대한방사선의학회지 2000;42:49-55

폐동맥색전증의 진단에서 조영증강 Spiral CT와 폐혈관조영술의 비교 : 돼지에서의 실험적 연구[1]

김혜영[2] · 임정기 · 구진모 · 서준범 · 박선원 · 이 활 · 이선화[2]

목적: 돼지에서 폐동맥색전증을 유발한 후 조영증강 spiral CT와 폐혈관조영술을 시행하여 중심부 및 말초부 폐동맥색전증의 진단에서 양자의 진단적 가치를 비교하고자 하였다.
대상 및 방법: 돼지 5 마리에 색전물(곤약)로 폐동맥색전증을 유발한 후 조영증강 spiral CT와 폐혈관조영술을 시행하였다. 폐동맥을 중심부와 말초부로 나누고 3명의 흉부방사선과의가 각각의 필름에 폐동맥색전증의 위치를 표시하고 각각의 결과를 병리표본과 비교하였다.
결과: 병리표본에서 총 85개의 색전물을 발견하였고 spiral CT에서 평균 78개(88.2%)를 폐혈관조영술에서 65개(76.5%)를 발견하였다. 중심부혈관에서 CT의 민감도는 95%, 특이도는 100%였고, 폐혈관조영술은 각각 89%, 100%였다. 말초부 혈관에서 CT의 민감도는 88%, 특이도는 99%였으며 폐혈관조영술에서는 각각 64%, 100% 였다.
결론: 조영증강 spiral CT는 중심부와 말초부 폐동맥색전증의 진단에 있어 폐혈관 조영술에 비하여 높은 민감도와 특이도를 보이며, 폐동맥색전증의 진단에 있어 매우 유용한 검사법이다.

폐동맥색전증은 치료하지 않은 경우 사망률이 약 30%인 치명적인 질환으로 조기 진단하여 치료하면 사망률을 8%까지 낮출 수 있으나 항응고 치료 자체도 약 15% 정도의 환자에서 출혈 등의 합병증이 있으므로 정확한 진단이 필요하다(1,2). 그러나, 폐동맥색전증은 임상 발현이 다양하고 방사선학적으로 비특이적인 소견을 보이며 비침습적이고 정확한 진단이 가능한 방법이 부족하여 진단이 어렵다. 폐혈관조영술은 폐동맥색전증의 표준 검사법으로 알려져 있으나 검사의 이환율과 사망률이 2% 정도이고 금기증이거나 환자의 거부 등으로 시행이 불가능한 경우가 20% 정도이다 (3), spiral CT 혹은 electronbeam CT는 중심부 폐동맥색전증의 진단에 있어 민감도와 특이도가 90% 이상이며 주폐혈관 내의 색전물을 직접 관찰할 수 있으므로 현재 폐동맥색전증의 진단법으로 각광받고 있으며(4-8), 급성 폐동맥색전증 환자의 선별 검사법으로 조영증강 spiral CT 가 환기-관류 스캔을 대치할 수 있을 것이라고 한 보고도 있다 (9).

본 연구는 돼지에서 폐동맥색전증을 유발한 후 조영증강 spiral CT와 폐혈관조영술을 시행하여 중심부 및 말초부 혈관 폐동맥색전증의 진단에 있어 양자의 진단적 가치를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

실험 동물로 생후 2-3 개월, 무게 약 15-20kg 의 돼지(Yorkshire) 5마리를 사용하였다. 색전물은 전산화단층촬영술을 시행하였을 때 저음영 (20 - 25 HU) 을 보이며, 혈전보다 혈관주입이 수월하며, 병리 표본에서 발견이 용이한 식료품 곤약(구약분 3%)을 이용하였다. 곤약을 대롱을 이용하여 지름 0.3cm, 길이 1.5cm의 크기로 자른 후 마르지 않도록 식염수에 보관하였다.

돼지의 둔부에 Ketamin hydrochloride (Ketara®; Yuhan Yanghang, Seoul, Korea) 10mg/kg과 zylazine hydrochloride (Rompun®; Bayer Korea, Seoul, Korea) 4 mg/kg을 근육 주사하여 마취 유도한 후, 귀정맥에 22G 혈관 카테타를 삽입하고 thiopental sodium (Penthotal®; Choong Wae Pharmacy, Seoul, Korea)을 5-10mg/kg 정맥 주입하여 마취를 유지하였다. 마취 유도 후 6.5mm의 내경의 기관 삽관을 시행하였고 돼지의 자발적 호흡을 유지시켰다.

돼지를 앙와위로 하고 투시하에서 22G 혈관 카테타가 삽입된 귀정맥을 통하여 10ml 의 조영제 (Ultravist 300®, Sche-r-ring, Germany)를 주입하면서 돼지의 좌측 혹은 우측 내경정맥의 위치를 확인하여 Seldinger 법으로 내경정맥을 천자한 후 7F 부터 12F의 확장기로 확장하여 12F duo hemostasis introducer (Diag St. Jude medical company, Brussel, Belgium)를 삽입하고 그 끝을 상대정맥이 우심방으로 들어가는 곳에 위치

[1]서울대학교의과대학 방사선과학교실, 서울대학교의학연구원 방사선의학연구소
[2]이화의대 목동병원 진단방사선과학교실
이 논문은 1999년 7월 5일 접수하여 1999년 9월 30일에 채택되었음.

시켰다. 준비된 색전물을 안내도관을 통하여 체중 1kg 당 1개씩, 한 마리에 15 - 20 개, 총 94개의 색전물을 주입하여 폐동맥색전증을 유발하였다.

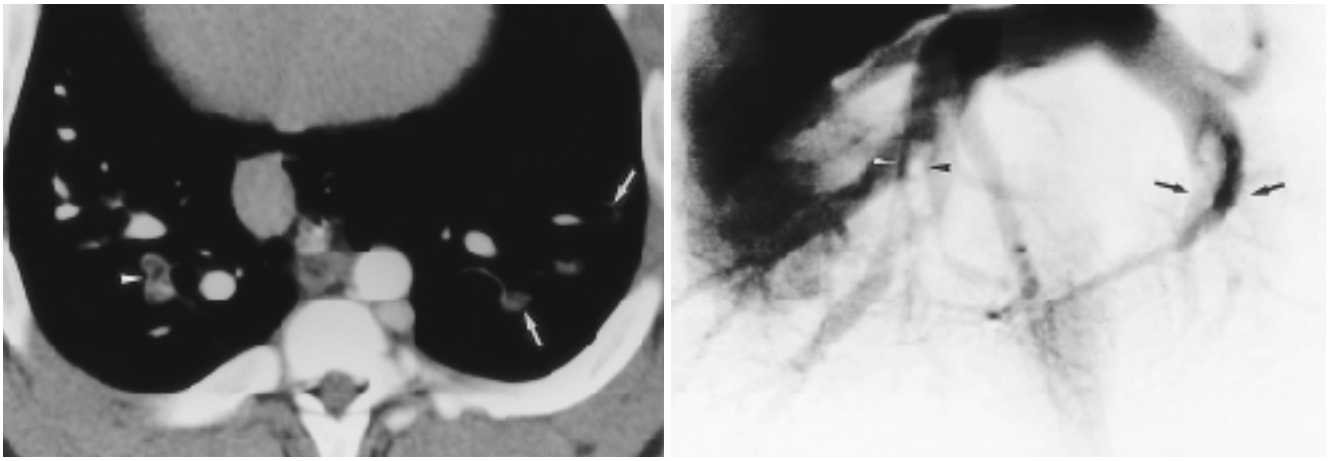
돼지를 앙와위로 한 후 Somatom-plus 4 scanner (Sie-mens, Erlangen, Germany)에서 succinylcholine 10 mg을 정맥 주사하여 호흡 정지 상태로 한 후에 80ml의 조영제 (Ultravist 300®, Scherring, Germany)를 자동 주입기로 내경정맥에 삽입된 안내도관을 통하여 초당 3ml 씩 주입하며 6초 지연 후 3-mm collimation, 4-mm table feed/0.75sec으로 폐 첨부에서 하부까지 두미 방향으로 spiral CT를 촬영하고 2-mm reconstruction 하였다.

Spiral CT를 촬영한 후 10분에서 1시간 이내 (평균 30분)에 Tolydoros-80 system (Siemens, Erlangen, Germany)에서 5F pig-tail catheter (Cook, Bloomington, IN)를 상대정맥을 통하여 주폐동맥에 위치시키고 succinylcholine 10mg을 정맥 주사 후 조영제 (Ultravist 300®)를 초당 10ml 씩 2초간 주입하면서 초당 3 frame으로 전후, 우전사위와 좌전사위35도의 방향으로 폐혈관조영술을 시행하였다.

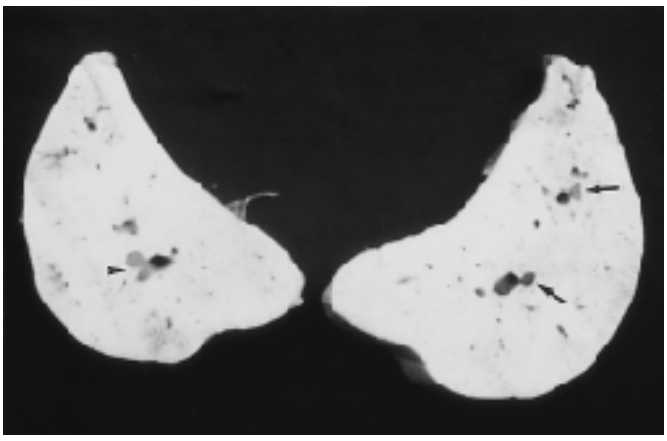
조영증강 spiral CT 및 폐혈관조영술을 시행한 후 과량의 thiopental sodium을 주입하여 돼지를 희생시켰다. 폐장을 적출한 후 폐동맥 내부의 색전물의 이동을 방지하기 위하여 주폐동맥의 기시부를 결찰하였다. Markarian 등(10)의 방법을 이용하여 폐장을 고정하였다. 건조된 상태의 고정된 폐를 횡축으로 1cm 간격으로 절단하여 기관지를 따라 위치한 폐동맥 내부의 색전물을 찾아 위치를 표시하였다. 한 마리의 돼지에서 좌측 폐에 폐렴소견이 있어 대상에서 제외하고 9개의 폐에서 색전물의 위치를 확인하였다.

폐동맥을 중심부와 말초부로 나누고 중심부는 주폐동맥에서부터 3분지까지로 정의하였고, 4분지 이하 부위는 말초부로 정의하였다. 폐동맥색전증은 폐동맥 내부에 저음영의 충만결손이 있거나 폐동맥의 폐쇄소견이 있을 때로 정의하였다.

조영증강 spiral CT 를 mediastinal window setting (592/62)으로 필름화하고 촬영된 폐혈관조영술을 필름화하여 조직표본 결과를 모르는 3 명의 흉부방사선과의가 색전물이 있다고 생각되는 부위에 각각 색연필로 표시하였다. 조직표본에서 얻어진 색전물의 위치와 각 관찰자의 조영증강 spiral CT와 폐혈관조영술의 결과를 비교하였다. 폐동맥을 결찰하였으나 색전물이 이동하였을 가능성을 염두에 두고 색전물의 길이가 1.5cm이므로 1.5cm 내에 위치한 색전물은 동일한 것으로 간주하였다.



A B



C

Fig. 1. Experimental pulmonary emboli in the pig I.
A. Contrast-enhanced spiral CT scan shows filling defects (arrowhead and arrows) within pulmonary arteries corresponding to C.
B. Pulmonary angiography shows a filling defect in right central pulmonary artery with a saddle appearance (arrowheads) and filling defect in left pulmonary arteries (arrows).
C. Photograph of the cut-surface of the lung at the level of the CT scan (A) shows yellowish embolic materials within third (arrowheads) to fourth order (arrows) pulmonary arteries accompanying bronchi.

결 과

병리표본 상 중심부에 108개와 말초부에 214개, 총 322개의 폐혈관을 인지 할 수 있었고, 이 중 중심부에 43개, 말초부에 42개로 총 85개의 색전물을 확인하였다. 상엽에 12개, 하엽에 70개, 심엽(cardiac lobe)에 3개의 색전물이 있었다 (Fig. 1).

조영증강 spiral CT에서 평균 중심부에 41개(95%), 말초부에 37개(88%)로 총 78개(92%)의 색전물을 발견하였다 (Table 1). 폐혈관조영술에서는 중심부에 38개(89%), 말초부에 27개(64%)로 총 65개(76%)를 발견하였다 (Table 2).

조영증강 spiral CT상에서 진단하지 못하였던 경우는 횡축면과 같은 방향으로 주행하는 혈관 내부의 색전물을 인지하지 못하였던 경우가 관찰자 1, 2, 3에서 각각 2개, 4개, 3개 (평균 3개) (Fig. 2), 혈관벽에 색전물이 붙어 있어 인지하지 못하였던 경우가 관찰자 모두에서 각각 2개씩이었고 (Fig. 3), 나머지는 비교적 쉽게 보이는 폐색전물을 간과한 경우였다. 색전물로 오진하였던 경우는 관찰자 1이 1예에서 조영되지 않은 정맥을 폐색전으로 진단하였고, 관찰자 3이 주변의 폐실질의 변화를 폐색전으로 오인한 경우 (Fig. 4)가 1예 있었다. 그러나, 대부분의 경우 횡축면과 같은 방향으로 주행하는 혈관 내의 색전물의 인지가 가능하였다 (Fig. 5).

폐혈관조영술에서는 주폐동맥에 있는 색전물을 충만 결손으로 인지하지 못하였으며 근위부에 폐쇄가 있는 경우에 원위부의 혈전은 조영증강 spiral CT 에서와는 달리 인지할 수 없었다. 큰가지에서 여러 가지로 분지하는 돼지의 혈관 구조를 파악하지 못하여 색전물을 발견하지 못하였다 (Fig. 6). 그러나, 색전물이 아닌 것을 색전물로 오인한 경우는 없었다.

조영증강 spiral CT의 폐동맥색전증의 진단에 있어서 민감도, 특이도 및 정확도는 각각 중심부가 95%, 100%, 98%; 말초부가 89%, 99%, 97%; 전체는 91%, 99%, 94%였으며 (Table 3), 폐혈관조영술에서는 각각 중심부가 89%, 100%, 95%; 말초부가 64%, 100%, 93%; 전체는 77%, 100%, 91%로 spiral CT에 비하여 특이도를 제외하고 모두 낮았다 (Table 4).

Table 1. Detection of Pulmonary Embolism on Contrast-enhanced Spiral CT Scan

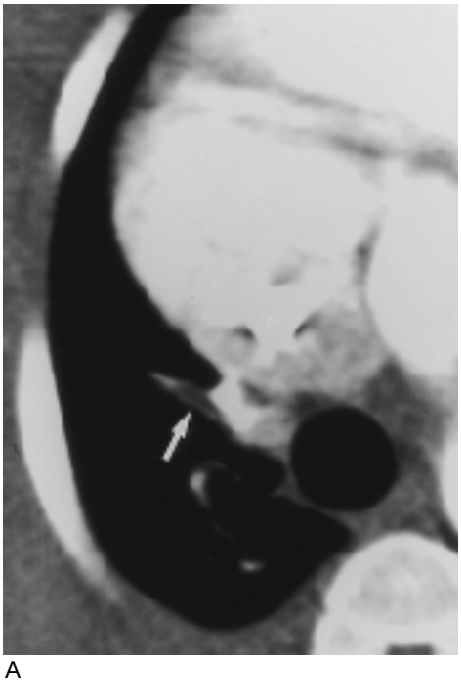
	Central	Peripheral	Total
No. of emboli on pathology	43(100)	42(100)	85(100)
CT detection			
Observer 1	41 (95)	37 (88)	78 (92)
Observer 2	40 (93)	36 (86)	76 (89)
Observer 3	41 (95)	38 (90)	79 (93)
Average	41 (95)	37 (88)	78 (92)

Note. Numerics indicate number of emboli. Numerics in parenthesis indicate %.

Table 2. Detection of Pulmonary Embolism on Pulmonary Angiography

	Central	Peripheral	Total
No. of emboli on pathology	43(100)	42(100)	85(100)
CT detection			
Observer 1	39 (91)	26 (62)	65 (76)
Observer 2	36 (84)	27 (64)	63 (74)
Observer 3	39 (91)	28 (67)	67 (79)
Average	38 (89)	27 (64)	65 (76)

Note. Numerics indicate number of emboli. Numerics in parenthesis indicate %.



A

B

Fig. 2. Missed embolus in the transversely oriented vessel on spiral CT.
A. Contrast-enhanced spiral CT scan shows linear filling defect (arrow) in right upper pulmonary artery.
B. Pulmonary angiography reveals a filling defect (arrow) without parenchymal opacification in right upper lobe.

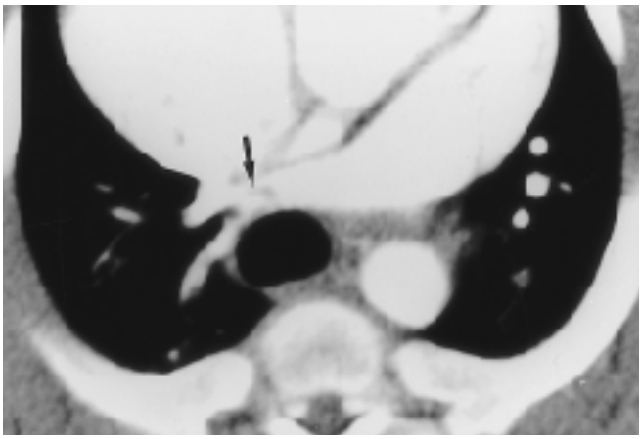


Fig. 3. Missed embolus due to abutting the wall of pulmonary artery on spiral CT. Contrast-enhanced spiral CT scan obtained after induction of pulmonary embolism shows a linear filling defect (arrow) in right pulmonary artery.

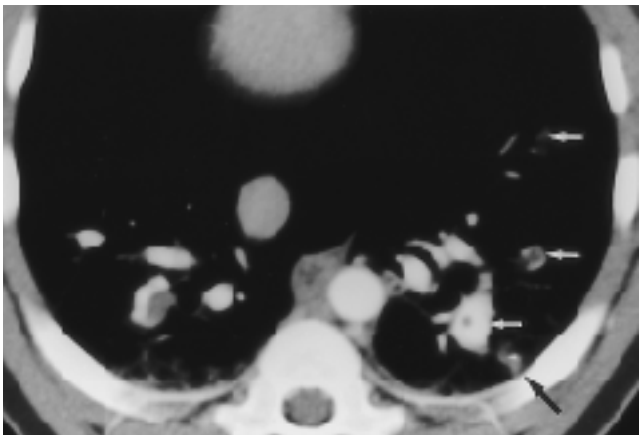


Fig. 4. False-positive embolus due to collapsed lung parenchyma. Contrast-enhanced spiral CT scan shows filling defects in second to fifth order branches (arrows). Note low-attenuation lesion in left lower lobe (long arrow), which was false positive for pulmonary embolus. The low-attenuation lesion was due to focal consolidation of the lung.

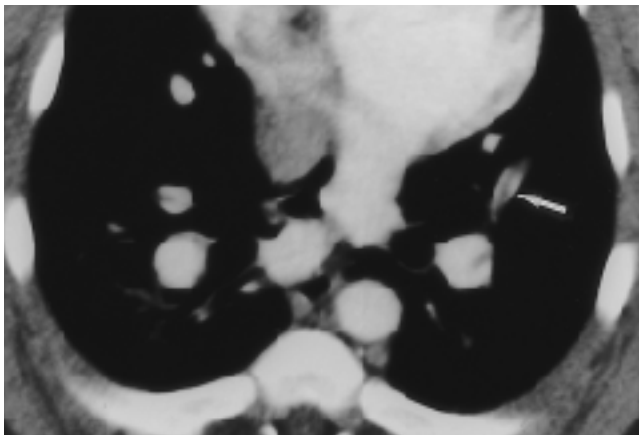


Fig. 5. Emboli in the transversely oriented vessels. Contrast-enhanced spiral CT scan obtained after induction of pulmonary embolism demonstrate filling defect in transversely oriented vessel (arrow) .

Table 3. Sensitivity, Specificity and Accuracy of Contrast-enhanced Spiral CT Scan in the Diagnosis of Pulmonary Embolism

	Central	Peripheral	Total
Observer 1	95/100/98	88/99/97	91/99/94
Observer 2	93/100/97	88/100/97	89/100/94
Observer 3	95/100/98	90/99/97	93/99/95
Average	95/100/98	89/99/97	91/99/94

Note. Numerics indicate sensitivity/specificity/accuracy in %.

Table 4. Sensitivity, Specificity and Accuracy of Pulmonary Angiography in the Diagnosis of Pulmonary Embolism

	Central	Peripheral	Total
Observer 1	91/100/96	62/100/93	79/100/91
Observer 2	84/100/94	64/100/93	74/100/90
Observer 3	91/100/96	67/100/93	79/100/92
Average	89/100/95	64/100/93	77/100/91

Note. Numerics indicate sensitivity/specificity/accuracy in %.

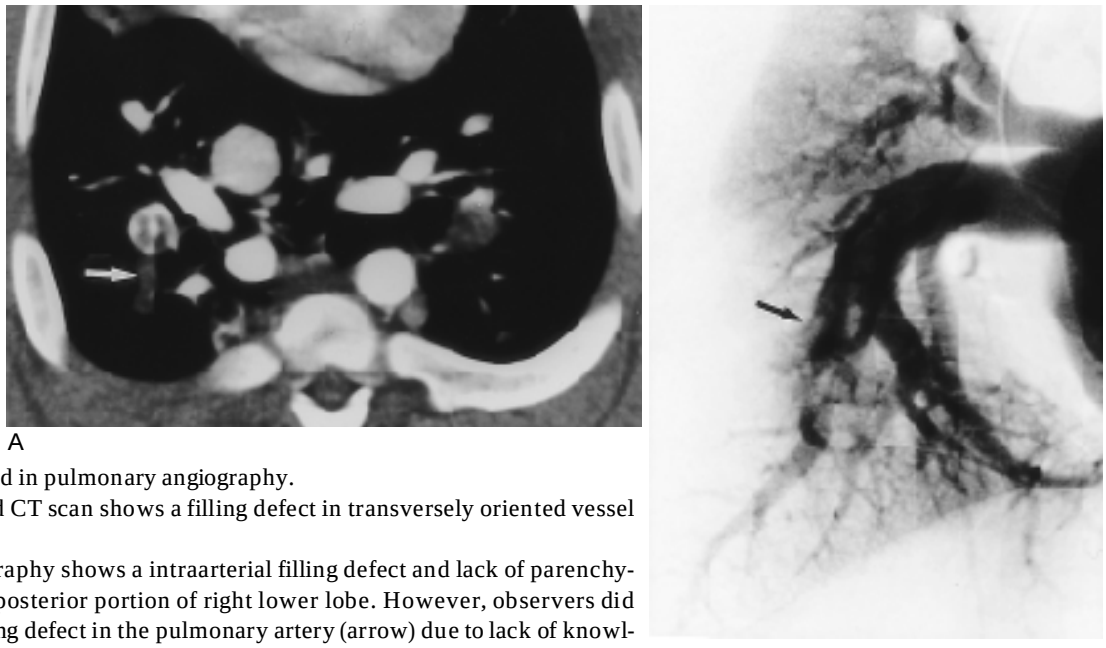
고 찰

폐동맥색전증은 호흡곤란, 흉통, 기침, 객혈, 실신 등 임상 발현이 다양할 뿐 아니라 다른 심폐질환과 유사한 증상을 보이며 방사선학적으로도 비특이적인 소견을 보이므로 진단이 어렵다. 폐동맥색전증의 진단에 폐혈관조영술, 환기-관류 스캔, 전산화단층촬영, 자기공명영상 및 자기공명혈관조영술 등의 다양한 진단법이 이용되고 있으나, 각각 침습성과 정확성을 상반적으로 공유한다. 최근 스캔 기술이 발달하여 단시간에 촬영이 가능한 spiral CT 혹은 electron beam CT (EB-CT)가 폐동맥색전증의 진단에 각광 받고 있다 (1-9).

Stanford 등 (11)은 돼지에 자가혈전을 주입하여 폐동맥의 2번째부터 4번째 분지까지에서 혈전을 찾아 말초부 폐동맥색전증 진단에 있어서 spiral CT가 이용될 수 있음을 시사하였고 Woodard 등 (12)은 개에게 주입한 다양한 크기의 혈전의 약 90%를 spiral CT 상에서 발견하였다. 여러 임상보고에서 spiral CT나 EB-CT로 민감도 65 - 91%, 특이도 78% - 96% 로 폐동맥색전증을 진단하였으며 (4,5,13), 환기-관류 스캔에서 중등도와 저확률인 환자에서 spiral CT로 폐동맥색전증 진단이 가능하였고 환기-관류 스캔상 위음성을 보인 환자에서 중심부 폐동맥색전증을 증명하여 정확한 진단을 할 수 있으므로 spiral CT를 진단 알고리듬에 포함시킬 수 있을 것이라 하였다 (13).

Goodman등은 (14) spiral CT와 폐혈관조영술을 비교하여 spiral CT는 세분절 수준의 동맥을 묘사하기 어려우므로, 폐혈관조영술을 대치하기 어려울 것이라고 하였고, Remy-Jirdin 등은 (15) spiral CT로 세분절 수준 동맥을 적절히 관찰할 수 없으며 분절 동맥의 약 10% 정도는 적절히 분석할 수 없다고 하였다.

일반적으로 폐혈관조영술은 폐동맥색전증 진단의 표준검사법이지만 본 연구에서는 오히려 spiral CT보다 폐혈관조영술



A

B

Fig. 6. Embolus missed in pulmonary angiography.
A. Contrast-enhanced CT scan shows a filling defect in transversely oriented vessel (arrow).
B. Pulmonary angiography shows a intraarterial filling defect and lack of parenchymal opacification in posterior portion of right lower lobe. However, observers did not recognize the filling defect in the pulmonary artery (arrow) due to lack of knowledge of the anatomy of porcine pulmonary vessels.

이 민감도 및 정확도가 낮았는데 그 이유는 혈관 내 색전물 수를 세었으므로 폐혈관조영술에서 근위부의 폐쇄가 있을 경우 원위부의 색전물을 다른 색전물로 인지하지 못하였다. 또한 주폐동맥에 도관을 위치시키고 혈관조영술을 시행하였으므로 말초부의 색전증 진단이 다른 보고보다 낮았다. 돼지는 폐혈관의 분지가 인체와는 달리 매우 다양하여 주가지에서 여러가지가 분지되기 때문에 폐혈관조영술상 혈관이 중첩되어 발견율이 낮았다. 또한 관찰자들이 이러한 돼지의 혈관 구조 변이를 완전히 파악하지 못하여 각각의 혈관으로 인지하지 못하였다. 더 원위부에 카테타를 위치시키고 여러 방향에서 폐혈관조영술을 시행하고 혈관내의 충만결손과 폐쇄뿐 아니라 폐실질의 조영정도를 감안하였다면 진단율이 조금 더 높았을 것으로 생각된다.

폐혈관조영술을 이용한 최근 연구에서 고립된 (isolated) 분절 동맥 이하의 색전증을 약 5 - 36%로 보고하였다 (16). 고식적인 폐혈관조영술에서 분절이하 수준의 색전증 진단에 대한 관찰자간 동의는 매우 낮으며, 엽인 경우 98%, 분절인 경우 95%, 세분절 폐동맥색전증인 경우 66%였다 (3,17). 폐혈관조영술은 조영증강 spiral CT보다 공간 해상능이 좋고 특히 수직으로 주행하지 않는 세분절 혈관 색전증을 관찰하는데 더 유용하지만 관찰자간의 동의가 낮아 이를 평가하는데 어려움이 있으므로 폐혈관조영술도 완벽한 검사법은 아니다 (3,18).

Spiral CT는 혈관 내부의 충만결손을 직접 볼 수 있고 또한 종양이나 방사선조사 후 생긴 혈관의 변화와 같이 폐혈관조영술에서 폐동맥색전증과 유사한 모양을 보이는 다른 흉부질환과 감별할 수 있다 (5,8). 또한 경계가 불분명한 혈전이나 심한 벽재성(mural) 혈전 같이 폐혈관조영술 상 위음성을 보이는 병변을 인지할 수 있다 (5,19). 폐혈관조영술에 비해 덜 침습적인 방법으로 숙련자가 아니어도 적절히 검사할 수 있다. 호흡이 심하게 곤란한 환자의 약 4% 정도는 기술적으로 적절한 검사를 시행할 수 없으나, 환자의 상태가 심하게 나쁘면 폐혈관조영술도 대부분의 기관에서는 시행이 불가능하다 (3,13,20). 본 연구에서는 돼지를 완전한 무호흡 상태로 한 후 검사하여 호흡에 의한 인공음영이 없었고 돼지에 심폐질환이 없으므로 조영증강이 일정하게 되어 색전물의 인지가 다른 연구보다 높았던 것으로 생각된다.

본 연구에서는 자가 혈전 대신에 색전물로 곤약조각을 사용하였는데, 크기를 임의로 조절할 수 있고 주입시에 부서지지 않으며, 혈전의 경도와 유사하며 CT 상에서 낮은 감약 (HU = 20-25)을 나타내므로 급성폐동맥색전증을 진단할 수 있는 조건으로 문제가 없었다. 그러나, 실제 혈전 (HU = 30-70)은 감약이 곤약보다 높으므로 window setting의 적절한 조절은 폐동맥색전증 진단에 필수적이다 (21). 병리 표본에서 자가 혈전에 비해 발견이 용이하므로 추후의 폐동맥색전증을 유발하는 모델로 사용할 수 있을 것 같다.

Spiral CT는 폐혈관조영술에 비하여 폐동맥색전증을 진단하는데 있어 높은 민감도와 특이도를 보였다. 판독의사가 돼지의 혈관 구조에 대한 이해가 부족하고 폐혈관조영술을 시행할 때 주폐동맥에서 조영제를 주입하고 단지 세 방향으로만 촬영하여 복잡한 돼지 폐혈관의 중첩으로 폐혈관조영술 상에서 말초부 색전물을 찾는데 어려움이 있었다. 또한 근위부의 폐쇄가 있는 경우 CT상에서는 그 원위부의 색전물도 인지할 수 있지만 폐혈관조영술상에서는 원위부 색전물은 인지하지 못하여 다른 보고에 비해 진단의 민감도가 낮았다. 그러나, 폐혈관조영술은 위에 열거한 문제점을 극복하였다 하더라도 술기가 복잡하고 장시간이 소요되는데 반하여 spiral CT는 비교적 간단하게 시행할 수 있으므로 폐동맥색전증의 진단에 매우 유용한 방법이라고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Hull RD, Raskob GE, Ginsberg JS, et al. A noninvasive strategy for the treatment of patients with suspectd pulmonary embolism. *Arch Intern Med* 1994;154:289-297
2. Dalen JE, Alpert JS. Natural history of pulmonary embolism. *Prog Cardiovasc Dis* 1975;17:259-270
3. Stein PD, Athanasoulis C, Alavi A, et al. Complications and validity of pulmonary angiography in acute pulmonary embolism. *Circulation* 1992;85:462-468
4. Remy-Jardin M, Remy J, Wattinne L, Giraud F. Central pulmonary thromboembolism: diagnosis with spiral volumetric CT with the single breath hold technique - comparison with pulmonary angiography. *Radiology* 1992;185:381-387
5. Teigen CL, Maus TP, Sheedy FP II, et al. Pulmonary embolism: diagnosis with contrast-enhanced electron-beam CT and comparison with pulmonary angiography. *Radiology* 1995;194:313-319
6. Goodman LR, Lipchik RJ. Diagnosis of acute pulmonary embolism: time for a new approach [Editorial]. *Radiology* 1996;199:25-27
7. Remy-Jardin M, Remy J, Petyt L, Duhamel A, Marchandise X. Diagnosis of acute pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmonary angiography and scintigraphy. *Radiology* 1995; 197(p):303
8. Van Rossum AB, Treuiriet FEE, Kieft GJ, Smith SJ, Schepers-Bok R. Role of spiral volumetric computed tomographic scanning in the assessment of patients with clinical suspicion of pulmonary embolism and an abnormal ventilation/perfusion lung scan. *Thorax* 1996;51:23-28
9. Teigen CL, Maus TP, Sheedy FP II, Johnson CM, Stanson AW, Welch JJ. Pulmonary embolism: diagnosis with electron-beam CT. *Radiology* 1993;188:839-845
10. Markarian B, Dailey ET. *Preparation of inflated lung specimens*. In Heitzman ER, 2nd ed. *The lung: radiologic-pathologic correlations*. St. Louis: Mosby, 1984:4-12
11. Stanford W, Reiners TJ., Thompson BH, Landas SK, Galvin JR. Contrast-enhanced thin slice ultrafast computed tomography for the detection of small pulmonary emboli: studies using autologous emboli in the pig. *Invest Radiol* 1994;29:184-187
12. Woodard, P.K., Sostman, H.D., MacFall, J.R., et al. Detection of pulmonary embolism: comparison of contrast-enhanced spiral CT and time-of-flight MR techniques. *J Thorac Imaging* 1995;10:59-72
13. Remy-Jardin M, Remy J, Dechildre F, et al. Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmoanry angiography and scintigraphy. *Radiology* 1996;200:699-706
14. Goodman LR, Curtin JJ, Mewisen MW, et al. Detection of pulmonary embolism in patients with unresolved clinical and scintigraphic diagnosis; helical CT versus angiography. *AJR* 1995;164: 1369-1374
15. Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D, Deschildre F, Duhamel A. Spiral CT evaluation of peripheral pulmonary arteries: optimization of the acquisition protocol. *Radiology* 1997;204:157-163
16. Woodard PK. Pulmonary arteries must be seen before they can be assessed. *Radiology* 1997;104:11-12
17. 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
18. Garg K, Sieler H, Welsh CH, Johnston RJ, Russ PD. Clinical validity of helical CT being interpreted as negative for pulmonary embolism: implications for patient treatment. *AJR* 1999;172:1627-1631
19. Schwickert HC, Schweden FJ, Schild HH, et al. Pulmonary arteries and lung parenchyma in chronic pulmonary embolism: preoperative and postoperative CT findings. *Radiology* 1994;191:351-357
20. Nicod P, Peterson K, Levine M, et al. Pulmonary angiography in severe chronic pulmonary hypertension. *Ann Intern Med* 1987;107: 565-568
21. Brink JA, Woodard PK, Horesh L, et al. Depiction of pulmonary emboli with spiral CT: optimization of display window settings in a porcine model. *Radiology* 1997;204:703-708

대한방사선의학회지 2000;42:49-55

J Korean Radiol Soc 2000;42:49-55

Comparison of Contrast-enhanced Spiral CT Scan and Pulmonary Angiography in Diagnosing Pulmonary Embolism: An Experimental Study in Pig Models[1]

Hyae Young Kim, M.D.[2], Jung-Gi Im, M.D., Jin Mo Goo, M.D., Joon Beom Seo, M.D.
Sun Won Park, M.D., Whal Lee, M.D., Sun Wha Lee, M.D.[2]

[1]Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine and the Institute of Radiation Medicine, SNUMRC
[2]Department of Radiology, Ewha Womans University Mokdong Hospital

Purpose : The purpose of our study was to compare the diagnostic value of contrast-enhanced spiral CT scanning and pulmonary angiography in detecting central and peripheral pulmonary embolism (PE) in pigs.

Materials and Methods : Experiments were performed in a porcine model of acute pulmonary embolism. Five pigs underwent contrast-enhanced spiral CT and pulmonary angiography after central venous administration of embolic material (Konyak). Three thoracic radiologists read the films and the results were compared with the findings of pathologic specimens.

Results : Of 85 cases of PE detected pathologically, 78 (91.8%) were visible with spiral CT and 65 (76.5%) with pulmonary angiography. Sensitivity and specificity for the detection of central emboli were 95% and 100%, respectively, with spiral CT, and 89% and 100%, respectively, with pulmonary angiography. Sensitivity and specificity for the detection of peripheral emboli were 88% and 99%, respectively, with spiral CT, and 64% and 100%, respectively, with pulmonary angiography.

Conclusion : Contrast-enhanced spiral CT is a very useful method for the diagnosis of both peripheral and central pulmonary embolism. Compared to pulmonary angiography its sensitivity and specificity are high.

Index words : Pulmonary artery, thrombosis
Computed tomography (CT), contrast enhancement
Pulmonary angiography

Address reprint requests to : Jung-Gi Im, M.D., Department of Radiology and the Institute of Radiation Medicine MRC, Seoul National University, College of Medicine, #28, Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul 110-744, Korea. Tel. 82-2-760-2584

2000년도 춘계학술대회 구연초록 제출양식

저 자: _____

소 속:

제 목:

☐ 뇌신경계	☐ 두 경 부	☐ 심혈관계	☐ 흉 부	☐ 중 재
☐ 소화기계	☐ 비뇨생식계	☐ 근골격계	☐ 소 아	☐ 유 방
☐ 핵 의 학	☐ 컴 퓨 터	☐ 기 타		

목 적:

대상및방법:

결 과:

결 론: