

단일 폐결절의 악성도 예측에 있어 조영 증강 역동적 CT의 가치¹

구현우 · 송군식 · 이은혜 · 김지훈 · 이진성 · 임태환

목 적 : 조영 증강 역동적 CT에서 단일 폐결절이 최대 조영 증강을 보이는 시간이 폐결절의 악성도에 따라 차이가 있는지 알아보고, 역동적 CT로 단일 폐결절의 조영증강 정도를 측정하는 것이 폐결절의 악성도 평가에 있어 유용할 것인가에 대해 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법 : 단순 흉부촬영상 직경 4cm이하의 단일 폐결절이 있었던 환자 중 CT상 폐결절내에 양성 석회화가 없고, 공동이 있더라도 CT 밀도를 측정하는데 장애를 주지 않을 정도로 작으며, 지방 밀도가 없었던 56명을 대상으로 하였다. 이 중 34개의 폐결절이 병리학 적 또는 방사선학적으로 20예의 악성 폐결절과 14예의 양성 폐결절로 진단되었다. 역동적 CT는 50ml의 비이온성 조영제를 초당 2.0ml의 속도로 주입하면서 2가지 방법으로 시행하였다. 28명에서는 고식적 방법을 이용하여 조영제 주입 전과 주입 후 15초, 1분, 2분, 3분, 그리고 4분에 얇은 호흡상태에서 스캔하였고, 28명에서는 이중 나선형 (double spiral) CT로 조영제 주입 후 2분과 3분에 호흡을 멈추고 스캔하였다. 단일 폐결절의 중앙 부위에 원형 관심 영역 (region of interest)을 두어 CT 번호를 측정하였고 최대 조영 증강의 정도와 시간을 기록하였다.

결 과 : 고식적 방법을 이용한 역동적 CT에서 조영제 주입 후 단일 폐결절이 최대 조영 증강을 보인 시간은 악성 폐결절에서 2.73 ± 1.27 분이었고 양성 폐결절에서 2.56 ± 1.24 분으로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 역동적 CT에서 폐결절의 최대 조영 증강은 악성 폐결절 (21.42 ± 12.17 HU)이 양성 폐결절 (5.15 ± 5.25 HU)보다 유의하게 컸다 ($p < 0.001$).

결 론 : 단일 폐결절의 역동적 CT에서 폐결절이 최대 조영 증강을 보이는 시간은 악성도에 따라 차이가 없으며 폐결절의 최대 조영 증강은 악성 폐결절이 양성 폐결절보다 유의하게 높다. 조영제 주입전과 비교하여 15HU이상 조영 증강될 경우 악성 폐결절을 시사하는 좋은 척도가 될 수 있다.

단일 폐결절에 있어 전산화 단층촬영 (computed tomography, 이하 CT로 약함)의 역할은 폐결절의 악성도를 정확히 예측함으로써 치료 가능한 악성 폐결절을 조기에 절제하고 양성 폐결절의 절제를 최소화하는데 있다. 현재까지 CT에 의한 단일 폐결절의 악성도 평가는 주로 형태학적인 분석을 통해 이루어졌고 (1-5), CT 밀도를 직접 재거나 (1, 6) reference phantom을 이용하여 (7, 8) 폐결절내의 석회화 정도를 평가하거나 지방 밀도의 유무를 봄으로써 양성 폐결절을 진단하려는 노력이 있었다. 그러나 양성 석회화가 있거나 2년이상의 추적 검사에서 크기가 변하지 않은 경우를 제외하고는 악성 여부를 확인하기 위해 침습적인 조직 검사가 필요한 경우가 대부분이다

Littleton 등 (9)은 조영 증강 후 시행한 삼중 나선식 단층 촬영으로 조영 증강의 정도를 측정함으로써 양성 폐결절과 악성 폐결절을 구분할 수 있다고 보고하였다. 또한 역동적 CT로 측정된 조영 증강 정도가 폐결절의 악성도를 예측할 수 있는 좋은 척도라는 보고가 있었다 (10-12). 그러나 모든 역동적 CT는 고식적 방법으로 시행되었고 폐결절이 최대 조영 증강을 보이는 시간에 대한 결과가 서로 일치하지 않았다. 폐결절의 정확한 CT 밀도 측정 (densitometry)을 위해서는 나선형 CT가 고식적 방법보다 우수하다는 것은 잘 알려진 사실이다 (13, 14).

이에 저자들은 (1) 역동적 CT에서 폐결절이 조영제 주입 후 최대 조영 증강을 보이는 시간이 폐결절의 악성도에 따라 차이가 있는지 알아보고, (2) 나선형 CT를 이용한 역동적 CT로 단일 폐결절의 조영증강 정도를 측정하는 것이 폐결절의 악성도 평가에 있어 유용할 것인가에 대해 알아보하고자 한다.

¹울산대학교 의과대학 진단방사선과학교실

이 논문은 1996년 10월 16일 접수하여 1996년 12월 3일에 채택되었음

대상 및 방법

1994년 4월부터 1995년 9월 사이에 단순 흉부촬영상 직경 4 cm이하의 단일 폐결절이 있었던 환자 중 조영제 주입전에 시행한 국소 박편 (focal thin-section) 나선형 CT에서 폐결절내에 양성 석회화가 없고, 공동이 있더라도 CT 밀도를 측정하는데 장애를 주지 않을 정도로 작으며, 지방 밀도가 없었던 56명 (남자 37명, 여자 19명; 평균 연령 56세, 범위 20-87세)을 대상으로 하였다. 폐결절의 최대 조영 증강 시간을 결정하기 위해 우선 28명 (남자 17명, 여자 11명; 평균 연령 57세, 범위 20-87세)을 대상으로 고식적 방법을 이용한 역동적 CT를 시행하였다. 이렇게 얻은 폐결절의 최대 조영 증강 시간을 근거로 하여 28명 (남자 20명, 여자 8명; 평균 연령 55세, 범위 26-77세)을 대상으로 이중 나선형 CT를 시행하였다.

34개의 폐결절이 병리학적 또는 방사선학적으로 진단되었으며 20예의 악성 폐결절 (선암 13예, 소세포암 2예, 편평세포암 1예, 전이암 3예, 선-편평세포암 1예)과 14예의 양성 폐결절 (결핵종을 포함한 염증성 육아종 9예, 연골성 과오종 5예)로 구성되었다. 병리학적 진단은 31예에서 경피적 흡인술이나 생검을 통해 이루어졌고 그 중 8예에서 수술적 제거로 확인되었다. 추적 검사에서 결핵 치료에 반응하여 폐결절의 크기가 작아진 1예와 원발성 암을 알고 있는 환자에서 폐결절의 숫자와 크기가 증가하여 전형적인 혈행성 전이를 보인 2예에서는 방사선학적으로 진단하였다.

모든 검사는 동일한 CT 기종 (Somatom Plus S scanner ;

Siemens, Erlangen, Germany)으로 시행되었고 standard reconstruction algorithm을 사용하였다. 조영제 주입 전에 폐결절이 완전히 포함되도록 3mm의 절편 두께에 3-5mm/sec의 테이블 이동 속도로 호흡을 멈추고 국소 박편 나선형 CT를 시행하였고 재구성 간격은 3mm로 하였다. 고식적 방법을 이용한 역동적 CT는 폐결절의 중앙 부위에서 2-5mm의 절편 두께 (2mm 1예, 3mm 14예, 5mm 13예) 및 1mm의 테이블 이동 (table increment)으로 3개의 연속 영상을 9초 동안 얻는 방식으로 조영제 주입 전과 주입 후 15초, 1분, 2분, 3분, 그리고 4분에 최대한 얇은 호흡상태에서 시행되었고 1예 (120kVp)를 제외하고는 모든 예에서 137kVp를 사용하였다. 이중 나선형 CT를 이용한 역동적 CT는 조영제 주입 후 2분과 3분에 호흡을 멈춘 상태에서 폐결절이 완전히 포함되도록 3mm의 절편 두께 및 3-5mm/sec의 테이블 이동 속도로 국소 박편 CT를 시행하였고 재구성 간격은 1mm로 하였다. 모든 예에서 137kVp를 사용하였다. 조영제는 50ml의 비이온성 조영제 (Iopamiro 300)를 주입기 (power injector)를 사용하여 내측 전주 정맥으로 초당 2ml의 속도로 주입하였다.

폐결절의 중앙에서 1개 내지 연속적인 3개의 절편을 선택하여 폐결절의 안쪽 반이 포함되도록 원형 관심 영역 (region of interest)을 두어 CT 번호를 측정하였고 (Fig. 1), 최대 조영 증강의 정도는 최대 조영 증강을 보인 시점과 조영제 주입 전에 측정된 CT 번호의 차이로 나타내었고 최대 조영 증강을 보인 시간 간격을 기록하였다. 종격동내 혈관에도 원형 관심 영역으로 CT 번호를 측정하여 조영제 주입의 기술적 실패를 제외할 수 있도록 하였다. 폐결절의 조영 증강 패턴을 (1)균등한 경우,



Fig. 1. CT number is measured at the central portion of SPN with circular region of interest.

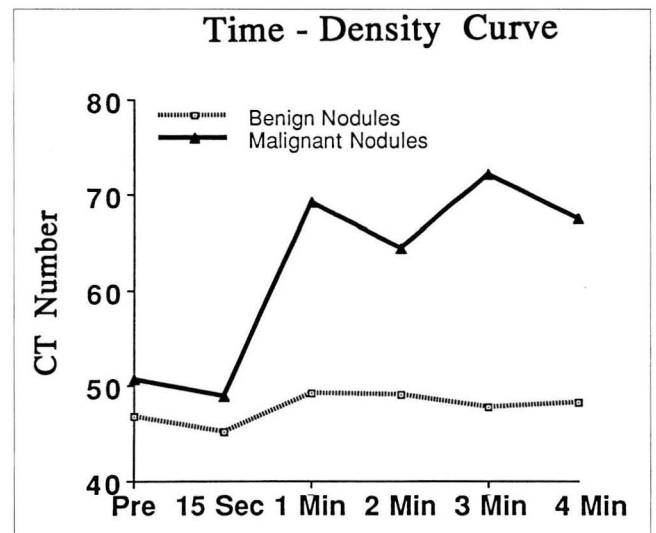


Fig. 2. Time-density curves for benign (n=9) and malignant (n=11) nodules. Malignant nodules are enhanced more than benign nodules. The maximal enhancement time is not significantly different between benign (2.56 ± 1.24 minute) and malignant (2.73 ± 1.27 minute) nodules. Some zigzag pattern of time-density curve for malignant nodules may be due to motion artifact and respiratory misregistration during shallow respiration.

(2) 주변 부위만 피막양 조영 증강을 보이는 경우, 그리고 (3) 중심 및 주변 부위에 상관없이 불균등한 경우의 세 가지로 나누었다. 단일 폐결절의 크기는 CT상 최대 장경과 최소 단경의 평균값으로 계산하였다.

통계학적인 분석은 단일 폐결절의 크기와 최대 조영 증강 사이의 관련성을 보기 위해 Spearman rank correlation을 사용하였고, 그 외에는 unpaired t test를 사용하였으며 통계학적인 수준은 p값이 0.05미만인 경우로 하였다.

결 과

고식적 방법을 이용한 역동적 CT에서 조영제 주입 후 단일 폐결절이 최대 조영 증강을 보인 시간은 악성 폐결절에서 2.7 ± 31.27 분이었고 양성 폐결절에서 2.56 ± 1.24 분으로 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Fig. 2). 조영 증강 역동적 CT에서 악성 폐결절의 최대 조영 증강 (21.42 ± 12.17 HU)은 양성 폐결절의 최대 조영 증강 (5.15 ± 5.25 HU)보다 유의하게 컸다 ($p < .0001$) (Fig. 3). 단일 폐결절의 조영 패턴은 병리학적으로 만성 염증과 점액 및 괴사조직이 증명된 염증성 육아종 2예와 방사선학적으로 결핵성 육아종으로 진단된 1예에서 피막양 조영 증강을 보였다 (Fig. 4). 나머지 양성 폐결절 11예와 전례의 악성 폐결절은 균등한 조영 증강 패턴을 보였다. 단일 폐결절의 크기는 악성 폐결절 (2.19 ± 0.79 cm)과 양성 폐결절 (2.25 ± 0.77 cm) 사이에 유의한 차이가 없었고, 폐결절의 크기와 최대 조영 증강 사이에도 유의한 관련성이 없었다 (Spearman rank correlation coefficient [악성 폐결절, $r = -0.19$; 양성 폐결절, $r = 0.16$]).

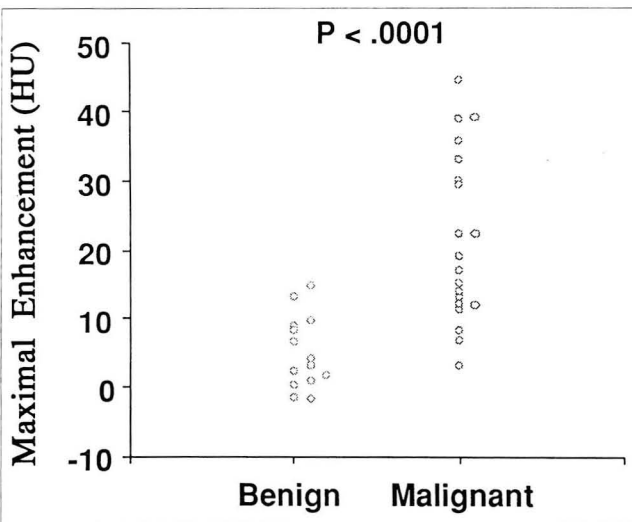


Fig. 3. Distribution of maximal enhancement in Hounsfield units for benign (n=14) and malignant (n=20) nodules. Malignant nodules are enhanced significantly greater than benign nodules ($p < .0001$). The overlapped, indeterminate zone of maximal enhancement of SPNs is between 3HU and 15HU.

고 찰

본 연구의 결과 단일 폐결절의 조영 증강 정도는 역동적 CT를 이용하여 만족스럽게 측정할 수 있으며, 악성 폐결절이 양성 폐결절에 비하여 유의하게 높은 정도로 조영 증강 되는 것을 알 수 있다 ($p < .0001$). 이렇게 악성 폐결절이 보다 높은 조영 증강을 보이는 것은 악성 폐결절의 높은 맥관질 (vascularity)과 관련이 깊고 (11), Yamashita 등 (15)에 의하면 작은 변연부 폐암의 조영 증강은 작은 종양 혈관의 숫자와 종양 세포 간질 내의 탄성(elastic) 섬유의 분포와 관련된다고 하였다.

나선형 CT를 이용하여 폐결절의 CT 밀도를 측정하기 위해서는 폐결절의 악성도에 따라 가장 큰 조영 증강의 차이를 보이는 시점을 결정하는 작업이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 이를 결정하기 위해 고식적 방법을 이용한 역동적 CT를 조영제 주입 후 15초, 1분, 2분, 3분, 그리고 4분에 시행하였는데 폐결절의 악성도에 관계없이 1분에서 4분 사이에 최대 조영 증강을 나타냈다. 악성 폐결절과 양성 폐결절 사이에 가장 큰 조영 증강 차이를 보인 시점은 3분이었다 (Fig. 2). 이 결과는 Swensen 등 (10)과 Yamashita 등 (12)의 결과와 다르다. Swensen 등은 대부분의 악성 폐결절이 조영제 주입 후 2분 이내에 최고치에 도달하였다고 하였고, Yamashita 등은 조영제 주입 후 5분에 최고치를 나타냈다고 하였다. 본 연구에서는 위의 두 연구와 비교하여 적은 양 (50ml)의 조영제를 같은 속도 (2ml/sec)로 주입하였다. 이론상 많은 양의 조영제를 같은 속도로 주입할 경우 최대 조영 증강의 시점은 시간-CT 밀도 곡선상 오른쪽으로 이동하므로, 본 연구의 결과는 Swensen 등의 결



Fig. 4. CT scan (3 mm collimation) obtained 4 minutes after administration of contrast media in a 66-year old woman with SPN diagnosed radiologically as a tuberculoma, shows capsular enhancement (arrowheads). The maximal enhancement of this nodule is 8.3HU.

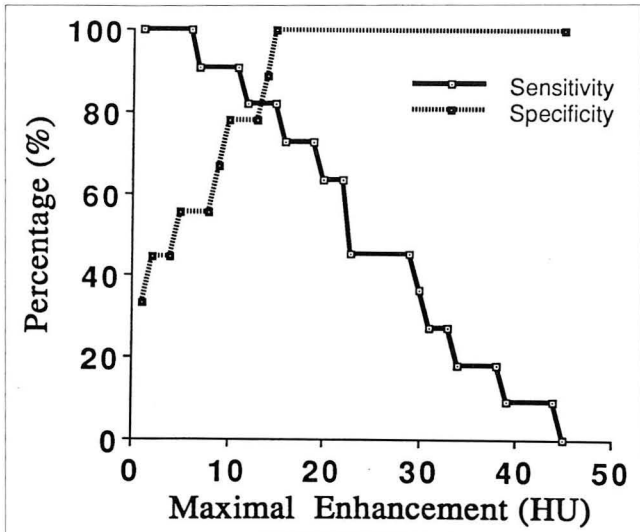


Fig. 5. Analysis of sensitivity and specificity of maximal enhancement as a marker for malignant nodules. The maximal enhancement greater than 15HU can be used as a good predictor of malignancy of SPNs (sensitivity, 60 %; specificity, 100 %).

과와는 맞지 않으며 Yamashita 등의 결과와의 차이는 많은 양의 조영제를 사용한 것에 기인하는 것으로 생각할 수 있다.

단일 폐결절의 정량적 CT 밀도 측정에 영향을 미치는 요소에는 reconstruction algorithm의 형태, CT 기종, 절편 두께, 그리고 beam kilovoltage (kVp)가 가장 중요한 것으로 알려져 있다(16-18). 본 연구에서는 정확한 CT 밀도 측정을 위해 동일한 CT 기종, standard reconstruction algorithm, 절편 두께는 대부분 (총 56명 중 42명)에서 3mm, 1mm를 제외하고 모두 137kVp를 사용하였다. 나선형 CT는 검사를 시행한 후 재구성 간격을 1mm로 하여 영상을 얻음으로써 여러 시점에서 시행한 역동적 검사에서 폐결절의 중앙 부위를 이론적으로 1mm 이내의 오차로 정확히 재현 가능하도록 하였다.

고식적 방법을 이용한 역동적 CT는 반복적으로 호흡을 멈추는 대신 (10-12, 19) 최대한 얇은 호흡 상태에서 검사를 시행했는데, 전자의 경우에 같은 정도의 호흡 상태가 재현되지 않아 폐결절의 중앙 부위를 반복적으로 스캔하는데 실패한 경우가 더욱 많았기 때문이었다. 그 원인 중 하나로 다른 연구와 달리 검사 중 산소를 사용하지 않았던 점을 들 수 있겠고 호흡을 멈추고 검사하지 않은 결과로 본 연구에서는 폐결절의 CT 밀도 측정의 정확성이 운동 인공물 (motion artifact)에 의해 다소 감소되었을 것으로 생각된다. 본 연구의 시간-CT 밀도 곡선에서 악성 폐결절의 곡선이 매끈하지 않고 다소 요철을 보이는 것은 아마도 이러한 운동 인공물에 의한 영향인 것으로 보인다 (Fig. 2).

폐결절의 최대 조영 증강이 악성 폐결절에서 양성 폐결절에서 비하여 역동적 CT 검사법의 차이에 상관없이 유의하게 높은 결과를 보였으므로 확진된 총 34명을 대상으로 폐결절의 최대 조영 증강에 대한 결과를 산출하였다.

악성 폐결절로 진단하는 최대 조영 증강의 역치를 15HU으로 정했을 때 역동적 CT는 60%의 민감도와 100%의 특이도를 나타낸다 (Fig. 5). 선암으로 확진된 악성 폐결절 1예는 3.37 HU으로 악성 폐결절 중 가장 낮은 최대 조영 증강치를 보였다. 따라서 양성 폐결절로 진단하는 최대 조영 증강의 역치는 덜 유용할 것으로 생각되며, 또한 악성과 양성 폐결절이 중첩되는 범위를 넓혀 역동적 CT 자체의 진단 가치를 격감시키는 요인이 되었다. 악성 폐결절의 최대 조영 증강치가 이렇게 낮은 경우는 다른 연구 (10-12)에서는 볼 수 없었던 결과로, 본 연구에서는 종격동내 혈관의 CT 번호도 같이 측정하여 조영제 주입의 기술적 실패를 제외할 수 있다고 볼 때, 다른 연구에 비하여 적은 양의 조영제를 사용한 것에 기인하거나 흔치 않은 악성 폐결절의 경우로 허혈에 의한 중앙 내 조직 괴사 또는 점액질을 많이 포함한 중앙에 의했을 가능성이 있다. 그러나 수술을 시행하지 않아 낮은 최대 조영 증강의 병리적 근거는 증명되지 않았다. 양성 폐결절 중에 10HU이상의 최대 조영 증강을 보인 경우는 결핵의 활동성 염증 소견을 보인 1예 (13.2HU)와 연골성 과오종1예 (14.9HU)에서 있었다.

폐결절의 조영 패턴을 분석한 결과 병리적으로 만성 염증과 점액 및 괴사 조직이 증명된 2예와 방사선학적으로 결핵성 육아종으로 진단된 1예에서 피막양 조영 증강을 보였고 (Fig. 4) 나머지 양성 폐결절 11예와 모든 악성 폐결절에서는 균등한 조영 증강 패턴을 보였다. 이 결과는 Yamashita 등 (12)이 폐결절이 균등한 조영 증강을 보일 경우 폐암을 시사할 수 있고, 피막양 그리고 주변 조영 증강을 보일 경우 결핵성 육아종과 대부분의 과오종을 시사할 수 있는 조영 증강 패턴이라고 한 것과 일치하며 따라서 본 연구에서와 같이 단일 폐결절이 피막양 조영 증강 패턴을 보일 경우 양성 폐결절을 시사하는 소견이 될 수 있을 것으로 사료된다.

조영 증강 후 폐결절의 CT 밀도가 조영제 주입 전과 비교하여 음값을 보이는 경우가 많았으며 최대 조영 증강이 음값을 보이는 경우가 총 56명 중 3명 (결핵 육아종으로 확진된 1명 포함)에서 있었고 고식적 방법을 이용한 역동적 CT뿐만 아니라 나선형 CT에서도 나타났다. 이렇게 폐결절의 최대 조영 증강이 음값을 보이는 경우는 다른 연구 (10-12)에서도 있었고, CT 기기의 변화 또는 불균등한 CT 밀도를 보이는 폐결절에서의 샘플링 오차 또는 조영제 주입 후 조영제가 몸에 퍼짐으로써 발생하는 beam-hardening artifact로 설명하고 있다.

본 연구는 나선형 CT를 이용하여 단일 폐결절의 조영 증강 역동적 CT를 시행함으로써 다른 연구들 (10-12,18)의 문제점을 극복하였으나, 비교적 적은 수를 대상으로 분석한 결과이므로 다른 연구 결과와 상충되는 점들의 진위에 대해서는 추후 연구가 있어야 할 것이다.

결론적으로 본 연구에서와 같은 방법으로 역동적 CT를 시행할 경우에 (1) 폐결절의 최대 조영 증강을 보이는 시간은 악성도에 따라 차이를 보이지 않았으며, (2) 폐결절의 최대 조영 증강은 악성 폐결절에서 양성 폐결절에 비하여 유의하게 높고 조영제 주입전과 비교하여 15HU이상 조영 증강될 경우에 악성 폐결절을 시사하는 좋은 척도가 될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Siegelman DD, Khouri NF, Leo FP, Fishman EK, Braverman RM, Zerhouni EA. Solitary pulmonary nodules:CT assessment. *Radiology* 1986; 160:307-312
2. Kuriyama K, Tateishi R, Doi O. et al. CT-pathologic correlation in small peripheral lung cancers. *AJR* 1987; 149:1139-1143
3. Zwirowich CV, Vedal S, Miller RR, Miller NL. Solitary pulmonary nodule: high-resolution CT and radiologic-pathologic correlation. *Radiology* 1991; 179:469-476
4. 이덕희, 송근식, 임태환. 양성 단일 폐결절:고해상 CT의 가치. *대한방사선의학회지* 1993; 29:437-443
5. 김영환, 임태환, 김원동, 고기영, 송근식. 단일 폐결절의 전산화단층촬영 소견. *대한방사선의학회지* 1995; 32:85-91
6. Siegelman SS, Khouri NF, Scott WW. et al. Pulmonary hamartoma:CT findings. *Radiology* 1986; 160:313-317
7. Zerhouni EA, Stitik FP, Siegelman SS. et al. CT of the pulmonary nodule: a cooperative study. *Radiology* 1986; 160:319-327
8. Khan A, Herman PG, Vorwerk P, Stevens P, Rojas KA, Graver M. Solitary pulmonary nodules: comparison of classification with standard, thin-section, and reference phantom CT. *Radiology* 1991; 179:477-481
9. Littleton JT, Durizch ML, Moeller G, Herbert DE. Pulmonary masses: contrast enhancement. *Radiology* 1990; 177:861-871
10. Swensen SJ, Morin RL, Schueler BA. et al. Solitary pulmonary nodule:CT evaluation of enhancement with iodinated contrast material - a preliminary report. *Radiology* 1992; 182:343-347
11. Swensen SJ, Brown LR, Colby TV, Weaver AL. Pulmonary nodules:CT evaluation of enhancement with iodinated contrast material. *Radiology* 1995; 194:393-398
12. Yamashita K, Matsunobe S, Tsuda T. et al. Solitary pulmonary nodule: preliminary study of enhancement with iodinated contrast material. *Radiology* 1995; 194:399-405
13. Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vock P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology* 1990; 176:181-183
14. Vock P, Soucek M, Daepf M, Kalender WA. Lung: spiral volumetric CT with single-breath-hold technique. *Radiology* 1990; 176:864-867
15. Yamashita K, Matsunobe S, Takahashi R. et al. Small peripheral lung carcinoma evaluated with incremental dynamic CT: radiologic-pathologic correlation. *Radiology* 1995; 196:401-408
16. Geer GE, Gamsu G, Cann C, Webb WR. Evaluation of a chest phantom for CT nodule densitometry. *AJR* 1986; 147:21-25
17. Zerhouni EA, Spirey JF, Morgan RH, Leo FP, Stitik FP, Siegelman SS. Factors influencing quantitative CT measurement of solitary pulmonary nodules. *J Comput Assist Tomogr* 1982; 6:1075-1087
18. Im J-G, Gamsu G, Gordon D. et al. CT densitometry of pulmonary nodules in a frozen human thorax. *AJR* 1988; 150:61-66
19. Shaffer K, Pugatch RD. Small pulmonary nodules: dynamic CT with single-breath technique. *Radiology* 1989; 173:567-568

Diagnostic Value of Contrast-enhanced Dynamic CT in Predicting the Malignancy of Solitary Pulmonary Nodules¹

Hyun Woo Goo, M.D., Koun Sik Song, M.D., Eun Hye Lee, M.D.
Ji-Hoon Kim, M.D., Jin Seong Lee, M.D., Tae-Hwan Lim, M.D.

¹Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine

Purpose: To determine whether the maximal enhancement time in dynamic CT is different between benign and malignant solitary pulmonary nodules (SPN)s, and to evaluate the value of densitometry on dynamic CT in predicting the malignancy of SPN.

Materials and Methods: Fifty-six patients with SPN of less than 4cm in diameter as seen on chest radiograph and SPN without benign pattern of calcification or fat, as seen on pre-enhancement spiral CT scans were included in this study. SPN with small cavitation sufficient to measure CT density, were also included. Thirty-four SPNs were diagnosed pathologically or radiologically as 20 malignant nodules and 14 benign nodules. Dynamic CT was performed by two techniques after injection of 50ml of nonionic contrast media at the rate of 2ml/sec. In 28 patients, incremental dynamic CT was performed before and of 15 seconds, 1 minute, 2 minutes, 3 minutes, and 4 minutes after injection of contrast media during shallow respiration. In 28 patients, double spiral CT was performed 2 minutes and 3 minutes after injection of contrast media during single breath hold. CT readings were taken at the central portion of SPNs, with a circular region of interest. The degree and time of maximal enhancement were recorded.

Results: In dynamic CT the maximal enhancement time of SPNs was not significantly different between malignant (2.73 ± 1.27 minute) and benign nodules (2.56 ± 1.24 minute). The enhancement of malignant nodules was significantly greater (21.42 ± 12.17 HU) than of benign nodules (5.15 ± 5.25 HU) ($p < .0001$).

Conclusions: In dynamic CT of SPNs, there is no difference in maximal enhancement time between benign and malignant nodules; enhancement of the latter is significantly greater than that of the former. Maximal enhancement greater than 15 HU can be a good predictor of malignancy of SPNs.

Index Words: Lung neoplasms, CT
Lung neoplasms, diagnosis
Lung, nodule

Address reprint requests to: Hyun Woo Goo, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center,
University of Ulsan College of Medicine # 388-1 Poongnap-dong, Songpa-ku, Seoul, 138-040 Korea
Tel. 82-2-224-4400 Fax. 82-2-476-4719