

폐동맥 혈전색전증의 영상과 해석

성균관대학교 의과대학, 삼성서울병원 영상의학과

성연미, 이경수

Pulmonary Thromboembolism : Imaging and Interpretation

Yon-Mi Sung, Kyung-Soo Lee

*Department of Radiology, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine*

We list the imaging modalities currently used to diagnose pulmonary thromboembolism and describe the pertinent imaging features of acute and chronic pulmonary thromboembolism.

서 론

폐동맥 혈전색전증은 폐 이외의 다른 혈관계에서 형성된 혈전이나 여러 가지 이물질들이 정맥혈을 통해 폐동맥에 유입된 후 폐동맥혈의 흐름을 차단하는 것을 말한다. 하지의 심부정맥에서 발생한 혈전이 가장 흔한 원인이며 90% 이상을 차지한다. 특히, 슬와정맥(popliteal vein) 상부의 하지 정맥에서 발생하는 경우가 흔하다. 미국에

서 한 해에 발생하는 급성 폐동맥 혈전색전증 환자는 약 600만 명에 달하며 그 중 6만 여명이 사망하는 것으로 추정한다¹⁾. 다른 연구에 의하면 미국 인구 10만 명당 69명에서 급성 폐동맥 혈전색전증이 발생한다고 보고하였다²⁾. 한국에서도 본 질환은 증가 추세에 있으며, 적절한 시기에 항응고 치료를 하면 사망률은 10% 이하로 현저히 감소될 수 있다.

임상적으로는 늑막성 흉통(pleuritic chest pain), 객혈 혹은 흉수 양에 비해 매우 심한 호흡곤란 등을 호소하는 환자에게서 의심해 볼 수 있으며, 가장 효과적인 선별검사는 말초혈액 내 D-dimer 측정으로 음성 예측도가 95% 이상으로 매우 높다^{3),4)}. 폐

교신저자 : 이 경 수

우135-710 서울시 강남구 일원동 50
성균관대 삼성서울병원 영상의학과
전화 : 02-3410-2511, Fax : 02-3410-2559
E-mail : kslee@smc.samsung.co.kr

동맥 혈전색전증을 진단하기 위한 영상 기법에는 단순 흉부 촬영(chest radiograph), 방사성 동위원소 주사법(폐환기-폐관류 주사법), 폐혈관 조영술(pulmonary angiography), 전산화 단층 촬영(CT), 자기 공명 영상(MRI) 등이 있다.

본 론

1. 단순 흉부 촬영(Chest radiograph)

단순흉부촬영 소견으로는 폐하부에 발생하는 무기폐(atelectasis), 폐경결(consolidation), 흉막에 넓은 부위가 닿아 있고 잘라진 원뿔(truncated cone) 모양의 음영증가(Hampton's sign) 혹은 썩기 모양의 음영이 있다. 이러한 폐음영 증가는 병리조직학적으로 출혈을 동반한 폐경결로 실제 폐경색은 10% 이하인데 그 이유는 폐혈관 공급이 기관지 동맥과 폐동맥의 이중 혈관 분포이기 때문이다. 이러한 폐음영은 호전되면서 점차 변연부의 음영부터 좋아져서 나중에는 선상의 음영으로 남는 경우가 흔하다(melting iceberg sign). 그 외에 흔한 소견은 아니지만 공동(cavity)을 형성하는 경우가 있다. 폐음영 이외에도 폐용적의 감소, 무기폐에 의한 선상 음영, 횡격막 상승, 흉막 삼출, 확장된 중심부 폐동맥(Fleischner's sign), 주변부 폐실질의 혈관 감소(Westermark's sign)가 특징적 소견이다⁵⁾. 흉막 삼출액이 환자의 50% 정도에서 보이며, 일측성이 양측성보다 흔하다. 이러한 흉부 사진 소견은 80-90%의 환자에서 나타나지만 비특이적인 소견이 주를 이룬다. 단순흉부촬영 소견만으로 폐동맥 혈전색전증 진단시 민감도(sensitivity)는

33%, 특이도(specificity)는 59%로 모두 낮기 때문에 다른 영상 기법이 요구된다.

2. 방사성 동위원소 주사법(폐환기-폐관류 주사법)

최근까지 폐동맥 혈전색전증의 진단에 이용되어오는 고식적인 검사 방법으로 병변의 심한 정도 파악이나 재관류의 범위를 평가하는 추적 검사 및 증상 재발시의 진단 방법으로 유용한 진단 방법이다. 관류 주사(perfusion scan)에는 99mTc-MAA (Technetium-99m-labeled macroaggregated human serum albumin)을 사용한다^{6),7)}. 환기 주사(ventilation scan)는 133Xe(xenon gas)를 가장 많이 사용하고 그밖에 99mTc-DTPA aerosol, 81mKrypton gas, 127Xe gas를 사용할 수 있다⁸⁾. 관류 주사에서 음영 결손을 보이고 환기 주사에서 정상일 때 폐동맥 색전증이라고 진단할 수 있다.

방사성 동위원소 주사법의 진단은 음영 결손의 범위에 따라 normal(very low probability), low probability, intermediate probability, high probability의 4개의 범주로 나뉘어진다⁹⁾. 그러나 high probability는 88%의 높은 진단의 정확도(accurate rate)를 보여 폐환기-폐관류 주사법이 좋은 검사법이 되지만, low 또는 intermediate probability는 50% 미만의 낮은 진단의 정확도(accurate rate)를 가진다⁹⁾. 따라서 폐동맥 혈전색전증의 진단에 중요한 역할을 하고 있고 보편적으로 사용되어온 방사성 동위원소 주사법이 판독의 어려움과 일관성 없는 특이도 때문에 다른 영상기법을 필요로 하게 되었다. 최근 CT 장비의 기술적 발전으로 helical CT scan을 일차적 영상 기법(first

diagnostic choice of imaging modality)으로 시행하는 의료기관이 증가하는 추세에 있다¹⁰⁾.

3. 폐동맥 혈관조영술

폐동맥 혈전색전증의 표준 검사법(diagnostic gold standard)으로 여겨져 왔다. 이 방법은 기술적으로 적절하게 확대(magnification)하고 선택적 혈관 조영을 하고 디지털 감산 조영술을 적용했을 때 혈관 내 혈전물물 0.5mm 크기까지 발견할 수 있다. 급성 폐동맥 혈전색전증의 폐동맥 조영술 소견에는 혈관 내 충만 결손과 폐동맥의 조영이 절단되는 소견(cutoff of the radio-opaque stream)들이 있는데 전자가 좀 더 신빙성 있는(reliable) 소견이다^{11,12)}. 대부분의 급성 폐동맥 색전증은 후유증(sequelae) 없이 완전히 회복되지만 소수에서는 만성 폐동맥 혈전색전증으로 진행하기도 한다. 만성 폐동맥 혈전색전증의 소견으로는 맹낭 결손(pouching defect), 물갈퀴(web), 띠 모양(bands), 불규칙한 혈관 내막, 급격한 혈관 내강의 감소, 완전 혈관 폐색 등이 있다^{13,14)}.

그러나 침습적 검사 방법으로서 숙련된 의사가 시술하는 경우 낮은 사망률(modality)을 보이지만 조영제 과민반응, 심장 손상, 부정맥, 심근 천공, 심정지, 호흡 정지, 서혜부 출혈, 반복적 심실부정맥(recurrent ventricular arrhythmia) 등의 여러가지 합병증을 동반할 수 있다¹²⁾. 따라서 비침습적 검사 방법이 요구되어 현재는 나선형 CT가 폐동맥 혈전색전증의 진단에 많이 이용되고 있다.

4. 전산화단층촬영 혈관조영술(CT angiography and indirect CT venography)

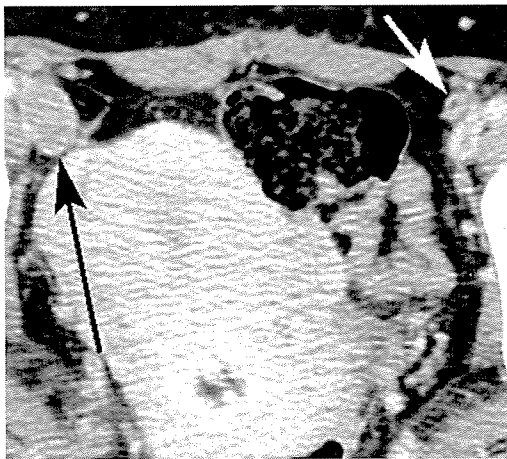
폐동맥 혈전색전증은 빠르고 정확한 진단과 즉각적인 치료가 필요한 질환임에도 불구하고 비특이적인 임상 증상, 단순흉부촬영 소견의 비특이성, 방사성 동위원소 주사법의 해부학적 해상도의 낮음, 혈관조영술의 침습성 등의 문제점 때문에 지금까지의 여러 영상기법이 폐동맥 혈전색전증 진단에 한계를 가지고 있다. 1980년대 말부터 helical CT가 방사성 동위원소 주사법을 대체하는 영상 기법으로 대두되다가¹⁵⁾, 현재는 폐혈관 혈전색전증의 진단에 있어 방사성 동위원소 주사법을 능가하는 검사이며 더 나아가 일차적 영상 기법(imaging method of choice)이 되고 있다¹⁶⁾. 최근에는 16 slice multidetector CT의 보급으로 더욱 빠른 검사 시간과 충분한 조영증강이 가능해 졌으며 동시에 thin-



[그림 1] 폐동맥 혈전색전증의 전산화단층촬영 소견. 우측 하엽과 중엽을 공급하는 폐혈관 내 색전을 보여주는 충만결손(화살표들)이 보임.

section(1.25-mm) slice scan을 얻을 수 있다(17,18).

폐동맥 혈전색전증의 전산화단층촬영 소견은 다음과 같다^{19),20)}. 급성 폐동맥 혈전색전증의 경우, 중심성 혹은 주변부의 충만 결손이나 완전 충만 결손(그림 1), 혈관내 혈괴(intraluminal clot)가 혈관강 내에서 떠다니는 소견(railway tract sign), 폐쇄된 혈관의 확장이 있다. 폐실질 병변으로는 흉막 기저부 폐실질의 썩기형 음영이 비교적 특징적인 소견이며 그밖에 선상의 음영이나 무기폐 등이 있다. 만성 폐동맥 혈전색전증의 경우, 충만결손이 편심성(eccentric)으로 위치하고 혈관벽과 둔각을 이루며 납작한 모양을 가진다. 혈관벽은 불규칙하거나 결절성이며 혈관의 굵기가 급격한 감소를 보일 수 있다. 흔한 소견은 아니지만 웹(web)이나 띠(bands)가 보일 수도 있다. 대개 폐동맥 고혈압이나 폐성심(cor pulmonale)이 있으므로 우심방과 우심실의 크기 증가, pulmonary trunk



[그림 2] 전산화단층을 이용한 간접 정맥조영술(Indirect CT venography). 양측 external iliac vein 내 정맥혈전(화살표들)이 보임.

나 주폐동맥의 확장이 동반되어 있다. 폐실질 병변은 급성 폐동맥 혈전색전증에 비해 특징적이라고 할 수 있는데 기관지 확장증, 실질내 폐혈관의 불규칙한 경계, 모자이크양 음영을 보이기도 한다.

Indirect CT venography는 helical CT의 빠른 검사 시간의 장점을 이용하여 CT pulmonary angiography를 한 후, 조영제의 효과를 이용하여 바로 이어서 하지 정맥 및 복부 정맥의 혈전 유무를 검사할 수 있으므로 매우 편리하며 진단율도 높은 편이다(그림 2). 최근 보고에 의하면 민감도와 특이도가 각각 93-97%, 97-100%이다^{21),22)}. 조영제 주입 시작 3-4분 후에 시행하며 슬관절에서 하대정맥 까지 포함시킨다. 심부정맥 혈전을 진단하기 위해서는 주위의 림프절, 근육이나 인대조직, 신경, 슬와낭 등 정맥 외의 구조물과의 감별에 주의해야 하며 gonadal, internal iliac, greater saphenous, deep femoral, lesser saphenous vein 등의 조영 정도가 정상적으로도 낮아 정맥내 혈전으로 오인될 수 있음을 인지하여야 한다. 이처럼 helical CT는 폐동맥 혈전색전증이 의심되는 환자에서 그 위험인자인 심부하지정맥 혈전증을 함께 진단할 수 있으며 두가지 질병이 모두 있을 때 진단의 정확성이 높아질 수 있다.

5. 자기공명영상 혈관 조영술(Magnetic Resonance Imaging Angiography)

비침습적인 방법이며 방사선 영향이 없는 장점으로 인해 폐동맥 색전증의 진단에 대한 연구가 진행되고 있는 분야이다. 폐동맥 내의 색전 자체를 충만 결손의 형

태로 보여주면서 환기와 관류 상태 역시 보여주는 장점이 있다^{23),24),25)}.

결 론

폐동맥 색전증은 정확히 진단하고 신속히 치료하지 않으면 사망에 이르는 치명적인 질병이다. 그러나 대부분의 환자가 내원 당시 비특이적 증상을 호소하기 때문에 진단이 늦어지는 경우가 많다. 뿐만 아니라 폐동맥 색전증을 강력히 의심한다 하더라도 혈액 검사, 다양한 방사선학적 검사, 그리고 방사성 동위 원소 검사에서 비특이적 소견으로 나타나거나 위양성(false-positive) 또는 위음성(false-negative)으로 보이는 경우가 많이 있고 검사 소요 시간이 길거나 검사 자체가 금기증(contra indication)으로 제한되는 등 임상적 진단을 객관적으로 뒷받침할 만한 진단적 영상 기법에 있어 많은 논란이 되어 온 것이 사실이다. 그러나 최근 helical CT scan의 발달로 짧은 시간 내에 폐혈관 내의 충만 결손으로 나타나는 혈전색전증을 세분절(subsegmental) 폐동맥 부위까지 진단할 수 있게 되었다. 따라서 대부분의 대형병원 또는 대학병원에서 이미 폐혈관 조영술을 대치하고 있으며 방사성 동위 원소 주사법에 앞서 시행되고 있는 추세이다.

결론적으로, helical CT scan은 다양한 영상 기법 중에서 가장 정확하고 신속한 검사법으로서 폐동맥 혈전색전증의 일차적 진단적 영상 기법이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Anderson FA, Wheeler HB, Goldberg RJ, et al. A population-based perspective of the hospital incidence and case-fatality rates of deep vein thrombosis and pulmonary embolism: The Worcester DVT study. *Arch Intern Med* 1991;151:933-938
2. Silverstein MD, Heit JA, Mohr DN, Petterson TM, O'Fallon WM, Melton LJ. Trends in the incidence of deep vein thrombosis and pulmonary embolism. *Arch Intern Med* 1998;158:585-593
3. Stein PD, Terrin ML, Hales CA, et al. Clinical, laboratory, roentgenographic, and electrocardiographic findings in patients with acute pulmonary embolism and no pre-existing cardiac or pulmonary disease. *Chest* 1991;100:598-603
4. Chunilal SD, Brill-Edwards PA, Stevens PB, et al. The sensitivity and specificity of a red blood cell agglutination D-dimer as venous thromboembolism when performed of venous blood. *Arch Intern Med*. 2002; 13:241-246
5. Worsley DF, Alavi A, Aronchick JM, Chen JT, Greenspan RH, Ravin CE. Chest radiographic findings in patients with acute pulmonary embolism: observations from the PIOPED Study. *Radiology* 1993;189:133-136
6. Sostman HD, Coleman RE, DeLong DM, Newman GE, Paine S. Evaluation of revised criteria for ventilation-perfusion scintigraphy in patients with suspected

- pulmonary embolism. *Radiology* 1994; 193:103-107
7. Miniati M, Pistolesi M, Marini C, et al. Value of perfusion lung scan in the diagnosis of pulmonary embolism: results of the Prospective Investigative Study of Acute Pulmonary Embolism Diagnosis (PISA-PED). *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154:1387-1393
 8. Alderson PO, Martin EC. Pulmonary embolism: diagnosis with multiple imaging modalities. *Radiology* 1987; 164:297-312
 9. The PIOPED Investigators. Value of the ventilation/perfusion scan in acute pulmonary embolism. Results of the prospective investigation of pulmonary embolism diagnosis(PIOPED). *JAMA* 1990; 263:2753-2759
 10. Han D, Lee KS, Franquet T, Muller NL, Kim TS, Kim H, et al. Thrombotic and nonthrombotic pulmonary arterial embolism: spectrum of imaging findings. *Radiographics* 2003;23:1521-1539
 11. Sagel SS, Greenspan RH. Nonuniform pulmonary arterial perfusion. Pulmonary embolism? *Radiology* 1971; 99:541-548
 12. Greenspan RH. Pulmonary angiography and the diagnosis of pulmonary embolism. *Prog Cardiovasc Dis* 1994;37:93-106
 13. Miller SR, Jackson DC, Sullivan DC, et al. Angiographic evaluation of chronic pulmonary embolism. *Radiology* 1980; 136:301-308
 14. Auger WR, Fedullo PF, Moser KM, Buchbinder M, Peterson KL. Chronic major vessel thromboembolic pulmonary artery obstruction: appearance at angiography. *Radiology* 1992;182:393-398
 15. Katz DS, Loud PA, Bruce D, et al. Combined CT venography and pulmonary angiography: a comprehensive review. *RadioGraphics* 2002; 22: 3S-19S
 16. Ghaye B, Szapiro D, Mastora I, et al. Peripheral pulmonary arteries: how far in the lung does multi-detector row spiral CT allow analysis? *Radiology* 2001; 219:629-636
 17. Jeong YJ, Lee KS, Yoon YC, Kim TS, Chung MJ, Kim S. Evaluation of small pulmonary arteries by 16-slice multidetector computed tomography: optimum slab thickness in condensing transaxial images converted into maximum intensity projection images. *J Comput Assist Tomogr* 2004;28:195-203
 18. Yi CA, Lee KS, Choe YH, Han D, Kwon OJ, Kim S. Computed tomography in pulmonary artery sarcoma: distinguishing features from pulmonary embolic disease. *J Comput Assist Tomogr* 2004;28:34-39
 19. Garg K. CT of pulmonary thromboembolic disease. *Radiol Clin North Am* 2002;40: 111-122
 20. Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D, Deschildre F, Fribourg M, Beregi JP. Spiral CT of pulmonary embolism: Technical considerations and interpretive pitfalls. *J Thorac Imaging* 1997;12:103-117
 21. Coche EE, Hamoir XL, Hammer FD, Hainaut P, Goffette PP. Using dual-

- detector helical CT angiography to detect deep venous thrombosis in patients with suspicion of pulmonary embolism: diagnostic value and additional findings. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176:1035-1039
22. Loud PA, Grossman ZD, Klippenstein DL, Ray CE. Combined CT venography and pulmonary angiography: a new diagnostic technique for suspected thromboembolic disease. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170:951-954
23. Hatabu H, Uematsu H, Nguyen B, Miller WT Jr, Hasegawa I, Gefter WB. CT and MR in pulmonary embolism: A changing role for nuclear medicine in diagnostic strategy. *Semin Nucl Med* 2002; 32:183-192
24. Hatabu H, Tadamura E, Chen Q, et al. Pulmonary ventilation: dynamic MRI with inhalation of molecular oxygen. *Eur J Radiol* 2001; 37:172-178
25. Hatabu H, Gaa J, Kim D, Li W, Prasad PV, Edelman RR. Pulmonary perfusion: qualitative assessment with dynamic contrast-enhanced MRI using ultra-short TE and inversion recovery turbo FLASH. *Magn Reson Med* 1996; 36:503-508