

PULMONER TROMBOEMBOLİ ŞÜPHESİNDE BT ANJİOGRAFİNİN VERİMLİLİĞİ VE PULMONER TROMBOEMBOLİ DIŞI RADYOLOJİK BULGULARIN ANALİZİ

DIAGNOSTIC YIELD OF CT ANGIOGRAPHY AND ANALYSIS OF ALTERNATIVE RADIOLOGIC FINDINGS IN PATIENTS WITH SUSPECTED PULMONARY EMBOLISM

Çișel YAZGAN¹, Hakan ERTÜRK², Ayşenaz TAŞKIN³,

¹Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji AD, 06100 Ankara/TÜRKİYE

² Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eđt. ve Arş. Hast., Radyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye.

³ Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eđt. ve Arş. Hast., Göğüs Hastalıkları Bölümü, Ankara, Türkiye.

Cite this article as: Yazgan C, Ertürk H, Taşkin A. Diagnostic Yield of CT Angiography and Analysis of Alternative Radiologic Findings in Patients with Suspected Pulmonary Embolism. Med J SDU 2020; 27(4): 505-510.

Öz

Amaç

Bu çalışmada amacımız pulmoner tromboemboli (PTE) şüphesiyle pulmoner BT anjiografi yapılan hastalarda PTE pozitiflik oranını araştırmaktır. Ayrıca BT anjiografide saptanan alternatif tanıların sıklığını ve alternatif tanıların saptanmasında akciğer grafisinin rolünü belirlemektir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya Ocak 2018- Mayıs 2018 tarihleri arasında acil servise başvuran ve PTE şüphesiyle pulmoner BT anjiografi yapılan hastalar dahil edildi. Radyolojik rapor bazında PTE negatif, PTE pozitif ve şüpheli olmak üzere hastalar üç gruba ayrıldı. PTE negatif grupta BT anjiografi incelemeleri alternatif tanılar yönünden iki radyolog tarafından gözden geçirildi. Alternatif tanılar konsolidasyon, kitle ve amfizem gibi hastaların klinik ve semptomlarını açıklayan bulgular olarak tanımlandı. Akciğer grafileri alternatif tanıların saptanabilirliği yönünden değerlendirildi. Başvuru anındaki semptomlar, klinik bulgular ve laboratuvar bulguları kaydedildi.

Bulgular

Ocak 2018-Mayıs 2018 tarihleri arasında toplam 683 hastaya PTE şüphesiyle pulmoner BT anjiografi yapılmıştı. Hastaların %6,4'ünde PTE pozitifti. PTE saptanmayan hastaların %65'inde klinik bulgular ve semptomları açıklayabilecek alternatif tanılar mevcuttu. En sık alternatif tanılar konsolidasyon, atelektazi, amfizem ve bronşektaziydi. Bu alternatif tanıların %72'si hastaların akciğer grafilerinde de izlendi. Hastaların %15'inde semptomlarla ilişkisiz insidental bulgular saptandı.

Sonuç

Çalışmamızın sonucunda PTE şüphesiyle uygulanan pulmoner BT anjiografi incelemelerinde alternatif tanıların PTE tanısından çok daha yüksek bir oranda saptandığını ve bu alternatif tanıların büyük çoğunluğunun ise BT'ye gerek kalmadan akciğer grafisi ile tespit edilebileceğini ortaya koyduk.

Anahtar Kelimeler: Pulmoner tromboemboli, BT anjiografi, akciğer grafisi

İletişim kurulacak yazar/Corresponding author: yazgancisel@hotmail.com

Müracaat tarihi/Application Date: 27.06.2020- Kabul tarihi/Accepted Date: 21.10.2020

ORCID IDs of the authors: C.Y. 0000-0003-2804-7321; H.E. 0000-0002-5730-9215;

A.T. 0000-0003-3288-5678

Abstract

Objective

The aim of this study was to assess diagnostic yield of pulmonary CT angiography and analyze alternative diagnoses in patients who underwent CT angiography with suspected pulmonary thromboembolism (PTE). It was also to determine the role of chest X-ray in the detection of alternative diagnoses.

Materials and Methods

Patients who underwent pulmonary CT angiography with suspicion PTE between January 2018-May 2018 were included in this study. On the basis of radiological report, patients were divided into three groups as PTE negative, PTE positive and suspicious. Pulmonary CT angiography images in the PTE negative group were reviewed by two radiologists for alternative diagnoses. Alternative diagnoses were defined as findings related to the clinical and symptoms of patients such as consolidation, tumor, and emphysema. Chest X-rays were evaluated for the detectability of alternative diagnoses. Symptoms, clinical, and laboratory findings were recorded.

Results

A total of 683 patients underwent pulmonary CT angiography. PTE was detected 6,4% of our patients. Of the patients without PTE, 65% had alternative diagnoses based on imaging. The most common alternative diagnoses were consolidation, atelectasis, emphysema, and bronchiectasis. 72% of these alternative diagnoses were also observed in patients' chest X-rays. Incidental findings unrelated to symptoms were detected in 15% of the patients.

Conclusion

As a result of our study, we revealed that alternative diagnoses in patients with suspected PTE were detected at a much higher rate than PTE in pulmonary CT angiography, and the majority of these alternative diagnoses could be detected by chest X-ray without the need for CT.

Keywords: Pulmonary embolism, CT angiography, chest X-ray

Giriş

Pulmoner tromboemboli (PTE) mortalitesi yüksek, sık karşılaşılan acil bir klinik tablodur. Kardiyovasküler hastalıklar içinde miyokard enfarktüsü ve inmeden sonra üçüncü en sık ölüm nedenidir. Semptom ve klinik bulguların nonspesifik olması ve birçok kardiyopulmoner hastalığı taklit edebilmesi tanı ve tedaviyi geciktirmektedir. Oysa erken tanı ve tedaviyle mortalite belirgin olarak azalmaktadır. PTE'nin dışlanması ve ileri tanı yöntemlerinin gereksiz uygulanmasını önlemek amacıyla Wells, Modifiye Geneva gibi birçok klinik olasılık skorları kullanılmaktadır. Her ne kadar geleneksel pulmoner anjiyografi tanısasal olarak uzun yıllar altın standart olarak kabul edildiyse de son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte yerini bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografiye bırakmıştır. Yöntemin PTE tanısında duyarlılığı ve özgüllüğü literatürde sırasıyla %83 ve %96 olarak bildirilmiştir (1). Pulmoner BT anjiyografi ile sadece pulmoner vasküler yapılar değil aynı zamanda parankim, mediastinal yapılar ve plevral mesafeleri de detaylı bir şekilde değerlendirmek mümkündür. Bu yüzden pulmoner BT anjiyografi son yıllarda sadece PTE tanısını doğrulamak ya da dışlamak için değil PTE açısından düşük olasılıklı grupta alternatif tanılarının saptanabilmesi için de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra her bir pulmoner BT anjiyografi incelemesi için radyasyona bağlı yaşam boyu

malignite gelişme riski %2,76, kontrast maddeye bağlı nefropati gelişme olasılığı ise %14 olarak bildirilmiştir (2,3). Bu sebeple çalışmamızda acil serviste akut PTE şüphesiyle pulmoner BT anjiyografi yapılan hastalarda PTE pozitiflik oranının belirlenmesi amaçlandı. Ayrıca pulmoner BT anjiyografi ile saptanan alternatif tanılarının sıklığı ve alternatif tanılarının saptanmasında akciğer grafisinin rolü araştırıldı.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamız retrospektif bir çalışmaydı ve çalışmaya başlamadan önce yerel etik kuruldan (Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi) gerekli izinler alındı (27.06.2018 tarih ve 2012- KAEK-15/1666 no'lu karar). Çalışma Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yapıldı.

Çalışma Grubu

Ocak 2018- Mayıs 2018 tarihleri arasında Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi acil servisine başvuran ve PTE şüphesiyle pulmoner BT anjiyografi incelemesi yapılan hastaların kayıtları geriye dönük olarak incelendi. Hastane otomasyon sisteminden elde edilen bilgiler veri kayıt formuna işlendi. Resmi radyoloji raporları bazında hastalar PTE varlığı açısından (dolum defekti ya da trombüs) PTE pozitif, PTE negatif ve PTE şüp-

heli olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Radyoloji raporlarında kronik PTE tespit edilenler, hareket artefaktı ya da vasküler yapılarda yetersiz kontrast madde nedeniyle değerlendirilemeyen hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Klinik bulgular, başvuru sırasındaki semptomlar, yaş ve cinsiyet bilgileri elektronik tıbbi kayıtlardan elde edildi.

Radyolojik Değerlendirme

PTE negatif olan grubun radyoloji görüntüleri iki radyolog tarafından geriye dönük olarak ayrı ayrı değerlendirildi. Radyologlardan birinin 17 yıl, diğerinin 19 yıl deneyimi vardı. Tüm BT anjiyografi görüntüleri iş istasyonu üzerinde alternatif tanıları açısından gözden geçirildi. Birden fazla incelemesi bulunan hastalarda ilk başvuru sırasında elde edilen pulmoner BT anjiyografiler çalışmaya dahil edildi. Alternatif tanıları bu çalışma için klinik bulgular ve semptomları açıklayacak BT bulguları olarak tanımlandı. Konsolidasyon, kitle, amfizem, plevral -perikardiyal efüzyon, bronşektazi, ateletazi, kemik fraktürleri alternatif tanıları olarak belirlendi. Akciğer parankimi, mediasten, plevra ve kemiklerde saptanan alternatif tanıları her bir hasta için not edildi. Alternatif tanı bulunan hastalarda Akciğer grafileri alternatif tanıların saptanabilirliği yönünden gözden geçirildi. Alternatif tanı saptanmayan grupta hiçbir radyolojik bulgu yoksa normal kabul edildi.

Pulmoner nodül, hiler-mediastinal lenfadenopati (> 1 cm), tiroid nodülü ise insidental bulgular olarak her bir hasta için kaydedildi. Malignite saptanan hastalarda izlenen lenfadenopatiler insidental bulgu olarak kabul edilmedi.

İki gözlemci arasındaki uyumsuzluklar tartışılarak uzlaşmayla çözüldü.

Görüntüleme Tekniği

Tüm hastaların BT anjiyografi tetkikleri 16 detektörlü BT cihazı (Alexion 16, Toshiba Medical Systems, Japan) ile supin pozisyonunda gerçekleştirildi. Nefes tutturularak akciğer apeksinden diafragmanın altına kadar tarama yapıldı. 100-120 ml kontrast madde 3-4ml/sn infüzyon hızıyla otomatik enjektörle verildi. Kesit kalınlığı 1-2 mm, rekonstrüksiyon intervali 1 mm, pitch değeri 1.43 ve rotasyon süresi 0,75 sn idi.

D-dimer Analizi

D-dimer düzeyi SYSMEX-2500 cihazı ile turbidimetrik yöntemle ölçüldü ve eşik değeri 0,5 mg/l olarak kabul edildi.

İstatistiksel Analiz

Sayısal değişkenler ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edildi. Kategorik değişkenler yüzde (%) olarak belirtildi. İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics version 20 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) istatistik programı kullanıldı.

Bulgular

Ocak 2018-Mayıs 2018 tarihleri arasında çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 683 hasta çalışma grubunu oluşturdu. Hastaların yaş ortalaması $46\pm 14,7$ yıl idi. Çalışma grubumuzun %56'sı kadın, %44'ü erkekti. Başvuru esnasındaki ana semptomlar nefes darlığı, göğüs ağrısı, öksürük şeklindeydi. Demografik bilgiler ve hastaların başvuru anındaki klinik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

683 pulmoner BT anjiyografi incelemesinin %6,4'ünde (44/683) PTE pozitif, %93,6'sında (446/683) PTE negatifti. PTE saptanmayan pulmoner BT anjiyografi incelemelerinin %65'inde (291/446) hastaların semp-

Tablo 1 Hastaların demografik ve klinik özellikleri

Yaş (ortalama\pmSD)	46 \pm 14,7
Cinsiyet, n (%)	
K	382 (56)
E	301 (44)
Semptomlar, n (%)	
Göğüs ağrısı	355 (52)
Nefes darlığı	280 (41)
Öksürük	27 (4)
Diğer	21 (3)
D-Dimer \uparrow, n (%)	620 (96)

tom ve şikayetlerini açıklayabilir alternatif tanılar tespit edildi. En sık alternatif tanılar sırasıyla konsolidasyon, plevral efüzyon, amfizem ve bronşektaziydi. Pulmoner BT anjiyografi ile alternatif tanı saptanan 291 hastanın %72'sinde bu alternatif tanılar akciğer grafisinde izlendi. Hastaların ancak %6'sında alternatif tanılar tedavi ile sonuçlandı. Hastaların BT anjiyografi ve akciğer grafilerinde saptanan bulgular Tablo 2'de sunulmuştur.

Akciğer grafisinde saptanmayan ancak pulmoner BT anjiyografide izlenebilen bulgular sırasıyla perikardiyal efüzyon, sağ atriumda trombüs, pulmoner hipertansiyon şeklindeydi.

Hastaların %20'sinde (89/446) negatif PTE ile birlikte mediastende, parankimde, plevrada ve kemiklerde hiçbir bulgu saptanmadı. %15'inde (67/446) saptanan bulgular semptomlarla ilişkisiz insidental bulguları. Pulmoner BT anjiyografide saptanan insidental bulgular Tablo 3'de sunulmuştur.

Tartışma

Son yıllarda gelişen BT teknolojiyle birlikte PTE tanısında pulmoner BT anjiyografi primer görüntüleme yöntemi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ventilasyon/

perfüzyon sintigrafisi, pulmoner anjiyografi gibi referans standart yöntemlerle karşılaştırıldığında BT anjiyografinin hızı ve yaygınlığı yanı sıra PTE tanısında yüksek tanısal doğruluk gibi avantajları bilinmektedir (4). Ancak son yıllarda tekniğin giderek artan sayıda kullanımı sağlık giderlerinin artması, hastaların radyasyona maruziyeti ve kontrast maddeye bağlı yan etkiler gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Literatürde pulmoner BT anjiyografinin verimini yani PTE için pozitiflik oranını ve bu oranı etkileyen faktörleri analiz eden çeşitli çalışmalar yer almaktadır (5,6). Venkatesh ve ark. tarafından yapılan çalışmada dokuz yıllık periyotta PTE şüphesi için BT anjiyografi kullanımında sürekli artış, buna karşın tanısal verimde azalma gösterilmiştir (7). Araştırmacılar aynı zamanda tetkik için karar veren klinisyenin tecrübesini de değerlendirmişler ve BT anjiyografi kullanım sıklığı ve tanısal verimlilik üzerine etkisini vurgulamışlardır. Pulmoner BT anjiyografinin tanısal verimliliği için belirlenmiş kabul edilebilir bir alt sınır olmamakla birlikte PTE pozitiflik oranı %10' un altındaysa bir tanısal test olmaktan çok tarama testi gibi kullanıldığı yönünde endişeler bildirilmiştir (8-10).

Çalışmamızda pulmoner BT anjiyografilerin %6,4'ünde PTE pozitifliği. Bu oran literatürde %6-25 olarak rapor edilmiştir (7,10-12). Van ES ve ark. akademik bir

Tablo 2 BT anjiyografi incelemesinde saptanan PTE dışındaki bulguların sıklığı

Alternatif Tanılar (n=291)	n	Yüzde (%)
İnfiltrasyon-konsolidasyon	92	31,6
Atelektazi	75	25,7
Amfizem	38	13
Bronşektazi	32	10,9
Plevral efüzyon	28	9,6
Perikardiyal efüzyon, hiatal herni, kot fraktürü	26	8,9

BT:Bilgisayarlı Tomografi, PTE:Pulmoner Tromboemboli

Tablo 3 BT anjiyografide saptanan insidental bulgular

İnsidental bulgular (n=67)	n	Yüzde (%)
Pulmoner nodül	36	54
Mediastinal-hiler LAP	21	31
Tiroid nodülü	10	15

BT:Bilgisayarlı Tomografi, PTE:Pulmoner Tromboemboli

merkezde gerçekleştirdikleri çalışmada bu oranı %19 olarak bildirmişlerdir (13). Başka bir çalışmada ise PTE pozitiflik oranı %13,6 olarak bildirilmiş ve araştırmacılar bu düşük oranı pulmoner BT anjiografinin non-selektif kullanımına bağlamışlardır (14). Klinik olasılık skorlarının kullanılmasıyla bu oranın yükseldiğini gösteren çalışmalar vardır (10,15). Richardson ve ark.'ın 7367 BT anjiyografi ile yaptıkları retrospektif çalışmada bu skorların kullanımıyla PTE pozitiflik oranı %38 artmıştır (15). Bizim çalışmamızda PTE pozitiflik oranı literatürde belirtilen aralıkta yer almasına rağmen göreceli olarak bazı çalışmalardan düşüktü. Bu durum klinik olasılık testlerinin merkezimizde yaygın olarak kullanılmaması ile açıklanabilir. Ayrıca ülkemizde giderek artan defansif yaklaşıma bağlı özellikle acil servislerde radyoloji kullanımının artması da bir diğer etken olabilir. Ancak klinisyen arasındaki farkları, acil servis yoğunluğunu ve hastaya ait komorbidite gibi birden fazla etkeni değerlendiren ileriye dönük çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada PTE negatif grupta semptom ve klinik bulguları açıklayacak radyolojik bulgular da araştırıldı ve pulmoner BT anjiyografide %65 oranında alternatif tanı saptandı. Yapılan çalışmalarda bu oran %25-66,7 olarak rapor edilmiştir (8,16,17). Van Es ve ark.'ın 203 hastayla yaptığı prospektif çalışmada alternatif tanı oranı %43 olarak bulunmuştur (13). Araştırmacılar BT anjiografinin alternatif tanı saptamak için değil yüksek olasılıklı grupta PTE tanısını doğrulamak ya da dışlamak için kullanılmasını önermişlerdir. Bizim çalışmamızda bu oran belirgin şekilde daha yüksekti. Ancak bu çalışmadan farklı olarak mediasten ve parenkime ait bulgularla birlikte kemiğe ait patolojiler, semptom ve şikayetleri açıklıyorsa bizim çalışmamızda alternatif bulgu olarak kabul edildi. Yine bahsedilen çalışmada küçük infiltrasyon alanları saptanan hastalarda klinik tablo detaylı bir şekilde yeniden değerlendirilmiş ve bir kısmı alternatif bulgu olarak kabul edilmemişti. Sonuçlar arasındaki farklılık çalışmaların kurgusuyla açıklanabilir.

Çalışmamızda PTE negatif grupta en sık rastlanılan radyoloji bazındaki alternatif tanı konsolidasyondur ve bunu sırasıyla atelektazi, amfizem takip etmekteydi. Alternatif tanıların dağılımı literatürle uyumlu oldu (8,16). Alternatif tanıların büyük bir kısmı pulmoner BT anjiyografi öncesinde klinik ve akciğer grafisi ile tanı konulabilen bulgulardı. Bununla birlikte çalışmamızda PTE negatifliğinin yanı sıra hiçbir patolojik bulguya rastlanmayan hastalar vardı. Sharma ve ark. da çalışmamıza benzer şekilde %16,7 oranında BT anjiyografide hiçbir patolojik bulguya rastlamamışlardı (8). Bu da ileri bir görüntüleme yöntemine karar vermeden önce akciğer grafisine yeterli önemin verilmesi gerektiğini

düşündürmektedir.

Pulmoner BT anjiografinin PTE açısından düşük riskli hastalarda bile yaygın kullanımı bu hastalarda insidental bulguların saptanma oranını arttırmıştır (14). İnsidental bulgular retrospektif çalışmalarda %15-30 oranında rapor edilmiştir (9,18). Çalışmamızda da literatürle benzer oranlarda insidental bulgu saptandı. İnsidental bulgular nadiren klinik öneme sahiptir ve düşük riskli pulmoner nodüllerin bile gereksiz takibine yol açmaktadır. İnsidental bulguların takip sonuçları araştırılarak ancak %8,6'sının maligniteye dönüştüğü ortaya koyulmuştur (14). İnsidental bulgular pulmoner BT anjiografinin aşırı kullanımının yol açtığı bir diğer sorundur. Ancak bu çalışmanın kapsamında insidental bulguların takibi ve sonuçları değerlendirilememiştir.

Çalışmamızın kısıtlamaları ise şöyle sıralanabilir. İlk olarak çalışmamızın retrospektif kurgusu sebebiyle klinik bilgi ve semptomlar hastane kayıt sisteminden elde edilenlerle sınırlı kalmıştır. Kayıtlardaki eksiklik nedeniyle hastaların klinik olasılık skorlarının hesaplanması mümkün olmamıştır. İkincisi, pulmoner BT anjiyografi kararını etkileyen hekim tecrübesi, istem saati, acil servis yoğunluğu gibi değişkenleri değerlendirme imkânı olmamıştır. İleriye dönük olarak planlanmış yeni çalışmalara ihtiyaç vardır. Bir diğer kısıtlılık raporlarda şüpheli dolun defekti şeklinde belirtilen PTE pozitiflik oranını etkileyebilecek hastalardır. Bu hastaların BT anjiyografi incelemeleri yeniden değerlendirilememiştir. Ancak geniş bir çalışma grubunda hem tüm hastaların akciğer grafilerine ulaşılabilmesi hem de radyolojik görüntülerin deneyimli iki radyolog tarafından yeniden gözden geçirilmesi çalışmamızın güçlü yönünü oluşturmaktadır.

Sonuç

Sonuç olarak PTE şüphesinde pulmoner BT anjiyografi pratikte çok sık uygulanmasına rağmen vakaların çok azında PTE pozitifdir. Bununla birlikte alternatif tanıların çok daha sık rastlanmaktadır ki bunların çoğuna akciğer grafisi ile tanı koymak mümkündür. Klinik olasılık skorlarının yaygın olarak kullanımı ve BT anjiyografi gibi ileri tetkiklere karar vermeden önce akciğer grafisine gereken önemin verilmesi radyasyon maruziyeti, kontrast madde nefropatisi ve maliyet gibi sorunları azaltacaktır.

Kaynaklar

1. Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, Gottschalk A, Hales CA, Hull RD, et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. N Engl J Med. 2006;354(22):2317-27.
2. Niemann T, Zbinden I, Roser HW, Bremerich J, Remy-Jardin M, Bongartz G. Computed tomography for pulmonary embolism:

- assessment of a 1-year cohort and estimated cancer risk associated with diagnostic irradiation. *Acta Radiol.* 2013;54(7):778-84.
3. Mitchell AM, Jones AE, Tumlin JA, Kline JA. Prospective study of the incidence of contrast-induced nephropathy among patients evaluated for pulmonary embolism by contrast-enhanced computed tomography. *Acad Emerg Med.* 2012;19(6):618-25.
 4. Stein PD, Woodard PK, Weg JG, Wakefield TW, Tapson VF, Sostman HD, et al. Diagnostic pathways in acute pulmonary embolism: recommendations of the PIOPEd II investigators. *Am J Med.* 2006;119(12):1048-55.
 5. Kindermann DR, McCarthy ML, Ding R, Frohna WJ, Hansen J, Maloy K, et al. Emergency department variation in utilization and diagnostic yield of advanced radiography in diagnosis of pulmonary embolus. *J Emerg Med.* 2014;46(6):791-9.
 6. Chen YA, Gray BG, Bandiera G, MacKinnon D, Deva DP. Variation in the utilization and positivity rates of CT pulmonary angiography among emergency physicians at a tertiary academic emergency department. *Emerg Radiol.* 2015;22(3):221-9.
 7. Venkatesh AK, Agha L, Abaluck J, Rothenberg C, Kabrhel C, Raja AS. Trends and variation in the utilization and diagnostic yield of chest imaging for medicare patients with suspected pulmonary embolism in the emergency department. *AJR Am J Roentgenol.* 2018;210(3):572-7.
 8. Sharma S, Lucas CD. Increasing use of CTPA for the investigation of suspected pulmonary embolism. *Postgrad Med.* 2017;129(2):193-7.
 9. Costa AF, Basseri H, Sheikh A, Stiell I, Dennie C. The yield of CT pulmonary angiograms to exclude acute pulmonary embolism. *Emerg Radiol.* 2014;21(2):133-41.
 10. Costantino MM, Randall G, Gosselin M, Brandt M, Spinning K, Vegas CD. CT angiography in the evaluation of acute pulmonary embolus. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(2):471-4.
 11. Shahriar Z, Stephan R, Shweta M, Arun S, Mathew T, Brijal P, et al. Could the number of CT angiograms be reduced in emergency department patients suspected of pulmonary embolism? *World J Emerg Med.* 2012;3(3):172-6.
 12. Mountain D, Keijzers G, Chu K, Joseph A, Read C, Blecher G, et al. RESPECT-ED: Rates of pulmonary emboli (PE) and sub-segmental PE with modern computed tomographic pulmonary angiograms in emergency departments: a multi-center observational study finds significant yield variation, uncorrelated with use or small PE rates. *PLoS ONE.* 2016;11(12): e0166483.
 13. Van Es J, Douma RA, Schreuder SM, Middeldorp S, Kamp-huisen PW, Gerdes VEA, et al. Clinical impact of findings supporting an alternative diagnosis on CT pulmonary angiography in patients with suspected pulmonary embolism. *Chest.* 2013;144(6):1893-9.
 14. Anjum O, Bleeker H, Ohle R. Computed tomography for suspected pulmonary embolism results in a large number of non-significant incidental findings and follow-up investigations. *Emerg Radiol.* 2019;26:29-35.
 15. Richardson S, Cohen S, Khan S, Zhang M, Qiu G, Oppenheim MI, et al. Higher imaging yield when clinical decision support is used. *J Am Coll Radiol.* 2020;17(4):496-503.
 16. Ozakin E, Kaya FB, Acar N, Cevik AA. An analysis of patients that underwent computed tomography pulmonary angiography with the prediagnosis of pulmonary embolism in the emergency department. *ScientificWorldJournal.* 2014;2014:470358.
 17. Ferreira EV, Gazzana MB, Sarmiento MB, Guazzelli PA, Hoffmeister MC, Guerra VA, et al. Alternative diagnoses based on CT angiography of the chest in patients with suspected pulmonary thromboembolism. *J Bras Pneumol.* 2016;42(1):35-41.
 18. Hall W, Truitt S, Scheunemann L. The prevalence of clinically relevant incidental findings on chest computed tomographic angiograms ordered to diagnose pulmonary embolism. *Arch Intern Med.* 2009;169(21):1961-5.