대한방사선의학회지 1999;41:101-107

# Bolus Triggering 기법을 이용한 동맥시기 나선식 CT : 이행시간의 최적화[1]

최영호 · 김태경 · 박병관 · 고영환 · 한준구 · 최병인

**목적 :** Bolus triggering기법을 사용한 동맥시기 나선식 CT에서 모니터링 스캔과 진단적 간동맥기 스캔사이의 전환에 필요한 시간(이행시간)을 최적화 하고자 한다.

**대상과 방법 :** 6개월간 국소적 간질환이 의심되어 CT를 시행한 100명의 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 비이온성 조영제120 ml을 3 ml/sec의 주입속도로 단상식 주입 후 semi-automatic bolus tracking 프로그램을 이용하여 동맥시기 나선식 CT 영상을 얻었다. 복부대동맥의 조영증강이 90 HU에 도달하게 되면 진단적 간동맥기 스캔이 주어진 이행시간 후에 시작되었다. 제 1군 50명의 환자를 대상으로는 7초의 이행시간을, 제 2군 50명의 환자를 대상으로는 11초의 이행시간을 사용하였다. 간동맥기의 간실질 조영증강과 간종양 대 간실질 대조도로 정량적 비교를, 그리고 간동맥 분명도와 과혈관성 종양의 분명도로 정성적 비교를 시행하였다.

**결과 :** 간동맥기의 간실질 조영증강은 제 1군에서 평균 12.07+/- 6.44 HU였고, 제 2군에서는 평균 16.03+/- 5.80 HU로 제 2군에서 더 높은 간실질 조영증강을 보였다($p < .05$). 과혈관성 종양은 제 1군에서 7명, 제 2군에서 13명의 환자에서 검출되었다. 간종양 대 간실질의 CT 계수 차이는 제 1군에서 평균 20.43+/- 9.47 HU였고, 제 2군에서는 평균 28.77+/- 12.75 HU였다($p > .05$). 간동맥의 분명도는 두 군간에 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 과혈관성 종양의 분명도는 제 2군이 제 1군에 비해 우수하였다($p < .05$).

**결론 :** Bolus triggering 기법을 이용한 간동맥기 나선식 CT에서 이행시간을 7초로 하는 것보다 11초로 하는 것이 더 적절한 간동맥기 영상을 얻을 수 있다.

간동맥기 나선식 CT는 간세포암을 포함한 각종 과혈관성 간종양의 진단에 유용하다. 이는 간종양이 혈류공급의 대부분을 간동맥에서 받고 있어 과혈관성 간종양은 간동맥기 스캔에서 간실질과 종양의 대조도가 가장 크기 때문이다(1-6).

나선식 CT는 빠른 스캔이 가능하기 때문에 한번의 호흡정지만으로 간 전체를 스캔할 수 있으나, 조영제 주입 후 간동맥기의 지속시간이 20 ~ 30초 정도(조영제의 주입양과 주입속도에 따라 차이가 있음)로 짧기 때문에(6-11) 간동맥기의 정확한 시작시점을 찾아 스캔을 시작하는 것이 중요하다. 이전의 대부분의 연구자들은 간동맥기 스캔을 얻는데 있어서 15-30초의 고정된 지연시간을 사용하였으나(6, 7, 12-14), 이는 환자와 관련된 여러가지 요소(신장, 체중, 심장기능, 수분 공급정도, 신장기능, 마지막 식사를 한 시간, 선행 간질환, 간혈관 공급상태 등)에 의한 말초정맥에서 간으로의 조영제 이동시간의 다양함을 고려하지 않은 것으로(15-22) 개인간 순환시간의 차이에 의해 적절한 동맥기 영상을 얻지 못하는 경우가 흔히 있어 왔다.

최근 CT 기기의 발달에 따라 간편하게 적절한 지연시간을 구할 수 있는 방법이 개발되었다. 이는 조영제 주입을 시작하고 선택된 단일 평면에 대한 짧은 시간 간격의 모니터링 스캔을 시행하면서 특정한 해부학적 구조물의 조영증강이 원하는 조영증강 정도 즉, 역치(threshold)에 도달했을 때 진단적 스캔으로 전환시키는 방법이다. 이러한 개념을 bolus triggering이라고 표현할 수 있는데, 이를 이용하여 환자 개개인의 말초정맥에서 간실질로의 조영제 이동시간을 정확하게 반영한 지연시간을 결정할 수 있다(16, 22).

초기 bolus triggering 기법은 모니터링 스캔과 진단적 스캔 사이의 전환에 필요한 최소시간이 상당히 길었기 때문에bolus triggering 기법을 간동맥기의 영상획득에 적용하기 힘들었으나, 기기의 발달과 더불어 최소 이행시간이 짧아짐에 따라 bolus triggering기법은 간동맥기 스캔에도 적용 가능하게 되었다(22). 그러나, 이러한 발전에도 불구하고 아직 적절한 간동맥기 영상을 얻을 수 있는bolus triggering 기법의 프로토콜은 아직 확립되어 있지 않다.

[1]서울대학교 의과대학 방사선과학 교실, 서울대학교 의학연구원 방사선의학 연구소
이 논문은 1999년 2월 10일 접수하여 1999년 4월 15일에 채택되었음.

이 연구의 목적은 bolus triggering 기법을 이용한 간동맥기 나선식 CT의 획득에 있어 이행시간이 서로 다른 두 가지 프로토콜의 비교를 통해 적절한 프로토콜을 제시하고자 하는데 있다.

## 대상 및 방법

1997년 11월에서 1998년 4월까지 간 질환이 의심되어 이중시기 나선식 CT가 의뢰된 연속적인 100명의 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 환자들을 50명씩 두개의 군으로 나누고 제1군에는 7초의 이행시간을, 제2군에는 11초의 이행시간을 사용하였다. 제 1군의 평균 연령은 56세(연령분포 35 - 75세)이며 남녀 비는 43:8이었고, 제2군의 평균연령은 54.24세(연령분포 26 - 77세)이며 남녀 비는 39:12였다.

Somatom plus 4(Siemens, Erlangen, Germany) CT 스캐너에 내장된 응용 소프트웨어 C.A.R.E. bolus(semi-automatic bolus triggering 프로그램)을 사용하였다. 120ml의 비이온성 조영제(Ultravist 370; Schering, Berlin, Germany)를 전완정맥(antecubital vein)에 자동 주입기로 3 ml/sec의 속도로 주입하였다. CT스캔은 우선 topogram을 얻어 스캔 범위를 결정한 다음, 모니터링 스캔을 위한 하나의 영상을 간의 상부가 포함되는 횡격막 높이에서 얻고 대동맥의 중앙에 8mm직경을 가진 원형의 ROI(region of interest)를 위치시킨 후 조영제를 주입하였다. 주입 시작 후 처음 10초간은 모니터링 스캔을 하지 않았는데, 이는 말초정맥에서 조영제를 주입한 후 약 20초 후부터 간동맥에 조영증강이 일어나는 것으로 알려져 있어(7, 12) 불필요한 방사선노출을 줄이기 위함이었다. 조영제 주입시작 10초 후부터 0.85초 간격으로 같은 부위를 연속적으로 모니터링 스캔하였다. 이때 관전류는 방사선피폭량을 줄이기 위해 50 mA를 사용하였다. 복부 대동맥 내에 위치시킨 ROI의 조영증강이 미리 설정한 90 HU에 도달하게 되면 triggering이 이루어지고 7초 또는 11초의 정해진 이행시간을 거친 후 진단적 간동맥기 스캔을 시작하였다(Fig. 1).

간동맥기 나선식 CT는 절편두께 8mm, 테이블 이동속도 8mm/sec, 스캔간격 0.75초, 재구성간격 8mm, 관전류 200 mA, 관전압 120 kV를 사용하였다. 문맥기 스캔은 조영제 주입 시작 후 65초에 시작하였다.

두 군에서 얻어진 간동맥기 CT 영상의 진단적 유용성을 비교 분석하였다. 정량적으로 간실질의 조영증강 정도와 과혈관성 종괴가 있는 경우 간종양과 간실질간의 감쇠계수의 차이를 비교하였다. 과혈관성 종양의 유무에 대한 평가는 세 명의 방사선과의사의 합의에 의하였다. 간실질의 조영증강은 간동맥기 영상에서 세 개의 부위, 즉, 간정맥이 하부대정맥으로 들어가는 높이(level 1), 문맥이 우문맥분지와 좌문맥분지로 갈라지는 높이(level 2), 그리고 간의 하단부위(level 3)에서 간실질 감쇠계수를 측정하고 이를 평균한 값에서 조영증강 전 영상의 간실질 감쇠계수를 감하여 구하였다. 간종양 대 간실질 대조도는 과혈관성 종양의 감쇠계수에서 주변 간실질의 감쇠계수 감하여 구하였다. 간실질의 감쇠계수는 우간엽의 주변 간실질에서 육안적으로 확인되는 혈관과 담관이 포함되지 않게 8mm직경의 원 모양의 ROI를 위치시키고 측정하였으며, 종양의 감쇠계수는 종양의 과혈관성 부위를 포함하는 8mm 크기의 원형 ROI를 이용하여 측정하였다. 두 군의 간실질 조영증강 비교를 위한 통계적 방법으로는 t-test를, 간종양 대 간실질 대조도의 비교에는 Wilcoxon rank sum test를 이용하였고 95% 유의수준을 적용하였다.

정성적으로 간동맥기의 간동맥 분명도(conspicuity)와 과혈관성 종양의 분명도를 비교하였다. 이에 대한 평가는 세 명의 방사선과의사에 의해 이루어졌고, 이들에게 각 스캔이 어느 군에 속하였는가를 알려주지 않았다. 간동맥은 총간동맥, 우간동맥, 그리고 좌간동맥 각각에 대해 평가하였으며 대동맥과 비교하여 비슷한 정도의 밝기를 보이는 경우 3등급, 대동맥과 비교하여 약간 낮은 밝기를 보이는 경우 2등급, 검출이 어려울 정도의 밝기를 보이는 경우 1등급으로 분류하였다. 과혈관성 종양의 경우 아주 분명하게 보이는 경우 3등급, 불분명하게 보여 검출이 쉽지 않은 경우 1등급, 중간정도의 분명도를 보이는 경우 2 등급으로 분류하였다. 두 군의 비교를 위한 통계적 방법으로 Mantel-Haenzel Chi-Square test를 이용하였고 95 % 유의수준을 적용하였다.

## 결 과

두 군에서 실제 triggering과 간동맥기 스캔 사이의 이행시간은 제 1군에서 6.36+/-0.34초(5.91-7.39초), 제2군에서 평균 11.17 +/- 0.47초(10.24-11.87초)였다. 조영제 주입시작과 간동맥기 스캔 시작간의 총 지연시간은 제 1군에서 27.01 +/-3.08초(20.45-32.13초), 제2군에서 30.29 +/-3.25초(25.22 - 40.54초)였다.

간동맥기 간실질 조영증강 양상은 Fig. 2와 같다. 세 부위의 평균 조영증강은 제 1군에서 12.07+/-6.44 HU(분포범위는 2HU-34 HU)였고 제 2군에서 16.03+/-5.80 HU(분포범위는 5HU-31 HU)로 이행시간을 11초로한 제 2군에서 유의하게 높은 간실질 조영증강을 보였다($p<.05$) (Fig. 2).

과혈관성 종양은 제 1군에서 7명, 제 2군에서 13명에서 발견되었다. 간종양 대 간실질 대조도는 제 1군에서 20.43+/-9.47 HU(분포범위는 10HU-38 HU)였고 제 2군에서 28.77 +/-12.75 HU(분포범위는 11-56 HU)로 이행시간을 11초로한 제 2군에서 더 높은 간종양 대 간실질 대조도를 보였으나 제 1군과 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.13$)(Fig. 3).

간동맥 분명도의 정성적 분석은 좌간엽 절제술을 시행받은 두 명의 환자(모두 제 1군에 속했음)를 제외하고 시행하였다. 총간동맥의 분명도는 상기 두 명을 제외하고 두 군의 모든 환자가 3등급으로 분류되었다. 우간동맥은 제 1군의 1명, 23명, 25명이 제 2군은 3명, 13명, 35명이 각각 1, 2, 3등급으로 분류되었고 좌간동맥은 제 1군의 4명, 21명, 24명이 제 2군은 2명, 20명, 29명이 각각 1, 2, 3등급으로 분류되었다. 세 부위 모두 간동맥 분명도에 있어서 두 군간의 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

과혈관성 종양의 분명도는 종양을 가지고 있는 제 1군의 7명의 환자 중 6명, 1명이 각각 2, 3등급으로 분류되었고 제 2군의 13명의 환자 중 2명, 11명이 각각 2, 3등급으로 분류되었다. 제 2군에 속한 과혈관성 종양이 제 1군에 속한 과혈관성 종양에 비해 우수한 분명도를 보였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

## 고 찰

간 병변의 대조도는 병변과 간실질의 감쇠계수의 차이로 정의할 수 있다. 간실질은 전체 혈류의 약 25 %만을 간동맥으로부터 공급받는 데 비하여 대부분의 간종양은 혈류의 대부분을 간동맥으로부터 공급받기 때문에, 과혈관성 간종양의 평가는 조영증강 CT의 간동맥기에서 가장 유리하다. 이는 이 시기에 간종양이 강한 조영증강을 보이는 반면에 간실질은 조영증강된 문맥혈류가 도달하기 전이어서 단지 약간의 조영증강만을 보이기 때문이다(5). 따라서, 조영제 주입 시작에서 간동맥기 영상을 얻기 시작할 때까지의 시간, 즉 지연시간의 선택은 간종양의 검출에 매우 중요하며(7, 12, 15) 또한, 간동맥기는 대개 20-30초 정도로 짧은 시간동안 지속되다 상대적으로 긴 문맥기로 진행되는 것으로 알려져 있어 조영제 주입 방법에 따른 적절한 지연시간의 선택이 간동맥기 영상의 획득에 필수적이다(1, 6, 13, 14). 퀀조영제 주입 후 20-30초가 일반적으로 사용되는 지연시간이지만 환자 개개인의 혈류순환

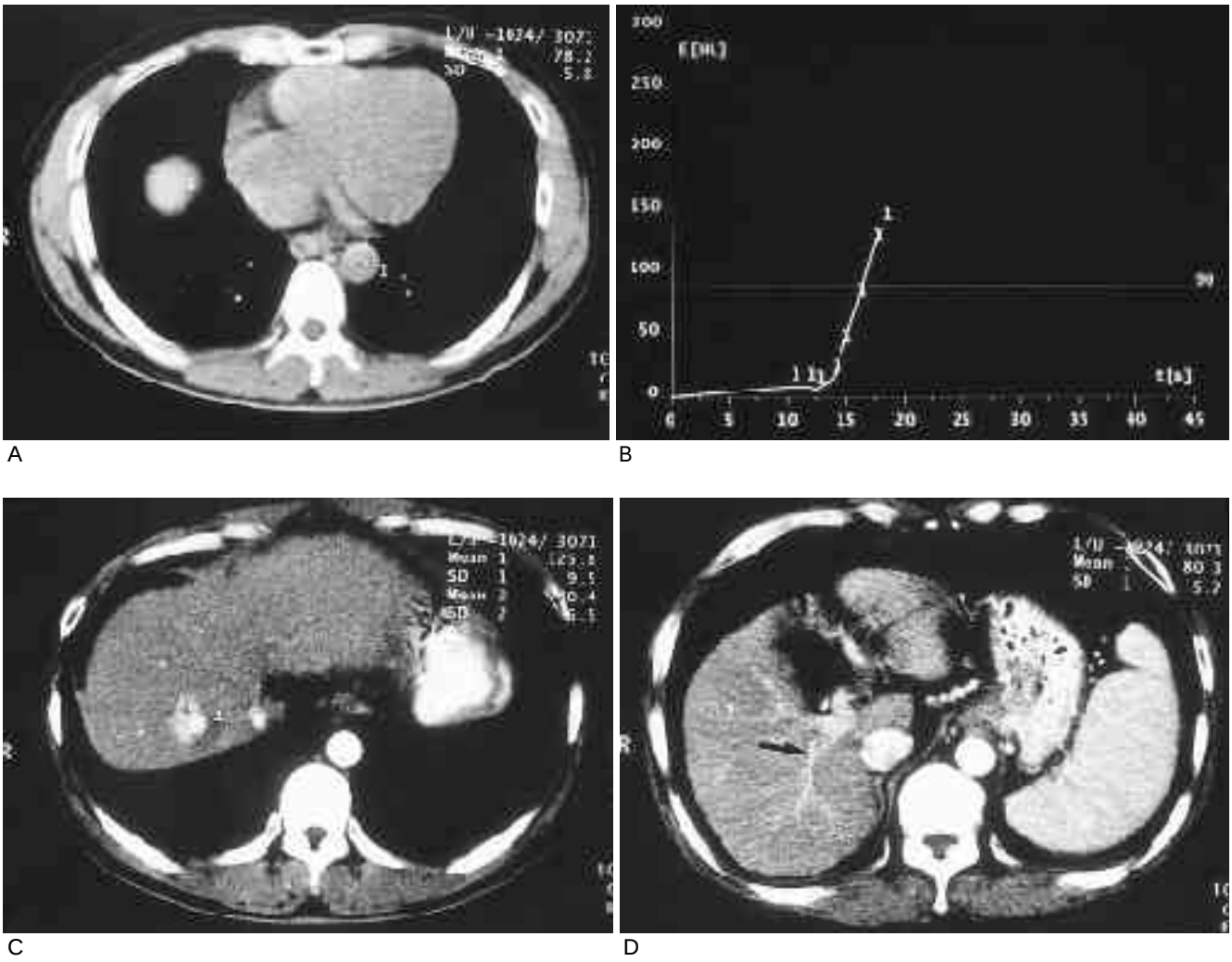


Fig. 1. Bolus triggering for diagnostic HAP scan in group 1.
A. Precontrast scan with 8-mm sized ROIs in descending aorta and liver parenchyma gives the baseline attenuation number of aorta and hepatic parenchyma.
B. The serial change of contrast enhancement in descending aorta is presented graphically. Diagnostic HAP scanning starts 7 or 11 seconds after the attenuation of descending aorta reaches the threshold (90 HU).
C. HAP scan with ROIs on hypervascular tumor and liver parenchyma gives tumor-to-liver contrast. Three radiologists evaluated the conspicuity of the tumor in this image (grade 3).
D. HAP scan of another patient in group 2 shows the ROI on liver parenchyma and the well-visualized right hepatic artery (arrow, grade 3).

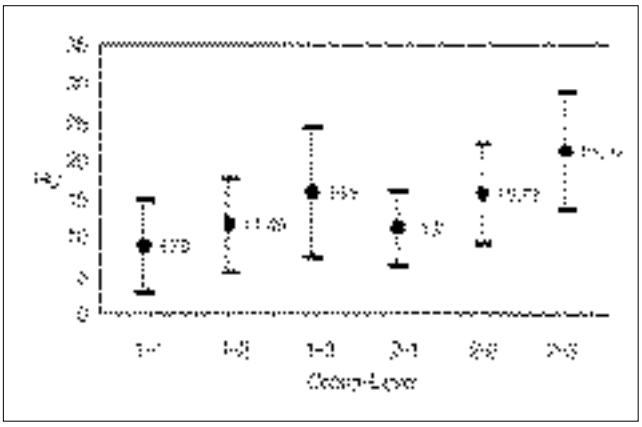

Fig. 2. Attenuation number of the hepatic parenchyma measured at three levels (the confluent level of hepatic vein and inferior vena cava - level 1, the confluent level of right portal vein and left portal vein - level 2, the inferior tip of the liver - level 3). There is significant difference between two groups ($p < .05$). Level 2 in group 1 (transition time of 7 sec) shows similar distribution to level 1 in group 2 (transition time of 11 sec). And also level 3 in group 1 shows similar distribution to level 2 in group 2.

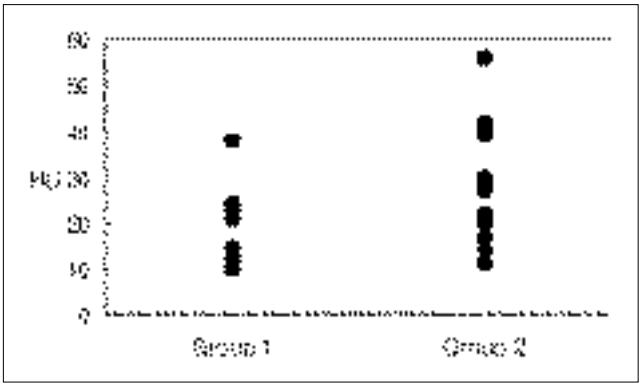

Fig. 3. The tumor-to-liver contrast of two groups. Means are 20.43 +/-9.47 HU (from 10 to 38) in group 1 and 28.77 +/-12.75 HU (from 11 to 56) in group 2. There is no significant difference between two groups ($p = 0.13$). But, the distribution of attenuation differences shows different pattern in two groups.

양상의 차이를 고려하지 않고 고정된 지연시간을 사용할 경우 부적절한 간동맥기 스캔을 얻게 되는 경우가 상당수 있다. 그래서, 조영증강 CT에서 진단적 스캔 이전에 환자 개개인의 순환시간(circulation time)을 정하기 위한 여러가지 접근이 시도되었다. 맥박수의 측정과 sodium dehydrocholate 또는 indocyanine green의 이동시간(transit time) 측정이 그 예이다. 그러나, sodium dehydrocholate와 맥박수에 의해 결정된 결과는 심혈관 부전증을 가지고 있는 환자에서 상당히 부정확한 것으로 나타났고, indocyanine green을 사용한 경우도 간실질, 복부대동맥, 또는 신피질로의 조영제의 이동시간을 신뢰할 수 있을 정도로 정확히 예측하지는 못하였다(24-27). 몇몇 저자들은 순환시간을 결정하기 위해 진단적 스캔 이전에 이온성 조영제 10-20 ml의 test bolus를 주입하였다. 하지만, 이 방법은 매우 번거로우며 주입하는 전체 조영제의 양을 증가시키고, test bolus로 인한 조영증강이 간실질 병소의 발견을 방해하고 연속해서 진행되는 진단적 스캔의 질을 손상시키는 단점을 가지고 있다(16, 27-29).

이러한 test bolus를 이용한 시험 스캔을 대신하여 bolus triggering기법의 모니터링 스캔을 적절한 지연시간의 결정에 이용할 수 있는데, 이는 실제 스캔이 이루어지는 초기에 행해지는 것이어서 별도의 검사시간이 요구되는 것이 아니고 조영제의 양을 증가시키지도 않아 비용절감과 증가된 신뢰성을 줄 수 있다(22). 현재 SmartPrep(General Electric Medical Systems, MilWaukee, WI)과 C.A.R.E. bolus(Siemens, Erlangen, Germany)의 semi-automatic bolus triggering기법 등이 개발되어 있으며, 기존의 나선식 CT에 비해 방사선 노출이 많아지는 단점이 있으나 bolus triggering을 위해서 10개의 모니터링 스캔을 사용했을 때 총 방사선 노출량은 단지 한 개의 진단적 스캔의 방사선 노출량(1.1-1.3rad)에 불과하다.

Kopka 등과 Silverman 등(16, 22)은 문맥기 스캔을 시행함에 있어 bolus triggering기법을 이용하였고 고정된 지연시간을 사용한 경우보다 초기 문맥기 스캔의 평균 간실질 조영증강이 유의하게 증가되었다고 보고하였다. Bolus triggering기법에서는 미리 정해놓은 조영증강 역치에 도달했을 때 스캔을 시작하기 때문에 영상획득이 간실질 조영증강 곡선의 최고점 언덕 가까이에서 이루어지므로 고정된 지연시간을 사용하여 스캔을 하는 것 보다 소량의 조영제를 사용해서 같은 수준의 조영증강을 얻을 수 있다(17, 19, 20). 따라서 bolus triggering기법은 소량의 조영제로 일정수준 이상의 조영증강을 항상 얻을 수 있게 해 준다.

최근 Kopka 등(23)은 간동맥기 스캔을 시행함에 있어 Smart Prep의 semi-automatic bolus triggering 기법을 이용하였고 bolus triggering기법의 이용이 고정된 지연시간을 사용하는 것보다 적절한 간동맥기 영상을 얻는데 유리하였다고 하였다. SmartPrep을 사용한 이 연구에서 모니터링 스캔에서 진단적 스캔으로의 이행시간은 테이블을 재위치시키는 데 필요한 시간, 영상 재구성을 위한 시간, 환자에게 호흡조절에 대한 설명 내지 지시를 하기 위한 시간, 그리고 진단적 스캔의 준비를 위한 시간이 포함되었고 실제 8-12초 정도가 소요되었다. 이에 비하여 C.A.R.E. bolus을 사용한 이번 연구에서는 보다 짧은 이행시간을 사용하여 스캔을 할 수 있었다.

이행시간이 길다는 것은 적절한 간동맥기 영상을 얻는데 있어 제한점으로 작용할 수 있다. Bolus triggering을 이용한 문맥기 스캔은 문맥기가 간동맥기 보다 훨씬 길다는 점에서 긴 이행시간이 영상획득에 있어 큰 문제를 야기하지는 않지만, 간동맥기 스캔에서는 몇 초의 스캔지연이 부적절한 간동맥기 영상획득으로 이어진다는 점에서 bolus triggering기법의 유용성이 제한받을 수 있다. 간동맥기 스캔의 최적화를 위해 bolus triggering기법을 이용한 기존의 연구에서는(23) 이행시간을 8-12초로 하였고 긍정적인 결과가 얻어졌다는 점에서 그 사이 값인 11초를 이번 연구에서 제 2 군의 이행시간으로 하였고

그 보다 빠른 7초의 이행시간을 제 1 군의 이행시간으로 하여 두 군을 비교하였다.

이번 연구에서 모니터링 스캔상 복부 대동맥에 ROI를 위치시키고 조영증강이 90 HU에 도달했을 때를 triggering되는 것으로 정하였는데 간동맥 대신 복부대동맥을 간동맥기의 기준 구조물로 정한 것은 조영제가 복부대동맥에서 간동맥까지 이동하는 시간은 길지 않으며, 간동맥은 아주 작은 해부학적 구조물이어서 ROI 커서가 쉽게 간동맥을 벗어나는 반면 복부대동맥은 측정이 용이하기 때문이다.

이 연구에서 간동맥기 간실질 조영증강은 이행시간을 11초로 했을 때 더 높은 조영증강을 보였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 제 1군의 level 2의 조영증강 분포와 제 2군의 level 1의 조영증강 분포가 비슷한 양상이고 또한 제 1군의 level 3의 조영증강 분포와 제 2군의 level 2의 분포가 비슷한 양상임을 알 수 있는데 이는 각 level사이에 스캔 시간간격이 있다는 것을 고려하면 두 군의 간실질 조영증강 간에 유의한 차이가 있음을 간접적으로 시사해주는 소견이라 할 수 있다 (Fig. 2). 고혈관성 종양의 감쇠계수와 주변 간실질의 감쇠계수 간의 차이는 이행시간을 11초로 했을 때가 더 높은 대조도를 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 간동맥의 분명도는 통계적으로 두 군간에 유의한 차이는 없었다. 고혈관성 종양의 분명도는 이행시간을 11초로 한 경우가 7초로한 경우보다 더 나았고 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

Kopka 등(23)은 간동맥기 시작시점을 10 HU의 비장실질 조영증강으로 정하였는데 이는 간과 비장이 유사한 동맥 혈류공급을 받기 때문에 비장으로의 조영제 이동과 간실질로의 조영제 이동이 거의 비슷한 시기에 이루어진다고 생각했기 때문이다. 또한 간동맥기가 끝나는 그리고 문맥기가 시작하는 시점을 20 HU의 간실질 조영증강으로 정하였다. 이러한 기준을 이번 연구에 적용해본다면 11초군의 간실질 조영증강은 간동맥기 스캔 시작시점에서 평균 간실질 조영증강이 11.20 HU, 끝나는 시점에서 평균 간실질 조영증강이 21.16 HU으로 Kopka 등의 연구에서 제시한 이상적인 간동맥기 조영증강의 범위와 비교적 잘 일치한다. 반면 7초군에서는 8.82 HU, 15.90 HU로 Kopka 등의 연구에서 제시한 이상적인 간동맥기 조영증강의 범위에서 많이 벗어남을 알 수 있고 너무 일찍 간동맥기 스캔이 이루어졌다 할 수 있다. 하지만 Kopka 등이 이야기한 이상적인 간동맥기 시기는 주관적 설정이며 또한 이상적인 간동맥기 스캔이 과혈관성 간종양의 검출에 이상적인 것은 아니다. 이 등(30, 미출판 데이터)의 단일 수준 조영제 주입 역동 CT(single level bolus dynamic CT) 연구에 의하면 과혈관성 종양인 결절성 간세포암의 간실질과의 대조도가 가장 큰 시기는 조영제 주입 후 50초였고 나선식 CT로 간스캔을 하는데 20초가 필요하다고 했을 때 조영제 주입후 36초에서 56초에 스캔을 하는 것이 간실질 대 간종양의 대조도가 가장 크게 유지되는 시기라고 하였다. 이번 연구에서 1, 2군의 간동맥기 스캔시작이 평균 27.01초, 30.29초였다는 것을 생각하면 과혈관성 종양의 검출을 위한 적절한 이행시간은 11초보다 더 길 가능성이 있다.

본 연구에서 대상으로 한 100명의 환자중 20명에서만 과혈관성 종양이 있었고 제 1군과 제 2군간의 환자분포도 동일하지 않았다. 따라서 종양의 조영증강과 발견율의 해석에는 제한이 있을 수 있고 더 많은 과혈관성 종양을 포함한 연구가 필요하다.

결론적으로 조영제 120 ml(iodine 44 g)을 3 ml/sec의 속도로 단상식 주입을 하고 복부대동맥의 90 HU의 조영증강을 간동맥기 스캔을 위한 역치로 정한 bolus triggering기법에서 모니터링 스캔에서 진단적 간동맥기 스캔으로의 이행시간을 7초로 하는 것보다 11초로 하는 것이 더 적절한 간동맥기 영상을 얻을 수 있었고 과혈관성 종양의 발견에 더 적합하였다. 그리고 11초보다 더 늦은 이행시간과의 비교가 이행시간의 최적화를 위해 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌


1. Hollett MD, Jeffrey 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 (1.5cm) malignant hepatic neoplasms. *AJR* 1995;164:879-884
2. Bonaldi VM, Bret PM, Reinhold C, Atri M. Spiral CT of the liver: value of a double-phase acquisition (abstr). *Radiology* 1994;193(P): 165
3. Baron RL, Dodd GD III, Holbert BL, Oliver JH III, Carr B. Helical biphasic contrast CT in evaluation of HCC (abstr). *Radiology* 1994; 193(P):165
4. Hollister MC, Freeny PC, Nghiem HV, Winter TC III, Gardner JC, Heyano S. High-dose double-spiral hepatic CT for detection of hypervascular liver neoplasms (abstr). *Radiology* 1994;93(P):357
5. Frederick MG, McElaney BL, Singer A,et al. Timing of parenchymal enhancement on dual-phase dynamic helical CT of the liver: how long does the hepatic arterial phase predominate? *AJR* 1996; 66:1305-1310
6. Baron RL, Oliver JH, Dodd GD, Nalesnik M, Holbert BL, Carr BI. HCC: evaluation with biphasic, contrast-enhanced, helical CT. *Radiology* 1996;199:505-511
7. Bluemke DA, Soyer P, Fishman EK. *Spiral CT evaluation of liver tumors*. In Fishman EK, Jeffrey RB, eds. *Spiral CT: principle, techniques and applications*. New York: Raven Press, 1995:25-43
8. Silverman PM. *Phamacokinetics of contrast enhancement in body CT: implications for spiral (helical) scaning*. In: Fishman EK. Jeffrey RB. eds. *Spiral CT: principles, technique and clinical applications*. New York: Raven. 1995:11-24
9. Bluemke DA, Soyer P, Fishman EK. Spiral CT of the liver. *Radiol Clin North Am* 1995;33:863-886
10. Berland LL. Slip-ring and conventional dynamic hepatic CT: contrast material and timing considerations. *Radiology* 1995; 195:1-8
11. Birnbaum BA, Jacobs JE, Dongping Y. Hepatic enhancement during helical CT: a comparision of moderate uniphasic and biphasic contrast injection protocols. *AJR* 1995; 65:853-859
12. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral (helical) CT. *Radiology* 1993;189:647-656
13. 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
14. Ohashi I, Hanafusa K, Yoshida T. Small HCC: two-phase dynamic incremental CT in detection and evaluation. *Radiology* 1993;189: 851-855
15. Dodd GD, Baron RL. Investigation of contrast enhancement in CT of the liver: the need for improved methods. *AJR* 1993;160:643-646

16. Kopka L, Funke M, Fisher U, Vosshenrich R, Oestmann JW, Grabbe E. Parenchymal liver enhancement with bolus-triggered helical CT: preliminary clinical results. *Radiology* 1995;195:282-284
17. Foley WD. Dynamic hepatic CT. *Radiology* 1989;70:617-622
18. Bluemke DA, Fishman EK. Spiral CT of the liver. *AJR* 1993;160: 787-792
19. Silverman PM, Cooper C, Trock B, Garra BS, Davros WJ, Zeman RK. Establishing the optimal temporal window for liver CT using a time density analysis: implications for helical (spiral) CT. *J Comput Assist Tomogr* 1995;19:73-79
20. Walkey MM. Dynamic hepatic CT: how many years will it take until we learn? *Radiology* 1991;181:17-24
21. Baron RL. Understanding and optimizing use of contrast material for CT of the liver. *AJR* 1994;163:323-331
22. Silverman PM, Brown B, Wray H, et al. Optimal contrast enhancement of the liver using helical (spiral) CT: value of Smart-Prep. *AJR* 1995;164:1169-1171
23. Kopka L, Rodenwaldt J, Fisher U, Muller 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
24. Heiken JP, Weyman PJ, Lee JKT, et al. Detection of focal hepatic masses: prospective evaluation with CT, delayed CT, CT during arterial portography, and MR imaging. *Radiology* 1989;171:47-51
25. Harmon BH, Berland LL, Lee JY. Effect of varying rates of low-osmolarity contrast media injection for hepatic CT: correlation with indocyanine green transit time. *Radiology* 1992;184:379-382
26. Becker GJ, Holden RW. Sodium dehydrocholate circulation times in digital subtraction angiography. *AJR* 1983;140:817-818
27. Kopka L, Funke M, Krueger M, Schroeder T, Schulz R, Grabbe E. Optimization of the contrast material bolus in spiral CT. *ROFO* 1994;160:361-363
28. Huebener KH, Kalender WA, Metzger HF. Fast digital recording of x-ray dilution curves: a preliminary evaluation. *Radiology* 1982; 145: 545-547
29. Claussen CD, Banzer D, Pfretzschner C, Kalender WA, Schorner W. Bolus geometry and dynamics after intravenous contrast medium injection. *Radiology* 1984;153:365-368
30. 이경호, 최병인, 장현정, 김태경, 고영환, 한준구. 결정성간세포암의이중나선식 CT : 단일평면동적스캔을이용한적절한지연시간의확립 . *대한방사선의학회제 53차학술대회초록집* 1997; SP 10: 55

대한방사선의학회지 1999;41:101-107

J Korean Radiol Soc 1999;41:101-107

# Dual-Phase Helical CT Using Bolus Triggering Technique : Optimization of Transition Time[1]

Young Ho Choi M.D., Tae Kyoung Kim M.D., Byung Kwan Park M.D.,
Young Hwan Koh M.D.,Joon Koo Han M.D., Byung Ihn Choi M.D.

[1]*Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine and the Institute of Radiation Medicine, SNUMRC*

**Purpose :** To optimize the transition time between the triggering point in monitoring scanning and the initiation of diagnostic hepatic arterial phase (HAP) scanning in hepatic spiral CT, using a bolus triggering technique.

**Materials and Methods :** One hundred consecutive patients with focal hepatic lesion were included in this study. Patients were randomized into two groups. Transition times of 7 and 11 seconds were used in group 1 and 2, respectively. In all patients, bolus triggered HAP spiral CT was obtained using a semi-automatic bolus tracking program after the injection of 120 mL of non-ionic contrast media at a rate of 3 mL/sec. When aortic enhancement reached 90 HU, diagnostic HAP scanning began after a given transition time. From images of group 1 and group 2, the degree of parenchymal enhancement of the liver and tumor-to-liver attenuation difference were measured. Also, for qualitative analysis, conspicuity of the hepatic artery and hypervascular tumor was scored and analyzed.

**Results :** Hepatic parenchymal enhancement on HAP was 12.07 +/-6.44 HU in group 1 and 16.03 +/-5.80 HU in group 2 ($p < .05$). Hypervascular tumors were detected in seven patients in group 1 and 13 patients in group 2. Tumor-to-liver contrast was 20.43 +/-9.47 HU in group 1 and 28.77 +/-12.75 HU in group 2 ($p > .05$). In the evaluation of conspicuity of hepatic artery, there was no statistically significant difference between the two groups ($p > .05$). The conspicuity of hypervascular tumors in group 2 was higher than in group 1 ($p < .05$).

**Conclusion :** HAP spiral CT using a bolus triggering technique with a transition time of 11 seconds provides better HAP images than when the transition time is 7 seconds.

**Index words :** Liver, CT
Computed tomography (CT), helical
Computed tomography (CT), contrast enhancement

Address reprint requests to : Byung Ihn Choi, M.D., Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine and the Institute of Radiation Medicine, SNUMRC, #28, Yongun-Dong Chongno-Gu, Seoul 110-744, Korea.
Tel. 82-2-760-2515 Fax. 82-2-743-6385 E-mail. choibi@radcom.snu.ac.kr