

의학 박사학위 논문

관류 CT를 이용한 폐암과  
진행성 거대종괴성 섬유화의 비교

아주대학교 대학원

의학과

권우철

관류 CT를 이용한 폐암과  
진행성 거대종괴성 섬유화의 비교

지도교수 김 선 용

이 논문을 의학 박사학위 논문으로 제출함.

2006년 2월

아 주 대 학 교 대 학 원

의 학 과

권 우 철

권우철의 의학 박사학위 논문을 인준함.

심사위원장 조 재 현 인

심사위원 김 선 용 인

심사위원 주 인 수 인

심사위원 김 태 훈 인

심사위원 이 명 섭 인

아 주 대 학 교 대 학 원

2005년 12월 22일

## 관류 CT를 이용한 폐암과 진행성 거대종괴성 섬유화의 비교

**목적:** 관류 CT를 이용하여 폐암과 진행성 거대종괴성 섬유화(Progressive massive fibrosis, PMF)를 감별하고자 한다.

**대상과 방법:** PMF 환자 13명의 20개의 병변에 대하여 관류 CT 소견을 후향적으로 분석하였다. 역동적 관류 CT 영상 자료를 얻기 위해서 16열 다중검출기 CT를 사용하였고 다중 나선식 획득방식으로 조영 전 영상과 조영제 주입 후 15초, 30초, 45초, 60초, 90초, 120초, 180초, 300초에 촬영하여 원천 영상을 얻었다. 관류 CT는 Volume map과 Washout map을 구현하여 육안적 분석으로 점수를 산정하였으며 폐암 25예의 관류 CT와 비교하였다.

**결과:** PMF 군의 Volume map은 20예 중 19예에서 세 명의 관찰자 모두 중 관류 또는 저 관류이었으며 Washout map에서도 19예의 중간 또는 약한 washout 이었다. PMF 관류 CT에 대한 세 명의 관찰자간 일치도는 통계학적으로 유의하게 높은 수치를 보였다(kappa 값 >0.818,  $p < 0.01$ ). PMF 군은 Volume map에서의 고 관류와 Washout map에서의 강한 washout은 모두 1예(5%)씩 인데 반하여 폐암 군에서는 각각 23예(92%)와 17예(68%)이었고, Chi-square 검정 결과 두 군 간에 통계학적 차이를 보였다(Volume map에서  $\chi^2=38.248$ ,  $p < 0.01$ , Washout map에서  $\chi^2=36.444$ ,  $p < 0.01$ ). Volume map의 고 관류는 폐암의 높은 민감성(92%)과 음적예측도(90%)를 보였고 보완적 기능을 하는 Washout map은 Volume map과 종합할 때 높은 특이성(100%)과 양적예측도(100%)를 보였다.

**결론:** 역동적 CT를 이용하여 관류 CT 영상의 구현이 가능하였으며, 두 가지 관류 지도(Volume map과 Washout map)를 이용한 PMF와 폐암과의 특징적인 소견은 감별에 유용하였다.

---

핵심어 : 관류, CT(computed tomography), 폐암, 진폐증

# 차 례

국문요약 .....	i
차례 .....	ii
그림 차례 .....	iii
표 차례 .....	iv
I. 서론 .....	1
II. 연구대상 및 방법 .....	3
A. 연구 대상 .....	3
B. 관류 CT protocol .....	4
C. 관류 지도의 구현 .....	5
D. 통계학적 분석 .....	6
III. 결과 .....	8
IV. 고찰 .....	18
V. 결론 .....	25
참고문헌 .....	26
ABSTRACT .....	29

## 그림 차례

Fig. 1. Average contrast uptake time curve of PMF .....	8
Fig. 2. A 68-year-old man with PMF had worked as a coal miner for 15 years. ....	14
Fig. 3. A 65-year-old man with lung cancer had worked as a coal miner for 25 years .....	15
Fig. 4. A 68-year-old man with PMF had worked as a coal miner for 20 years .....	16
Fig. 5. A 82-year-old woman with lung cancer .....	17

## 표 차례

Table 1. Data from perfusion CT in patients with PMF .....	8
Table 2. Score from perfusion CT in patients with lung cancer .....	10
Table 3. Number of final score from Volume map in patients with PMF and lung cancer .....	11
Table 4. Number of final score from Washout map in patients with PMF and lung cancer .....	12
Table 5. Number of combined score from Volume map and Washout map in patients with lung cancer and PMF .....	12
Table 6. Number of final score from Volume map and Washout map in patients with lung cancer .....	13

## I. 서 론

폐 종괴에 대하여 영상의학적으로 악성과 양성의 감별은 형태학적 분석에 기초하여 조영제를 이용한 농도의 변화를 분석하는 진화된 방식을 사용한다 (Erasmus 등, 2000). 비교적 움직임이 적은 뇌 또는 유방 병변에서는 자기공명영상(Magnetic resonance image, MRI)이나 전산화 단층촬영(Computed tomography, CT)으로 조영제를 이용한 역동적 연구의 단계를 지나 관류영상이 혈류 평가와 예후 판정에 기여하는 반면 폐 종괴에 대한 관류 영상은 아직 보고된 수가 극히 적다(Hoeffner 등, 2004; Kiessling 등, 2004; El Khoury 등, 2005). 관류 영상은 형태학적 변화 뿐만 아니라 부가적인 정보 즉, 추적자를 이용한 분자 수준에서의 생체 현상을 제공함으로써 그 입지를 높이고 있다(Kostakoglu 등, 1998). 대표적인 방법으로 양전자방출 단층촬영(Positron emission tomography, PET)이 있으나 낮은 해상력과 오랜 검사시간, 그리고 대형센터에서만 가능하다는 단점이 있다. 최근 다중 검출기 CT가 개발되면서 짧은 획득시간, z축에 따른 나아진 해상도 등의 장점을 이용하여 시간의 흐름에 따른 같은 단면의 영상획득이 가능하게 되었다.

진폐증으로 인하여 형성된 진행성 거대종괴성 섬유화(Progressive massive fibrosis, PMF)는 폐의 주변부에서 시작되는 원형 또는 난원형의 1cm보다 큰 염증성 종괴이며 주로 상엽에 대칭적으로 발생한다(Bergin 등, 1986; Kim와 Lynch, 2002). PMF의 영상의학적 소견은 잘 알려져 있지만, 비대칭인 위치에 있거나 내부에 공동이 동반되면 단순촬영과 CT 촬영만으로는 폐암 또는 결핵과의 감별이 어려운 경우가 있고 확진을 위해 조직생검의 절차를 필요로 한다(Matsumoto 등, 1998; Kim와 Lynch, 2002). PMF의 자기공명영상 소견이 보고된 바 있으며 T1 강조영상에서 상반된 신호 강도와 함께 역동적 자기공명영상에서 조영제 투여 후 3분까지 점진적인 조영 증강과 15분까지 plateau를 보이는 조



영 증강 양상이 보고 되었다(Matsumoto 등, 1998; Jung 등, 2000). 그러나 이러한 특징적인 조영 증강 양상을 이용한 관류 지도(perfusion map) 구성은 아직 보고 되지 않았다. 이 연구의 목적은 다중 검출기 CT를 이용하여 폐 종괴의 역동적 영상을 획득하여 관류 영상을 재구성한 후, 폐암과 PMF의 관류 영상을 비교하여 감별 진단할 수 있는지 알아보려고 하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

### A. 연구 대상

대상군은 2004년 10월부터 2005년 8월까지 PMF의 확진을 위해서 의뢰된 환자 중에서 13명을 대상으로 하였고 그 중 1명은 3개, 5명은 2개, 그리고 7명은 1개씩, 총 20개의 종괴를 후향적으로 분석하였다. 병변이 2개 이상인 6명에서는 비대칭이거나 추적 검사에서 크기의 변화가 의심되는 종괴를 선택하여 조직검사를 시행하였다. 경기관지내시경 조직검사는 3예, CT 유도 생검술 3예를 시행하였다. 그 외의 7개의 병변은 CT 기준에 입각하여 진단하였다(Bergin 등, 1986; Kim와 Lynch, 2002). 나머지 7명의 각 1개씩의 병변에 대해서는 경기관지내시경 조직검사는 4예, CT 유도 생검술 3예를 시행하였다. 장기간 광업에 종사한 과거력이 있는 자가 단순흉부촬영상 또는 외부 CT에서 1cm 이상의 대음영이 보이며 주변에 폐기종을 동반하는 특징적인 영상소견을 보이고 확진 검사로 얻은 조직에서 폐암의 증거가 없이 탄분증, 섬유반흔, 그리고 비특이적 염증세포의 침윤이 있는 경우를 PMF로 확진하였다. 동시에 시행한 객담검사서 결핵에 대한 도말 음성 반응과 배양 음성 결과를 확인하여 결핵의 가능성을 배제하였다. 대상 환자는 남자 12명, 여자 1명이었고 나이는 61세에서 79세까지로 평균연령 67.8세(SD 4.6세)였다. 환자들은 광산에서 일한 기간이 15년부터 30년까지 평균 기간 20.8년이었다. PMF는 우상엽, 좌상엽, 우중엽, 우하엽, 그리고 좌하엽에서 각각 9, 6, 1, 2, 그리고 2개의 병변이 있었다.

대조군으로서 폐암 환자는 2005년 3월부터 2005년 8월까지 병리학적으로 확진된 25명(경기관지내시경 조직검사 20예, CT 유도 생검술 5예)으로 하였고, 남자 21명, 여자 4명이었으며 나이는 48세에서 82세까지 평균연령 70.2세(SD 9.2세)였다.

다음과 같이 역동적 CT 촬영에 협조가 안 되는 환자, 촬영 도중 심한 움직임이나 과도한 불규칙 호흡으로 움직임 보정이 안 되는 경우, 병변의 크기가 작아서 부분용적평균화가 나타나는 경우 등은 이번 연구의 대상에서 제외하였다 (Yi 등, 2004).

## B. 관류 CT protocol

역동적 관류 CT 영상 자료를 얻기 위해서 16열 다중 검출기인 CT로서 LightSpeed Pro 16(GE Medical Systems Co., Milwaukee, Wis., U.S.A.)을 사용하였다. CT 촬영 조건은 튜브전압 120 kVp, 튜브전류 200 mAs, 절편두께 2.5 mm, 스캔간격 0.5초, 표준 알고리즘, 512 x 512 matrix를 사용하였다. 단순촬영에서 보이는 종괴에 대해서 조영 전 영상을 얻은 후, 비확산성 추적자인 비이온성 요오드 조영제 Ultravist 300(Schering Co., Seoul, Korea)를 자동 주입기 Stellant Dual(Medrad Co., Indianola, PA, U.S.A.)를 이용하여 전완 정맥으로 4mL/sec의 속도로 총 120mL를 주입하였다. 조영제 주입 후 15초, 30초, 45초, 60초, 90초, 120초, 180초, 300초에 촬영하여 원천 영상을 얻었다(Miles, 2003). 다중 나선식 획득방식(Acquisition type: multiple spiral)으로 각 시간대별로 10개의 영상을 얻는 동안 z-축으로 25mm 이동하였고 1.4초의 스캔 시간이 소요되었고 table의 이동속도는 13.75mm/rotation이었다. 이렇게 얻은 영상을 pixel shifting 기법으로 움직임 보정(motion correction)을 하였다(Fitzgerald와 Danias, 2001). 조영제 주입 후 60초 영상을 얻은 직후에 역동적 영상 이외에 진단 목적의 CT를 시행하였으며 경부 하부부터 부신까지 포함하였고 동일한 스캔 방식을 사용하였다.

PMF의 시간-농도 곡선을 구하기 위한 하운스펠드수치 분석은 조영 증가되는 부위에 대하여 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하였다. 거친 석회화가 있거나 혈관 음영에 의한 고 음영 부위, 낭성 혹은 괴사를 시사하는 저음영

부위, 그리고 공기 액체층은 제외하였다. 또한 부분용적효과를 없애기 위해 변연은 피했으며 부분용적효과를 최소화하기 위하여 종격동 영상에서 시행하였다(Yi 등, 2004).

### C. 관류 지도의 구현

특징적인 조영 증강 양상을 지도화(mapping) 하기 위해 저자들이 개발한 관류 CT 소프트웨어를 사용하였다. 본 소프트웨어는 마이크로소프트 윈도우즈 기반으로 구동되는 PC에서 관류 영상을 재구성할 수 있는 소프트웨어로, 개발 도구로 객체 지향 구조적 언어를 사용하는 IDL(Interactive Data Language, Research Systems Inc., Denver, CO, U.S.A.)을 사용하였다. 이 소프트웨어를 이용해서 조영 증강 정도가 수치로 기록되어 있는 역동적 관류 CT 기법을 통해 얻은 원시 영상을 PC의 내장메모리로 불러들여, 각 픽셀의 조영 증강 정도를 배열(Array)로 만들었다(이 등, 2005).

초기 조영 증강 양상을 반영하는 관류 영상으로서 조영 전과 조영 후 45초 영상을 이용한 "Volume map"을 재구성하였다(Chung 등, 2004). Volume map은 일차 통과 기법이 널리 쓰이기 이전 CT를 이용한 대뇌 관류 영상에서 초기에 이용되던 whole brain perfusion technique과 흡사한 방법으로 조영 후 영상에서 조영 전 영상을 감산하여 얻었다. 그리고 혈관에 의한 조영 증강을 억제하여 조직으로의 관류만 관류 영상에 반영되도록 하였다. 각 픽셀의 최대 조영 증강 값에서 마지막 300초 영상의 조영 증강 값을 감산한 값을 washout value로 정의하였고(El Khoury 등, 2005), 각 픽셀에서 이 값들을 계산하여 구성한 "Washout map"은 자연 조영 증강 양상을 반영하는 관류 지도이다. Volume map과 마찬가지로 혈관에 의한 조영 증강을 억제하여 혈관 이외의 washout 만이 영상에 반영되도록 하였다.

육안적 대조도를 높이기 위해 두 가지 관류 지도에 cold-to-hot spectrum

으로 자동색조처리(color-coding)를 하였다. Volume map에서 45초까지의 강한 조영증강은 자동색조처리 후의 결과로서 적색이나 주황색으로 보이도록 하고 고 관류(high perfusion)로 정의하였고, 저 관류(low perfusion)는 청색이나 보라색으로, 중 관류(middle perfusion)는 중간 단계인 연두색으로 표현했다. Washout map에서는 강한(intense) washout을 역시 적색으로 처리하여 단위 시간당 종피에서 조영제의 농도 차가 많음을 표현하였고 약한(weak) washout은 청색이나 보라색으로서 조영증강곡선이 변화가 없거나 오히려 조영 증가됨을 의미하였다. 중간(moderate) washout일 때는 연두색으로 표현하였다.

#### D. 통계학적 분석

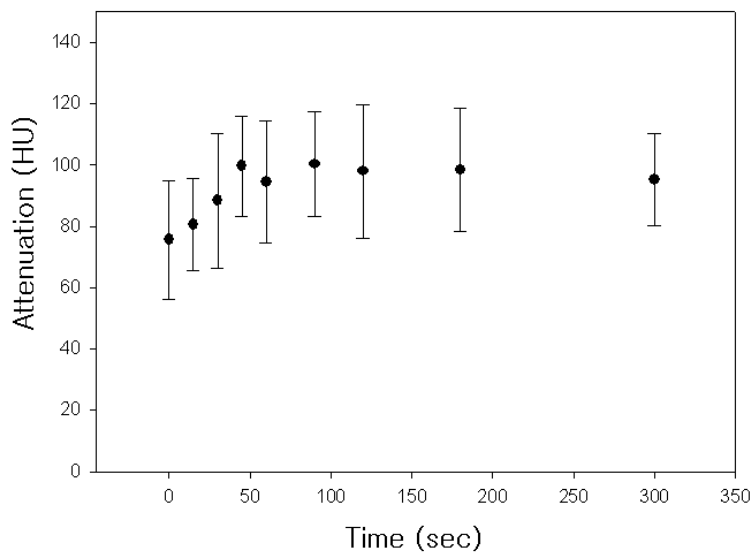
관류 CT는 육안적 분석을 시행하였고 관류 패턴에 따라 Volume map에서 고 관류는 2, 중 관류는 1, 그리고 저 관류는 0으로 점수화했다. Washout map에서도 강한 washout은 2, 중간은 1, 약한 washout은 0으로 하였다. 세 명의 관찰자가 위의 두 가지 Volume map과 Washout map을 평가하였고 대칭성을 숨기기 위하여 관찰 시에는 편측만을 보여주었다. 모든 예를 무작위 배열하였고, 관류에 대한 평가의 오차를 줄이기 위해 최종 평가는 2주 후에 다시 시행한 결과를 이용하였다. 관찰자간의 일치도를 평가하기 위하여 SPSS software (version 11.0; SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.)를 이용하여 McNemar's chi-square 검정으로 kappa 값을 구하였다. 각 관류영상의 최종 점수는 세 명의 방사선과 의사의 합의 하에 진행되었다. PMF 군과 폐암 군과의 최종점수의 통계분석은 Chi-square 검정을 실시하였고 기대치가 5미만인 수치를 포함한 경우 Fischer's exact test를 실시하였다. PMF 군과 폐암 군 간의 크기의 차이가 있는지는 independent samples t-검정을 실시하였다. 폐암에 대한 두 가지 관류지도의 민감성, 특이성, 양성예측도, 그리고 음적예측도를 구하였고 두 관류지도의 점수를 조합하여 고 관류와 강한 washout을 보일 때와 비교하였다. 폐암 군에서 선암종과 편평세포암종 간의 관류 CT의 점수의 차이가 있는지는 Chi-square 검정으로

통계분석 하였다.

### III. 결과

PMF의 장경은 1.68-5.51cm(mean, 3.41cm; SD, 1.22cm)이며, 폐암의 장경은 1.9-7.1cm(mean, 4.5cm; SD, 1.59cm)로써 두 군 간의 크기는 통계적 차이가 없었다( $p=0.229$ ).

PMF에서 관심영역의 위치 선정을 위해 고려하였던 CT소견으로 거친 석회화를 포함한 7예, 내부의 저음영은 4예, 그리고 공기액체층은 1예가 있었다. 조영전 영상에서 연조직 음영(석회화 또는 저음영을 제외)의 하운스필드수치는 평균 75.63(SD, 19.38)을 나타내어 혈관의 수치보다 높았다. 각 시간에 대한 하운스필드수치의 평균값과 표준편차를 계산한 후 PMF의 시간-농도 곡선을 구하였다 (Fig. 1.).



**Fig. 1. Average contrast uptake - time curve of PMF.** It shows gradual increase of Hounsfield number up to 1 minute and then plateau up to 5 minutes.

Volume map은 19예에서 세 명의 관찰자 모두 중 관류 또는 저 관류를 보였다. Washout map에서도 1예를 제외한 19예에서 중간 또는 약한 washout을 보였다(Table 1.).

**Table1. Data from perfusion CT in patients with PMF.**

	Volume map score <sup>a</sup>			Washout map score <sup>b</sup>		
	(A)	B	C) <sup>c</sup>	(A)	B	C)
1	1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1
3	0	0	0	1	1	1
4	1	1	1	0	0	0
5	1	1	1	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0
9	2	2	2	0	0	0
10	1	1	1	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	1	0	1	0	0	0
16	1	1	1	0	0	0
17	1	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	2	2	2
20	0	0	0	0	0	0

<sup>a</sup> Score of Volume map is rated as: high (2), middle (1), and low (0).

<sup>b</sup> Score of Washout map is rated as: intense (2), moderate (1), and weak (0).

<sup>c</sup> A, B, C: Three independent readers.



Volume map에서 고 관류를 보인 예와 Washout map에서 강한 washout을 보인 예는 서로 다른 병변이었다. 거친 석회화는 5예가 관류 지도에 포함되어 관류 상태를 관찰할 수 있었고 모두 관류가 없는 폐 실질과 같은 음영을 보였다. 내부 저음영은 4예가 관찰되었고, 이 중 3예가 Volume map과 Washout map에서 저 관류를 보였고 1예는 Washout map에서 강한 washout을 보였다. 후자는 고식적 CT에서 대부분 저음영을 보인 예였다.

육안적 분석이 개인별 차이가 있는지를 평가한 PMF 군에서의 세 명의 관찰자간 일치도는 세 개의 카파 값이 모두 0.818 이상으로 통계적으로 유의하게 높은 수치를 보였다( $p < 0.01$ ).

폐암 군에 대한 관찰자의 합의에 의한 Volume map과 Washout map의 점수는 Table 2.에 제시되어 있다.

**Table 2. Score from perfusion CT in patients with lung cancer.**

	Volume map score	Washout map score
1	2	2
2	2	2
3	2	1
4	2	2
5	2	2
6	2	1
7	2	2
8	2	2
9	2	2
10	1	1
11	2	2
12	2	2
13	2	2

14	2	2
15	2	2
16	2	1
17	2	2
18	1	2
19	2	1
20	2	2
21	2	1
22	2	2
23	2	1
24	2	2
25	2	1

PMF 군에서 점수 2에 해당하는 Volume map(Table 3.)에서의 고 관류와 Washout map(Table 4.)에서의 강한 washout은 모두 1예(5%)씩 인데 반하여 폐암 군에서는 각각 23예(92%)와 17예(68%)이었고(Fig. 3.), Chi-square 검정 결과 두 군 간에 통계학적 차이를 보였다( $\chi^2=38.248$ ,  $p<0.01$  in Volume map;  $\chi^2=36.444$ ,  $p<0.01$  in Washout map).

**Table 3. Number of final score from Volume map in patients with PMF and lung cancer.**

	PMF	Lung cancer
0	10	0
1	9	2
2	1	23
Total	20	25

**Table 4. Number of final score from Washout map in patients with PMF and lung cancer.**

	PMF	Lung cancer
0	16	0
1	3	8
2	1	17
Total	20	25

폐암에 대한 Volume map의 민감성, 특이성, 양적예측도, 그리고 음적예측도는 각각 92%, 95%, 95.8%, 그리고 90.5% 이었다. 이 결과는 점수 2에 해당하는 고관류를 양성으로 하였고 점수 1과 0은 음성으로 분류한 결과이다. 같은 방법으로 계산하였을때 Washout map은 68%, 95%, 94.4%, 그리고 70.4% 이었다. Volume map과 Washout map의 점수의 조합은 모두 4가지로 나타낼 수 있고 (Table 5.), 두 가지의 map에서 모두 양성 즉 고 관류와 강한 washout을 보인 경우와 그렇지 않은 경우로 나누었을때 민감성, 특이성, 양적예측도, 그리고 음적예측도는 각각 64%, 100%, 100%, 그리고 69%이었다.

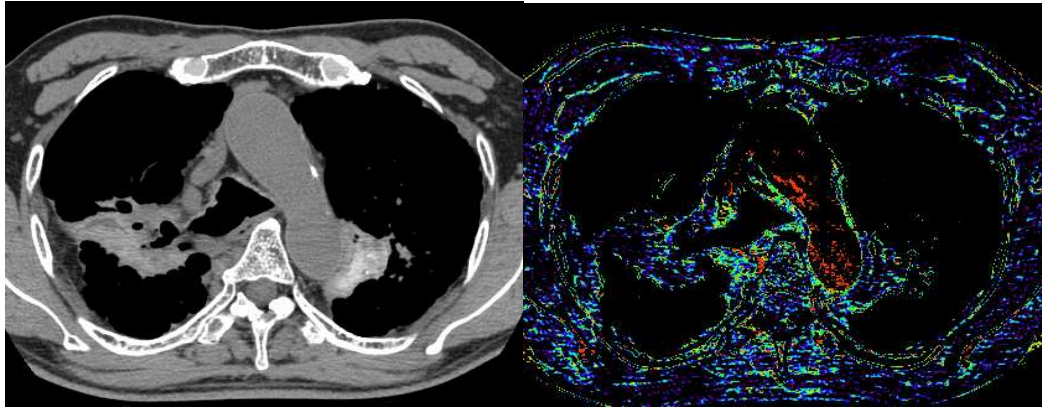
**Table 5. Number of combined score from Volume map and Washout map in patients with lung cancer and PMF.**

Volume/Washout	Lung cancer	PMF
+ / +	16	0
+ / -	7	1
- / +	1	1
- / -	1	18

폐암 군의 병리학적 분류로는 선암종이 10예, 편평세포암종이 13예, 소세포암이 2예이었다(Table 4). 이 중 선암종과 편평세포암종 간의 관류 지도의 점수는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.514$  in Volume map,  $p=0.315$  in Washout map).

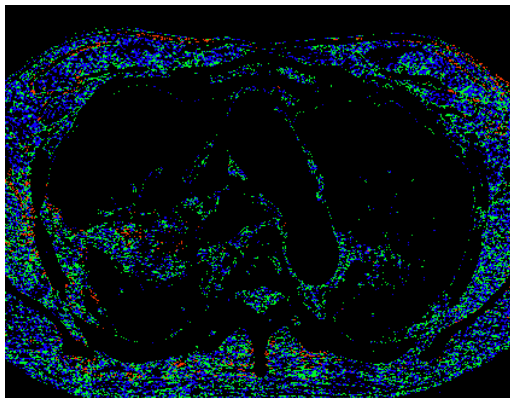
**Table 6. Number of final score from Volume map and Washout map in patients with lung cancer.**

	Volume map		Washout map	
	Adenocarcinoma	Squamous cell carcinoma	Adenocarcinoma	Squamous cell carcinoma
1	1	1	3	5
2	9	12	7	8
Total	10	13	10	13



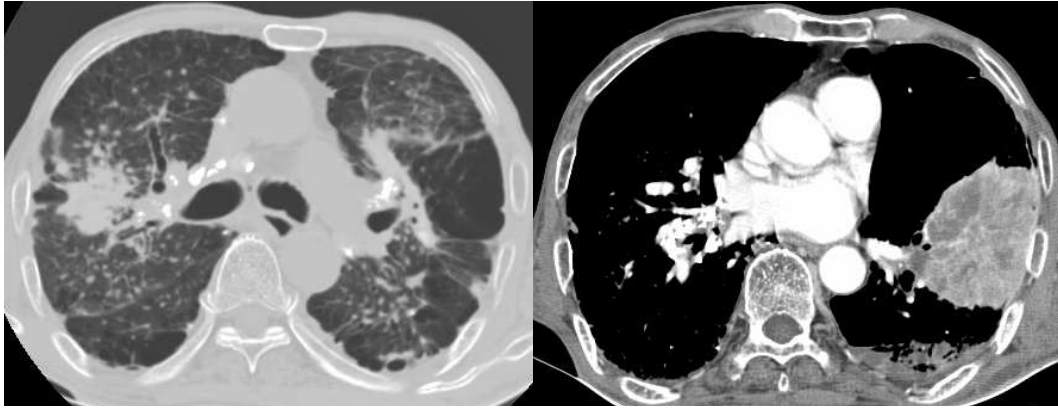
A.

B.



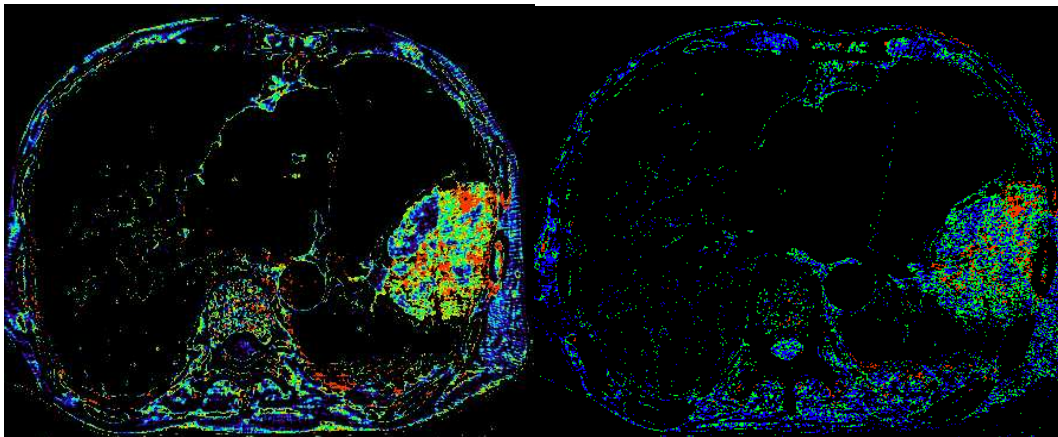
C.

**Fig.2.** A 68-year-old man with PMF had worked as a coal miner for 15 years. Mediastinal window of precontrast CT scan shows high dense calcification in both upper lobe(A). Volume map shows blue and purple color caused by low perfusion in both upper lobe(B). Washout map shows green color caused by moderate washout in right upper lobe and blue color caused by weak washout in left upper lobe(C).



A.

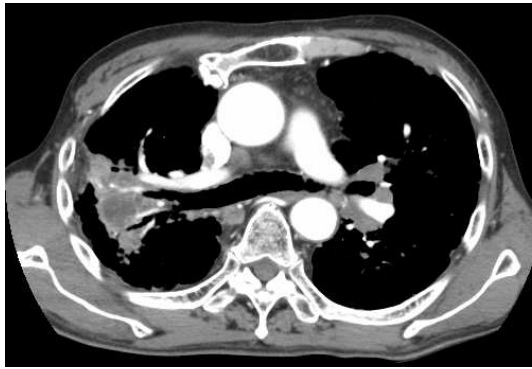
B.



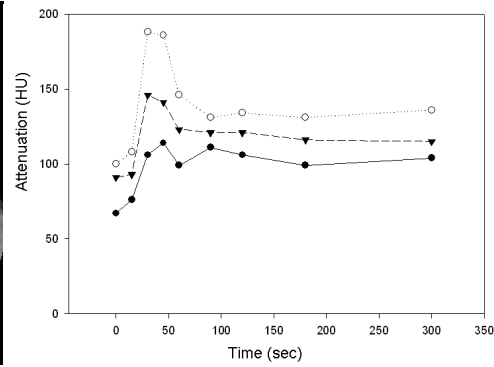
C.

D.

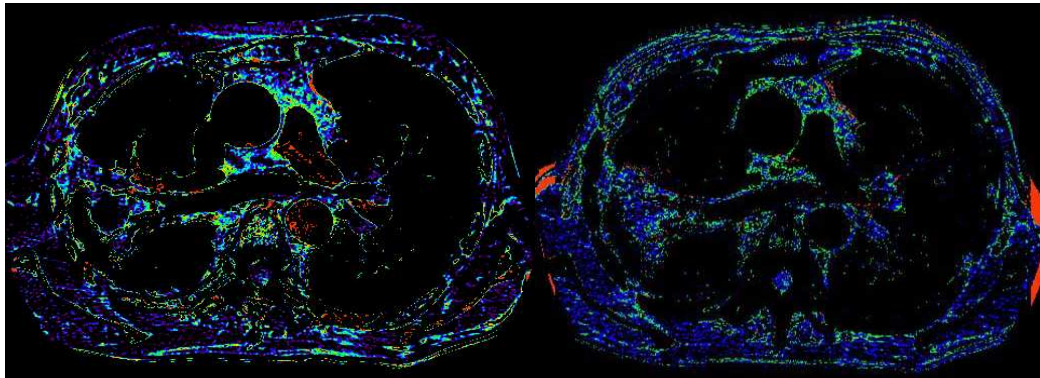
**Fig.3.** A 65-year-old man with lung cancer had worked as a coal miner for 25 years. Lung window of CT scan shows multiple well-defined nodules, PMF, and paraseptal emphysema in both upper lobes, and densely calcified lymph nodes in the mediastinum(A). Mediastinal window of postcontrast CT scan shows asymmetric, heterogeneous enhancing mass in left lower lobe(B). Volume map shows red color caused by high perfusion(C). Washout map shows red color caused by intense washout(D).



A.



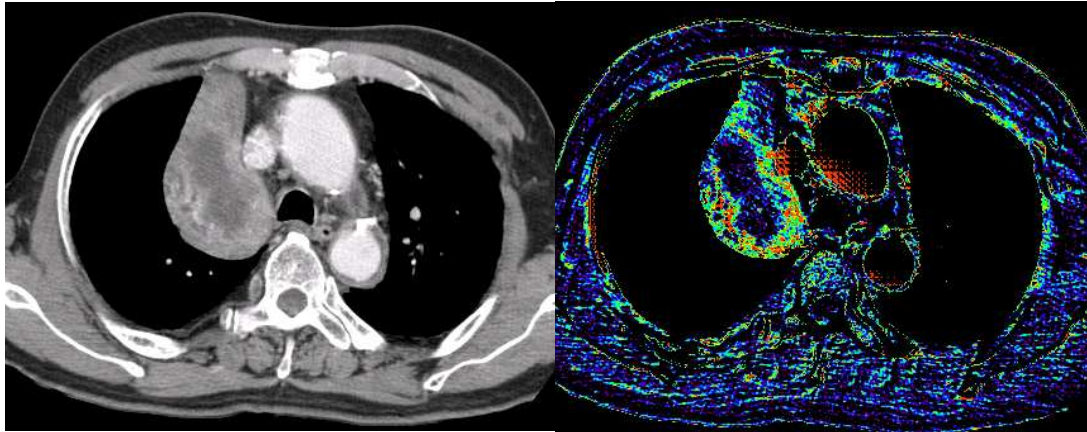
B.



C.

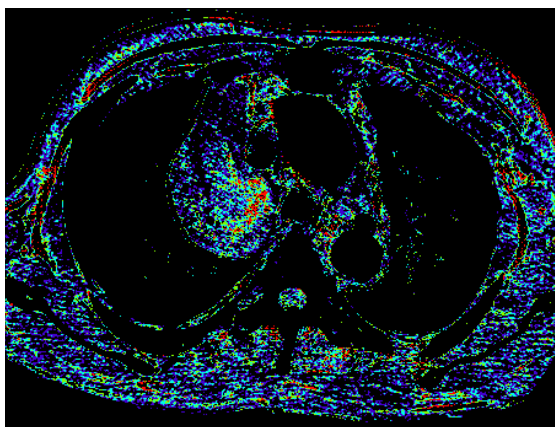
D.

**Fig.4.** A 68-year-old man with PMF had worked as a coal miner for 20 years. Mediastinal window of postcontrast CT scan shows asymmetric, heterogeneous enhancing mass in right upper lobe. Focal, eccentric enhancing nodule at the anterior aspect of tumor is noted(A). Time-concentration curve of focal, enhancing nodule. Higher peak enhancement and shorter time to peak enhancement can be from malignancy (O,maximum value: ∇,mean value: ●,minimum value of ROI)(B). Volume map shows purple color caused by low perfusion(C). Washout map shows blue color caused by weak washout(D).



A.

B.



C.

**Fig.5. A 82-year-old woman with lung cancer.** Mediastinal window of CT scan shows central lung mass with atelectasis(A). Volume map shows red color caused by high perfusion at periphery in contrast to low perfusion at tumor center(B). Washout map shows red color caused by intense washout at periphery(C).



## IV. 고찰

관류 영상은 어떤 병인에 의해 초래된 해부학적 변화의 결과가 아닌 생리학적인 변화를 영상화하는 유용한 진단 도구로 추적자를 이용한 분자 수준에서의 생체 현상을 제공한다. 선행 연구들은 혈류 역학이 상대적으로 단순하고 움직임이 적은 대뇌에 대하여 많이 이루어졌고, 자기공명영상 혹은 CT를 이용한 관류 영상은 뇌 혈류 평가와 유방암에 유용한 진단 도구로 알려져 있다(Hoeffner 등, 2004; El Khoury 등, 2005). CT를 이용한 관류 영상(perfusion CT)은 1894년 Stewart의 "Indicator-dilution technique"의 개념을 그 바탕으로 하여(Stewart, 1894), 조영제에 의한 하운스필드수치의 증감 변화 값을 통해 혈류에 의한 용적량을 예측하는 것이 기본 원리이다. 비교적 움직임에 의한 인공물이 적은 대뇌에 대한 관류 영상은 일찍이 연구되어, 1980년 Axel은 이 개념을 CT에 적용하여 뇌의 관류 연구에 응용하였다(Axel, 1980). 하지만 폐에서는 폐색전증 등에서 먼저 연구가 진행되었고(Schoepf 등, 2000; Screatton 등, 2003; Chung 등, 2004), 결절 혹은 종괴에 대한 연구는 아직 부족하며 그 가능성만 제시되어 있다(Miles, 2002; Miles와 Griffiths, 2003; Kiessling 등, 2004).

관류영상의 영상 획득 프로토콜에는 일차 통과 기법과 지연 영상 기법이 있다. 일차 통과 기법은 조영제의 일시 주입 후 하나의 단면을 연속적으로 얻는 방식으로 주로 뇌의 관류 영상에서 쓰인다. 이에 반하여 폐 결절에 대한 관류 영상은 호흡이나 기타 운동 인공물에 따른 영상오동록(image misregistration)의 이유로 지연 영상 기법을 이용하고 있다(Miles, 2003). 폐의 결절이나 종괴에 대한 관류 영상은 다른 장기에 비해서 연구가 늦어지고 있는데, 그 이유 중의 하나가 추적자 운동성을 입증하는 생체 모델이 폐동맥에서 공급 받는 폐순환과 연관되어서는 아직 밝혀진 바 없다는 점, 즉 대동맥에서 산출된 동맥투입함수를 이용할 수 없는 제한점 때문이다(Kiessling 등, 2004). 이번 연구에서는 초기 조영 증강

을 위해 model-independent로 Volume map을 구성하였고, washout과 plateau를 구별하기 위해 지연 조영 증강을 반영하는 Washout map을 구성하였다.

PMF는 원형 또는 난원형의 1cm 보다 큰 섬유성 종괴로서 종괴의 외측으로 폐기종이 형성되어 흉벽과 평행한 외측연은 분명한 경계를 보이며, 불규칙한 내부의 저음영은 무혈관성 괴사를 뜻한다. 그러나 종괴가 편측에 우세하거나 주위에 결절이 없거나 미미한 정도면 폐암과의 감별이 필요하다(Matsumoto 등, 1998; Kim와 Lynch, 2002). 최근 자기공명영상을 이용한 연구에서 T1 강조 영상에서 상반된 신호 강도가 보고 되었으며 그 원인은 무기질 양의 차이로 설명하였다(Matsumoto 등, 1998; Jung 등, 2000). 한편으로 Gd-DTPA (Gadolinium diethylenetriamine penta-acetic acid) 조영제 투여 후 3분까지 점진적인 조영 증강과 15분까지 plateau up을 보이는 특징적인 조영 증강 유형의 원인이 PMF 주위에 있는 변형된 동맥 분지들과 폐정맥 내막의 섬유화 때문이며 염증성 섬유화 종괴 임에도 불구하고 강한 조영증강과 washout을 보이지 않는 이유라는 연구가 있었다(Jung 등, 2000). 모든 조직(혈액 내, 간질, 그리고 세포질)에 상호작용하는 조영제를 이용한 자기공명영상의 특징적인 조영 증강이 혈액 내의 iodinated 조영제 농도에 기초하는 CT에서도 동일한가를 알아보기 위하여 관심 영역을 설정하여 시간-농도 곡선을 구하였다(Fig. 1.). 알려진 바와 같이 PMF는 CT에서의 하운스필드수치도 광범위하게 큰 표준 편차를 보였다. 그러나 시간 차이와 지연 영상에서 역동적 자기공명영상과 다른 점이 발견되었는데 점진적인 조영증강은 45초 내지는 60초까지 보였고 5분까지 plateau down의 과정을 보인다는 점이다. CT 조영제와 자기공명영상 조영제 모두 혈관 내 주입되어 혈액과 혼합된 후 모든 조직, 혈관 및 세포외 공간으로 퍼져나가 직접 혈관, 실질 장기 및 다른 고형 조직을 조영 증강시킨다. 다만 직접적으로 방사선을 흡수하여 영상을 나타내는 CT 조영제와는 달리 자기공명영상 조영제는 인체내 양성자의 행동변화를 일으켜 보다 간접적 조영효과를 나타낸다(Schaefer 등, 2004). 이와 같이 조영증강의 물리기전은 다르지만 두 진단기기의 조영영상에서 조영된 구조물은 유사한 양상

을 보인다. 따라서 자기공명영상에서의 시간-농도 곡선과의 차이는 상당부분 선택 치우침과 연관되었을 가능성이 높다.

저자들은 역동적 조영증강 CT를 이용하여 PMF의 특징적인 조영 증강 양상을 관류 지도로서 재구성하여 보았다. 초기와 후기 조영 증강 양상을 나누어 생각할 수 있으며, 자동으로 색깔을 입혀서 초기 조영증강과 washout 정도의 반정량적 평가가 가능하였다. Volume map에서 중 또는 저 관류를 보이고 Washout map에서 약한 washout은 PMF의 시간-농도 곡선의 양상과 일치하였다. Volume map 은 앞서 언급한 관류 CT의 두 가지 프로토콜 중에 초기 조영 증강을 반영한다. 1 내지 2초의 짧은 시간을 통해 얻은 원천 영상이 아니라, 15 초 간격이라는 점에서 일차 통과 기법과 완전히 동일하지는 않다. Volume map 의 고 관류는 초기 조영증강이 급격한 경사를 보이고 저 관류는 초기 조영증강이 미미함을 의미한다. 하지만 기존의 연구들은 초기 조영 증강에 해당하는 조영제 주입 후 45초 내지는 60초의 조영 증강은 폐암과 염증성 종괴의 감별진단에 도움을 주지 못하는 것으로 알려져 있다(Zhang와 Kono, 1997; Yi 등, 2004). 폐결절에 대해 역동적 조영 증강 CT에서 지연 영상 기법에 해당하는 60-180초까지를 이용하여 의미있는 관류 지표들을 계산했으며 최종 조영증강(net enhancement; 최고 조영증강 값에서 조영전 값을 감산한 값)은 양성 결절(평균, 35 HU; 범위, 1-88 HU)이 악성 결절(평균, 53 HU; 범위, 27-106 HU)에 비해 유의하게 적은 값을 밝혔다(Yi 등, 2004). PMF가 염증성, 섬유화 종괴이지만 혈관의 왜곡으로 빠른 조영증강을 보이지 않으므로 Volume map에서는 중 관류 이하로 표현이 된다. 20예 중 1예를 제외한 대부분에서 지금까지의 연구에 부합되는 중 관류 이하의 Volume map을 보여 주고 있어 그 유용성을 입증하였다.

변연부의 washout 유형은 유방암에 대한 역동적 조영증강 자기공명영상에서 많은 연구가 이루어 졌고, 이들 연구에서는 악성 종양은 매우 높은 특이도를 보이나 민감도는 높지 않다고 알려져 있다(Sherif 등, 1997). 이러한 washout 유형을 각 픽셀로 지도화한 Washout map에서의 강한 washout은 종괴에서의 조영

제가 washout됨을 반영하며 약한 washout은 조영증강곡선이 변화가 없거나 오히려 지속적으로 조영 증가됨을 반영한다. Plateau를 보였던 PMF의 20예 중 19예에서 약한 washout으로 표현되었다. Washout map의 관류는 정해진 시간에 따른 표현 방식이어서 15분이나 30분 등의 지연 영상이 긴 시간 축을 가진 연구에서는 모두 washout을 보일 수 밖에 없을 것이다. 그러나 지금까지의 역동적 연구는 대부분 5분까지의 영상이었고 약한 washout은 염증성 종괴와 양성 결절, 그리고 점진적 조영증강을 보이는 일부 악성 결절에서 보이며 강한 washout은 대부분의 악성 결절에서 보였다. 이번 연구 시행 중 진폐증에서 병발한 폐암 환자가 1예가 있었고 CT에서 보이는 종괴가 Volume map에서는 고 관류, Washout map에서도 강한 washout을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 대조군으로서 폐암 군은 23예(92%)에서 Volume map의 고 관류, 17예(68%)에서 Washout map의 강한 washout 소견을 보였다. 주목할 사항은 폐암과 PMF의 washout의 유형이 구별된다는 점이다. 주로 변연부에서 발생하는 강한 washout을 보이는 폐암과는 달리 PMF는 그러한 위치의 구분이 없다. 오히려 내부에 저음영을 보이는 PMF의 예에서 확인할 수 있는데(Fig. 4) Volume map에서 저 관류 또는 무 관류를 보이지만 Washout map에서는 오히려 주위 PMF 조직과 같은 색조를 보인다. Washout map에서 전반적으로 고른 색조를 보인다면 PMF의 진단에 도움을 줄 수 있으며 유방 병변에서의 주변부 washout 징후가 PMF의 진단에 응용된 경우이다.

Washout을 반영하는 parametric view는 관심영역을 구하는 별도의 조작이 필요 없는 간편한 방법으로 유방암에서의 자기공명영상 연구에서 보고 되었다(EI Khoury 등, 2005). 이번 연구에서 구현된 관류 지도는 동일한 방식으로서 수동으로 관심영역을 그리는 방식이 갖는 조작자 의존성(operator dependency)을 극복할 수 있고(Kiessling 등, 2004), 종괴 전체의 관류를 한 눈에 볼 수 있는 장점이 있다. 이번 연구에서는 부분적으로 조영증강되는 곳의 관심영역에서 수동적으로 얻은 시간-농도 곡선이 초기의 강한 조영 증가와 강한 washout 유형을 보인

PMF의 예가 있었는데, 관류 CT의 Washout map에서는 전체적인 PMF가 약한 washout을 보였고 다시 얻은 시간-농도 곡선에서 plateau 유형임을 확인 할 수 있었다(Fig 4). 관독자에 의한 관심영역 측정은 객관성과 재현성이 떨어질 수 있는 방법이지만 Washout map은 하나의 단면 영상으로 나타냄으로써 보다 객관적인 관류 상태를 보여줄 수 있다. 이는 Washout map의 중요성을 뒷받침하는 증거로 사료된다.

폐암에 대한 관류 CT의 민감성과 음적예측도는 Volume map이 더 나은 결과를 보였으나 특이성과 양적예측도는 Washout map와 차이가 없었다. Washout map에서 민감성이 감소하는 이유로 첫째는 5분이라는 지연영상의 시간 요소를 들 수 있다. 지연영상을 몇 분까지 정할 것인가는 아직 정립되지 않은 역동적 검사의 요소이기도 하며 검사시간을 5분 이상 길게 두어서 환자를 불편하게 할 수도 없다. 둘째는 폐암의 조영증강 유형이 일정하지 않다는 점이다. 여러 연구에서도 지속적인 조영증가를 보이는 유형이 적지 않음을 보고하고 있다 (Zhang와 Kono, 1997; Yi 등, 2004). 셋째는 Washout map의 목적이 유방암의 경우와 마찬가지로 민감성을 높이기 보다는 특이성에 주안점을 두었기 때문이다 (El Khoury 등, 2005). 두 map의 점수를 종합하면 모두 고 관류와 강한 washout을 보인 경우의 특이성과 양적 예측도가 100%의 결과를 보였다. 표본의 수가 작은 이유와 선택 치우침이 영향을 끼쳤을 가능성이 많다. 그러나 Volume map에서 중 관류를 보였지만 Washout map에서 강한 washout을 보여 폐암의 특이성을 높인 예가 있었으며 이는 Washout map이 Volume map의 보완적 기능을 하고 있음을 입증한 예이다.

두 가지 map에서 모두 점수 1을 보인 폐암이 한 예가 있었는데 크기가 작 으면서 거의 괴사된 상태이어서 조영증가를 보이지 않았다. 혈류의 증가를 동반 하지 않는 경우는 조영제를 주입하여도 조영증가를 보이지 않고 따라서 관류 CT에서 가시화 되지 않는 한계를 보여주었다. 이런 경우는 CT에서의 형태학적 분석이 중요하며 양전자방출 단층촬영이 다음 단계로 추천되는 영상의학적 검사

법이다.

영상의학적으로 선암종과 편평세포암종의 감별은 용이하지 않은 것으로 알려져 있고(Kiessling 등, 2004), 이번 연구에서도 관류 지도를 이용해서 둘 간의 감별을 할 수 없었다. 항암치료 또는 방사선 치료방침이 소세포암과 달리 둘 간의 차이점은 없지만 선암종에서 전이가 호발하기 때문에 예후 및 전이 여부의 검사에 차이가 있고 이러한 사항이 다른 관류지도의 개발이 필요한 이유 중의 하나이다.

저자들은 두 가지 관류지도 외에도 최대 조영증강 값과 최종 조영증강 값을 이용하여 각 픽셀 별로 조영 증강 지도를 구성해 보았다. 그러나 두 가지 조영 증강 지도는 영상의 대조도가 뛰어나지만 병소의 범위를 제공하지 못하는 점과 Volume map에서와 거의 비슷한 정도의 정보를 보여주어서 초기 몇 예를 제외하고는 모든 예에서 시행하지 않았다. 하지만 관심영역 분석에서 의미가 있다면 각 픽셀 별로 지도화 했을 때도 의미가 있다고 생각되므로, 앞으로 추가적인 연구와 좀더 섬세한 알고리즘을 이용한 조영증강 지도 구성이 필요하리라 본다. 특히 역동적 조영 증강 CT에서와 마찬가지로 악성 결절과 염증성 결절의 감별 진단에 도움을 주리라 사료되며 추후 연구 결과를 기대한다.

그 외의 관류 CT의 장점으로는 뛰어난 해상력을 가진 진단 도구로서 관류 영상을 추가적으로 얻음으로써 one-stop 진단이 가능하다는 점이다(Miles, 2002; Miles와 Griffiths, 2003). 최근 다중검출기 CT가 널리 보급되어 환자의 호흡에 영향을 덜 받고 시간에 따른 역동적 영상을 더욱 빠르게 얻을 수 있다. 따라서 지연 영상 기법을 사용해도 동일한 단면을 얻을 수 있게 되었다. 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography, PET)이나 자기공명영상에 비해 상대적으로 적은 비용과 시간이 소요된다. 또한 CT 유도하의 경피침생검시에 고관류 부위를 선택적으로 목표함으로 양성율을 높일 수 있다. 그리고 조영증강의 시간별 차이를 시각적으로 표현함으로써 중심성 폐암의 경우 이차성 폐렴 또는 림프절과의 경계를 쉽게 구분 지을 수 있을 것으로 기대된다(Kiessling 등, 2004)(Fig.

5).

이 연구의 한계점으로는 model-independent 연구로써 관류의 절대값을 구하는 정량적인 검사법이 아니라는 점이다. 그러나 폐 결절에 대한 관류 CT의 초기 응용 단계로 그 의의를 두며 뇌 관류 CT 연구가 초기에 그러하였듯이 다음 연구에서는 생체 모델의 정립과 함께 다양한 정량적 검사 결과가 머지않았음을 기대한다. 또한 연구의 대상이 되는 표본의 수가 적은 점과 후향적 검사라는 한계가 있어 실제 응용하기에 앞서 많은 표본의 검사가 필요하다. 마지막으로 이번 연구가 PMF와 폐암을 16열 다중검출기 CT의 이용으로 각각의 조영증강 유형과 그에 따른 관류 CT 구현에 주안점을 두었기 때문에 폐 결절 중 다른 양성 결절의 관류 또는 감별 진단에 대해 분석하지 못하였다. 폐 결절 및 종괴의 악성과 양성 결절의 관류 지도 형성 및 감별에 대해서도 향후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

이 연구는 아직까지 확립되지 않은 폐 종괴에 대한 관류 CT의 유용성을 파악하기 위하여 수행하였다. PMF 군의 20개와 폐암 군의 25개의 병변을 대상으로 16열 다중검출기 CT를 사용하여 역동적 영상을 얻었고, 이로부터 성공적으로 각각의 관류 CT를 구현할 수 있었다. 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Volume map과 Washout map으로 구성한 관류 CT는 두 장의 영상으로 폐 종괴의 조영 효과를 한 눈에 보여 준다. 폐암은 조영제 주입 후 45초 내의 Volume map에서 고 관류를, Washout map에서 말초 부위의 강한 washout이 관찰되었고 PMF는 Volume map에서 점진적인 조영 증가를, Washout map에서 약한 washout이거나 plateau가 관찰되었다. 폐암과 PMF의 관류 CT는 통계적 차이를 보였다( $\chi^2=38.248$ ,  $P<0.01$  in Volume map;  $\chi^2=36.444$ ,  $P<0.01$  in Washout map). 육안적 분석이지만 관류 CT는 관찰자간 일치도에서 통계적으로 유의하게 높은 수치를 보였다(카파 값 $>0.818$ ,  $P<0.01$ ). Volume map의 고 관류는 폐암의 높은 민감성(92%)과 음적예측도(90%)를 보였고 보완적 기능을 하는 Washout map은 강한 washout은 Volume map의 고 관류와 종합하여 높은 특이성(100%)과 양적예측도(100%)를 보였다. 폐암 간의 병리학적 분류에서 관류 CT는 통계적으로 유의하지 않았다( $P=0.514$  in Volume map,  $p=0.315$  in Washout map). 수동으로 관심영역을 그리는 방식이 갖는 조작자 의존성을 극복할 수 있고, 종괴 전체의 관류를 한 눈에 볼 수 있는 부가적 정보를 얻을 수 있다.

이번 연구로부터 얻어진 자료는 영상의학적으로 폐 종괴에서도 관류 영상의 구현이 가능하다는 것을 확인할 수 있었고, 향후 폐의 폐 결절과 종괴의 감별 진단에 기여 할 것으로 판단된다.



## 참 고 문 헌

1. 이영한, 권우철, 이명섭, 허용민, 김명순: 역동적 대뇌 관류 CT의 대뇌 관류 지도 구현과 정량 분석을 위한 PC 기반의 소프트웨어 개발. *대한영상의학회* 53: 79-84
2. Axel L: Cerebral blood flow determination by rapid sequence computed tomography: a theoretical analysis. *Radiology* 137: 679-686, 1980
3. Bergin CJ, Miller NL, Vedul S, Chan-Yeung M: CT in silicosis: correlation with plain films and pulmonary function test. *AJR Am J Roentgenol* 146: 477-483, 1986
4. Chung MJ, Goo JM, Im JG, Lee KS, Kim KG, Park JH: CT perfusion image of the lung: value in the detection of pulmonary embolism in a porcine model. *Invest Radiol* 39: 633-40, 2004
5. El Khoury C, Servois V, Thibault F, Tardivon A, Ollivier L, Meunier M, Allonier C, Neuenschwander S: MR quantification of the washout changes in breast tumors under preoperative chemotherapy: feasibility and preliminary results. *AJR Am J Roentgenol* 184: 1499-1504, 2005
6. Erasmus JJ, Connolly JE, McAdams HP, Roggli VL: Solitary pulmonary nodules: Part I. Morphologic evaluation for differentiation of benign and malignant lesions. *RadioGraphics* 20: 43-58, 2000
7. Erasmus JJ, McAdams HP, Connolly JE: Solitary pulmonary nodules: Part II. Evaluation of the indeterminate nodule. *RadioGraphics* 20: 59-66, 2000
8. Fitzgerald J, Danias PG: Effect of motion on cardiac SPECT imaging: Recognition and motion correction. *J Nucl Cardiol* 8: 701-706, 2001

9. Hoeffner EG, Case IC, Jain RJ, Gujar SK, Shah GV, Deveikis JP, Carlos RC, Thompson BG, Harrigan MR, Mukherji SK: Cerebral perfusion CT: technique and clinical applications. *Radiology* 231: 632-644, 2004
10. Jung JI, Park SH, Lee JM, Hahn ST, Kim KA: MR Characteristics of progressive massive fibrosis. *J Thorac Imaging* 15: 144-150, 2000
11. Kim JS, Lynch DA: Imaging of nonmalignant occupational lung disease. *J Thorac Imaging* 17: 238-260, 2002
12. Kiessling F, Boese J, Corvinus C, Ederle JR, Zuna I, Schoenberg SO, Brix G, Schmahl A, Tuengerthal S, Herth F, Kauczor HU, Essig M: Perfusion CT in patients with advanced bronchial carcinomas: a novel chance for characterization and treatment monitoring? *Eur Radiol* 14: 1226-1233, 2004
13. Kostakoglu L, Agress Jr H, Goldsmith SJ: Clinical role of FDG PET in evaluation of cancer patients. *RadioGraphics* 23: 315-340, 1998
14. Matsumoto S, Miyake H, Oga M, Takaki H, Mori H: Diagnosis of lung cancer in a patient with pneumoconiosis and progressive massive fibrosis using MRI. *Eur Radiol* 8: 615-617, 1998
15. Matsumoto S, Mori H, Miyake H, Yamada Y, Ueda S, Oga M, Takeoka H, Anan K: MRI signal characteristics of progressive massive fibrosis in silicosis. *Clin Radiol* 53: 510-514, 1998
16. Miles KA: Functional computed tomography in oncology. *Eur J Cancer* 38: 2079-2084, 2002
17. Miles KA: Perfusion CT for the assessment of tumor vascularity: which protocol? *Br J Radiol* 76: S36-S42, 2003

18. Miles KA, Griffiths MR: Perfusion CT: a worthwhile enhancement? *Br J Radiol* 76: 220-231, 2003
19. Schaefer JF, Vollmar J, Schick F, Vonthein R, Seemann MD, Aebert H, Dierkesmann R, Friedel G, Claussen CD: Solitary pulmonary nodules: dynamic contrast-enhanced MR imaging perfusion differences in malignant and benign lesions. *Radiology* 232: 544-553, 2004
20. Schoepf UJ, Bruening R, Konschitzky H, Becker CR, Knez A, Weber J, Muehling O, Herzog P, Huber A, Haberl R, Reiserer MF: Pulmonary embolism: comprehensive diagnosis by using electron-beam CT for detection of emboli and assessment of pulmonary blood flow. *Radiology* 217: 693-700, 2000
21. Sreaton NJ, Coxson HO, Kalloger SE, Baile EM, Nakano Y, Hiorns M, Mayo JR: Detection of lung perfusion abnormalities using computed tomography in a porcine model of pulmonary embolism. *J Thorac Imaging* 18: 14-20, 2003
22. Sherif H, Mahfouz AE, Oellinger H, Hadijuana J, Blohmer JU, Taupitz M, Felix R, Hamm B: Peripheral washout sign on contrast-enhanced MR images of the breast. *Radiology* 205: 209-213, 1997
23. Stewart GN: Researches on the circulation time in organs and on the influences which affect it. *J Physiol* 15: 1-89, 1894
24. Yi CA, Lee KS, Kim EA, Han J, Kim H, Kwon OJ, Jeong YJ, Kim S: Solitary pulmonary nodules: Dynamic enhanced multi-detector row CT study and comparisons with vascular endothelial growth factor and microvessel density. *Radiology* 233: 191-199, 2004
25. Zhang M, Kono M: Solitary pulmonary nodules: evaluation of blood flow patterns with dynamic CT. *Radiology* 205: 471-478, 1997

## Lung Perfusion CT: Differentiation between Lung Cancer and Progressive Massive Fibrosis

Woocheol Kwon

Department of Medical Sciences  
The Graduate School, Ajou University

(Supervised by Professor Sun Yong Kim)

**Purpose:** To evaluate the usefulness of perfusion CT in the differential diagnosis between progressive massive fibrosis and lung cancer.

**Materials and Methods:** We retrospectively analyzed the perfusion CT image of 20 lesions in 13 patients with progressive massive fibrosis. Using 16 channel multi-detector CT, a dynamic study was performed by a multiple spiral acquisition technique at 0 (precontrast), 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, and 300 seconds after contrast material injection. Perfusion images were reformatted using these source images. The grades were scored in Volume map and Washout map by visual inspection and their results were compared with those of 25 lesions of lung cancers.

**Results:** Volume map showed either middle or low perfusion at 19 of 20 PMF lesions. Washout map also showed weak or moderate washout pattern in PMF. The kappa values ( $>0.818$ ) for interreader agreement reached

statistical significance ( $p < 0.01$ ). High perfusion on Volume map was 1 case (5%) in PMF group and 23 cases (92%) in lung cancer group. Strong washout on Washout map was 1 case (5%) in PMF group and 17 cases (68%) in lung cancer group. There were significant differences between two groups ( $\chi^2 = 38.248$ ,  $p < 0.01$  in Volume map,  $\chi^2 = 36.444$ ,  $p < 0.01$  in Washout map). **Conclusion:** Perfusion CT consisting of Volume map and Washout map can be a useful method in the differential diagnosis between PMF and lung cancer.

---

**Key words :** Perfusion, Computed Tomography (CT), Lung cancer, Pneumoconiosis