

Radiological Evaluation in the COVID-19 Pandemic

COVID-19 Pandemisinde Radyolojik Değerlendirme

Ali Batur¹, Selin Ardalı Düzgün², Bülent Erbil¹, Erhan Akpınar²

ABSTRACT

Since the beginning of the COVID-19 pandemic, there have been differences in the use of imaging methods due to variables such as the difficulty of accessing health services, the planning made for the efficient use of resources, the significant increase in the number of admissions, high rates of contagiousness, cost, and duration of decontamination. Especially at the beginning of the COVID-19 pandemic, the American Society of Radiology (ACR) declared in its statement that the decontamination process, especially after the application of computed tomography, would cause disruptions in the delivery of radiological services, increase the risk of cross-infection and the possibility of transmission. For this reason, in the first months of the Pandemic, ACR recommended that COVID-19 patients be evaluated with portable direct chest radiographs. However, in the following period, the frequency of use of thorax CT increased due to its high sensitivity in diagnosis.

Typical findings of COVID-19 pneumonia are subpleural ground-glass densities, a “cobblestone” sign caused by intra/interlobular septal thickenings superposed to ground glass densities, and consolidations, predominantly in the basal and posterior segments. In addition, air bronchograms and signs of vascular enlargement may accompany. These findings can be evaluated by X-ray, ultrasonography, and computed tomography.

As a result, imaging methods used in the management of COVID-19 pneumonia differed due to variables such as service delivery conditions, number of patients, cost, technical competence, and patient management plans. Currently, there is no imaging method that leads to a definitive diagnosis for COVID-19 cases. Available imaging methods will vary according to the characteristics of the institution and the patients. It would be appropriate to choose imaging methods suitable for these variables.

Keywords: Covid-19, bedside ultrasonography, computed tomography, plain radiography, radiology

ÖZ

COVID-19 pandemisinin başlangıcından bu yana sağlık hizmetlerine erişimin zorlaşması, kaynakların etkin kullanımı için yapılan planlamalar, sağlık kurumlarına başvurularında sayısındaki ciddi artış, yüksek bulaşıcılık oranları, dekontaminasyon maliyet ve süreleri gibi değişkenler sebebiyle görüntüleme yöntemlerinin kullanımı açısından farklılıklar ortaya çıkmıştır. Özellikle COVID-19 pandemisinin başlangıcında Amerikan Radyoloji Derneği (ACR) yayınladığı bildiri ile özellikle bilgisayarlı tomografi (BT) uygulaması sonrası dekontaminasyon sürecinin radyolojik hizmetlerin sunumunda aksamalar oluşturacağını, çapraz enfeksiyon riskini ve bulaş olasılığını artıracığını beyan etmiştir. Bu sebeple pandeminin ilk aylarında ACR COVID-19 hastalarının taşınabilir cihazlarla çekilen direkt göğüs grafileri ile değerlendirilmesini önermiştir. Ancak ilerleyen zamanda toraks BT'nin tanı koymadaki duyarlılığının yüksekliği sebebiyle Covid-19 hastalarının yönetiminde BT yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

COVID-19 pnömonisinin tipik bulguları, ağırlıklı olarak bazal ve posterior kesimlerde, subplevral yerleşimli buzlu cam dansiteleri, buzlu cam dansitelerine süperpoze olan intra/interlobüler septal kalınlaşmaların yol açtığı “arnavut kaldırımı” bulgusu ve konsolidasyonlardır. Buna ek olarak hava bronkogramları ve vasküler genişleme bulguları da eşlik edebilir. Bu bulgular direkt grafi, ultrasonografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) aracılığıyla değerlendirilebilir.

Sonuç olarak hizmet sunum şartları, hasta sayıları, maliyet, teknik yeterlilik ve hasta yönetim planları gibi değişkenler sebebiyle COVID-19 pnömoni yönetiminde kullanılan görüntüleme yöntemleri farklılıklar göstermiştir. Mevcut durumda halen COVID-19 vakaları için kesin tanıya ulaştırılan görüntüleme yöntemi yoktur. Mevcut görüntüleme yöntemleri sağlık hizmeti sunulan kurumun ve hizmet verilen hastaların özelliklerine göre değişkenlik gösterecektir. Bu değişkenlere uygun görüntüleme yöntemlerinin tercih edilmesi uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, yatak başı ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi, direkt grafi, radyoloji

Gönderim: 17 Aralık 2021

Kabul: 19 Aralık 2021

¹ Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı; ANKARA; Türkiye

² Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı; ANKARA; Türkiye

Sorumlu Yazar: Ali Batur, MD **Adres:** Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Erişkin Hastanesi Sıhhiye/ANKARA 06100

Telefon: +903123052505 **e-mail:** dralibatur@gmail.com

Atf için/Cited as: Batur A, Duzgun SA, Erbil B, Akpınar E. COVID-19 Pandemisinde Radyolojik Değerlendirme. Anatolian J Emerg Med 2021;4(4):153-157. <https://doi.org/10.54996/anatolianjem.1037444>

Giriş

Küresel olarak COVID-19 pandemisi ile çeşitli uzmanlık alanlarından birçok sağlık profesyoneli hastalığın teşhis ve tedavisinde etkin rol almak zorunda kalmışlardır. Özellikle tanısal gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyon (RT-PCR) testlerine erişimin zorluğu, örnek alım tekniğindeki hatalar ve testlerin yalancı negatiflik oranları sebebiyle COVID-19 tanısının radyolojik açıdan konulması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Pandeminin başlangıcından günümüze literatür çoğunlukla toraks bilgisayarlı tomografi (BT) bulgularına odaklanmaktadır (1,2). Özellikle PCR testleri ile BT görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda toraks BT görüntülemelerinin daha yüksek duyarlılıklara sahip olduğu gösterilmiştir (3). Ancak Amerikan Radyoloji Derneği (ACR) COVID-19 pandemisinin ilk aylarında yayınladığı bildiri ile; COVID-19 hastalarında uygulanan BT görüntülemeleri sonrası dekontaminasyon sürecinin radyoloji hizmetlerine ulaşımı sekteye uğratacağını ve çapraz enfeksiyon riskini arttıracığını beyan etmiştir (4). Ayrıca tüm sağlık kuruluşlarında BT hizmetinin sunulmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple ACR pandemisinin ilk aylarında COVID-19 hastalarının taşınabilir cihazlarla çekilen göğüs direkt grafileri ile değerlendirmelerinin öne çıkması konusunda görüş belirtmiştir (4). Bunun yanında özellikle acil servisler ve yoğun bakım ünitelerinde yatak başı akciğer ultrasonografisi (ACUS) uygulamaları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. ACUS değerlendirmelerinin Toraks BT bulgularıyla yüksek korelasyonu ve iyonize radyasyon maruziyetini ortadan kaldırıyor olması COVID-19 vakalarının tanınmasında ultrasonografinin etkinliğini ortaya koymaktadır (1,2). Yatak başı ACUS'nin klinik değerlendirmeyi yapan sağlık profesyoneli tarafından eş zamanlı yapıyor olması klinik karar vermeyi hızlandırdığı gösterilmiştir (5). Sonuç olarak farklı sağlık hizmeti sunum şartlarında farklı akciğer görüntüleme yöntemleri tercih edilebilir bir hal almıştır.

Bu derlemede COVID-19 pandemisi ile hasta yönetiminde kullanılan direkt grafi, yatak başı ACUS ve toraks BT görüntüleme metotları ile elde edilen bulgular, metotların avantaj ve dezavantajları aktarılacaktır.

Tartışma

COVID-19 pandemisi ile hastanelere başvuran hasta sayılarında artış, sağlık hizmetlerinin kısmi yetersiz kalışı ve hızlı şekilde planlanması gereken hasta yönetimi radyolojik görüntüleme yöntemlerine olan talebi arttırmıştır. Pandemi başlangıcı ile olası kontaminasyonu ve hizmet devamlılığını sağlayabilmek için direkt göğüs grafisi ile değerlendirmeler önerilmekte iken tanısal duyarlılığın yüksek olması sebebiyle toraks BT görüntülemeler tercih edilmeye başlanmıştır. Pandemi süresince özellikle yoğun bakım ünitelerinde ve acil servislerde hasta takiplerinde yatak başı ACUS uygulamaları yapılmaktadır.

Direkt Göğüs Grafisi

COVID-19 pandemisi öncesinde, pnömoni, bronşit ve bronşiolit gibi akut alt solunum yolları enfeksiyonlarının (ASYE) yönetiminde göğüs direkt grafileri yaygın olarak kullanılmakta idi. Özellikle ASYE bulguları olan ateş, balgam, solunum sıkıntısı ve öksürük şikayetleri ile başvuran hastalarda göğüs direkt grafileri ile hastalıkların tanı ve tedavisi planlanmaktadır. 2013 yılında Cao AM. ve ark göğüs

direkt grafi kullanımının ASYE hasta grubunda hastanede kalış süresine, sonlanıma ve komplikasyon oranının azalmasına etkisini incelemişlerdir (6). Çalışmada direkt grafi ile değerlendirilen ve değerlendirilmeyen hasta grupları arasında hastanede kalış süreleri, sonlanım ve komplikasyon oranı açısından anlamlı farklılık tespit edememişlerdir. Bu bilgi ışığında benzer klinik bulgular ile seyreden ve akciğer lezyonları oluşturan COVID-19 pnömonisinin ayırıcı tanısı için direkt göğüs grafisi ile spesifik bulgular tespit edilemeyeceği ortaya koyulmaktadır.

COVID-19 öncesi dönemde solunum yolu semptomları olan hastalarda ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi olan göğüs direkt grafi düşük duyarlılık oranı nedeniyle COVID-19 pnömonisi tanısını dışlamakta kullanılmamaktadır (7). Asemptomatik hastalarda ya da semptom başlangıcından sonra erken dönemde en sık bulgu olarak karşımıza çıkan izole ya da multifokal buzlu cam dansiteleri göğüs direkt grafilerinde saptanamayabilir. Yine de COVID-19 pnömonisinde göğüs direkt grafi ile düşük sensitivite ile saptanabilecek bulgular mevcuttur. Bu bulguların başında akciğer konsolidasyonları ve buzlu cam opasiteleri yer alır. Buzlu cam atenüasyon alanlarına eşlik eden retiküler opasiteler direkt grafilerde daha kolay fark edilebilen bulgulardır. COVID-19 pnömonisinin en spesifik bulgusu periferik yerleşimli çok sayıda opasiteler/buzlu cam dansiteleridir (8).

Göğüs direkt grafisindeki bulgular toraks BT ile de değerlendirilebilir. Her ne kadar düzensiz, yamalı, retiküler ve yaygın buzlu cam dansiteleri gibi bulgular COVID-19 pnömonisi için sık görülen bulgular olsa da göğüs direkt grafi ile patolojinin net şekilde değerlendirilebilmesi zordur. Literatürde COVID-19 tanısında akciğer grafisi ve toraks BT'nin tanısal doğruluğunu karşılaştıran bir çalışmada, iki modalite arasında özgüllük açısından anlamlı fark saptanmamakla birlikte toraks BT'nin duyarlılığı (%85), akciğer grafisine göre (%56) anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (9). Bu sebeple ACR tarafından COVID-19 pandemisinin başlangıç döneminde önerilen taşınabilir göğüs direkt grafi değerlendirmesi yerini toraks BT'ye bırakmaya başlamıştır.

Yatak Başı Akciğer Ultrasonografisi

COVID-19 pnömonisi vakalarında yatak başı ACUS'nin kullanımı rutinde önerilmemektedir. Ancak özellikle direkt grafilerin tanı koymadaki düşük duyarlılıkları ve toraks BT'nin oluşturduğu radyasyon maruziyeti, kontaminasyon ve olası çapraz enfeksiyon riskleri ve yüksek maliyet sebebiyle acil servis ve yoğun bakım ünitelerinde COVID-19 pnömonisi yönetiminde yatak başı ACUS kullanılmaktadır.

Sonografik incelemelerin yaygın kullanımı daha çok hastanın akciğer görüntülemesine erişmesine olanak tanıyan maliyet etkin bir yöntemdir. ACUS son yirmi yılda akciğer hastalıklarının hızlı ayırıcı tanısı için invaziv olmayan bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Acil durumda, ACUS'nin hem yetişkinlerde hem de çocuklarda viral ve bakteriyel pnömoninin ve akut respiratuvar distres sendromunun (ARDS) tanı ve izlenmesi için BT ve göğüs grafisi kadar doğru ve güvenilir olduğu kanıtlanmıştır (10,11). Örneğin influenza A H1N1 pandemisi sırasında ACUS uygulaması, interstisyel akciğer hastalığının erken saptanmasını sağlamıştır (12). Günümüzde yoğun bakımlar ve acil servislerde pnömoni vakalarının takibinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun

yanında yatak başı ACUS'nin kolay erişilebilir oluşu ve düşük maliyeti sebebiyle düşük gelirli ülkelerde kullanımı yaygındır (13).

COVID-19 pnömonisinde akciğer tutulumu tipik olarak periferik bölgelerde olduğundan lezyon tespiti ve takibi yatak başı ACUS ile yapılabilir. Hastalık sürecinde; plevradan başlayıp görüntünün alanının sonuna kadar ilerleyen ve interlobüler septanın ödem veya fibroziste görülen dikey hiperekoik çizgiler olan B çizgileri veya "akciğer roketleri" de dahil olmak üzere çeşitli ultrason bulguları ortaya çıkar. Pnömonide, etkilenen akciğerlerin artmış ekojenitesi karaciğere benzer görünür ve hem statik hem de dinamik görüntülerde görülen hava dolu bronşların varlığı "doku paterni" olarak da adlandırılır. COVID-19 pnömonisinde de benzer sonografik bulgular tespit edilmektedir. Tipik olarak değerlendirilebilen sonografik bulgular; plevra devamlılığında bozulma, plevra altında yerleşim gösteren çok sayıda birleşme eğiliminde B çizgileri, yamasal veya nodüler konsolidasyonlar ve konsolide alanlarda ortaya çıkan hava bronkogramları olarak sayılabilir (14-16).

Anormal akciğer bulgularının standart raporlanması ve yorumlanması veya akciğer havalanmasının değerlendirilmesi için çeşitli ACUS protokolleri yayınlanmıştır. Örneğin her iki hemitoraksı 4 eşit parçaya ve posterior akciğer alanını 3 eşit parçaya bölmek üzere toplam 14 farklı bakı alanından yapılan ACUS değerlendirmesi olduğu gibi her iki hemitoraksı 4 eşit parçaya ve posterior akciğer alanını 2 eşit parçaya ayırarak 12 farklı bakı noktası oluşturan protokoller mevcuttur (17,18). Tüm protokollerin ortak noktası posterior akciğer dokusunu ve plevra komşuluğunu sıklıkla tutan COVID-19 pnömonisinin sonografik bulgularını kolayca tespit edebilmek için çok sayıda farklı alana bakmaktır. Ancak bu protokoller oluşturulurken ortaya çıkan bazı kısıtlılıklar giderilememiştir. Bunların başında havalanmış sağlıklı akciğer dokusu varlığında daha derin dokularda yerleşen lezyonların yatak başı ACUS ile görülebilmesidir. Havalanmış sağlıklı akciğer dokusu ses iletimini engellediği için subplevral yerleşimli olmayan lezyonların tespiti zorlaşmaktadır.

COVID-19 pandemisinin başlangıcından bu yana hastaların yönetiminde kullanılan görüntüleme yöntemlerinden birisi yatak başı ACUS'dir. Pandemi süresince hasta sayısındaki sürekli artış hasta yönetiminin hızlandırılması gerekliliğini doğurmuştur. Toraks BT ile yapılan değerlendirmelerde tanısal duyarlılık yüksek olsa dahi kaynak kullanımı ve maliyet etkinliği açısından kolay ulaşılabilir, tekrarlanabilir, iyonize radyasyon riski olmayan ve düşük maliyetli yatak başı ACUS uygulamalarının COVID-19 pnömonisi yönetiminde kullanılması tavsiye edilmektedir (18). Ancak yapılan çalışmalar yatak başı ACUS'nin toraks BT ile karşılaştırıldığında düşük duyarlılığa sahip olduğunu ortaya koymuştur (19). Bu sebeple özellikle yoğun bakım üniteleri gibi yakın hasta takibi yapılan alanlarda ve hasta sayısının fazla, görüntüleme imkanlarının kısıtlı ve kontaminasyonun engellenemediği acil servis alanlarında COVID-19 pnömonisinin değerlendirilmesinde yatak başı ACUS akılda tutulmalıdır.

Toraks BT

COVID-19 tanısında toraks BT görüntülemenin diğer görüntüleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında yüksek duyarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir (9). Bu nedenle acil

servislerin yoğunlaştığı salgın koşullarında, izolasyon ya da hastaneye yatış kararının verilmesinde, triyaj ve hızlı tanı amacıyla toraks BT sıklıkla kullanılmıştır. Bir diğer yandan radyasyon maruziyeti, hastalar arasında cihaz ve çekim odasının dekontaminasyonu için gereken zaman, sağlık çalışanlarına veya COVID-19 dışı hastalara bulaş riski BT'nin kullanımını sınırlayan faktörlerdir.

Komplike olmamış COVID-19 pnömonisinde bulgular akciğer parankimlerinde görüldüğünden, toraks BT intravenöz yoldan kontrast madde verilmeden ve ince kesit kalınlığında (1-1.5 mm) elde olunmalıdır. Literatürde semptomatik hastalardan oluşan bir metaanalizde COVID-19 tanısında toraks BT'nin duyarlılığı %93-97 ve özgüllüğü %25-72 aralığında bulunmuştur (20). Özellikle semptomların başlangıcını takiben erken dönemde RT-PCR sonucu pozitif olsa bile hastaların yaklaşık %50'sinde BT bulgusu olmayabilir (21). Wang ve ark. çalışmasında toraks BT'nin COVID-19 enfeksiyonunu saptamada duyarlılığı semptom başlangıcından itibaren 0-5. günde %84 iken, 6-11.günde %99'a çıkmıştır (22). Toraks BT'de bulgu olmaması COVID-19 enfeksiyonu varlığını dışlayamadığından, toraks BT'nin tanı rutin kullanımı ya da asemptomatik bireylerde tarama amaçlı kullanımı önerilmemektedir (23).

Hipoksemisi olan hastalarda, RT-PCR sonucundan bağımsız olarak orta-ağır şiddette semptomları bulunan hastalarda, ayrıca solunum fonksiyonları kötüleşen, hastalık progresyonu ya da komplikasyon şüphesi olan COVID-19 hastalarında BT kullanımı önerilmektedir (23). COVID-19 pnömonisinin tipik bulguları, ağırlıklı olarak bazal ve posterior kesimlerde, subplevral yerleşimli buzlu cam dansiteleri, buzlu cam dansitelerine süperpoze olan intra/interlobüler septal kalınlaşmaların yol açtığı "arnavut kaldırımı" bulgusu ve konsolidasyonlardır. Ek olarak halo ve ters halo bulgusu, hava bronkogramları, vasküler genişleme bulgusu görülebilir (21,24). BT bulguları, semptom başlangıcından sonra geçen süreye göre farklılık gösterir. Erken evrede (0-4. gün) en sık bulgu olarak izole ya da multifokal buzlu cam dansiteleri görülürken, konsolidasyon ya da interlobüler septal kalınlaşmalar (arnavut kaldırımı bulgusu) eşlik edebilir. İlerleme evresinde opasitelerin sayısı ve yaygınlığı artış gösterir. Pik evresinde (9-13. gün) buzlu cam dansiteleri ve "arnavut kaldırımı" bulgusu kısmen gerilerken, konsolidasyonlar yoğunlaşır. Semptomların başlangıcından itibaren 14. günden sonra opasitelerde gerileme başlar. Takip sürecinde klinik ve radyolojik iyileşme beklenenden uzun sürebilmektedir, klinik iyileşme sağlansa dahi toraks BT'de rezidü buzlu cam dansiteleri ve subplevral bantlar görülebilir (25).

COVID-19 pnömonisinde görüntüleme bulguları görece spesifik olmadığından BT'de görülen bulgular, viral/atipik pnömoniler gibi diğer enfeksiyonlar, hemorajiler, akciğer ödemi, interstisyel akciğer hastalığı alevlenmesi gibi alveolar patolojilerle karışabilir (26,27). Bu durumda hastanın öyküsü ve ek BT bulguları ayırıcı tanıya yardımcı olur.

COVID-19 pnömonisinde toraks BT sadece tanı değil, tanı anında hastalık şiddetinin belirlenmesinde, olası komplikasyonların ortaya konmasında ve takip sürecinde de önemli rol oynar. Toraks BT' de lob başına tutulum yüzdesi baz alınarak farklı görsel ve kantitatif skorlama sistemleri kullanılmış, bu yolla hastalık şiddetinin ve prognozunu saptanabildiği belirtilmiştir (28,29).

Toraks BT COVID-19 ile ilişkili pulmoner tromboemboli, kardiyak tutulum, süperenfeksiyon/ koenfeksiyon gibi komplikasyonların tanısında da yol göstericidir. COVID-19 hastalarında pulmoner tromboemboli literatürde %22-31 oranında bildirilmiş olup kritik hastalarda görülme oranı daha yüksektir (30). Özellikle klinik durumunda akut kötüleşme olan ancak BT'de parankimal tutulumunda artış olmayan hastalarda pulmoner tromboemboli akıldan tutulmalıdır. Bu durumda çekim intravenöz kontrast madde verilerek pulmoner BT anjiyografi protokolünde yapılmalıdır. Perikardiyal efüzyon varlığı ve sol ventrikül yetmezliğine bağlı pulmoner ödem kardiyak komplikasyon gelişen hastalarda rutin toraks BT'de görülebilir. Ayrıca lenfadenopati, kavitasyon, plevral efüzyon ya da sentrilobüler nodüler opasiteler gibi atipik bulguların görülmesi COVID-19 hastalarında süperenfeksiyon/koenfeksiyon açısından şüphe uyandırmalıdır (26,27).

Sonuç olarak toraks BT, COVID-19 pnömonisi tanısında altın standart olmamakla birlikte salgın koşullarında, uygun endikasyonlarda kullanıldığında erken tanı, hastalık şiddeti ve olası komplikasyonların belirlenmesinde önemli katkı sağlamaktadır.

Sonuç

COVID-19 pandemisi süresince hizmet sunum şartları, hasta sayıları, maliyet, teknik yeterlilik ve hasta yönetim planları gibi değişkenler sebebiyle COVID-19 pnömoni yönetiminde kullanılan görüntüleme yöntemleri farklılıklar göstermiştir. Mevcut durumda halen COVID-19 vakaları için kesin tanıya ulaştırılan görüntüleme yöntemi yoktur. Ancak hem toraks BT değerlendirme hem de yatak başı ACUS için mevcut tüm koşullar göz önünde bulundurularak uygun radyolojik değerlendirme yöntemi tercih edilmelidir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek Beyanı: Yazarlar finansal destek bildirmemiştir.

Yazarların Katkısı: AB literatür taraması yapmış ve yazmıştır. SAD literatür taramasına yardımcı olmuş ve redaksiyon yapmıştır. BE ve EA literatür taramasına yardımcı olmuştur.

Etik Beyan: Yazarlar araştırma ve yayın etiğine uyduklarını beyan ederler.

Kaynaklar:

1. Poggiali EDA, Bastoni D, Tinelli V, et al. Can lung ultrasound help critical care clinicians in the early diagnosis of novel coronavirus (COVID-19) pneumonia? *Radiology*. 2020 Jun;295(3):E6. doi: 10.1148/radiol.2020200847. Epub 2020 Mar 13.
2. Peng QY, Wang XT, Zhang LN, CCUSG. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med*. 2020 May;46(5):849-850. doi: 10.1007/s00134-020-05996-6. Epub 2020 Mar 12.
3. Tao Ai ZY, Hongyan Hou, et al. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. *Radiology*. 2020 Aug;296(2):E32-E40. doi: 10.1148/radiol.2020200642.
4. ACR recommendations for the use of chest radiography and computed tomography (CT) for suspected COVID-19 infection|American College of Radiology. <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Accessed March 22, 2020. Google Scholar 2020.

5. Buosenso DPD, Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir Med*. 2020 May;8(5):e27. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30120-X.
6. Cao AM, Choy JP, Mohanakrishnan LN, et al. Chest radiographs for acute lower respiratory tract infections. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;2013(12):CD009119. Published 2013 Dec 26. Doi:10.1002/14651858.CD009119.pub2
7. Wong HYF, Lam HYS, Fong AHT, et al. Frequency and Distribution of Chest Radiographic Findings in COVID-19 Positive Patients. *Radiology*. 2020;296(2):72-78. doi:10.1148/radiol.2020201160.
8. Ng MY, Lee EYP, Yang J, et al. Imaging profile of the COVID-19 infection: radiologic findings and literature review. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020 Feb 13;2(1):e200034. doi: 10.1148/ryct.2020200034.
9. Borakati A, Perera A, Johnson J, Sood T. Diagnostic accuracy of X-ray versus CT in COVID-19: a propensity-matched database study. *BMJ Open*. 2020;10(11):042946.
10. Nazerian P, Volpicelli G, Vanni S, et al. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography. *Am J Emerg Med*. 2015;33(5):620-625.
11. Mongodi S, Bonaiti S, Stella A, et al. Lung ultrasound for daily monitoring and management of ARDS patients. *Clinic Pulm Med*. 2019;26(3):92-97.
12. Testa A, Soldati G, Copetti R, et al. Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound. *Crit Care*. 2012;16(1):R30.
13. Amatya Y, Rupp J, Russell FM, et al. Diagnostic use of lung ultrasound compared to chest radiograph for suspected pneumonia in a resource-limited setting. *Int J Emerg Med*. 2018;11(1):8.
14. Abrams ER, Rose G, Fields JM, Esener D. Point-of-Care Ultrasound in the Evaluation of COVID-19. *J Emerg Med* 2020; 59:403.
15. Peng QY, Wang XT, Zhang LN, Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med* 2020; 46:849.
16. Bar S, Lecourtois A, Diouf M, et al. The association of lung ultrasound images with COVID-19 infection in an emergency room cohort. *Anaesthesia* 2020; 75:1620.
17. Manivel V, Lesnewski A, Shamim S, et al. CLUE: COVID-19 lung ultrasound in emergency department. *Emerg Med Australas*. 2020 Aug;32(4):694-696. doi: 10.1111/1742-6723.13546. Epub 2020 Jun 16. PMID: 32386264; PMCID: PMC7273052.
18. Gandhi D, Jain N, Khanna K, et al. Current role of imaging in COVID-19 infection with recent recommendations of point of care ultrasound in the contagion: a narrative review. *Ann Transl Med*. 2020 Sep;8(17):1094. doi: 10.21037/atm-20-3043. PMID: 33145313; PMCID: PMC7576001.
19. Moore S, Gardiner E. Point of care and intensive care lung ultrasound: A reference guide for practitioners during COVID-19. *Radiography (Lond)*. 2020 Nov;26(4):e297-e302. doi: 10.1016/j.radi.2020.04.005. Epub 2020 Apr 17. PMID: 32327383; PMCID: PMC7164867.
20. Adams HJA, Kwee TC, Yakar D, et al. Systematic Review and Meta Analysis on the Value of Chest CT in the Diagnosis of Coronavirus Disease (COVID-19): Sol Scientiae, Illustra Nos. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;215(6):1342-50. doi: 10.2214/AJR.20.23391.
21. Bernheim A, Mei X, Huang M, et al. Chest CT Findings in Coronavirus Disease-19 (COVID-19): Relationship to Duration of Infection. *Radiology*. 2020;295(3):200463.
22. Wang Y, Dong C, Hu Y, et al. Temporal Changes of CT Findings in 90 Patients with COVID-19 Pneumonia: A Longitudinal Study. *Radiology*. 2020;296(2):55-64.
23. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, et al. The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. *Radiology*. 2020;296(1):172-80. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201365>.
24. Zhou Z, Guo D, Li C, et al. Coronavirus disease 2019: initial chest CT findings. *Eur Radiol*. 2020;30(8):4398-4406. doi: 10.1007/s00330-020-06816-7.
25. Han X, Fan Y, Alwalid O, et al. Six-month Follow-up Chest CT Findings after Severe COVID-19 Pneumonia. *Radiology*. 2021;299(1):177-86.
26. Duzgun SA, Durhan G, Demirkazik B, et al. COVID-19 pneumonia: the great radiological mimicker. *Insights Imaging*. 2020;11(1):118. doi: 10.1186/s13244-020-00933-z.

27. Cozzi D, Cavigli E, Moroni C, et al. Ground-glass opacity (GGO): a review of the differential diagnosis in the era of COVID-19. *Jpn J Radiol.* 2021;39(8):721-732. doi:10.1007/s11604-021-01120-w.
28. Liu F, Zhang Q, Huang C, et al. CT quantification of pneumonia lesions in early days predicts progression to severe illness in a cohort of COVID-19 patients. *Theranostics.* 2020;10(12):5613-22.
29. Shen C, Yu N, Cai S, et al. Quantitative computed tomography analysis for stratifying the severity of Coronavirus Disease 2019. *J Pharm Anal.* 2020;10(2):123-9. doi: 10.1016/j.jpha.2020.03.004.
30. Poyiadji N, Cormier P, Patel PY, et al. Acute Pulmonary Embolism and COVID-19. *Radiology.* 2020;297(3):335-8. doi: 10.1148/radiol.2020201955