

## 최적 간 조영증강을 얻기 위한 Bolus Tracking의 유용성<sup>1</sup>

양달모 · 이선규 · 윤명환 · 김학수 · 김형식 · 정진우

**목 적 :** 전이암의 대부분은 저혈관성이므로 병변을 잘 찾기 위하여 간 실질이 최대 조영증강을 보이는 동안에 영상을 얻는 것이 중요하다. 나선식 CT에서 bolus tracking 방법이 최적 간 조영증강을 얻는데 효과가 있는지 알아 보았다.

**대상 및 방법 :** 복부 나선식 CT(Somatom plus 4)를 시행한 101명의 환자를 대상으로 전향적으로 연구하였다. 대조군으로 조영제 주입 후 60초에 스캔을 시행한 그룹은 50명이었고, bolus tracking(C.A.R.E. bolus; Siemens)을 사용한 그룹은 51명이었다. Bolus tracking은 모니터 시기에서 간에 위치한 관심영역의 조영증강이 조영 전 기준값에 비해 50 Hounsfield units(이하 HU로 약함)에 도달하면 6초 후 진단 스캔이 시작되도록 하였다. 조영증강 후 모든 환자는 간의 상부, 가운데, 하부에서 각각 서로 다른 3군데의 간 분절에 관심영역을 정하여 HU를 측정하였고, 조영증강 전 간의 중간 정도의 서로 다른 세 군데의 분절에서 측정한 HU의 평균치로 감산하였다. 이 값을 가지고 60초 지연기를 시행한 군과 bolus tracking을 사용한 군의 조영증강 정도를 비교하였다.

**결 과 :** 조영제 주입 후 60초 지연기에 스캔을 시행한 군의 간의 평균 조영증강은 간의 상부에서  $65.3 \pm 16\text{HU}$ , 가운데에서  $67.4 \pm 16.5\text{HU}$ , 하부에서  $68.5 \pm 19.4\text{HU}$  였고, bolus tracking을 사용한 군은 간 상부가  $75.2 \pm 15.5\text{HU}$ , 간의 가운데가  $74.4 \pm 13.7\text{HU}$ , 간 하부가  $75.6 \pm 13.6\text{HU}$ 로 각 위치에서 조영증강의 정도는 bolus tracking 군에서 유의하게 높았다(상부:  $p=.001$ , 가운데:  $p=.001$ , 하부:  $p=.003$ ). 조영증강이 50HU에 도달한 예는 60초 지연기 군에서 43/50(86%), bolus tracking을 사용한 군에서 50/51(98%)이었고, 60HU에 도달한 예는 60초 지연기 군에서 32/50(64%), bolus tracking을 사용한 군에서 44/51(86%)이었다. Bolus tracking 사용시 조영제 주입 후 진단 스캔이 시작되기까지의 시간은  $63.8 \pm 7.9\text{초}$ (48-79초)였고, 70초까지 50HU 한계치에 도달하지 않아 70초에 인위적으로 스캔을 시작한 예는 2예였고, 이 중 1예에서 평균 조영증강이 50HU 이하였다.

**결 론 :** 나선식 CT에서 bolus tracking을 사용하면 조영제 주입 후 일정한 시간에 간을 스캔하는 것보다 같은 양의 조영제를 사용했을 때, 더 높은 간의 조영증강을 보여 전이암과 같은 저혈관성 종괴의 발견에 도움을 줄 것으로 사료된다.

간에 생긴 전이암과 같은 저혈관성 종괴의 검출을 향상시키기 위해서는 역동적 CT로 간의 조영증강이 최대가 되었을 때 스캔하는 것이 중요하다(1-14). 간 실질의 최대 조영증강을 얻기 위해서는 문맥기 동안 스캔해야 하며(4, 7, 8, 10, 11), 그러기 위해서는 조영제 주입 후 스캔을 시작하는 시기를 적절하게 선택해야 한다. 이러한 지연기의 선택은 사용하는 기계의 조건, 조영제의 양, 그리고 조영제 주입 속도에 따라 다양하다(8-19). 또한 이러한 조건들이 적절하더라도 환자의 여러 조건에 의해(6, 20-22) 혈관 내 조영제의 이동 시간이 환자마다

다양해서 문맥기의 시기가 다르므로, 고정된 지연기에 스캔을 할 경우 적절한 조영증강의 영상을 얻을 수 없는 경우가 있다. 이러한 환자마다 다양한 혈관 내 조영제의 이동 시간을 보정하기 위해 나선식 CT에서 bolus tracking을 사용하게 되었다(23-27).

저자들은 나선식 CT에서 bolus tracking을 사용했을 때 간의 최적 조영증강의 영상을 얻는데 효과가 있는지 알아보고자 하였다.

<sup>1</sup> 중앙길병원 진단방사선과

이 논문은 1997년 9월 11일 접수하여 1997년 11월 14일에 채택되었음

## 대상 및 방법

약 2개월간 bolus tracking(C.A.R.E. bolus) 기능이 있는 Somatom Plus 4(Siemens medical systems, Erlangen, Germany)로 위암이나 대장암으로 수술 전 검사나 수술 후 추적 검사로서 또는 하복부나 골반내 병변이 의심되어 복부 또는 복부-골반 나선식 CT를 시행한 101명의 환자를 대상으로 전향적으로 연구하였고, 미만성 간암으로 정상 간 실질에 관심 영역을 정할 수 없었던 1예는 대상에서 제외하였다. 환자는 조영제 주입 후 60초에 스캔을 시행한 대조군과 bolus tracking을 사용한 2개의 군으로 나누었고, 각각 50명(남자: 28, 여자: 22), 51명(남자: 34, 여자: 17)이었다. 각 그룹 환자의 나이와 체중을 기록하고 student t 검사로 분석하였다.

모든 환자는 간 조영증강의 정도를 결정하는데 기초값으로 사용하기 위해 간의 중간 정도에 해당하는 한 개 또는 수 개의 조영 전 CT 스캔을 얻었다. 두 그룹 모두 120ml의 비이온성 조영제인 Iopromide(Ultravist 300; Shering AG, Berlin, Germany)를 18-gauge 카테터를 통하여 주입기(MedRad; Pittsburgh, PA)를 사용하여 초당 3ml로 주사하였다.

Bolus tracking을 사용하여 영상을 얻는 과정은 다음과 같다. Bolus tracking은 모니터 시기와 진단 스캔 시기가 있는데, 먼저 모니터 시기에 조영증강 전에 간의 중간 정도에서 저 방사선 양(50mA, 0.67 초의 노출 시간: 33mAs)을 사용하는 모니터링 스캔을 얻은 뒤, 복부 대동맥과 간 실질에 관심 영역을 정하였고, 간 실질 내에서는 혈관이나 병변 내에 관심 영역을 두지 않도록 주의하였다. 최대 15개의 연속적인 스캔을 얻을 수 있도록 하였고, 조영제 주입을 시작함과 동시에 스캔이 시작되며 각 스캔 사이의 시간은 5.5-7.5초였다. 간 실질 내 관심 영역의 CT 값은 조영 전 기준치 값이 감해져 자동적으로 계산되어 조영제 주입 후의 시간 경과에 따라 숫자와 그래프로 표시된다. 이 CT 값이 50 Hounsfield units(이하 HU로 약함)에 도달하면 테이블이 진단 스캔이 시작되는 장소로 재위치되는 시간과 환자의 호흡 정지에 필요한 시간인 6초 후 진단 스캔 시기가 시작되도록 하였다(Fig. 1).

70초까지 50HU 한계치에 도달하지 않았을 때에는 지연된 간 조영증강을 막기 위해 70초에 인위적으로 스캔 시작 단추를 눌렀다. 한계치를 50HU로 정한 것은 Heiken 등(7)에 의한 간 조영증강의 연구를 참고하여 임의로 정하였다. Bolus tracking의 진단 스캔과 60초 지연기는 120kVp, 200mAs를 사용하였고, 10mm 절편 두께와 10mm/sec 테이블 이동 속도로 한번의 호흡 정지 동안 영상을 얻었다.

이렇게 얻은 두 그룹의 스캔을 이용해 간의 상부, 가운데, 하부의 위치를 정한 뒤, 각 위치에서 혈관과 간 병변을 피해서 서로 다른 간 분절의 3군데에 관심 영역을 정하여 HU를 측정한다. 조영증강 전에 서로 다른 3군데의 간 분절에서 측정된 간 밀도의 평균으로 감산하였다. 이렇게 계산된 값으로 두 집단의 조영증강 정도를 비교하였고, Analysis of covariance 방법으로 통계 분석 하였다.

## 결 과

환자의 나이는 60초 지연기 군에서  $54.1 \pm 14$ 세 였고, bolus tracking 군에서는  $57.9 \pm 16$ 세로 두 군 간에 통계학적인 차이는 없었고( $p=.25$ ), 체중도 60초 지연기 군에서  $57.8 \pm 9$ kg, bolus tracking 군에서  $57.6 \pm 9$ kg으로 차이가 없었다( $p=.91$ ). 조영제 주입 후 60초 지연기에 스캔을 시행한 군의 간의 평균 조영증강은 간의 상부에서  $65.3 \pm 16$ HU, 가운데에서  $67.4 \pm 16.5$ HU, 하부에서  $68.5 \pm 19.4$ HU 였고, bolus tracking 군은 간 상부가  $75.2 \pm 15.5$ HU, 간의 가운데가  $74.4 \pm 13.7$ HU, 간 하부가  $75.6 \pm 13.6$ HU으로 각 위치에서 조영증강의 정도는 bolus tracking 군에서 유의하게 높았다(상부:  $p=.001$ , 가운데:  $p=.001$ , 하부:  $p=.003$ )(Table 1).

조영증강이 50HU에 도달한 예는 60초 지연기 군에서 43/50(86%), bolus tracking 군에서 50/51(98%)이었고, 60 HU에 도달한 예는 60초 지연기 군에서 32/50(64%), bolus

Table 1. Mean Hepatic Enhancement Above Baseline

Technique Location	60sec Delay	Bolus Tracking	P value
Upper Liver(HU)	$65.3 \pm 16$	$75.2 \pm 15.5$	.001
Middle Liver(HU)	$67.4 \pm 16.5$	$74.4 \pm 13.7$	.001
Lower Liver(HU)	$68.5 \pm 19.4$	$75.6 \pm 13.6$	.003

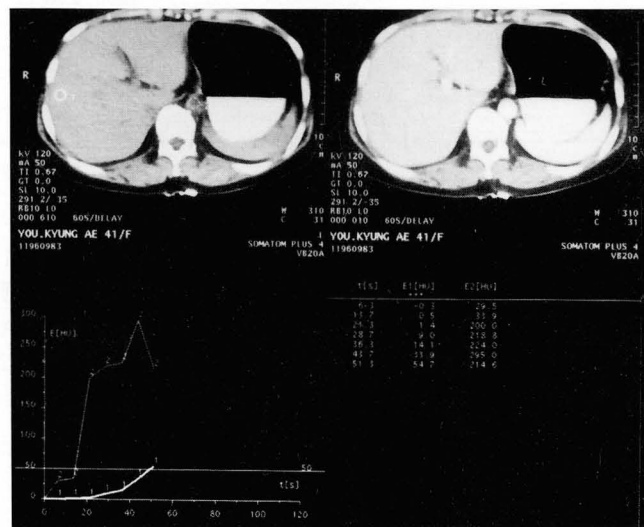


Fig. 1. Monitoring CT scan of bolus tracking.

Upper left shows baseline scan with regions of interest in liver (1) and aorta (2). Upper right shows the last monitoring scan with enhancement. Lower left shows graphic display for liver (1) and aorta (2). Y-axis of graph indicates enhancement over baseline and X-axis indicates time from start of injection of contrast material. Horizontal line indicates threshold (50HU). Lower right shows time (in seconds) and enhancement over baseline for each monitoring scan completed.

tracking 군에서 44/51(86%)이었다.

Bolus tracking 방법에서 조영제 주입 후 진단 스캔이 시작되기까지의 시간은  $63.8 \pm 7.9$ 초(48-79초)였고, 70초까지 50 HU 한계치에 도달하지 않아 70초에 인위적으로 스캔을 시작하는 예는 2예였고, 이 중 1예에서 평균 조영증강이 50HU 이하였다.

## 고 찰

대부분의 암 환자에서 간 전이 여부가 환자의 치료 결정에 중요하며, 간에 생긴 대부분의 전이암은 저혈관성 이므로(2, 3, 6) 병변을 잘 찾기 위해서는 간 실질 조영증강이 최대가 되었을 때 스캔하는 것이 중요하다(1-14). 하지만 고식적 CT로는 긴 스캔 시간으로 인해 적정조영기간 내에 스캔을 끝낼 수 없었으나, 나선식 CT가 도입되면서 빠르게 간 전체를 스캔할 수 있게 되어 간 실질의 조영증강이 최대가 되는 적절한 시기의 영상을 얻을 수 있게 되었다. 지금까지 알려진 나선식 CT에서의 간의 최대 조영증강을 얻기 위한 적절한 지연기는 50-75초 정도이지만(8, 19, 26), 아직 적절한 지연기에 대해서는 합의가 이루어지지 않고 있고(10, 11, 17, 19), 또한 조영제의 양, 조영제 주입 속도에 따라 다양하다(10-21).

이러한 외부적 요인 외에도 환자의 크기, 체중, 심 박출량, 대사 상태, 수분공급 정도, 신장 기능, 마지막 식사 후의 시간 경과, 간 질환 등의 내부적 요인에 의해서도 간의 조영증강이 영향을 받는다(6, 20-22). 조영제의 주입 양과 주입 속도 등 주입 방법을 같게 하고 동일한 지연기에 스캔을 해도, 이러한 내부적 요인들에 의해 환자마다 조영제의 혈관 내 이동 시간이 다양하여 간의 최고 조영증강의 시기가 서로 다르다. 따라서 나선식 CT가 짧은 시간에 간 전체를 스캔할 수 있는 장점이 있더라도 환자에 따라 조영제의 혈관 내 이동 시간이 다르므로, 조영제 주입 후 고정된 시기에 스캔을 시행할 경우, 간 실질이 최대로 조영되는 시기보다 스캔 시작이 너무 빠르거나 늦을 수 있다.

Bolus tracking을 사용하면 나이, 성별, 체중 등 여러 가지 환자의 내부적 요소에 관계 없이 원하는 부위의 조영증강 정도가 적당할 때 스캔할 수 있으므로, 이러한 문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 생각되며 여러 문헌에서 이의 장점을 보고하고 있다(23-27). Silvermann 등(26)은 150mL를 사용한 60초 지연기와 125mL를 사용한 bolus tracking 방법의 간 조영증강 정도가 비슷하여 bolus tracking을 이용하면 25mL의 조영제를 절약할 수 있다고 하였다. 저자들의 경우에서도 60초 지연기 군보다 bolus tracking을 사용한 군에서 간 조영증강 정도가 유의하게 높았고, 간의 상부에서 10HU, 가운데에서 7HU, 하부에서 7HU 정도 더 높았다. 또한 조영증강이 50HU에 도달한 경우는 60초 지연기 군에서 86%, bolus tracking을 사용한 군에서 98%였고, 60HU에 도달한 경우는 60초 지연기 군에서 64%, bolus tracking을 사용한 군에서 86%로 모두 bolus tracking을 사용한 군에서 더 높은 결과를 보였다. 조영제 주입 후 진단 스캔이 시작되기까지의 시간은 평균은 63초로 고정된

60초 지연기와 비슷하였지만, 범위는 48-79초로 다양하여 환자마다 조영제의 이동 시간이 달랐던 것으로 생각되며, 이런 환자의 다양성을 bolus tracking 사용 시 보정할 수 있고 간 조영증강의 정도에 기초하여 간의 최고 조영증강 때 스캔이 이루어지므로 60초 지연기보다 간 조영증강이 높았던 것으로 생각된다. 그리고 초당 3mL의 주사 속도, 125mL의 조영제 양, 단상성 주사 등 저자들과 비슷한 조건으로 bolus tracking을 사용하여 얻은 결과(26)와 비교하여 저자들의 간 조영증강 정도가 간의 상부, 가운데, 하부에서 모두 높았는데, 대상 환자의 체중 차이 즉 71kg과 58kg으로 저자들의 대상 환자가 체중이 적었기 때문으로 생각한다(20-22).

이 연구의 제한점으로는 첫째, bolus tracking은 진단 스캔 시기 전에 모니터 시기가 있어서, bolus tracking을 사용하여 간의 조영증강이 최대가 되는 문맥기 영상을 얻을 경우 동맥기 영상은 얻을 수 없다. 이에 따른 문제점으로 간세포암이나 고혈관성 전이암 같은 고혈관성 종괴는 동맥기 영상이 중요하므로(28-30) 이 방법을 적용시킬 수 없다. 그리고 저혈관성 종괴의 일부가 동맥기 영상에서만 보이거나 문맥기 영상보다 동맥기 영상에서 더 명확하게 보였다는 보고가 있어(31, 32) 문맥기 영상만 얻을 경우 병변의 검출에 문제가 있을 수 있다. 그러나 아직까지 저혈관성 종괴에 있어서 동맥기의 필요성에 대해서는 아직 결론이 내려진 바 없고, 동맥기를 시행함으로써 추가되는 시간, 비용, 방사선 노출 등의 문제가 있기 때문에 이에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 있으리라 생각한다. 두번째로 이론적으로는 저혈관성 종괴의 명확도는 정상 간의 조영증강이 최고에 도달할수록 증가하여 종괴의 발견율이 증가할 것으로 생각되나, 조영제의 종괴내 흡수 정도에 따라 다양할 수 있다. 본 연구에서는 간 실질의 조영증강 정도와 저혈관성 종괴의 발견율과의 상관관계에 대한 연구가 이루어지지 않은 제한점이 있고, 앞으로 간 실질과 병변에 관심 영역을 정하고 한 단면에서의 역동적 CT를 시행하여 시간 경과에 따른 간 실질과 병변간의 밀도 차이를 알아보는 연구가 필요하겠다. 세번째로 저자들은 모니터 시기에서 간의 조영증강 한계치를 Heiken 등(7)이 연구한 간의 최고 조영증강에 맞추어 모니터링 스캔과 진단 스캔 사이의 시간을 고려하여 50HU로 정하였다. Heiken 등(7)이 초당 2.5mL의 주사 속도, 125mL의 조영제 양, 단상성(mono-phasic) 주사 등 저자들과 비슷한 방법을 사용하였지만, 대상 환자의 체중 차이 등의 서로 다른 조건으로 인해 50HU라는 한계치가 정확하지 않을 수가 있다. 따라서 이러한 문제점 즉 정확한 조영증강의 한계치를 정하기 위해서는 우리나라 사람들을 대상으로 하여 bolus tracking시 사용하는 동일한 조영제 양과 주사 속도로 간 조영증강의 시간-밀도 곡선을 얻는 등의 더 연구가 있어야 하겠다. 마지막으로 모니터 시기와 진단 스캔 시기 사이의 간격이 길고, 특히 재구성 시간이 길어 모니터 시기에서 스캔 사이의 시간이 길어서 정확하게 50HU때 영상이 나타나지 않고 대부분 한계치 50HU를 넘어선 시점에서 영상이 나타나, 이때부터 6초 후 진단 스캔이 시작되므로 사실상의 한계치는 50HU 이상이며 저자들의 경우 50.1-87.2HU(평균: 60.5 HU)로 다양하였다. 이러한 문제는 앞으로 기술의 발전이 있어

모니터 시기와 진단 스캔 시기 사이의 시간과 모니터링 스캔 사이의 시간이 단축되면 해결되리라 본다.

결론적으로 bolus tracking을 사용하면 환자마다 다양한 조영제의 이동 시간을 보정할 수 있어 조영제 주입 후 일정한 시간에 간을 스캔하는 것보다 같은 양의 조영제를 사용했을 때 더 높은 간의 조영증강을 보이므로, 전이암과 같은 저혈관성 종괴의 발견에 도움이 되리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Paushter DM, Zeman RK, Scheibler ML, Choyke PL, Jaffe MH, Clark LR. CT evaluation of suspected hepatic metastases: comparison of techniques for IV contrast enhancement. *AJR* 1989; 152: 267-271
2. Foley WD. Dynamic hepatic CT. *Radiology* 1989; 170: 617-622
3. Foley WD. Dynamic hepatic CT scanning. *AJR* 1989; 152: 272-274.
4. Walkey MM. Dynamic hepatic CT: how many years will it take 'til we learn? *Radiology* 1991; 181: 17-18
5. Foley WD, Berland LL, Lawson TL, Smith DF, Thorsen MK. Contrast enhancement technique for dynamic hepatic computed tomographic scanning. *Radiology* 1983; 147: 797-803
6. Dodd III GD, Baron RL. Investigation of contrast enhancement in CT of the liver: the need for improved methods. *AJR* 1993; 160: 643-646
7. Heiken JP, Brink JA, McClennan BL, Sagel SS, Forman HP, DiCrocce J. Dynamic contrast-enhanced CT of the liver: comparison of contrast medium injection rates and uniphasic protocols. *Radiology* 1993; 187: 327-331
8. Baron RL. Understanding and optimizing use of contrast material for CT of the liver. *AJR* 1994; 163: 323-331
9. Berland LL. Slip-ring and conventional dynamic hepatic CT: contrast material and timing considerations. *Radiology* 1995; 195: 1-8
10. Silverman PM, Cooper C, Trock B, Garra BS, Davros WJ, Zeman RK. The optimal temporal window for CT of the liver using a time-density analysis: implications for helical(spiral) CT. *J Comput Assist Tomogr* 1995; 19: 73-79
11. Oliver III JH, Baron RL. Helical biphasic contrast-enhanced CT of the liver: technique, indications, interpretation, and pitfalls. *Radiology* 1996; 201: 1-14
12. Birnbaum BA, Jacobs JE, Yin D. Hepatic enhancement during helical CT: A comparison of moderate rate uniphasic and biphasic contrast injection protocols. *AJR* 1995; 165: 853-858
13. Foley WD, Hoffmann RG, Quiroz FA, Kahn CE, Perret RS. Hepatic helical CT: contrast material injection protocol. *Radiology* 1994; 192: 367-371
14. Cox IH, Foley WD, Hoffmann RG. Right window for dynamic hepatic CT. *Radiology* 1991; 181: 18-21
15. Bluemke DA, Fishman EK. Spiral CT of liver. *AJR* 1993; 160: 787-792
16. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral (helical) CT. *Radiology* 1993; 189: 647-656
17. Bluemke DA, Urban B, Fishman EK. Spiral CT of the liver: current applications. *Semin Ultrasound CT MRI* 1994; 15(2): 107-121
18. Small WC, Nelson RC, Bernardino ME, Brummer LT. Contrast-enhanced spiral CT of the liver: effect of different amounts and injection rates of contrast material on early contrast enhancement. *AJR* 1994; 163: 87-92
19. Silverman PM, O'Malley J, Tefft MC, Cooper C, Zeman RK. Conspicuity of hepatic metastases on helical CT: effect of different time delays between contrast administration and scanning. *AJR* 1995; 164: 619-623
20. Heiken JP, Brink JA, McClennan BL, Sagel SS, Crowe TM, Gaines MV. Dynamic incremental CT: effect of volume and concentration of contrast material and patient weight on hepatic enhancement. *Radiology* 1995; 195: 353-357
21. Brink JA, Heiken JP, Forman HP, Sagel SS, Molina PL, Brown PC. Hepatic helical CT: reduction of dose of intravenous contrast material. *Radiology* 1995; 197: 83-88
22. Kormano M, Partanen K, Soimakallio S, Kivimaki T. Dynamic contrast enhancement of the upper abdomen: effect of contrast medium and body weight. *Invest Radiol* 1983; 18: 364-367
23. Kopka L, Funke M, Fischer U, Vosschenrich R, Oestmann JW, Grabbe E. Parenchymal liver enhancement with bolus-triggered helical CT: preliminary clinical results. *Radiology* 1995; 195: 282-284
24. Silverman PM, Roberts S, Tefft MC, Brown B, Fox SH, Cooper C, Zeman RK. Helical CT of the liver: clinical application of an automated computer technique, smartPrep, for obtaining images with optimal contrast enhancement. *AJR* 1995; 165: 73-78
25. Silverman PM, Brown B, Wray H. et al. Optimal contrast enhancement of the liver using helical (spiral) CT: value of smartPrep. *AJR* 1995; 164: 1169-1171
26. Silverman PM, Roberts SC, Ducic I. Et al. Assessment of a technology that permits individualized scan delays on helical hepatic CT: a technique to improve efficiency in use of contrast material. *AJR* 1996; 167: 79-84
27. Kopka L, Rodenwaldt J, Fischer U, Mueller DW, Oestmann JW, Grabbe E. Dual-phase helical CT of the liver: effects of bolus tracking and different volumes of contrast material. *Radiology* 1996; 201: 321-326
28. Choi BI, Lee HJ, Han JK, Choi DS, Seo JB, Han MC. Detection of hypervascular nodular hepatocellular carcinomas: value of triphasic helical CT compared with iodized-oil CT. *AJR* 1997; 168: 219-224
29. Hwang GJ, Kim MJ, Yoo HS, Lee JT. Nodular hepatocellular carcinomas: detection with arterial-, portal-, and delayed-phase images at spiral CT. *Radiology* 1997; 202: 383-388
30. Baron RL, Oliver III JH, Dodd III GD, Nalesnik M, Holbert BL, Carr B. Hepatocellular carcinoma: evaluation with biphasic, contrast-enhanced, helical CT. *Radiology* 1996; 199: 505-511
31. Hollett MD, Jeffrey, Jr RB, Nino-Murcia M, Jorgensen MJ, Harris DP. Dual-phase helical CT of the liver: value of arterial phase scans in the detection of small ( $\leq 1.5$ cm) malignant hepatic neoplasms. *AJR* 1995; 164: 879-884
32. Bonaldi VM, Bret PM, Reinhold C, Atri M. Helical CT of the liver: value of an early hepatic arterial phase. *Radiology* 1995; 197: 357-363



## Values of Bolus Tracking Methods for Optimal Hepatic Enhancement<sup>1</sup>

Dal Mo Yang, M.D., Seon Kyu Lee, M.D., Myung Hwan Yoon, M.D.

Hak Soo Kim, M.D., Hyung Sik Kim, M.D., Jin Woo Chung, M.D.

<sup>1</sup>Department of Diagnostic Radiology, Chung-Ang Gil Hospital

**Purpose:** Most hepatic metastases are hypovascular, and CT scanning during peak hepatic enhancement is thus important for the detection of hepatic lesions. The purpose of this study was to determine whether images obtained by bolus tracking show greater hepatic enhancement.

**Materials and Methods:** We prospectively evaluated 101 patients who underwent helical CT of the abdomen, using either a fixed 60-sec delay (n=50) or bolus tracking (n=51). For the latter, we used a hepatic enhancement threshold of 50HU over baseline on monitor phase to determine a 6-sec delay between the monitor and diagnostic scanning phase. For all patients, three region-of-interest measurements were recorded, one at each of the upper, middle, and lower levels of the liver; the measurements were averaged and subtracted from the baseline density that measured CT values in three different hepatic segments at the mid-level of the liver. We compared mean enhancement above the baseline of the liver between fixed 60-sec delay and bolus tracking.

**Results:** A statistically significant difference in the enhancement level of the liver (upper,  $p=.001$ ; middle,  $p=.001$ ; lower,  $p=.003$ ) was noted between fixed 60-sec delay (upper,  $65.3 \pm 16\text{HU}$ ; middle,  $67.4 \pm 16.5\text{HU}$ ; lower,  $68.5 \pm 19.4\text{HU}$ ) and bolus tracking (upper,  $75.2 \pm 15.5\text{HU}$ ; middle,  $74.4 \pm 13.7\text{HU}$ ; lower,  $75.6 \pm 13.6\text{HU}$ ). With fixed delay, 86% of patients reached 50HU of enhancement, but with bolus tracking, 98% reached this level. For an enhancement value of 60HU, the corresponding figures were 64% and 86%. Mean delay for the transition between monitoring scans and diagnostic scan initiation was  $63.8 \pm 7.9$  (range, 48–79) secs. For two patients in whom the enhancement curve did not reach threshold (50HU), the default time was 70 sec; one subsequently failed to reach this same threshold.

**Conclusion:** Using the same amounts of contrast material, bolus tracking provides a greater level of hepatic enhancement than a fixed 60-sec delay, and is thus helpful for the detection of hypovascular masses such as metastatic lesions.

**Index words:** Liver, CT

Computed Tomography(CT), helical

Address reprint requests to: Dal Mo Yang, M.D., Department of Radiology Chung-Ang Gil Hospital,  
# 1198, Kuwol-Dong, Namdong-Ku, Incheon 405-220, Korea.  
Tel. 82-32-460-3060 Fax. 82-32-460-3055

## 1998년 경희대학교 의과대학 진단방사선과 연수교육 안내

경희대학교 진단방사선과에서는 3월 1일(일요일) 방사선해부학, 5월 17일(일요일) 방사선병리학 및 10월 25일(일요일) 위장관 질환의 영상진단에 관한 연수교육을 시행하려 합니다.

다음은 방사선해부학(흉부 및 복부) 연수교육 일정표입니다.

수강하시는 전공의와 전문의에게 많은 도움이 되리라 생각합니다.

9:00—9:40	Radiological Anatomy of Mediastinal Lymph node	이 경 수 (성균관의대)
9:40—10:20	HRCT of Bronchi	강 은 영 (고려의대)
10:20—10:40	휴 식	
10:40—11:20	Anatomy of Trachea, Retrosternum, Hilum and Pericardium in Lateral Chest Radiographs	성 동 욱 (경희의대)
11:20—12:00	Segmental Anatomy of the Liver	박 철 민 (고려의대)
12:00—13:00	점 심	
13:00—13:40	Perihepatic Space	임 재 훈 (성균관의대)
13:40—14:20	Lesser Sac and Pancreas	고 영 태 (경희의대)
14:20—15:00	Omentum, Mesentery and Route of Spread : Abdominal Disease	이 동 호 (경희의대)
15:00—15:20	휴 식	
15:20—16:00	Perirenal Space	조 경 식 (울산의대)
16:00—16:40	Male Genital Organs	임 주 원 (경희의대)

1. 일 시: 1998년 3월 1일 (일요일)
2. 장 소: 경희대학교 중앙도서관 시청각교육실
3. 연수책임교수: 윤 열
4. 연수담당교수: 고영태
5. 연수평점: 6점
6. 신청방법: 사전등록 후 송금  
전화 (02) 958-8625, 8621, FAX (02) 968-0787
7. 사전등록마감: 1998년 2월 28일
8. 수 강 료: 전문의 및 일반의 - 5만원  
전공의 - 3만원
9. 송금구좌: 서울은행 35104-1031321 (예금주: 오주형)