

7. Radyolojik Değerlendirme

Doç. Dr. Ayşegül GÜRSOY ÇORUH

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET

Bronşektazi bronşların geri dönüşümsüz genişlemesi ile karakterizedir. Altın standart tanı yöntemi yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografidir (YÇBT). YÇBT’de bronş çapının komşuluğundaki pulmoner arter çapından daha geniş olması, bronşiyal sistemde akciğerin periferine doğru gidildikçe daralma olmaması ile tanı konur. Bronş çapındaki genişlemeye ek olarak bronş duvar kalınlaşması, bronş kontüründe düzensizlik seçilebilir. Morfolojik olarak kistik, silindirik ve variköz olmak üzere üç gruba ayrılır. Önemli bir grup idiyopatik olmakla beraber, YÇBT’de tutulum patternlerine ve morfolojik özelliklerine göre etiyolojiye yönelik değerlendirme yapılabilir.

GİRİŞ

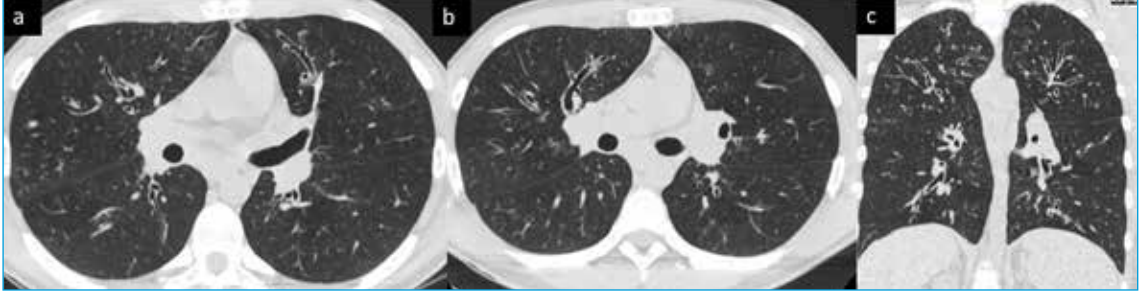
Bronşektazi; bronş-bronşiol duvar kalınlaşması ile beraber görülen geri dönüşümsüz dilatasyonlarla karakterize kronik hava yolu hastalığıdır. Akciğer hasarlanması ile sonuçlanan irregüle inflamatuvar yanıt ve tekrarlayan enfeksiyon ile karakterizedir (1). Bronşektazi ilk olarak 1819 yılında Fransız Doktor Rene-Theophile-Hyacinthe Laennec tarafından tüberkülozlu olgularda bildirilmiştir (2). Klinik ve radyolojik bir tanımlama olup dispne ve öksürük semptomları ile karakterize bronşiyal ağaçtaki kalıcı, anormal genişlemeyi tanımlamaktadır (3). Kelime olarak Yunanca kökenli olup, bronkia (hava yolu), ek (dışarı) ve tasis (gerilim, gerilme) kelimelerinden türemiştir (4). Histopatolojik olarak silyalı epitel tabakasında kayıp, epitelde hiperplazi/metaplazi ve fibromusküler-elastin tabakada hasarlanma, kartilajda erezyonun izlendiği anormal genişlemiş havayoludur (5). Etiyolojide aspirasyon, kronik enfeksiyon, tıkaçıcı lezyon varlığı, hipersensitivite, bağ doku hastalığı, kistik fibrozis ve primer siliyer diskineziler gibi konjenital nedenler bulunmaktadır (1). Aspirasyon, kronik enfeksiyon, tıkaçıcı lezyon varlığı en sık bilinen etkenler olmakla beraber kabaca kistik fibrozis ve non-kistik fibrozis

bronşektazi olarak iki ana grupta da sınıflandırılabilir. Ancak yine de ihmal edilemez bir kısmı idiyopatik olarak gruplandırılmaktadır (6).

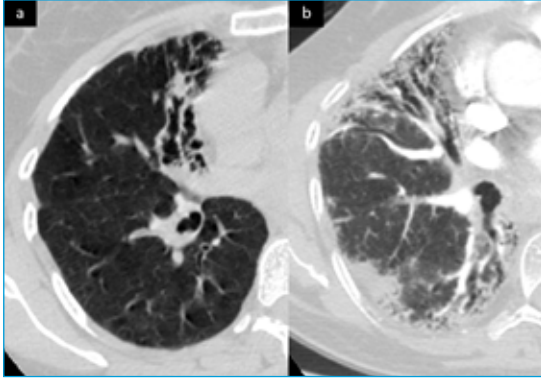
Morfolojik Özellięe Göre Bronşektazi Sınıflandırması

1950 yılında Reid tarafından tanımlanan morfolojik tiplendirme günümüzde de sıklıkla kullanılan ve en çok kabul gören sınıflandırmadır (7). Bu gruplandırmaya göre bronşektaziler anatomopatolojik olarak üç sınıfa (silindirik, kistik ve variköz) ayrılmaktadır. Silindirik bronşektazi (Resim 1) en sık görülen morfolojik tip olup, bronşlarda tubüler vasıfta uniform genişlemelerdir. Variköz bronşektazide (Resim 2) bronşlardaki genişleme düzensiz şekil ve büyüklüktedir. Hava yollarında yer yer daralma ve genişlemeler şeklindedir. Bronkopulmoner aspergilloz ve tüberküloz sonrası olgularda sıklıkla görülür. İnterstiyel fibroziste izlenen traksiyonel bronşektaziler genelde bu tarzda olup distorsiyona bağlı bronş kontürleri düzensizdir. Kistik (sakküler) bronşektaziler (Resim 3) en ağır form olup hava yollarında kese benzeri genişlemeler seçilmektedir. Kistik bronşektazilerde hava sıvı seviyelenmeleri seçilebilir. Kistik fibrozisli hastalarda sıklıkla görülen tiptir (7-11).

Resim 1. Yirmiyedi yaşında kistik fibrozis ve IgA Yetmezliği olan erkek hastada aksiyel (a,b) ve koronal (c) BT kesitlerinde silindirik bronşektaziler izleniyor.



Resim 2. Kronik hipersensitivite pnömonisi olan erkek hastanın aksiyel BT kesitlerinde (a) orta lobta, bağ doku hastalığının akciğer tutulumu mevcut olan kadın hastanın aksiyel BT kesitlerinde (b) orta lob-sağ akciğer alt lobta variköz bronşektaziler izlenmektedir.



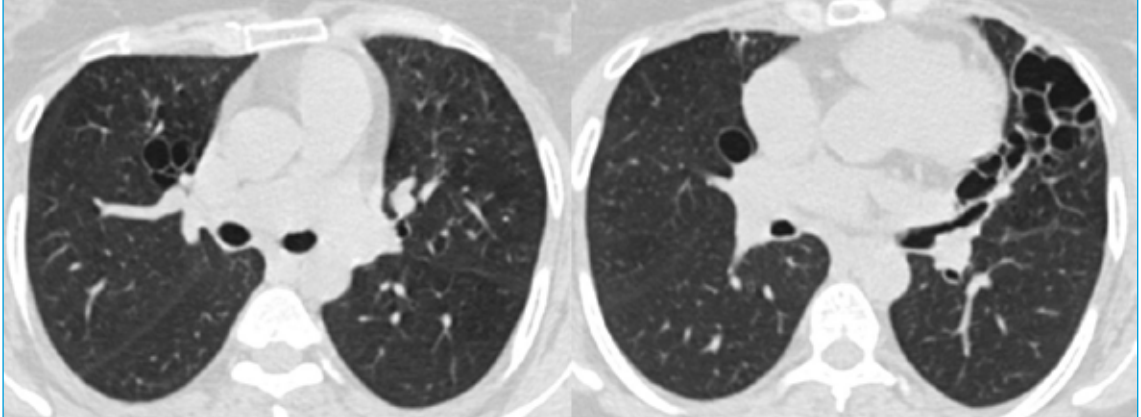
Görüntüleme Bulguları

Görüntüleme tekniklerinin gelişiminden önce bronşektazi tanısı postmortem çalışmalarda patoloji bulguları ile konuluyordu (5). Radyolojik olarak bronşektazi ilk 1922 yılında Sicard ve Forestier

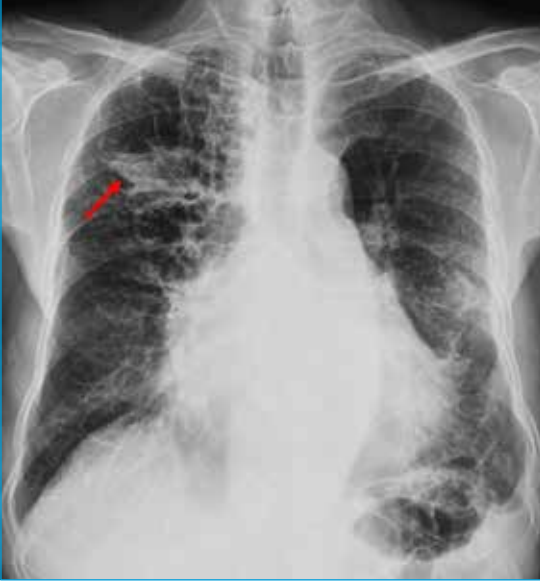
tarafından bronkografik olarak gösterilmiştir (3). Sicarda ve Forestier tarafından yapılan bu incelemede kontrast madde olarak lipiodol kullanılmış olup ilerleyen dönemlerde suda eriyen iyotlu bileşikler kullanılarak bu teknik geliştirilmiştir (12). Ancak günümüzde invazif bir yöntem olması nedeniyle kullanılmamaktadır.

PA grafi: Tanıda ilk basamak görüntüleme yöntemi olmasına rağmen hava yolu dilatasyonunu saptamada özgülüğü ve duyarlılığı oldukça düşüktür ve nadiren bronşiyal dilatasyonun doğrudan kanıtını gösterir (6). PA grafide akciğer işaretlerinde artış, kistik bronşektazide ince cidarlı kistler (Resim 4) ve kist içi hava-sıvı seviyelenmeleri izlenir (13). Akciğer işaretlerindeki artışın nedeni akciğer periferine doğru daralmayan duvarı kalınlaşmış bronşektazilerdir. Bu bronşlar birbirine paralel olarak seyir gösterdiklerinde demir yolunu andıran bir görünüm sergilerler. Kalın dilate bronşların oluşturduğu bu görünüme 'tram-track' (Resim 5) bulgusu denir. Bronşiyal dilatasyona eşlik eden pulmoner arter dalı ise enine kesit görüntülerde taşlı yüzük görünümüne neden olur. Etkilenen akciğerde havalanma artışı veya atelettazi bronşektazide diğer görülebilen bulgulardır. Kronik

Resim 3. Aksiyel BT kesitlerinde orta lob ve lingulada kese şeklinde kistik bronşektaziler izleniyor.



Resim 4. PA grafide sağ akciğer üst lobta kistik bronşektazi ve lümen içinde hava-sıvı seviyesi (kırmızı ok) seçilmektedir.



Resim 5. PA grafide sağ akciğer üst lobta birbirine paralel yerleşimli duvarı kalın tübüler bronşektaziler (kırmızı oklar) seçilmektedir (tram track görünümü).



enfeksiyonlara bağlı plevral kalınlaşma olguların az bir kısmında tanımlanmıştır (8).

Bilgisayarlı tomografi: 1990'ların ortasında yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (YÇBT) algoritmalarındaki gelişme ile birlikte bronşektazi tanısında BT altın standart yöntem olmuştur (5,6,8,14).

BT-YÇBT'nin bronşektazi tanısında sensitivitesi radyografiye göre oldukça yüksektir. BT'de bronşektazi tanımlamasında kullanılan bazı parametreler vardır. Bronş çapının bronş komşuluğundaki pulmoner arter çapına oranı ortalama 1:1 olması gerekir. Eğer bronş çapı komşuluğundaki arter çapından büyükse bronşektazi olarak tanımlanır (6,8,14,15). Ancak bu değer cinsiyet ve yaşa göre değişkenlik göstermekte olup infantlarda bu oran azalmakta, yaşlılarda ise artmaktadır (16). Bu oran bazı sağlıklı olgularda 1.3:1 olabilir. Sonuç olarak bronş-arter oranı çocuklarda ve adolesanslarda > 0.8, erişkinlerde ise > 1-1.5'in üzerinde ise bronşektazi (Resim 6) tanısı konulur (15). Pulmoner hipertansiyon gibi vasküler hastalıklarda genişlemiş pulmoner arter, bronşektazili olgularda bronş-arter oranının psödonormalizasyonuna neden olabilir (8). Tersine küçük hava yolu hastalığı, sigara veya yüksek rakımlı bölgelerde yaşamak gibi hipoksik pulmoner vazokonstriksiyona sebep olan durumlarda bronşektazi olmadığı halde bronş-arter oranındaki artış tanıda yanıltıcı olabilir (17,18). Ayrıca, interstisyel akciğer hastalığı gibi kronik akciğer hastalıklarında da pulmoner damar hacmi hastalığın seyri ile orantılı olarak artmaktadır (19). Bu gibi durumlarda hasta öyküsü, ana pulmoner arter çapı, eşlik eden küçük hava yolu hastalığı bulgularının varlığını araştırmak yanıltıcı sonuçları engeller (8). Bronşta çap ölçümü dış duvarlardan yapılmalıdır (14).

Resim 6. Aksiyel BT kesitlerinde her iki akciğer alt loblarda, sol akciğerde daha fazla olmak üzere kistik bronşektaziler mevcut. Bronş çapının komşuluğundaki pulmoner arter (kırmızı ok) çapına göre 10 kat daha fazla olduğu seçilmektedir. Bronş çap ölçümünün dış çeperlerden yapıldığına dikkat ediniz.



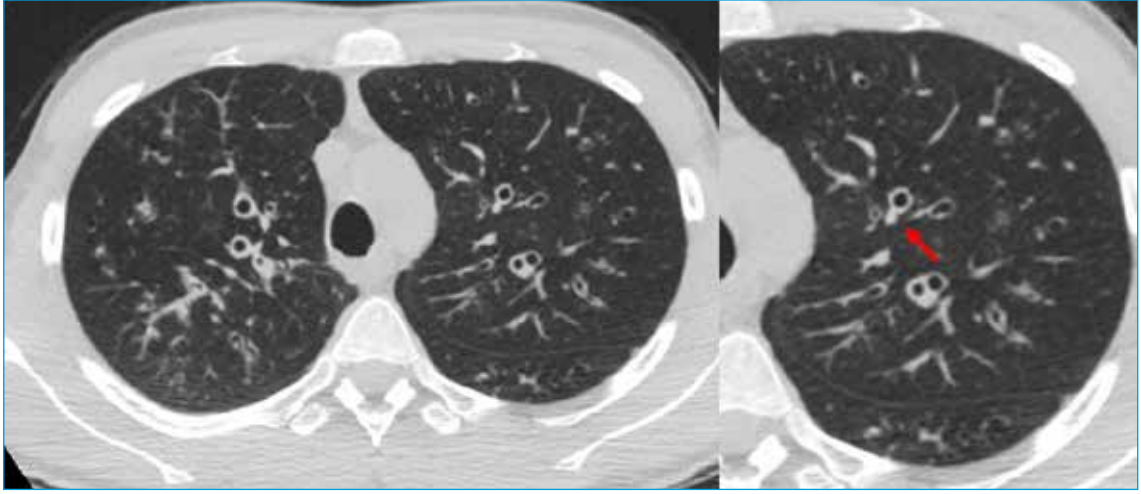
Eğer iç çeperler arası mesafe bronş çapı olarak kullanılırsa, bronş çapında ve bronş-arter oranında azalmaya ve yanlış negatif sonuca neden olabilir. Bronş içi mukus varlığı çapın normalden daha küçük ölçülmesine neden olur (20).

Taşlı yüzük görünümü (Resim 7) bronşektazinin diğer bir bulgusu olup, pulmoner arter basıncı normal olan hastalarda tanıda kullanılabilir. Bronştan geçen enine kesit geçen görüntülerde dilate bronş ve komşuluğundaki pulmoner arterin oluşturduğu görüntüdür (21). Hipoksik pulmoner vazokonstrüksiyonda

yalancı taşlı yüzük görünümüne neden olup bronşektaziyi taklit edebilir (8).

Sağlıklı bireylerde akciğerin periferal alanlarında bronş çapları küçük ve duvarları ince olduğu için BT rezolüsyonu ile vizualize edilemez. Ancak kalınlaştıkları ve dilate oldukları zaman akciğerin periferinde görülebilir hale gelir. Plevral yüzeyin 1 cm yakınında hava yollarının görünür hale gelmesi bronşektazinin diğer radyolojik bulgusudur (22). Akciğerlerin periferine doğru hava yollarında daralma olur. Bu daralmanın olmaması (Resim 8) BT görüntülemeye bron-

Resim 7. 23 yaşında primer immün yetmezlik tanısına sahip erkek olgunun aksiyel BT kesitlerinde silindirik bronşektazi mevcuttur. Bronş duvarları kalındır. Magnifiye olmuş görüntüde taşlı yüzük görünümüne neden olan pulmoner arter (kırmızı ok) ve komşuluğundaki dilate bronş seçilmektedir.



Resim 8. Her iki akciğer alt loblarda akciğer periferinde subplevral alanlarda progresif olarak dilatasyonun devam ettiği bronşlar seçilmektedir (kırmızı oklar). Aksiyel BT kesitlerinde izlenen silindirik bronşektaziye ek olarak bronş duvarlarında kalınlaşma ve hapsi sürece eşlik etmektedir.



şektazinin en spesifik bulgusudur (23). Bronş-arter oranı gibi arter hacmi bağımlı olmaması bu bulgunun en önemli avantajıdır. Günümüzde volumetrik akciğer BT görüntülerinden bronşlarda daralma eksikliğini baz alarak oluşturulan otomatik sistemler ile bronşektazi kantifikasyonu yapılabilmektedir (24). Minimum intensite projeksiyon (MinIP) rekonstrükte görüntülerde birbiri ile ilişkilenen genişleşmiş bronş yapıları net ortaya koyulabilmekte (Resim 9,10), böylece kistlerden bronşektazi ayrımı kolaylıkla yapılabilmektedir (8).

Klinikte Bronşektazi Şiddet İndeksi (BSI), FACED ve e-FACED gibi skorlama sistemlerine göre hastalar değerlendirilmektedir (25). Geçmişte kistik fibrozisli olgular için kullanılan CF-BT skorlamasının çeşitli gruplar tarafından farklı modifikasyonları (Bhalla, Brody, Brody-II, Helbich...) bulunmaktadır. Bu skorlamalarda bakılan ana belirteçler; mukus tıkaçı varlığı (periferal-santral olmasına göre), bronşiyal duvar kalınlık artışı (periferal-santral ve kalınlık derecesine göre), hava hapsi varlığı, bronşektazi yaygınlığı, atelektazi-amfizem- buzlu cam alanı gibi pulmoner opasitelerin eşlik etmesidir. Değerlendirmeler tutulan lob veya bronkopulmoner segment sayısına göre yapılmakta olup, gruplar arasında çeşitli değişiklikler mevcuttur (26). Son zamanlarda ayrı BT skorlama (BRICS) sistemi yayınlanmıştır. Bu skorlama, bronşiyal dilatasyonun derecesi ve amfizem içeren bronkopulmoner segmentlere göre yapılmaktadır. Skorlama 0-5 arasında değerlendirilmekte olup, skor 4-5 ciddi hastalığı göstermektedir. Bron-

şiyal dilatasyonun derecesine göre 0-3 arası puanlama yapılmaktadır (yok: 0, hafif: 1, orta: 2, ciddi: 3). Ciddi bronşektazide lümen çapının komşuluğundaki arter çapından üç kat daha fazla olması temel alınmaktadır. Orta derece dilatasyonda bronş çap artışı komşuluğundaki artere göre iki-üç kat kadardır. Et-kilenen amfizem alanına göre 0-2 arasında skorlama yapılmaktadır. 1-5 adet bronkopulmoner segmentte amfizem mevcut ise 1, > 5 segmentte amfizem mevcut ise 2 olarak puanlanır (27).

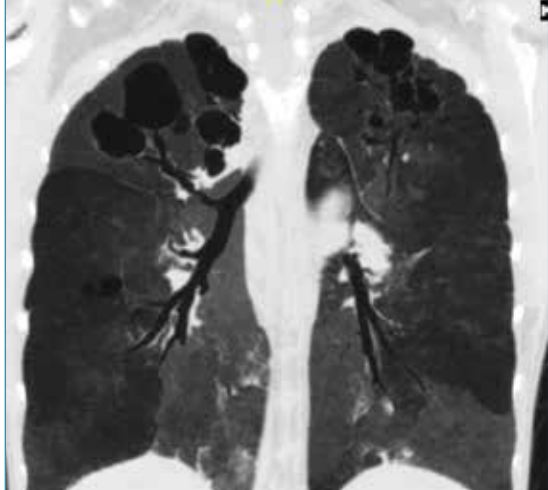
Morfometrik prensipler baz alınarak kantitatif olarak bronşektazi değerlendirmesi yapan semi otomatik sistemler mevcuttur. Bu sistemlerde bronşektazik alanlar ve hava hapsi alanları ayrı ayrı renkler ile kodlanmakta ve bronşektazili olan akciğer hacminin normal akciğer hacmine oranı, hava hapsi olan alanların normal akciğer hacmi oranları kantitatif olarak hesaplanmaktadır (28). Bu programlarda kantitatif olarak hesaplanan hava hapsi hacim değerlerinin BSI ve FACED skorlama sistemleri ile korelasyon gösterdiği yayınlarda belirtilmiştir (29).

BT çekim protokolü: Klinikler arasında çekim protokolleri arasında farklılık olmakla klasik YÇBT ve hacimsel YÇBT ile incelemeler gerçekleştirilebilir. Kesitler aksiyal plana paralel olmalıdır. Gantriye açısı verilmelidir. Toraks giriminden kostodiyafragmatik sinüslere kadar alan supin pozisyonda hastanın elleri yukarıda olacak şekilde taranır. Kesit kalınlığı 1-1.5 mm olmalıdır. Geleneksel YÇBT'de kesitler arasında 10 mm aralık bırakılır. Hacimsel YÇBT'de aralıksız ta-

Resim 9. Koronal MinIP görüntülerde görüntülerde sağ akciğer alt lob posterobazal subsegmenter bronşu devamlılığında (kırmızı ok) seçilen dilate bronş izlenmektedir.



Resim 10. Koronal MinIP görüntülerde her iki akciğer üst loblarda bronşlar ile ilişkilenen kistik vasıfta bronşektaziler izleniyor. Akciğerlerde hava hapsine bağlı dağınık yerleşimli daha lüsen alanlara dikkat ediniz.



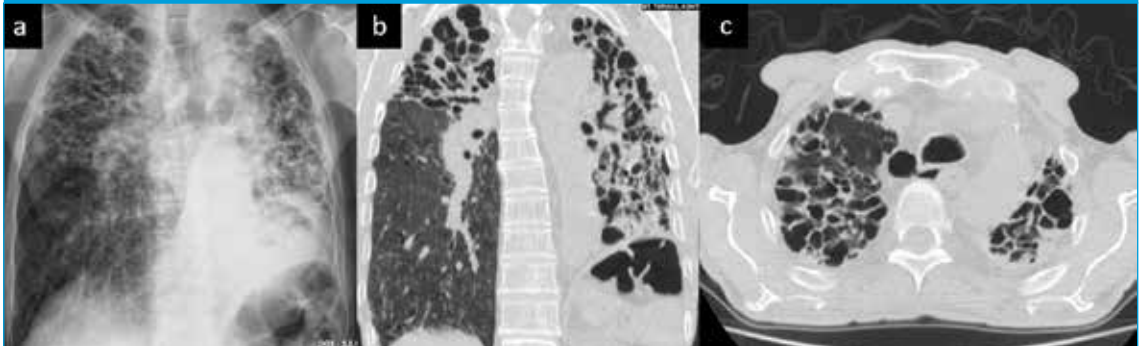
rama yapılır. Özellikle koopere olmayan, 50 yaş üstü hastalarda uygundur. Kesitler arası boşluk olmadığı için klasik YÇBT'ye göre daha avantajlıdır. Rekonstrüksiyon aralığı, kesit kalınlığına eşit veya daha küçük olmalıdır. ≤ 1 mm kesit kalınlığındaki rekonstrükte görüntüler ile aksiyal, koronal ve sagittal planlarda değerlendirme yapılmaktadır. Rekonstrükte görüntülerde bronşiyal ağaç anatomisi ardışık kesitlerde ortaya çıkmakta böylece bal peteği kisti-bül gibi patolojilerin bronşektaziden ayrımı yapılabilmektedir. Bu durum özellikle akciğerlerin periferel alanları için önemlidir. İncelemeler derin inspiryumda yapılmaktadır. Küçük hava yolu hastalığının tanısı koyabilmek için ekspiryum sonunda en az 3 düzeyden YÇBT kesitleri alınabilir. YÇBT'de rekonstrüksiyon algoritması olarak yüksek frekanslı rekonstrüksiyon algoritması (kenar keskinleştirici-kemik filtre) kullanılır. Yumuşak doku değerlendirimi için kullanılan düşük frekanslı algoritmden farklı olarak bu filtre parankimal yapıların kenar keskinliğini artırarak anatomik detayı iyi gösterir. Kesit atlamalı teknik olduğu için klasik YÇBT parankimal nodül, metastaz, akciğer kanseri, fokal parankimal hastalıkların değerlendirilmesi için uygun bir yöntem değildir (30). Konvansiyonel BT'de etkin doz 6-7 mSv, düşük doz BT'de 1.6 mSv, aralıklı klasik YÇBT'de etkin doz 0.7-1 mSv'tir (31). Takip hastalarında YÇBT tetkiklerinden kesit atlamalı ve düşük doz BT tercih edilebilir.

Kantitatif değerlendirmelerde inspiratuar ve ekspiratuar fazda supin pozisyonda genelde 1 mm veya submilimetrik kesit kalınlığı ile IV kontrast madde verilmeksizin volumetrik gerçekleştirilir. Takip incelemelerde kantitatif değerler açısından uyumsuzluklar olmaması için aynı cihaz veya benzer BT kalibrasyonu, doz ve benzer rekonstrüksiyon algoritmalarının (her iki incelemede de kemik kernel veya yumuşak doku kerneli kullanımı gibi) kullanılması önemlidir (31).

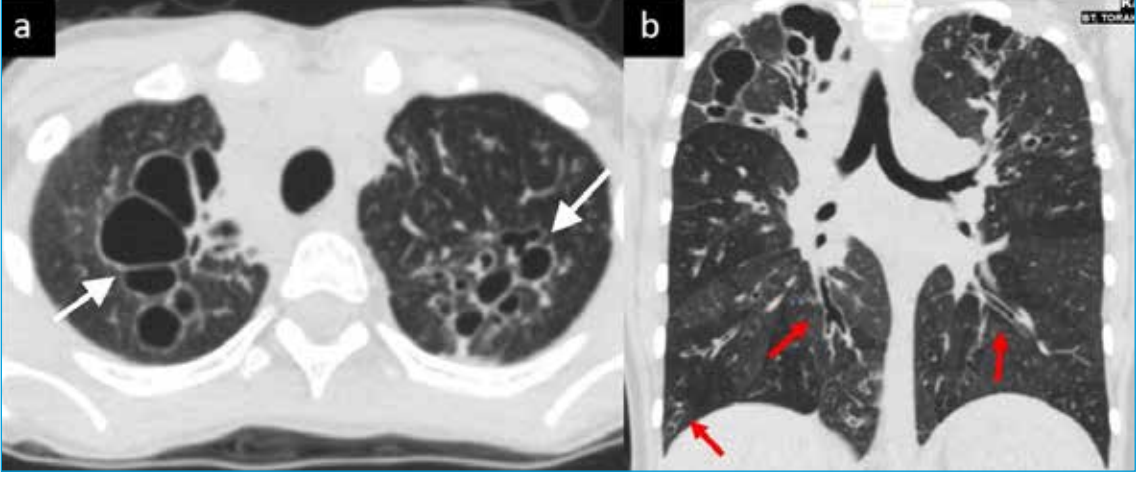
BT bulguları ile etiyojik tanı: Etiyolojide aspirasyon, kronik enfeksiyon veya bronşiyal obstrüksiyona neden olan lezyonlar bilindik en sık nedenler olmakla beraber sebebi bilinmeyen grupta azımsamayacak kadar fazladır (6). Endobronşiyal lezyon obstrüksiyonuna bağlı gelişmiş olgularda endobronşiyal lezyon çıkartılsa bile bronşektazi geri dönüşümlü değildir, sadece semptomların ve bronşiyal dilatasyonun daha kötüye gitmesi engellenmiş olur (8). Bronşektazileri değerlendirirken kraniokaudal dağılım, periferel-santral tutulum, bronşektazinin morfolojik özellikleri, eşlik eden fibrozis varlığı gibi bulgular etyolojik olarak ayrımı yapmada yardımcı olur (32). Koronal ve sagittal düzlemdeki görüntüler apikobazal dağılımı göstermekte oldukça yararlıdır.

Kistik fibrozis, sarkoidoz, silikozis (Resim 11), alerjik bronkopulmoner aspergillozis (ABPA), tüberkülozda daha çok üst-orta lob baskınlığı vardır. Kistik fibrozis, salgı bezlerindeki anormal klor transportuna bağlı başta akciğer olmak üzere gastrointestinal sistem, üreme organları ve ter bezlerini tutan sistemik otozomal resesif geçişli bir hastalıktır (33). Akciğerde üst zonlarda daha belirgin seçilen yaygın kistik (Resim 12) ve silindirik bronşektazi vardır. Bronş duvarında kalınlaşma, mukus tıkaçları ve difüz bronşiolite bağlı tomurcuklanmış ağaç manzarası görünümüne neden olan milimetrik sentriasiyer nodüller seçilir. Hava hapsine bağlı PA grafide akciğer hacminde artış seçilebilir. Lenfatik drenajın üst loblarda daha az etkili olması ve artmış sekresyonun bu nedenle üst loblarda yetersiz temizlenmesine bağlı üst lob daha sık etkilenmekle birlikte tüm akciğer yaygın olarak tutulur (34). Sarkoidoza bağlı bronşektazi genellikle end stage fibrozis ile karakterize evre 4 hastalıkta görülür. Genelde simetrik dağılım olup, bronşiyal distorsiyon mevcuttur. Bununla birlikte hiler-mediastinal lenfadenopati,

Resim 11. 80 yaş, silikotüberküloz tanısı olan hastanın PA grafi (a), koronal (b) ve aksiyel (c) BT kesitlerinde üst lob tutulumun hakim olduğu kistik-variköz bronşektaziler seçilmektedir. Sol akciğerde "destroyed lung" görünümü mevcut.



Resim 12. Kistik fibrozis ve Ig M eksikliği tanıılı 21 yaş kadın hastada aksiyel (a) ve koronal (b) BT kesitlerinde üst loblarda kistik bronşektaziler (beyaz ok) ve alt loblarda silindirik bronşektaziler (kırmızı ok) seçilmektedir. Koronal kesitlerde (b) primer hastalık ile uyumlu olarak üst lob hâkimiyeti mevcut.

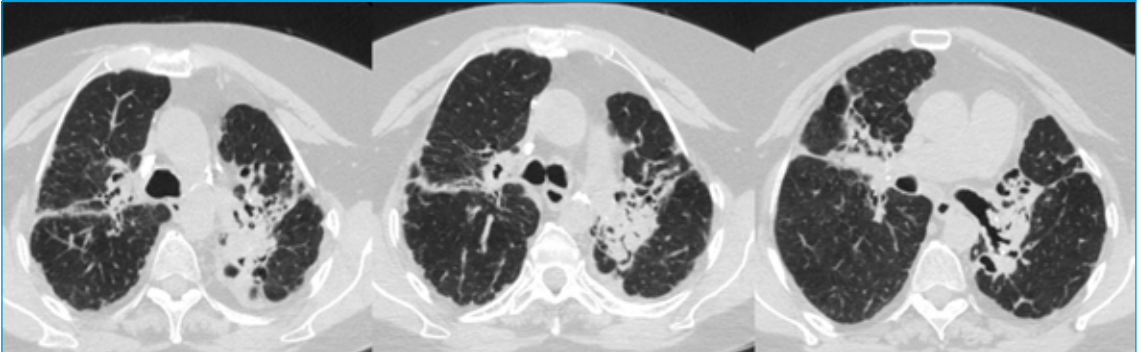


perilenfatik nodüller eşlik edebilir. Komşu interstisyumdaki fibroze bağlı traksiyonel bronşektazi söz konusu olup, genelde variköz bronşektazi (Resim 13) izlenir (8). ABPA, endobronşiyal aspergilloz türlerine karşı gelişmiş kronik hava yolu inflamasyonu, hasarlanması ve remodelling ile karakterizedir. Genelde hastalarda astım öyküsü mevcuttur. BT'de eldiven parmağı görünümü çok tipik olup, mukus impakte genişlemiş bronşları temsil etmektedir. Santral ve/veya üst lobların proksimal kesimleri daha çok etkilenir. Demir ve manganez içeren mantar içeriğine bağlı bronş içerikleri yüksek dansitede (hiperdens mukus) seçilebilir (Resim 14) (35).

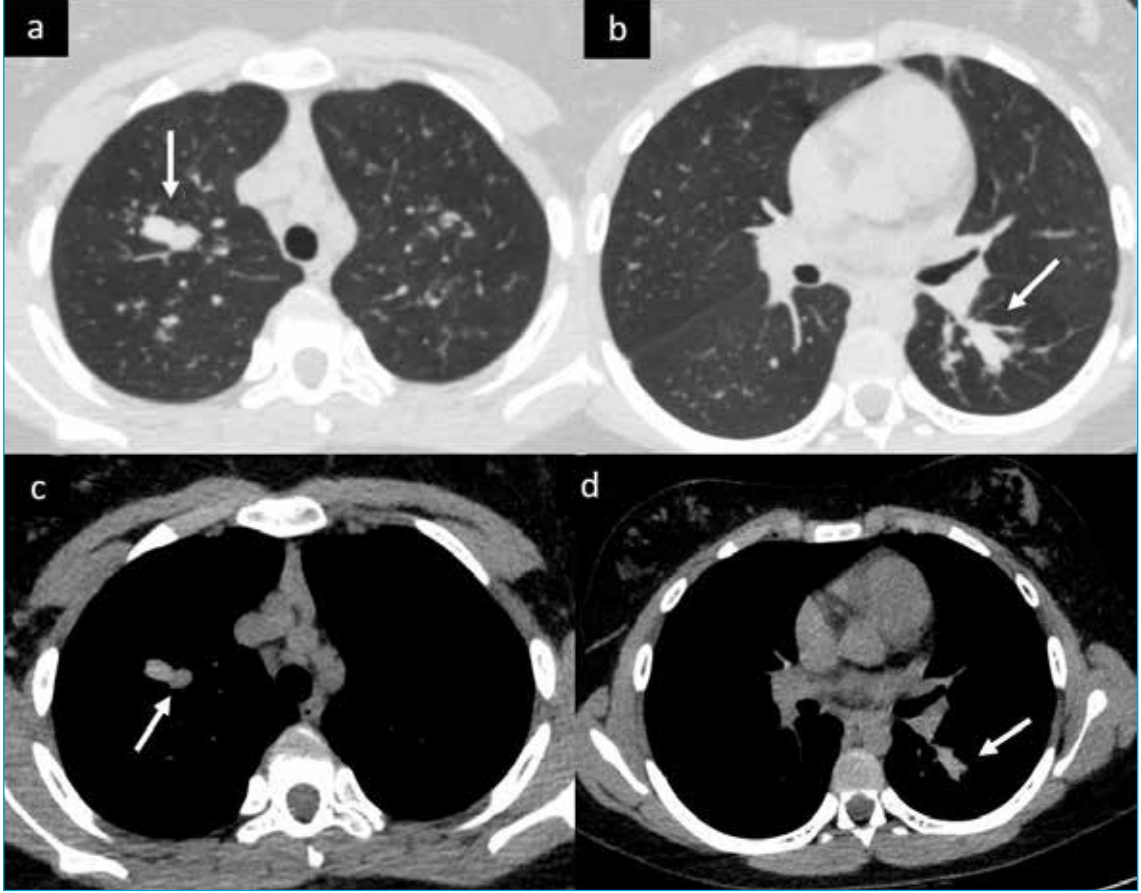
Anterior tutulumun baskın olduğu durumlarda atipik mikobakteriyel enfeksiyonlar, akut respiratuar distress sendromu (ARDS) ayırıcı tanılarda düşünülmelidir. Atipik mikobakteriyel enfeksiyonlarda *M. avium*

intracellulare en sık etken olup yavaş ve kronik seyir mevcuttur. Öksürük, hemoptizi, kilo kaybı sıklıkla rastlanan semptomlar arasındadır. Klasik olan tipinde tüberküloz ile benzer üst lob hakimiyeti ve kavitasyon seçilmekle beraber klasik olmayan formunda orta lob ve lingula tutulumunun (Resim 15) sıklıkla izlendiği silindirik bronşektazi ve sentrilobüler nodüller seçilir. Orta lob ve lingulada segmental-subsegmental atelektazi, fibrozis izlenebilir. Tüberküloza göre atipik mikobakteriyel enfeksiyonlarda seçilen bronşektazi tipik olarak daha simetrik ve daha yaygın seçilir (36). ARDS' de aktif hastalık döneminde bronşiyal genişleme görülebileceği gibi, kalıcı bronşektaziye sahip olgularda fibrozis zemininde geri dönüşümsüz genişleme mevcuttur. Genellikle orta lob ve lingulada skar dokusu ile birlikte traksiyonel variköz bronşektaziler seçilmektedir. Uzun süre barotravmaya maruz kalma sonucunda

Resim 13. 63 yaşında kadın hasta, evre 4 sarkoidoza bağlı akciğerlerde üst lob ve posterior kesiminde santral yerleşimli fibrotik dokular, akciğer parankim yapısında bozulma ve traksiyona bağlı variköz bronşektaziler seçilmektedir.



Resim 14. Astım ve ABPA tanıları olan kadın hastanın aksiyel BT kesitlerinde tubuler bronşektaziler ve hava hapsi alanları mevcut. Kontrastsız mediastinal pencere görüntülerinde yoğun içerikli mukusa ait hiperdens görünüm seçilmektedir (c-d beyaz oklar).



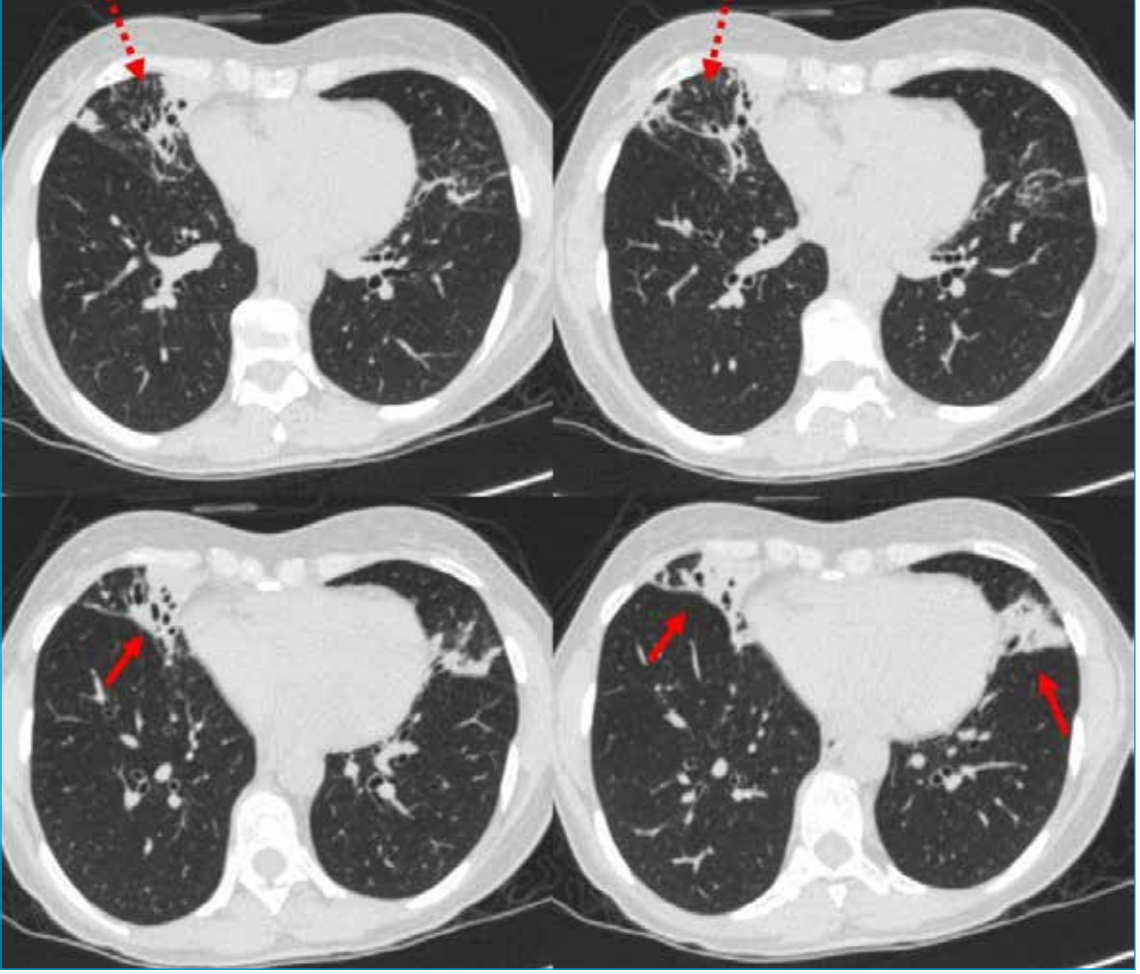
tanımlanan parankimal değişikliklerin ortaya çıktığı ve akciğerin dependan bölgelerinin barotravmaya karşı daha korunaklı olduğu düşünülmektedir (37).

Kronik aspirasyon, interstisyel akciğer hastalığına bağlı fibroziste, primer siliyer diskineziler, alfa 1 antitripsin eksikliğinde bronşektaziler alt lob yerleşimlidir (6). Otozomal resesif geçişli genetik bir hastalık olan primer siliyer diskinezilerde orta ve alt lob daha çok etkilenmekte olup variköz bronşektaziler seçilir. Bronşektazi ile birlikte ateletazi, tomurcuklanmış ağaç manzarası görünümüne neden olan nodüller, konsolidasyon ve mukus tıkaçları (Resim 16) görülebilir. Olguların yarısı Kartegener Sendromuna sahip hastalar olup, bu hastalarda bronşektazi ile birlikte situs inversus totalis, nazal polip-rekürren sinüzit kliniği mevcuttur (40). Kronik aspirasyonda alt lob hakimiyeti ile birlikte silindirik bronşektaziler izlenir (6). Konjenital veya edinsel bağışıklık yetmezliği olan olgularda tekrarlayan enfeksiyonlar sonucunda pulmoner yapıda bozulma, bronş duvarında kalınlaşma

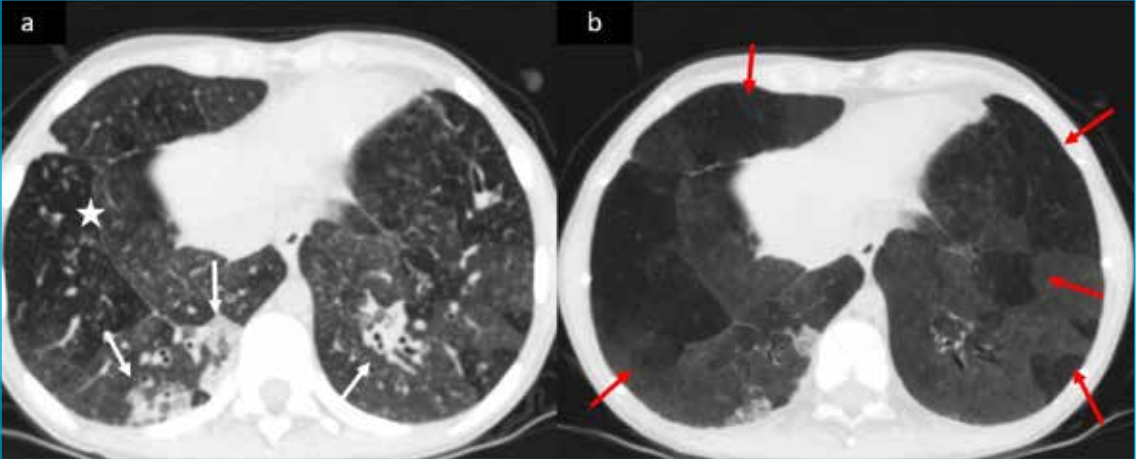
ve bronşektazi görülür. Bu bulgular orta lob, lingula ve alt loblarda daha sık seçilir (8).

Nonkistik fibrozis bronşektazinin nadir nedenlerinden biri olan Williams-Campbell Sendromu orta sıradistal subsegmenter bronşlarda kartilaj yokluğuna veya disfonksiyonuna bağlı gelişen çocukluk çağında tekrarlayan pnömoniler sonucunda tanı konjenital patolojidir. Orta sıra subsegmenter bronşlarda kistik vasıfta bronşektazi seçilmekte olup, trakea ve proksimal bronşlarda tutulum yoktur ve çap normal sınırlardadır. Hava yolu kollapsı, kronik ve tekrarlayan enfeksiyonlara bağlı hava yolunda destrüksiyon izlenir. Çocuklarda geçirilmiş viral enfeksiyonlar bazen bronşlarda Williams-Campbell sendromu ile benzer tutulum gösterip, akıllarda kafa karışıklığına yol açabilir. Bu gibi durumlarda takip görüntülerde bronşektazinin geri dönüşümlü olması viral enfeksiyonun konjenital hastalıktan ayrımını yaptırır. Çocuklarda viral enfeksiyonlara bağlı reversible bronşektazi görülebilir (39).

Resim 15. Atipik mikobakteriyel enfeksiyon ile takip edilen 58 yaş kadın hastanın aksiyel BT kesitlerinde orta lob ve lingulada silindirik-variköz bronşektazi, konsolidasyon-atelektazi sahaları (kırmızı ok) ve milimetrik sentriasiner nodüller (kesintili oklar) seçilmektedir.



Resim 16. Primer siliyer diskinezi tanılı hastanın aksiyel (a) ve aksiyel MinIP (b) BT kesitlerinde enfeksiyöz süreçler ile uyumlu konsolidasyon sahaları (beyaz oklar), milimetrik sentriasiner nodüller (yıldız) seçilmektedir. Küçük hava yolu hastalığına bağlı hava hapsi alanları MinIP görüntülerde daha belirgin seçilmektedir (kırmızı oklar).



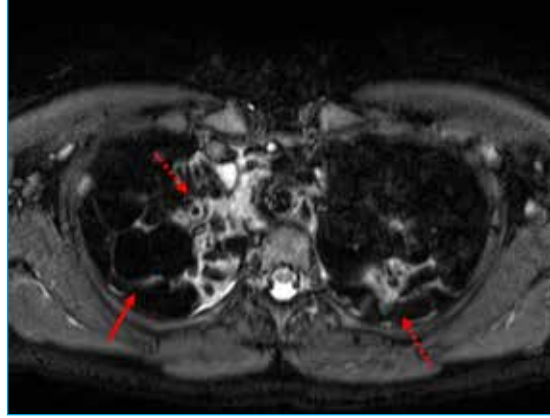
Manyetik rezonans görüntüleme: Akciğerde yapısal değişiklikler bebeklik ve okul öncesi dönemde gelişir ve özellikle asemptomatik olgularda gözden kaçabilir. Ancak yüksek çözünürlüklü kesitsel görüntüleme akciğerlerdeki anormallikleri tespit eder. Tanıda kesitsel görüntüleme yöntemleri akciğer fonksiyon testleri daha duyarlıdır ve bu nedenle erken aşamada doğrudan olgular tedavi edilmiş olur (40). Kistik fibrozis, Kartagener Sendromu gibi çocukluk çağında tanı konmuş pediatrik olgularda genişleşmiş tedavi seçenekleri ile yaşam beklentisi artmış ve hastaların takip süreleri uzamıştır. Yaşam beklentisi artmış olan bu olgularda, iyonizan radyasyonun kronik dönemde geç etkisi olarak malignite gelişimi gözlenebilir ve bu gibi pediatrik olgularda Manyetik Rezonans (MR) ile takip gerçekleştirilebilir (40,41).

Toraks MR uygulamaları 1.5 Tesla ya da 3 Tesla cihazlarla gerçekleştirilebilir. Daha düşük manyetik alan gücüne sahip cihazlarda T2* sinyal kaybı daha yavaş olur (42). Ayrıca, 3 Tesla cihazlarda manyetik duyarlılık artefaktları daha belirgindir. Bu nedenle akciğer parankimini oluşturan hava ve komşuluğundaki kosta gibi kemik gibi dokular arası geçişlerin yoğun olması bir dezavantaj oluşturur. Toraks MR görüntülemenin en temel sekansı ince kesitli T2 ağırlıklı görüntülerdir (41). Bronş duvar kalınlaşmaları, bronş-alveol içi mukuslar, konsolidasyon sahaları T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens (Resim 15) sinyal özelliğinde izlenir.

T2 ağırlıklı solunum tetiklemeli fast spin eko görüntülerin 3-4 mm kesit kalınlığında çekilmesi tercih edilir. T1 ağırlıklı 3D gradient eko sekansı ile özellikle kistik fibrozisli olgularda gerekli olup, bronkopulmoner aspergilloz tanısı koymada T1 AG'lerde hiperintens, T2 AG'lerde hipointens sinyal özelliği önemli bir belirteçtir (40). Hava yolu hastalığına yönelik değerlendirmelerde en az bir kesit ekspiratuar fazda gerçekleştirilmelidir. Proton ağırlıklı görüntülerde ekspiratuar fazda hava hapsi alanları daha net değerlendirilebilir (43). Ancak normal solunum fonksiyon testine sahip asemptomatik hastalarda bile sigara içme durumundan bağımsız olarak BT ile akciğer parankiminde hava hapsi varlığı saptanabilirliği ve hava hapsini saptamada MR'ın sensitivitesinin BT'ye göre daha düşük olduğu literatürde vurgulanmıştır (44-46).

İnceleme sırasında Hiperpolarize helyum (HE3), xenon (XE129) gibi asal gazların inhale edilmesiyle fonksiyonel MR (HP-MR) incelemesi gerçekleştirilebilir. İnceleme statik ve dinamik olarak yapılabilir

Resim 17. Kistik fibrozisli 19 yaş erkek hastanın yağ baskılı T2 ağırlıklı aksiyel MR kesitinde üst loblarda kistik (kırmızı ok) ve silindirik bronsektaziler seçilmektedir. Hiperintens sinyal özelliğinde bronş duvar kalınlaşmaları (kesintili oklar) ve mukus impaksiyonları seçilmektedir.



(47). "Apparent diffusion coefficient (ADC)" haritaları ile alveol ve distal küçük hava yollarında gaz alışverişinin restriksiyonuna bağlı ventilasyon defektleri harita üzerinden gösterilir (48,49). Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, amfizem, gibi olgularda normal popülasyona göre daha yüksek ADC değerleri elde edilir. Ayrıca, ventilasyon defekt yüzdesi kantitatif olarak da hesaplanabilir. Kistik fibrozisli hastalarda da yamasal dağınık heterojen ventilasyon defektleri seçilebilir. Literatürde kistik fibrozisli olgularda FEV₁ değerleri normal olsa bile HP-MR'da ventilasyon defektlerinin seçildiği, HP-MR'ın FEV₁'e göre daha duyarlı bir yöntem olduğu vurgulanmıştır (50).

HP-MR; Proton ağırlıklı MR, düşük doz BT, akciğer temizleme indeksi ve spirometriye göre erken dönem kistik fibrozisli olgularda ventilasyon defektleri saptamada daha duyarlı bir yöntemdir (51). Ayrıca, kistik fibrozisli olgularda HP-MR'da hesaplanan ventilasyon defekt yüzdesinin takipte akciğer temizleme indeksi ve spirometriye göre progresyonu gösteren daha iyi bir belirteç olduğu vurgulanmıştır (52). Bu yöntemlere ek olarak Fluorine-19 (F19-MR) akciğer ventilasyon MR'ın da ventilasyon defektlerin saptadığı belirtilmiştir. Literatürde hiperpolarize gazlar ile yapılan fonksiyonel MR ile F19-MR arasında ventilasyon defekt yüzdesinde tutarsızlık olduğu, ayrıca yavaş ventilasyona sahip alanların F19 ile daha iyi gösterildiği vurgulanmıştır (53). İnhale edilen oksijenin kontrast ajan olarak kullanıldığı fonksiyonel MR incelemesi, hastaya oksijen solutarak oksijenin pulmoner vasküler yatakta gerçekleştirdiği T1 sinyal değişikliği baz alınarak

yapılmaktadır. Bu incelemede, T1 haritalar oluşturulmakta kistik fibrozisli, kronik obstrüktif akciğer hastalığına sahip hastalarda T1 relaksasyon zamanlarında heterojen azalma izlenebilir (54) .

Sonuç olarak bronşektazi tanısı koymada başlıca görüntüleme yöntemi BT'dir. YÇBT ve düşük doz teknikler ile günümüzde hastanın maruz kaldığı radyasyon dozu oldukça azalmıştır. Kistik fibrozis, Kartagener sendromu gibi uzun dönem takipli pediatrik olgularda geç dönemde iyonizan radyasyonun neden olacağı yan etkilerden korunmak için MR görüntüleme tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- Keir HR, Chalmers JD. *Semin Respir Crit Care Med.* 2021 Aug;42(4):499-512. doi: 10.1055/s-0041-1730891.
- Roguin, A. Rene Theophile Hyacinthe Laennec (1781-1826): The Man Behind the Stethoscope. *Clinical Medicine & Research* 2006; 3: 230-235.
- Polverino E, Goeminne PC, McDonnell MJ, Aliberti S, Marshall SE, Loebinger MR, et al. *European respiratory Society guidelines for the management of adult bronchiectasis.* *Eur Respir J* 2017; 50: 170062909 09 2017. doi: <https://doi.org/10.1183/13993003.00629-2017>
- Baydarian M, Walter R. *Bronchiectasis: Introduction, Etiology, and Clinical Features.* *Disease-A-Month* 2008;54:516-526.
- Tiddens HAWM, Meeburg JJ, Van Der Eerden MM. *The radiological diagnosis of bronchiectasis: what's in a name?* *Eur Respir Rev.* 2020 17;29(156):190120
- Ledda RE, Balbi M, Milone F. *Imaging in non-cystic fibrosis bronchiectasis and current limitations.* *BJR Open.* 2021 Jul 29;3(1):20210026. doi: 10.1259/bjro.20210026.
- Reid LM. *Reduction in bronchial subdivision in bronchiectasis.* *Thorax* 1950;5:233-247
- Milliron B, Henry TS, Veeraraghavan S, Little BP. *Bronchiectasis: Mechanisms and Imaging Clues of Associated Common and Uncommon Diseases.* *Radiographics.* 2015;35:1011-30.
- King PT. *The pathophysiology of bronchiectasis.* *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2009;4:411-419.
- Akatli A, Ulutas HE, Celik MR. *Bronchiectasis: Retrospective Analysis of Clinical and Pathological Findings in a Tertiary-Care Hospital.* *Int J Clin Pract* 2022;31:2022:8773204. doi: 10.1155/2022/8773204
- Pakzad A, Jacob J. *Radiology of Bronchiectasis.* *Clin Chest Med* 2022;43:47-60. doi: 10.1016/j.ccm.2021.11.004
- Gudbjerg EC. *Bronchography, Acta Radiologic* 1952; 42: 367-373
- Currie DC, Cooke JC, Morgan AD et al. *Interpretation of bronchograms and chest radiographs in patients with chronic sputum production.* *Thorax* 1987;42:278-84. doi: 10.1136/thx.42.4.278.
- McGuinness G, Naidich DP. *CT of airways disease and bronchiectasis.* *Radiol Clin North Am.* 2002;40:1-19. doi: 10.1016/s0033-8389(03)00105-2.
- Chang AB, Fortescue R, Grimwood K. *European Respiratory Society guidelines for the management of children and adolescents with bronchiectasis.* *Eur Respir J* 2021;58:2002990
- Hansell DM. *Thin-section CT of the lungs: the Hinterland of normal.* *Radiology.* 2010;256:695-711. doi: 10.1148/radiol.100923077
- Diaz AA, Young TP, Maselli DJ et al. *Quantitative CT measures of bronchiectasis in smokers.* *Chest* 2017; 151: 1255-62.
- Kim JS, Müller NL, Park CS et al. *Bronchoarterial ratio on thin section CT: comparison between high altitude and sea level.* *J Comput Assist Tomogr* 1997;21: 306-11.
- Jacob J, Bartholmai BJ, Rajagopalan S, et al. *Mortality prediction in idiopathic pulmonary fibrosis: evaluation of computer-based CT analysis with conventional severity measures.* *Eur Respir J* 2017; 49: 1601011.
- Kuo W, de Bruijne M, Petersen J et al. *Diagnosis of bronchiectasis and airway wall thickening in children with cystic fibrosis: objective airway-artery quantification.* *Eur Radiol* 2017; 27: 4680-9.
- Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H et al. *Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging.* *Radiology* 2008;246(3):697-722.
- Gudmundsson G, Juliusson G. *Bronchiectasis - a review.* *Laknabladid.* 2020;106:352-361.
- Kuo W, Perez-Rovira A, Tiddens H, et al. *Airway tapering: an objective image biomarker for bronchiectasis.* *Eur Radiol* 2020;30:2703-2711
- Pakzad A, Cheung KW, Quan K et al. *Evaluation of automated airway morphological quantification for assessing fibrosing lung disease.* *arxiv* 2021: 2111.10443v1
- He M, Zhu M, Wang C, Wu Z et al. *Prognostic performance of the FACED score and bronchiectasis severity index in bronchiectasis: a systematic review and meta-analysis.* *Biosci Rep.* 2020 Oct 30;40(10):BSR20194514. doi:10.1042/BSR20194514.
- de Jong PA, Nakano Y, Lequin MH, Mayo JR et al. *Progressive damage on high resolution computed tomography despite stable lung function in cystic fibrosis* *Eur Respir J.* 2004;23:93-7. doi: 10.1183/09031936.03.00006603.
- Bedi P, Chalmers J, Goeminne P et al. *The BRICS (Bronchiectasis Radiologically Indexed CT Score): A Multicenter Study Score for Use in Idiopathic and Postinfective Bronchiectasis.* *Chest.* 2018;153(5):1177-86
- Rosenow T, Oudraad MC, Murray CP et al. *PRAGMA-CF. A Quantitative Structural Lung Disease Computed Tomography Outcome in Young Children with Cystic Fibrosis.* *Am J Respir Crit Care Med.* 2015 15;191:1158-65
- Sawamura MVY, Athanzio RA, Nucci MCNTM et al. *Automated Computed Tomography Lung Densitometry in Bronchiectasis Patients.* *Arch Bronconeumol.* 2022;58:510-2
- Türk Radyoloji Derneği MR-BT çekim standartları, 2018
- Durhan G, Akpınar MG. *Toraks İncelemelerinde İleri BT Teknikleri ve Protokolleri.* *Trd Sem* 2020; 8: 38-53
- Cartier Y, Kavanagh PV, Johkoh T et al. *Bronchiectasis: accuracy of high-resolution CT in the differentiation of specific diseases.* *AJR Am J Roentgenol* 1999;173:47-52.

33. Çakır E. Kistik fibrozis tanı ve tedavisinde yenilikler. *Klinik tıp pediatri dergisi* 2016;8:25-34
34. Nemec SF, Bankier AA, Eisenberg RL. Upper lobe predominant diseases of the lung. *AJR Am J Roentgenol* 2013;200:222-237
35. Agarwal R. High attenuation mucoid impaction in allergic bronchopulmonary aspergillosis. 2010; 2: 41-43.
36. Johnson MM, Odell JA. Nontuberculous mycobacterial pulmonary infections. *J Thorac Dis* 2014;6:210-220.
37. Zompatori M, Ciccarese F, Fasano L. Overview of current lung imaging in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir Rev.* 2014;23:519-30
38. Dettmer S, Ringshausen F, Vogel-Claussen J, et al. Computed tomography in adult patients with primary ciliary dyskinesia: typical imaging findings. *PLoS One* 2018; 13:e0191457. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191457>
39. Saritas Nakip O, Kesici S, Oguz B et al. Reversible bronchiectasis caused by influenza virus mimicking Williams-Campbell syndrome. *Pediatr Radiol.* 2022;52:2640-2644.
40. Gräfe D, Prenzel F, Hirsch FW. Chest magnetic resonance imaging in cystic fibrosis: technique and clinical benefits. *Pediatr Radiol.* 2023;53:640-648.
41. Hirsch FW, Sorge I, Vogel-Claussen J et al. The current status and further prospects for lung magnetic resonance imaging in pediatric radiology. *Pediatr Radiol* 2020;50:734-749
42. Campbell-Washburn AE, Malayeri AA, Jones EC et al. T2-weighted lung imaging using a 0.55-T MRI system. *Radiol Cardiothorac Imaging* 2021;3:e200611
43. Biederer J. MR imaging of the airways. *Br J Radiol.* 2023.10.1259/bjr.20220630.
44. Tanaka N, Matsumoto T, Miura G et al. Air trapping at CT: high prevalence in asymptomatic subjects with normal pulmonary function. *Radiology* 2003; 227: 776-85.
45. Ciet P, Serra G, Bertolo S et al. Assessment of CF lung disease using motion corrected propeller MRI: a comparison with CT. *Eur Radiol* 2016; 26:780-87
46. Hogg JC, Chu F, Utokaparch S, Woods R et al. The nature of small-airway obstruction in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2004; 350: 2645-53.
47. Kirby, M, Svenningsen, S, Owrangi, A et al. Hyperpolarized ³He and ¹²⁹Xe MR imaging in healthy volunteers and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Radiology.*2012; 265:600-10.
48. Chan, HF, Stewart, NJ, Norquay, G, et al. 3D diffusion-weighted ¹²⁹Xe MRI for whole lung morphometry. *Magn Reson Med.*2018;79:2986-95
49. Salerno, M, Altes, TA, Brookeman, JR et al. Rapid hyperpolarized ³He diffusion MRI of healthy and emphysematous human lungs using an optimized interleaved-spiral pulse sequence. *J Magn Reson Imaging.*2003;17:581-8.
50. Thomen, RP, Walkup, LL, Roach, DJ et al. Hyperpolarized (¹²⁹Xe) for investigation of mild cystic fibrosis lung disease in pediatric patients. *J Cyst Fibros.* 2017;16:275-82. doi: 10.1016/j.jcf.2016.07.008
51. Marshall H, Horsley A, Taylor CJ et al. Detection of early subclinical lung disease in children with cystic fibrosis by lung ventilation imaging with hyperpolarised gas MRI. *Thorax.*2017;72:760-2.
52. Smith LJ, Horsley A, Bray J et al. The assessment of short- and long-term changes in lung function in cystic fibrosis using Xe-129 MRI. *Eur Respir J. Eur Respir J.* 2020 6:2000441. doi: 10.1183/13993003.00441-2020
53. McCallister A, Chung SH, Antonacci M, et al.. Comparison of single breath hyperpolarized ¹²⁹Xe MRI with dynamic ¹⁹F MRI in cystic fibrosis lung disease. *Magn Reson Med* 2021;85:1028-1038
54. Kaireit, TF, Sorrentino, SA, Renne, J et al. Functional lung MRI for regional monitoring of patients with cystic fibrosis. *PLoS One.* (2017) 12:e0187483. doi: 10.1371/journal.pone.0187483