

4. Bölüm

İNERSTİSYEL AKCİĞER HASTALIKLARINDA RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Mesut ÖZGÖKÇE¹
Sercan ÖZKAÇMAZ²

GİRİŞ

Diffüz interstisyel akciğer hastalıkları, temel olarak 4 ana başlıkta incelenir. Bunlardan birincisi olan sebebi bilinenler alt grubunda; Konnektif Doku Hastalıkları, Romatoid Artrit, Asbestozis, Hipersensitivite Pnömonisi yer alır. İkinci ana başlık olan idiopatik interstisyel pnömoniler grubunda; İdiopatik Pulmoner Fibrozis, İdiopatik Non-spesifik İnterstisyel Pnömoni (NSIP), Respiratuar Bronşiolit-İnterstisyel Pnömoni, Deskuamatif İnterstisyel Pnömoni, Akut İnterstisyel Pnömoni ve Plevroparenkimal Fibroelastozis bulunmaktadır. Üçüncü grup olan granulomatöz hastalıklar grubunda Sarkoidoz, Silikozis, Hipersensitivite Pnömonisi, İlaç İlişkili İnterstisyel Akciğer Hastalıkları, Kombine İmmun yetmezlik sendromları vardır. 4.grub olan diğer başlığı altında Langerhans Hücreli Histiyo-sitoz, Lenfanjioleiomyomatozis, Lenfoid İnterstisyel Pnömoni, Birt-Hogg-Dube sendromu bulunmaktadır.¹

¹ Doç. Dr., Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji B.D, mozgokce@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji B.D, sercanozkacmaz@hotmail.com

Çocukluk çağında görülen interstiyel akciğer hastalıkları arasında Diffüz gelişimsel anomaliler (Asiner displazi, Konjenital alveolar displazi ve Alveolar kapiller displazi), alveolar gelişim anomalileri (Pulmoner hipoplazi, Kronik neonatal akciğer hastalığı, ilişkili kromozal anomaliler ve ilişkili kalp hastalıkları), Surfaktan fonksiyon bozuklukları (gen mutasyonları) ve mekanizması net olarak bilinmeyen spesifik durumlar (infant nöroendokrin hücre hiperplazisi, pulmoner intestinal glikojenozis) vardır.²

İnterstiyel akciğer hastalıklarının tanı ve takibinde en duyarlı radyolojik modalite, yüksek rezolusyonlu bilgisayarlı tomografi (YRBT) olup direkt grafi, ultrasonografi ve Magnetik Rezonans (MR) da bazı kısıtlılıklarına karşın yer yer kullanılmaktadır.

YÜKSEK REZOLUSYONLU BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

Teknik

Birçok klinisyen, interstiyel akciğer hastalarının görüntülemesinde ilk basamakta akciğer grafisine başvurmaktadır. Ancak birçok vakada, özellikle de ilk dönemlerde YRBT gerekmektedir. Bunun nedenleri arasında YRBT görüntüsünün karakteristik olduğu fibrozis durumlarında biyopsiyi gereksiz kılması, biyopsi gerektiren durumlarda en ideal biyopsi alanını çok iyi göstermesi ve son olarak prognostik değerlendirme ve hastalık evrelemesini yapabilesidir.³⁻⁵

Nodüler opasitelerin, septal kalınlaşmaların değerlendirilmesinde YRBT'nin, direkt grafiye istatistiksel olarak anlamlı biçimde üstün olduğu bildirilmiştir. Retiküler opasitelerin saptanmasında da YRBT nin daha duyarlı olduğu ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gösterilmiştir. Ayrıca YRBT nin, direkt grafiden farklı olarak buzlu cam opasitelerini, bronşiektazi, mozaik attenuasyon alanlarını ve bal peteği bulgularını gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca lezyonların anatomik dağılımlarını optimal olarak gösterdiği ortaya konmuştur.⁶

YRBT'nin Konvansiyonel Bilgisayarlı Tomografi (BT) ' den iki önemli teknik farklılığı vardır. Bunlardan birincisi dar X ışını kolimasyonunun, uzaysal çözünürlüğü arttırması, ikincisi ise buna göre ayarlanmış olan yüksek frekanslı rekonstrüksiyon algoritmidir. Yani dar bir detektör genişliği kullanılarak ince aksiyel kesitler elde edilir ve 1-1,5 mm kalınlığında kesit rekonstrüksiyonu sağlanır. Bununla birlikte elde edilmiş veri yüksek boşluksal rezolüsyon algoritmi ile rekonstrükte edilir. Bu algoritm sayesinde doğal olarak birbiriyle farklı kontrastları olan komşu dokular (Havalanmış akciğer dokusu ile daha solid yapılar gibi)

arasındaki kontrast farklılığı artırılarak gösterilir. Bu sayede damarların, küçük bronşların ve interlobular septaların seçilirliği, konvansiyonel kalın kesitli BT ye göre arttırılmış olur. Bu yüksek frekans algoritm tekniğinin dezavantajı görüntü gürültüsünü arttırmasıdır ancak pratikte bu durumun görüntü yorumlamasını çok etkilemediği kabul edilmektedir.^{1,7}

Daha hızlı tarayıcı ve tekniklerin gelişmesi ile günümüzde artık pron çekim ihtiyacı neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır. Ancak dorsobazal segmentlerin özellikle incelenmesi istenen seçilmiş olgularda ek pron görüntülemeye başvurulabilmektedir. Rutinde hastaların supin pozisyonunda full bir inspiyum ile çekimi önerilir. Bunun nedeni havalanmış düşük dansiteli akciğer alanları ile daha yüksek dansiteli dokular arasındaki kontrast farkını optimize etmek ve geçici atelektazilerden kaynaklanan kafa karıştırıcı dansitelerin sıklığını minimize etmektir. Ancak bazı merkezler özellikle ilk değerlendirme sürecinde obstrüktif akciğer hastalıklarında ayırıcı tanıda değerlendirilmesi amacıyla ek ekspiryum görüntülemeleri de önermektedirler.⁷

Hastaların nefeslerini tutamamasından kaynaklanan hareket artefaktları normal keskin detayları daha belirsiz yapar, yalancı buzlu cam alanlarına, damar veya diğer yüksek dansiteli yapıların duvarından kaynaklanan çizgisel veya yıldızvari artefaktlara neden olur. Bu artefaktlar aslında görüntülerde kolayca tanınır ve bunu engellemek için hastaya mümkün olan en hareketsiz inspiyumu yapabilmesinin eğitimi verilmelidir. Kardiak pulsasyon artefaktı sol alt lob, inferior lingular alan ve sağ orta lobun komşuluğundaki akciğer dokularında kafa karışıklığına yol açabilir. Aortun pulsasyon artefaktı ise aortik ark ve inen aortun komşuluğundaki sol alt lobun segment 6 ve 10 unda görüntü bozulmalarına yol açar. Komşu yapı duvarlarında çiftleşme ve yalancı lezyon görünümüne yol açabilirler. Bu pulsasyon artefaktlarının önüne geçmek için gantrinin dönüş zamanını azaltmak, rekonstrüksiyonun segmentalizasyonu ve görüntü alınırken EKG trigerinin kullanılması önerilmektedir.⁷

İncelemenin yapılacağı pencere ayarları için net bir sabit değer yoktur. Bu durum hem tarayıcı hem de monitörlerin ayarlarına bağlı olduğu gibi yorumlayıcının da tercihinine bağlıdır. Ancak hastaların karşılaştırılması ve takipteki hastaların önce ve sonrası görüntülerinin optimal karşılaştırılabilmesi için sabit standart pencere ayarlarının kullanılması önerilir. Birçok merkez window level (WL) için -600 ile -700 HU arası window width (WW) için ise 1000 ile 1500 HU arası değerlerin kullanımını önerirler. Daha geniş window width (2000 HU gibi) değerleri asbestozis gibi özellikle plevral yüzler boyunca uzanan periferel parankimal

anomaliler ile tüm akciğer dokusu arasındaki kontrastı göstermede tercih edilebilir. Düşük WL ayarları (-800 ve -900 HU gibi) ile daha dar WW ayarları (500 HU gibi) ise amfizem, hava hapsi ve hava kisti gibi lezyonlar ile akciğer dokusu arasındaki göreceli olarak daha düşük kontrast farkını göstermede kullanılabilir.⁷

Koronal ve sagittal multiplanar reformat görüntüleme tekniği hemen hemen tüm YRBT değerlendirme protokollerinde uygulama olarak mevcuttur. Multiplanar görüntüleme lezyon dağılımını (örneğin kraniokaudal gibi), baskın anatomik tutulum alanları (üst lob veya periferik gibi) daha iyi göstermeyi sağlar. Aynı zamanda direkt grafide izlenen bir lezyonun yerini konfirme etmede koronal reformat imaj oldukça faydalıdır. Aynı şekilde sagittal ve koronal reformat imajlarda fissür uzanımları daha net olduğundan lezyonların lob dağılımı ve plevra-fissüre uzaklıkları optimal değerlendirilebilir. Ayrıca sagittal reformat görüntüler torasik omurga ve dorsal kostofrenik sinüsün de değerlendirilebilmesini sağlar.^{7,8}

Maksimum intensite projeksiyon (MIP), X ışınları yolu boyunca maksimum intensite voksellerinin kullanılarak oluşturulduğu bir tekniktir. Tubuler ve nodüller dansiteleri yüksek oranda ayırdedebilmekle beraber en büyük artışı nodüllerin distribüsyonunu gösterebilmesidir.⁹

Ayrıca MIP görüntülemenin özellikle akciğerlerin santral alanlarında nodüllerin identifikasyonunda, MPR görüntülere göre % 25 daha fazla faydalı olduğu bildirilmiştir.¹⁰ Minimum intensite projeksiyonu daha düşük intensitedeki voksellerin kullanılarak oluşturulduğu daha nadir kullanılan bir tekniktir. Bu teknik daha düşük dansiteli patolojilerin değerlendirilmesi için öne sürülmüştür. Çelişkili sonuçlar olmakla beraber amfizemi göstermede ve pulmoner kistler ile bal peteği görünümünü ayırdetmede başarılı olduğu bildirilmiştir.^{7,11}

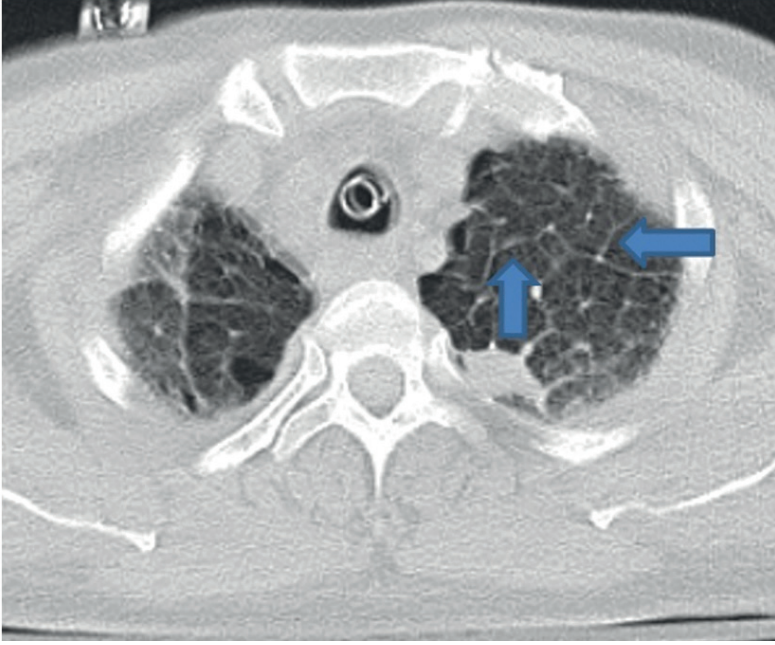
Bulgular

Septal pattern

Septal patern hem sentrilobuler hem de santral düzeyde interstistum ve bronkovasküler demette kalınlaşma olarak ortaya çıkar. Nihai olarak akciğer yapısında retraksiyon ve remodeling bulgusu olmaksızın düzenli beyaz çizgi ağları oluşumu ile sonuçlanır.¹²

İnterlobular Septal Kalınlaşma

Normal durumlarda septa yapısı çok net seçilemez. Ancak patolojik durumlarda sekonder lobüllerin poligonal sınırlarını oluşturan yaklaşık 1-2 cm uzunluğunda beyaz çizgiler görülür. Ayrıca bu duruma lobül içerisindeki birkaç adet ince çizgilenmelerin varlığı da eşlik edebilir.¹²



Resim 1. İnterstiyel pnömoni ile takip edilen bir olguda bilateral apekslerde interlobüler septal kalınlaşmalar (Mavi oklar)

Sentrilobular Peribronkovasküler Kalınlaşma

Bir lobülün merkez yapılarının dallanması olarak izlenir. Yaklaşık aynı boyuttaki bir nokta olarak izlenen (sentrilobuler arteriol) yapının komşuluğunda bronşiol yapısı beyaz bir halka olarak belirgin hale gelir. Sıklıkla bronşiol yapısı normal durumlarda seçilemez. Bu tür durumlarda şüphelenilen alanlar ile akciğerin farklı bölgelerinde normal gözüken alanların karşılaştırılması önerilir.¹²

Peribronkovasküler Demet Kalınlaşması

Daha merkezi seviyede arter çapının artması ve bronşial duvar kalınlaşmasının gözükmesi ile karakterizedir. Bunun için her iki akciğerde karşılık gelen alanlardaki damar boyutu ve bronş duvar kalınlıklarının benzer olması gerekir.¹²

Subplevral İnterstiyel Kalınlaşma

Akciğer kenar alanlarında kalınlaşmış plevrayı taklit eden beyaz kılıfsı çizgiler olarak görülür. Bu bulgu subplevral interstisyumun iki tabakasının olduğu fissür seviyelerinde daha kolay tanınır.¹²

Plevral Efüzyon

Bazı septal patolojilerde plevral efüzyon ek bulgu olarak bulunabilir. Eğer önemli miktarda plevral efüzyon varsa komşu akciğer dokusunda basıya bağlı değişikliklere neden olabilir.¹²

Septal pattern olup fokal anormalliklerin olmadığı rölatif olarak daha düz bir profilin sergilendiği radyolojik görüntüleme özellikleri başlıca; İnterstiyel Hidrostatik Pulmoner Ödem, Lenfanjitik Karsinom, Erdheim Chester Hastalığı ve Venooklüzif Hastalıkta izlenir.¹²

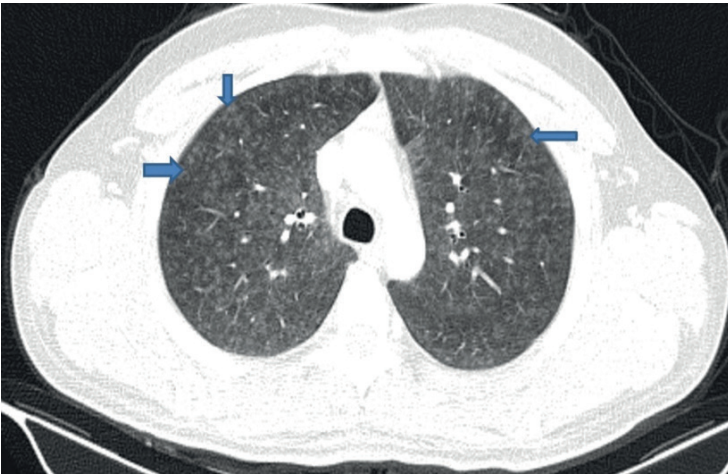
Bunun yanında nodüler formda interstiyel yapılarda kalınlaşmanın olduğu septal pattern özellikleri ise Lenfanjitik Karsinom, Diffüz İnterstiyel amiloidoz ve Lenfoid İnterstiyel Pnömoni durumlarında görülür.¹²

Noduler Pattern

Nodüler pattern 2mm ile 10 cm arasında değişen boyutlarda multiple beyaz yuvarlak pulmoner opasitelerin varlığı olarak adlandırılır. Nodüllerin morfolojisi ve lobuler dağılımı yayılıma ve dağılımın türüne bağlıdır.¹²

Düşük Dansiteli ve Kötü Sınırlı/kenarlı (Nodüler buzlu cam opasitesi)

Kar tanesi görünümlü olup çoğu zaman minik boyutlardadır. Bu nedenle tanınmaları zor olabilmektedir. Bu nodüller birleşme eğilimde olup belirgin veya belirsiz buzlu cam dansiteleri görünümü şeklinde olabilirler. Sıklıkla küçük hava yollarını ve bunu saran çevre dokuları etkileyen hastalıklarda görülürler.¹²



Resim 2. Hipersensitivite pnömonisi nedeniyle takip edilen hastanın bilateral üst zonlarda buzlu cam dansitesinde multiple sentrilobuler nodüller. (Mavi oklar)

Yüksek Dansiteli İyi Sınırlı Duvarlı Nodüller

Parlak boncuklar gibi solid bir görünümü olup damar ve diğer komşu yapıların kenarlarını örter. Birincil olarak interstisyumu etkileyen hastalıklarda geniş opasiteleri veya yalancı plakları oluşturacak şekilde birleşme eğilimindedirler. Fibrotik bir komponent ile birlikte düzenli veya lobüle konturlu olup hatta pürüzlü bir profilli olarak da görülebilirler.¹²

Tipik olarak yüksek dansiteli ve iyi sınırlı plevra ve lenf yollarına afinitesi olan nodüller, lenfanjitik yolaklar boyunca plevra–fissür kenarlarında, damar veya bronş komşuluklarında yoğunlaşma eğilimindedir. Bu görünüm özellikle Sarkoidoz, İnterstiyel Amiloidoz, Lenfoid İnterstiyel Pnömoni, Silikozis ve Kömür İşçisi Pnömokonyozunda izlenir.¹²

Sıklıkla iyi sınırlı yüksek dansiteli olarak izlenen ve plevra ile alakasız homojen rastgele dağılım gösteren nodüler pattern ise en sık Hematojen Yayılım, Milier Tüberküloz ve Milier Fungal enfeksiyonlarda görülür.¹²

Plevradan uzak olan sentrilobuler yayılımda ise interlobuler septalardan ve plevral yüzeylerden belirli bir uzaklığa kadar nodüller, yamasal veya rastgele olarak dağılır ve bunun sonucu olarak interlobuler septalar boyunca normal akciğerin ince siyah çizgilenmeleri görülür hale gelir. Bu pattern ise Foliküler Bronşiolit, Respiratuar Bronşiolit-İnterstiyel Akciğer Hastalığı, Subakut Hipersensitivite Pnömonisi, Langerhans Hücreli Histiositoz ve Lenfoid İnterstiyel Pnömoni durumlarında daha sıklıkla görülmektedir.¹²

Fibrotik pattern

Fibrotik pattern, lobüler seviyede ve/veya akciğerin daha geniş alanlarında pulmoner yapılarda retraksiyon ve remodelling bulgularının olmasıyla karakterize olup ileri evrelerde anatomik alanlarda distorsiyon ile beraber düzensiz beyaz çizgi ağları oluşumuna yol açar.¹²

İrregüler Retikülasyon

İrregüler lineer opasiteler, sanki akciğer parankimi üzerine titreyen bir el ile çizilmiş izlenimi veren yer yer çaprazlaşan farklı formlardaki belirli belirsiz beyaz çizgiler olarak görülür.¹²

İnterlobular ve İnteralobular Retikülasyonlar

Bu retikülasyonların bir veya daha fazlasının interlobuler septa kalıntısı olarak ortaya çıktığı düşünülebilir. Fibrozisten kaynaklanan distorsiyon, lobuler mima-

rinin tanımlanmasını güçleştirebilir. Lobuler düzeydeki boşluklarda çaprazlaşan küçük çizgiler ise intralobuler olarak adlandırılır.

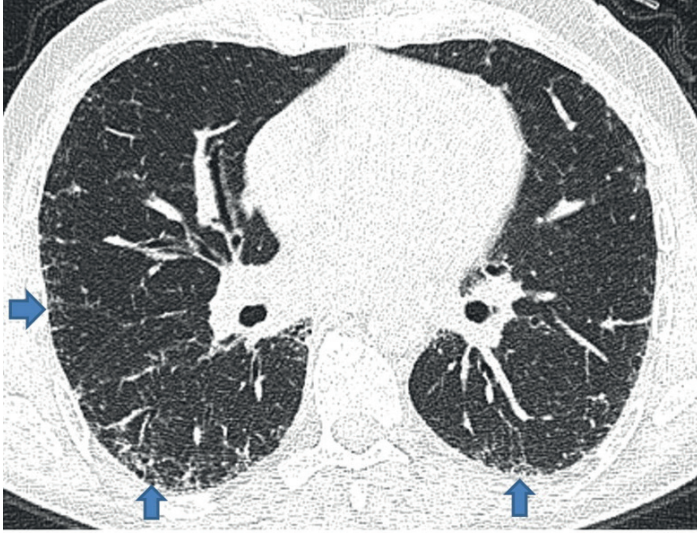
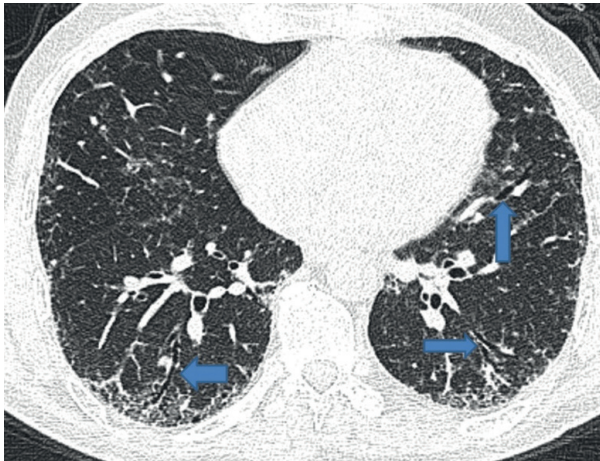


Figure 3. Bilateral akciğer subplevral alanlarda retikülasyon görünümleri (Mavi oklar)

Traksiyon Bronşiektazisi ve Bronşiolektazisi

Bronşlar kalınlaşmış duvar ile düzensiz dilate olup çevreleyici veya tırbüson görünümünde izlenirler. Akciğerin periferik alanlarında ise bronşiooller de benzer görünümde olup dilate ve görünür hale gelebilirler.¹²



Resim 4. Bilateral traksiyon bronşiektazileri (Mavi oklar)

Parankimal Bantlar

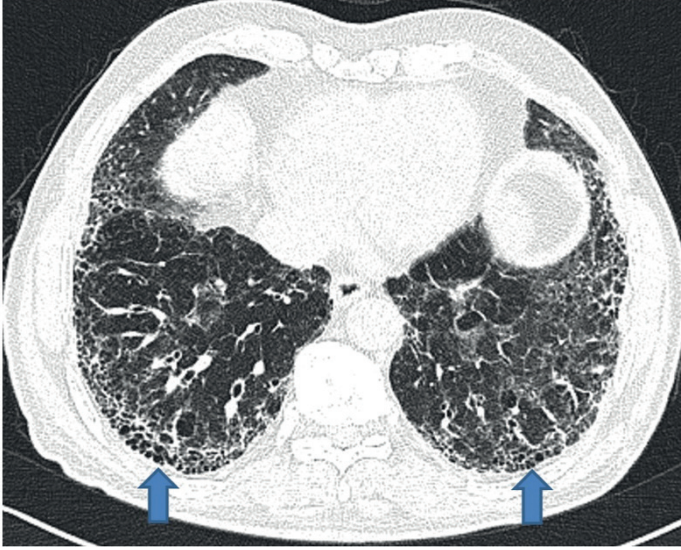
Uzun çizgiler sıklıkla kalınlaşmış septaları birbirine bağlar. Bu çizgiler birkaç lobul kenarının yaptığı gibi fokal skar veya lineer atelektaziyi de gösterebilir.¹²

Fibrotik Buzlu Cam Opasiteleri

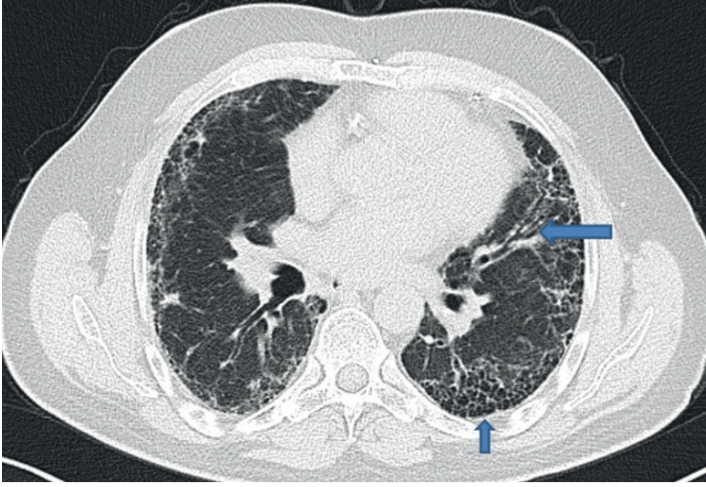
Sıklıkla homojen olmayıp fibrozisin diğer bulguları ile birlikte akciğer sahalarında dumanlı bir görünüme neden olurlar. Traksiyon bronşiolektazi ve üzerine binen düzensiz retikülasyonlar, izole alveolar buzlu cam opasitelerinden ayrımlarında ayırıcı özelliklerdir.¹²

Bal Peteği ve Mikroskopik Bal Peteği

Akciğer mimarisinin bozulduğu bir alanda kümelenmiş, iyi seçilebilen bir duvar ile ayrılmış değişik şekil ve 2 mm-1 cm arasındaki boyuta sahip küçük hiperlüsen alanlar olarak tanımlanır. Ektazik bronşiolere (mikroskopik bal peteği) karşılık gelen yuvarlak veya uzun fokal translüsensilerden ayrımı her zaman kolay değildir.¹²



Resim 5. Bilateral subplevral bal peteği görünümleri (Mavi oklar)



Resim 6. Klasik interstisyel pnömoni hastasında UIP paterni. Bilateral bazallerde subplevral bal peteği (küçük mavi ok) ve sol akciğer lingulada traksiyon bronşiektazi (Büyük mavi ok).

Ara Yüz Bulgusu

Parankimal lineer düzensizlikler ile bağlantılı tüsü plevral çizgiler ile tüsü kenarları olan genişlemiş damarlar olarak tanımlanır. Ekstraplevral veya mediastinal bir yağ dokusunun ikincil bir traksiyon kalınlaşması da göze batabilir.¹²

Volum Kaybı Bulguları

Fissürlerin açılanması veya yer değiştirmesi damar ve bronş yapılarının kümelenmesi, daha fazla etkilenen akciğere doğru mediastinal veya diafragmatik yönelme gibi bulgular bir veya birkaç lobun ve hatta tüm bir akciğerin etkilendiği ilerlemiş fibrozis durumlarında çok daha net olarak ortaya çıkar.¹²

Yapısal distorsiyonun belirgin bulguları ile beraber olan diffüz bal peteği ve yamasal düzensiz retikülasyonların görüldüğü formda damar, fissür, lob ve pulmoner sınırlarda retraksiyon ve remodelling bulguları gözüktür. Patolojik alanlar ile bağlantılı bronşiektazi ve mikroskobik bal peteği de karakteristiktir. Bu form İdiyopatik Pulmoner Fibrozis, Kollajen Vasküler Hastalıklar, Kronik Hipersensitivite Pnömonisi, Asbestozis, Kronik İlaç Toksikitesi durumlarında gözüktür.¹²

İrregüler retikülasyon veya traksiyon bronşiektazileri ile/veya olmadan yaygın homojen buzlu cam alanları ile karakterize olan formunda ise her bir komponent oranı inflamasyonun ve fibrozisin derecesine göre değişir. Bu form özellikleri İdiyopatik Fibrotik NSIP, Kollajen Vasküler Hastalıklar, Kronik İlaç Toksikitesi ve NSIP'nin akut alevlenmesinde görülür.¹²

Mediasten ve toraks sınırları arasında gerilen düzensiz lineer opasitelerin olduğu çekişmeli formda (Alt grub çekişmeli) çizgilenmeler tutulan bronşlar, fissürler, anatomik yapılar ve hatta patolojik lezyonlar arasında köprüleşmeler şeklinde gözükür. Mediastinal yüzler dışarı doğru, torasik plevral yüzler ise içe doğru çöker. Bu formda tutulumlar Sarkoidoz ve Beriliyozis de görülür.¹²

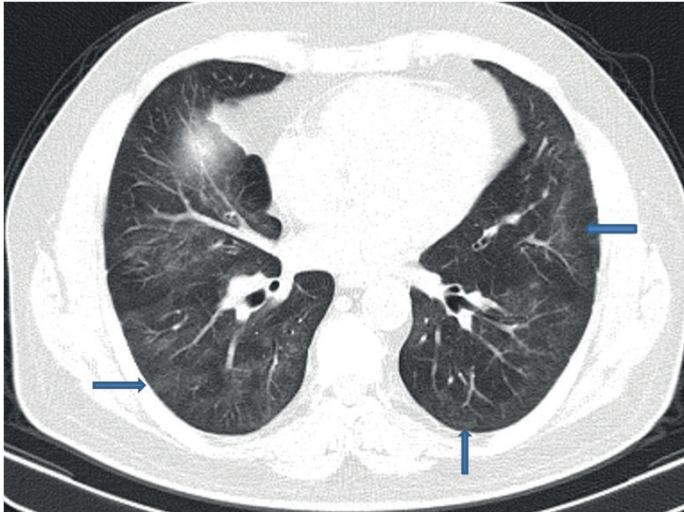
Traksiyon ve remodellingin bronşial düzeyde olduğu formda (Alt grub bronkosentrik) fibrotik süreç bronşiolle yoğunlaşan fokal veya, bronşiolle ve bronşial kılıflar boyunca yayılan diffüz tutulum şeklinde gözükabilir. Bu tutulum formu Konstrüktif Bronşiolit, Langerhans Hücreli Histiositoz ve Havayolu Merkezli İnterstisyel Fibroziste görülür.¹²

Alveolar pattern

Alveolar pattern, alveollerin tamamen veya kısmen dolmasından kaynaklanan akciğer alanlarında normalden daha opak görünümünün olması olarak tanımlanır. Genellikle pulmoner mimari korunmuş olup eğer interstisyel bulgular var ise bunlar da çok belirgin olmama eğilimindedir.¹²

Buzlu cam Opasitesi

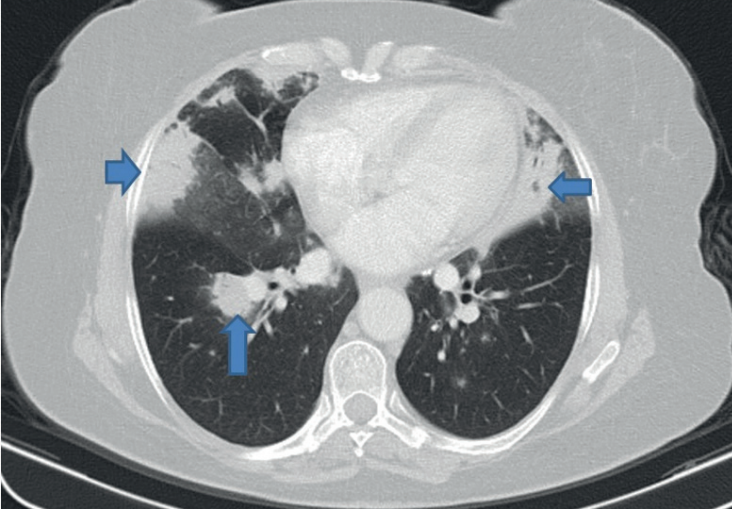
Bronşial ve vasküler kenarların korunduğu akciğer attenuasyonunda sisli bir artışı ifade eder. Hava yollarının-boşluklarının kısmen dolması, interstisyel kalınlaşma, alveollerin parsiyel kollapsı ve artmış kapiller kan hacmi gibi süreçler bu duruma neden olabilir. Ancak en sık mekanizma hava yer değişimidir.¹²



Resim 7. NSIP olgusunda bilateral buzlu cam opasiteleri (Mavi oklar)

Hava Bronkogramları ile veya Olmadan Konsolidasyon

Damar ve havayolları duvarlarının kenarlarını silikleştiren pulmoner attenuasyonda yoğun artış olarak tanımlanmaktadır. Eğer bronş lümeninde hava kalırsa lümen opasite içerisinde görünür hale gelir (hava bronkogramı). Konsolidasyon alveollerin eksuda hücre artıkları gibi materyaller ile dolması sonucu oluşur ve görünümüne havanın kaybolması neden olur.¹²



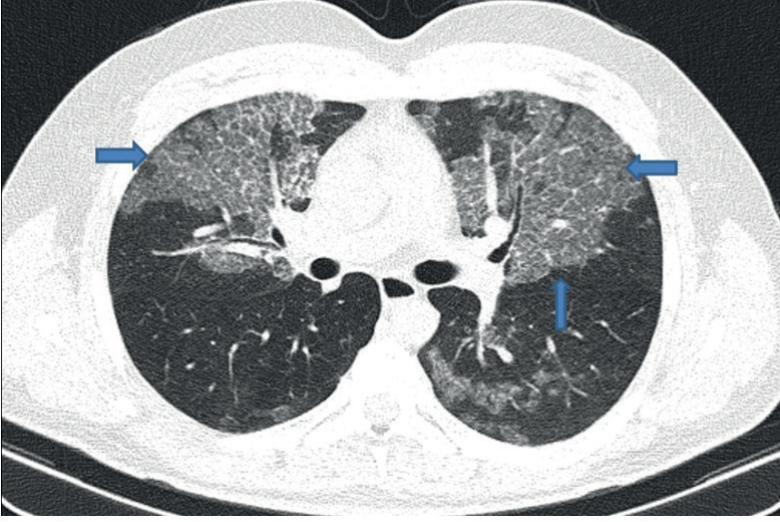
Resim 8. Kronik organize pnömoni tanılı hastada bilateral konsolidasyon alanları (Mavi oklar)

Mikst Dansiteler

Buzlu cam opasiteleri ve konsolidasyon aynı hastada bulunabilir ve bunun sonucunda mikst dansitede bir görünüm meydana gelir.¹²

Kaldırım Taşı Görünümü

Bir buzlu cam opasitesi zemini üzerine binmiş düzgün sınırlı beyaz çizgi ağları şekillendirilmiş kaldırım taşlarına benzetilir. Bu çizgiler kalınlaşmış lobuler interstisyum ve aynı zamanda hava boşlukları içerisinde izole alveolar materyali ortaya çıkarır ve aynı zamanda asinüs veya sekonder lobulleri sınırlandırır.¹²



Resim 9. İnterlobüler ve intralobüler septal kalınlaşma ile buzlu cam alanlarından oluşan kaldırım taşı görünümü (Mavi oklar)

Halo Bulgusu

Santraldeki konsolidasyon alanını çevreleyen bir buzlu cam alanı dairesi olarak izlenir. Bu bulgu patolojik olarak aktif bir hastalık olabileceğine, çevresinde hemoraji, enflamasyon veya tümör yayılımı olduğuna işaret edebilir.¹²

Ters Halo Bulgusu

Halkasal veya yarım ay şeklinde dens bir konsolidasyonun santraldeki bir buzlu cam alanını çevrelemesi ile oluşur. Bu sıklıkla daha dens bir organize pnömoni sahası tarafından sarılan alveolar/septal enflamasyon ve hücresel debris karşılık gelir.¹²

Perilobuler Pattern

İnterlobüler septaları sınırlayan intraalveolar materyalden kaynaklanan kemer benzeri veya poliglonal görünümde kötü sınırlı band benzeri opasiteler şeklinde gözükür. Septal patternde görülen gerçek interlobüler kalınlaşmalara göre bu opasiteler daha kalın olup sınırları daha az keskindir.¹²

Tomurcuklanmış Dal Görünümü

Bronşial bir patoloji neticesinde tek bir saptan köken alan ve sıklıkla nodüller bir formda sonlanan yoğun dallanan lineer yapılar şeklindedir. Ağaç lumi-

nal dilatasyon, bronşiyolar duvar kalınlaşması varlığını yansıtırken, tomurcuk ise sentrilobuler interstisyumun infiltrasyon veya komşu alveollerin eş zamanlı dolmasından kaynaklanan mikroopasiteleri temsil eder. Nadiren tomurcuklanmış dal görünümü bir intravasküler pulmoner tümör embolizminde de görülebilir.¹²

Respiratuar semptomların birkaç gün-hafta içinde geliştiği akut formda opasiteler sıklıkla diffüz olup bilateral yerleşimlidir ve bulguların görünümleri hızlı biçimde değişebilir. Pulmoner yapıların distorsiyon ve remodelling bulguları bu formun erken evrelerinde belirgin olmayabilir. Küçük hava yolu bulguları ile beraber veya olmadan opasiteler izlenebilir. Bronşial duvar tutulumu, peribronşial konsolidasyon, kötü sınırlı hava kistleri ve lobuler hiperinflasyon görülebilir olup bunlar hava yolu hastalıklarının genel bulgularıdır. Alveolar patternin akut formu, Akut Respiratuar Distres Sendromu (ARDS), Akut ilaç toksisitesi, Hidrostatik Pulmoner Ödem, infeksiyöz hastalıklar, Fibrozan hastalık alevlenmesi, Akut Eosinofilik Pnömoni, Akut İnterstisyel Pnömoni ve Diffüz Alveolar Hemorajide izlenir.¹²

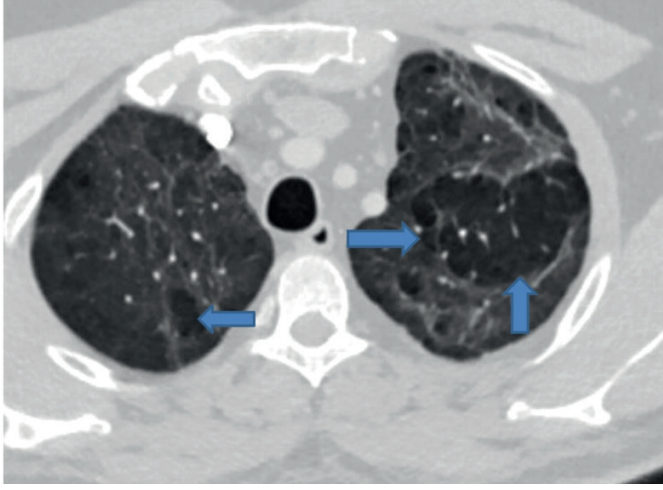
Respiratuar semptomların, tanıdan aylar-yıllar önce başladığı alveolar patternin kronik formunda lezyonlar ilerlemeyip fibrozise dönüşmediği nadir vakalarda lezyonlar lezyonlar yavaş yavaş temizlenme eğilimindedir. Yamasal lezyonlar belirgin boyutlara ulaştıkça geniş hava yolları ve bazen de lobüler alanlarda küçük hava yollarının birleşim yerleri ile yakın ilişkili olmaya başlarlar. Radyolojik olarak izlenen lezyonlar pür buzlulu cam dansitesi, mikst dansiteler, kaldırım taşı ve tomurcuklanmış dal görünümüdür. Kronik formda, akut forma kıyasla daha fazla bulgu çeşitliliği vardır. Alveolar patternin kronik formu, Bronkoalveolar Karsinom, Kronik Eosinofilik Pnömoni, Kronik İlaç Toksikitesi, İnfeksiyöz ve İnflamatuar Hastalıklar, Organize Pnömoni, Subakut Hipersensitivite Pnömonisi, İdiopatik Sellüler NSIP, Kollajen Vasküler Hastalıklar, Deskuamativ İnterstisyel Pnömoni, Lipid Pnömonisi, Mukoza İlişkili Lenfoid Doku (MALT) Lenfoma, Pulmoner Alveolar Proteinozis ve Respiratuar Bronşiolitis-İnterstisyel Akciğer Hastalığında izlenir.¹²

Karanlık akciğer patterni

Akciğer parankiminin değişik miktarda alanlarının X -ray de düşük attenuasyonlu olup normalden daha koyu görünmesi olarak tanımlanır. Kistik patternin aksine, temel anormallik saf bir siyah zeminden ziyade gri bir zemin olmasıdır. Bu koyuluk içerisinde damar ve bronş yapıları sıklıkla seçilebilir.¹²

Yamasal veya Diffüz Karanlık (Koyu) Alanlar

Koyu akciğer alanı normalde olduğundan daha koyu olarak görülür ve vasküler ağacın sadeleşmesi ile ilişkilidir. Eğer bu görünüm yamasal ise vasküler (vasküler mozaik) veya Bronşial (bronşial mozaik) tipleri olmak üzere mozaik perfüzyon olarak adlandırılırlar.¹²



Resim 10. Bilateral akciğer üst zonlarda mozaik perfüzyon gösteren hipodens alanlar (Mavi oklar)

Damar Sayı Ve Boyut Azalması

Yukarıdaki durumun aksine etkilenmeyen alanlarda eşlik eden damarlar genişleyebilir. Mozaik görünüm oluştuğunda buna mukabil farklı alanlardaki yamasal buzlu cam alanları, damar sayı ve boyutları eşit olmalıdır. Azalmış attenuation alanları içerisinde damarlar distorsiyon göstermezler.¹²

Ekspiratuar Hava Hapsinin Olması Veya Olmaması

Ekspiratuar hava hapsi, vasküler mozağin herhangi bir yerinde dansitede homojen bir artış olarak izlenirken, bronşial mozaikte gözlemlenmez. Karanlık akciğer görünümünün vasküler ya da bronşial kökenli olduğunun ayırımında ekspiratuar fazda çekilen BT lerin protokole eklenmesi faydalı olabilir.¹²

Koyu Alanların Değişken Uzanımları

Bu koyu alanların yayılımı, hastalığın tipine ve ciddiyetine bağlı olarak lobuler ölçekten tüm bir akciğer büyüklüğüne kadar değişebilmektedir. Bronşial mozaik-

te iyi sınırlı kenarları olan hiperlüsen alanlar sıktır. Vasküler mozaikte ise düşük attenuasyon alanları daha geniş ve daha kötü sınırlıdır.¹²

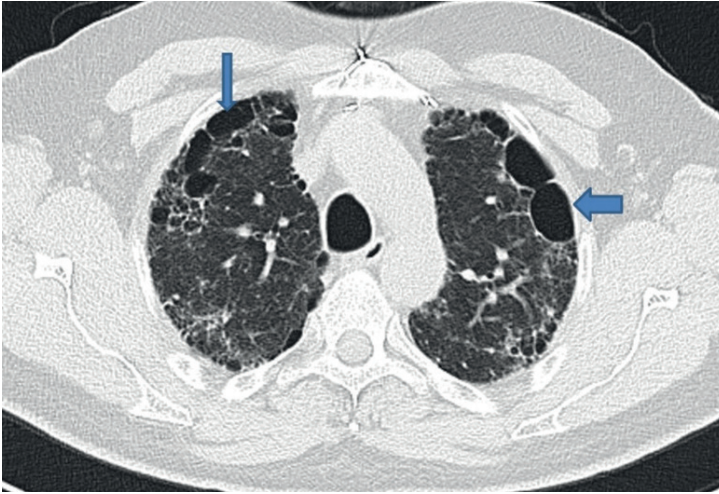
Bronşial Tutulum Bulguları

Bronşial hastalıklardan kaynaklanan koyu akciğer bulguları olan hastalarda bronşial duvarlarda düz kalınlaşmalar ve daha nadiren santral-periferik silindirik veya kistik bronşiektaziler gözlenir. Nadiren sentrilobuler dallanan lineer veya sentrilobuler nodüller de izlenebilir.¹²

Koyu akciğer patterni izlenen hastalıklar; Kronik Pulmoner Tromboembolizm, Konstrüktif Bronşiolitis, Diffüz İnterstiyel Pulmoner Nöroendokrin Hücre Hiperplazisi, Panlobuler Amfizem ve Swyer-James Sendromudur.¹²

Kistik Pattern

Kistik pattern, pulmoner parenkim içerisinde değişken oranlarda yayılmış yuvarlak, iyi sınırlı hava içeren boşlukların bulunması olarak adlandırılır. Bu görünüm bronşial yapıların dilatasyonu, alveolar boşlukların aşırı distansiyonu, akciğer parenkiminin fokal destrüksiyonu ve hatta solid lezyonların kaviteleşmesi ile meydana gelir.¹²



Resim 11. Bilateral apekslerde subplevral kistler (Mavi oklar)

Duvarlı veya Duvarsız Olması

Kalın beyaz bir halkasal duvar yapısı, hastalığın evresine ve lezyonun içeriğine (hücre, fibrozis, v.b) bağlıdır. Duvarı olmayan kistler sıklıkla akciğer paren-

kiminin fokal destrüksiyonu sonucu oluşur. İyi sınırlı, kalın duvar ile ayrılmış değişken boyut (2mm-1 cm) ve şekilli hiperlüsen alanlar olarak ilerlemiş fibrotik sürecin kistik görünümü bal peteği olarak karşımıza çıkar.¹²

Şekil Yapısı

Lezyonlar sıklıkla normal parenkimdeki tek yönlü çekvalf mekanizmasına sekonder oluşan düzenli veya birçok lezyonun birleşmesi ve/veya fibrotik sürecin ilerlemesi ile ortaya çıkan düzensiz şekillerde görülür. Kistlerin şekilleri; oluşum mekanizmaları, birbirleri ile ilişkileri ve çevre parankimdeki eş zamanlı traksiyon bronşiektazilerinin varlığına bağlıdır.¹²

İçerik

Kistler tamamen hava dolu olduklarından hemen çoğu zaman siyah olarak gözükürler. Ancak akciğer dokusundaki destrüksiyon veya nekroza bağlı olarak parlak kalıntılar lüsen alanlar içerisinde odaklar halinde görülebilir. Bazen neoplastik hücreler veya mantar topu içeren hava boşluklarının ayrımı da önemlidir.¹²

Dağılım

Alta yatan hastalığa bağlı olarak, bölgesel dağılım özellikleri tanıda sıklıkla faydalıdır. MPR ve bazende MIP görüntüler kistlerin bölgesel dağılımını değerlendirmede oldukça fikir vericidir.¹²

Kistik pattern özelliği gösteren durumlar; Sentrilobuler Amfizem, Langerhans Hücreli histiyositoz, İleri evre Kollajen Vasküler Hastalıklar ve ilaç toksisiteleri, ileri evre Kronik Hipersensitivite pnömonisi, ileri evre İdiopatik Pulmoner Fibrozis, Asbestozis, Birt-Hogg-Dube Sendromu, Kistik metastazlar, Laringotrakeobronşial Papillomatozis, Lenfanjioleiyomyomatozis, Lenfoid İnterstisyel Pnömoni, Pneumocystis Jiroveci Pnömonisidir.¹²

Genel Dağılım Özellikleri

Üst Lob Tutulumu

Akciğer üst loblarını daha çok tutan interstisyel hastalıklar; Sarkoidoz, Kistik Fibrozis, Respiratuar Bronşiolitis, Sentrilobuler Amfizem, Hipersensitivite Pnömonisi, Langerhans Hücreli Histiyositoz, Pneumocystis Jiroveci Pnömonisi, Silikozis ve Kömür İşçileri Pnömokonyozudur.

Alt Lob Tutulumu

Alt lob afinitesi ise İdiopatik Klasik İnterstisyel Pnömoni, Non-spesifik interstisyel pnömoni, Asbestozis, Deskuamatif İnterstisyel Pnömoni, Kardiak ödem ve metastazlarda izlenmektedir.

Santral Tutulum

Akciğerlerin santral kesimleri en sık olarak Pulmoner Hemoraji, Pulmoner Alveolar Proteinozis, Böbrek kaynaklı ödem ve MALT lenfoma da tutulur.

Periferik Tutulum

Periferik kesimleri daha çok tutan durumlar ise İdiopatik Klasik İnterstisyel Pnömoni, Non-Spesifik İnterstisyel Pnömoni, Asbestozis, Paraseptal Amfizem, Kronik Eosinofilik Pnömoni ve Organize pnömonidir.¹²

2018 YRBT Patern Özellikleri Kılavuzu

Klasik interstisyel pnömoni tanısında HRCT bulgularının değerlendirildiği 2018' de revize edilen kılavuza göre tipik, muhtemel, belirsiz (arada) ve alternatif tanı düşündüren bulgular sınıflandırılmıştır. Buna göre:

Tipik olarak klasik interstisyel pnömoni bulguları; subplevral veya bazal baskın olmak üzere yayılımın genellikle heterojen olduğu traksiyon bronşiektazi/bronşioliektazinin eşlik ettiği veya etmediği bal peteği görünümleridir.

Muhtemel klasik interstisyel pnömoni bulguları; subplevral veya bazal baskın olmak üzere yayılımın genellikle heterojen olduğu traksiyon bronşiektazi/bronşioliektazinin eşlik ettiği veya etmediği retiküler patterndir. Hafif düzeyde buzlu cam opasiteleri izlenebilir.

Belirsiz (ara) klasik interstisyel pnömoni bulguları subplevral veya bazal baskın buzlu cam alanları veya distorsiyon içerebilen ince retiküasyonlar (erken klasik interstisyel pnömoni patterni) veya spesifik bir etyoloji düşündürmeyen BT ve dağılım özellikleri gösteren akciğer fibrozisidir.

Öncelikle diğer tanılarının düşünülmesi gereken durumlar ise kistler, belirgin mozaik attenuasyon alanları, baskın buzlu cam alanları, çok fazla sayıda mikronodüller/sentrilobuler nodüller ve konsolidasyon olması, lezyonların baskın olarak peribronkovasküler, perilenfatik üst ve orta akciğer dağılımı olması ve plevral plaklar (asbestozis düşün), dilate özefagus (konnektif doku hastalığı düşün), distal klavikula erozyonu (Romatoid artrit düşün), aşırı lenf nodu genişlemesi (diğer etyolojileri düşün), plevral efüzyon veya kalınlaşma (konnektif doku hastalıkları ve ilaçları düşün) dır.¹³

DİREKT GRAFİ

Teknik

Hastalarda, rutin çekilen Posteroanterior (PA) akciğer grafisinde tüp hastanın arkasında kaset veya alıcı hastanın önünde olup tüp ile kaset arasındaki mesafe yaklaşık 180 cm dir. Hastalar ayakta olup kollar skapula yapılarının akciğer alanlarını örtmesini engellemek için yukarı kaldırılır. Tam bir inspiriyum ile superiorda omuzların 5 cm üzeri, inferiorda 12. kot alt sınırı laterallerde ise akromioklavikular eklem seviyeleri görüntüye girecek şekilde 7 torakal vertebra korpusu santralize edilerek olabildiğinde simetrik bir görüntü alınır. Önerilen parametreler 100-110 kVp ve 4-8 mAs dir.

PA akciğer grafisine, özellikle lezyonun lokalizasyonu netleştirmek veya retrosternal-retrokardiak alanları değerlendirmek için hastanın sol yanının kasete yakın olduğu ve yine ayakta full inspiriyum ile çekilen lateral grafi eklenebilir.

Daha nadir olmakla beraber her iki akciğerin apekslerini değerlendirmek için ayakta hastaya ve/veya tüpe açı verilerek AP apikolordotik grafi de çekilebilir. Bununla birlikte çok nadiren lateral dekubit, supin ve oblik grafi de kullanılabilir.¹⁴⁻¹⁵

Direkt Grafi Bulguları

Direkt grafi, gold standart olarak YRBT alındığında hava yolu konsolidasyonlarını, retiküler opasiteleri, nodüler opasiteleri, septal kalınlaşmaları ve eşlik eden hiler/mediastinal lenfadenopatileri belli bir oranda göstermektedir. Ancak bal peteği, buzlu cam attenuasyon alanları, bronşiektazi ve mozaik perfüzyonu göstermede oldukça yetersiz olduğu bildirilmiştir. Ayrıca nodüler opasitelerin dağılımı (perilenfatik/peribronşial/dağınık) konusunda da yeterli bilgi vermediği gösterilmiştir. Ancak başlangıç evresinde, plevral değişiklikler, volüm azalması mediastinal değişiklikler ve olası komplikasyonlar için fikir vermesi açısından kullanılabilir.⁶

ULTRASONOGRAFİ

Teknik

Son zamanlarda plevral efüzyon, pnömotoraks, atelektazi, konsolidasyon gibi patolojilerin değerlendirilmesinde ultrasonun kullanılabilirliği artmaktadır. İnters-

tisyel akciğer hastalıklarının parankimal ve plevral bulguları transtorakal usg ile değerlendirilebilmektedir.

Bunun için 2-5 Mhz lik konveks prob ve 5-8 mHz lik lineer prob kullanılmaktadır. Hastalar supin veya yarı lateral dekübit pozisyonda anteriordan ön segmentler incelenirken, oturur pozisyonda ise posterior segmentler incelenir. Hastalardan inceleme esnasında ellerini başlarının arkasında birleştirmeleri istenir. Bu sayede interkostal aralık genişleyerek bir pencere oluşturacak ve kostaların neden olduğu artefakt minimuma indirilecektir. Derin prob ile akciğer parankimi lineer prob ile daha yüzeysel olan plevral değişikliklerin değerlendirilmesi planlanır.^{16,17}

Ultrason Bulguları

Transtorasik ultrasonda B çizgilerinin sayısı ve diffüz veya fokal yayılımı, akciğer parankiminin heterojen görünümü ve dağınık yerleşimli konsolidasyon alanları interstisyel akciğer hastalıkları açısından ayrıntılı değerlendirilmelidir.

Plevral bulgular açısından da plevral düzensizlikler ve plevral mesafedeki patolojiler açısından da plevral kaymanın ve kuyruklu yıldız artefaktlarının detaylı ve simetrik incelenmesi gerekmektedir.^{16,17}

MAGNETİK REZONANS

Teknik

İnterstisyel akciğer hastaları genel olarak uzun süreli nefes tutamadığından bu hastaların MR incelemesi solunum artefaktı ve kalp atımlarından oldukça fazla etkilenmektedir. Daha önce pek çok kontrastlı ve kontrastsız MR sekanslarının incelemede kullanıldığı ve fibrozis/ patolojik bulguları belirlemede faydalı olduğu bildirilmiştir.

Geniş bir derleme çalışması sonucunda hastaların 3Tesla bir sistemde supin pozisyonda 8 kanallı bir koille ve bir solunum kemeri kullanılarak nefes alıp vermesinin monitorize edilmesiyle değerlendirilmesi önerilmektedir.¹⁸

Hastaların nefes tutma problemleri olduğundan kısa protokoller önerilmiş olup morfolojik analiz için bir proton dansite (PD-w) sekansı (3D SPGR), T2 ağırlıklı 2D yağ baskılı (FS) PROPELLER and 3D CUBE T2 FS sekansları önerilmektedir.

Fonksiyonel incelemede ise hem inspiriyum hem de ekspiriyum 3D SPGR T2* multi-echo sekansı, 2D DWI sekansı ve 0.2 mmol/kg gadobenate dimeglumine

kontrast madde injeksiyonu öncesi ve sonrası (injeksiyon sonrası 10 ve 20. Dakika) 3D SPGR FS sekansları önerilmektedir.¹⁸

MR bulguları

MR inceleme ile retikülasyon, bronşiektazi, buzlu-cam opasitesi ve bal peteği bulguları saptanabilir. Ancak yapılan çalışmalara göre MR ile karşılaştırıldığında, YRBT nin bu lezyonları saptamada sensitivite, spesifitesi ve doğruluğu anlamlı olarak yüksektir. İnterstiyel akciğer hastalıklarının tanı ve takibinde nefes ve pulsasyon artefaktları kısıtlayıcı durumlar olmakla beraber YRBT için destekleyici modalite olarak MRI düşünülmektedir.¹⁸ Kontrastlı ve kontrastsız MR perfüzyon incelemeleri fibrozis miktarını göstermeye olanak verir.¹⁹ Ayrıca dinamik MR inceleme interstiyel akciğer hastalarında diafram mekaniklerini ve ilerleyici fibrozisi göstermede başarılıdır.²⁰

KAYNAKÇA

1. Hodler, Juerg, Kubik-Huch, Rahel A., von Schulthess, Gustav K. (2019) Diseases of the Chest, Breast, Heart and Vessels. Sujal R. Desai, Helmut Prosch, and Jeffrey R. Galvin(Eds) Plain Film and HRCT Diagnosis of Interstitial Lung Disease (Chapter 4 sayfa 38-44).Springer. ISBN 978-3-030-11149-6
2. Liang T, Vargas SO, Lee EY. Childhood Interstitial (Diffuse) Lung Disease: Pattern Recognition Approach to Diagnosis in Infants [published online ahead of print, 2019 Mar 5]. *AJR Am J Roentgenol.* 2019;1-10. doi:10.2214/AJR.18.20696
3. American Thoracic Society. Idiopathic pulmonary fibrosis: diagnosis and treatment. International consensus statement. American Thoracic Society (ATS), and the European Respiratory Society (ERS). *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161(2 Pt 1):646-664. doi:10.1164/ajrccm.161.2.ats3-00
4. Edey AJ, Devaraj AA, Barker RP, et al. Fibrotic idiopathic interstitial pneumonias: HRCT findings that predict mortality. *Eur Radiol.* 2011;21(8):1586-1593. doi:10.1007/s00330-011-2098-2
5. Wells AU, Antoniou KM. The prognostic value of the GAP model in chronic interstitial lung disease: the quest for a staging system. *Chest.* 2014;145(4):672-674. doi:10.1378/chest.13-2908
6. Patel T, Ilangovan G, Balganesan H. Comparative study of x-ray and high resolution computed tomography in the diagnosis of interstitial lung disease. *International Journal of Contemporary Medicine Surgery and Radiology.* 2020;5(1):A263-A267.
7. Hovinga M, Sprengers R, Kauczor HU, et al. CT Imaging of Interstitial Lung Diseases. *Multi-detector-Row CT of the Thorax.* 2016;105-130. Published 2016 Feb 27. doi:10.1007/978-3-319-30355-0_7
8. Eibel R, Türk T, Kulinna C, et al. Value of multiplanar reformations (MPR) in multi-slice spiral CT of the lung. *Rofo.* 2001;173(1):57-64. doi:10.1055/s-2001-10417
9. Beigelman-Aubry C, Hill C, Guibal A, et al. Multi-detector row CT and postprocessing techniques in the assessment of diffuse lung disease. *Radiographics.*2005;25(6):1639-1652. doi:10.1148/rg.256055037
10. Peloschek P, Sailer J, Weber M, et al. Pulmonary nodules: sensitivity of maximum intensity projection versus that of volume rendering of 3D multidetector CT data. *Radiology.*

- 2007;243(2):561-569. doi:10.1148/radiol.2432052052
11. Watadani T, Sakai F, Johkoh T, et al. Interobserver variability in the CT assessment of honeycombing in the lungs. *Radiology*. 2013;266(3):936-944. doi:10.1148/radiol.12112516
 12. Maffessanti M, Dalpiaz G. (2011) HRCT of the Interstitial Lung Diseases: What, Why, and How To. In: Hodler J, von Schulthess G.K., Zollikofer C.L. (eds) Diseases of the Heart and Chest, Including Breast 2011–2014. Springer, Milano. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1938-6_14
 13. Ganesh Raghu, Martine Remy-Jardin, Jeffrey L. Myers, Luca Richeldi, Christopher J. Ryerson, David J. Lederer, Juergen Behr, Vincent Cottin, Sonye K. Danoff, Ferran Morell, Kevin R. Flaherty, Athol Wells, Fernando J. Martinez, Arata Azuma, Thomas J. Bice, Demosthenes Bouros, Kevin K. Brown, Harold R. Collard, Abhijit Duggal, Liam Galvin, Yoshikazu Inoue, R. Gisli Jenkins, Takeshi Johkoh, Ella A. Kazerooni, Masanori Kitaichi, Shandra L. Knight, George Mansour, Andrew G. Nicholson, Sudhakar N. J. Pipavath, Ivette Buendía-Roldán, Moisés Selman, William D. Travis, Simon L. F. Walsh, Kevin C. Wilson. Diagnosis of Idiopathic Pulmonary Fibrosis. An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Clinical Practice Guideline. (2018) American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 198 (5): e44-e68. doi:10.1164/rccm.201807-1255ST
 14. Keats TE, Anderson MW. Atlas of Normal Roentgen Variants That May Simulate Disease. Saunders. (2012) ISBN:0323073557.
 15. Brooke, JR, Manaster, BJ, Osborn, AG, Christenson RD. Diagnostic Imaging: Emergency: Published by Amirsys. Lippincott Williams & Wilkins. ISBN:1931884765.
 16. Faraga TS, Adawya ZR, Sakrb LK, et al. Transthoracic ultrasonographic features of diffuse parenchymal lung diseases. *Egypt J Bronchol* 2017; 11: 179–187.
 17. Vizioli L, Ciccarese F, Forti P, et al. Integrated Use of Lung Ultrasound and Chest X-Ray in the Detection of Interstitial Lung Disease. *Respiration*. 2017;93(1):15-22. doi:10.1159/000452225
 18. Romei C, Turturici L, Tavanti L, et al. The use of chest magnetic resonance imaging in interstitial lung disease: a systematic review. *Eur Respir Rev*. 2018;27(150):180062. Published 2018 Dec 19. doi:10.1183/16000617.0062-2018
 19. Yi CA, Lee KS, Han J, et al. 3-T MRI for differentiating inflammation- and fibrosis-predominant lesions of usual and nonspecific interstitial pneumonia: comparison study with pathologic correlation. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190(4):878-885. doi:10.2214/AJR.07.2833
 20. Ciet P, Tiddens HA, Wielopolski PA, et al. Magnetic resonance imaging in children: common problems and possible solutions for lung and airways imaging. *Pediatr Radiol*. 2015;45(13):1901-1915. doi:10.1007/s00247-015-3420-y