgolini I, Balogova S, Beheshti M, Rubello D, Decristoforo C, et al. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with ⁶⁸Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and ¹⁸F-DOPA. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2017; 44: 1588-1601. [\[CrossRef\]](#) Erratum in: *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2017; 44: 2150-1. [\[CrossRef\]](#)
46. Seregni E, Chiti A, Bombardieri E. Radionuclide imaging of neuroendocrine tumours: biological basis and diagnostic results. *Eur J Nucl Med.* 1998; 25: 639-58. [\[CrossRef\]](#)
47. Bombardieri E, Maccauro M, De Deckere E, Savelli G, Chiti A. Nuclear medicine imaging of neuroendocrine tumours. *Ann Oncol.* 2001; 12: S51-61. [\[CrossRef\]](#)
48. Kayani I, Bomanji JB, Groves A, Conway G, Gacinovic S, Win T, et al. Functional imaging of neuroendocrine tumors with combined PET/CT using ⁶⁸Ga-DOTATATE (DOTA-DPhe1,Tyr3-octreotate) and ¹⁸F-FDG. *Cancer.* 2008; 112: 2447-55. [\[CrossRef\]](#)
49. Virgolini I, Ambrosini V, Bomanji JB, Baum RP, Fanti S, Gabriel M, et al. Procedure guidelines for PET/CT tumour imaging with ⁶⁸Ga-DOTA-conjugated peptides: ⁶⁸Ga-DOTA-TOC, ⁶⁸Ga-DOTA-NOC, ⁶⁸Ga-DOTA-TATE. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2010; 37: 2004-10. [\[CrossRef\]](#)
50. Prasad V, Ambrosini V, Hommann M, Hoersch D, Fanti S, Baum RP. Detection of unknown primary neuroendocrine tumours (CUP-NET) using (⁶⁸Ga)-DOTA-NOC receptor PET/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2010; 37: 67-77. [\[CrossRef\]](#)
51. Kowalski J, Henze M, Schuhmacher J, Mäcke HR, Hofmann M, Haberkorn U. Evaluation of positron emission tomography imaging using [⁶⁸Ga]-DOTA-D Phe(1)-Tyr(3)-Octreotide in comparison to [¹¹¹In]-DTPAOC SPECT. First results in patients with neuroendocrine tumors. *Mol Imaging Biol.* 2003; 5: 42-8. [\[CrossRef\]](#)
52. Öksüz MÖ, Winter L, Pfannenberger C, Reischl G, Müssig K, Bares R, et al. Peptide receptor radionuclide therapy of neuroendocrine tumors with (⁹⁰Y)-DOTATOC: is treatment response predictable by pre-therapeutic uptake of (⁶⁸Ga)-DOTATOC? *Diagn Interv Imaging.* 2014; 95: 289-300. [\[CrossRef\]](#)
53. Binderup T, Knigge U, Loft A, Federspiel B, Kjaer A. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography predicts survival of patients with neuroendocrine tumors. *Clin Cancer Res.* 2010; 16: 978-85. [\[CrossRef\]](#)
54. Werner RA, Weich A, Higuchi T, Schmid JS, Schirbel A, Lassmann M, et al. Imaging of chemokine receptor 4 expression in neuroendocrine tumors - a triple tracer comparative approach. *Theranostics.* 2017; 7: 1489-98. [\[CrossRef\]](#)
55. Pfeifer A, Knigge U, Mortensen J, Oturai P, Berthelsen AK, Loft A, et al. Clinical PET of neuroendocrine tumors using ⁶⁴Cu-DOTATATE: first-in-humans study. *J Nucl Med.* 2012; 53: 1207-15. [\[CrossRef\]](#)
56. Hou G, Cheng X, Yang Y, Zhao D, Wang G, Zhao H, et al. Diagnostic performance and clinical impact of ¹⁸F-AIF-NOTA-octreotide in a large cohort of patients with neuroendocrine neoplasms: A prospective single-center study. *Theranostics.* 2024; 14: 3213-20. [\[CrossRef\]](#)
57. Long T, Yang N, Zhou M, Chen D, Li Y, Li J, et al. Clinical application of ¹⁸F-AIF-NOTA-octreotide PET/CT in combination with ¹⁸F-FDG PET/CT for imaging neuroendocrine neoplasms. *Clin Nucl Med.* 2019; 44: 452-8. [\[CrossRef\]](#)
58. Christ E, Wild D, Forrer F, Brändle M, Sahli R, Clerici T, et al. Glucagon-like peptide-1 receptor imaging for localization of insulinomas. *J Clin Endocrinol Metab.* 2009; 94: 4398-405. [\[CrossRef\]](#)

1. Aşağıdakilerden hangisi, tiroid nodüllerinin benign ya da malign ayrımında kullanılan [^{99m}Tc]sestamibi sintigrafisinin avantajlarından biri değildir?
 - a. Yüksek özgüllük.
 - b. Benign nodüllerde hızlı yıkılım göstermesi.
 - c. Multinodüler guatrda her nodülün fonksiyonunu ayrı ayrı değerlendirebilmesi.
 - d. Radyasyon maruziyetinin çok düşük olması.
 - e. Hızlı ve kolay uygulanabilir olması.
2. Aşağıdakilerden hangisi paratiroid adenomunun preoperatif lokalizasyonunda en yaygın kullanılan iki yöntemdir?
 - a. MRI ve ultrasonografi
 - b. [^{99m}Tc] estamibi sintigrafisi ve ultrasonografi
 - c. PET/CT ve MR
 - d. SPECT ve PET
 - e. DSA ve CT
3. Aşağıdaki radyonüklid ajanlardan hangisi özellikle nöroendokrin tümörlerin görüntülenmesinde tercih edilmez?
 - a. [^{18}F] FDG
 - b. [^{123}I] MIBG
 - c. [^{68}Ga] DOTATATE
 - d. [^{11}C] methionine
 - e. [^{99m}Tc] perteknetat
4. Aşağıdaki PET ajanlarından hangisi ACTH-bağımlı ve bağımsız Cushing hastalıklarını ayırt etmede kullanılabilecek yeni bir görüntüleme ajanıdır?
 - a. [^{68}Ga] Pentixafor
 - b. [^{18}F] FDG
 - c. [^{124}I] NaI
 - d. [^{18}F] FET
 - e. [^{68}Ga] DOTATATE
5. [^{123}I] MIBG sintigrafisinin kullanım alanıyla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
 - a. Norepinefrin taşıyıcısını kullanan tümörlerin görüntülenmesinde etkilidir.
 - b. Feokromositoma ve paraganglioma tanısında kullanılır.
 - c. Kalp tutulumu nedeniyle paratiroid görüntülemeye tercih edilir.
 - d. Kemik iliği infiltrasyonunu göstermede sınırlıdır.
 - e. Terapötik dozlarda [^{131}I]MIBG formu kullanılır.