



T.C.

KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

PNÖMOKONYOZUN KLİNİK SEYRİ: GÜNCEL LİTERATÜR IŞIĞINDA TANI VE
TAKİP İNCELENMESİ

Ayşenur SOLAK

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Sena Çınarlı

KOCAELİ-2026

T.C.
KOCAELİ SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PNÖMOKONYOZUN KLİNİK SEYRİ: GÜNCEL
LİTERATÜR IŞIĞINDA TANI VE TAKİP İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşenur SOLAK

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Hatice Sena Çınarlı

KOCAELİ-2026

ONAY SAYFASI

Ayşenur Solak tarafından hazırlanan “**PNÖMOKONYOZUN KLİNİK SEYRİ: GÜNCEL LİTERATÜR IŞIĞINDA TANI VE TAKİP İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi	Kabul / Red	Kurumu	İmza
DR. ÖĞR ÜYESİ ÖZGE BAYKAN ÇOPUROĞLU		Fizyoterapi Bölümü, Kayseri Üniversitesi	
DR. ÖĞR ÜYESİ GÜL ÇİÇEK ZENGİN BİNTAŞ		İş Sağlığı ve Güvenliği, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	
DR. ÖĞR ÜYESİ HATİCE SENA ÇINARLI		Fizyoterapi, Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi	

Tez Savunma Tarihi: 26.02.2026

Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olması için şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

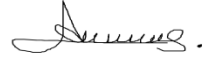
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA

UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim. (26.02.2026)

Tez Sahibinin
AYŞENUR SOLAK



ABSTRACT

The Clinical Course of Pneumoconiosis: An Examination of Diagnosis and Follow-up in the Light of Current Literature

Solak, Ayşenur

DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Supervisor : Dr. Lecturer Hatice Sena Çınarlı

Kocaeli 2025, 56 pages

Objective:

This study aims to systematically review the current literature on the clinical course, diagnostic approaches, and follow-up protocols of pneumoconiosis. The disease was examined in terms of clinical, radiological, biomarker-based, and technological perspectives to provide a comprehensive overview of diagnostic and monitoring strategies.

Methods:

Peer-reviewed research articles, systematic reviews, meta-analyses, and international guidelines published between 2005 and 2025 were screened in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. The keywords “pneumoconiosis,” “clinical course,” “diagnosis,” “follow-up,” and “occupational lung disease” were used with Boolean operators (AND, OR). Studies were selected according to PRISMA criteria and evaluated based on diagnostic standards, monitoring methods, and methodological quality.

Results:

The review demonstrated that high-resolution computed tomography (HRCT) and pulmonary function tests (PFTs) are the most reliable tools for early detection of pneumoconiosis. Biomarkers such as KL-6, SP-D, and TGF- β serve as indicators of fibrotic activity and clinical progression. Artificial intelligence (AI)-based HRCT analysis and digital monitoring systems have enhanced diagnostic accuracy and follow-up sensitivity. Furthermore, antifibrotic agents (pirfenidone, nintedanib) and tele-monitoring technologies emerged as promising advances in clinical management.

Conclusion:

Effective management of pneumoconiosis requires early diagnosis, systematic follow-up, multidisciplinary collaboration, and integration of digital technologies. AI-assisted imaging and biomarker-guided monitoring approaches represent the future of personalized clinical management in occupational lung diseases.

Keywords:

Pneumoconiosis, Clinical course, Diagnosis, Follow-up, Artificial intelligence, Biomarkers, Digital health



ÖZ

Pnömokonyozun Klinik Seyri: Güncel Literatür Işığında Tanı ve Takip İncelenmesi

Solak, Ayşenur

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

Tez Yöneticisi : Dr. Hatice Sena Çınarlı

Kocaeli 2025, 56 Sayfa

Amaç:

Bu çalışmanın amacı, pnömokonyozun klinik seyri, tanısal yaklaşımları ve izlem protokollerine ilişkin güncel literatürü sistematik biçimde özetlemektir. Hastalığın tanı, takip ve yönetim süreçleri; klinik, radyolojik, biyobelirteç temelli ve teknolojik yöntemler açısından incelenmiştir.

Yöntem:

2005–2025 yılları arasında yayımlanmış hakemli araştırma makaleleri, derleme yazıları, meta-analizler ve uluslararası kılavuzlar PubMed, Scopus, Web of Science ve Google Scholar veri tabanlarında taranmıştır. “Pnömokonyoz”, “klinik seyir”, “tanı”, “izlem” ve “mesleki akciğer hastalığı” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Çalışmalar, PRISMA kriterlerine göre seçilerek metodolojik uygunluk, tanı standartları ve izlem yöntemleri açısından değerlendirilmiştir.

Bulgular:

Literatür analizi, pnömokonyozun erken evrelerinde yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (HRCT) ve solunum fonksiyon testlerinin (SFT) tanısal değerini doğrulamıştır. KL-6, SP-D ve TGF- β gibi biyobelirteçlerin, fibrotik aktiviteyi yansıtarak klinik ilerlemeyi öngörmeye önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Yapay zekâ (YZ) tabanlı HRCT analizleri ve dijital izlem sistemleri, erken tanı ve takipte duyarlılığı artırmıştır. Ayrıca antifibrotik tedaviler (pirfenidon, nintedanib) ve tele-takip uygulamaları pnömokonyoz yönetiminde umut verici gelişmeler olarak öne çıkmıştır.

Sonuç:

Pnömokonyozun etkin yönetimi; erken tanı, düzenli izlem, multidisipliner ekip çalışması ve dijital teknolojilerin entegrasyonunu gerektirir. YZ destekli görüntüleme ve biyobelirteç

temelli izlem sistemleri, gelecekte kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır

Anahtar Kelimeler:

Pnömokonyoz, Klinik seyir, Tanı, Takip, Yapay zekâ, Biyobelirteç, Dijital sağlık



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında bilgisiyle, deneyimiyle ve yönlendirmeleriyle bana yol gösteren, sabrını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım **Dr. Hatice Sena Çınarlı’ya** içtenlikle teşekkür etmek isterim. Bana yalnızca akademik anlamda değil, araştırma sürecine yaklaşımında da ilham veren bir rehber oldu. Eleştirileriyle çalışmamın niteliğini yükseltirken, motivasyonumu kaybettiğim anlarda gösterdiği anlayış ve cesaretlendirme benim için çok kıymetliydi. Kendisiyle çalışma fırsatı bulmak, bu sürecin en değerli kazanımlarından biri oldu. Hocamın tüm yoğunluğuna rağmen bana gösterdiği ilgi, ayırdığı zaman ve sunduğu destek benim için kelimelerle ifade edilmesi güç bir anlam taşımaktadır. Kendi iş yükü, sorumlulukları ve meşguliyetleri arasında bana gösterdiği bu incelik, kibar ve naif yaklaşımı, alçakgönüllü tavrı ve benim için gerçekten çabaladığını hissettirmesi, hayatım boyunca unutamayacağım bir iyilik olarak kalacaktır. Attığım her adımda beni cesaretlendirmesi, benim yerime bile düşünerek yol göstermesi ve başarımlarım için gönülden emek vermesi, içimde tarifsiz bir minnet duygusu oluşturmıştır. Hocamın bana sunduğu bu destek, yalnızca bir akademik katkı değil; hayatımda her zaman hatırlayacağım, değerini asla yitirmeyecek kadar kıymetli bir iyilik olmuştur. Kendisine duyduğum minnet, yıllar geçse de aynı güçle varlığını sürdürecektir. Bu süreçte yalnızca akademik rehberliğiyle değil, insanî yaklaşımıyla da yanımda olduğunu her an hissettiren danışmanımın varlığı benim için büyük bir güç kaynağı olmuştur. Zorlandığım, belirsizlik yaşadığım ve kendime dair şüphelerimin arttığı anlarda sergilediği sabır, anlayış ve sükûnet; bu çalışmanın sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesini mümkün kılan en önemli unsurlardan biri olmuştur. Söylediği her söz, attığı her küçük adım ve gösterdiği her incelik, bu sürecin benim için yalnızca bir akademik çalışma değil, aynı zamanda derin bir öğrenme ve olgunlaşma yolculuğuna dönüşmesini sağlamıştır. Böylesine içten bir desteğin ve emekle örülmüş bir rehberliğin bıraktığı iz, bu çalışmanın sayfalarıyla sınırlı kalmayacak; akademik hayatımın ve kişisel duruşumun temel taşlarından biri olarak benimle varlığını sürdürecektir. Benim için Değerli hocamla çalışmak her zaman gurur duyacağım bir fırsat olarak kalacaktır .

Tez çalışmamın en başından itibaren, attığım her adımda yanımda olan; bana inanan, güvenen ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş'a** duyduğum minnettarlığı ifade edecek kelimeleri bulmakta zorlanıyorum. Bu akademik yolculuk boyunca sadece bir üniversite hocası değil, aynı zamanda ilham kaynağım, idolüm ve her anlamda bilge bir rehberim oldu. Sürece kattığı derinlik, gösterdiği samimi yönlendirme ve bana sunduğu manevi güç, bu tezin şekillenmesinde belirleyici bir rol üstlendi. Yolculuğum boyunca düşüncelerimin olgunlaşmasına, bakış açımın genişlemesine ve akademik duruşumun gelişmesine yaptığı katkı, sözle ifade edilmesi güç bir değere sahiptir. Onun gibi bir hocaya sahip olmak benim için tarifsiz bir şans, hayatımda varlığı ise güç ve cesaret kaynağıdır. Hayat yolculuğumda karşıma çıkan en kıymetli rehberlerden biri olan değerli hocam **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş**, duruşuyla ve bilgeliğiyle yıllar geçse de değerinden hiçbir şey kaybetmeyecek bir yere sahiptir. Onun öğrettikleri, gösterdiği yön, kattığı anlayış ve bıraktığı etki, yalnızca bu akademik sürecin değil, yaşamımın tamamının en anlamlı köşelerinde yerini almıştır. Kendisine duyduğum saygı ve sevgi, zamanın aşındıramayacağı kadar derin, içten ve kalıcıdır. Varlığıyla güç veren, sözüyle aydınlatan, yaklaşımıyla ilham olan bu değerli hocamın hayatımdaki yeri; tıpkı bir yol ışığı gibi, hangi noktada olursam olayım bana yön göstermeye devam edecek özel bir anlam taşımaktadır. Değerli hocam **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş'ın** bu süreçte ortaya koyduğu emek, sabır ve incelik, benim için yalnızca bir akademik destekten çok daha fazlası olmuştur. Bıraktığı iz, gösterdiği özen ve paylaştığı birikim, hafızamda ve hayatımda her zaman korunacak özel bir yere sahiptir. Bana kattıklarının değeri, üzerinden ne kadar zaman geçerse geçsin, unutulmayacak kadar derindir. Onunla kurduğumuz bu kıymetli bağın, yaşam yolculuğumda anlamını daima koruyacağına inanıyorum; zira kendisinin varlığı, bana hem öğrenmenin kıymetini hem de insanın değer verdiği ilişkileri yaşatmak için yüreğiyle çaba göstermesi gerektiğini öğreten en güzel örneklerden biri olmuştur. Bu bağın benim için taşıdığı değer, zamanla daha da derinleşen bir anlam ifade etmektedir. Değerli hocamın kattığı ışığın, gösterdiği yönün ve bıraktığı izlerin, ilerleyen yıllarda da yaşamımdaki yerini koruyacağına dair içimde güçlü bir inanç vardır. İnsan, hayatında gerçekten değer verdiği kişileri kalbinin en özel yerine yerleştirir; o kişi orada kaldıkça dünyanın daha anlamlı görüldüğünü hisseder. **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş'ın** benim için taşıdığı bu özel anlam, yıllar geçse de özenle korunacak; varlığının bana verdiği güven ve ilham, hayatımın her döneminde aynı sıcaklıkla yerini sürdürecektir. Tez yolculuğumun daha en başında, henüz hangi yöne gideceğimi bile tam olarak bilmiyorken bana inanan; her adımda sabırla yol gösteren, bilgi ve deneyimini büyük bir cömertlikle paylaşan değerli hocam **Dr. Gül Çiçek**

Zengin Bintaş'a minnettarlığımı kelimelere dökmekte zorlanıyorum. Bu süreç boyunca gösterdiği destek, yalnızca akademik anlamda değil, insan olarak da güçlenmeme yardımcı oldu. **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş'ın** rehberliği sayesinde araştırmaya farklı bir gözle bakmayı, düşünmenin ve üretmenin değerini, zorlandığım anlarda bile ilerlemenin mümkün olduğunu öğrendim. Bana yalnızca bir öğrenci olarak değil, bir araştırmacı adayı olarak yaklaşması; potansiyelime duyduğu güvenle beni her seferinde bir adım daha ileriye taşıdı. Bu süreçte kazandırdığı tüm bilgi birikimi ve bakış açıları, akademik hayatım boyunca taşıyacağım en kıymetli miraslardan biri olacaktır. Kendisine duyduğum minnettarlığı her zaman içimde hissedeceğim. Değerli hocamın bana gösterdiği özen, gayret ve incelik; bu yolculuğun en anlamlı parçalarından biri olmuştur. Akademik gelişimim için ben fark etmesem bile gösterdiği dikkat, beni güçlendiren yaklaşımı ve en karmaşık anlarda dahi çözüm üretmeye yönelik cesaretlendirici tutumu benim için çok kıymetlidir. **Dr. Gül Çiçek Zengin Bintaş** yalnızca bir akademisyen olarak değil; duruşuyla, zarafetiyle, disipliniyle, nezaketiyle, bilgeliğiyle ve üreten bir kadın olarak ilham aldığım, örnek gördüğüm ve hayatımda varlığından güç aldığım özel bir rol modelidir. Onunla aynı üniversitede öğrencisi olmak benim için büyük bir ayrıcalık; hayat yolculuğumun geri kalanında gururla taşıyacağım bir değerdir. Hocamın hayatımdaki bu kıymetli yeri, zaman geçse de asla değişmeyecek; kendisine duyduğum minnet ve saygı, akademik ve kişisel yolculuğumun en derininde varlığını daima sürdürecektir.

Akademik ve kişisel yolculuğumda bana duyduğu güven, sunduğu imkânlar ve sağladığı eşsiz destekle hayatımda derin bir iz bırakan değerli hocam **Dr. Talip Emiroğlu'na** en içten teşekkürlerimi sunarım. Bana sağladığı fırsatlar yalnızca eğitimime katkı yapmakla kalmamış, aynı zamanda geleceğime dair umutlarımı güçlendirip kendi potansiyelime olan inancımı büyütmiştir. Bu süreçte bana gösterdiği iyilik, sunduğu destek ve açtığı kapılar, hayatımın en kıymetli dönüm noktalarından biri olmuştur. Saygıdeğer hocamın bana inanıp fırsat verdiği o an, benim için yalnızca bir başlangıç değil; hayatımın gidişatını değiştiren, bana yepyeni ufuklar açan bir dönemeçti. Bu iyiliğin değerini kelimelere sığdırmak mümkün olmasa da, kalbimdeki minnet duygusu her zaman aynı tazelikle varlığını sürdürecektir. Hocamın bana gösterdiği bu güveni, desteği ve samimiyeti, hayatım boyunca taşıyacağım en özel ve en anlamlı hatıralardan biri olarak kalacaktır. Bana olan güvenini ve yaptığı bu büyük iyiliği ömrüm boyunca unutmayacak, her zaman derin bir minnet ve saygıyla hatırlayacağım.

Akademik yolculuğum boyunca bana duyduğu güven, sağladığı imkânlar ve sunduğu destekle geleceğimi şekillendirmemde önemli bir rol oynayan değerli hocam **Assoc. Prof. Dr. Ghassan İSSA'ya** gönülden teşekkür ederim. Bana sağladığı fırsatlar yalnızca eğitimime değil, kendime olan inancıma da büyük katkı sunmuştur. Bu süreçte bana verdiği fırsat ve akademik kariyerimin temellerini atmamda sağladığı katkı, benim için her zaman özel bir yerde kalacaktır. Bana gösterdiği bu güveni hiçbir zaman unutmayacak ve daima minnetle anacağım.

Bölüm Başkanımız **Dr. Ahmet Şen'e** de içtenlikle teşekkür etmek isterim. Derslerde bizlere aktardığı bilgi, tecrübe ve bakış açıları, akademik gelişimimde önemli bir yere sahip olmuştur. Kendisinden öğrendiğim her şey, yalnızca bu çalışma sürecinde değil, mesleki yolculuğumun ilerleyen dönemlerinde de bana rehberlik edecek niteliktedir. Sağladığı destek ve yapıcı yaklaşımı, bu süreci benim için daha anlaşılır, daha öğretici ve daha değerli bir hale getirmiştir. Samimiyeti, akademik disiplini ve öğrencilerine olan yaklaşımı için **Dr. Ahmet Şen'e** gönülden teşekkür ederim.

Enstitü sürecinde her ihtiyacım olduğunda sabırla yanıt vererek, karşılaştığım her konuda içtenlikle yardımcı olan değerli enstitü sekreterimiz **Pınar Koçkan'a** da teşekkür etmek isterim. Yoğun çalışma temposuna rağmen her zaman anlayışla yaklaşması, yönlendirmeleri ve destekleyici tutumu, bu süreci benim için çok daha kolay ve huzurlu bir hale getirmiştir. Gösterdiği ilgi, nezaket ve emeği için kendisine gönülden minnettarım.

Mesleki kariyerimin başından itibaren bana yalnızca bir yönetici değil, aynı zamanda yolumu aydınlatan gerçek bir rehber ve akıl hocası olan değerli hocam **Yard. Doç. Dr. İsmail Yüksekokulu'na** en derin şükranlarımı sunarım. Engin bilgi birikimi, hoşgörüsü ve insani yaklaşımıyla hem akademik hem de kişisel gelişimimde çok kıymetli bir yere sahip olmuştur. Bana duyduğu güven, sunduğu rehberlik ve tüm süreç boyunca gösterdiği sarsılmaz destek, bu yolculuğun en güçlü dayanakları olmuştur. Bu çalışmanın konusunu seçmemde dahi ilham kaynağı olan hocamın katkıları, hayatım boyunca unutamayacağım kadar değerlidir.

Bu yoğun ve yorucu akademik yolculuk boyunca **sevgili eşim Ali Solak'ın** varlığı bana her zaman güç ve huzur verdi. Birlikte geçirebileceğimiz zamanlardan fedakârlık ederek bu sürecin gerektirdiği yoğunluğa anlayış göstermesi ve kalben yanımda oluşu, sandığından çok daha kıymetliydi benim için. Yoğun sorumlulukların arasında bana inandığını hissettirmesi

ve varlığıyla destek olması, bu yolculuğu daha anlamlı kıldı. **Sevgili eşim Ali Solak**, bu çalışma boyunca gösterdiğin sabır, anlayış ve bana sağladığın manevi alan için sana gönülden teşekkür ederim. Varlığın, bu süreci benim için daha güçlü, daha dayanılır ve daha umut dolu bir hale getirdi; sevgin ve fedakârlığın her zaman kalbimde özel bir yerde duracaktır. Bu süreçte bana verdiğin desteğin ne kadar kıymetli olduğunu her adımda daha fazla hissettim. Kendi zamanından feragat edip benim yoğunluğuma anlayışla yaklaşman, içimi rahatlatan en büyük dayanaktı. Zorlandığım ve yorulduğum anlarda yanında olduğunu bilmek bana hep güç verdi. Beni anladığın, sabırla destek olduğun ve yükümü hafiflettiğin için sana gönülden teşekkür ederim. **Sevgili eşim Ali Solak**, bu süreçte gösterdiğin sevgi ve anlayış sandığından çok daha büyük bir anlam taşıdı benim için. İyi ki varsın canım hayat yoldaşım. Tüm bu sürecin içinde, **sevgili eşim Ali Solak**'ın varlığı yalnızca bir destek değil, aynı zamanda nefes aldığım, güç bulduğum en güvenli sığınak oldu. Yorulduğumda başımı omzuna dayadığım, kaygılandığımda sesinde huzur bulduğum, umudumu yitirdiğimde yeniden ayağa kalkmamı sağlayan en büyük güç sensin. Bazen bir tek cümleyle, bazen sadece varlığınla içimdeki yükleri hafiflettiğini, beni yeniden dengede tuttuğunu hep hissettim. Bu yolculukta gösterdiğin sabır, anlayış ve sevgi, kelimelerle anlatamayacağım kadar derin bir anlam taşıdı. Bana duyduğun inançla kendime yeniden inanmayı öğrettin; yorgun düştüğümde beni toparlayan, kalbimin her zaman güvendiği o güzel insan oldun. Seninle aynı yolu yürümek, hayatın bana verdiği en büyük armağanlardan biri. İyi ki varsın, iyi ki kalbim seninle canım hayat yoldaşım. Hayatımda en büyük destekçim, en özel sırdaşım ve ruhuma en çok dokunan kişi olan **sevgili eşim Ali Solak**, tüm bu yolculuk boyunca sessizce varlığınla ördüğün güç, aslında kalbime kurduğun yuvanın sıcaklığını her an hissettirdi. Beni, kelimelere dökülmeyen bir anlayışla, koşulsuz bir sevgiyle ve derinden hissedilen bir bağlılıkla sarıp sarmalaman; yüreğime tarifsiz bir güven, geleceğime ise umudu yerleştirdi. Bugün olduğum kişi olma yolunda yanımda duruşun, benim için değeri ölçülemeyecek kadar büyük bir anlam taşıyor. Hayatımı adadığım adam olarak sadece bugünümün değil, yarınlarımın da en güzel bağımlıyı kurdun içimde. Senin sevginle büyüyen bu yolculukta, bir gün çocuklarımız olduğunda senin gibi bir adamın babaları olacağını bilmek, beni hem gururlandırıyor hem de uçsuz bucaksız bir huzurla dolduruyor. Seninle aynı hayata ait olmak, sevdiğin kadın olmak ve seninle bir gelecek kurmak, kendimi dünyanın en şanslı insanı gibi hissettiriyor. Kalbimdeki en özel yer, her zaman seninle dolu olacak. İyi ki varsın hayatı anlamlı kıldıran kıymetlim, hayat yoldaşım.

Tez sürecim boyunca her adımda yanımda olan, desteğini, anlayışını ve dostluğunu benden hiç esirgemeyen **canım ahiretliğim Gülcan Paçacı Tan’a** en içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Kendi tez yolculuğundan edindiği deneyimleri benimle paylaşarak bana ışık tuttu; zorlandığım anlarda cesaret verdi, motivasyonumu tazeledi ve bu süreci benim için çok daha anlamlı kıldı. Hem akademik hem de manevi açıdan yanımda oluşu, bu çalışmanın tamamlanmasında büyük pay sahibidir. Yalnızca akademik anlamda değil, insan olarak da beni ayakta tutan, her tökezlediğimde elimden tutup kaldıran, bana sabrı, umudu ve dayanmayı hatırlatan en değerli yol arkadaşımdı. Kendi mücadelesinden aldığı ilhamı benimle paylaşarak ışık oldu, yorgun düştüğümde omuz, sıkıldığımda nefes, vazgeçtiğimde yeniden başlangıç oldu. Varlığına, desteğine ve güzel yüreğine minnettarım. İyi ki hayatımdasın, iyi ki varsın canım ahiretliğim.

Hayatım boyunca karşıma çıkan tüm zorluklarda arkamda güçlü bir dayanak olarak duran, sabrıyla, sevgisiyle ve bitmeyen desteğiyle bana her zaman güç veren **canım annem Firdevs Şen’e** en derin şükranlarımı sunmak isterim. Zorlu şartlara rağmen benim için verdiği emek, gösterdiği fedakârlık ve sağladığı koşulsuz destek, bugünlere gelebilmemin en önemli nedenlerinden biri olmuştur. Onun sessizce taşıdığı yükler, içtenliği ve kararlılığı, bu yolculuğun her adımında ilerlememe ışık tutmuştur. Her başarımda en çok sevinen, her düşüşümde beni yeniden ayağa kaldıran annemin sevgisi ve inancı, hem akademik hem de kişisel gelişimimde derin bir iz bırakmıştır. Bana verdiği güç, cesaret ve adım adım ördüğü destek, bu çalışmanın oluşmasında da büyük bir paya sahiptir. Bu süreçte varlığıyla bana ilham veren, yüreği ve emeğiyle bugünlere gelmemi sağlayan **birtanecik annem Firdevs Şen’e** duyduğum minnettarlık, hayatım boyunca benimle olacak en kıymetli duygulardan biri olarak kalacaktır. Senin kızın olmaktan gurur duyuyorum ve ömrümün sonuna kadar canım annem; benim için verdiğin tüm mücadele, fedakârlık ve zorluklara karşı göğüs gerdiğin için sana müteşekkir olarak kalacağım. Hayatımın en değerli köşesinde yer alan canım annemin, yıllar boyunca sessizce biriktirdiği sabır, sevgi ve kararlılığın benim üzerimde bıraktığı izler, zaman geçse de asla silinmeyecek kadar derindir. Onun yüreğinde taşıdığı güç, benim yoluma serdiği emekle şekillenen bir rehber dönüşmüş; attığım her adımda ardımda hissettiğim görünmez bir destek olarak varlığını hissettirmiştir. Bana sunduğu imkânların, gösterdiği özverinin ve sessizce üstlendiği yüklerin değeri, hayatımın hiçbir döneminde unutulamayacak kadar büyüktür. İçimde her zaman taşıdığım bu derin minnet, geleceğe dair hayallerime bile yön veren bir ilham niteliği taşımaktadır. Bir insanın kendi yolunu yürürken en çok ihtiyaç duyduğu şeyin sevgiyle dokunmuş bir güç olduğunu

bana her defasında hatırlatan annemin varlığı, bugün olduğum kişiyi şekillendiren en kıymetli temellerden biridir. Onun yıllar boyunca sergilediği vakur duruş, zorluklar karşısında hiç sarsılmayan gücü ve her şartta ayakta kalmayı başaran kararlılığı, benim için kelimelerle ifade edilmesi zor bir ilham kaynağı olmuştur. Hayatın yüklerini omuzlarında taşıırken bile dimdik durabilen bir kadının sessiz sürekliliği, içimde derin bir hayranlık uyandırmış; kendi yolumu çizerken güç alacağım en sağlam temellerden birine dönüşmüştür. Çabaları, cesareti ve yüreğinin genişliği, ileride atacağım adımlara bile yön verecek kadar güçlü bir iz bırakmıştır. Bir gün kendi hikâyemi yazarken, içimde onun gölgesinden değil, onun öğrettiklerinden filizlenen bir güçle ilerleyeceğimi bilmek, bana hem umut hem de derin bir sorumluluk duygusu vermektedir. Bu nedenle, annemin hayatımda bıraktığı değer, yalnızca bugünümü değil, geleceğimi de aydınlatan bir ışık olmayı sürdürmektedir ve hep öyle sürdürmeye devam edeceğim. İyi ki varsın, iyi ki benim anneciğimsin canım annem.

Tez Sahibi

Ayşenur SOLAK

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	i
ETİK İLKE VE KURALLARA	ii
UYGUNLUK BEYANI.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	vii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xvi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2.Literatür Tarama Yöntemi	4
BÖLÜM 2.....	6
GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. PNÖMOKONYOZUN KLİNİK SEYRİ	6
2.1.1. Solunum Fonksiyonlarının İzlenmesi.....	6
2.1.2. Semptomların Başlangıcı ve Gelişimi.....	7
2.1.3. Hastalığın Evreleri ve Prognoz.....	7
2.1.4. Komplikasyonlar ve Eşlik Eden Durumlar.....	8
2.1.5. Klinik Seyre Etki Eden Faktörler.....	8
2.2. TANI YÖNTEMLERİ.....	9
2.2.1. Klinik Değerlendirme	9
2.2.2. Görüntüleme Teknikleri.....	9
2.2.3. Solunum Fonksiyon Testleri.....	11
2.2.4. Biyobelirteçler ve Moleküler Yaklaşımlar	12
2.2.5. Yapay Zekâ Destekli Tanı Sistemleri.....	12
2.2.6. Derin Öğrenme Uygulamaları ve Performans Bulguları	13
2.2.7. Multimodal Entegrasyon: Görüntü, Fonksiyon ve Biyobelirteç	13
2.3. İZLEM VE TAKİP YÖNTEMLERİ	14
2.3.1. Klinik İzlem Sıklığı ve Yöntemleri.....	14
2.3.2. HRCT ve Spirometri İzlemi	14
2.3.3. Biyobelirteç Temelli İzlem Yaklaşımları	15
2.3.4. Dijital Sağlık ve Tele-takip Uygulamaları.....	15
2.3.5. Multidisipliner Yaklaşım ve Rehabilitasyonun Rolü	16
2.3.6. Koruyucu ve Önleyici Yaklaşımlar.....	16
BÖLÜM 3.....	17
TARTIŞMA	17
3.1. Bulguların Güncel Literatürle Karşılaştırılması	17
3.2. Klinik ve Halk Sağlığı Uygulamaları Açısından Değerlendirme	17

3.3. Multidisipliner Yaklaşımın Önemi.....	18
3.4. Yapay Zekâ ve Dijitalleşmenin Rolü.....	18
3.5. Araştırma Boşlukları ve Gelecek Perspektifler	19
BÖLÜM 4.....	19
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	19
KAYNAKÇA.....	21
EKLER	30
Ek 1. Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri.....	30
Ek 2. Radyolojik Görüntü Örnekleri Normal Akciğer Pa-0/0	34
Ek 3. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-1/1.....	36
Ek 4. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-1/1.....	37
Ek 5. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-1/1	38
Ek 6. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-1/1.....	39
Ek 7. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-tt-1/1	40
Ek 8. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-2/2.....	41
Ek 9. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-2/2.....	42
Ek 10. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-2/2	43
Ek 11. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-2/2.....	44
Ek 12. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-tt-2/2.....	45
Ek 13. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-3/3.....	46
Ek 14. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-3/3.....	47
Ek 15. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-3/3	48
Ek 16. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-3/3.....	49
Ek 17. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ts-3/3	50
Ek 18. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-1-2-3 Kistaslaması.....	51
Ek 19. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-A-Kistaslaması.....	52
Ek 20. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-B-Kistaslaması.....	53
Ek 21. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-C-Kistaslaması.....	54
Ek 22. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-CP Angle-Kistaslaması	55
Ek 23. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer Pa-CP Pleural-Kistaslaması	56

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. PRISMA 2020 Akış Tablosu.....	4-5
Tablo 2. Dahil Edilen Çalışmaların Tematik Dağılımı.....	5-6
Tablo 3. ILO 2011 Radyolojik Sınıflaması.....	10
Tablo 4. ILO 2011 Sınıflamasına Göre Radyolojik Evreleme Özeti.....	10



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. HRCT’de Tipik Pnöмокonyoz Görünümü.....	11
Şekil 2. Yapay Zekâ Destekli HRCT Analiz Örneği.....	13



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ
1. ILO: (International Labour Organization) Uluslararası Çalışma Örgütü
2. HRCT: Yüksek Çözünürlüklü Bilgisayarlı Tomografi
3. TNF-α : Tümör Nekroz Faktörü-Alfa
4. IL-1β: İnterlökin-1 Beta
5. TGF-β: Transforming Growth Factor-beta
6. DLCO: Difüzyon Kapasitesi
7. YZ: Yapay Zeka
8. SP-D: Shimano Pedaling Dynamics
9. KL-6: Krebs von den Lungen 6
10. PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Sistemik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri)
11. PMF: Primer Miyelofibrozis
12. KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
30. SFT: Solunum Fonksiyon Testi
13. FVC: Zorlu Vital Kapasite
14. FEV1: Bir Saniyedeki Zorlu Ekspirasyon Hacmi
15. IPF: İdiyopatik Pulmoner Fibrozis
16. ILD: İnterstisyel Akciğer Hastalığı
17. KİP: Kömür İşçisi Pnömonyozu
18. İSG: İş Sağlığı ve Güvenliği
19. BT: Bilgisayarlı Tomografi
20. ACG: Akciğer Grafisi
21. MAH: Mesleki Akciğer Hastalığı
22. PA: Posterior Anterior
23. KKD: Kişisel Koruyucu Donanım
24. MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme
25. CNN: Convolutional Neural Network: Konvolüsyonel Sinir Ağları
26. DL: Deep Learning: Derin Öğrenme

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Pnömokonyoz, işyerlerinde uzun süre solunan inorganik tozların (örneğin silika, kömür veya asbest) neden olduğu bir akciğer hastalığıdır. İlerleyici seyirli ve geri dönüşümsüz fibrotik değişikliklere neden olur (Halldin & Sargent, 2014). Alveoler makrofajların toz hücrelerini fagosite etmeleriyle başlayan inflamatuvar süreç, akciğer dokusunu kalıcı olarak zarara uğratar. Endüstriyel üretim, madencilik, inşaat ve taş işleme gibi sektörlerdeki çalışanlar, özellikle uzun süreli maruziyet nedeniyle büyük sağlık riskiyle karşı karşıyadır. Bu süreç alveoler düzeyde başlar ve interstisyel fibroze dönüşür. Bu, akciğerlerin elastikiyetinin, gaz değişiminin ve solunum yeteneğinin azalmasına neden olur (Vanhee et al., 1994).

Pnömokonyozun patogeneğinde, hastalığın akciğer dokusunda dağılımı ve birikimiyle birlikte makrofajlardan salınan sitokinler ve büyüme faktörleri büyük bir rol oynar. Transforming Growth Factor-beta (TGF- β), fibroblast proliferasyonunu ve ekstraselüler matriksleri teşvik ederek fibrotik gelişimin ilerlemesine yardımcı olmaktadır (Deng et al., 2024). Bu süreçte, günlük klinik gidişat ve prognoz, genetik yatkınlık, sigara kullanımı ve ek akciğer hastalıkları gibi bireysel faktörlerin yer aldığı etkiler bu hastalıkta çok ciddi ve hastalığın tespiti konusunda mihenk taşlarıdır (Shi et al., 2025).

Pnömokonyoz klinik olarak genellikle sinsi bir başlangıç gösterir. Hastalar uzun süreli asemptomatik gözlemlenirken, bu durum tanıyı geciktirir ve daha sonraki süreçte teşhisi zorlaştırır (Chen et al., 2024). Hastalığın ilk belirtileri kuru öksürük, efor dispnesi (eforla nefes darlığı) ve göğüs ağrısı gibi semptomlarla karşımıza çıkmaktadır. Pulmoner hipertansiyon, hipoksemi ve sağ kalp yetmezliği gibi komplikasyonlar fibrotik sürecin ilerleyerek hastalık tablosunun gidişatını kötü yönde ciddi olarak etkilenmesine yol açabilir. Yaygın fibrozis alanları, radyolojik olarak küçük nodüler opasitelerle başlar. Fibroblast aktivasyonunun artması bu biyokimyasal süreç, bağ doku proliferasyonuna ve elastikiyet kaybının nedeni olur. Akciğerlerde fibroz gelişmesinde, gaz değişimi bozulur ve hipoksi, kronik hiperkapni, pulmoner hipertansiyon ve kor pulmonale gibi ek değişimler ortaya çıkar

Bu değerlendirme için Uluslararası alışma rgütü'nün sınıflaması standart bir referanstır (International Labour Organization [ILO], 2011).

Pnömokonyoz tanınmasında, klasik akciğer grafisi ve duyarlılığı oldukça fazla olan yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (HRCT) parankimal dokudaki değişimlerin saptanması hususunda oldukça önemli bir yere sahiptir (Akira & Suganuma, 2023). Radyolojik incelemelere ek olarak tanı için spirometri, gaz difüzyon testleri (DLCO) ve biyobelirteç analizleri de mevcuttur (Dixit et al., 2022). Son zamanlarda ise, yapay zeka (YZ) ve derin öğrenme çözümleri ile dağılım görüntü analizleri, pnömokonyozun erken tanınmasını ve hastalığın derecelendirilmesini kolaylaştırmıştır. Bu teknolojiler, radyologların değerlendirmelerini daha doğru hale getirir ve klinik karar destek sistemlerini güçlendirir (Dong et al., 2025).

Maruziyet süresi, hastalık tipi, biyolojik reaktivite, sigara kullanımı ve genetik yatkınlık, pnömokonyozun klinik seyrini belirler. Uzun süreli maruziyetlerde hastalık daha hızlı ilerler, özellikle seramik, taş ve metal işleme sektörlerinde aktif ve uzun süre faaliyet gösteren vakalarda daha sık rastlanmaktadır(Meijer et al., 2011). Yapılan klinik izlem verilerinin ışığında, hastalığın tespiti için kullanılan radyolojik görüntüleme sistemlerinde son beş yıl içinde ciddi derecede radyolojik ilerlemeler olduğu gözlenlenmektedir. Bu gelişmeyle birlikte akciğer kapasitesindeki azalma yaşam kalitesinin ciddi ölçüde azalmasına yol açmaktadır (Sun et al., 2022)

Pnömokonyoz geri dönüşümsüz bir mesleki akciğer hastalığı olmasına binaen mevcudiyetteki tedaviler bu sebeple iyileştirme perspektifi yerine hastalığın ilerlemesini yavaşlatmayı esas almaktadır (Ishikawa, 2012). Bu bağlamda, pnömokonyoz tedavisindeki amacımızda ilk olarak maruziyetin sonlandırılması, pulmoner rehabilitasyon programları ile fonksiyonel kapasitenin korunması yer almaktadır. Ek olarak, antifibrotik ajanlar ve immünmodölatör sistemlerin de, pnömokonyoz hastalığında fibrozis ilerlemesinin belirli bir ölçüde kontrol altında tutalabileceğini ortaya sunmaktadır(Thillai, 2025)

Bu mesleki akciğer hastalığının evresinin tespitinde, tanı tarihindeki yaş, maruziyet süresi ve ek sistemik yayılma, hastalığın prognozunu belirleyen en önemli faktörlerdir. İleri evre pnömokonyoz olgularında sağkalım süresi kısalma ile birlikte yaşam kalitesinin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır (Akgündüz, 2025) Sonuç olarak, hastaların düzenli

olarak multidisipliner bir terapiyle izlenmeleri, solunum kapasitesinin artırılması ve uygun programlara yönlendirilmesi oldukça önemlidir.

Pnömokonyozun tanı ve takibinde dijital sağlık teknolojileri ve uzaktan izleme sistemlerinin giderek daha fazla kullanıldığı belirtilmektedir (Trakultaweesuk et al., 2017). Bu sistemler, hastalığın vakadaki etkilerinin düzenli olarak izlenebilmesine olanak tanıyarak, olası belirtilerin erken tespit edilmesini sağlamaktadır (Akira & Suganuma, 2023). Ayrıca mobil sağlık uygulamalarının, hastaların semptom takibini kolaylaştırma ve sağlık profesyonellerine gerçek sürekli veri erişimi sağladığı bildirilmektedir (Chen et al., 2025). Bununla birlikte literatürde yapay zeka destekli görüntü analizlerinin ve derin öğrenme programlarının radyolojik değerlendirmelerinde tanının artırıldığını ve insan hatasını azalttığını göstermektedir (Masamori, 2021)

Pnömokonyozun önlenmesinde toz maruziyetinin kaynağında kontrol edilmesi en etkili yöntem olarak bilinmektedir (Liu, 2023). Bu kapsamda, çalışma ortamlarında etkin havalandırma sağlanması, toz seviyelerinin düzenli olarak ölçülmesi ve kişisel koruyucu donanımların etkin kullanımı temel korunma yöntemleridir (Qi, 2021). Bununla birlikte, düzenli sağlık taramaları ve işyerlerinin ortam değerlendirmeleri, olası tehlikelerin erken tespit edilmesinde yardımcı olmaktadır. İş sağlığı alanında önemli bir ilerleme, çalışanların mesleki haklarının korunmasını ve sağlık durumlarının sürekli izlenmesini sağlayan güncel dijital takip sistemleriyle elde edilmiştir (Miadlikowska et al., 2025)

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, pnömokonyozun klinik seyri, tanısal yaklaşımları ve izlem protokollerine ilişkin güncel literatürü sistematik bir şekilde özetlemektir. Çalışma, pnömokonyozun klinik gidişatını, tanı yöntemlerini ve takip süreçlerini inceleyerek, uluslararası düzeyde kabul görmüş algoritmalarındaki kayıtlı verileri kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Böylece elde edilen bulguların hem iş sağlığı politikalarına hem de klinik uygulamalara katkı sağlaması hedeflenmiştir. Mevcut literatürden elde edilen veriler analiz edilerek, pnömokonyozun klinik yönetimine ilişkin güncel eğilimler, bilgi eksiklikleri ve gelecekteki araştırma alanları ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın, hem sağlık profesyonellerine hem de politika yapıcılara rehberlik edebilecek kapsamlı bir başvuru kaynağı oluşturması amaçlanmaktadır.

1.2.Literatür Tarama Yöntemi

Bu çalışmada, 2005–2025 yılları arasında yayımlanmış hakemli araştırma makaleleri, derleme yazıları, meta-analizler ve uluslararası kılavuzlar sistematik biçimde incelenmiştir. Literatür taraması, PubMed, Scopus, Web of Science ve Google Scholar veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Arama stratejisinde “pnömokonyoz”, “klinik seyir”, “tanı”, “takip” ve “mesleki akciğer hastalığı” anahtar kelimelerinin Türkçe ve İngilizce karşılıkları kullanılmış, Boolean operatörleri (AND, OR) aracılığıyla kombinasyonlar oluşturulmuştur.

Dahil edilme kriterleri, pnömokonyozun klinik yönetimi, tanısal yaklaşımları veya takip protokollerini doğrudan ele alan, hakemli dergilerde yayımlanmış ve tam metin erişimine açık çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Buna karşılık, tekrarlayan yayınlar, vaka raporları, görüş yazıları, konferans bildirileri, editöryaller ve tam metnine ulaşamayan araştırmalar dışlama kriterleri kapsamında değerlendirilmiştir.

Sistematik tarama süreci, PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. PRISMA akış süreci Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 3. PRISMA 2020 Akış Tablosu

Aşama	Açıklama	Kayıt Sayısı (n)
	Veri tabanlarından toplam kayıtların	
1. Kayıtların tanımlanması	toplanması (PubMed n=180, Scopus n=145, Web of Science n=120, Google Scholar n=210)	655
2. Yinelenen kayıtların çıkarılması	Tekrarlanan kayıtların otomatik olarak çıkarılması	125 çıkarıldı → 530 kaldı
3. Başlık ve özet taraması	Uygunluk açısından ön değerlendirme yapıldı (pnömokonyoz, tanı, takip, klinik seyir ile ilişkili olmayanlar çıkarıldı)	345 çıkarıldı → 185 kaldı
4. Tam metin değerlendirmesi	Dahil edilme kriterlerine göre incelenen çalışmalar	185 incelendi, 137 dışlandı (kriter dışı,

Aşama	Açıklama	Kayıt Sayısı (n)
		erişim yok, vaka raporu, editöryal vb.)
5. Nihai dahil edilen çalışmalar	Dahil edilme kriterlerini karşılayan, tam metin erişilebilir, klinik ve izlem odaklı 48 çalışma makaleler	

İlk aşamada başlık ve özetler üzerinden ön değerlendirme yapılmış, uygun bulunan çalışmalar tam metin incelemesine dahil edilmiştir. Çalışmalar; kullanılan tanı standartları, izlem yöntemleri, çalışma tasarımı (prospektif, retrospektif veya kesitsel) ve klinik–ekonomik sonuçları açısından analiz edilmiştir. Dahil edilen çalışmaların tematik dağılımı Tablo 2’de gösterilmiştir. Dahil edilen çalışmaların detaylı değerlendirilmesi Ek 1’de verilmiştir.

Tablo 4. Dahil Edilen Çalışmaların Tematik Dağılımı

Tema / Odak Alanı	Çalışma Sayısı (n)	Ana Bulgular / Katkı
Tanı yöntemleri (HRCT, ILO 20 sınıflaması, SFT)	20	HRCT’nin erken fibrotik değişimleri saptamadaki yüksek duyarlılığı; ILO sınıflamasının tanısal standardizasyonu ve SFT parametrelerinin (FVC, DLCO) klinik seyirle ilişkisi.
Biyobelirteç temelli yaklaşımlar	8	KL-6, SP-D ve TGF- β gibi serum belirteçlerinin hastalık aktivitesi ve fibrotik ilerleme düzeyiyle korelasyonu.
Takip ve izlem protokolleri (HRCT, 8 Spirometri)	8	Yıllık HRCT ve solunum fonksiyon testlerinin (SFT) birlikte değerlendirilmesinin, klinik progresyonun izlenmesinde etkin olduğu; multidisipliner takibin önemi.
Yapay zekâ ve dijital sağlık uygulamaları	12	CNN ve derin öğrenme tabanlı modellerin erken tanıda doğruluğu artırdığı; dijital izlem sistemlerinin hasta takibinde etkinlik sağladığı.

Tema / Odak Alanı	Çalışma Sayısı (n)	Ana Bulgular / Katkı
Toplam	48	—

Bu derlemede değerlendirilen çalışmaların bulguları, “Tanı” ve “Takip” bölümlerinde tematik olarak özetlenmiş; “Tartışma” bölümünde ise elde edilen sonuçlar mevcut literatürle karşılaştırmalı biçimde analiz edilmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. PNÖMOKONYOZUN KLİNİK SEYRİ

Pnömokonyoz, uzun süreli inorganik toz inhalasyonuna bağlı olarak gelişen, sinsü başlangıçlı ve yavaş ilerleyen fibrotik bir akciğer hastalığıdır. Klinik seyir genellikle asemptomatik bir latent dönemle başlar ve ilerleyen yıllarda dispne, kuru öksürük ve efor intoleransı gibi belirtilerle ortaya çıkar. Hastalığın ilerlemesi, hem radyolojik bulgular hem de solunum fonksiyon testleri (SFT) ile yakından ilişkilidir (Meijer et al., 2011)(Cox et al., 2014)

2.1.1. Solunum Fonksiyonlarının İzlenmesi

Solunum fonksiyon testleri, pnömokonyozun klinik ilerlemesini objektif olarak değerlendirmede temel araçlardan biridir. Özellikle Zorlu Vital Kapasite (FVC) ve Birinci Saniyedeki Zorlu Ekspiratuvar Hacim (FEV₁) değerlerinde saptanan düşüşler, akciğerlerdeki kısıtlayıcı paternin en belirgin göstergesidir. Difüzyon kapasitesi (DLCO), alveolo-kapiller düzeydeki gaz alışverişinde meydana gelen bozulmayı yansıtarak fibrotik ilerlemenin derecesini ortaya koyar(Kawaji et al., 2022)

Yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (HRCT) ise erken fibrotik değişikliklerin tanımlanmasında “altın standart” yöntemdir. HRCT’de küçük nodüler opasitelerin retiküler ve bal peteği desenlerine dönüşmesi, hastalığın ilerleme evrelerinin belirlenmesinde temel kriterdir. Fonksiyonel kayıpların radyolojik ilerleme ile paralel seyretmesi nedeniyle,

düzenli aralıklarla spirometri ve HRCT değerlendirmeleri yapılması erken tanı ve tedavi planlaması açısından kritik öneme sahiptir (Akira & Suganuma, 2023)(Hou et al., 2023)

2.1.2. Semptomların Başlangıcı ve Gelişimi

Hastalığın erken döneminde belirtiler genellikle hafif olmakla birlikte özgül değildir. Efor dispnesi, kuru öksürük ve nadiren göğüs sıkışması en sık bildirilen semptomlardır. Yaşlanma, sigara kullanımı ve eşlik eden solunumsal hastalıklar bu belirtilerin tanınmasını güçleştirebilir. Zamanla alveollerdeki elastikiyet kaybı ve fibrotik yeniden yapılanma, ilerleyici dispneye ve egzersiz intoleransına neden olur (International Labour Organization, 2002)Patofizyolojik açıdan, Transforming Growth Factor- β (TGF- β) gibi pro-fibrotik sitokinlerin artışı, fibroblast aktivasyonunu ve kollajen birikimini tetikleyerek fibrozisin ilerlemesini sağlar. TGF- β düzeylerinin yüksek olduğu olgularda HRCT’de daha belirgin fibrotik bantlar ve fonksiyonel kayıplar saptanmaktadır (Akira & Suganuma, 2023)(Tamura et al., 2015)]. Genetik yatkınlık da klinik ilerlemede rol oynamaktadır. Özellikle TGF- β 1 ve TNF- α gen polimorfizmleri, bireyler arası fibrotik yanıt farklılıklarını açıklayabilir. Bununla birlikte, hastalığın temel belirleyicisi maruziyetin süresi ve yoğunluğudur. Dolayısıyla, düzenli HRCT taramaları ve solunum fonksiyon testleri, erken evre tanı ve etkili takip açısından vazgeçilmezdir(Deng et al., 2024)(Liu et al., 2024)

2.1.3. Hastalığın Evreleri ve Prognoz

Klinik olarak pnömokonyoz üç evrede incelenir: latent dönem, semptomatik dönem ve ileri dönem (Chen et al., 2024)

- **Latent evrede**, genellikle semptom yoktur; HRCT’de sadece küçük nodüler opasiteler saptanabilir ve SFT değerleri normal sınırlardadır.
- **Semptomatik evre**, kronik kuru öksürük ve dispne ile karakterizedir; bu dönemde FVC ve DLCO değerlerinde belirgin düşüşler görülür, bu da restriktif ventilasyon paternini yansıtır.
- **İleri evrede**, nodüler lezyonların birleşmesiyle geniş fibrotik bantlar ve bal peteği formasyonları gelişir. Bu evre, ciddi fonksiyonel kayıplar ve ilerleyici solunum yetmezliğiyle karakterizedir.

Prognozun belirlenmesinde HRCT bulguları, spirometrik kayıplar ve biyokimyasal fibrozis belirteçlerinin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu parametrelerin eş zamanlı izlenmesi, hastalığın seyrine ilişkin güvenilir öngörüler sağlar.

2.1.4. Komplikasyonlar ve Eşlik Eden Durumlar

Pnömokonyoz, ilerleyen dönemlerde KOAH, pulmoner hipertansiyon, tüberküloz ve akciğer kanseri gibi durumlarla birlikte görülebilir. Kronik inflamasyon, oksidatif stres ve sitokin dengesizlikleri (özellikle TNF- α , IL-1 β , TGF- β) bu komplikasyonların gelişiminde merkezi rol oynar (Deng et al., 2024)(Tamura et al., 2015)(Liu et al., 2024)

Ayrıca sigara kullanımı, oksidatif stres düzeyini artırarak makrofaj aktivasyonunu güçlendirir ve fibrozisin ilerlemesini hızlandırır. Diyabet ve kardiyopulmoner komorbiditeler, hastalığın prognozunu olumsuz etkileyen diğer faktörlerdir.

Klinik seyri değerlendirmede en güvenilir yaklaşım, HRCT ve spirometrik ölçümlerin eş zamanlı analizidir. Bu yöntem, hem parankimal fibrotik ilerlemeyi hem de fonksiyonel kaybı birlikte yansıtarak prognoz tayininde yüksek doğruluk sağlar (Akira & Suganuma, 2023).

2.1.5. Klinik Seyre Etki Eden Faktörler

Pnömokonyozun klinik ilerleyişi; maruziyet süresi, toz partikül yoğunluğu, genetik yatkınlık, immün yanıt ve yaşam tarzı faktörleri tarafından belirlenir. Bu nedenle hastalığın yönetimi, farklı disiplinlerin iş birliğini gerektiren multidisipliner bir yaklaşımla sürdürülmelidir.

Göğüs hastalıkları, iş sağlığı, radyoloji ve rehabilitasyon uzmanlarının birlikte yürüttüğü düzenli takip protokolleri, erken komplikasyonların saptanmasını, uygun tedavi planlarının yapılmasını ve sağlık sistemi üzerindeki yükün azalmasını sağlar.

Sonuç olarak, pnömokonyozun klinik seyri yalnızca çevresel maruziyetin değil, aynı zamanda genetik ve immünolojik faktörlerin ortak ürünüdür. Bu nedenle, bireyselleştirilmiş takip protokollerinin oluşturulmasında HRCT ve spirometrik değerlendirmelerin birlikte kullanımı en güvenilir yöntem olarak önerilmektedir (Akira & Suganuma, 2023)(Tamura et al., 2015).

2.2. TANI YÖNTEMLERİ

Pnömokonyozun tanısındaki temel amaç; toz maruziyetine bağlı gelişen parankimal hasarın erken evrede saptanması, hastalığın evresinin doğru belirlenmesi ve benzer klinik tablolardan ayırt edilmesidir (Hu et al., 2025) Tanı süreci, mesleki öykü, klinik değerlendirme, radyolojik incelemeler, solunum fonksiyon testleri ve biyobelirteç analizleri gibi çok yönlü bileşenlerin bütüncül değerlendirilmesini gerektirir. Bu multidisipliner yaklaşım, hem mevcut fibrotik değişiklikleri hem de hastalığın ilerleyici doğasını kapsamlı biçimde ortaya koyar.

2.2.1. Klinik Değerlendirme

Pnömokonyoz tanısında ilk basamak, ayrıntılı bir mesleki öykünün alınmasıdır. Özellikle kömür, silika, asbest, berilyum ve talk gibi inorganik tozlara uzun süre maruz kalan sektörlerde çalışan bireyler yüksek risk grubundadır(Akgündüz & Tok, 2025) Maruziyetin süresi, yoğunluğu, partikül tipi ve çalışma ortamının özellikleri patogeneizde belirleyici rol oynar(Ma et al., 2025) Klinik muayenede erken dönemde spesifik bulgu görülmeyebilir. İleri evrelerde ise restriktif solunum paternleri, azalmış solunum sesleri ve inspiratuar ralleri saptanabilir. Hastalar genellikle efor dispnesi, kuru öksürük ve göğüs sıkışması şikayetleriyle başvururlar(Zhang et al., 2024)Ancak bu semptomlar, KOAH, kronik bronşit ve interstisyel akciğer hastalıklarıyla benzerlik gösterdiğinden, ayırıcı tanıda çok boyutlu değerlendirme gerekir. Son yıllarda, klinik değerlendirmeye biyobelirteç temelli yaklaşımların eklenmesi, aktif inflamatuvar sürecin erken dönemde tespit edilmesine olanak sağlamıştır. Serumda KL-6, SP-D ve TGF- β düzeylerinin yüksekliği, pnömokonyozun aktif fibrotik fazını gösterebilen biyokimyasal göstergelerdir (Deng et al., 2024)(Shi et al., 2025) Klinik bulguların radyolojik ve fonksiyonel testlerle entegrasyonu, hem erken tanı hem de hastalığın ilerleme hızının belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir(Pyo et al., 2023)

2.2.2. Görüntüleme Teknikleri

Pnömokonyozun değerlendirilmesinde radyolojik incelemeler, tanısal sürecin temel bileşenlerinden biridir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) 2011 Radyografik Sınıflandırma Sistemi, göğüs radyografilerinde opasitelerin tipini, yaygınlığını ve şiddetini standartlaştırmak amacıyla kullanılmaktadır(Glenn et al., 2024) Bu sistemde:

- Küçük opasiteler (p, q, r) 1.5–10 mm çapında olup erken fibrotik değişiklikleri temsil eder,
- Büyük opasiteler (A, B, C) >10 mm olup progresif masif fibrozis (PMF) göstergesidir,
- Şiddet derecesi 0/0–3/3 arasında sınıflandırılarak fibrozisin ilerleme düzeyini yansıtır.

Tablo 3'te ILO 2011 raporuna göre pnömokonyozun radyolojik sınıflandırması gösterilmektedir (International Labour Organization, 2011) Tablo 4'te ise ILO 2011 raporuna göre radyolojik evreleme bulgularının klinik anlamları gösterilmektedir (International Labour Organization, 2011)

Tablo 3. ILO 2011 Radyolojik Sınıflaması

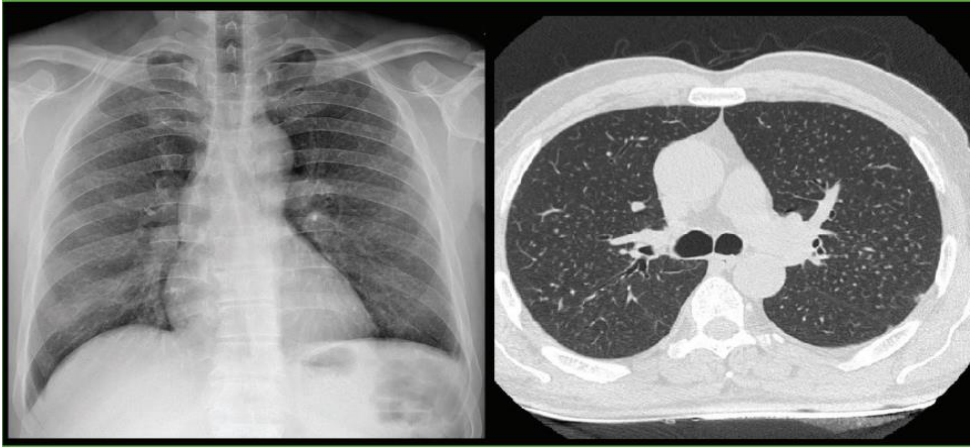
Kategori	Tanım	Görsel Özellik	Klinik Anlam
p, q, r	Küçük opasiteler	1.5 mm – 10 mm çapında, yuvarlak veya düzensiz	Erken fibrotik değişim
A, B, C	Büyük opasiteler	>10 mm birleşik lezyonlar	Progresif masif fibrozis (PMF)
0/0 – 3/3	Şiddet düzeyi	0: yok, 3: ileri düzey	Fibrozis derecesi

Tablo 4. ILO 2011 Sınıflamasına Göre Radyolojik Evreleme Özeti

Evre	Radyolojik Bulgular	Klinik Anlamı
0/1 – 1/1	Minimal nodüler opasiteler	Hafif pnömokonyoz olasılığı
2/1 – 2/3	Orta yoğunlukta nodül kümelenmeleri	Fibrotik değişikliklerin ilerlemesi
3/2 – 3/3	Yoğun nodüler ve fibrotik alanlar	İleri evre, restriktif fonksiyon kaybı
PMF	Büyük fibrotik kitle (>1 cm)	Progresif masif fibrozis

Normal akciğer ve pnömokonyozlu akciğer radyografileri, ILO (2011) Uluslararası Radyografik Sınıflandırma Sistemi örneklerinden uyarlanmıştır ve karşılaştırmalı görseller

Ek 2-23 arasında sunulmuştur (International Labour Organization, 2011). Her ne kadar akciğer radyografileri epidemiyolojik ve yasal değerlendirmelerde yararlı olsa da, erken evre pnömokonyoz olgularında duyarlılığı sınırlıdır. Bu nedenle yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (HRCT) günümüzde erken tanı için en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir. HRCT’de yuvarlak opasiteler, traksiyon bronşiektazisi, interlobüler septal kalınlaşma ve fibrotik bantlar sık görülen bulgulardır. PMF olgularında, birleşmiş fibrotik kitleler ve parankimal distorsiyon belirgindir (Hussain et al., 2024) Son yıllarda HRCT’nin kantitatif analizi önem kazanmıştır. Otomatik doku yoğunluğu ölçümleri ve yarı otomatik lob segmentasyonu gibi teknikler sayesinde fibrotik ilerleme daha objektif olarak değerlendirilebilmektedir. HRCT bulgularının, spirometri ve DLCO verileriyle birlikte değerlendirilmesi tanısal doğruluğu önemli ölçüde artırır . Şekil 1’de HRCT’de tipik pnömokonyoz görünümü verilmiştir (Zhao et al., 2020)



Şekil 3. HRCT’de Tipik Pnömokonyoz Görünümü

2.2.3. Solunum Fonksiyon Testleri

Solunum fonksiyon testleri (SFT), pnömokonyozda fonksiyonel kayıpların objektif değerlendirilmesini sağlar. Hastalarda genellikle restriktif ventilasyon paterni izlenir: FVC ve FEV₁ değerleri azalırken FEV₁/FVC oranı çoğunlukla normal kalır. Difüzyon kapasitesi (DLCO), alveolo-kapiller düzeydeki gaz değişiminin fibrotik süreç nedeniyle azaldığını gösterir (Verma et al., 2023). SFT bulgularındaki değişimlerin HRCT ile paralel seyretmesi, klinik gidişin değerlendirilmesinde güçlü bir gösterge olarak kabul edilir. Nitekim HRCT’de fibrotik ilerleme saptanan olgularda FVC ve DLCO değerlerinde eşzamanlı azalma bildirilmiştir (Bao et al., 2025). Bu nedenle, solunum fonksiyon testlerinin düzenli aralıklarla

yapılması, hastalığın ilerleyişini izlemek ve tedavi stratejilerini planlamak için vazgeçilmezdir.

2.2.4. Biyobelirteçler ve Moleküler Yaklaşımlar

Günümüzde pnömokonyozun erken tanısında biyobelirteçlerin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Alveoler epitel hasarını yansıtan Krebs von den Lungen-6 (KL-6) ve Surfactant Protein-D (SP-D) düzeyleri, fibrotik aktiviteyle paralel olarak artış gösterir (Soller et al., 2024) Bu belirteçlerin HRCT’de saptanan fibrotik progresyonla yüksek korelasyon göstermesi, klinik tanıya biyokimyasal bir boyut kazandırmıştır. Transforming Growth Factor-beta (TGF- β) ise fibrozis sürecinde merkezi bir role sahiptir. TGF- β ’nın aşırı ekspresyonu, fibroblast proliferasyonunu artırarak kalıcı doku sertliğine ve progresif fibroze neden olur. Ayrıca TGF- β 1 ve TNF- α genlerindeki polimorfizmler, bireysel fibrotik yanıt farklılıklarını belirleyen genetik faktörler arasındadır. Bu bulgular, biyobelirteçlerin klasik tanı yöntemlerini tamamlayıcı nitelikte olduğunu ve pnömokonyozun erken teşhisi ile klinik prognozunun öngörülmesinde önemli bir araç haline geldiğini göstermektedir (Deng et al., 2024)(Tamura et al., 2015)(Liu et al., 2024)

2.2.5. Yapay Zekâ Destekli Tanı Sistemleri

Son yıllarda yapay zekâ (YZ) ve derin öğrenme tabanlı görüntüleme teknolojileri, pnömokonyozun tanı ve izleminde devrim niteliğinde ilerlemeler sağlamıştır. Geleneksel radyolojik değerlendirmelerde insan gözünün algısal sınırları ve yorum farklılıkları, tanısal standartlaşmayı güçleştirmektedir. Bu bağlamda, yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (HRCT) kesitlerinin konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ve derin öğrenme algoritmalarıyla analiz edilmesi, pnömokonyozun erken evrelerde yüksek doğrulukla saptanmasına olanak tanımaktadır (Krabbe et al., 2025)

Radyolojik ILO Sınıflandırması ve Dijital Adaptasyon

Son yıllarda geliştirilen otomatik nodül tanıma sistemleri, ILO sınıflama verilerini dijital formata uyarlayarak radyologlar arası uyum oranlarını artırmış ve tanısal doğruluğu %90’ın üzerine çıkarmıştır (Li et al., 2025). Derin öğrenme modelleri, özellikle progresif masif fibrozis (PMF) gibi ileri evre olguların otomatik olarak tanımlanmasında büyük başarı göstermiştir. Klasik radyolojik değerlendirmelere kıyasla, YZ tabanlı 3D HRCT analizleri fibrotik değişimleri %15–20 oranında daha erken saptayabilmektedir (Jumat et al., 2021)



Şekil 4. Yapay Zekâ Destekli HRCT Analiz Örneği

YZ tabanlı sistemler, HRCT görüntülerinde opasite yoğunluğu, dağılım paterni ve fibrotik bantların morfometrik özelliklerini dijital olarak ölçümleyebilmekte; bu parametreleri klinik ilerleme ile yüksek korelasyonda değerlendirebilmektedir (El-Helaly, 2024). Özellikle görüntü segmentasyonu ve örüntü tanıma algoritmaları, insan gözünün fark edemediği mikrodüzeydeki değişiklikleri tespit ederek erken tanıyı mümkün kılmaktadır.

2.2.6. Derin Öğrenme Uygulamaları ve Performans Bulguları

Yakın tarihli Çin kaynaklı bir çok merkezli çalışma (Hou et al., 2024) derin öğrenme tabanlı HRCT analiz platformunun pnömokonyozu %94 duyarlılık ve %92 özgüllük oranıyla tespit ettiğini bildirmiştir. Aynı sistem, fibrotik ilerlemeyi altı aylık periyotlarla tahmin edebilmiş ve klinik izlemde dinamik risk öngörüsü sağlamıştır. Bu tür yapay zekâ araçları, geleneksel radyolojik raporlamadan farklı olarak progresyonun zamansal analizine olanak tanıyarak hasta takibini optimize etmektedir. Yapay zekâ destekli akciğer grafisi incelemelerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Farklı deneyim düzeylerine sahip radyologlar arasında yapılan karşılaştırmalarda, YZ destekli sistemlerin tanısal doğruluğu anlamlı biçimde artırdığı ve okuma sürelerini kısalttığı gösterilmiştir (Ma & Nagamatsu, 2023)

2.2.7. Multimodal Entegrasyon: Görüntü, Fonksiyon ve Biyobelirteç

Yeni nesil sistemlerde, yapay zekâ algoritmaları biyobelirteç düzeyleri (ör. TGF- β , KL-6) ve spirometri verileri ile entegre edilerek çok boyutlu bir değerlendirme modeli

oluşturulmaktadır. Örneğin, KL-6 düzeyiyle HRCT yoğunluk dağılımlarının birlikte analizi, hastalığın fibrotik progresyonunu yüksek doğrulukla öngörebilmektedir (Deng et al., 2024) Bu bütünlük yaklaşımlar, pnömokonyozun patofizyolojik dinamiklerini daha iyi anlamaya ve bireyselleştirilmiş takip stratejileri geliştirmeye olanak tanımaktadır.

2.3. İZLEM VE TAKİP YÖNTEMLERİ

Pnömokonyoz, tamamen geri döndürülebilen bir hastalık olmamakla birlikte, erken tanı ve düzenli izlem sayesinde klinik ilerlemesi yavaşlatılabilir ve hastaların yaşam kalitesi korunabilir. Bu nedenle yönetim süreci, multidisipliner bir yaklaşımla planlanmalı; düzenli klinik kontroller, fonksiyonel testler, radyolojik değerlendirmeler ve yaşam tarzı düzenlemeleriyle desteklenmelidir (Fallatah & Adekola, 2024)

2.3.1. Klinik İzlem Sıklığı ve Yöntemleri

Pnömokonyoz hastalarının düzenli ve sistematik biçimde takip edilmesi, hastalığın ilerleme hızını ve tedavi yanıtını belirlemede kritik öneme sahiptir. Güncel kılavuzlar, klinik değerlendirmelerin en az yılda bir kez yapılmasını önermektedir. Ancak yüksek riskli (örneğin sigara içen, KOAH öyküsü bulunan veya ağır toz maruziyeti devam eden) bireylerde izlem sıklığı 6 ayda bir olacak şekilde artırılabilir (McCarthy et al., 2015)

Klinik takiplerde:

- Dispne düzeyi, egzersiz toleransı ve oksijen satürasyonu değerlendirilmelidir.
- Borg Dispne Skalası, 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT) gibi fonksiyonel testler kullanılabilir.
- Komorbiditeler (KOAH, pulmoner hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar) düzenli olarak izlenmelidir.

Radyolojik iyileşmenin klinik iyileşmeden daha önce ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Sood et al., 2025) bu nedenle semptomatik stabilite yanıltıcı olabileceğinden objektif verilerle izlem önem taşır.

2.3.2. HRCT ve Spirometri İzlemi

Pnömokonyozun tanı ve izleminde Yüksek Çözünürlüklü Bilgisayarlı Tomografi (HRCT) ve Solunum Fonksiyon Testleri (SFT) birlikte kullanılmalıdır.

- HRCT, fibrotik ilerlemenin morfolojik boyutunu,
- SFT ise fonksiyonel kaybın derecesini göstermektedir.

Yıllık HRCT ve spirometri (FVC, FEV₁, DLCO) taramaları, fonksiyonel kayıpların erken saptanması açısından önerilmektedir (De Matteis et al., 2017). Bu testlerle birlikte difüzyon kapasitesindeki düşüş oranı, hastalığın progresyon hızını gösteren önemli bir göstergedir. Yeni araştırmalar, HRCT’de kantitatif doku analiziyle ölçülen fibrotik hacim artışı ile FVC kaybı arasında yüksek korelasyon bulunduğunu göstermiştir. Bu ilişki, klinik takipte objektif progresyon skorları geliştirilmesi açısından umut vericidir (Gandhi et al., 2021)

2.3.3. Biyobelirteç Temelli İzlem Yaklaşımları

Son yıllarda pnömokonyozun izleminde biyobelirteç temelli yaklaşımlar klasik yöntemlere tamamlayıcı bir boyut kazandırmıştır.

- KL-6 ve SP-D düzeyleri, alveoler epitel hasarının biyokimyasal göstergeleridir.
- TGF- β ve TNF- α düzeyleri, fibrotik aktivitenin biyolojik göstergesi olarak kullanılabilir.

Bu belirteçlerin düzenli aralıklarla ölçülmesi, radyolojik ve fonksiyonel ilerleme ile korelasyon gösterir ve klinik tedavi yanıtını öngörmede yardımcı olur (Sangani et al., 2025) Biyobelirteç izlemi, özellikle antifibrotik tedavilerin etkinliğini değerlendirmede önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır.

2.3.4. Dijital Sağlık ve Tele-takip Uygulamaları

Dijital sağlık teknolojileri, pnömokonyoz hastalarının uzaktan izlenmesini kolaylaştırarak bakım sürekliliğini desteklemektedir.

- Tele-rehabilitasyon ve tele-konsültasyon sistemleri sayesinde, hastaların solunum egzersizleri ve günlük fonksiyonel durumları uzaktan değerlendirilebilmektedir.
- Giyilebilir sensörler (oksimetre, solunum takip cihazları) aracılığıyla elde edilen veriler, klinik kayıt sistemleriyle entegre edilerek sürekli izlem olanağı sağlar.

Ayrıca yapay zekâ destekli izlem algoritmaları, HRCT verileriyle biyobelirteç ölçümlerini birleştirerek fibrotik ilerlemeyi öngörebilmektedir. Bu yaklaşım, klasik klinik izleme yöntemlerine kıyasla daha duyarlı sonuçlar sağlamaktadır (Syed et al., 2025)

Dijital kayıtların bulut tabanlı veri sistemlerine entegre edilmesi, epidemiyolojik veri toplama süreçlerini hızlandırırken, bireysel hasta takibini kolaylaştırmaktadır (Fachrucha, 2024) Bu sayede sağlık profesyonelleri, hastaların durumundaki değişiklikleri erken dönemde fark ederek tedavi planlarını zamanında revize edebilmektedir.

2.3.5. Multidisipliner Yaklaşım ve Rehabilitasyonun Rolü

Pnömokonyozun etkin yönetimi; göğüs hastalıkları, radyoloji, meslek hastalıkları, fizyoterapi, diyetetik ve psikososyal destek uzmanlarının yer aldığı bir ekip çalışmasıyla sağlanmalıdır.

- Pulmoner rehabilitasyon programları, dispneyi azaltır, egzersiz toleransını artırır ve yaşam kalitesini belirgin şekilde iyileştirir (Xue et al., 2017)
- Oksijen tedavisi, hipoksemik olgularda fonksiyonel kapasiteyi ve günlük yaşam bağımsızlığını artırabilir.
- Rehabilitasyon sürecine dijital takip uygulamalarının dahil edilmesi, hasta uyumunu artırır ve uzun vadeli sonuçları iyileştirir (Chung et al., 2022)

2.3.6. Koruyucu ve Önleyici Yaklaşımlar

Pnömokonyozun kontrolünde en etkili strateji toz maruziyetinin önlenmesidir.

- Kişisel koruyucu donanımların etkin kullanımı,
- Toz konsantrasyonunun sürekli ölçümü,
- Havalandırma sistemlerinin optimizasyonu ve
- Düzenli işyeri denetimleri kritik önlemlerdir (Zhou et al., 2023)

Buna ek olarak, yüksek riskli sektörlerde (madencilik, taş işleme, seramik üretimi) çalışanlara yönelik düzenli sağlık taramaları, radyolojik incelemeler ve spirometri testleri hastalığın erken evrelerde saptanmasını sağlar (Huh et al., 2023)

BÖLÜM 3

TARTIŞMA

3.1. Bulguların Güncel Literatürle Karşılaştırılması

Bu sistematik inceleme, pnömokonyozun tanı, izlem ve yönetimine ilişkin literatürdeki güncel gelişmeleri bir araya getirerek hastalığın multidisipliner yönünü vurgulamaktadır. Mevcut bulgular, pnömokonyozun tam olarak iyileştirilemeyen bir hastalık olmasına karşın, erken tanı ve düzenli izlemle klinik ilerlemesinin önemli ölçüde yavaşlatılabileceğini göstermektedir (Liu et al., 2025). Son dönem çalışmalarda, HRCT ve spirometri temelli izlem protokollerinin, radyolojik ilerlemeyi ve fonksiyonel kaybı paralel olarak değerlendirmede yüksek güvenilirlik sunduğu bildirilmiştir (Coutu et al., 2023). Bu durum, çalışmamızda da vurgulanan yıllık HRCT–SFT izlemlerinin önemini desteklemektedir. Ayrıca biyobelirteçler (KL-6, SP-D, TGF- β) ile radyolojik bulgular arasındaki korelasyon, pnömokonyozun biyolojik aktivitesinin noninvaziv olarak izlenmesini mümkün kılmaktadır (Al-Anazi et al., 2024). Literatürdeki eğilim, pnömokonyozun yalnızca radyolojik bir tanı olmaktan çıkarak, biyokimyasal ve dijital analizlerle desteklenen çok boyutlu bir klinik süreç haline geldiğini göstermektedir. Bu bağlamda, çalışmamız mevcut kanıtları bütünleştirerek klinisyenler için hem tanısal hem de prognostik açıdan kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

3.2. Klinik ve Halk Sağlığı Uygulamaları Açısından Değerlendirme

Pnömokonyozun yönetiminde temel hedef, hastalığın ilerlemesini yavaşlatmak ve yaşam kalitesini korumaktır. Bu doğrultuda, düzenli klinik kontroller, pulmoner rehabilitasyon, oksijen tedavisi ve yaşam tarzı düzenlemeleri kritik rol oynamaktadır (Perret & McDonald, 2020). Özellikle pulmoner rehabilitasyonun dispneyi azalttığı, egzersiz kapasitesini artırdığı ve fonksiyonel bağımsızlığı desteklediği kanıtlanmıştır.

Halk sağlığı açısından ise, maruziyetin önlenmesi en etkili yaklaşımdır. Toz yoğunluğunun kontrolü, kişisel koruyucu donanımların etkin kullanımı, çalışma ortamı ölçümleri ve periyodik sağlık taramaları pnömokonyoz insidansını anlamlı düzeyde azaltmaktadır (Erboy, 2019). Çalışmamızda da vurgulandığı üzere, bu önlemler yalnızca aktif çalışanları değil, emeklileri ve iş değiştiren bireyleri de kapsamalıdır. Ayrıca ulusal düzeyde pnömokonyoz kayıt sistemlerinin kurulması, epidemiyolojik veri toplama süreçlerini kolaylaştırarak hem önleyici politikaları hem de klinik yönetim stratejilerini güçlendirecektir (Ergün et al., 2016)

3.3. Multidisipliner Yaklaşımın Önemi

Pnömokonyozun etkin tedavi ve izlemi, göğüs hastalıkları, radyoloji, iş sağlığı, fizyoterapi, diyetetik ve psikososyal destek uzmanlarının iş birliğini gerektirir. Multidisipliner ekipler, hastaların klinik, fonksiyonel ve radyolojik bulgularını bir arada değerlendirerek bireyselleştirilmiş tedavi planları oluşturabilir (Rai et al., 2023). Yeni literatür, antifibrotik ilaçların (pirfenidon, nintedanib) progresif pnömokonyoz olgularında potansiyel yarar sağlayabileceğini, ancak kanıt düzeyinin halen sınırlı olduğunu belirtmektedir (Deng et al., 2024)(Fallatah & Adekola, 2024). Bu ajanların uzun dönemli etkilerini ve güvenlik profillerini değerlendiren geniş örneklemlili çalışmalara gereksinim vardır. Multidisipliner yaklaşım yalnızca tedavi planlamasında değeril, rehabilitasyon ve hasta eğitimi süreçlerinde de hayati öneme sahiptir. Özellikle progresif masif fibrozis (PMF) olgularında, multidisipliner rehabilitasyon programları hastaların fonksiyonel kapasitesini korumada etkili bulunmuştur (Fatima et al., 2025).

3.4. Yapay Zekâ ve Dijitalleşmenin Rolü

Yapay zekâ (YZ) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları, pnömokonyozun tanı ve evrelemesinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ile analiz edilen HRCT görüntüleri, mikrofibrotik değişimleri insan gözünden önce tespit edebilmekte ve radyologlar arası yorum farklılıklarını azaltmaktadır (Masamori, 2021)(Meijer et al., 2011) Çin merkezli çalışmalarda, YZ tabanlı HRCT analizlerinin pnömokonyozu %94 duyarlılık ve %92 özgüllük ile tanımladığı; fibrotik progresyonu 6 aylık periyotlarla tahmin edebildiği bildirilmiştir (Zhang et al., 2021). Bu bulgular, yapay zekânın pnömokonyozda erken tanı, objektif izlem ve otomatik ILO sınıflama gibi alanlarda standart hale gelmeye başladığını göstermektedir. Dijital sağlık uygulamaları da pnömokonyoz yönetiminde yeni bir dönemi temsil etmektedir. Giyilebilir sensörler, IoT tabanlı spirometri

cihazları ve mobil uygulamalar, hastaların günlük solunum parametrelerini uzaktan izleme olanağı sunmaktadır(Li et al., 2021) Bu veriler bulut tabanlı sistemlerle birleştirildiğinde, bireyselleştirilmiş risk modelleri ve erken uyarı mekanizmaları geliştirilebilmektedir (Li et al., 2021) Ancak bu sistemlerin geniş ölçekli uygulamaları için veri güvenliği, klinik validasyon ve standardizasyon konularında kapsamlı çalışmalar gereklidir.

3.5. Araştırma Boşlukları ve Gelecek Perspektifler

Gelecekteki araştırmalar, pnömokonyozun yönetiminde multimodal ve kişiselleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine odaklanmalıdır.

- Multimodal prognostik modellerin geliştirilmesi: HRCT kantitatif verileri, biyobelirteç düzeyleri (KL-6, SP-D, TGF- β) ve klinik skorların makine öğrenmesiyle birleştirildiği modeller, bireysel risk tahmini için umut verici bir yön sunmaktadır.
- Genetik ve moleküler araştırmalar: TNF- α , IL-1 β ve TGF- β 1 polimorfizmlerinin hastalık ilerlemesi üzerindeki etkisini ortaya koyan genetik çalışmalar artırılmalıdır.
- Farmakolojik çalışmalar: Antifibrotik ajanların (pirfenidon, nintedanib) farklı pnömokonyoz alt tiplerinde etkinliğini değerlendiren çok merkezli randomize kontrollü çalışmalar yapılmalıdır.
- Uzaktan izleme: Giyilebilir sensör ve tele-rehabilitasyon uygulamalarının uzun dönem etkilerini değerlendiren prospektif çalışmalar gereklidir.
- Yapay zekâ modelleri: AI algoritmalarının farklı coğrafi ve etnik popülasyonlarda genellenebilirliğini test eden dış validasyon çalışmaları önceliklendirilmelidir.

Bu alanlardaki ilerlemeler, pnömokonyozun erken tanısı, hedefe yönelik tedavisi ve uzun dönem izleminde paradigmatik bir dönüşüm yaratacaktır.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Pnömokonyoz, uzun süreli inorganik toz inhalasyonuna bağlı gelişen ve kalıcı fibrotik değişikliklerle seyreden kronik bir mesleki akciğer hastalığıdır. Güncel literatür ve bu

çalışmanın kapsamlı incelemesi, hastalığın tamamen tedavi edilemese de erken tanı, düzenli izlem ve multidisipliner yönetim ile ilerlemesinin anlamlı ölçüde yavaşlatılabileceğini göstermektedir. Klinik seyir açısından en önemli belirleyiciler; maruziyet süresi, fibrotik aktivitenin biyolojik şiddeti ve bireysel genetik yatkınlıktır. Bu faktörlerin bütüncül değerlendirilmesi, pnömokonyozun bireyselleştirilmiş takibine olanak tanır. HRCT ve solunum fonksiyon testleri (SFT), hastalığın yapısal ve fonksiyonel boyutlarını değerlendirmede tanımlayıcı niteliktedir.

Ayrıca, biyobelirteç temelli analizler (KL-6, SP-D, TGF- β) hastalığın aktif fazını ve fibrotik progresyonunu yansıtan önemli objektif göstergeler olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda yapay zekâ (YZ) ve dijital sağlık teknolojileri pnömokonyoz yönetiminde paradigma değişimi yaratmıştır. YZ tabanlı HRCT analizleri, erken evre fibrotik değişiklikleri yüksek doğrulukla saptamakta; giyilebilir sensörler ve bulut tabanlı tele-takip sistemleri ise hastaların günlük solunum parametrelerini sürekli izleme olanağı sunmaktadır.

Bu gelişmeler, klinik karar destek sistemlerinin standardizasyonunu güçlendirerek, erken müdahale ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının önünü açmaktadır.

Öneriler

➤ Erken Tanı ve Düzenli İzlem:

Yüksek riskli sektörlerde çalışan bireylerde yıllık HRCT ve SFT taramaları yapılmalı; emekli veya meslek değiştiren bireyler de uzun dönem izleme dahil edilmelidir.

➤ Multidisipliner Yönetim:

Göğüs hastalıkları, radyoloji, iş sağlığı ve fizyoterapi uzmanlarından oluşan ekiplerle kişiye özgü tedavi ve rehabilitasyon planları uygulanmalıdır.

➤ Dijital ve Yapay Zekâ Tabanlı İzlem:

Yapay zekâ destekli görüntüleme, biyobelirteç analizleri ve mobil sağlık uygulamaları klinik kararlara entegre edilerek erken müdahale olanağı sağlanmalıdır.

➤ Koruyucu Uygulamalar:

Toz maruziyetinin azaltılması, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve düzenli işyeri denetimleri yaygınlaştırılmalıdır.

➤ Ulusal Veri ve Araştırma Altyapısı:

Pnömokonyoz vakalarının izlenmesi için ulusal bir kayıt sistemi kurulmalı; antifibrotik tedaviler ve genetik yatkınlık üzerine çok merkezli çalışmalar desteklenmelidir.

Sonuç olarak, pnömokonyozun etkili yönetimi erken tanı, sürekli izlem, multidisipliner yaklaşım ve dijital teknolojilerin entegrasyonuyla mümkündür. Yapay zekâ destekli analizler ve biyobelirteç temelli izlem sistemleri, gelecekte pnömokonyozun klinik yönetiminde standart hale gelecek yenilikçi adımlar olarak görülmektedir.



KAYNAKÇA

Akgündüz, B. (2025). ILO pneumoconiosis radiologic classification and clinical features of welders diagnosed with pneumoconiosis: A descriptive study. *Journal of Health Sciences and Medicine*, 8(4), 726–730.

Akgündüz, B., & Tok, S. (2025). Demographic characteristics of pneumoconiosis cases: A single centre experience. *Current Medical Imaging*, 21, e15734056375744.

Akira, M., & Suganuma, N. (2023). Imaging diagnosis of pneumoconiosis with predominant nodular pattern: HRCT and pathologic findings. *Clinical Imaging*, 97, 28–33.

Al-Anazi, S., Al-Omari, A., Alanazi, S., Marar, A., Asad, M., Alawaji, F., & Alwateid, S. (2024). Artificial intelligence in respiratory care: Current scenario and future perspective. *Annals of Thoracic Medicine*, 19(2), 117–130

Algranti, E., & Filho, A. J. (1990). Correlations between radiology, respiratory symptoms, and spirometry in active underground coal miners in Brazil. *American Journal of Industrial Medicine*, 17(5), 577–586.

Bao, Z., et al. (2025). Potential pneumoconiosis patients monitoring and early warning system using contactless acoustic sensing. *Sensors*, 25(6), 1874.

Berk, S., Doğan, D. O., Gümüş, C., & Akkurt, I. (2016). Relationship between radiological (X-ray/HRCT), spirometric, and clinical findings in dental technicians' pneumoconiosis. *Clinical Respiratory Journal*, 10(1), 67–73.

Chen, H.-L., Li, C.-H., Zhai, P.-Y., Zhuang, X., Lian, Y.-L., Qiao, X., & Qin, G. (2024). Survival and disease burden analyses of occupational pneumoconiosis during 1958–2021 in Huangshi city, China: A retrospective cohort study. *BMC Public Health*, 24, Article 1437.

Chen, Z., et al. (2025). Clinical characteristics and risk factors in pneumoconiosis: A multi-center study. *Scientific Reports*, 15, Article 91702.

Chung, C., et al. (2022). Baseline serum Krebs von den Lungen-6 as a biomarker for disease progression in idiopathic pulmonary fibrosis. *Scientific Reports*, 12, Article 8114.

Coutu, F. A., Tremblay, S., & Desjardins, F. (2023). Remote patient monitoring strategies and wearable technologies in chronic obstructive pulmonary disease management. *Frontiers in Medicine*, 10, 1236598.

Cox, C. W., et al. (2014). State of the art: Imaging of occupational lung disease. *Radiology*, 271(2), 295–309.

De Matteis, S., Cullinan, P., & Bradshaw, L. (2017). Current and new challenges in occupational lung diseases. *European Respiratory Review*, 26(143), 170095.

Deng, Z., Fan, T., Xiao, C., Tian, H., Zheng, Y., Li, C., & He, J. (2024). TGF- β signaling in health, disease and therapeutics. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9(1), 61.

Dixit, R., Sharma, S., & Kumar, S. (2022). Measurement of diffusion lung capacity (DLCO) in silicosis patients: Correlation with high-resolution computed tomography findings. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 17(1), 15.

Dong, H., Zhang, Y., & Li, X. (2025). Deep learning-based algorithm for classifying high-resolution computed tomography features in coal workers' pneumoconiosis. *Biomedical Engineering Online*, 24(1), 33.

El-Helaly, M. (2024). Artificial intelligence and occupational health and safety: Benefits and drawbacks. *La Medicina del Lavoro*, 115(2), e2024014.

Erboy, F. (2019). Kömür işçisi pnömokonyozu [Derleme]. *Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi*, 2019(2).

Ergün, D., Ergün, R., Evcik, E., Öziş, T. N., & Akkurt, İ. (2016). Ankara'da dış teknisyeni pnömokonyozu sıklığı ve ilişkili olduğu faktörler. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 16(60), 39–48.

Fachrucha, F. (2024). Krebs von den Lungen-6 (KL-6) and surfactant-D as biomarkers of interstitial lung disease: A literature review. *Jurnal Respirologi Indonesia*, 44(1), 89–97.

Fallatah, D. I., & Adekola, H. A. (2024). Digital epidemiology: Harnessing big data for early detection and monitoring of viral outbreaks. *Infection Prevention in Practice*, 6(3), 100382.

Fatima, Z., Liu, Y., & Zhang, L. (2025). A multimodal AI framework for automated multiclass lung disease diagnosis from respiratory sounds with simulated biomarker fusion and personalized medication recommendation. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(15), 7135.

Gandhi, S. A., Cohen, R. A., Blanc, P. D., & Go, L. H. T. (2021). Early radiographic pneumoconiosis is associated with impaired exercise gas exchange among coal miners with normal resting spirometry. *American Journal of Industrial Medicine*, 64(6), 453–461.

Glenn, L. M., Jackson, D., & Colleagues. (2024). Usability of a smartphone application for patients with interstitial lung disease: Results from the Registry for Better Understanding of ILD (RE-BUILD) pilot study. *Respirology*, 30(2), 157–165.

Halldin, C. N., & Sargent, E. N. (2014). Validation of the International Labour Office digitized standard images for recognition and classification of radiographs of pneumoconiosis. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56(9), 1006–1012.

Hou, X., Wei, Z., Jiang, X., Wei, C., Dong, L., Li, Y., Liang, R., Nie, J., Shi, Y., & Qin, X. (2024). A comprehensive retrospect on the current perspectives and future prospects of pneumoconiosis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1435840.

Hou, Z., et al. (2023). Serum osteopontin, KL-6, and syndecan-4 as potential biomarkers for chronic silicosis. *Frontiers in Medicine*, 10, 10241210.

Hu, X., Li, C., Zhai, P., Zhuang, X., Lian, Y., Qiao, X., & Qin, G. (2025). The application value of HRCT quantitative analysis in early detection of pneumoconiosis and assessment of parenchymal changes. *Journal of Occupational Health*, 66(1), e12428.

Huh, J.-Y., Lee, J. H., & Song, J. W. (2023). Efficacy and safety of combination therapy with pirfenidone and nintedanib in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1301923.

Hussain, A., Marlowe, S., Ali, M., Uy, E., Bhopalwala, H., Gullapalli, D., Vangara, A., Haroon, M., Akbar, A., & Piercy, J. (2024). A systematic review of artificial intelligence applications in the management of lung disorders. *Cureus*, 16(1), e51581.

International Labour Organization. (2002). *Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconioses*. International Labour Organization.

International Labour Organization. (2011). *International classification of radiographs of pneumoconioses* (Occupational Safety and Health Series No. 22, Rev. 2011). International Labour Organization.

Ishikawa, N. (2012). Utility of KL-6/MUC1 in the clinical management of interstitial lung diseases. *European Respiratory Review*, 21(124), 1–6.

Jumat, M. I., Aziz, N. A., Ismail, R., & Hashim, J. H. (2021). Occupational lung disease: A narrative review of causes, diagnosis and prevention. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 17(Supp 17), 131–137.

Kawaji, T., Hasegawa, T., & Uchiyama, Y. (2022). Dyspnea and outcome expectations are associated with physical activity in persons with pneumoconiosis: A cross-sectional study. *BMC Pulmonary Medicine*, 22(1), 335.

Krabbe, J., Reimers, D. J., Otte, N., Doukas, P., & Kopp, S. (2025). Carbon monoxide and nitric oxide diffusion capacity of formerly exposed asbestos workers with high-resolution computed tomography in a cross-sectional study. *Scientific Reports*, 15, 15380.

Li, X., Li, Q., Xie, X., Wang, W., Li, X., Zhang, T., Zhang, L., Liu, Y., Wang, L., & Xie, W. (2025). Integrating CT radiomics and clinical data with machine learning to predict fibrosis progression in coalworker pneumoconiosis. *Frontiers in Medicine*, 12, 1599739.

Li, X., Xiao, Y., Guan, L., Wei, S., Yang, X., & Li, S.-Q. (2021). Deep learning in chest radiography: Detection of pneumoconiosis. *Biomedical and Environmental Sciences*, 34(10), 842–845.

Liu, X., Zhang, Y., Li, H., Chen, J., & Wang, P. (2025). Deep learning-based algorithm for classifying high-resolution computed tomography features in coal workers' pneumoconiosis. *Biomedical Engineering Online*, 24, Article 7.

Liu, Y. H. (2023). Genetic variations in IL-1 β , TNF- α , and TGF- β associated with pneumoconiosis. *Cells*, 12(12), 1594.

Liu, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2024). Identification of high-risk population of pneumoconiosis based on 3D lung images and radiomics. *Journal of Occupational Health*, 66(4), 123–134.

Ma, P., & Nagamatsu, Y. (2023). The impact of community-based pulmonary rehabilitation on the health and lives of migrant workers with pneumoconiosis in China: A qualitative study exploring patient experience. *Journal of Global Health Reports*, 7, e2023026.

Ma, Y., Cui, F., Yao, Y., Shen, F., Qin, H., & Li, B. (2025). Machine learning models for the prediction of preclinical coal workers' pneumoconiosis: Integrating CT radiomics and occupational health surveillance records. *Journal of Translational Medicine*, 23, 65.

Masamori, A. (2021). Imaging diagnosis of classical and new pneumoconiosis. *Insights into Imaging*, 12(1), 66.

McCarthy, B., Casey, D., Devane, D., Murphy, K., Murphy, E., & Lacasse, Y. (2015). Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015(2), CD003793.

Meijer, E., et al. (2011). Pneumoconiosis and emphysema in construction workers. *Occupational Medicine*, 61(6), 391–396.

Miądlikowska, E., et al. (2025). Serum KL-6 and SP-D: Markers of lung function in interstitial lung disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1091.

Ngamsang, P., Wongta, A., Kawichai, S., Kosashunhanan, N., Chuljerm, H., Khiaolaongam, W., & Kulprachakarn, K. (2025). Restrictive lung function patterns and sex differences in primary school children exposed to PM2.5 in Chiang Mai, Northern Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(10), 1530.

Perret, J. L., & McDonald, J. C. (2020). Respiratory surveillance for coal mine dust and artificial stone exposure in Australia: A medical framework. *Occupational Medicine*, 70(1), 1–9.

Pinar, M. A., & Yilmaz, M. (2025). Radiological progression of pneumoconiosis cases over a 5-year follow-up and contributing factors: A retrospective cohort study. *Occupational Medicine (London)*, 25, 236.

Pyo, J., Lee, S., Kim, H., Choi, J., & Park, S. (2023). Computed tomography-based imaging biomarker identifies differences in imaging results of pneumoconiosis according to disease severity. *Frontiers in Physiology*, 14, 1288246.

Qi, X. M. (2021). Pneumoconiosis: Current status and future prospects. *Chinese Medical Journal*, 134(8), 895–903.

Rai, M., Parthasarathi, A., Beeraka, N. M., Kaleem Ullah, M., Malamardi, S., Padukudru, S., Siddaiah, J. B., Uthaiiah, C. A., Vishwanath, P., Chaya, S. K., Ramaswamy, S., Upadhyay, S., Ganguly, K., & Mahesh, P. A. (2023). Circulatory serum Krebs von den Lungen-6 and surfactant protein-D concentrations predict interstitial lung disease progression and mortality. *Cells*, 12(9), 1281.

Sangani, R. G., et al. (2025). Impact of coal mine dust exposure and cigarette smoking on radiologic and functional abnormalities among coal miners. *Respiratory Research*, 26(1), 1–10.

Shi, Y., Li, C., Zhou, S., Li, C., Meng, F., Wang, X., Xu, Q., Liu, H., & Tang, Y. (2025). Pneumoconiosis and chronic diseases: A narrative review. *Iranian Journal of Public Health*, 54(3), 521–529.

Soller, B., Myers, O., & Sood, A. (2024). Transfer of knowledge on pneumoconiosis care among rural-based members of a digital community of practice: Cross-sectional study. *JMIR Formative Research*, 8, e52414.

Sood, V. A., Brakey, H. R., Myers, O., Shore, X., & Sood, A. (2025). Interprofessional discussion for knowledge transfer in a digital “community of practice” for managing pneumoconiosis: Mixed methods study. *JMIR Formative Research*, 9(1), e67999.

Sun, H., Liu, M., Kang, H., Yang, X., Zhang, P., Zhang, R., Dai, H., & Wang, C. (2022). Quantitative analysis of high-resolution computed tomography features of idiopathic pulmonary fibrosis: A structure-function correlation study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 12(7), 3655–3665.

Syed, U. A., et al. (2025). Connective tissue disorders associated interstitial lung disease: Evaluation by high-resolution computed tomography and fibrosis scoring system. *Healthcare Bulletin*.

Tamura, T., et al. (2015). Relationships of international classification of high-resolution computed tomography with ILO classification in pneumoconiosis. *Journal of Occupational Health*, 57(3), 199–206.

Thillai, M. (2025). AI-powered imaging for faster lung disease treatment. *Drug Target Review*, 22(1).

Trakultaweessuk, P., Chaiear, N., Boonsawat, W., Khiewyoo, J., Krisorn, P., & Silanun, K. (2017). Spirometry changes in normal or early ILO pneumoconiosis radiographs of sandstone-dust exposed workers: A preliminary result. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 100(9).

Vanhee, D., De Vos, R., & De Backer, W. (1994). Mechanisms of fibrosis in coal workers' pneumoconiosis. *European Respiratory Journal*, 7(5), 896–902.

Verma, A., Behera, A., Kumar, R., Gudi, N., Joshi, A., & Islam, K. M. M. (2023). Mapping of digital health interventions for the self-management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): A systematic review. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 24, 101427.

Xue, C., Wu, N., Li, X., Ye, Q., & Du, X. (2017). Serum concentrations of Krebs von den Lungen-6, surfactant protein D, and matrix metalloproteinase-2 as diagnostic biomarkers in

patients with asbestosis and silicosis: A case–control study. *BMC Pulmonary Medicine*, 17(1), 144.

Yavuz, M. Y., Coşkun Beyan, A., Ayık Türk, M., Dizdar Canbaz, T., Korkmaz Özgüngör, Ö. M., & Alıcı, N. Ş. (2025). Survival analysis of patients with pneumoconiosis followed in occupational medicine clinics: 10 years experience. *BMC Pulmonary Medicine*, 25, 236.

Zhang, L., et al. (2024). Accurate pneumoconiosis staging via deep texture encoding and suppression strategy. *Frontiers in Medicine*, 11, 1440585.

Zhang, R., Liu, S., Wang, X., Luo, Y., Li, X., & Liu, H. (2021). Development and validation of a deep learning model for screening and staging pneumoconiosis using chest radiographs. *Scientific Reports*, 11(1), 2309.

Zhao, H., Liu, Q., Wang, Y., & Li, X. (2020). Effect of pulmonary rehabilitation on health-related quality of life in patients with pneumoconiosis: A randomized controlled study. *International Journal of Clinical Practice*, 74(10), e13589.

Zhou, D., et al. (2023). Pulmonary rehabilitation strategies for the treatment of pneumoconiosis. *Journal of Occupational Health*, 65(1), e12345.

EKLER

Ek 1. Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri

No	Yazar (Yıl)	Ülke	Çalışma Tasarımı	Odak Alanı	Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
1	Halldin & Sargent (2014)	ABD	Metodolojik	ILO sınıflaması	Dijital radyografi	ILO standartları güvenilir bulundu
2	Dong et al. (2025)	Çin	AI çalışması	HRCT analizi	Deep learning	AI tanı doğruluğunu artırdı
3	Fatima et al. (2025)	Çin	AI model	Multimodal tanı	AI + biyobelirteç	Otomatik tanı sistemi geliştirildi
4	Zhang et al. (2021)	Çin	Model geliştirme	Akciğer grafisi	DL algoritması	Erken tarama mümkün
5	Li et al. (2021)	Çin	Tanısal çalışma	Radyografi	Deep learning	Pnömokonyoz tespiti arttı
6	Algranti & Filho (1990)	Brezilya	Kesitsel	Klinik- radyoloji	X-ray + SFT	Semptom ve radyoloji ilişkili
7	Berk et al. (2016)	Türkiye	Klinik	Dental teknisyen pnömokonyo zu	HRCT + SFT	Fonksiyonel ve radyolojik korelasyon
8	Yavuz et al. (2025)	Türkiye	Kohort	Sağkalım	Klinik takip	Uzun dönem prognoz verisi
9	Pınar & Yılmaz (2025)	Türkiye	Retrospektif	Radyolojik progresyon	HRCT	5 yıllık ilerleme gösterildi

No	Yazar (Yıl)	Ülke	Çalışma Tasarımı	Odak Alanı	Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
10	Perret & McDonald (2020)	Avustralya	Derleme	Mesleki izlem	Literatür analizi	Solunum sürveyansı önemli
11	Sun et al. (2022)	Çin	Kantitatif	HRCT analiz	Görüntü analizi	Yapı-fonksiyon ilişkisi
12	Ishikawa (2012)	Japonya	Derleme	KL-6 biyobelirteç	Serum analiz	KL-6 klinik yönetimde yararlı
13	Thillai (2025)	İngiltere	Derleme	AI görüntüleme	Dijital analiz	Tanı süresi kısaldı
14	Akgündüz (2025)	Türkiye	Tanımlayıcı	Kaynakçı pnömokonyozu	ILO sınıflaması	Klinik özellikler tanımlandı
15	Trakultaw eesuk et al. (2017)	Tayland	Klinik	Spirometri	SFT	Erken fonksiyon değişimleri
16	Akira & Suganuma (2023)	Japonya	Görüntüleme	HRCT	Patoloji karşılaştırma	Nodüler patern doğrulandı
17	Chen et al. (2025)	Çin	Çok merkezli	Risk faktörleri	Klinik analiz	Risk belirleyiciler tanımlandı
18	Masamori (2021)	Japonya	Derleme	Görüntüleme	HRCT değerlendirme	Yeni tanısal yaklaşımlar
19	Liu (2023)	Çin	Genetik	Sitokin polimorfizmi	Gen analizi	Genetik yatkınlık ilişkili

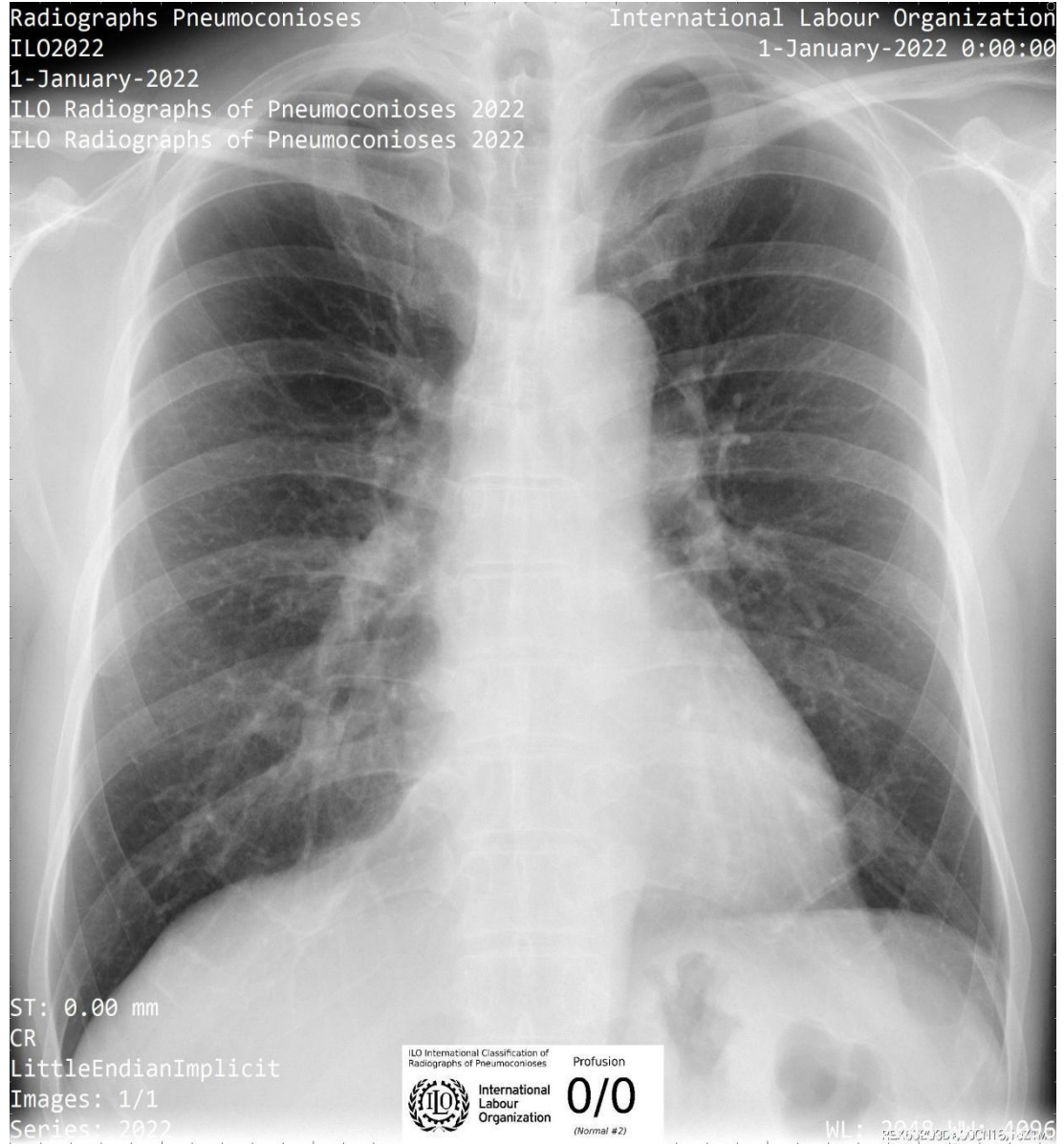
No	Yazar (Yıl)	Ülke	Çalışma Tasarımı	Odak Alanı	Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
20	Qi (2021)	Çin	Derleme	Genel durum	Literatür inceleme	Güncel klinik perspektif
21	Miǎdlıko wska et al. (2025)	Polonya	Klinik	KL-6, SP-D	Serum analiz	Fonksiyonla ilişkili biyobelirteç
22	Meijer et al. (2011)	Hollanda	Epidemiyolojik	İnşaat işçileri	Klinik analiz	Amfizem ilişkisi
23	Cox et al. (2014)	ABD	Derleme	Mesleki akciğer	Radyoloji	Görüntüleme standartları
24	Kawaji et al. (2022)	Japonya	Kesitsel	Fiziksel aktivite	Klinik ölçekler	Dispne ilişkisi
25	Hou et al. (2023)	Çin	Biyobelirteç	Silikozis	Serum analiz	Yeni belirteç adayları
26	ILO (2011)	Uluslararası	Kılavuz	Radyolojik sınıflama	Standart sistem	Tanı referansı
27	Tamura et al. (2015)	Japonya	Karşılaştırma	HRCT-ILO	Görüntü analizi	Uyum yüksek
28	Liu et al. (2024)	Çin	Radiomics	Risk belirleme	3D görüntüleme	Yüksek risk tahmini
29	Chen et al. (2024)	Çin	Retrospektif	Hastalık yükü	Epidemiyoloji	Uzun dönem analiz
30	ILO Guideline s (2002)	Uluslararası	Kılavuz	Radyografi	Standart kullanım	Tanı standardizasyonu
31	Hu et al. (2025)	Çin	Tanısal	HRCT kantitatif	Görüntü analizi	Erken tanı başarısı
32	Akgündüz & Tok (2025)	Türkiye	Klinik	Demografi	Klinik veri	Hasta profili

No	Yazar (Yıl)	Ülke	Çalışma Tasarımı	Odak Alanı	Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
33	Ma et al. (2025)	Çin	Makine öğrenmesi	Risk tahmini	CT radiomics	Preklinik tahmin
34	Zhang et al. (2024)	Çin	AI model	Evreleme	Deep texture encoding	Doğru staging
35	Pyo et al. (2023)	Kore	Görüntüleme	BT biyobelirteç	CT analiz	Şiddet farkı
36	Glenn et al. (2024)	ABD	Pilot	Dijital sağlık	Mobil uygulama	Hasta izlem kolaylaştı
37	Hussain et al. (2024)	Uluslararası	Sistematis derleme	AI akciğer hast.	Literatür	AI etkinliği gösterildi
38	Zhao et al. (2020)	Çin	Randomize kontrollü	Rehabilitasyon	Klinik müdahale	Yaşam kalitesi arttı
39	Verma et al. (2023)	Hindistan	Sistematis derleme	Dijital sağlık	Literatür	Self-management faydalı
40	Bao et al. (2025)	Çin	Teknolojik	Erken uyarı sistemi	Akustik sensör	Temassız izlem mümkün
41	Soller et al. (2024)	ABD	Kesitsel	Dijital topluluk	Platform analizi	Bilgi paylaşımı arttı
42	Krabbe et al. (2025)	Avrupa	Kesitsel	Asbest izlem	HRCT DLCO	+ Difüzyon değişimleri
43	Li et al. (2025)	Çin	ML model	Fibrozis progresyonu	Radiomics	Progresyon tahmini
44	Jumat et al. (2021)	Malezya	Derleme	Mesleki akciğer hast.	Literatür	Tanı ve korunma çerçevesi
45	El-Helaly (2024)	Mısır	Derleme	İSG’de AI	Literatür	Fırsatlar ve riskler

No	Yazar (Yıl)	Ülke	Çalışma Tasarımı	Odak Alanı	Kullanılan Yöntem	Temel Bulgular
46	Hou et al. (2024)	Çin	Derleme	Pnömokonyoz güncel durum	Literatür	Gelecek perspektifleri
47	Ma & Nagamatsu (2023)	Çin/Japon	Nitel	Pulmoner rehabilitasyon	Hasta görüşmeleri	Rehabilitasyon etkili
48	Deng et al. (2024)	Çin	Derleme	TGF- β mekanizması	Moleküler analiz	Fibrozis patogenezi

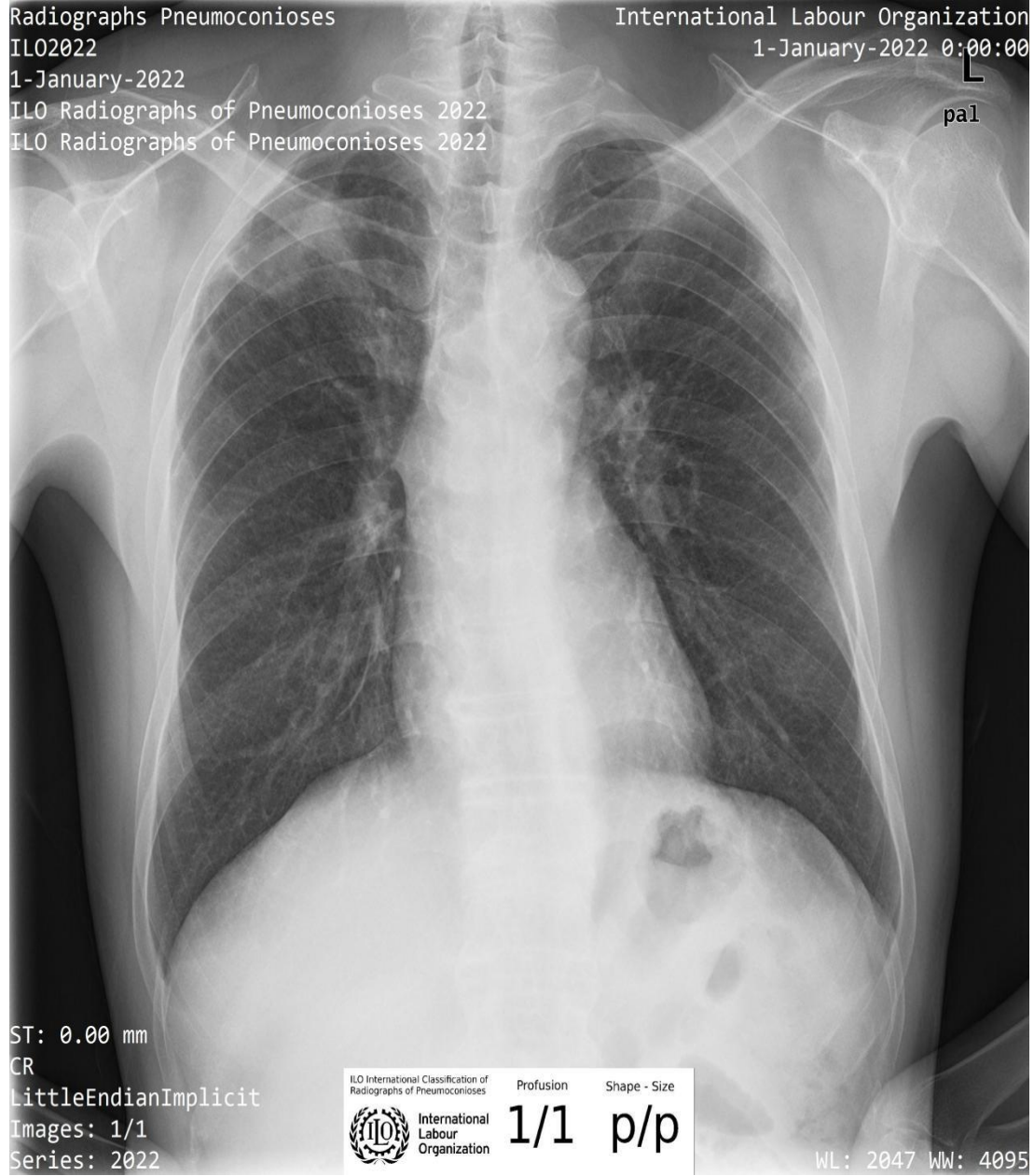


Ek 2. Radyolojik Görüntü Örnekleri Normal Akciğer Pa-0/0



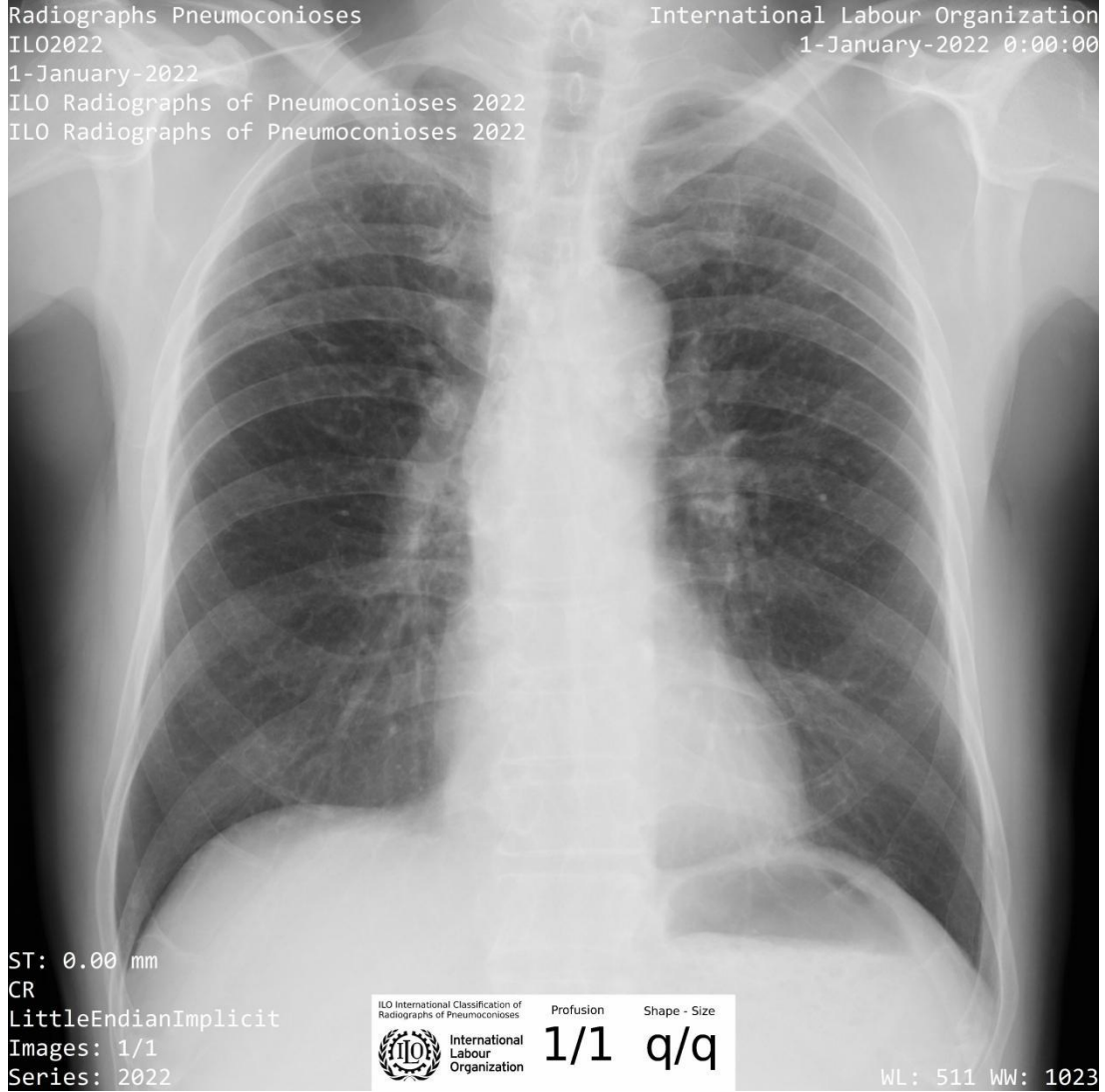
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnöмокonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 3. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-1/1



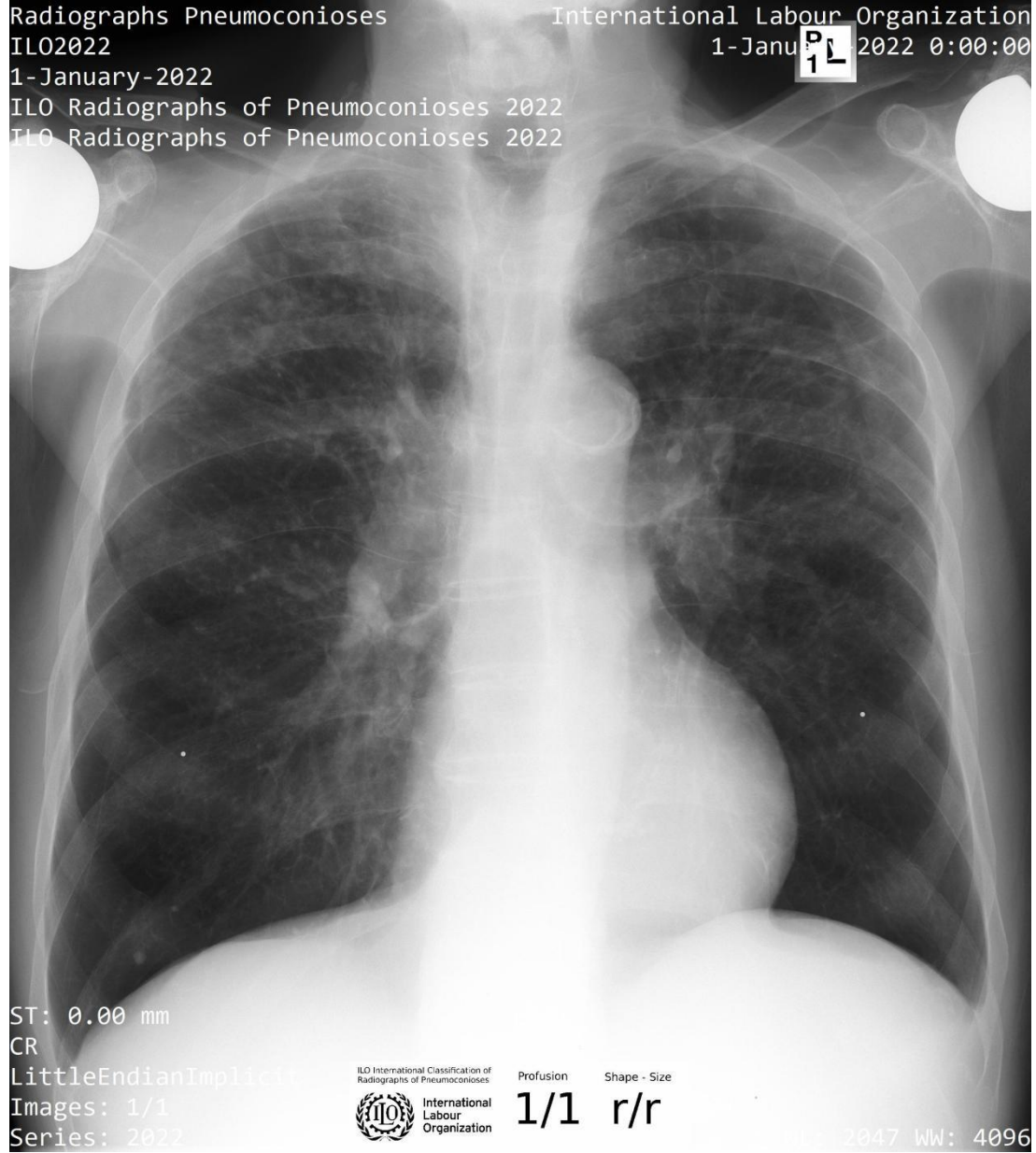
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 4. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-1/1



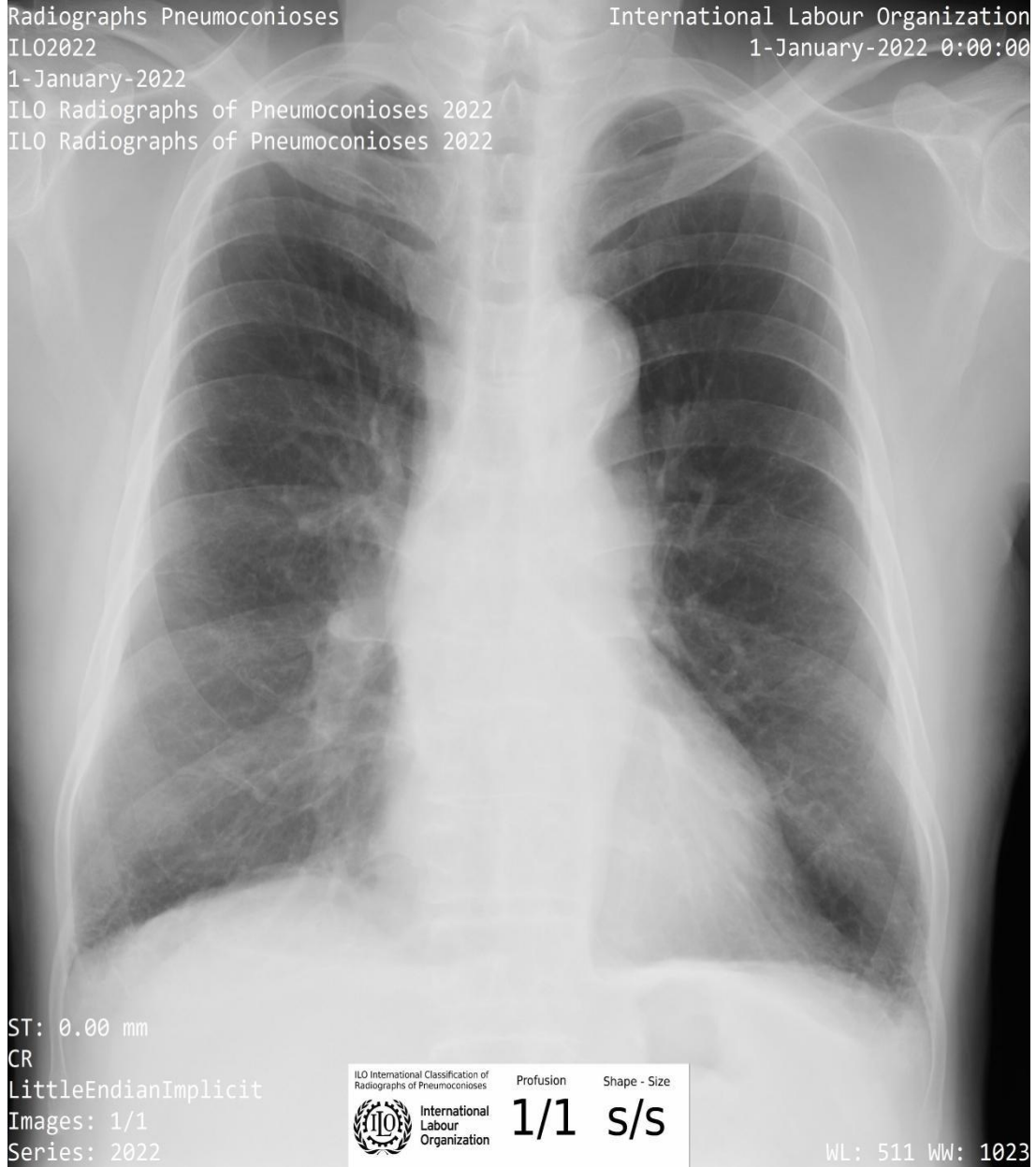
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 5. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-1/1



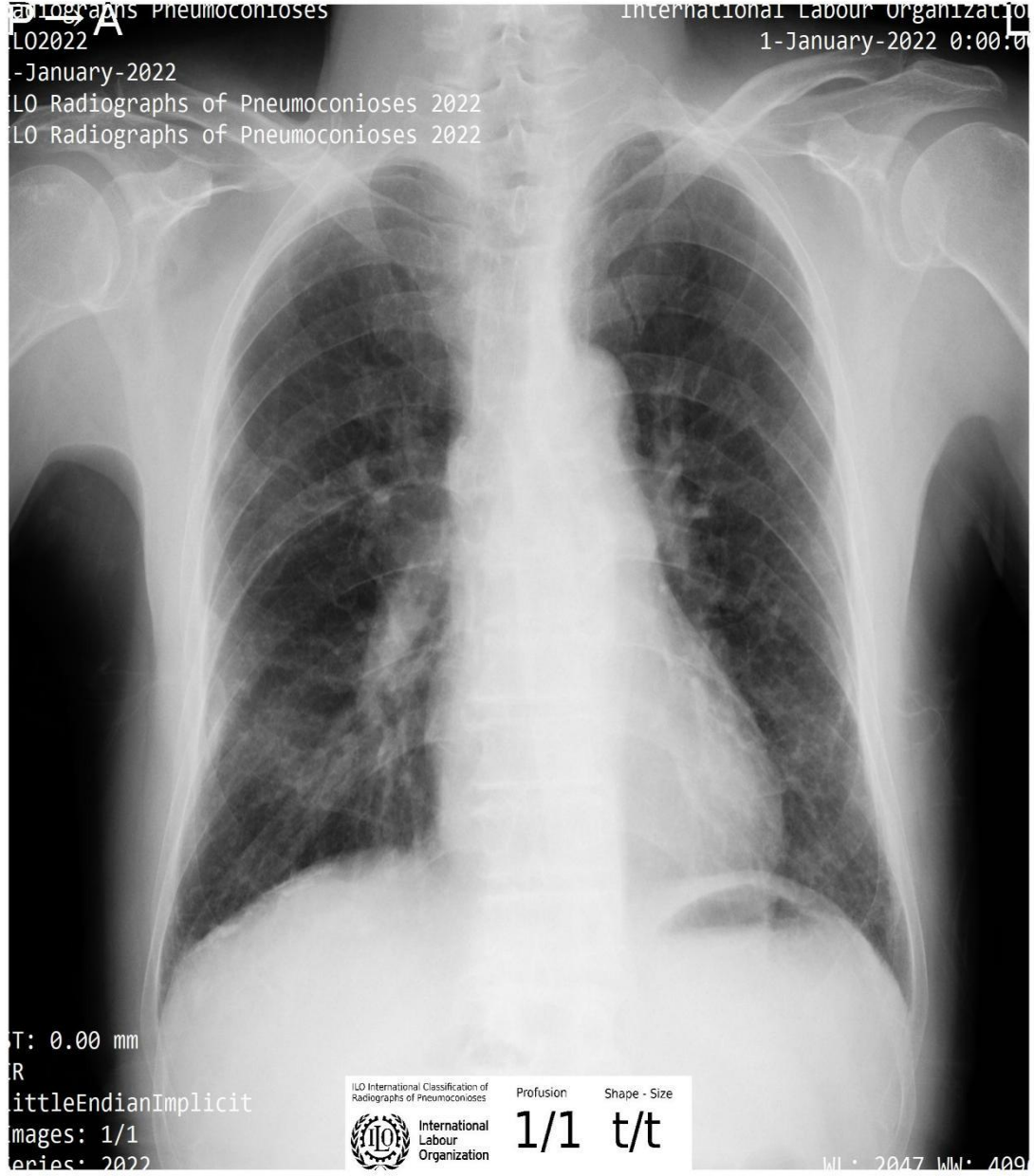
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 6. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-1/1



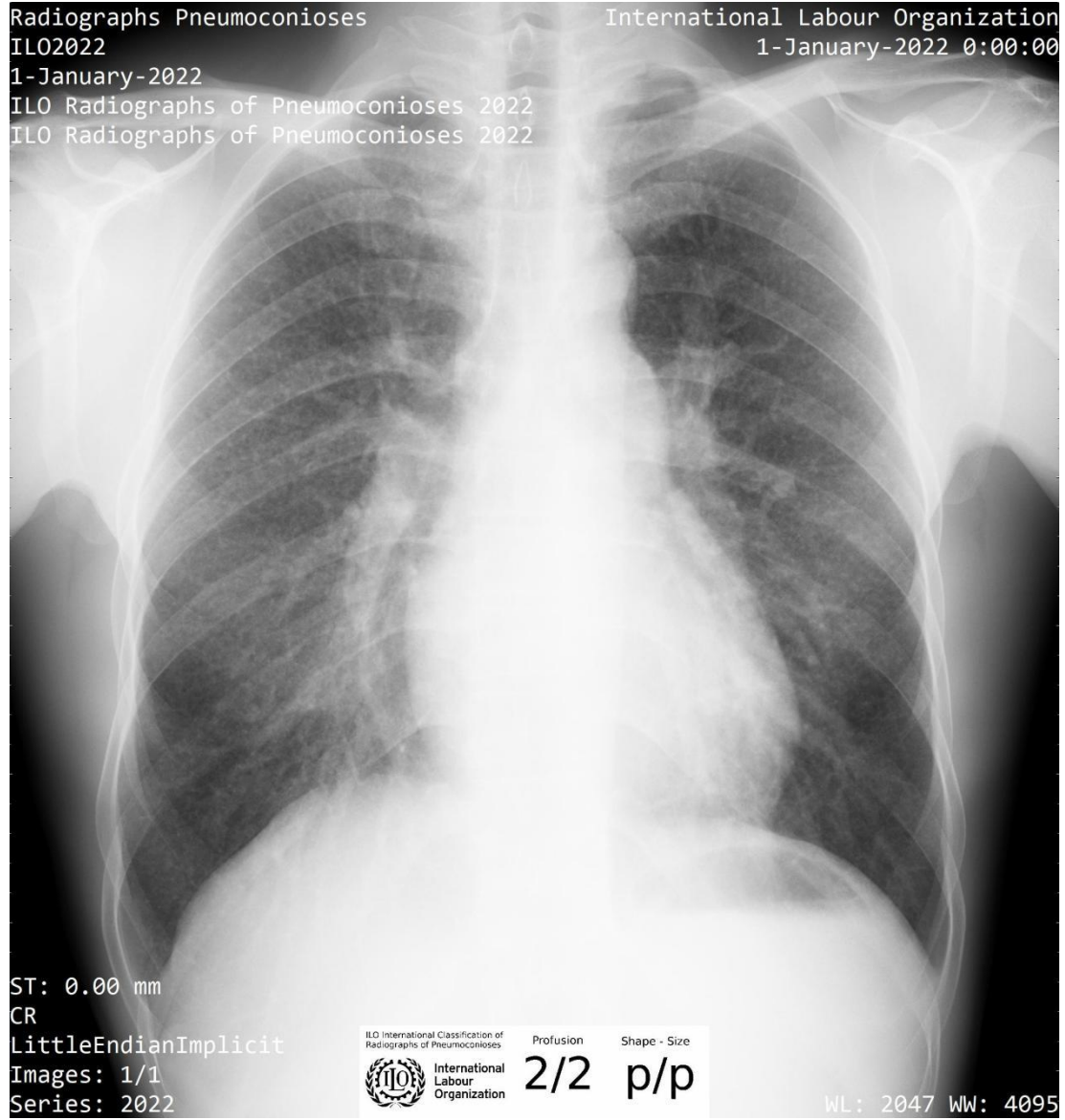
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 7. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-tt-1/1



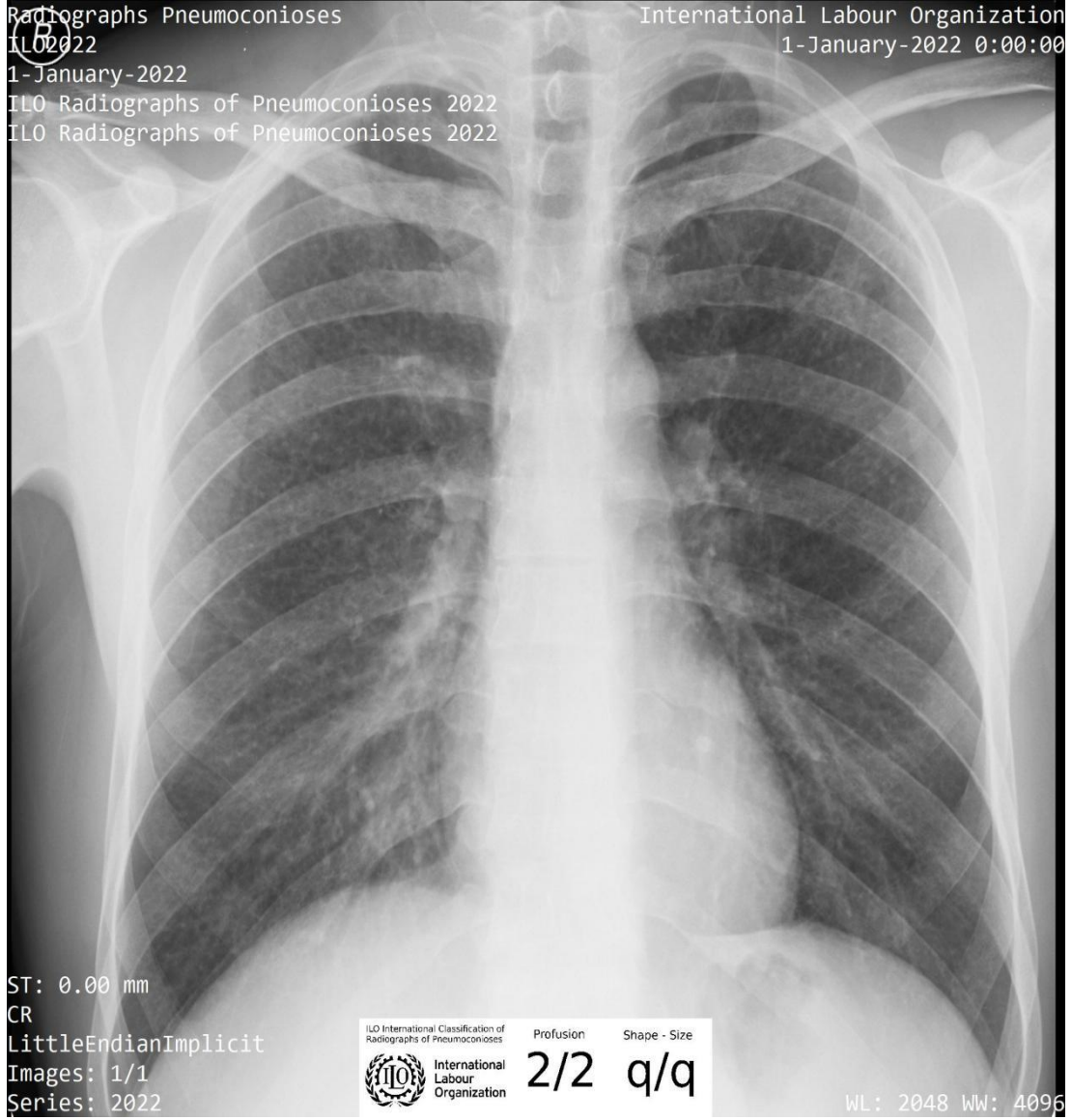
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 8. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-2/2



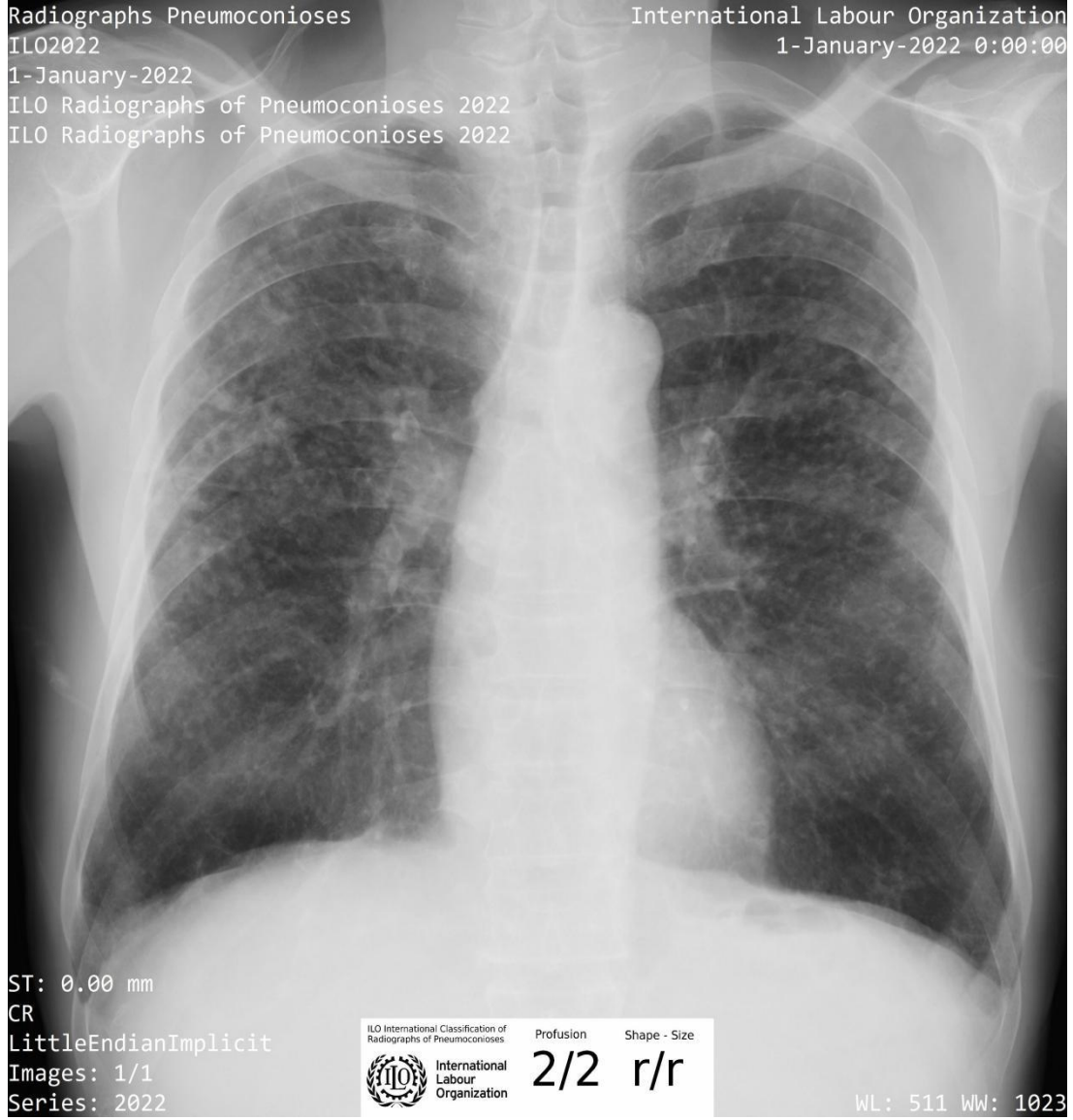
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 9. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-2/2



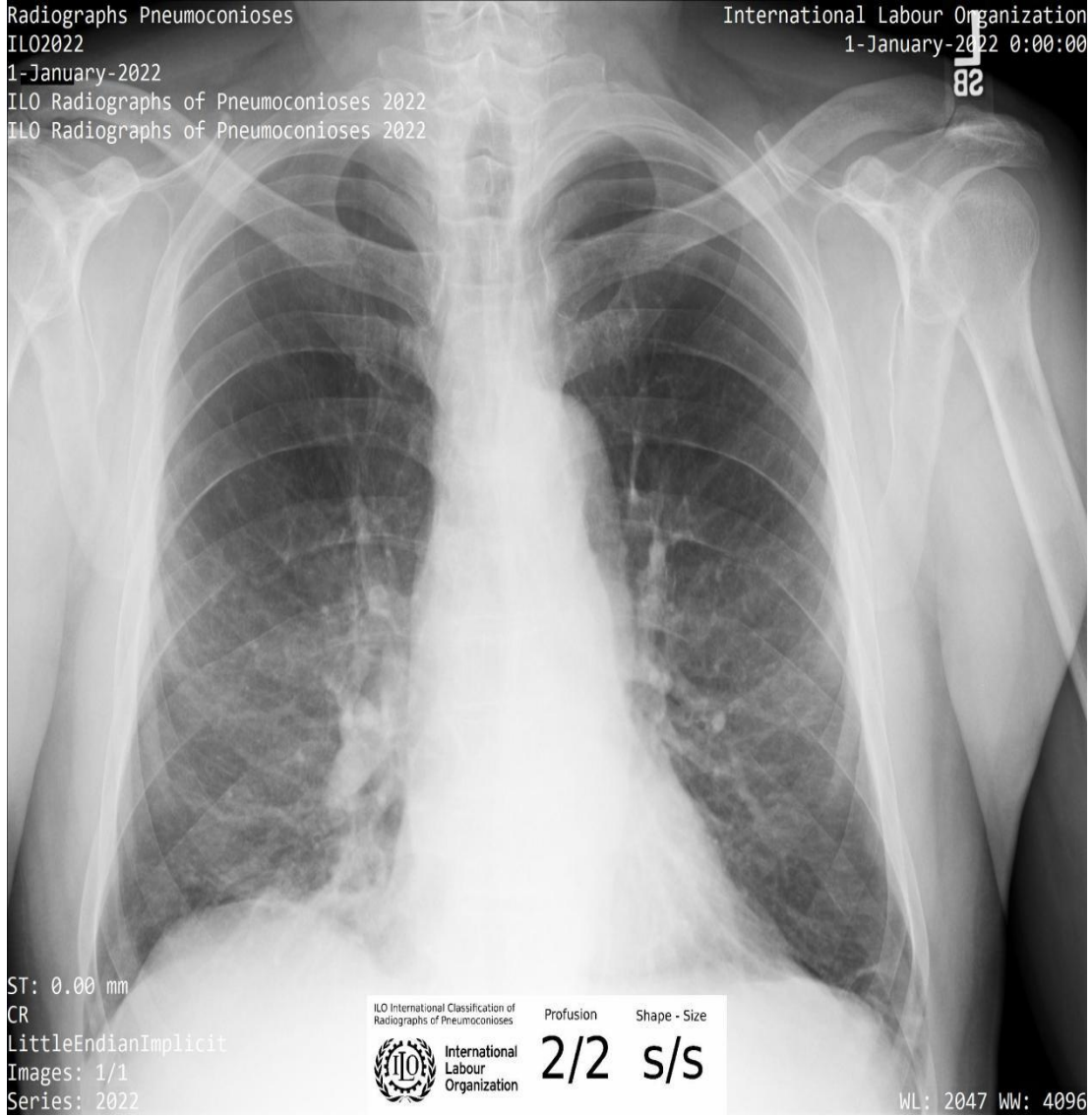
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 10. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-2/2



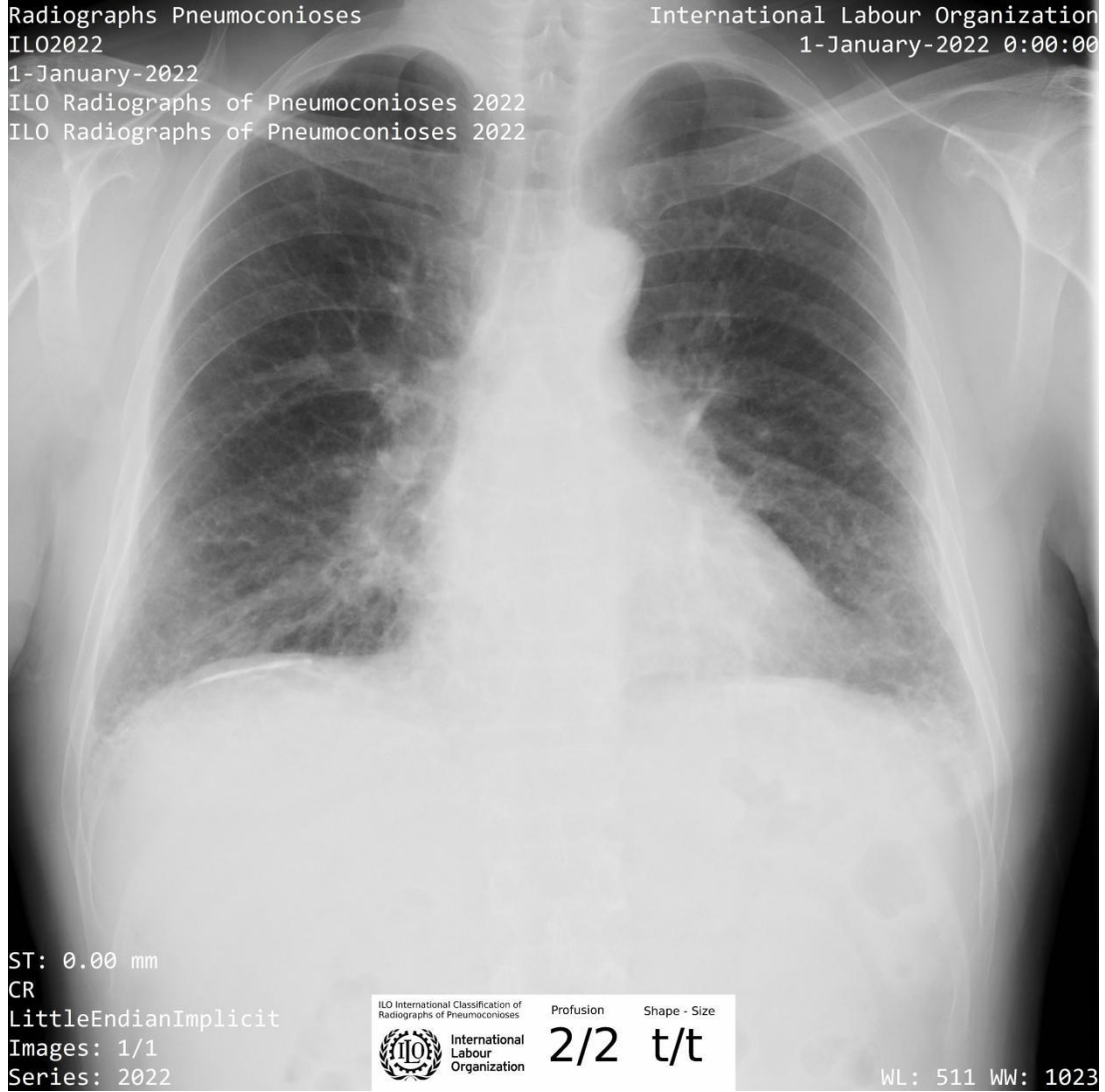
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 11. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-2/2



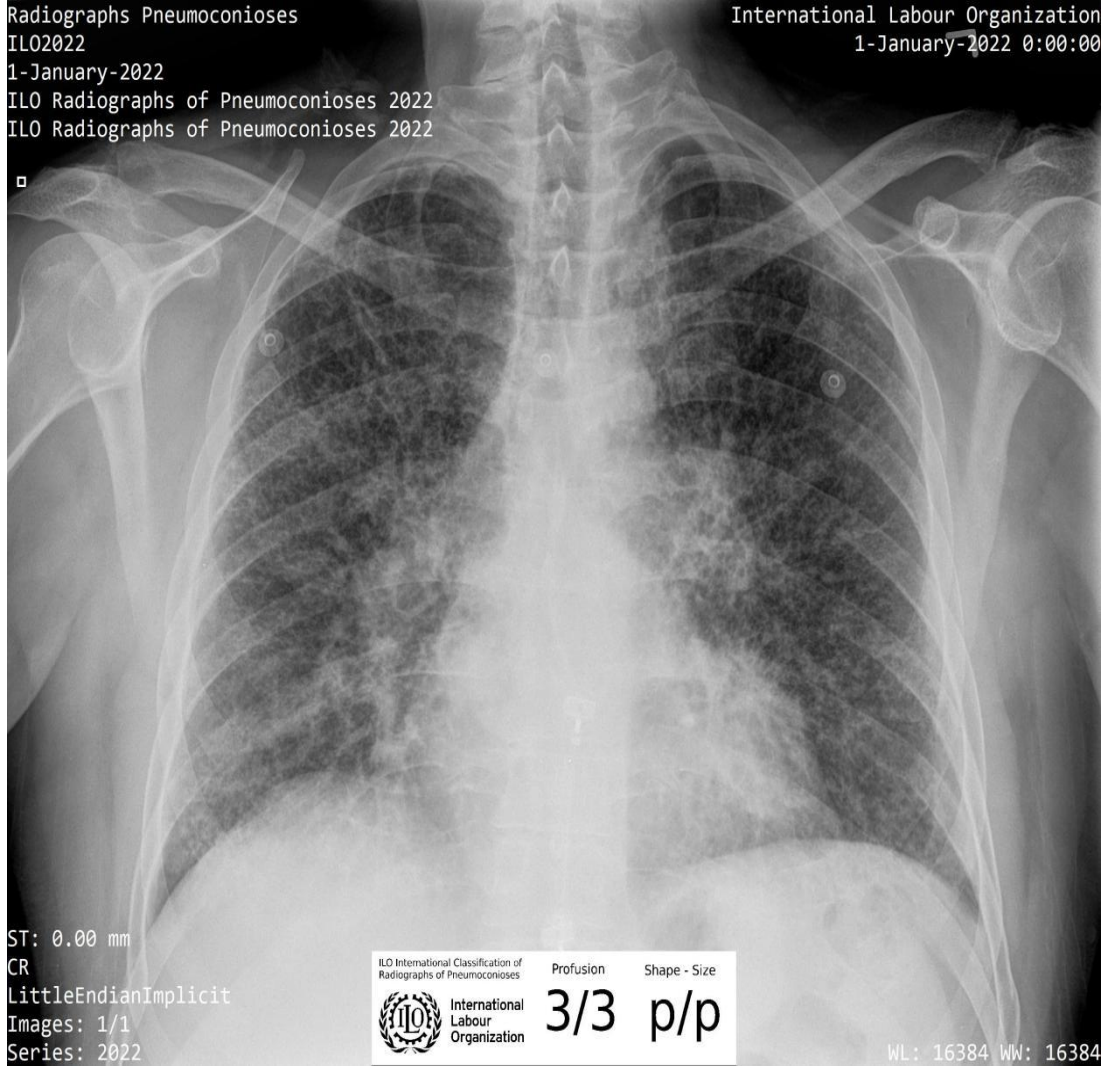
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 12. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-tt-2/2



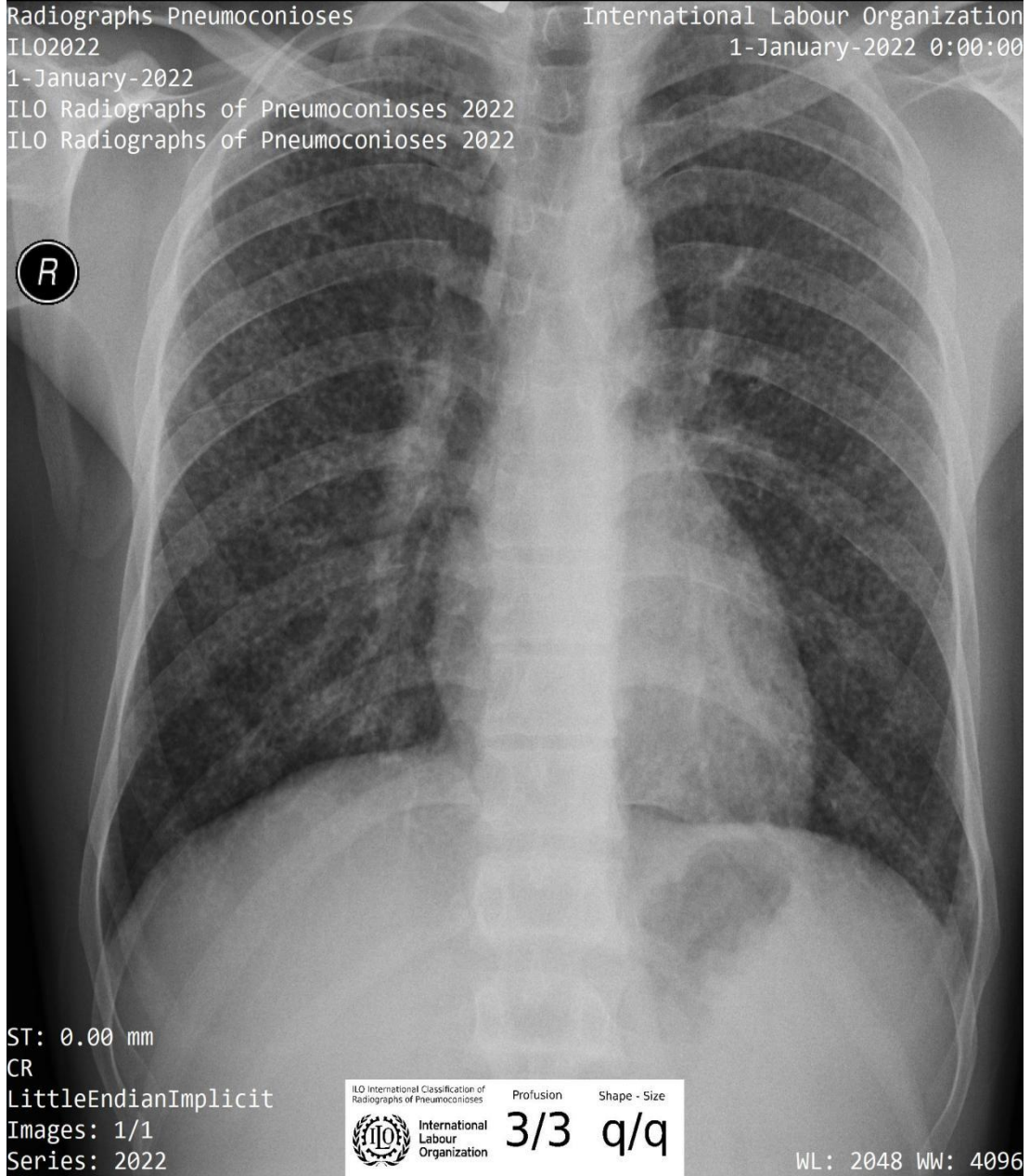
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 13. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-pp-3/3



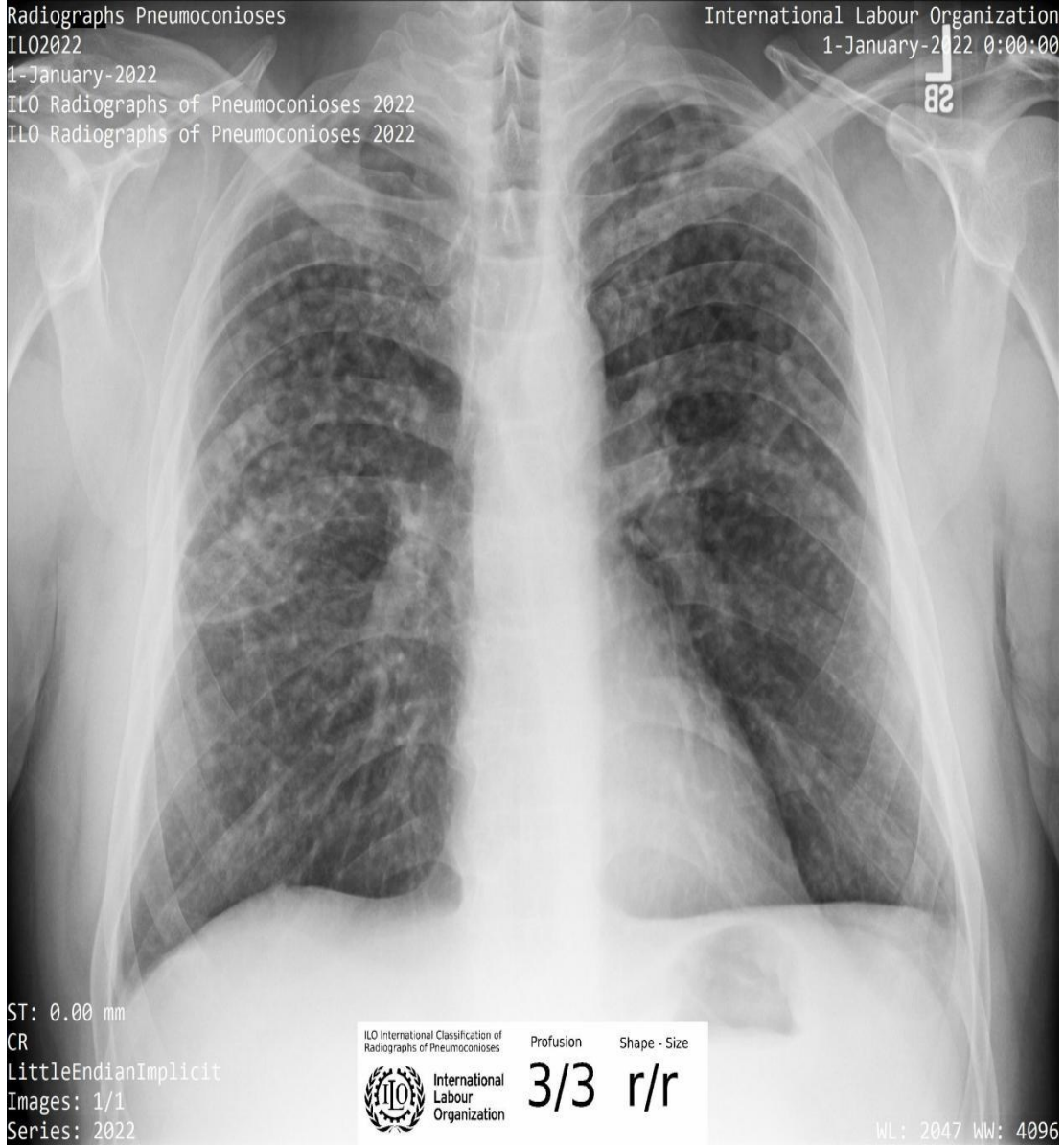
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 14. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-qq-3/3



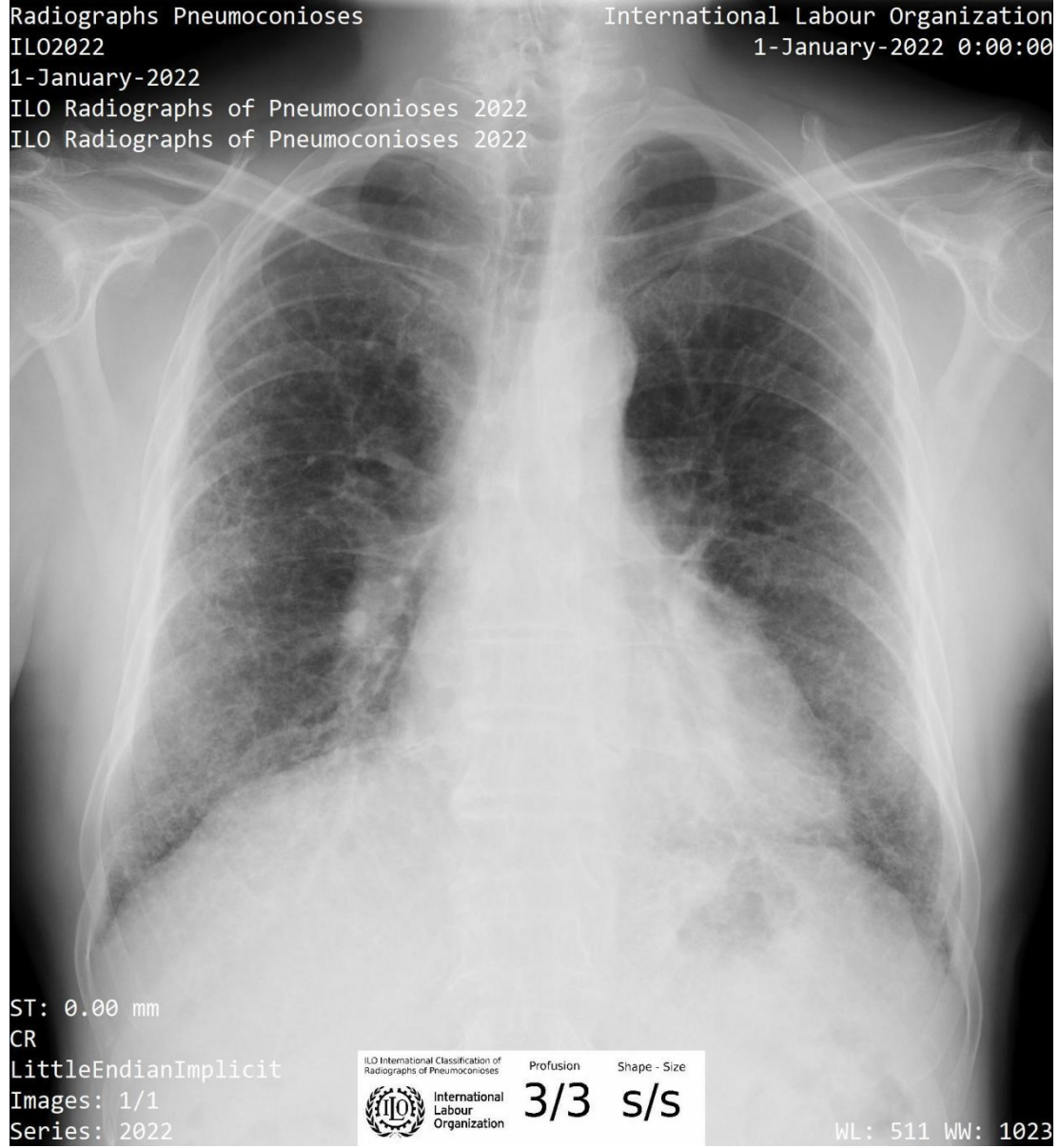
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 15. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-rr-3/3



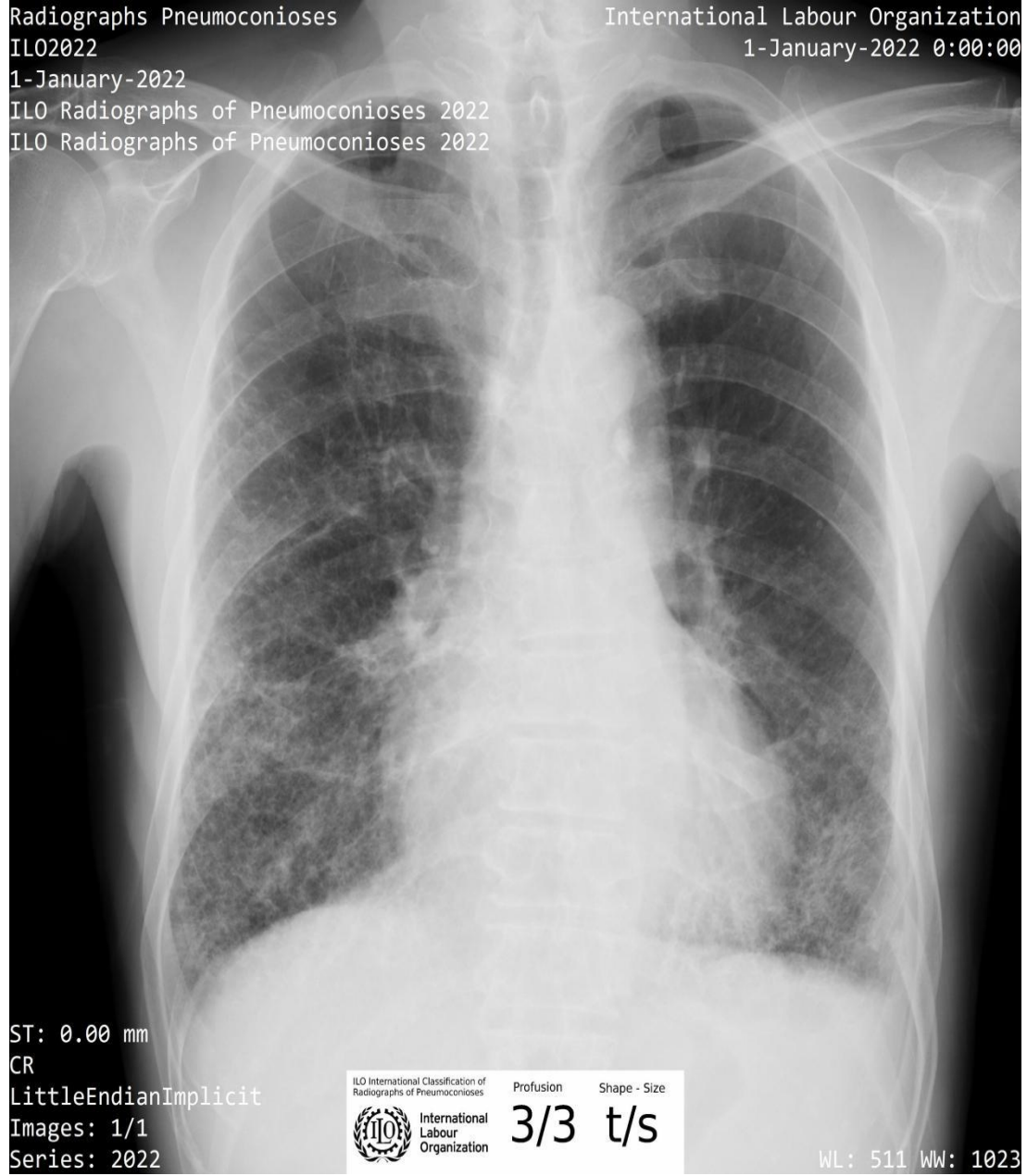
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 16. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ss-3/3



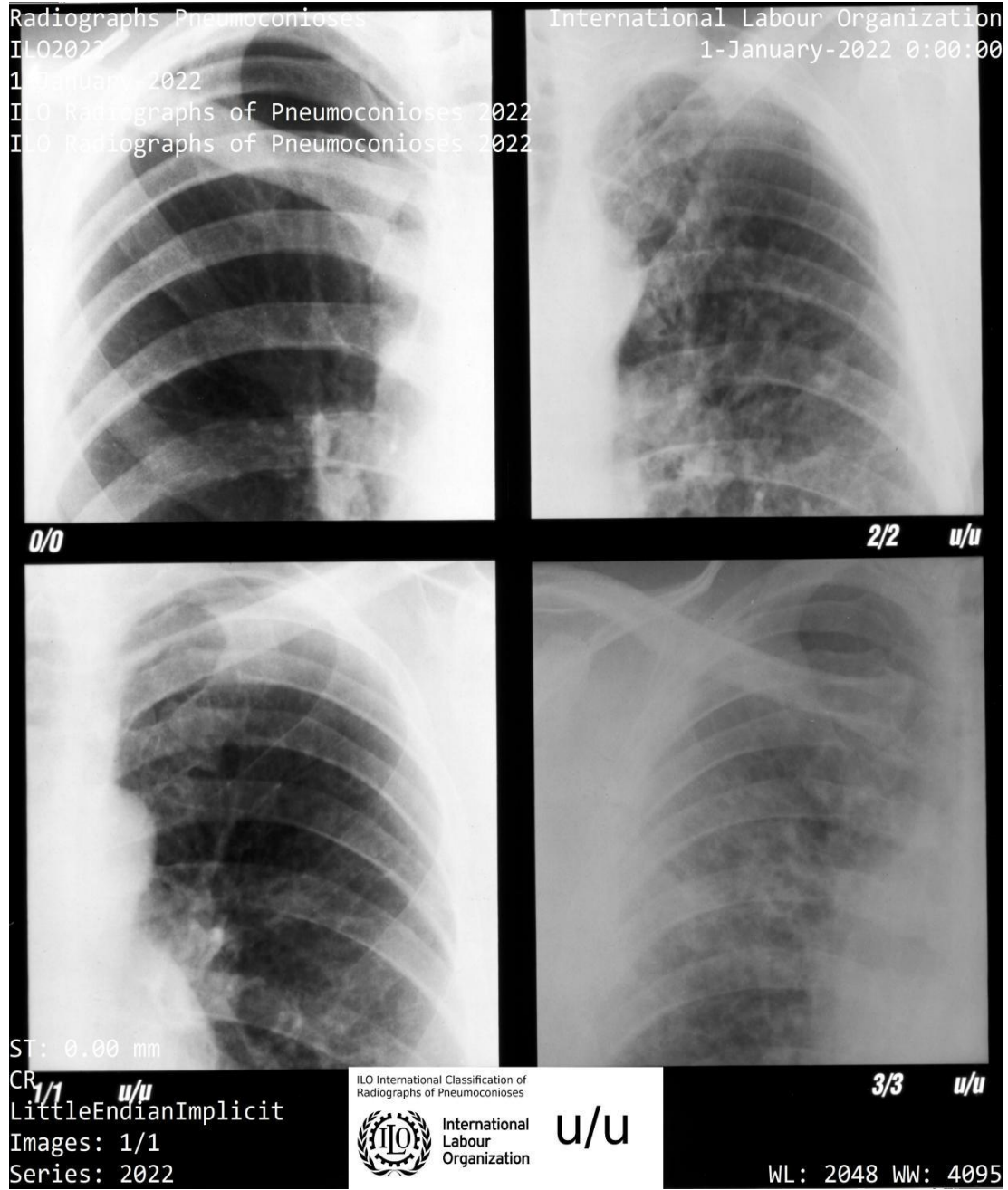
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

Ek 17. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyozlu Akciğer Pa-ts-3/3



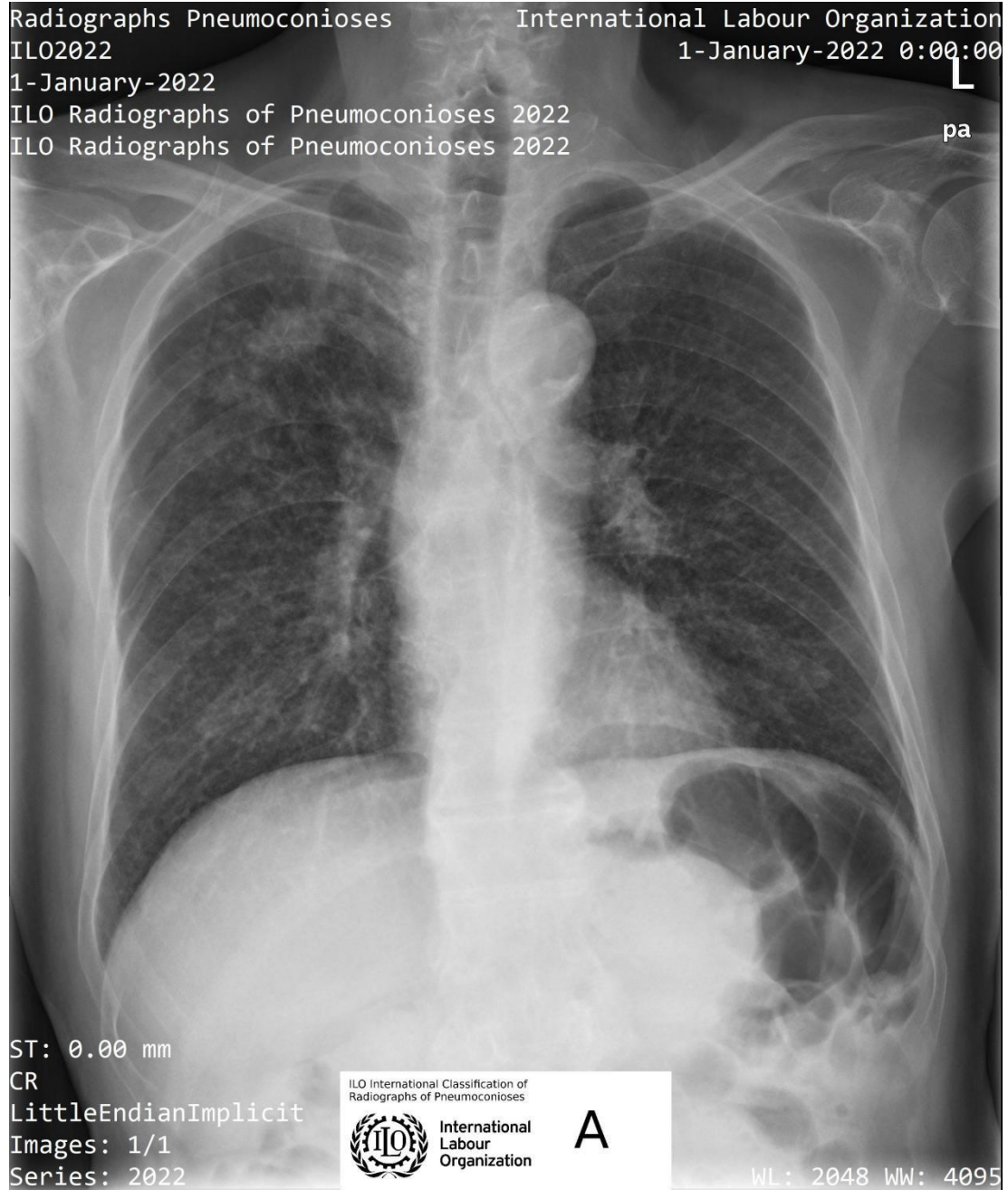
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 18. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-1-2-3 Kıstaslaması**



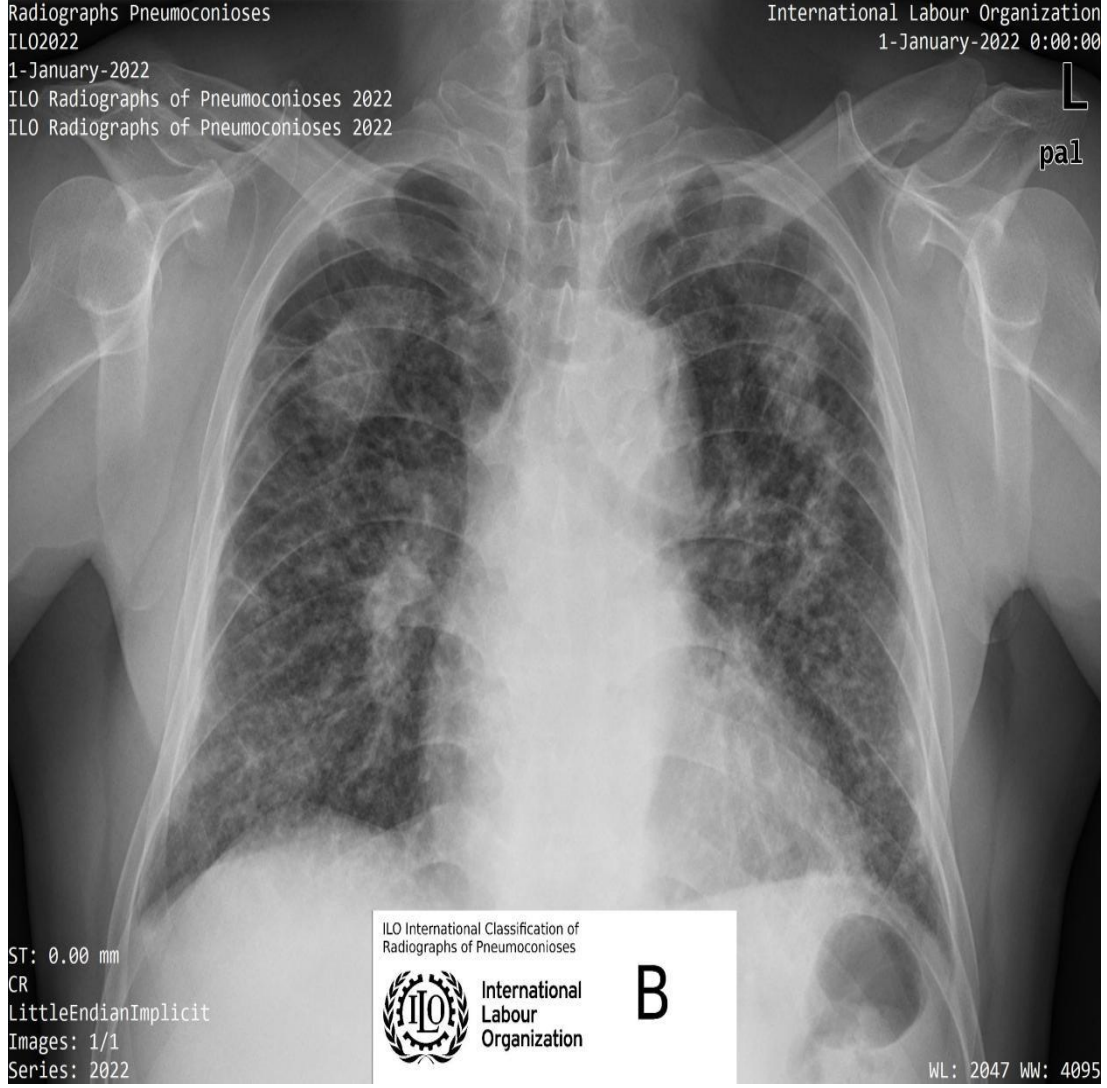
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 19. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-A-Kıstaslaması**



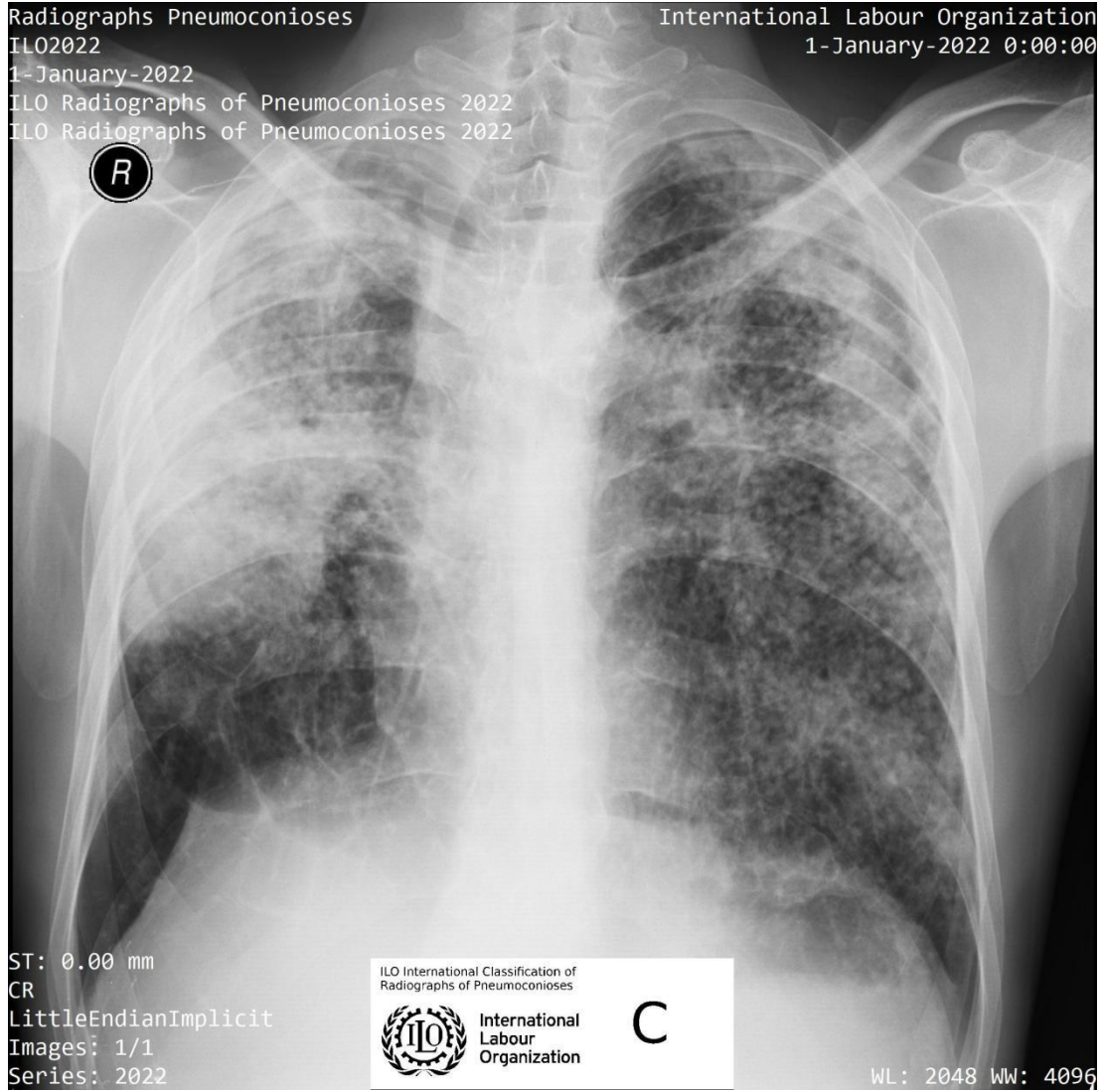
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 20. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-B-Kıstaslaması**



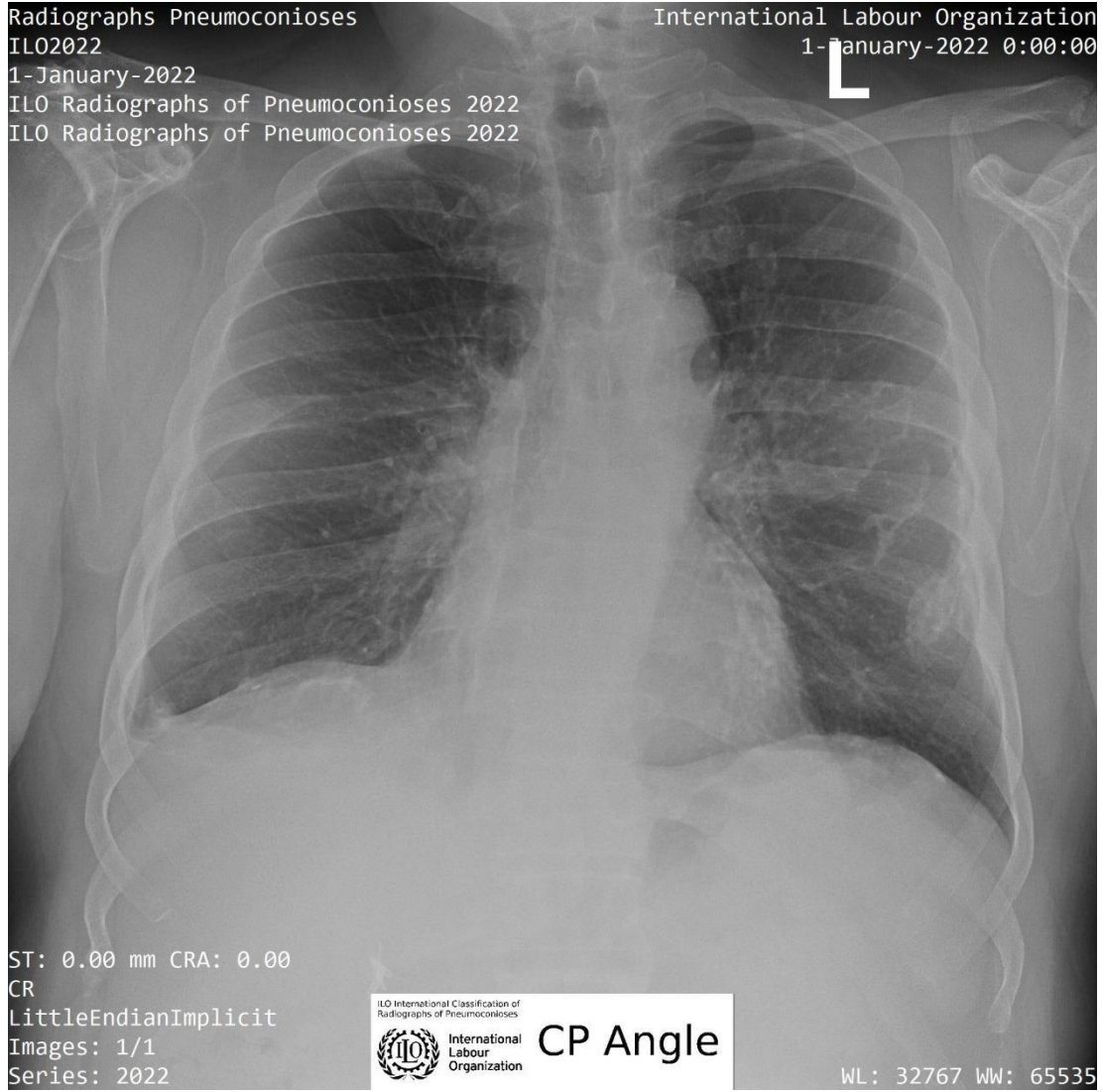
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 21. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-C-Kıstaslaması**



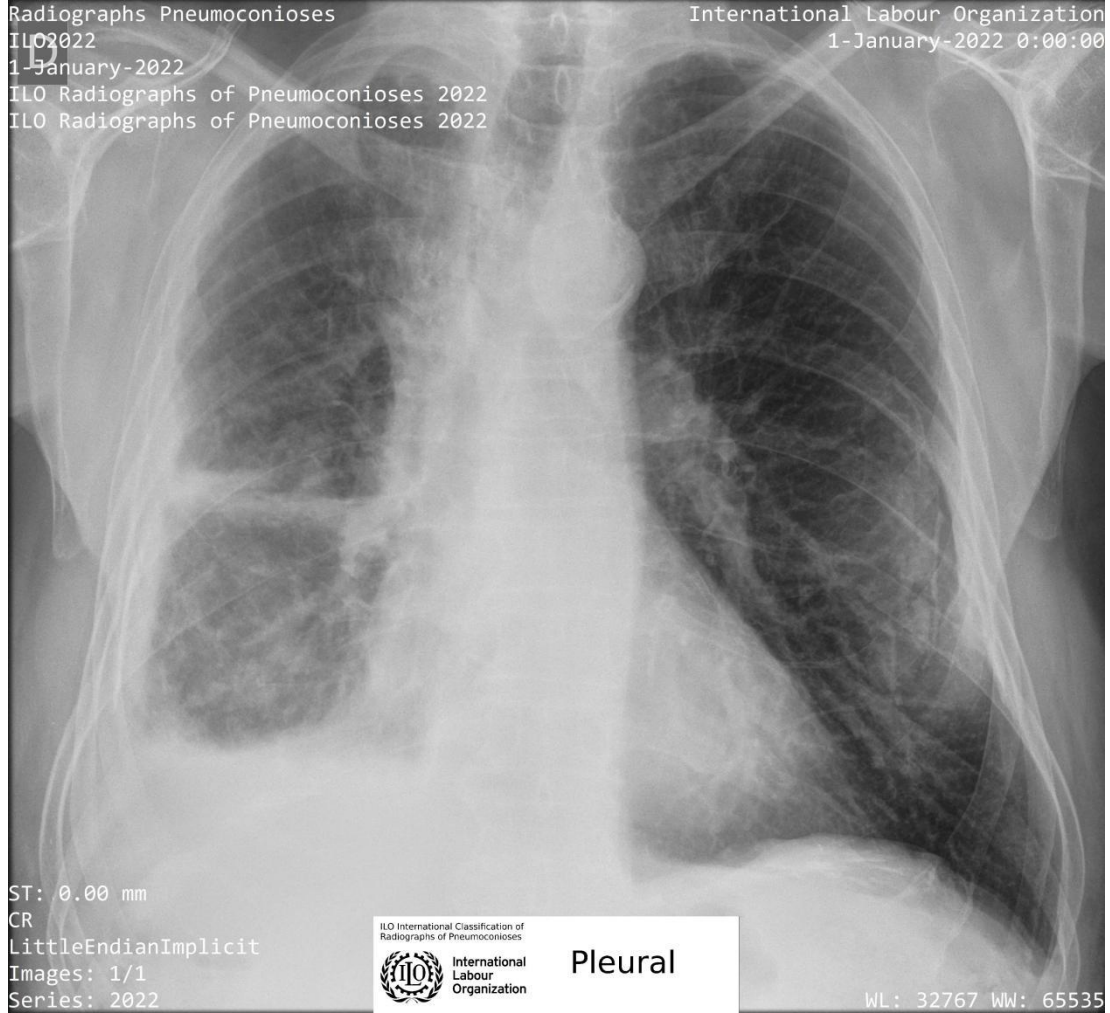
(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 22. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-CP Angle-Kıstaslaması**



(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)

**Ek 23. Radyolojik Görüntü Örnekleri Pnömokonyoz Değerlendirme Raporu Akciğer
Pa-CP Pleural-Kıstaslaması**



(ILO 2011 Sınıflamasına Göre Pnömokonyoz Evresi ve Opasite Dağılımı Örneği)